

Biblioteka  
Politechniki Wrocławskiej

m

L 234

Biblioteka  
Politechniki Wrocławskiej

L 234 m

C. Pade. Prof. 1844.

E. Poe Rybupm

Gesamtanordnung und Gliederung des »Handbuches der Architektur« (zugleich Verzeichnis der bereits erschienenen Bände, bezw. Hefte) sind am Schluffe des vorliegenden Bandes zu finden.

Jeder Band, bezw. Halbband und jedes Heft des »Handbuches der Architektur« bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.

HANDBUCH  
DER  
ARCHITEKTUR.

---

Dritter Teil:

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

4. Band:

Verförgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Künftliche Beleuchtung der Räume.

Heizung und Lüftung der Räume.

Wafferverförgung der Gebäude.

---

DRITTE AUFLAGE.

---

— ii —

ALFRED KRÖNER VERLAG IN LEIPZIG.

1908.

DIE  
HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

DES  
HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR  
DRITTER TEIL.

4. Band:

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.

**Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht  
und Sonnenwärme.**

**Künstliche Beleuchtung der Räume.**

**Heizung und Lüftung der Räume.**

**Wasserverforgung der Gebäude.**

Von

**Dr. Ferdinand Fischer,**  
Professor an der Universität in Göttingen,

**Dr.-Ing. Hermann Fischer** und **Dr. Wilhelm Kohlrausch,**  
Geh. Regierungsräte und Professoren an der Technischen Hochschule in Hannover,  
und

**Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt,**  
Geh. Baurat und Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt.

DRITTE AUFLAGE.

Mit 490 in den Text eingedruckten Abbildungen, sowie 12 in den Text eingestepeten Tafeln,  
darunter 10 in Farbendruck.



LEIPZIG  
ALFRED KRÖNER VERLAG.  
1908.

DIE  
HOCHBAU-  
DES  
HANDBUCH DER ARCHITEKTUR  
DREITER THEIL

Redaktion:

Geheimer Baurat Professor Dr. phil. und Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT  
in Darmstadt.

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen bleibt vorbehalten.



Ins. ~~5065~~  
21110

ak. 5065/49 R.

# Handbuch der Architektur.

## III. Teil.

# Hochbaukonstruktionen.

## 4. Band.

(Dritte Auflage.)

## INHALTSVERZEICHNIS.

### Konstruktionen des inneren Ausbaues.

#### 4. Abschnitt.

#### Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.

	Seite
Vorbemerkungen . . . . .	I
Literatur: Bücher und Zeitschriften über »Gefundheitstechnik (Bauhygiene)« . . . . .	2
A. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme . . . . .	4
1. Kap. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht . . . . .	4
Literatur über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht« . . . . .	22
2. Kap. Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme . . . . .	23
Literatur über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme« . . . . .	29
B. Künstliche Beleuchtung der Räume . . . . .	30
3. Kap. Künstliche Beleuchtung im allgemeinen . . . . .	30
Literatur: Bücher und Zeitschriften über »Künstliche Beleuchtung im all- gemeinen« . . . . .	37
4. Kap. Gasbeleuchtung . . . . .	37
a) Gaserzeugung und Lichtmenge . . . . .	37
b) Lichtquellen, Gasleitungen und Druckregler . . . . .	45
c) Flammengruppen . . . . .	57
Literatur: Bücher und Zeitschriften über »Gasbeleuchtung« . . . . .	59
5. Kap. Elektrische Beleuchtung . . . . .	60
Literatur: Bücher und Zeitschriften über »Elektrische Beleuchtung« . . . . .	93
6. Kap. Indirekte Beleuchtung . . . . .	96
a) Allgemeines . . . . .	96
b) Einfall des zerstreuten Lichtes von oben . . . . .	103
1) Lichtzerstreuung mittels reflektierender Raumdecke . . . . .	103
2) Lichtzerstreuung mittels besonderer Reflektoren . . . . .	111
c) Einfall des zerstreuten Lichtes von der Seite her . . . . .	115
Literatur über »Indirekte Beleuchtung« . . . . .	116



	Seite
C. Heizung und Lüftung der Räume . . . . .	117
Literatur: Bücher über »Heizung und Lüftung im allgemeinen« . . . . .	119
7. Kap. Zu- und abzuführende Wärmemenge . . . . .	122
a) Wärmemenge, welche infolge der Benutzung der Räume frei wird . . . . .	122
b) Wärmeüberführung durch feste Wände (Wärmetransmission) . . . . .	122
Tabelle über Wärmemengen, welche durch eine 1 m dicke Schicht verschiedener Stoffe übergeleitet werden . . . . .	125
c) Wärmeverlust durch den Luftwechsel . . . . .	134
d) Wärmespeicherung in Wänden und anderen Körpern . . . . .	136
e) Durchschnittliche Zahlenwerte zur Berechnung des Wärmeaustausches durch Wände, Decken u. f. w. . . . .	143
1) Wertziffern für die Wärmeüberführung lotrechter Wände . . . . .	143
2) Wertziffern für die Wärmeüberführung von Decken und Deckenlichtern . . . . .	144
3) Gebräuchliche Temperaturen . . . . .	144
4) Zuschläge zu den Temperaturunterschieden, wenn die Räume erwärmt werden sollen . . . . .	144
5) Einige andere Werte von $k$ . . . . .	144
8. Kap. Luftverunreinigung . . . . .	145
a) Quellen der Luftverunreinigung . . . . .	145
b) Messen der Luftbeimischungen . . . . .	148
Literatur über »Luftverunreinigung« und »Messen der Luftbeimischungen« . . . . .	150
c) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen . . . . .	151
1) Abführung der schädlichen Gase, der Dämpfe und des Staubes, bevor sie der zu atmenden Luft sich beimischen . . . . .	151
2) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen durch Verdünnen . . . . .	152
a) Erforderliche Verdünnung . . . . .	152
Tabelle über das Gewicht des in 1 cbm gefättigter Luft enthaltenen Wasser- dampfes . . . . .	154
β) GröÙe des Luftwechsels . . . . .	155
Tabelle über die stündlich erforderlichen Zulufmengen . . . . .	158
γ) Einfluss der Lüftung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft . . . . .	159
δ) Mittel zum Befeuchten der Luft . . . . .	160
ε) Mittel zum Trocknen der Luft . . . . .	164
3) Enttauben der Luft . . . . .	164
d) Verfahren des Zuführens frischer und des Abführens verunreinigter Luft . . . . .	169
1) Zufällige Lüftung . . . . .	171
2) Künstliche Lüftung . . . . .	174
3) Entnahmestellen für die frische Zuluft . . . . .	180
9. Kap. Bewegung der Flüssigkeiten in Rohrleitungen und Kanälen . . . . .	181
a) Widerstände der Bewegung . . . . .	181
b) Einfluss der Verschiedenheit der Gewichte geleiteter Flüssigkeiten . . . . .	184
c) Einfluss der Wärmeleitung der Kanal-, bzw. Rohrwände . . . . .	185
Tabellen zur Berechnung von Dampfleitungen . . . . .	189
d) Mittel zum Bewegen der Flüssigkeiten . . . . .	192
1) Bewegen der Flüssigkeiten durch Auftrieb . . . . .	193
2) Bewegen der Luft durch den Wind . . . . .	197
Literatur über »Saug- und Blasköpfe« . . . . .	202
3) Strahlvorrichtungen oder Strahler . . . . .	203
4) Bewegen durch feste Flächen . . . . .	204
e) Messen der Geschwindigkeit bewegter Flüssigkeiten . . . . .	205
1) Uebertragen der Geschwindigkeit auf die Flügel eines sich drehenden Rades . . . . .	206
2) Messen des Druckes, welchen der Stofs der bewegten Flüssigkeit auf eine ruhende Fläche ausübt . . . . .	207
3) Messen des durch eine Leitung strömenden Flüssigkeitsraumes . . . . .	208
Literatur über »Luftgeschwindigkeitsmesser« . . . . .	209

	Seite
10. Kap. Kanäle für Luft und Rauch (Luftkanäle, Rauchkanäle, Lock- und Rauchschornsteine) . . . . .	209
a) Abmessungen . . . . .	209
Tabelle zur Berechnung der Luftkanäle . . . . .	213
b) Lage und Längenprofil . . . . .	232
c) Konstruktion . . . . .	236
Literatur über »Schornsteine« . . . . .	243
d) Sicherungen gegen atmosphärische Einflüsse, gegen Staub, Ungeziefer u. f. w.; Schornsteinaufsätze und fonstige Einrichtungen . . . . .	244
e) Schieber, Klappen u. f. w. . . . .	253
11. Kap. Rohrleitungen für Wasser und Dampf . . . . .	261
a) Abmessungen . . . . .	261
Tabelle über vom Wasserdampf gelieferte Wärmemengen . . . . .	262
b) Lage und Längenprofil . . . . .	273
c) Konstruktion und Einrichtung des Rohrwerkes . . . . .	286
d) Schieber, Hähne, Ventile u. f. w. . . . .	299
12. Kap. Erwärmen der Luft . . . . .	303
a) Brennstoffe . . . . .	303
Tabelle über Zusammenfassung, Wärme- und Rauchentwicklung u. f. w. der Brennstoffe . . . . .	305
b) Feuerstellen . . . . .	307
Tabelle mit Mafsangaben für Feuerstellen . . . . .	312
c) Wärmeabgabe der Feuergase an die Luft . . . . .	316
1) Wärmeabgabe ohne Zwischenmittel (Kamine) . . . . .	317
2) Vermittelung durch eine feste Wand, (Oefen für Einzel- und Sammelheizungen; Kanal- und Feuerluftheizung) . . . . .	317
Literatur: Bücher über »Oefen für Einzelheizungen« . . . . .	332
Literatur über »Feuerluftheizung« . . . . .	332
3) Vermittelung durch feste Wände und Wasser oder durch Dampf. (Wasser- und Dampfheizung) . . . . .	334
Literatur über »Wasserheizung und Wasserluftheizung« . . . . .	356
Literatur über »Dampf-, Dampfwasser- und Dampfluftheizung« . . . . .	358
13. Kap. Abkühlen der Luft . . . . .	359
a) Mittel zum Abkühlen . . . . .	359
b) Verwendung der Mittel . . . . .	362
Literatur über »Abkühlen der Luft« . . . . .	364
14. Kap. Regelung der Wärme-Zufuhr, bzw. -Abfuhr . . . . .	364
a) Mittel zur Regelung . . . . .	364
b) Erkennen der Zustände . . . . .	380
c) Ausführen der Regelung . . . . .	383
15. Kap. Heizungs- und Lüftungsanlagen . . . . .	385
a) Lüftungsanlagen . . . . .	385
b) Heizungsanlagen . . . . .	388
Literatur über »Heizungs- und Lüftungsanlagen« . . . . .	393
c) Beispiele bewährter Heizungs- und Lüftungsanlagen . . . . .	395
1) Feuerluftheizung mit Umlauf der St. Johanniskirche zu Hannover . . . . .	395
2) Feuerluftheizung mit Sauglüftung der medizinischen Klinik zu Bonn . . . . .	395
3) Feuerluftheizung mit Drucklüftung und Warmwasserheizung mit Sauglüftung im Arbeiter-Kost- und Logierhaus des Bochumer Vereins für Bergbau und Gusstahlfabrikation . . . . .	397
4) Heifswasser-Luftheizung des Hauses <i>Kahn</i> zu Mannheim . . . . .	398
5) Dampfluftheizung mit Druck- und Sauglüftung der Kinderheilanstalt zu Dresden . . . . .	399
6) Dampfluftheizung mit Drucklüftung der Allen-Schule zu Akron (Vereinigte Staaten) . . . . .	399
7) Dampfluftheizung, gepaart mit örtlicher Dampfheizung, der Volksschule zu Hannover-Hainholz . . . . .	400

	Seite
D. Wasserverförgung der Gebäude . . . . .	401
Literatur über »Hauswasserleitungen im allgemeinen« . . . . .	403
16. Kap. Wasserbeschaffung . . . . .	405
17. Kap. Zuleitung und Verteilung des Wassers . . . . .	427
a) Zuleitung des Wassers . . . . .	427
b) Verteilung des Wassers . . . . .	433
1) Anchlufsleitung . . . . .	433
2) Wasserbehälter . . . . .	440
3) Hausrohrnetz . . . . .	447
Gesamtanlagen. — Vier Beispiele . . . . .	457
18. Kap. Einzelbestandteile der Wasserleitungen . . . . .	459
19. Kap. Warmwasserleitungen . . . . .	481
Verförgung einer Villa mit kaltem und warmem Wasser . . . . .	484
Literatur über »Warmwasserleitungen« . . . . .	486

### Verzeichnis

der in den Text eingelehteten Tafeln.

Zu Seite 138 u. 139:	Chemisches Institut der Technischen Hochschule zu Aachen. Schaulinien über die Wärmeüberföhrung durch Umfassungsmauern.
» » 394:	Heizungs- und Lüftungsanlage der St. Johanniskirche zu Hannover.
» » 395:	Heizungs- und Lüftungsanlage der medizinischen Klinik zu Bonn.
» » 396 u. 397:	Heizungs- und Lüftungsanlage des Arbeiter-Koft- und Logierhafes des Bochumer Vereins für Bergbau und Gußstahlfabrikation.
» » 398:	Heizungs- und Lüftungsanlage des Hafes <i>Kahn</i> in Mannheim.
» » 399:	Heizungs- und Lüftungsanlage der Kinderheilanfalt in Dresden.
» » 400:	Heizungs- und Lüftungsanlage der Allen-Schule zu Akron, O. (Vereinigte Staaten.)
» » 401:	Heizungs- und Lüftungsanlage der Volksschule zu Hannover-Hainholz.
» » 458:	Wasserverförgung eines Miethafes.
» » 485:	Verförgung einer Villa mit kaltem und warmem Wasser.

III. Teil, 4. Abteilung:  
KONSTRUKTIONEN DES INNEREN AUSBAUES.

4. Abschnitt.

Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft,  
Wärme und Wasser.

Die »Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser«, sowie die im folgenden Abschnitte zu behandelnden »Entwässerungs- und Reinigungsanlagen« haben außer den rein technischen Zwecken des »inneren Ausbaues« auch in hervorragender Weise gesundheitlichen (sanitären, bezw. hygienischen) Zwecken zu genügen. Sie bilden dementsprechend einen wesentlichen Bestandteil der sog. Gesundheitstechnik (Bauhygiene, bauliche Gesundheitslehre), und diese steht wieder mit der Hygiene oder Gesundheitspflege — der privaten, wie der öffentlichen — in innigem Zusammenhange.

Es wurde bereits im Vorwort (Grundsätze für die Konstruktion) zu Teil III dieses »Handbuches« (Band I) darauf hingewiesen, daß unsere Hochbauten auch stets den gesundheitlichen Anforderungen zu entsprechen haben. Das Beobachten und Einhalten hygienischer Grundsätze tritt indes bei den sog. gesundheitstechnischen Anlagen am maßgebendsten auf. »Zur Einführung« sagte *Reclam* im Vorwort zu seiner Zeitschrift »Gesundheit«<sup>1)</sup> über das Zusammengehen des Arztes und des Baumeisters bei den in Rede stehenden baulichen Anlagen: »... Die Aerzte allein »vermögen die Urfachen des Erkrankens in den einwirkenden Schädlichkeiten aufzufinden und die Hilfsmittel zu bezeichnen. Den ausführenden Technikern erwächst die Pflicht, die von ärztlicher Seite gestellten Aufgaben zu lösen; freilich müssen sie dieselben wie die Schädlichkeiten erst kennen lernen, wie auch die Aerzte zuvor von der Leistungsfähigkeit der Techniker Kenntnis erlangen müssen...«

Diesem Ausspruche kann völlig beigetreten werden, sobald aus der zuletzt gedachten »Kenntnis der Leistungsfähigkeit der Techniker«, die sich ja naturgemäß immer nur auf einige Elemente des bautechnischen Wissens beziehen kann und wird, nicht etwa die Befähigung abgeleitet wird, über das Ganze der technischen Ausführung und ihre konstruktiven Einzelheiten in entscheidender Weise aburteilen zu können, und sobald man die »Pflicht, die von ärztlicher Seite gestellten Aufgaben zu lösen«, nur dahin auffaßt, daß der Architekt in jedem vorliegenden Falle die ihm von hygienisch-ärztlicher Seite gestellte Aufgabe so weit zu lösen bestrebt sein muß, als die jeweiligen Verhältnisse und die verfügbaren Mittel dies gestatten, und soweit es sich mit den baulichen Anforderungen vereinbaren läßt.

1.  
Vor-  
bemerkungen.

<sup>1)</sup> Zeitschrift für körperliches und geistiges Wohl. Elberfeld.  
Handbuch der Architektur. III, 4. (3. Aufl.)

Die ärztlichen Hygieniker übernehmen bei allen gefundheitstechnischen Anlagen die Rolle des Bauherrn; ihnen kommt es zu, das »Bauprogramm« zu entwerfen; Sache des betreffenden Architekten ist es dagegen, die im Programm gestellte Aufgabe »technisch« zu lösen. Allein ebenso, wie in anderen Fällen das Bauprogramm durch die »künstlerischen« und »technischen« Erwägungen des mit der Herstellung des Bauentwurfes beauftragten Baumeisters, durch die Bedenken, die er vom ästhetischen und vom konstruktiven Standpunkte aus gegen den Umfang und die Lösung der ihm gestellten Aufgabe geltend macht, sowie durch die ihm zur Seite stehenden eigenen und fremden Erfahrungen nicht selten Abänderungen erfährt, so wird und kann es auch niemals als »Pflicht« des Baumeisters angesehen werden, die vom Arzt, bezw. Chemiker gestellte Aufgabe ohne weiteres »technisch« zu lösen. Vielmehr wird es in nicht seltenen Fällen, mit Rücksicht auf die obwaltenden Verhältnisse und die zu Gebote stehenden Mittel, seine »Pflicht« sein, auf die Abänderung, bezw. die Herabminderung der gestellten Anforderungen hinzuweisen; der Architekt wird demnach in gewissem Sinne in das Gebiet des Hygienikers hinüberzugreifen haben. Ebenso kann auch der letztere veranlaßt werden, beim Entwerfen des technischen Entwurfes beratend mitzuwirken, durch gefundheitliche Bedenken seine Abänderung hervorzurufen und bei der Wahl zwischen Alternativentwürfen entscheidend mitzuwirken.

Deshalb ist es, wie *Reclam* ganz richtig bemerkt, von Vorteil, wenn dem Hygieniker die Elemente der Bautechnik, wenn dem Baumeister die Elemente der Hygiene nicht unbekannt sind. Gleichzeitig haben wir aber den Architekten davor zu warnen, daß er — sobald er sich die Kenntnis von den Elementen der Hygiene erworben hat — sich nicht zu weit in das Gebiet des Arztes, des Hygienikers oder des Chemikers hinüberwage, ebenso wie wir wünschen müssen, daß auch der Hygieniker bei der Ausführung gefundheitstechnischer Anlagen sein Urteil nur auf jenes enge Gebiet beschränke, das ihm sein »Können« vorschreibt. Noch ist es je ausgeblieben, noch wird es je ausbleiben, daß wenig erpfriessliche, ja unheilvolle Ergebnisse zum Vorschein kommen, sobald der Arzt in das eigentliche Gebiet des Technikers, sobald der letztere in das dem Arzte eigentümliche Bereich eingreift<sup>2)</sup>.

### Literatur.

Bücher und Zeitschriften über »Gefundheitstechnik (Bauhygiene)«.

- BURN, R. S. *Sanitary science as applied to the healthy construction of houses*. Glasgow u. London 1872. — Neue Aufl. 1882.
- KLEYER, A. *Gefundheitspflege im Zusammenhang mit Canalbau und Wasserverforgung, nebst einem Anhang über den Zweck und die Einrichtung der Hausentwässerung*. Frankfurt a. M. 1875. — Neue Ausg.: Halberstadt 1882.
- BUCHAN, W. P. *Plumbing*. London 1876. — 7. Aufl. 1881—88.
- DENTON, B. *Sanitary engineering etc.* London 1877.
- HELLYER, S. *The plumber and sanitary houses. A practical treatise on the principles of internal plumbing work, or the best means of effectually excluding noxious gases from our houses*. London 1877. — 6. Aufl. 1900.
- Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausg. von der österr. Commission. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Wien 1878.
- BAYLES, J. C. *House drainage and water-service*. New York 1878.

<sup>2)</sup> Vergl. auch: PROKOP, A. Die Stellung des Technikers zur öffentlichen Gefundheitspflege. *Zeitschr. d. öst. Ing.-u. Arch.-Ver.* 1883, S. 29. — HARTMANN, K. Beiträge zur Konstruktionslehre der Gefundheitstechnik. *Gefundh.-Ing.* 1886, S. 86, 123.

- BANNER, E. G. *Wholesome houses: a handbook of domestic sanitation and ventilation*. London 1878.  
— Neue Aufl. 1882.
- SLAGG, CH. *Sanitary work in the smaller towns and villages*. London 1879. — 2. Aufl. 1883.
- PHILBRICK, E. S. *American sanitary engineering*. New York 1881.
- DENTON, B. *A handbook of house sanitation for the use of all persons seeking a healthy house*.  
London 1882.
- PUTZEYS, F. *L'hygiène dans la construction des habitations privées*. Brüssel 1882.
- Standard practical plumbing*. London 1885. — 2. Aufl. 1889.
- WAZON, A. *Principes techniques d'affainissement des villes & habitations etc.* Paris 1884.

Ferner:

- Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten sowie für Wasserverforgung. Herausg.  
v. H. BUNTE. München. Erscheint seit 1858.
- The Plumber and Sanitary Engineer*. New York. Erscheint seit 1878.
- Der Rohrleger. Herausg. v. G. STUMPF. Berlin 1878—79.
- Der Rohrleger und Gefundheits-Ingenieur. Herausg. v. G. STUMPF. Berlin 1880.
- Der Gefundheits-Ingenieur. Zeitschrift für die gefamte Städtehygiene. (Neue Folge des Rohrleger.)  
Herausg. von v. BÖHMER, DUNBAR, HARDER, PROSKAUER u. K. SCHMIDT. Berlin. Erscheint  
seit 1880.
- La technologie sanitaire*. Löwen 1896—1905.
- La technique sanitaire*. Herausg. von V. v. LINT. Paris. Erscheint seit 1906.
- L'ingegneria sanitaria*. Turin. Erscheint seit 1890.

156 1/2

## A. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Von Dr. phil. u. Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT.

Die Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme ist in gesundheitlicher Beziehung eine sehr wichtige Frage; ihre Lösung ist aber auch eine sehr schwierige, weil die verschiedenen dabei maßgebenden Interessen nicht selten einander scharf gegenüberstehen. In den nachstehenden Untersuchungen sollen Anhaltspunkte dafür gegeben werden, wie den zum Teil widerstrebenden Anforderungen und Einflüssen Rechnung getragen werden kann.

### 1. Kapitel.

#### Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht.

2.  
Beleuchtung  
im  
allgemeinen.

Die Erhellung der geschlossenen Räume unserer Gebäude kann in zweifacher Weise geschehen:

- 1) durch Sonnen- oder Tageslicht — natürliche Beleuchtung, und
- 2) durch künstliche Lichtquellen — künstliche Beleuchtung.

Bei Tag ist, wo immer es angeht, wo die örtlichen Verhältnisse es gestatten und wo die Bestimmung des betreffenden Gebäudes nicht das Gegenteil erfordert, die natürliche der künstlichen Beleuchtung vorzuziehen; der wohlthätige Einfluß des Sonnenlichtes auf das menschliche Auge, sowie auf den menschlichen Organismus überhaupt, auf tierisches und pflanzliches Leben ist so allgemein anerkannt, daß über diese Angelegenheit Zweifel nicht entstehen können. Zu erörtern ist nur die Frage, welches Mindestmaß der Erhellung erforderlich ist, um jene wohlthätige Wirkung zu erzielen — ein Maß, unter welches nicht gegangen werden darf, wenn das menschliche Auge nicht Schaden nehmen soll.

3.  
Erhellungsgrad  
und  
Lichteinheit.

Um den Erhellungsgrad eines geschlossenen Raumes angeben, bezw. die Lichtmenge bestimmen zu können, die irgend ein Flächenelement in diesem Raume unter dem Einfluß einer Lichtquelle besitzt, muß man ein Vergleichsmaß, eine sog. Lichteinheit, feststellen. Bei Erhellung durch Sonnenlicht scheint es nahe zu liegen, die Einheit aus dem Tageslicht selbst abzuleiten; allein man würde hierdurch keinen Festwert erzielen, weil das Tageslicht je nach der Jahres- und Tageszeit, je nach dem Grade der Bewölkung und je nach verschiedenen anderen Umständen, von denen später noch die Rede sein wird, wechselt. Deshalb wurden andere Einheiten aufgefucht, die sich indes durchweg auf künstliche Lichtquellen beziehen.

Der Erhellungsgrad eines Flächenelements in einem geschlossenen Raume ist aber nicht bloß von der einfallenden Lichtmenge, d. i. von der Zahl der Lichteinheiten, die es von einer Lichtquelle empfängt, abhängig, sondern auch von feinem Abstände von dieser Lichtquelle und von dem Winkel, den der Lichtstrahl mit der beleuchteten Fläche einschließt, dem sog. Auffallwinkel. Bekanntlich steht der Erhellungsgrad im umgekehrten Verhältnis zum Quadrat jenes Abstandes und im geraden Verhältnis zum Sinus des Auffallwinkels. Bei der natürlichen Beleuchtung der Räume können die Oeffnungen in den Wänden, bezw. in der Decke oder im Dach, durch welche das Himmelslicht einfällt — die sog. Lichtöffnungen oder Lichtfelder — als Lichtquellen angesehen werden.

Die Lichteinheit ist in den einzelnen Ländern verschieden gewählt worden, und diese Frage ist zur Zeit keine abgeschlossene.

In Deutschland hatte der »Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern« früher als Einheit der Lichtstärke eine Paraffinkerze von 20<sup>mm</sup> Durchmesser und von genau beschriebener Zusammenfassung des Dochtes empfohlen und sich mit ihrer Herstellung seit 1868 beschäftigt; 12 solcher Kerzen wiegen 1kg und sollen eine Flammenhöhe von 50<sup>mm</sup> geben.

In Frankreich dient als Einheit das Licht einer *Carcel*- (Moderateur) Lampe größten Formats von 20<sup>mm</sup> Dochtweite, welche in einer Stunde 42g gereinigten Colza-Oels (Kohlfaat- oder Rüböls) verbrennt; man nennt dort diese Lichtmenge einfach »*Bec Carcel*« oder auch schlechtweg »*Bec*«.

In England wendet man als Lichteinheit die sog. Parlamentskerze (*Parliamentary Standard Candle*) an, die bei einer Flammenhöhe von 44,5<sup>mm</sup> stündlich 120 Grains (= 7,77g) Spermaceti (Walrat) verbrennt. Sie wird meist »englische Walratkerze« genannt<sup>3)</sup>.

Um Vergleiche in den verschiedenen Angaben zu ermöglichen, sei erwähnt, daß man annähernd rechnet:

1 deutsche Normalkerze = 0,10 *Becs Carcel* = 0,98 Parlamentskerzen,

1 *Bec Carcel* = 9,83 (oder rund 10) Vereinskerzen = 9,6 Parlamentskerzen und

1 engl. Parlamentskerze = 1,02 Vereinskerzen = 0,104 *Becs Carcel*.

Diese Lichteinheiten haben der Hauptbedingung, welche man an ein Urmaß stellen muß: daß es bequem an allen Orten und zu allen Zeiten herzustellen ist — nicht ganz entsprochen; namentlich war ihre Unveränderlichkeit (Konstanz) nicht in genügendem Maße zu erreichen.

Im Jahre 1878 stellte *Schwendler* die Einheit für Lichtmessungen durch die Wirkung eines fländigen galvanischen Stromes, der ein 0,017<sup>m</sup> dickes Platinblech durchfließt, dar; die Helligkeit, mit der eine solche Platineinheit glüht, ist in hohem Maße unveränderlich. Da es indes umständlich und schwierig ist, einen konstanten galvanischen Strom zu erzeugen und zu kontrollieren, so hat diese Einheit keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Die 1881 stattgehabte erste internationale Elektrizitätsausstellung zu Paris gab Anlaß, sich mit dem fraglichen Gegenstande gleichfalls zu beschäftigen, umso mehr, als man beim elektrischen Bogenlicht bedeutend größere Helligkeitsgrade zu bestimmen hatte wie feither. Indes kam der damals abgehaltene internationale Kongress von Elektrikern zu keinem abschließenden Ergebnis, und die Bearbeitung der Frage wurde einer internationalen Kommission überwiesen. Von dieser wurde 1884 als »praktische Einheit des weißen Lichtes die Lichtmenge, welche in normaler Richtung von 1<sup>cm</sup> der Oberfläche von geschmolzenem Platin bei der Erstarrungstemperatur ausgegeben wird«, angenommen. Die *Violle'sche* Platineinheit erwies sich indes später als wenig zuverlässig, indem sich bei sorgfältigen Versuchen Abweichungen bis zu 25 Vomhundert herausstellten.<sup>1)</sup>

*Hefner-Alteneck* schlug als Lichteinheit die Leuchtkraft einer freibrennenden Flamme vor, welche aus dem Querschnitte eines massiven, mit Amylazetat gefättigten Dochtes aufsteigt, der ein kreisrundes Dochtröhrchen aus Neufilber von 8<sup>mm</sup> innerem, 8,3<sup>mm</sup> äußerem Durchmesser und 25<sup>mm</sup> freistehender Länge vollkommen ausfüllt, bei einer Flammenhöhe von 40<sup>mm</sup> vom Rande des Dochtröhrchens aus und wenigstens 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen. Die Konstanz dieser Lichtquelle ist eine vorzügliche; die 1888er Verammlung des »Deutschen Vereins von Gas-

<sup>3)</sup> Siehe: Neudefinition der englischen Normalkerze. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1894, S. 128.



## A. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Von Dr. phil. u. Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT.

Die Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme ist in gesundheitlicher Beziehung eine sehr wichtige Frage; ihre Lösung ist aber auch eine sehr schwierige, weil die verschiedenen dabei maßgebenden Interessen nicht selten einander schroff gegenüberstehen. In den nachstehenden Untersuchungen sollen Anhaltspunkte dafür gegeben werden, wie den zum Teil widerstrebenden Anforderungen und Einflüssen Rechnung getragen werden kann.

### 1. Kapitel.

#### Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht.

2.  
Beleuchtung  
im  
allgemeinen.

Die Erhellung der geschlossenen Räume unserer Gebäude kann in zweifacher Weise geschehen:

- 1) durch Sonnen- oder Tageslicht — natürliche Beleuchtung, und
- 2) durch künstliche Lichtquellen — künstliche Beleuchtung.

Bei Tag ist, wo immer es angeht, wo die örtlichen Verhältnisse es gestatten und wo die Bestimmung des betreffenden Gebäudes nicht das Gegenteil erfordert, die natürliche der künstlichen Beleuchtung vorzuziehen; der wohltätige Einfluss des Sonnenlichtes auf das menschliche Auge, sowie auf den menschlichen Organismus überhaupt, auf tierisches und pflanzliches Leben ist so allgemein anerkannt, dass über diese Angelegenheit Zweifel nicht entstehen können. Zu erörtern ist nur die Frage, welches Mindestmaß der Erhellung erforderlich ist, um jene wohltätige Wirkung zu erzielen — ein Maß, unter welches nicht gegangen werden darf, wenn das menschliche Auge nicht Schaden nehmen soll.

3.  
Erhellungsgrad  
und  
Lichteinheit.

Um den Erhellungsgrad eines geschlossenen Raumes angeben, bzw. die Lichtmenge bestimmen zu können, die irgend ein Flächenelement in diesem Raume unter dem Einfluss einer Lichtquelle besitzt, muss man ein Vergleichsmaß, eine sog. Lichteinheit, feststellen. Bei Erhellung durch Sonnenlicht scheint es nahe zu liegen, die Einheit aus dem Tageslicht selbst abzuleiten; allein man würde hierdurch keinen Festwert erzielen, weil das Tageslicht je nach der Jahres- und Tageszeit, je nach dem Grade der Bewölkung und je nach verschiedenen anderen Umständen, von denen später noch die Rede sein wird, wechselt. Deshalb wurden andere Einheiten aufgesucht, die sich indes durchweg auf künstliche Lichtquellen beziehen.

Der Erhellungsgrad eines Flächenelements in einem geschlossenen Raume ist aber nicht bloß von der einfallenden Lichtmenge, d. i. von der Zahl der Lichteinheiten, die es von einer Lichtquelle empfängt, abhängig, sondern auch von seinem Abstände von dieser Lichtquelle und von dem Winkel, den der Lichtstrahl mit der beleuchteten Fläche einschließt, dem sog. Auffallwinkel. Bekanntlich steht der Erhellungsgrad im umgekehrten Verhältnis zum Quadrat jenes Abstandes und im geraden Verhältnis zum Sinus des Auffallwinkels. Bei der natürlichen Beleuchtung der Räume können die Oeffnungen in den Wänden, bezw. in der Decke oder im Dach, durch welche das Himmelslicht einfällt — die sog. Lichtöffnungen oder Lichtfelder — als Lichtquellen angesehen werden.

Die Lichteinheit ist in den einzelnen Ländern verschieden gewählt worden, und diese Frage ist zur Zeit keine abgeschlossene.

In Deutschland hatte der »Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern« früher als Einheit der Lichtstärke eine Paraffinkerze von 20<sup>mm</sup> Durchmesser und von genau beschriebener Zufamensetzung des Dochtes empfohlen und sich mit ihrer Herstellung seit 1868 beschäftigt; 12 solcher Kerzen wiegen 1<sup>kg</sup> und sollen eine Flammhöhe von 50<sup>mm</sup> geben.

In Frankreich dient als Einheit das Licht einer *Carcel*- (Moderateur) Lampe größten Formats von 20<sup>mm</sup> Dochtweite, welche in einer Stunde 42<sup>g</sup> gereinigten Colza-Oels (Kohlfaat- oder Rüböls) verbrennt; man nennt dort diese Lichtmenge einfach »*Bec Carcel*« oder auch schlechtweg »*Bec*«.

In England wendet man als Lichteinheit die sog. Parlamentskerze (*Parliamentary Standard Candle*) an, die bei einer Flammhöhe von 44,5<sup>mm</sup> stündlich 120 Grains (= 7,77<sup>g</sup>) Spermaceti (Walrat) verbrennt. Sie wird meist »englische Walratkerze« genannt<sup>3)</sup>.

Um Vergleiche in den verschiedenen Angaben zu ermöglichen, sei erwähnt, daß man annähernd rechnete:

1 deutsche Normalkerze = 0,10 *Becs Carcel* = 0,98 Parlamentskerzen,

1 *Bec Carcel* = 9,83 (oder rund 10) Vereinskerzen = 9,6 Parlamentskerzen und

1 engl. Parlamentskerze = 1,02 Vereinskerzen = 0,104 *Becs Carcel*.

Diese Lichteinheiten haben der Hauptbedingung, welche man an ein Urmaß stellen muß: daß es bequem an allen Orten und zu allen Zeiten herzustellen ist — nicht ganz entsprochen; namentlich war ihre Unveränderlichkeit (Konstanz) nicht in genügendem Maße zu erreichen.

Im Jahre 1878 stellte *Schwendler* die Einheit für Lichtmessungen durch die Wirkung eines ständigen galvanischen Stromes, der ein 0,017<sup>m</sup> dickes Platinblech durchfließt, dar; die Helligkeit, mit der eine solche Platineinheit glüht, ist in hohem Maße unveränderlich. Da es indes umständlich und schwierig ist, einen konstanten galvanischen Strom zu erzeugen und zu kontrollieren, so hat diese Einheit keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Die 1881 stattgehabte erste internationale Elektrizitätsausstellung zu Paris gab Anlaß, sich mit dem fraglichen Gegenstande gleichfalls zu beschäftigen, umfomehr, als man beim elektrischen Bogenlicht bedeutend größere Helligkeitsgrade zu bestimmen hatte wie seither. Indes kam der damals abgehaltene internationale Kongress von Elektrikern zu keinem abschließenden Ergebnis, und die Bearbeitung der Frage wurde einer internationalen Kommission überwiesen. Von dieser wurde 1884 als »praktische Einheit des weißen Lichtes die Lichtmenge, welche in normaler Richtung von 1<sup>qcm</sup> der Oberfläche von geschmolzenem Platin bei der Erstarrungstemperatur ausgegeben wird«, angenommen. Die *Violle'sche* Platineinheit erwies sich indes später als wenig zuverlässig, indem sich bei sorgfältigen Versuchen Abweichungen bis zu 25 Vomhundert herausstellten.<sup>4)</sup>

*Hefner-Alteneck* schlug als Lichteinheit die Leuchtkraft einer freibrennenden Flamme vor, welche aus dem Querschnitte eines massiven, mit Amylazetat gefättigten Dochtes aufsteigt, der ein kreisrundes Dochtröhrchen aus Neufilber von 8<sup>mm</sup> innerem, 8,3<sup>mm</sup> äußerem Durchmesser und 25<sup>mm</sup> freistehender Länge vollkommen ausfüllt, bei einer Flammhöhe von 40<sup>mm</sup> vom Rande des Dochtröhrchens aus und wenigstens 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen. Die Konstanz dieser Lichtquelle ist eine vorzügliche; die 1888er Verammlung des »Deutschen Vereins von Gas-

<sup>3)</sup> Siehe: Neudefinition der englischen Normalkerze. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1894, S. 128.

und Wafferfachmännern« hat die Amylzetatlampe schon in ihrer jetzigen Gestalt als ein geeignetes Vergleichsmittel für Lichtmessungen« bezeichnet<sup>4)</sup>.

In der 1889er Verfammling des gleichen Vereines wurde es als erwiesen betrachtet, daß die Amylzetatlampe den englischen Walrat- und den deutschen Paraffinkerzen überlegen ist. Im Jahre 1890 wurde beschloffen, diese Lampe an Stelle der Vereins-Paraffinkerze als Lichtmaß des Vereines anzunehmen. Diese Lichteinheit wird *Hefner-Lampe*, *Hefner-Licht* und *Hefner-Kerze* genannt. Für Abkürzungen dient das Symbol »HK«, bezw. »HK«. Das Verhältnis der Leuchtkraft eines *Hefner-Lichtes* (von 40<sup>mm</sup> Flammenhöhe) verglichen mit der Leuchtkraft der Vereins-Paraffinkerze wurde wie 1 : 1,20, mit einer Abweichung im Mehr oder Minder bis zu 0,05, festgestellt.

Das *American Institute of Electrical Engineers* beschloß im Mai 1896, das *Hefner-Licht* anzunehmen. — Der im August 1896 in Genf abgehaltene »Internationale Elektrotechniker-Kongress« behielt die *Violle'sche Platineinheit* bei; der zwanzigste Teil davon wurde als theoretische Einheit angenommen und *Bougie décimale* genannt. Für industrielle Zwecke soll das *Hefner-Licht* Anwendung finden in Berücksichtigung des Verhältnisses seiner Helligkeit zur Platineinheit. — Eine Kommission, welche 1895 von der *Incorporated Institution of Gas Engineers* eingesetzt worden war, verwarf kurzer Hand die Amylzetatlampe, da ihr Helligkeitswert kleiner als 1 Kerze sei und die rötliche Farbe ihrer Flamme die Vergleichung einer weissen Lichtquelle äußerst erschwere. Daraufhin wurde als Einheit des Lichtes die bisherige *Parliamentary Standard Candle* beibehalten.

*Bunte* gibt<sup>5)</sup> als mittlere Ergebnisse von zahlreichen Versuchen die Beziehungen der für photometrische Messungen gebräuchlichsten Lichteinheiten folgende Zahlenwerte an:

	<i>Hefner-Kerze</i>	Deutsche Vereinsparaffinkerze	Englische Walratkerze	Französische <i>Carcel-Lampe</i>	<i>Violle'sche Platineinheit</i>	<i>Bougie décimale</i>
<i>Hefner-Kerze</i> . . . . .	1	0,833	0,877	0,992	0,044	0,89
Deutsche Vereinsparaffinkerze . .	1,20	1	1,05	0,110	0,054	1,07
Englische Walratkerze . . . . .	1,14	0,95	1	0,105	0,051	1,01
Französische <i>Carcel-Lampe</i> . . . .	10,87	9,05	9,53	1	0,481	9,62
<i>Violle'sche Platineinheit</i> . . . . .	22,6	18,8	19,8	2,08	1	20
<i>Bougie décimale</i> . . . . .	1,13	0,94	0,99	0,104	0,05	1

4.  
Erhellung  
mittels  
Sonnenlicht.

Das Sonnenlicht ist in den allermeisten Fällen so stark und so grell, daß die geschlossenen Räume unserer Gebäude davor geschützt werden müssen. Ihre Erhellung bei Tage erfolgt deshalb durch das von der Atmosphäre aufgenommene und wieder zerstreute (diffuse) Licht.

Die Räume selbst werden durch solches Licht entweder unmittelbar oder mittelbar erhellt.

Das Tageslicht ist unmittelbar (direkt), wenn die Lichtöffnung, durch welche es einfällt, unmittelbar in das Freie führt. Mittelbares (indirektes) Tageslicht empfangen Räume durch Lichtöffnungen, welche nach benachbarten — daneben oder darüber gelegenen — unmittelbar erhellten Räumen münden.

Bei der unmittelbaren Beleuchtung ist noch zu unterscheiden, ob das zerstreute Sonnenlicht ganz unbeeinträchtigt aus dem völlig Freien kommt oder ob der Lichteinfall durch gegenüberliegende oder benachbarte Gebäude, bezw. andere Gegenstände ganz oder zum Teil gehemmt ist, so daß es teilweise als Reflexlicht zur Wirkfamkeit kommt. Besonders störend und für das Auge geradezu

4) Siehe über Normal- und Vergleichslichtquellen: KRÜSS, H. Die elektro-technische Photometrie. Wien, Pest, Leipzig 1886, S. 96 ff. — ferner: WEBER, L. Zur Frage der Lichteinheiten. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1888, S. 597.

5) In: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1903, S. 1005 ff.

schädlich ist das Reflexlicht, welches von hellgefärbten und vom Sonnenlicht grell erhellten Flächen zurückgeworfen wird und in Räume benachbarter oder gegenüberliegender Gebäude einfällt; solches Licht soll deshalb so weit als irgend möglich vermieden werden.

Die Lichtöffnungen, durch welche geschlossene Räume unmittelbares Tageslicht empfangen, werden angeordnet:

- 1) in den seitlichen Umfassungswänden — Seitenlicht, oder
- 2) in den nach oben abschließenden Decken, bezw. Dächern — Decken-, bezw. Dachlicht.

Decken- und Dachlicht werden häufig als Oberlicht<sup>6)</sup> bezeichnet. In bestimmten Fällen wird das von oben lotrecht einfallende Licht auch Zenitlicht genannt, insbesondere, wenn es nahe am First eines Satteldaches, in der Spitze eines Zeldaches, durch den Scheitel eines Kuppelgewölbes, bezw. Kuppeldaches u. f. w. in den Raum einfällt.

3) Nicht selten kommen seitliche und in der Decke, bezw. im Dach angeordnete Lichtöffnungen gleichzeitig zur Anwendung. Dies geschieht hauptsächlich in jenen Fällen, wo ein Raum durch die seitlich angebrachten Fensteröffnungen in gewissen (rückwärts gelegenen) Teilen nicht genügend erhellt wird; das Decken-, bezw. Dachlicht dient dann zur Vervollständigung der Erhellung in diesen Teilen. Bisweilen ist jedoch das Decken-, bezw. Dachlicht die Hauptlichtquelle für den betreffenden Raum, und die in seinen Umfassungswänden vorhandenen Fensteröffnungen sind hauptsächlich in Rücksicht auf die Lüfterneuerung oder aus anderen, mit der Raumerhellung nicht zusammenhängenden Gründen vorgesehen worden.

Die am häufigsten vorkommende Art der Tageserhellung unserer Räume ist diejenige mittels Seitenlicht, und darunter wieder diejenige mittels gewöhnlicher Fenster, d. i. solcher, deren Unterkante in Brüstungshöhe gelegen ist oder tiefer herabreicht. Befinden sich die Fensteröffnungen in wesentlich größerer Höhe, so erfolgt die Erhellung des betreffenden Raumes mittels fog. hohen Seitenlichtes oder Hochlichtes, welches auch Oberlicht<sup>7)</sup> genannt wird.

Die seitliche Erhellung von Räumen erfolgt aber auch bisweilen durch verglaste Wände, viel seltener durch fog. Glastüren; der erstere Fall tritt namentlich bei Pflanzenhäusern, photographischen Arbeitsstätten, Markthallen, Bahnsteighallen größerer Bahnhöfe, Ausstellungsbauten u. f. w. ein.

Wenn ein Raum von oben erhellt werden soll, so wird, wenn eine wagrechte Deckenkonstruktion vorhanden ist, entweder die ganze Decke oder meist ein entsprechend großer, tunlichst zentral gelegener Teil davon als Lichtfläche konstruiert; die darüber gelegenen Dachflächen sind alsdann gleichfalls mit genügend großen Lichtöffnungen zu versehen, und in manchen Fällen wird zwischen Decke und Dach ein Lichtschacht angeordnet.

Ist der zu erhellende Raum nach oben unmittelbar durch die Dachkonstruktion abgeschlossen, so ist in den Dachflächen ein entsprechend großer, zentral gelegener Teil lichtdurchlässig auszuführen.

In sehr vielen Fällen ist die Frage, ob man einen Raum durch seitlich oder durch von oben einfallendes Licht zu erhellen habe, durch die Lage dieses Raumes

5.  
Unmittelbare  
Erhellung.

6.  
Seitliche  
Erhellung.

7.  
Erhellung  
von oben.

8.  
Seitlich  
oder  
von oben  
einfallendes  
Licht?

<sup>6)</sup> Im »Handbuch der Architektur« wird der Gebrauch der Bezeichnung »Oberlicht« vermieden, um Missverständnissen vorzubeugen; wie noch in Art. 6 gesagt werden wird, nennt man nicht selten hoch einfallendes Seitenlicht gleichfalls »Oberlicht«.

<sup>7)</sup> Diese Bezeichnung wird namentlich für Fenster, die über Tür- oder Toröffnungen angebracht sind, gebraucht. (Siehe auch die vorhergehende Fußnote.)

im Gebäude selbst ohne weiteres beantwortet. Sind über dem zu erhellenden Raum andere Räume angeordnet, so ist eine unmittelbare Beleuchtung des ersteren von oben so gut wie ausgeschlossen, und ebenso gibt es Fälle, wo ein Raum von der Seite her sich gar nicht oder doch nicht ausreichend erhellen läßt, so daß Licht-einfall von oben geradezu geboten ist.

Von derartigen Fällen abgesehen, läßt sich die Frage, ob Seitenlicht dem Decken-, bezw. Dachlicht vorzuziehen sei und umgekehrt, allgemein nicht beantworten; hauptsächlich wird dabei die Bestimmung des betreffenden Raumes ausschlaggebend sein.

Sind, wie dies meistens zutrifft, nur in einer Umfassungswand des zu erhellenden Raumes Fenster angeordnet, so ist in einem seiner Punkte der Erhellungsgrad umso geringer, je weiter er von den lichtgebenden Wandöffnungen entfernt ist. Wenn sonach die Bestimmung des betreffenden Raumes eine derartige, nach der Raumtiefe abnehmende Erhellung zuläßt, so ist solches Seitenlicht anwendbar. Gestattet die beabsichtigte Raumbenutzung dies nicht, und lassen sich Fenster in zwei einander gegenüberstehenden Wänden anbringen, so wird man dadurch in manchen Fällen die ausreichende, bezw. geeignete Erhellung des Raumes erzielen können.

Immerhin wird es Fälle geben, wo durch seitliches Licht entweder keine genügende oder keine geeignete Raumerhellung erzielt werden kann, wo dies vielmehr nur durch von oben einfallendes Licht erreichbar ist. Handelt es sich darum, große wagrechte Flächen tunlichst gleichmäßig zu erhellen, so kann dies durch Decken-, bezw. Dachlicht eher bewirkt werden als durch Seitenlicht. Allerdings werden auch bei von oben einfallendem Licht die am Umfange der zu erhellenden wagrechten Fläche gelegenen Teile etwas schwächer beleuchtet sein als die gerade unter der Lichtöffnung befindlichen; allein die Ungleichmäßigkeit in der Erhellung wird eine viel geringere als bei seitlicher Beleuchtung sein.

Es gibt ferner Fälle, wo es sich hauptsächlich darum handelt, in bestimmten Teilen der Umfassungswände einen tunlichst gleichmäßigen Erhellungsgrad zu erzielen. Bei seitlicher Beleuchtung sind die mit Fenstern versehenen Wände für viele Zwecke fast unbenutzbar, und die senkrecht dazu stehenden Wände zeigen, je nach dem Abstand von der Fensterwand, im Erhellungsgrade verschiedene Abstufungen, so daß auch diese nur unter gewissen Bedingungen zweckmäßig verwendet werden können. Hingegen läßt sich durch in der Decke, bezw. im Dach tunlichst zentral angeordnete Lichtöffnungen, insbesondere, wenn man noch gewisse Vorsichtsmaßregeln trifft, eine viel gleichmäßigere Erhellung der betreffenden Teile sämtlicher Umfassungswände erzielen.

In derartigen Fällen wird sonach die Erhellung von oben derjenigen von der Seite her vorzuziehen sein, und man wird auch noch den weiteren Vorteil des von oben einfallenden Lichtes auszunutzen in der Lage sein, der darin besteht, daß letzteres in der Regel von der Umgebung weniger beeinträchtigt wird als das Seitenlicht.

Indes ist die Raumerhellung von oben nicht frei von Mifsständen:

1) Der Erhellungsgrad ist je nach dem Stande der Sonne ein ziemlich stark wechselnder; zwar ist dies auch bei Seitenlicht der Fall, allein in wesentlich geringerem Maße.

2) Unter sonst gleichen Verhältnissen ist in vielen Fällen der Erhellungsgrad, den von oben einfallendes Licht erzeugt, weniger ausgiebig als der vom Seitenlicht herrührende. Denn die Arbeitsstellen u. s. w. des betreffenden Raumes befinden

sich meist dem Fußboden nahe, und da ihre Entfernung von der Lichtöffnung im ersteren Falle in der Regel größer ist als im letzteren, so muß der Erhellungsgrad ein geringerer sein.

Oder umgekehrt: will man in beiden Fällen einen gleichen Erhellungsgrad erzielen, so werden bei Beleuchtung von oben die Lichtöffnungen in der Regel größer sein müssen als bei seitlicher Erhellung. Da nun Fenster u. f. w. in der Ausführung meist billiger zu stehen kommen als Decken- und Dachlichter, so bedingt die Erhellung von oben im allgemeinen teurere konstruktive Einrichtungen als jene von der Seite her.

3) Von oben einfallendes Licht erzeugt in manchen Fällen auch aus dem Grunde einen geringeren Erhellungsgrad, weil bei solcher Beleuchtungsart die doppelte Verglasung der Lichtöffnung (in der Decke und im Dach) häufiger notwendig wird als bei seitlicher Erhellung.

4) Bei Schneefall wird die Wirksamkeit von Decken- und Dachlichtern beeinträchtigt. Indes kann man diesem Mißstande in ausgiebiger Weise begegnen, wenn man die verglasten Flächen der Lichtöffnungen so steil anordnet, daß der Schnee darauf nicht liegen bleibt; und wenn letzteres dennoch in geringem Maße der Fall sein sollte, so schmilzt über erwärmten Räumen der abgelagerte Schnee bald ab.

5) Auch durch Staubablagerung tritt eine Verminderung der Raumerhellung ein. Je flacher die verglaste Lichtfläche gelegen ist, desto leichter wird sich Staub ablagern.

Mittelbares Licht kann einem Raume entweder durch offene oder verglaste Wandöffnungen (Fenster, Glastüren u. f. w.), welche in einen daran stossenden Raum münden, oder durch Glaswände, die ihn von benachbarten Räumen trennen, oder durch Lichtöffnungen in seiner Decke zugeführt werden.

9.  
Mittelbare  
Erhellung.

Blos untergeordnete Räume und solche, in denen durch die Lichtöffnungen nicht auch der erforderliche Luftwechsel erzeugt werden soll, können durch mittelbares Licht erhellt werden. Für wichtigere Räume ist dies wohl nur in dem Falle als zulässig zu erachten, wenn diese an größeren glasbedeckten Höfen gelegen sind; alsdann kann man solchen Räumen durch ihre nach dem Hofe mündenden Fenster wohl die nötige Lichtmenge zuführen; allein den Zwecken der Lufterneuerung können derartige Fenster nur in sehr unvollkommenem Maße genügen.

Das Licht, welches durch sehr enge Lichthöfe, bzw. Lichtschächte in die daran grenzenden Räume fällt, ist dem mittelbaren Lichte gleichzuachten.

Die in Rede stehenden Lichtöffnungen werden in unseren Klimaten nur sehr selten ganz frei gelassen, sondern fast ausnahmslos durch eine Verglasung — einfach oder doppelt — verschlossen.

10.  
Licht-  
öffnungen.

Beim Durchgang des unmittelbaren Tageslichtes durch verglaste Lichtöffnungen wird die Intensität des einfallenden Lichtes etwas herabgemindert; dieser Verlust beträgt:

bei einfachem Fensterglas . . . . .	4	Vomhundert
bei doppeltem Fensterglas . . . . .	9—13	»
bei 8 mm starkem Spiegelglas . . . . .	6—10	»
bei grünem und rotem Glas . . . . .	80—90	»
bei orangefarbigem Glas . . . . .	34	»
bei mattgeschliffenem Glas . . . . .	30—66	»

Diese Zahlenangaben sind in der unten genannten Quelle<sup>8)</sup> allerdings als für künstliche Beleuchtung geltend mitgeteilt. Allein nach *Mohrmann's* Versuchen<sup>9)</sup> haben sie auch für Tageslicht

<sup>8)</sup> Nach: Deutsches Bauhandbuch. Bd. II, Teil 1. Berlin 1880. S. 357.

<sup>9)</sup> Siehe: MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885. S. 19.

Gültigkeit, mit Ausnahme des für mattes Glas angegebenen Wertes, der im Durchschnitt geringere Hundertsätze ergab.

Nach *Mohrmann* kann für kräftig behandelte, vielfarbige Glasfenster im mittelalterlichen Charakter bei Tageslicht ein durchschnittlicher Verlust von 50 bis 80 Vomhundert in Rechnung gestellt werden.

Bisweilen wählt man für die Lichtöffnungen Verglafungen, welche auf das einfallende Tageslicht eine zerstreue Wirkung ausüben (auch das schon erwähnte mattgeschliffene Glas tut dies); in gleicher Weise wirken Oelpapier, gewöhnliches Papier, dünne Gewebe und andere durchscheinende Körper. Beim Durchgang durch solche Körper erleidet das Sonnenlicht gleichfalls einen Verlust; letzterer beträgt nach *Mohrmann's* Versuchen<sup>10)</sup>:

für klares Glas mit Rippen oder geprefster Mufterung . . . . .	10—20	Vomhundert
für Glas, fehr matt geschliffen, nur teilweise zerstreud . . . . .	12	»
für Glas, ziemlich matt geschliffen, fast völlig zerstreud . . . . .	20	»
für Glas, mittelstark geschliffen, völlig zerstreud . . . . .	25—30	»
für Glas, fehr rauh geschliffen, weifs aussehend . . . . .	30—50	»
für Milchglas, 2 bis 3 mm stark . . . . .	50—80	»
für klares Oelpapier . . . . .	15—30	»
für dünnes Briefpapier . . . . .	50—70	»
für gewöhnliches Schreibpapier . . . . .	75—90	»
für dicht gewebtes Leinen . . . . .	50—95	»

Nach neueren, von *Herzberg* angestellten Versuchen<sup>11)</sup> wurde der in Rede stehende Lichtverlust ermittelt:

bei einfachem weissem rheinischem Doppelglas . . . . .	zu 10	Vomhundert
bei einfachem dünnem Spiegelglas . . . . .	» 10	»
bei unter 1 und 2 genannten Gläsern zusammen, in 6 cm Abstand in einen Rahmen gespannt . . . . .	» 21	»
bei einfachem mattem Glas (undurchsichtig, nur Licht durchlassend) . . . . .	» 27	»
bei einfachem Kathedralglas von etwas grünlicher Färbung . . . . .	» 12 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	»
bei einfachem Kathedralglas von weisser Färbung . . . . .	» 12 <sup>2</sup> / <sub>3</sub>	»
bei sämtlichen vorgenannten Gläsern zusammen, in 6 cm Abstand in einen Rahmen gespannt . . . . .	» 23	»
bei matter Glascheibe mit gemaltem Stern zusammen mit einer weissen Dachscheibe, letztere bestaubt (beide aus dem Deckenlicht eines in Benutzung befindlichen Saales); die Scheiben (der Wirklichkeit entsprechend) in 1,00 m Abstand voneinander . . . . .	» 60	» <sup>12)</sup>
bei neuer, nicht bestaubter, matter Glascheibe (ohne Stern) zusammen mit der bestaubten weissen Glascheibe des vorigen Versuches; die Scheiben in 1,00 m Abstand voneinander . . . . .	» 40	»

In den nachstehenden Erörterungen wird unter »Lichtöffnung« oder »Lichtfläche« durchweg der Flächeninhalt der Fenster-, Decken-, bzw. Dachlichtöffnung, der verglasten Teile von Glastüren, Glaswänden u. f. w. — nach Abzug der Sprossen und aller sonstiger Konstruktionsteile, welche den Lichteinfall hemmen — verstanden.

10) Siehe ebendaf., S. 21.

11) Siehe: *Gefundh.-Ing.* 1889, S. 281 — und: *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1889, S. 502.

12) Dieses Ergebnis ist nicht ganz zuverlässig, weil der gemalte Stern der photometrischen Messung fehr hinderlich war.

Eine große Lichtmenge verschlucken meist die Fensterproffen, und zwar nach *Mohrmann*<sup>13)</sup>:

bei eisernen Fenstern . . . . .	5—10	Vomhundert
bei Bleiverglafung . . . . .	10—25	»
bei den gewöhnlichen hölzernen Wohnhausfenstern	25—35	»

Die üblichen leichten Tüllvorhänge bewirken einen Lichtverlust von 15 bis 30 Vomhundert und mehr; sie wirken auch etwas zerstreud.

Auf Grund obiger Zahlenangaben wird für gewöhnliche Wohnhausfenster mit einem Lichtverlust von ca. 50 Vomhundert (5 Vomhundert für das Glas, 30 Vomhundert für die Sproffen und 25 Vomhundert für die Vorhänge angenommen, gibt  $100 \cdot 0,95 \cdot 0,70 \cdot 0,75 = 49,9$ ) zu rechnen sein.

Von der Konstruktion der die Lichtöffnungen bildenden Anlagen soll im vorliegenden Kapitel nicht die Rede sein, sondern nur von der Verforgung geschlossener Räume mittels Sonnenlicht im allgemeinen<sup>14)</sup>. Ueber erstere ist in anderen Bänden von Teil III dieses »Handbuches« das Nötige zu finden: bezüglich der Fenster und damit verwandter Anlagen, sowie der Glastüren sei auf Band 3, Heft 3, bezüglich der Glaswände auf Band 2 und bezüglich der verglasten Decken und Dächer auf Band 3, Heft 1 u. 2 verwiesen.

Das zerstreute Sonnenlicht ist je nach dem Teile des Himmelsgewölbes, von welchem es ausstrahlt, verschieden stark (intensiv). Es ist am wirksamsten, wenn es aus der Umgebung des augenblicklichen Sonnenstandes, am schwächsten, wenn es nahe am Horizont ausstrahlt; das aus anderen Teilen des Himmelsgewölbes herührende Sonnenlicht hat auch eine andere Intensität. Für den Erhellungsgrad eines geschlossenen Raumes ist sonach die Menge des unmittelbar einfallenden Himmelslichtes von wesentlichstem Einflusse. Auch das Licht, welches vom Reflex an den Wänden und an der Decke dieses Raumes, an gegenüberliegenden Gebäuden u. f. w. herrührt, ist von Einflusse; doch kommt dieser erst in zweiter Linie. Solches Reflexlicht ist namentlich für jene Teile des zu erhellenden Raumes von Wesenheit, welche weit vom Fenster, bezw. von den anderweitigen Lichtöffnungen entfernt sind. Derartiges Licht wird in den nachstehenden Untersuchungen keine weitere Berücksichtigung finden.

11.  
Wirksamkeit  
des  
Sonnenlichtes.

Der Erhellungsgrad eines geschlossenen Raumes ist aber auch noch von anderen, zum Teile zufälligen Einflüssen abhängig: vom geographischen Breitengrad, von der Jahres- und Tageszeit, vom Grade der Bewölkung und der Feuchtigkeit der Luft u. f. w. Man hat bis vor kurzem angenommen, dass diese Einflüsse so überwiegend sind, dass man die zuerst erwähnte Verschiedenheit des Erhellungsgrades vernachlässigen könne. Indes hat *Cohn* im Jahre 1885 durch photometrische Beobachtungen nachgewiesen, dass der südliche und südöstliche Himmel stets einen stärkeren Lichteffect gibt<sup>15)</sup>.

Zur Erhellung eines im Freien befindlichen Flächenelements trägt das ganze Himmelsgewölbe bei. Wenn sich hingegen dieses Flächenelement in einem geschlossenen Raume befindet, so trägt zu seiner Erhellung nur derjenige Teil des

<sup>13)</sup> A. a. O., S. 20.

<sup>14)</sup> Verf. folgt dabei zum Teile einer Arbeit *F. v. Gruber's* in: Arbeiten der hygienischen Sectionen des VI. Internationalen Congresses für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Anhang zum Thema XI. Wien 1888. S. 53 (auch abgedruckt in: Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261, 269, 277, 285); der Herr Urheber dieser Abhandlung hat deren Benutzung für den vorliegenden Zweck in sehr dankenswerter Weise gestattet.

<sup>15)</sup> Siehe über diesen Gegenstand:

*Cohn*, H. Tageslicht-Messungen in Schulen. Deutsche medicin. Wochschr. 1884, Nr. 38.

*Weber*, L. Intensitäts-Messungen des diffusen Tageslichtes. Annalen der Physik u. Chemie, Bd. 26 (1885), S. 374.



Himmelsgewölbes bei, von welchem Lichtstrahlen nach diesem Flächenelement gelangen können. Je nach der Gröfse dieses Teiles ist der Grad der Erhellung ein verschiedener, und zwar ist er direkt proportional der Gröfse jenes Firmamentteiles, sobald das zu erhellende Flächenelement einer Ebene angehört, welche senkrecht zum Axialstrahl des betreffenden Firmamentteiles steht. Schließt die Ebene mit jenem Axialstrahl einen Winkel, der kleiner als 90 Grad ist, ein, so ist die Erhellung eine geringere, und zwar nimmt sie mit dem Sinus dieses Winkels ab.

12.  
Meter-  
Normalkerze.

Mittels der in Art. 3 (S. 4 u. 5) vorgeführten Lichteinheiten läßt sich bei künstlicher Erhellung der Räume die Lichtmenge angeben, welche eine Lichtquelle ausstrahlt. Bei Erhellung mittels Sonnenlicht hat man hingegen nicht so sehr die Lichtstärke anzugeben, welche von einem bestimmten Punkte des Himmelsgewölbes ausgeht, als vielmehr den Erhellungsgrad, welcher auf einem von diesem Punkte beleuchteten Körper hervorgebracht wird, mit anderen Worten: es handelt sich um die gesamte Wirkung aller auf ein bestimmtes Flächenelement unmittelbar oder durch Reflex gelangenden Lichtstrahlen des Himmelsgewölbes.

Diese Wirkung vergleicht man deshalb nicht unmittelbar mit der Normalkerze (oder einer anderen Lichteinheit), sondern mit der Wirkung, welche die letztere in einem bestimmten Abstände auf das zu erhellende Flächenelement ausübt. Man nimmt als Abstand des letzteren von der Normalkerze 1<sup>m</sup> an und nennt den so erzeugten Erhellungsgrad eine Meter-Normalkerze oder kurzweg Meterkerze.

In unferen Breitegraden beträgt, wie photometrische Untersuchungen gezeigt haben, bei gleichmäfsig bedecktem Himmel an einem Wintertage, bezw. eine Stunde vor Sonnenuntergang an einem Sommertage, der Erhellungsgrad, welcher durch eine 1 qcm grofse Oeffnung auf einem um 1<sup>m</sup> von ihr entfernten Flächenelement erzeugt wird,  $\frac{1}{4}$  der Helligkeit einer Meter-Normalkerze, wenn die fog. deutsche Normalkerze (siehe Art. 3, S. 4 u. 5) zu Grunde gelegt wird.

13.  
Erforderlicher  
Erhellungsgrad.

Der in einem geschlossenen Raume erforderliche Erhellungsgrad ist, wenn nicht durch die Bestimmung des Raumes bereits anderweitig gegeben, vor allem vom hygienischen Standpunkte aus zu bemessen. Es ist nicht Aufgabe des Architekten, den Erhellungsgrad, welchen der Mensch für einen bestimmten Zweck notwendig hat, festzustellen; dies ist die Aufgabe der Hygieniker, bezw. vor allem der Augenärzte unter ihnen. Sache des Architekten ist es, den von letzteren im Verein mit den Physikern angestellten Forschungen zu folgen und letztere, soweit als tunlich, technisch zu berücksichtigen.

Ueber den in den Innenräumen unserer Gebäude erforderlichen Erhellungsgrad gehen die Ansichten ziemlich auseinander. Mehrere davon seien nachstehend vorgeführt.

1) Eine vielfach benutzte Angabe ist, dafs es in den meisten Fällen genüge, wenn die Fensterlichtfläche  $\frac{1}{7}$  bis  $\frac{1}{5}$  der Grundfläche des zu erhellenden Raumes beträgt, vorausgesetzt, dafs die Erhellung nicht durch Nachbargebäude beeinträchtigt wird.

2) Eine hiermit verwandte Bestimmung enthalten die vom »Deutschen Verein für öffentliche Gesundheitspflege« 1889 vorgeschlagenen »Reichsgesetzlichen Vorschriften zum Schutz des gefunden Wohnens«. In § 7 heifst es: »... In jedem solchen (zum längeren Aufenthalt von Menschen dienenden) Raume soll die lichtgebende Gesamfläche der ... Fenster mindestens ein Zwölftel der Grundfläche betragen ...«

Die Angaben unter 1 und 2 sind schon um deffentwillen unvollkommen, weil bei ihnen die Grundform des zu erhellenden Raumes (das Verhältnis seiner Tiefe zur Länge), ebenso Lage und Form der Lichtöffnungen, die Höhe der letzteren, die stärkere oder schwächere Einschränkung des Horizonts u. f. w. nicht berücksichtigt sind.

3) *Baumeister* macht <sup>16)</sup> die Gröfse der Fensteröffnung vom körperlichen Inhalt des betreffenden Raumes abhängig. Danach sollen »alle zum längeren Aufenthalte von Menschen bestimmten, d. h. bewohnten Räume (als Wohn- und Schlafzimmer, Arbeits- und Versammlungskale, Küchen) Fenster erhalten, deren lichtgebende und zum Oeffnen eingerichtete Gesamtläche mindestens 1 qm auf 30 cbm Rauminhalt beträgt«.

Diese Bestimmung ist dann von Bedeutung und deshalb berücksichtigenswert, wenn man die Fensteröffnungen vor allem als Mittel für die Lüfterneuerung im betreffenden Raume betrachtet; vom Standpunkt der Erhellung dieses Raumes zeigt sie die gleichen Unvollkommenheiten wie unter 1.

4) *Böckmann* leitet <sup>17)</sup> folgende Regel ab: »Als gut beleuchtet kann man die Räume bezeichnen, bei denen man, an die dem Fenster entgegengesetzte Wand gelehnt, noch den Himmel sehen kann.«

Diese Regel nimmt zwar auf die Raumtiefe, in gewissem Sinne auch auf die Lage und Form der Fensteröffnungen Rücksicht; allein der dadurch gegebene Mafstab ist um dessentwillen nicht genügend sicher, weil es sich vor allem darum handelt, ob der Teil des Himmelsgewölbes, den man sehen kann, auch grofs genug ist, um den für einen bestimmten Zweck erforderlichen Erhellungsgrad zu erzielen.

5) *Javal* fordert — insbesondere für Schulen — dafs jeder Platz unmittelbares Sonnenlicht erhalten müsse. Hierdurch ist aber noch nicht die Frage gelöst, wieviel von diesem Licht unbedingt notwendig ist.

6) <i>Mohrmann</i> verlangt <sup>18)</sup> für:	mindestens
α) Untergeordnete Räume, deren Beleuchtung ein Lesen nur mit Mühe ermöglichen würde . . . . .	1
β) Vorplätze, Treppenhäuser u. f. w. . . . .	5
γ) Arbeitsplätze für untergeordnete Arbeit in manchen Werkstätten, Packräumen, Küchen u. f. w. . . . .	15—20
δ) Arbeitsplätze, die Lesen und Schreiben ohne Anstrengung zulassen	50—100
ε) Plätze für fehr feine Arbeit, Zeichenpulte, Sammelkasten in Museen, Wände der Gemäldegalerien . . . . .	200 u. mehr Meter- Normalkerzen.

Es wird noch gezeigt werden, dafs die unter δ und ε gestellten Forderungen ziemlich hohe sind.

Auch die Form der Fensteröffnungen und -Anlagen hat auf die Erhellung eines Raumes bedeutenden Einflufs. Ein Fenster mit höherer Brüstung und geringerem Abstand von der Raumdecke hat fowohl hinsichtlich der gesamten Lichtmenge als auch der Lichtverteilung im Raume grofse Vorzüge vor einem Fenster mit niedriger Brüstung, aber weit von der Decke abstehendem Sturz.

Weiterhin mufs als feststehend betrachtet werden, dafs es nicht genügt, wenn ein Arbeitsplatz von irgend einem, wenn auch noch so kleinen Himmelsstück Licht empfängt, sondern dafs feine Erhellung nur dann gesichert ist, wenn dieses Stück des Himmels eine gewisse Mindestgröfse besitzt. Die genauere Bestimmung der letzteren ist praktisch von auferordentlicher Wichtigkeit.

*Javal* war der erste, der dieses Verhältnis zwischen der Gröfse des lichtpendenden Himmelsstückes und der Erhellung eines Raumes klar erkannte. Er hat die Forderung aufgestellt, dafs man von jedem Arbeitsplatze aus einen Streifen Himmel müsse sehen können, der vom Fenstersturz, lotrecht nach abwärts gemessen, mindestens 30 cm breit erscheint.

*Foerster* versuchte diese Gröfse im Winkelmafs auszudrücken. Er zieht von der Mitte des Arbeitsplatzes aus eine gerade Linie nach der äufseren Kante des Fenstersturzes (oberer Grenzstrahl) und eine zweite Linie in derselben lotrechten Ebene nach der unteren Begrenzung des sichtbaren Himmelsstückes, z. B. nach der Gesimskante oder nach dem Dachfirst des der Fenster-

<sup>16)</sup> In: Normale Bauordnung nebst Erläuterungen. Wiesbaden 1880. (§ 38.)

<sup>17)</sup> In: Deutsches Bauhandbuch. Bd. II, Teil 2. S. 79.

<sup>18)</sup> In: MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885. S. 14.

wand gegenüberliegenden Gebäudes (unterer Grenzstrahl), und nennt den Winkel, den diese beiden Geraden einschließen, den Oeffnungswinkel. Er fordert nun, das letztere zum mindesten 5 Grad messe, wobei er voraussetzt, das der Winkel, den der obere Grenzstrahl mit der Wagrechten einschließt (die größte Elevation) mindestens 25 bis 27 Grad betrage.

Foerster's Anschauung bedeutet der *Javal'schen* gegenüber insofern einen Fortschritt, als dadurch der bedeutende Einfluss berücksichtigt wird, den die Neigung der einfallenden Lichtstrahlen auf die Erhellung eines Arbeitsplatzes ausübt. Sonst reichen aber beide Regeln nicht aus, weil sie die Breite des sichtbaren Himmelsstückes, bezw. den Winkel, unter dem diese Breite vom Arbeitsplatze aus erscheint, nicht berücksichtigen.

Das richtige Maf für die Gröfse des lichtpendenden Himmelsstückes hat *Weber* in seinem »Raumwinkel« gegeben. Von diesem wird im nächstfolgenden Artikel die Rede sein.

Aufser dem hier mafsgebend gewesenen hygienischen Standpunkte können für den erforderlichen Erhellungsgrad eines Raumes auch ästhetische Rücksichten von Einfluss sein. Denn es steht keineswegs fest, das die Innenräume unserer Gebäude unter allen Umständen vollkommen gleichmäfsig erhellt sein müssen. Im Gegenteile, in dem Gegensatz, welcher durch die Ungleichmäfsigkeit der Erhellung verschiedener Teile eines und deselben Raumes erzeugt wird, liegt nicht selten ein Reiz, der die dekorative Ausstattung dieses Raumes zur Geltung bringen kann, den aber keine Dekoration hervorzurufen im stande ist. Diese — rein ästhetische — Seite der Erhellungsfrage kann hier weiter keine Berücksichtigung finden, obwohl die nachstehenden Erörterungen dazu in keinerlei Gegensatz treten werden. Solche »behaglich« erhellte Räume pflegen in der Regel nur für den Aufenthalt weniger Personen bestimmt zu sein, und die gesundheitlichen Anforderungen sind schon erfüllt, wenn blofs die Arbeitsplätze dieser Personen genügend stark beleuchtet sind.

Auch soweit der besondere Zweck eines Raumes ein besonderes Maf, bezw. eine besondere Art der Erhellung bedingt, wie z. B. in Schulen, Museen, Ausstellungsräumen, grofsen Sitzungssälen u. f. w., wird dieser Gegenstand von den nachfolgenden allgemeinen Erörterungen auszuschließen sein; hiervon wird in Teil IV dieses »Handbuches«, bei Besprechung der betreffenden Gebäudearten, im besonderen zu reden sein.

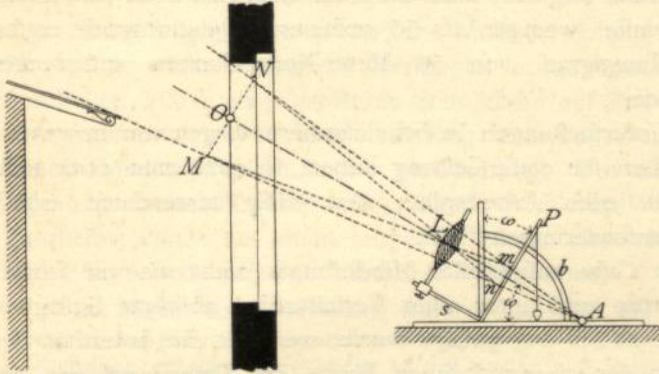
Um in zuverlässiger Weise bestimmte Angaben über den Erhellungsgrad machen zu können, stellte *Weber* den Begriff des sog. »Raumwinkels« fest und konstruierte einen Raumwinkelmeffer. Unter Raumwinkel hat man die körperliche Ecke zu verstehen, die das gefamte Strahlenbüfchel umfasst, welches von jenem Teile des Himmelsgewölbes, der von einem bestimmten Punkte des zu erhellenden Raumes sichtbar ist, nach diesem einfällt. Es handelt sich nun darum, für diese körperliche Ecke ein geeignetes Maf zu finden und eine Vorrichtung zu konstruieren, mittels deren man den Raumwinkel leicht und bequem in diesem Mafse messen kann. Hierzu dient *Weber's* Raumwinkelmeffer.

Man denke sich das lichtausstrahlende Himmelsgewölbe in Felder von der Gröfse eines noch festzustellenden Quadratgrades geteilt; alsdann wird der Erhellungsgrad eines Platzes in dem zu erhellenden Raume der Anzahl der von letzterem aus sichtbaren Quadratgrade proportional sein. Aber auch diese Quadratgrade werden ein z. B. in einer wagrechten Ebene gelegenes Flächenelement umfo stärker erhellen, je höher sie sich über dem Horizont befinden, d. i. je gröfser der Elevationswinkel der einzelnen Quadratgrade über dem Horizont ist. Der Raumwinkelmeffer hat nun die Aufgabe, den Raumwinkel, d. i. die Gröfse des Firmamentfeldes, von

welchem dem zu untersuchenden Flächenelement  $A$  (Fig. 1) Lichtstrahlen zugehen, in Quadratgraden zu bestimmen und zugleich den Elevationswinkel  $\omega$  des Axialstrahles  $AO$  dieses Lichtfeldes zu messen<sup>19)</sup>.

Um dem erstgedachten Zwecke zu dienen, besitzt die Vorrichtung (Fig. 1) eine Linse  $L$ , welche das zu messende Bild des betreffenden Teiles des Himmelsgewölbes auf eine hinter ihr stehende Platte  $P$  wirft, wobei jenes Bild so zentriert wird, daß der axiale Lichtstrahl  $AO$  senkrecht zu jener Platte gerichtet ist. Auf der Platte  $P$  wird ein Blatt Papier befestigt, welches die Gradeinteilung trägt. Nach *Weber's* Vorschlag ist dies ein Quadratnetz von 2 mm Maschenweite, so daß ein Quadratgrad 4 qmm mißt. Die Linse ist auf einem senkrecht zur Platte  $P$

Fig. 1.



stehenden Stabe  $s$  verschiebbar eingerichtet und wird so fixiert, daß auf dem Blatt ein scharfes Bild entsteht. Hat sie nun eine solche Brennweite, daß letzteres bei einem Abstände von 114,6 mm geschieht, so wird dieses Maß als Halbmesser einer Kugel erscheinen, deren Oberflächenquadrat 2 mm Seitenlänge, d. i. 4 qmm Flächeninhalt hat.

Im allgemeinen wird der in Frage kommende Teil des Himmelsgewölbes, infolge der Form des betreffenden Fensters oder der sonstigen Lichtöffnung, un-

regelmäßig gefaltet, und deshalb wird auch fein auf der Platte  $P$  entstehendes Bild  $mn$  eine unregelmäßige Gestalt haben. Ist das Papierblatt in die Platte eingestellt worden, so zeichnet man mit Bleistift die Umrisse dieses Bildes und zählt hierauf die Zahl  $z$  der Quadrate, welche von ihm eingenommen werden; alsdann ist der Raumwinkel unmittelbar in Quadratgraden bestimmt. Den mittleren Elevationswinkel  $\omega$  liest man auf dem Gradbogen  $b$  ab, auf dem die Platte  $P$  geführt wird.

Kennt man nun die Größe  $z$  des Raumwinkels in Quadratgraden (zu 4 qmm) und den Elevationswinkel  $\omega$ , so bestimmt nach dem *Lambert'schen* photometrischen Grundgesetz das Produkt  $z \sin \omega$  den auf eine wagrechte Ebene bezogenen Erhellungsgrad des untersuchten Flächenelements, welches Produkt *Weber* den reduzierten Raumwinkel nennt.

Ist die Ebene, dem das betreffende Flächenelement angehört, nicht wagrecht, sondern um den Winkel  $\alpha$  gegen die Wagrechte geneigt, so muß man den Elevationswinkel  $\omega$  um diesen Winkel  $\alpha$  (in der Richtung des Axialstrahles gemessen) vermindern. Beträgt die Brennweite der Linse nicht genau 114,6 mm, so ist an der Zahl der Quadratgrade eine entsprechende Korrektur vorzunehmen. Ist endlich das Lichtfeld so groß, daß fein ganzes Bild bei einer Einstellung des Raumwinkelmeßers nicht fixiert werden kann, so ist es durch mehrere einander ergänzende Einstellungen zu gewinnen.

Beim Gebrauche des Raumwinkelmeßers wird seine Grundplatte  $A$  mit Hilfe der Fußschrauben und des Lotes, welches auf dem Nullpunkt des Gradbogens  $b$  einspielen muß, genau wagrecht gestellt. Auf der Platte  $P$  befindet sich ein kleiner Stift; damit man einen mittleren Wert des Elevationswinkels erhalte, hat man die Platte  $P$  so weit zu drehen, bis das Bild des zu messenden Firmamentteiles möglichst gleichmäßig um diesen Stift gruppiert ist, was mit Hilfe der Teilstriche auf dem Papier mit ausreichender Sicherheit abzuschätzen ist; eine an der Platte  $P$  angebrachte Marke gibt alsdann den mittleren Elevationswinkel  $\omega$ .

Es entsteht nun die Frage, wie groß für irgend einen Punkt eines geschlossenen Raumes der Raumwinkel sein muß, damit der gewünschte Erhellungsgrad vorhanden ist.

15.  
Größe  
des  
erforderlichen  
Raumwinkels.

<sup>19)</sup> Ueber die Theorie dieses Apparates siehe: WEBER, L. Beschreibung eines Raumwinkelmeßers. Zeitschr. f. Instrumentenkunde, Jahrg. 4 (1884), S. 343.

*Cohn* hat, im Jahre 1883 beginnend, zahlreiche Beobachtungen in alten und neuen Schulen Breslaus angestellt<sup>20)</sup>, und zwar stets zwischen 9 und 11 Uhr, während des Unterrichtes, an den hellsten und dunkelsten Schülerplätzen, sowohl an sehr hellen, als auch an sehr dunkeln Vormittagen. *Cohn* folgerte aus den Ergebnissen seiner Untersuchungen, daß 50 Meter-Normalkerzen der wünschenswerte Erhellungsgrad seien, und betrachtet 10 Meter-Normalkerzen als den geringsten, noch zulässigen Erhellungsgrad; bei letzterem beträgt die Lesbarkeit (der Schrift von *Snellen*) nur noch  $\frac{3}{4}$  der normalen.

Jenes Mindestmaß von 10 Meter-Normalkerzen entspricht 50 reduzierten Raumwinkelgraden, so daß *Cohn* daraus folgerte, daß ein Platz zum Schreiben und Lesen ungeeignet sei, dessen Raumwinkel weniger als 50 reduzierte Quadratgrade ergibt. Dem wünschenswerten Erhellungsgrad von 50 Meter-Normalkerzen entsprechen 500 reduzierte Raumwinkelgrade.

Wenn nun auch *Cohn's* Untersuchungen in Schulzimmern vorgenommen worden sind und die Ergebnisse vor allem für diese Geltung haben, so geht man doch nicht wesentlich fehl, wenn man an jeden Arbeitsplatz, der völlig ausreichend erhellt sein soll, die gleichen Mindestanforderungen stellt.

Man kann nun das von *Cohn* aufgestellte Mindestmaß nicht als ein solches ansehen, welches an allen Orten und unter allen Verhältnissen absolute Gültigkeit hat. Denn, wie schon in Art. 11 (S. 11) gesagt wurde, wechselt die Intensität des zerstreuten Himmelslichtes mit der geographischen Breite des Ortes und mit der Beschaffenheit der Luft (ob sie ganz rein ist oder ob sie viel Wasserdampf oder viel Rauch und Staubteilchen enthält); selbst die Beschaffenheit, namentlich die Farbe der Umfassungswände des betreffenden Raumes wird nicht ohne Einfluß sein. Alle diese und manche andere Einflüsse werden sich in den Ergebnissen der photometrischen Untersuchungen zu erkennen geben, nicht aber in jenen der Raumwinkelmessung; sonach ist das Verhältnis zwischen diesen beiden Messungsergebnissen kein überall gleiches, so daß an anderen Orten angestellte Untersuchungen erwünscht sein würden. Immerhin wird man nicht fehlgehen, wenn man annimmt, daß in unseren Breitengraden wesentliche Abweichungen von dem in Breslau ermittelten Erhellungsvermögen des Himmelsgewölbes nicht vorkommen werden.

Hieraus folgt, daß man zunächst auf den Ergebnissen der *Cohn'schen* Messungen fußen kann, und daß man mit Hilfe des Grundgedankens, dem der Raumwinkelmesser entspricht, Untersuchungen über den Erhellungsgrad anzustellen in der Lage ist.

Der Erhellungsgrad eines Punktes in einem geschlossenen Raume wächst, dem Gefagten entsprechend, mit dem Produkte  $s \sin \omega$ , d. h. unter gegebenen Verhältnissen wird man einen umso größeren Erhellungsgrad erzielen, je größer dieses Produkt ist. Um letzteres möglichst groß zu erhalten, wird man zunächst  $s$  tunlichst groß zu wählen haben, was sich hauptsächlich durch die Abmessungen, zum Teile auch durch die Form der Lichtöffnung erreichen läßt; allein auch für den Faktor  $\sin \omega$  oder, was dasselbe ist, für den Auffallwinkel  $\omega$  wird ein möglichst großer Wert anzustreben sein, was dadurch erzielt werden kann, daß man das Licht tunlichst hoch einfallen läßt.

Hieraus geht z. B. hervor, daß bei seitlicher Beleuchtung durch gewöhnliche Fenster, wie schon früher angedeutet wurde, nicht so sehr die Breite der letzteren als die Höhenlage des

<sup>20)</sup> Siehe: COHN, H. Tageslicht-Messungen in Schulen. Deutsche medicin. Wochschr. 1884.

Sturzes über dem Fußboden von wesentlichem Einfluß auf die Erhellung des Raumes ist; denn mit der Höhe des Fensters wächst die Größe des Auffallwinkels  $\omega$  und mit diesem sein Sinus. Für einen bestimmten Arbeitsplatz wird sonach, unter sonst gleichen Verhältnissen, der Erhellungsgrad umso größer sein, je höher der Fenstersturz gelegen ist, oder aber: um den noch zulässigen geringsten Erhellungsgrad für diesen Platz zu erzielen, wird die Fensteröffnung umso kleiner sein dürfen, je höher der Fenstersturz angeordnet ist.

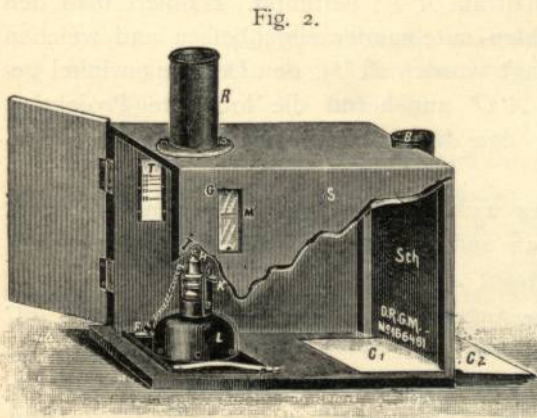
Hierdurch erhält man auch sofort die Begründung für die günstige Wirksamkeit des hohen Seitenlichtes und findet es erklärt, daß ein Raum durch hohes Seitenlicht ganz entsprechend erhellt ist, obwohl seine Fensterflächen nur  $\frac{1}{12}$  seiner Grundfläche betragen (vergl. Art. 13, S. 12, unter 1 u. 2). Hierdurch erhält man auch Aufschluß darüber, daß Fenster, welche nach oben rechteckig begrenzt sind, unter sonst gleichen Verhältnissen für die Raumerhellung vorteilhafter wirken als die mittels Rundbogen abgeflochtenen.

So vorzüglich die *Weber'sche* Meßvorrichtung auch ist, so erscheint sie doch für umfangreiche praktische Messungen etwas umständlich. Wollte man z. B. die sämtlichen Plätze einer größeren Schulklasse auf ihre Helligkeit untersuchen, so hätte man mit der *Weber'schen* Vorrichtung viele Tage lang zu arbeiten, und der Himmel bliebe inzwischen nicht immer gleichmäßig. Um ein tunlichst auf derselben Grundlage aufgebautes Ergebnis zu erzielen, ist es von Wichtigkeit, die Untersuchung der sämtlichen Plätze auf einen möglichst kurzen Zeitraum zusammenzudrängen. Hierfür hat *Wingen* das folgende Verfahren<sup>21)</sup> erfunden.

Bei Beginn der Untersuchung stelle man zunächst mit dem *Weber'schen* Photometer irgend einen Arbeitsplatz von 10 Meterkerzen Helligkeitsgrad und einen solchen von 50 Meterkerzen fest und lege alsdann auf den betreffenden beiden Stellen und gleichzeitig auf den noch weiter zu untersuchenden Plätzen photographische Papiere (Chlorfilber-Gelatinepapier u. f. w.) aus. Um einfache Bilder zu erzeugen, stecke man jedes Blättchen Papier hinter einen ausgefanzten Karton, setze es etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde lang — jedoch alle Papiere gleich lang — dem Tageslicht aus, lege es schließend um und fixiere es. Alle Papiere, welche ein helleres Bild zeigen als diejenigen, die vorher zu 10, bzw. 50 Meterkerzen festgelegt worden waren, sind als ungenügend oder nicht ganz befriedigend anzusehen. Die Tiefe der Farbentöne läßt erkennen, ob die Helligkeit der einzelnen Arbeitsplätze sich den betreffenden Werten mehr oder weniger nähert.

Man kann die einzelnen Papierblättchen in eine den betreffenden Raum darstellende Grundrisszeichnung an den entsprechenden Stellen einkleben und erhält so ein getreues Abbild der Abnahme des Helligkeitsgrades von den Fenstern nach der Tiefe des Raumes; naturgemäß ergeben die hellsten Arbeitsplätze die dunkelsten Bilder und umgekehrt.

Da es häufig genügt, festzustellen, ob der Helligkeitsgrad eines Arbeitsplatzes innerhalb der Grenzen von 10 bis 50 Meterkerzen gelegen ist, ob also ein solcher Platz ungenügend beleuchtet ist oder noch ein Uebermaß an Helligkeit besitzt, so



Helligkeitsprüfer von *Wingen*<sup>23)</sup>.

hat *Wingen*<sup>22)</sup> eine diesem Zwecke entsprechende Vorrichtung konstruiert.

Sie besteht aus einem allseitig geschlossenen, mit einer Tür verschlossenen prismatischen Holzkasten (Fig. 2<sup>23)</sup> von  $20 \times 10 \times 17$  cm Abmessungen. Im Inneren befindet sich unter einem auszieh-

<sup>21)</sup> D. R. P. Nr. 109 897. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1902, S. 107.

<sup>22)</sup> Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1903, S. 470.

<sup>23)</sup> Fakf.-Repr. nach ebendaf., S. 471.

baren Schornstein  $R$  eine Benzinlampe  $L$ . Durch das mit Strichmarke  $M$  verfehene Fensterchen  $G$  erblickt man an der gegenüberliegenden Kastenwand über die Flamme hin die mit Hilfe eines Photometers hergestellte Skala mit den Strichmarken 10, 20, 30, 40 und 50. Stellt man die Flamme mittels einer unter dem Kastenboden befindlichen Schraube so ein, daß ihre Spitze in der Ebene zwischen der Strichmarke des Fensters und der Marke 10 der Teilung steht, so beleuchtet sie ein bei  $C_1$  befindliches weißes Papierblättchen mit der Helligkeit von 10 Meterkerzen.

Stellt man die Flammenpitze auf die Marke 20 ein, so erhält  $C_1$  die Helligkeit von 20 Meterkerzen u. f. w. Dem Blättchen  $C_1$  gegenüber befindet sich außerhalb des Kastens auf einer Metallunterlage das ebenfalls weiße Kartenblättchen  $C_2$ ; letzteres wird mit dem Kasten an den zu untersuchenden Arbeitsplatz gebracht. Der Untersuchende beobachtet nun beide Blättchen gleichzeitig durch das Beobachtungsrohr  $B$ , welches halb über  $C_1$  und halb über  $C_2$  steht; dabei kann er ihre Helligkeit unmittelbar miteinander vergleichen. Um Unterschiede in der Farbe des Lichtes aufzuheben, so ist in das Rohr  $B$  ein rotes Glas eingefügt.

18.  
Untersuchung  
neu zu  
schaffender  
Räume.

Der *Weber'sche* Raumwinkelmeßer ist nicht nur ein geeignetes Instrument, um in bereits feststehenden Räumen den Erhellungsgrad zu prüfen; sondern der von ihm befolgte Grundgedanke läßt sich auch zur Anwendung bringen, um bei projektierten Neubauten sich von vornherein über die Erhellungsverhältnisse der geplanten Räume Aufschluß zu verschaffen. Man kann in einfacher Weise bestimmen, wie groß für eine bestimmte Stelle des zu schaffenden Raumes die Fenster- oder sonstige Lichtöffnung sein muß, damit das Strahlenbündel des Himmelslichtes, welches auf jene Stelle erhellend wirken kann, einem reduzierten Raumwinkel von bestimmter Mindestgröße (z. B. 50 reduzierten Raumwinkelgraden) entspricht.

Wenn für den Punkt  $A$  (Fig. 3) des zu schaffenden Raumes ein gewisser Erhellungsgrad erreicht werden soll, so nimmt man zunächst Form und Größe der betreffenden Lichtöffnung an. Man nimmt z. B. im Aufriss die Höhenlage des Fenstersturzes  $U$  an, wodurch die am höchsten einfallenden Lichtstrahlen (der obere Grenzstrahl  $A'U$ ) bestimmt sind. Ist durch gegenüberliegende Gebäude oder in anderer Weise auch nach unten die Größe des Firmamentfeldes, von dem aus Lichtstrahlen unmittelbar nach  $A$  gelangen können, begrenzt, so sind auch die am tiefsten einfallenden Lichtstrahlen (der untere Grenzstrahl  $A'V$ ) bestimmt. Halbirt man den Winkel  $UA'V$ , den die beiden Grenzstrahlen miteinander einschließen und welchen *Foerster*, wie schon in Art. 13 (S. 14) gesagt worden ist<sup>24</sup>), den Oeffnungswinkel genannt hat, so gibt die Halbierungslinie  $A'O'$  annähernd die lotrechte Projektion des Axialstrahles, und  $\omega'$  ist der Winkel, den diese Strahlprojektion mit der Wagrechten bildet.

Ist die Lage des unteren Grenzstrahles nicht ohne weiteres gegeben, so nimmt man am besten zunächst den Winkel  $\omega'$  an und zeichnet auf dieser Grundlage den Axialstrahl  $A'O'$  und den unteren Grenzstrahl  $A'V$  ein.

Bezeichnet man mit  $\varepsilon$  den Winkel, den die Aufrissprojektion des oberen Grenzstrahles  $A'U$  mit dem Horizont einschließt, so ist der Oeffnungswinkel der beiden Grenzstrahlen  $2(\varepsilon - \omega')$ .

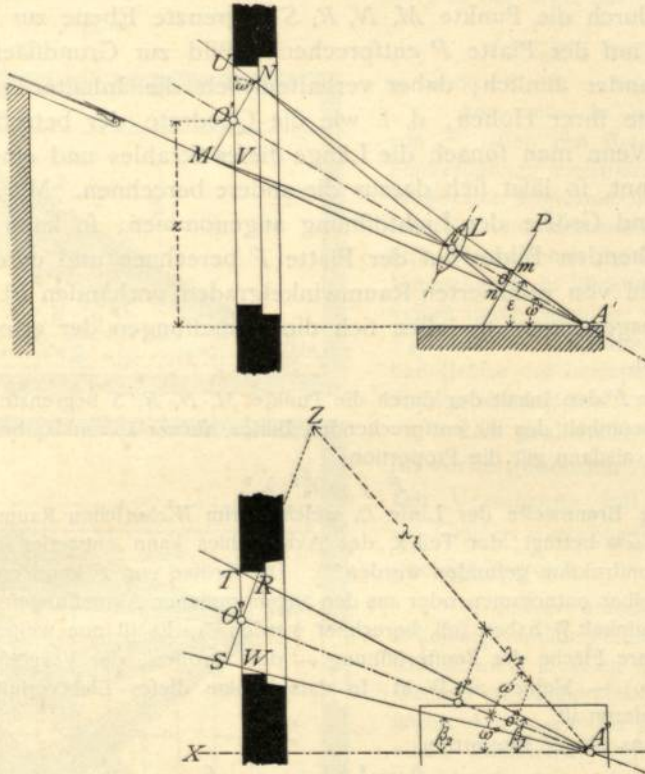
Die Platte  $P$  des Raumwinkelmeßers steht senkrecht zur Richtung des Axialstrahles  $A'O'$ , und das darauf entstehende, im Aufriss durch  $m$  und  $n$  begrenzte Bild entspricht nahezu einer durch  $O'$  gleichfalls senkrecht zum Axialstrahl gelegten (d. i. zu  $P$  parallelen) Ebene, in welcher die senkrecht zu  $A'O'$  gezogene Gerade  $MN$  gelegen ist.

In gleicher Weise kann man auch im Grundriss Form und Größe der Fensteröffnung annehmen und die beiden Grenzstrahlen  $A''T$  und  $A''W$  einzeichnen.

<sup>24</sup>) Siehe: Einige Grundbedingungen für gute Tagesbeleuchtung in den Schulräumen. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspf. 1884, S. 420.

Halbiert man den Winkel  $TA''W$ , so erhält man wieder annähernd die wagrechte Projektion  $A''O''$  des Axialstrahles und zugleich den Winkel  $\omega''$ , den letztere mit der fenkrechtt zur Fensterwand gezogenen Geraden  $A''X$  bildet.

Fig. 3.



Sind bezw.  $\beta_1$  und  $\beta_2$  die Winkel, welche diese Gerade mit den beiden Grenzstrahlen  $A''T$  und  $A''W$  einschließt, so ist der von letzteren gebildete Winkel  $TA''W = \beta_1 - \beta_2$  und  $\omega'' = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$ .

Mit Hilfe der beiden Projektionen des Axialstrahles  $AO$  läßt sich der Elevationswinkel  $\omega$ , den dieser Strahl (im Raume) mit dem Horizont einschließt, leicht ermitteln, und zwar ebensowohl durch Konstruktion wie durch Rechnung.

Durch Konstruktion ist in Fig. 3, Grundriss  $\sphericalangle \omega$  gefunden worden, indem das rechtwinkelige  $\triangle O''ZA''$  eingezeichnet wurde, dessen Kathete  $O''Z = z$  (gleich dem Höhenunterschiede zwischen den beiden Punkten  $A$  und  $O$ ) ist. Auf dem Wege der Rechnung läßt sich  $\sphericalangle \omega$  aus der Gleichung

$$\cos \omega = \frac{O''A''}{\sqrt{O''A''^2 + z^2}}$$

finden.

Allein auch die absolute Länge  $l$  des Axialstrahles  $AO$  kann aus den gleichen Elementen gefunden werden.

Diese läßt sich entweder unmittelbar aus dem eben konstruierten rechtwinkligen Dreieck  $O''ZA''$  entnehmen, worin  $A''Z = l$  ist, oder sie läßt sich aus einer der beiden Gleichungen

$$l = \sqrt{A''O''^2 + z^2}, \quad \text{bezw.} \quad l = \frac{O''A''}{\cos \omega}$$

berechnen.



Zieht man nun im Grundriss durch den Punkt  $O''$  die Gerade  $RS$  senkrecht zu  $AO$ , so ist letztere in derselben zum Axialstrahl senkrecht gestellten Ebene gelegen wie  $MN$ . Durch diese Ebene und das ihr entsprechende, auf der Platte  $P$  erzeugte Bild sind zwei Pyramiden bestimmt, deren gemeinsame Spitze durch den optischen Mittelpunkt  $i$  der Linse  $L$  des Raumwinkelmessers gegeben ist. Die eine davon hat die durch die Punkte  $M, N, R, S$  begrenzte Ebene zur Grundfläche, die andere das ihr auf der Platte  $P$  entsprechende Bild zur Grundfläche. Beide Pyramiden sind einander ähnlich; daher verhalten sich die Inhalte ihrer Grundflächen wie die Quadrate ihrer Höhen, d. i. wie die Quadrate der betreffenden Teile des Axialstrahles. Wenn man sonach die Länge dieses Strahles und eine der Pyramidengrundflächen kennt, so läßt sich daraus die andere berechnen. Mit anderen Worten: wurden Form und Gröfse der Lichtöffnung angenommen, so kann man die Gröfse des ihr entsprechenden Bildes auf der Platte  $P$  berechnen und untersuchen, ob die erforderliche Zahl von reduzierten Raumwinkelgraden vorhanden ist. Oder: ist man von letzteren ausgegangen, so lassen sich die Abmessungen der erforderlichen Lichtöffnung ermitteln.

Es bezeichne  $F$  den Inhalt der durch die Punkte  $M, N, R, S$  begrenzten Pyramidengrundfläche,  $f$  den Flächeninhalt des ihr entsprechenden Bildes, ferner  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$  bzw. die Höhen der beiden Pyramiden; alsdann gilt die Proportion

$$F : f = \lambda_1^2 : \lambda_2^2.$$

Hierin ist  $\lambda_2$ <sup>25)</sup> die Brennweite der Linse  $L$ , welche beim *Weber'schen* Raumwinkelmesser (siehe Art. 14, S. 15)  $0,1146^m$  beträgt; der Teil  $\lambda_1$  des Axialstrahles kann entweder berechnet oder auf dem Wege der Konstruktion gefunden werden<sup>25)</sup>. Die Gröfse von  $F$  kann entweder aus Grund- und Aufriss unmittelbar entnommen oder aus den angenommenen Abmessungen der Fensteröffnung, welche den Flächeninhalt  $\mathfrak{F}$  haben soll, berechnet werden<sup>26)</sup>. Es ist nun weiter zu erwägen, dafs die wirklich nutzbare Fläche der Fensteröffnung — der Sprossen, der Verglafung u. f. w. wegen (siehe Art. 10, S. 9) — kleiner als  $\mathfrak{F}$  ist, so dafs infolge dieses Lichtverlustes  $F$  auf  $F_0$  entsprechend zu reduzieren ist.

Alsdann ist aus obiger Proportion

$$f = \frac{0,1146^2 F_0}{\lambda_1} = 0,013 \frac{F_0}{\lambda_1},$$

und der reduzierte Raumwinkel

$$f' = f \sin \omega$$

oder in *Weber'schen* Quadratgraden ausgedrückt:

$$f' = \frac{f \sin \omega}{4 \text{ qmm}}.$$

Entspricht der für den Punkt  $A$  so gefundene Erhellungsgrad  $f'$  dem gewünschten, bzw. erforderlichen, so ist die Aufgabe gelöst; sonst mufs man auf Grund erneuter Annahmen (veränderter Form und Gröfse der Fensteröffnung) die vorstehende Untersuchung so lange wiederholen, bis der beabsichtigte Erhellungsgrad, d. i. bis der beabsichtigte Wert von  $f'$  erreicht ist.

Ist der Elevationswinkel  $\omega$  durch irgendwelche Verhältnisse gegeben, bzw. zunächst angenommen worden, und geht man ferner von einem bestimmten Erhellungsgrad, d. i. von einem

<sup>25)</sup> Die dem Aufriss unmittelbar zu entnehmenden Längen  $O'i'$  und  $i'o'$  sind die Projektionen der Gröfsen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$ . Um ihre absoluten Längen zu finden, ist entweder die im Grundriss dargestellte Konstruktion vorzunehmen, oder es ist nach den Gleichungen zu rechnen:

$$\lambda_1 = \frac{O''i''}{\cos \omega} \quad \text{und} \quad \lambda_2 = \frac{i''o''}{\cos \omega}.$$

<sup>26)</sup> Im  $\triangle O'UN$  verhält sich

$$\overline{O'N} : \overline{O'U} = \sin \sphericalangle O'UN : \sin \sphericalangle O'NU, \quad \text{oder} \quad \overline{O'N} : \overline{O'U} = \cos \varepsilon : \cos (\varepsilon - \omega'),$$

woraus

$$\overline{O'N} = \overline{O'U} \frac{\cos \varepsilon}{\cos (\varepsilon - \omega')} \quad \text{und} \quad \overline{MN} = 2 \overline{O'U} \frac{\cos \varepsilon}{\cos (\varepsilon - \omega')}.$$

In gleicher Weise läßt sich aus dem Grundriss die Länge von  $RS$  berechnen, so dafs sich alsdann der Inhalt der hier rechteckigen Pyramidengrundfläche  $F$  ermitteln läßt.

befimmten Werte des reduzierten Raumwinkels  $f'$  aus, so kann man umgekehrt die erforderlichen Abmessungen der Fensteröffnung ermitteln. Aus obiger Proportion folgt

$$F_0 = \frac{f \lambda_1^2}{0,1146^2} = 76,14 f \lambda_1^2.$$

Die Länge  $\lambda_1$  kann nach Früherem aus dem Grundriß entnommen oder berechnet werden, und für  $f$  ist der Wert aus der Gleichung

$$f = \frac{f'}{\sin \omega} = \frac{f'}{\sin \omega} 4 \text{ qmm}$$

zu benutzen.

Aus dem so gefundenen Werte von  $F_0$  lassen sich Breite und Höhe der Fensteröffnung ermitteln, sei es auf dem Wege der Konstruktion oder der Rechnung<sup>27)</sup>, und hiernach auch der erforderliche Flächeninhalt  $F_0$  der Fensteröffnung. Nunmehr ist, in Rücksicht auf den Lichtverlust durch Sprossen, Verglafung u. s. w.,  $F_0$  auf  $F$  zu vergrößern, wodurch Form und Gröfse des betreffenden Fensters vollständig beffimmt sind.

Die praktische Anwendung des im vorhergehenden Artikel entwickelten Verfahrens soll an einem von *v. Gruber* durchgeführten Beispiele gezeigt werden.

19. Beispiel.

*v. Gruber* unterfuchte<sup>28)</sup> u. a. die Erhellungsverhältnisse eines typischen Volksschulzimmers in Wien (Fig. 4). Dieses besitzt bei 56 Schülerplätzen 54,312 qm Grundfläche, d. i. 0,969 qm für jeden Schüler, und einen Rauminhalt von 215,076 cbm, d. i. 3,841 cbm für jeden Schüler; der gefamte Flächeninhalt der 3 Fenster nimmt den 0,28ten Teil der ganzen Fensterwand ein, und es verhält sich ersterer zu letzterer wie 1 : 5,64.

Zuvörderft wurde einer der ungünstigsten Plätze (*A*) geprüft, und zwar nur mit Rücksicht auf das ihm zunächstliegende Fenster und bei Annahme von

wagrechten, 71 cm über dem Fußboden gelegenen Tischplatten (Fall I). Es stellte sich heraus, dafs ein einzelnes Fenster, selbst wenn seine ganze Fläche für den betreffenden Platz als Lichtöffnung dienen könnte, d. h. wenn dem Fenster gegenüber bis zur Höhe der Tischplatte keine das

27) Ist z. B. im Aufrifs *MN* ermittelt, so sind die für die Fensteröffnung maßgebenden Höhen  $O'U$  und  $O'V$  zu berechnen. Aus der Gleichung für  $O'N$  in der vorhergehenden Fußnote folgt

$$\overline{O'U} = \frac{\overline{O'N} \cos(\varepsilon - \omega')}{\cos \varepsilon}.$$

Ferner verhält sich im  $\triangle O'MV$

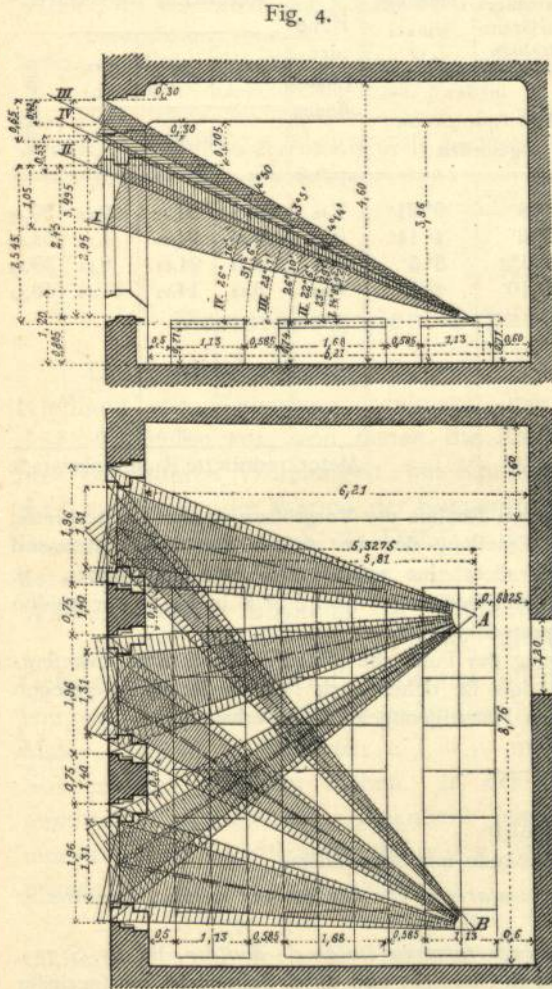
$$\overline{O'V} : \overline{O'M} = \sin \sphericalangle O'MV : \sin \sphericalangle O'VM, \text{ oder } \overline{O'V} : \overline{O'N} = \cos(\varepsilon - \omega') : \cos(2\omega' - \varepsilon),$$

woraus

$$\overline{O'V} = \frac{\overline{O'N} \cos(\varepsilon - \omega')}{\cos(2\omega' - \varepsilon)}.$$

Ebenso lassen sich für den Grundriß die Breiten  $O''T$  und  $O''W$  berechnen, sobald  $RS$  gegeben, bzw. ermittelt worden ist.

28) A. a. O.



Himmelslicht abhaltende Wand vorhanden wäre, nicht genügen würde, um einen reduzierten Raumwinkel von 50 Graden zu ergeben.

Die weiteren 3 Fälle, welche untersucht wurden, und die Ergebnisse der Untersuchung sind sowohl aus Fig. 4, wie aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen:

Fall	Annahmen:					Unterfuchter Platz	Winkel des untersten Grenzstrahles	Oeffnungswinkel	Höhe der Lichtöffnung	Reduzierter Raumwinkel:				
	Pultfläche	Pulthöhe	Zimmerhöhe	Breite des Fensters	Höhe					in der Aufrißprojektion gemessen	1tes	2tes	3tes	zusammen
											Fenster			
I	wagrecht	0,77	3,96	1,31	2,45	A	14° 8'	9° 21'	1,05	24,72	24,72	0,96	50,40	
II	»	0,77	3,96	1,96	2,95	A	22° 6'	4° 14'	0,53	24,70	24,70	4,79	54,19	
III	»	0,77	4,60	1,96	3,495	A	28° 1'	3° 5'	0,42	24,64	24,64	9,23	58,51	
IV	in zur Vorderkante fenkrechter Richtung 11° 8' gegen den Horizont geneigt	0,77	4,60	1,96	3,495	B	26° 16'	4° 5'	0,65	3,53	14,01	31,39	48,01	
					Meter				Meter				reduzierte Raumwinkelgrade	

Daraus ist zu erkennen, welchen bedeutenden Einfluß die Vergrößerung der Fensterbreite, besonders aber jene der Fensterhöhe, auf die Erhellung der am meisten von der Fensterwand entfernten Plätze bei Schulzimmern ausübt, die nicht eine vollkommen freie Lage haben. Je größer die Fensterhöhe ist, desto kleiner braucht der Oeffnungswinkel  $UA'V$  in Fig. 3 der beiden Grenzstrahlen zu sein, um eine ausreichende Raumwinkelgröße zu erzielen.

Es ist ferner zu ersehen, daß die Neigung der Pultfläche (Fall IV) einen nicht unwesentlichen Einfluß auf ihre Erhellung ausübt und daß sie daher auch stets in Rechnung gezogen werden muß, wenn man sicher sein will, daß alle Plätze genügend Licht erhalten.

## Literatur

über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht«.

- On the admission on daylight into buildings, particularly in the narrow and confined localities of towns.* Builder, Bd. 10, S. 363, 387.
- PFEIFFER, C. *Light: Its sanitary influence and importance in building.* Builder, Bd. 35, S. 739.
- MENTZ, R. Beitrag zur Frage der Beleuchtung durch Oberlicht und durch Seitenlicht, mit spezieller Rücksichtnahme auf Oberlichtfäle und Seitenkabinette in Gemäldegalerien. Deutsche Bauz. 1884, S. 488, 499.
- MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885.
- WEBER, L. Intensitätsmessungen des diffusen Tageslichtes. Annalen d. Physik und Chemie, Bd. 26 (1885), S. 374.
- TRÉLAT. *La fenêtre étudiée comme source de lumière dans la maison.* Revue d'hyg. 1886, S. 647.
- Berichte über den VI. Internationalen Congress für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Heft Nr. XI: Mittel, die Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme zu verforgen. Wien 1887.
- MENTZ. Berechnung der Tages-Beleuchtung innerer Räume und Maafsstäbe dazu. Deutsche Bauz. 1887, S. 257.
- GRUBER, F. v. Die Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme und Sonnenlicht. Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261, 269, 277, 285.
- Ueber die Vertheilung von Lichtquellen im Freien und in geschlossenen Räumen. Wiener Bauind.-Ztg., Jahrg. 7, S. 539, 551.
- HOMBURGER, TH. Die natürliche Beleuchtung in den Schulen und der Wert des Raumwinkelmeßers. Inaug.-Dissertation der Univerfität Heidelberg 1897.

- Verfahren zur Prüfung des Tageslichts bei Arbeitsplätzen. Centralbl. d. Bauverw. 1902, S. 107.
- FRIESE. Der Wingenfche Helligkeitsprüfer. Zentrabl. d. Bauverw. 1903, S. 471.
- NUSSBAUM, H. CH. Hygienische Grundfätze für die Beleuchtung der Aufenthaltsräume. Gefundh.-Ing. 1903, S. 419.
- GRUBER, M. Die Verforgung der Schulzimmer mit Tageslicht. Gefundh.-Ing. 1904, S. 285. Zeitfchr. f. Schulgesundheitspfl. 1904, S. 319.
- WINGEN, A. Weshalb ift eine Kontrolle der Platzbelichtung in Arbeitsräumen durchaus erforderlich? Gefundh.-Ing. 1904, S. 1.
- NUSSBAUM, H. CH. Weshalb ift eine Kontrolle der Platzbelichtung in Arbeitsräumen durchaus erforderlich? Gefundh.-Ing. 1904, S. 185.
- MORITZ, M. Ueber die Tagesbeleuchtung der Schulzimmer. Jena 1905.
- WINGEN, A. Weshalb ift eine Kontrolle der Platzbelichtung in Arbeitsräumen durchaus erforderlich? Gefundh.-Ing. 1905, S. 144.

## 2. Kapitel.

### Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme.

Die Sonnenftrahlen find für unfere Bauwerke nicht allein als Quelle der Tageserhellung von Bedeutung; vielmehr üben fie auf fie noch eine Reihe von anderen Einflüssen aus, von denen die Einwirkung der Sonnenwärme am wichtigsten ift. Bei unfere Wohnungen, bei Krankenfälen, bei Kafernenräumen u. f. w. fucht man weit mehr die Wärme der Sonnenftrahlen als ihr Licht; das letztere geht den Räumen ohnedies durch die Diffufion der Atmosphäre zu, auch wenn die unmittelbare Beftrahlung abgewendet wird; derlei Räume entbehren aber der ftrahlenden Wärme gänzlich, fobald fie der unmittelbaren Befonnung völlig entzogen find.

20.  
Allgemeines.

Für die Zwecke des Wohnens, für Räume, die zum Aufenthalt von Kranken, Gefangenen, Soldaten u. f. w. dienen follen, fucht man fonnige Räume, während diejenigen, deren Befchäftigung befonders helles und ftändiges Tageslicht verlangt (wie Maler, Zeichner, Bildhauer u. f. w.), mit ihren Arbeitsräumen den unmittelbaren Sonnenftrahl geradezu fliehen. In der erfgedachten Gattung von Räumen wird unmittelbar einfallendes Sonnenlicht feiner Wärmeftrahlung wegen angeftrebt; die unmittelbaren Lichtftrahlen hingegen beftebt man fich — zur Schonung der Sehorgane — möglichft abzuhalten.

Das Gefagte gilt hauptfächlich für die klimatifchen Verhältniffe der gemäßigten, wohl auch der kälteren Zonen; anders ift es in heißeren Gegenden. Der Südländer baut fein Haus zum Schutze gegen die Sonne, weil er den größeren Teil des Jahres von einer ftarken Sonnenbeftrahlung zu leiden hat; der Nordländer befindet fich im umgekehrten Falle und fucht in den höchften Breitengraden durch Eingraben in den Boden die Erdwärme auszunutzen, während der Bewohner der gemäßigten Erdtriche vor allem der Sonnenwärme zuftrebt. Schon die Baumeifter des Altertumes haben auf diefe Verhältniffe Rückficht genommen: je nach dem Zwecke der von ihnen errichteten Bauten fetzten fie diefe entweder der Einwirkung der Sonnenftrahlen aus oder fchützten fie davor.

Der Einflufs der Beftrahlung unfere Gebäude durch die Sonne — der fog. Infolation — ift ein vielfacher:

1) Der Einflufs, den die Sonne auf den menfchlichen Organismus ausübt, ift im allgemeinen ein fördernder und günftiger. Nach *Clément*<sup>29)</sup> ift die Summe von

21.  
Einflufs  
der  
Befonnung.

<sup>29)</sup> Siehe: VI. Internationaler Congrefs für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienifchen Sectionen. Heft Nr. XI. Wien 1887.

Energie, welche der Erde in den leuchtenden, wärmenden und chemischen Strahlen der Sonne zugeführt wird, die Quelle der Kraft aller organischen Wesen, also auch des Menschen.

2) Im Dunkeln scheidet der menschliche Organismus weniger Kohlensäure aus als im Licht, was den Stoffwechsel vermindert und selbst mit Gewichtszunahme verbunden ist, indes nicht als ein Beweis gedeihlicher Abwicklung des Lebensprozesses bezeichnet werden kann.

3) Die Wärmestraahlen der Sonne wirken trocknend auf die Umschließungen der betreffenden Räume. Schlagregen, welche ein Gebäude treffen, dunsten viel rascher von befonnten Flächen ab als von den Schattenseiten, welche überdies mit ihrem Fusse noch längere Zeit in Schnee, Eis und Oberflächenwasser eintauchen. Auch die Bodenfeuchtigkeit, welche in den Wänden emporsteigt, wird in befonnten Wänden rascher unschädlich gemacht als in beschatteten.

4) Durch die Erfahrung sowohl wie durch genaue Messungen ist erhärtet, daß ein von der Sonne beschieener Raum unter sonst gleichen Verhältnissen eine bessere Luftbeschaffenheit aufweist als ein nicht unmittelbar bestrahlter, dunkler.

Hierbei spielt unter allen Umständen das eben erwähnte Austrocknen der Wände und die dadurch geförderte Lufterneuerung eine Hauptrolle. Allein auch die chemischen Lichtstrahlen wirken auf die leicht zerfetzbaren, gas- und dunstförmigen, sowie auf die festen Ausscheidungstoffe, welche der Mensch durch den Lebensprozeß an die Luft abgibt, derart ein, daß die letztere rascher gereinigt wird. Es ist ferner ziemlich wahrscheinlich, daß die physiologischen Vorgänge des menschlichen Körpers von der unmittelbaren Wirkung des Lichtes abhängen und daß die Größe dieser Wirkung von der Menge der auf jenen einwirkenden chemischen Strahlen abhängt.

5) Gewisse Mikroorganismen, namentlich auch solche, welche die Träger der Infektionskrankheiten bilden, sterben nach *Duclaux'* Untersuchungen<sup>30)</sup> unter dem Einflusse des unmittelbaren Sonnenlichtes rascher ab als im Dunkeln.

6) Endlich ist noch der Einfluß der Sonnenstrahlen auf die Gemütsstimmung des Menschen hervorzuheben: sonnenklare Tage wirken anders als trübe, helle Räume anders als dunkle auf das menschliche Gemüt, haben also auch auf das körperliche Befinden Einfluß.

Hiernach ist der wohltätige Einfluß der Befonnung auf die in unseren Gebäuden zu schaffenden Räume nicht zu bezweifeln; fraglich kann nur sein, in welchem Maße wir sie ausnutzen können, bzw. sollen.

Das einzige Mittel, die Wirkung der Sonnenstrahlen für unsere Räume auszunutzen oder sie von den letzteren abzuhalten, besteht in der richtigen Orientierung dieser Räume, d. i. in der Wahl der geeignetsten Lage zu den Himmelsrichtungen. Demnach werden sich die nachfolgenden Untersuchungen nur um die Frage drehen können, welche Stellung wir unseren Gebäuden, welche Lage wir den darin befindlichen Räumen im allgemeinen zu geben haben, damit ihnen die Sonnenwärme entweder in weitgehendster Weise zu gute komme oder damit sie ihr tunlichst entzogen seien. Die besondere Nutzenanwendung der zu entwickelnden Regeln auf die Anlage der Gebäude wird zum Teile in Teil IV, Halbband 1 dieses »Handbuches« vorzunehmen sein; im besonderen wird dies hauptsächlich bei Besprechung der einzelnen Gebäudearten (in Halbband 2 bis 8 des genannten Teiles) mit Rücksicht auf die jeweilige Eigenart der zu schaffenden Räume zu geschehen haben. Auch die Frage der Orientierung der städtischen Straßen und ihrer Breite steht mit

22.  
Stellung  
der  
Räume.

30) Siehe: *Comptes rendus*, Bd. 101 u. 102.

den nachstehenden Untersuchungen in gewissem Zusammenhang; hiervon wird in Teil IV, Halbband 9 (Städtebau) dieses »Handbuches« die Rede sein.

Ueber die durch die Befonnung unserer Gebäude hervorgerufenen Einwirkungen sind bisher verhältnismässig wenige wissenschaftliche Untersuchungen angestellt worden. Zuerst scheint es *Knauff* gewesen zu sein, der aus bestimmtem Anlass<sup>31)</sup> sich, unter Beihilfe *Valentiner's*, mit dieser Frage befasst hat. Bald darauf und unabhängig von *Knauff* hat *Vogt* denselben Gegenstand theoretisch und experimentell behandelt. Im nachstehenden werden zunächst die *Knauff'schen* Untersuchungen vorgeführt werden, und zwar hauptsächlich auf Grund der von *v. Gruber* in der unten genannten Quelle<sup>32)</sup> gegebenen Entwicklung. Später wird auch noch der *Vogt'schen* Arbeiten gedacht werden.

*Knauff* berechnete zunächst, auf *Pouillet's* Angaben sich stützend, die Wärmemenge, welche durch die unmittelbare Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die vier Seitenflächen eines Würfels von 1 m Seitenlänge zugeführt wird; dabei wurde vorausgesetzt, dass der Würfel unter 49 Grad nördlicher Breite aufgestellt sei, dass seine Seitenflächen genau nach Nord, Ost, Süd und West gerichtet seien und dass die Sonnenwärme bei freiem Horizont und bei vollkommen klarer Atmosphäre zugeführt werden könnte.

Bei der Berechnung wurde berücksichtigt, dass die Wirkung der Wärmestrahlen nicht allein nach ihrem Einfallswinkel sehr bedeutend wechselt, sondern dass auch der Wärmeverlust umso bedeutender sein muss, je grösser die Luftschicht ist, welche die Strahlen zu passieren haben, bis sie zur Erdoberfläche gelangen. Ferner wurde die Bestrahlung der oberen Würfelfläche unberücksichtigt gelassen, weil *Knauff* einen Saal zu Grunde legte, über dessen wagrechter Balkendecke sich das Dach erhebt; hierdurch ist über der Decke eine isolierende Luftschicht gebildet, welche die Einwirkung der Sonnenstrahlen wesentlich verringert.

Die Berechnung geschah für die vier hervortretenden Tage des Jahres: für die beiden Tage der Tag- und Nachtgleiche (Aequinoctien) und für die beiden Tage der Sonnenwende (Solstitien); die Ergebnisse sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Unter 49 Grad nördlicher Breite. Am Tage der:	An der			Verhältnis zwischen Südseite zu Ost- (oder West-) seite
	Ost- oder Westseite je	Südseite	Nordseite	
Sommerfonnenwende . . . . .	2600,57	1904,364	467,688	1 : 1,368
Tag- und Nachtgleichen . . . . .	1534,17	3375,256	—	1 : 0,4564
Winterfonnenwende . . . . .	358,24	1965,750	—	1 : 0,183
	Wärmeeinheiten			

Diese Zusammenstellung zeigt, dass die Ost- und die Westseite zur Zeit der Sommerfonnenwende das Uebergewicht haben, nicht nur gegen die Südseite allein, sondern auch gegenüber der Süd- und Nordseite zusammengenommen. Hingegen ist bereits zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche die Südseite im Uebergewicht; in noch höherem Masse ist dies am Tage der Winterfonnenwende der Fall.

<sup>31)</sup> Bei den Vorarbeiten für den Bau des akademischen Krankenhauses zu Heidelberg. — Siehe hierüber: *KNAUFF, F.* Das neue akademische Krankenhaus in Heidelberg. München 1879. S. 6 ff.

<sup>32)</sup> VI. Internationaler Congress für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienischen Sectionen. Ergänzungen zu den Heften 1—18, 20, 21 u. 33. Anhang zum Thema XI. Wien 1888. S. 57 ff. (Auch abgedruckt in: *Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1888, S. 261.)

Des weiteren berechnete *Knauff* die gefamte Befonnungswärme, welche dem gedachten Würfel bei reiner Atmosphäre zugeführt werden könnte, in den vier Zeitabschnitten, wie sie sich für die klimatischen Verhältnisse des oberen Rheintales (nach den meteorologischen Beobachtungen zu Karlsruhe) herausstellen. Die Ergebnisse dieser Rechnung sind aus nachstehender Zusammenstellung zu ersehen:

Zeitabschnitt:	Dauer	Ost- oder Westseite (O oder W)	Südseite (S)	Nordseite (N)
Heiße Jahreszeit (vom 22. Juni bis 26. August)	66	146 065 $\left( + 55\,776 \text{ als } \frac{S+N}{2} \right)$		180 577
Herbstübergangszeit (vom 27. August bis 1. Oktober)	35	58 038 $\left( + 1087 \text{ als } \frac{S+N}{2} \right)$		113 901
Heizperiode (vom 2. Oktober bis 15. Mai)	227	257 310	622 003 (+ 365 693)	—
Frühlingsübergangszeit (vom 16. Mai bis 21. Juni)	36	87 027	92 593 (+ 5 512)	—
Heiz- und Frühlingsperiode zusammen . . . . .	263	344 337	714 596 (+ 371 205)	—
	Tage	Wärmeeinheiten		

Die hier mitgeteilten Zahlen sind nicht ohne weiteres anwendbar, weil zwar in der Rechnung einige Abschwächungen der Strahlungswärme berücksichtigt, allein die wesentlichen Abschwächungen, welche die Sonnenstrahlen erfahren, bevor sie in das Innere unserer Gebäude gelangen, zunächst vernachlässigt werden. Eine der wichtigsten Abschwächungen erfahren die Sonnenstrahlen durch die Bewölkung des Himmels, durch welche für längere Zeitabschnitte des Jahres die Klarheit des Himmels zum Teile bedeutend eingeschränkt, zum Teile ganz aufgehoben wird. *Knauff* glaubt nun der Wirklichkeit ziemlich nahe zu kommen, wenn er die berechneten Vollwerte der Befragung im Verhältnisse der Bewölkung herabmindert. Wenn wieder die Karlsruher Verhältnisse zu Grunde gelegt werden, so ergeben sich für die verschiedenen Zeitabschnitte, wenn man die durch die Bewölkung hervorgerufenen Verluste in Abzug bringt, die nachstehend zusammengestellten Reste an Strahlungswärme für die einzelnen Würfelseiten:

Zeitabschnitt:	Verlust durch Bewöl- kung	Ost- oder Westseite (O oder W)	Südseite (S)	Nordseite (N)
Vom 22. Juni bis 26. August	49	74 493 $\left( + 18\,446 \text{ als } \frac{S+N}{2} \right)$		92 094
» 27. Aug. bis 1. Oktober	44	32 501 $\left( + 609 \text{ als } \frac{S+N}{2} \right)$		—
» 2. Oktober bis 15. Mai	68	82 339	199 041 (+ 116 702)	—
» 16. Mai bis 21. Juni	62	33 070	35 165 (+ 2 095)	—
Vom 2. Oktober bis 21. Juni	—	115 409	234 206 (+ 118 797)	—
	Vomh.	Wärmeeinheiten		

Ein weiterer Verlust an Strahlungswärme entsteht beim Durchgange der Sonnenstrahlen durch die Raumumfchließungen und durch die darin angebrachten Fenster.

Durch die ersteren wird in den meisten Fällen nur ein sehr geringer Teil der Wärmestrahlen, welche auf ihre Außenflächen auffallen, nach innen übertragen; der Verlust wird je nach Material und Konstruktion der betreffenden Mauern oder sonstigen Wände und je nach ihrem Trockenheitsgrade ziemlich verschieden sein; indes fehlen hierüber zuverlässige Zahlenangaben. Durch die Fenster gehen die leuchtenden Wärmestrahlen ungefchwächt durch; die dunkeln hingegen werden zum größten Teile zurückgehalten; doch erwärmen letztere das Glas, und die von diesem aufgenommene Wärme wird zum Teile an die Innenluft des betreffenden Raumes abgegeben.

Auf einschlägigen Beobachtungen und Rechnungen fusend, nimmt *Knauff* an, daß bei mittelgroßen Gebäuden gewöhnlicher Bauart etwa ein Fünftel der gesamt, an die Raummuschließungen (einschl. der Fenster) gelangenden Strahlungswärme auf das Innere übergeht. Berücksichtigt man nun auch noch den eben besprochenen durch die Bewölkung erzeugten Verlust, so beträgt der Anteil der Strahlungswärme, welcher tatsächlich nach innen abgegeben wird, für 1 qm etwa ein Zwölftel der in der Zusammenstellung auf S. 26 angegebenen Werte.

Der nicht unbeträchtliche Wärmeanteil, welcher zwar in die Außenfchichten der Umfassungswände eindringt, aber im Inneren nicht fühlbar wird, bringt zu einem Teile die Verdunstung der Mauerfeuchtigkeit hervor, trägt sonach zum Austrocknen der Umfassungswände bei; zum anderen Teile wird die von letzteren aufgenommene Wärme, sobald die Befonnung aufgehört hat, wieder an die umgebende Außenluft abgegeben.

Aus den vorstehenden Untersuchungen lassen sich die folgenden Ergebnisse ableiten.

24.  
Folgerungen.

1) Soll für einen Raum — in Rücksicht auf seine Bestimmung — die Sonnenwärme möglichst weitgehend ausgenutzt werden, so ist es am vorteilhaftesten, wenn er nach allen vier Himmelsrichtungen freisteht und in jeder der Umfassungsmauern Fenster erhält. Allerdings wird an der Nordseite (siehe die Zusammenstellung auf S. 25) nur um die Zeit der Sommerfennenwende die Sonnenbestrahlung sich fühlbar machen, immerhin aber in nicht unbedeutender Weise.

In der Praxis wird hiervon verhältnismäßig nur selten Anwendung gemacht werden können, da man Räume in nur wenigen Fällen nach allen vier Seiten freistellen kann.

2) Ist ein Raum zu schaffen, der nach drei Seiten freisteht, und soll auch für diesen die Einwirkung der Sonnenwärme tunlichst nutzbar gemacht werden, so lasse man seine nach Norden gerichtete Umschließungswand an die benachbarten Gebäudeteile stoßen und ordne in jeder der drei anderen Wände Fenster an. Hat man bezüglich der Abmessungen dieses Raumes eine gewisse Wahl, so trachte man aus Gründen, die unter 3 erörtert werden sollen, die Abmessung von Ost nach West tunlichst lang zu machen.

3) Wenn ein Raum nur an zwei gegenüberliegenden Seiten freisteht, wenn er also durch die ganze Gebäudetiefe hindurchgeht, und wenn darin möglichst viel Sonnenwärme erwünscht ist, so wird man ihn naturgemäß an diesen beiden (in der Regel Lang-) Seiten mit Fenstern versehen. Es entsteht jedoch die Frage, ob man den Raum so zu stellen hat, daß die Fenster nach Nord und Süd, oder in solcher Weise, daß sie nach Ost und West gerichtet sind; mit anderen Worten: ist die Längsachse des Raumes ost-westlich oder nord-südlich zu stellen?

Faßt man zur Beantwortung dieser Frage die Ergebnisse der im vorhergehenden



Artikel vorgeführten Untersuchungen zusammen, so lassen sich letztere<sup>33)</sup> für Orte, die zwischen 40 und 60 Grad nördlicher Breite gelegen sind, in folgenden zwei Punkten feststellen:

α) Bei nord-südlicher Achsenstellung erhält der Raum im Laufe eines Jahres mehr Sonnenstrahlungswärme als bei ost-westlicher Achsenstellung, und zwar im Verhältnis von etwa 11 : 10. Indes kommt dieses Mehr an Wärme nur in der warmen Jahreszeit zur Wirkung, ist sonach kein eigentlicher Gewinn.

β) Wenn hingegen die Achse des Raumes von Ost nach West gerichtet ist, so erhält er während der ganzen Dauer der kühlen und kalten Jahreszeit (d. i. während der Zeit des Heizens<sup>34)</sup> eine absolut grössere Menge von Sonnenstrahlungswärme als bei nord-südlicher Achsenstellung, und zwar im Verhältnis von etwa 6 : 5.

Hieraus geht ohne weiteres hervor, daß in den genannten Breitegraden die in Rede stehenden Räume mit ihrer Längsachse von Ost nach West zu stellen, daß also ihre beiden Fensterwände nach Nord und Süd zu richten sind, sobald es auf eine tunlichst zweckentsprechende Ausnutzung der Insolation ankommt. Denn wenn auch bei nord-südlicher Achsenstellung für das ganze Jahr eine grössere Gesamtwärme zu erzielen ist, so ist das erzielte Mehr vom gesundheitlichen Standpunkte wertlos. Die Sonnenwärme ist von diesem Gesichtspunkte aus nur in der kühlen und kalten Jahreszeit, welche in den gedachten Breitegraden ca.  $\frac{3}{5}$  des Jahres andauert, von Wert; im Hochsommer hingegen erreicht die äussere Temperatur schon eine solche Höhe, daß man es als einen Vorteil ansehen muß, wenn den Innenräumen durch die Sonnenstrahlen möglichst wenig Wärme zugeführt wird. Mit anderen Worten: bei ost-westlicher Achsenstellung wird der Raum im Sommer von der Sonne weniger, im Winter mehr erwärmt als bei nord-südlicher Stellung.

Bei ost-westlicher Stellung der Raumachse erreicht man auch noch den weiteren Vorteil, daß die sonst von Osten und Westen während des ganzen Jahres flach einfallenden Morgen- und Abendstrahlen gänzlich vermieden werden; diese Strahlen wirken auf das menschliche Auge lästig und unangenehm und müssen meist durch Vorhänge u. s. w. abgeblendet werden, so daß im Winter ihr wärmender Einfluss ohnedies verloren geht.

Vogt gelangte bei seinen in Art. 23 (S. 25) bereits erwähnten Untersuchungen<sup>35)</sup> bezüglich der in Rede stehenden Räume zu dem gerade entgegengesetzten Ergebnis; darnach ist die nord-südliche Achsenstellung der ost-westlichen vorzuziehen, so daß die Fenster nach Ost und West zu richten wären. Es würde hier zu weit führen, die Unrichtigkeiten in den Vogt'schen Arbeiten nachzuweisen; es ist dies durch v. Gruber<sup>36)</sup> geschehen und kann in dessen Schrift nachgesehen werden. So nach werden die oben entwickelten Schlussfolgerungen durch die Vogt'schen Untersuchungen nicht widerlegt.

4) Kann ein Raum nur in einer Umschließungswand Fenster erhalten, so wird die Einwirkung der Strahlungswärme der Sonne dann am meisten ausgenutzt, wenn man die Fensterwand nach Süden richtet.

Deshalb hält man vom gesundheitlichen Standpunkte aus für unsere Wohnungen vielfach die Südseite für die angenehmste und gesundeste. In der Tat zeichnen sich die nach Süden gelegenen Zimmer vor den anderen in mancherlei Beziehung aus. Sie erhalten während des ganzen

33) Nach: KNAUFF, a. a. O., S. 23.

34) Welche im Gebiet des Oberrheins (siehe die Tabelle auf S. 26) 227 Tage andauert.

35) VOGT, A. Ueber die Richtung städtischer Straßen nach der Himmelsgegend und das Verhältnis ihrer Breite zur Häuserhöhe etc. Zeitschr. f. Biologie 1879, S. 319 — und: Resultate von Versuchen über die Einwirkung der Wärmestrahlen der Sonne auf die Hauswänden. Ebendaf., S. 605.

36) A. a. O.

Jahres reichliches, strahlendes Sonnenlicht, insbesondere während der kalten und Uebergangszeit; die wohlthuende Wärme der Sonnenstrahlen kommt gerade in dieser Jahreszeit in solchen Räumen ganz besonders zur Wirkung. Im Sommer sind Südzimmer zwar wärmer als die nach Norden und Osten, aber kühler als die nach Westen gelegenen; allein auch während der größten Hitze sind sie mit verhältnismäßig einfachen Mitteln bei leidlicher Temperatur zu erhalten; die Luft bleibt während des ganzen Jahres viel leichter rein und frisch; dumpfer, kelleriger Geruch und feuchte Wände sind am seltensten<sup>37)</sup>.

5) Sollen Räume, die gleichfalls nur in einer Umschließungswand Fenster erhalten können, bezw. sollen, der unmittelbaren Wirkung der Sonnenstrahlung entzogen werden, so sind diese Fenster nach Norden zu richten. Daher wird für Zeichen- und Modellierfäle, für Arbeitsstätten von Malern, Bildhauern u. f. w. mit Vorliebe die Nordseite gesucht und gewählt.

6) Auch Räume, welche, in Rücksicht auf ihre Bestimmung, der Wärmewirkung der Sonnenstrahlen tunlichst entzogen werden sollen, ordne man mit der Fensterseite gegen Norden zu an. Dahin gehören vor allem jene Räume, in denen man Arbeiten bei möglichst konstanter Temperatur auszuführen hat, ferner solche, welche tunlichst kühl gehalten werden sollen.

Kann man auf die Lichtwirkung der Sonnenstrahlen verzichten, so wird man dem beabsichtigten Zwecke noch besser entsprechen, wenn man den betreffenden Raum an keine der Aufsenseiten des Gebäudes legt, sondern ihn im Gebäudeinneren anordnet. Ist solches nicht möglich, so sehe man vom Anbringen von Fenstern gänzlich ab und wähle für die Raumumschließung eine Konstruktion, welche das Uebertragen der Sonnenwärme nach innen tunlichst abhält.

---

### Literatur

über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme«.

KNAUFF, F. Das neue academische Krankenhaus in Heidelberg. München 1879. S. 6 ff.

VOGT, A. Ueber die Richtung städtischer Strafsen nach der Himmelsgegend und das Verhältniß ihrer Breite zur Häuserhöhe, nebst Anwendung auf den Neubau eines Kantonspitals in Bern. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 319.

VOGT, A. Resultate von Versuchen über die Einwirkung der Wärmestrahlen der Sonne auf die Hauswandungen. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 605.

Die Wirkungen der Infolation auf Hauswandungen. Eifenb., Bd. 13, S. 27.

VI. Internationaler Congress für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienischen Sectionen. — Heft 11: Mittel, die Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme zu versorgen.

— Ergänzungen zu den Heften 1—18, 20, 21 u. 23. Wien 1887—88.

Ueber die Stellung des Hauses. Wiener Bauind.-Ztg., Jahrg. 7, S. 85.

---

<sup>37)</sup> Siehe: KNAUFF, a. a. O., S. 6.

## B. Künstliche Beleuchtung der Räume.

Der Erhellung der geschlossenen Räume durch Sonnenlicht steht ihre künstliche Beleuchtung gegenüber. Die letztere kann, je nach den Mitteln zur künstlichen Lichterzeugung, in äußerst mannigfaltiger Weise geschehen. Kerzenlicht, Oelbeleuchtung, Erhellung mittels Magnesium-, Kamphin-, Photogen-, Amylazetat- und Paraffinlicht, Beleuchtung mittels Steinkohlengas, Acetylen, Naphthaäther, Solaröl, Oelgas, Holzgas, Boghead-Gas, Petroleum, Spiritus, die elektrische Beleuchtung u. f. w. sind bald in größerem, bald in kleinerem Maßstabe zur Anwendung gekommen. Indes ist für den Architekten zur Zeit nur die »Gasbeleuchtung« und die »elektrische Beleuchtung« von Wichtigkeit.

### 3. Kapitel.

#### Künstliche Beleuchtung im allgemeinen.

Von Dr. phil. u. Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT.

25.  
Ansprüche  
der  
Hygiene.

Die künstliche Beleuchtung vermag in hygienischer Beziehung keinen vollwertigen Ersatz für die Erhellung mittels Sonnenlicht zu bieten, obwohl erstere gegenwärtig bereits sehr weitgehenden Ansprüchen gerecht wird. Auch muß stets im Auge behalten werden, daß dieser Ersatz immer mit meist nicht unbedeutenden Kosten verbunden ist.

Nach *Nufsbaum*<sup>38)</sup> können die Ansprüche, welche vom hygienischen Gesichtspunkte aus an die künstliche Beleuchtung unserer Räume zu stellen sind, in zwei Gruppen gebracht werden, nämlich:

##### a) Gruppe I.

1) Die Lichtmenge, bzw. der Erhellungsgrad soll dem jeweiligen Zwecke genau entsprechen; sie darf weder zu gering, noch übermäßig groß gewählt werden.

2) Die Lichtquelle soll dem Auge ausreichend entzogen sein.

3) Die Farbe des künstlichen Lichtes soll im allgemeinen derjenigen des Tageslichtes ähnlich sein. Allerdings kann für besondere Zwecke ein Wechsel der Farbe zum Erfordernis werden.

4) Das künstliche Licht soll gleichmäßig und ruhig brennen. Aufzucken, Flackern, ständiges oder häufiges Wechseln des Helligkeitsgrades ermüden das Auge nicht allein, sondern schädigen es auch.

5) Für gewisse Innenräume ist es von Wichtigkeit, daß die von der Licht-

<sup>38)</sup> In: *Gefundh.-Ing.* 1903, S. 420.

quelle gelieferte Lichtmenge richtig verteilt und die Schattenbildung tunlichst abgeschwächt ist.

### b) Gruppe II.

6) Die Beleuchtungskörper sollen keine belästigende Wärme entwickeln.

7) Durch die künstliche Beleuchtung dürfen keinerlei unangenehme oder gar schädliche Verbrennungsprodukte, vor allem keine Gifte entstehen.

8) Explosionen sollen ausgeschlossen sein.

9) Ebenso soll die künstliche Beleuchtung keine Feuersgefahr herbeiführen.

Zu a, 1: Für verschiedene Zwecke wird auch ein verschiedener Helligkeitsgrad erfordert. Wie bereits in Art. 15 (S. 16) angedeutet, sind für feinere Arbeiten 50, für Naharbeiten etwa 20 bis 25 Meterkerzen notwendig; für andere Zwecke begnügt man sich mit einer noch mäßigeren Erhellung, geht auf 10 Meterkerzen, bei Nebenräumen und dergl. noch weiter herab. In Festräumen hingegen wird in der Regel eine »glänzende« Beleuchtung verlangt, wobei man also weit über das angegebene Höchstmaß wird hinausgehen müssen.

26.  
Erhellungs-  
grad.

Im letzteren Falle wird auch eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Lichtes gewünscht, während für Fein- und Naharbeit die Lichtquelle vor allem den betreffenden Arbeitsplatz ausreichend erhellen soll. In der Regel wird man deshalb die Lichtquelle diesem Platze tunlichst nahe bringen, sie aber dem Auge verbergen oder doch aus dem Bereiche der Augen bringen.

Einen größeren Erhellungsgrad zu schaffen, als notwendig ist, erscheint in erster Reihe als unwirtschaftlich; allein es kann dadurch auch auf das Auge eine schädigende Wirkung ausgeübt werden, namentlich dann, wenn die Lichtquelle nicht ausreichend verhüllt ist<sup>39)</sup>.

Zu a, 2: Damit sind wir bei der Anforderung 2 der Gruppe a angekommen. Das Auge soll von der Lichtquelle nicht geblendet werden, was am vollkommensten erreicht wird, wenn sie ihm nicht sichtbar ist. Das Bedürfnis, die Lichtquelle zu verhüllen oder sie in anderer Weise für das Auge unsichtbar zu machen, nimmt mit dem Glanze des Lichtes zu. Beim Blenden durch Sonnenlicht sind es vorwiegend die kurzwelligen violetten und ultravioletten Strahlen, welche das Blenden der Augen hervorbringen. Da das elektrische Bogenlicht 10mal mehr blaue und violette Strahlen enthält als Gas- und Petroleumflammen, so ist es am meisten zu fürchten. Gas-, Petroleum- und elektrisches Glühlicht sind arm an kurzwelligen Strahlen; aber auch sie erzeugen unter Umständen für das Auge ein peiniges Gefühl.

27.  
Verbergen  
der  
Lichtquelle.

Der Wunsch, den das Auge schädigenden Anblick der Lichtquelle gänzlich zu vermeiden, war der Hauptanlaß, letztere ganz unsichtbar zu machen und den Raum durch Lichtstrahlen zu erhellen, welche von den reflektierenden Decken- und Wandflächen, unter Umständen auch von anderen Flächen, zurückgeworfen werden. Die von der völlig verborgenen Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlen fallen zunächst auf jene reflektierenden Flächen auf, werden zerstreut, und der betreffende Raum wird in ähnlicher Weise durch diffuses Licht erhellt wie bei der Erhellung mittels Tageslicht.

Auf solche Weise entsteht die sog. mittelbare oder indirekte Beleuchtung geschlossener Räume, während die meist übliche Erhellungsart die unmittelbare oder direkte genannt wird. Bei der künstlichen Beleuchtung haben sonach die

<sup>39)</sup> Siehe das Referat *Cohn's* auf der X. Versammlung des Deutschen Vereines für öffentliche Gesundheitspflege »Ueber künstliche Beleuchtung« in der Vierteljahrschrift dieses Vereines 1883, S. 623.

Bezeichnungen »unmittelbar« und »mittelbar«, »direkt« und »indirekt« eine andere Bedeutung wie bei der Erhellung mittels Sonnenlicht. (Siehe Art. 4, S. 6.)

Wie im nachstehenden noch gezeigt werden wird, verfolgt man bei der Anwendung der indirekten Beleuchtung noch andere Ziele als das eben angedeutete. In Kap. 4 u. 5 wird im wesentlichen die direkte Erhellung mittels Leuchtgas und mittels elektrischen Lichtes vorgeführt werden, während Kap. 6 der indirekten Beleuchtung gewidmet sein wird.

Für das Wohnhaus wird die letztgenannte nur selten in Betracht kommen.

28.  
Farbe  
des  
Lichtes.

Zu a, 3: Die Farbe des Lichtes ist gleichfalls von gesundheitlicher Bedeutung. Die Gemütsstimmung wird von ihr beeinflusst, und schädigende Lichtreize können durch sie ebenso vermehrt wie herabgemindert werden.

Nach *Nufsbaum*<sup>40)</sup> bietet weißes Licht die größte Helligkeit und ist dort unentbehrlich, wo es sich um sicheres Erkennen von Farben handelt. Schwach gelbliches Licht pflegt uns willkommener zu sein, weil es die Stimmung hebt; es reizt aber das Auge noch mehr als weißes Licht. Durch schwach rotes Licht wird zwar der Erhellungsgrad erheblich verringert; doch ist es in Wohnräumen und Festfälen von Wert, weil es die menschliche Hautfarbe schön und reizvoll erscheinen läßt. Mit schwach grünlichem Licht erreicht man die gegenteilige Wirkung; die Stimmung wird dadurch ernster, und solches Licht ist für Wohnräume unbrauchbar. Hingegen ist schwach bläuliches Licht für manche Zwecke willkommen, weil es bei gleichem Erhellungsgrad eine wesentlich geringere Reizwirkung auf Auge und Nerven ausübt als weißes oder gelbes Licht; auch soll es die Phantasie anregen und angenehme, traumhafte Stimmungen hervorrufen. Stark farbiges Licht kann nur dort angewendet werden, wo ein geringer Erhellungsgrad gewünscht wird; es kann aber in diesem Falle von großem Wert sein. Im Plauderfüßchen und im Schlafzimmer ist tiefrotes Licht willkommen; in einem Kneipraum wirkt tiefgelbes Licht günstig. In Krankenzimmern kann tiefviolettes, blaues, grünes oder graues Licht zum Bedürfnis werden<sup>41)</sup>.

Auch im vorliegenden Falle kann die indirekte Beleuchtung in Frage kommen; denn man kann dadurch eine Erhellung erzielen, deren Farbe dem Sonnenlicht sehr nahe kommt.

29.  
Ruhiges  
Licht.

Zu a, 4: Gleichmäßiges und ruhiges Brennen der Beleuchtungskörper wirkt schonend auf die Augen und beeinflusst die geistige Tätigkeit in günstiger Weise. Aufzucken, Flackern und dergl. der Lichtquellen schädigt die Augen und wirkt störend auf die Nerven<sup>42)</sup>.

Die neuzeitliche Beleuchtungstechnik hat die hier in Frage kommenden Schwierigkeiten längst überwunden, und es ist als eine unbegreifliche Mißachtung der aller-einfachsten hygienischen Anforderungen anzusehen, wenn z. B. gegenwärtig noch in Räumen, in denen feinere Arbeiten vorgenommen werden müssen (Schulzimmern, Geschäftsstuben u. f. w.), zuweilen noch offene Schmetterlingsflammen vorhanden sind. Bei elektrischer Beleuchtung sind es namentlich die Spannungsschwankungen, welche vom unruhigen Gang der Maschine, von der fehlerhaften Regulierung, von Fehlern in den Stromerzeugern u. f. w. herrühren und das Zucken des Lichtes zur Folge haben.

Hier kann in vielen Fällen gleichfalls die indirekte Beleuchtung Abhilfe schaffen; vor allem kann dadurch dem sog. Blenden der Augen wirksam vorgebeugt werden.

30.  
Lichtverteilung  
und  
Schattenbildung.

In unseren Wohnungen, in Theatern und Konzertsälen, in anderen Versammlungsräumen und dergl. wird man sich begnügen können, wenn man eine dem be-

40) A. a. O.

41) Vergl. auch das in Fußnote 39 (S. 31) angezogene Referat *Cohn's*, S. 637.

42) Vergl. auch das in Fußnote 39 (S. 31) angezogene Referat *Cohn's*, S. 640.

treffenden Zwecke angemessene Lichtmenge dem Raume zuführt und die sonstigen hygienischen Ansprüche erfüllt. Allein es gibt zahlreiche Räume, bei denen es sich nicht nur um Beschaffung einer größeren Menge von Licht, sondern auch um eine gewissen besonderen Bedürfnissen entsprechende Verteilung dieses Lichtes handelt. Hierher gehören in erster Reihe Schulzimmer, Hör- und Zeichenfäle, gewisse Werkstätten und dergl., in denen eine im allgemeinen vollkommen ausreichende und sogar glänzende Beleuchtung des Raumes gänzlich ungenügend sein kann, wenn die Forderung einer richtigen Lichtverteilung nicht berücksichtigt ist. In derartigen Arbeitsräumen muß auf jedem einzelnen Arbeitsplatz der erforderliche Erhellungsgrad hervorgebracht und muß ferner die störende Schattenbildung beseitigt werden. Mit letzterer ist stets ein relativer Lichtmangel verbunden.

Bei direkter Erhellung kann eine gleichmäßige Lichtverteilung nur in der Weise erreicht werden, daß man jedem Arbeitsplatz einen besonderen Beleuchtungskörper, der entsprechend abgeblendet ist, zuweist. Also z. B. in einem Klassenzimmer dadurch, daß jeder Schüler seine besondere, durch einen Schirm abgeblendete Lampe erhält. Dabei wird auch, wenn die Lichtquelle richtig angebracht ist, von einer Schattenbildung nicht die Rede sein können. Naturgemäß kommt eine solche Beleuchtungsweise teuer zu stehen und wird unter Umständen auch noch mit anderen Nachteilen verbunden sein.

Dunkle Schatten können nur da entstehen, wo direkte Lichtstrahlen durch einen undurchsichtigen Gegenstand auf ihrem Wege aufgehalten werden, und umgekehrt sind dort, wo kein direktes Licht vorhanden ist, auch die Bedingungen für die Bildung starker Schatten nicht vorhanden. Deshalb erzielt man am einfachsten und sichersten eine gleichförmige Lichtverteilung und tunlichste Abschwächung der Schattenbildung durch Anwendung der indirekten Erhellung, also durch diffuses Licht.

Für Schulzimmer, Hör- und Zeichenfäle, gewisse Geschäftsräume, Werkstätten und dergl. läßt sich diese Art der künstlichen Beleuchtung als die einzig richtige und den Anforderungen der Hygiene entsprechende bezeichnen.

Zu b, 6: Die Wärme, welche von den Beleuchtungskörpern erzeugt wird, kann sich sowohl durch Strahlung, als auch durch die Erhöhung der Temperatur im betreffenden Raume geltend machen.

31.  
Wärme-  
erzeugung.

Erstere wirkt fast stets belästigend und ist für die Gesundheit nachteilig. Unter Umständen kann die Wahl der Beleuchtungsart davon beeinflusst werden. Auf leicht reizbare, nervöse und geistig überarbeitete Menschen wirkt die Wärmestrahlung, namentlich auf den Kopf, ungemein ungünstig ein. Dabei spielt die Raumtemperatur in der Regel gleichfalls eine wesentliche Rolle<sup>43)</sup>.

Für das Maß der Wärmestrahlung ist auch die Farbe des Lichtes nicht ohne Bedeutung, da einem Lichte, welches viele rote Strahlen führt, im allgemeinen eine hohe, einem Lichte mit überwiegendem Grün und Blau dagegen eine geringe Wärmestrahlung entspricht.

Die Wärmestrahlung läßt sich durch zweckmäßiges Anbringen der Beleuchtungskörper, durch Anordnung von Schirmen und dergl., vor allem aber durch indirekte Raumerhellung entweder gänzlich vermeiden oder doch wesentlich herabmindern.

<sup>43)</sup> Siehe in dieser Beziehung: Neuere Erfahrungs-Ergebnisse über künstliche Beleuchtung. Deutsche Bauz. 1897, S. 221 — ferner das in Fußnote 39 (S. 31) angegebene Referat Cohn's, S. 635.

Die von den Beleuchtungskörpern ausgehende Erhöhung der Temperatur in dem betreffenden Raume kann je nach den obwaltenden Verhältnissen von Vorteil, aber auch von Nachteil sein. Zur kühlen Jahreszeit, an kühlen Orten und dergl. können durch solche Wärmeerzeugung die Heizungskosten verringert werden. In heißen Gegenden, zur heißen Jahreszeit u. f. w. ist jede, wenn auch noch so geringe Temperaturerhöhung höchst unerwünscht; ja sie ist in der Regel belästigend, ruft unter Umständen Erkrankungen hervor, so daß Lichtquellen, von denen eine bedeutendere Wärmeentwicklung ausgeht, in solchen Fällen ausgeschlossen sind. Sie sind es auch noch aus dem Grunde, weil warme Lichtquellen viel Wasserdampf erzeugen und dadurch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in unzulässiger Weise vermehrt wird.

Tritt die Temperatursteigerung im beleuchteten Raume in belästigender Weise auf, so müssen die heißen Verbrennungsgase in entsprechender Weise abgeführt werden.

32.  
Verbrennungs-  
erzeugnisse.

Zu b, 7: Durch die Erzeugnisse der Verbrennung können Gesundheitschädigungen entstehen; doch sind sie glücklicherweise immer feltener geworden. Jede Art von Beleuchtung, die durch einen Verbrennungsvorgang gewonnen wird (Flammenbeleuchtung) erzeugt unangenehme und schädigende Gase, allerdings meist in unbedeutenden Mengen<sup>44</sup>). Offene Flammen, eingeschlagene Gasbrenner, blakende Lampen und dergl. rufen stärkere Schädigungen hervor. Wasserdampf wirkt in der Regel schädlicher als Kohlenäure. Völlig einwandfrei ist in dieser Beziehung das elektrische Licht. Dies ist namentlich bei Räumen, die von bedeutenden Menschenmengen besucht werden, die also einer großen Anzahl oder ganz besonders starker Lichtquellen bedürfen, von hervorragender Wichtigkeit.

Am meisten kommt für die menschliche Gesundheit das Austreten von unverbrannten giftigen Gasen in Betracht. Nervöse Menschen, Kranke und dergl. werden z. B. schon von kleinen Mengen Kohlenoxydgas nachteilig beeinflusst<sup>45</sup>). Zu erwähnen ist nochmals die Entwicklung von Wasserdampf, der sich bei einigen Beleuchtungsarten in großer Menge bildet. Am meisten tritt dies bei der Gasbeleuchtung auf, weil das Leuchtgas sehr wasserstoffreich ist und der Wasserdampfgehalt der Raumluft deshalb ein bedeutend Maß erreichen kann<sup>46</sup>), was nicht ohne ungünstigen Einfluß auf die Wärmeökonomie der in einem solchen Raume befindlichen Personen bleiben kann.

Solchen Mißständen vermag man entweder dadurch abzuhelpen, daß man die schädigenden Gase nicht in den Raum gelangen läßt, sie also unmittelbar nach der Erzeugung ableitet, oder daß man Beleuchtungsarten wählt, bei denen keine derartigen Gase entstehen.

33.  
Explosionen.

Zu b, 8: Explosionen kommen hauptsächlich bei Beleuchtung mittels Leuchtgas, Acetylen, Petroleum- und Spiritusglühlicht in Frage. Bei Leuchtgas bringen

<sup>44</sup>) Gleichen Erhellungsgrad vorausgesetzt, wird die Luft am meisten durch Kerzen verdorben, am wenigsten durch gut gereinigtes Petroleum. Beim Gebrauch des Leuchtgases hängt die Luftverderbnis einerseits von seiner Qualität, andererseits von der Brennerkonstruktion ab: bei *Auer*-Brennern wird die Luft viel weniger verunreinigt als durch andere Gasflammen; Gasglühlicht erzeugt verhältnismäßig wenig Kohlenäure. Ueber Beleuchtung mittels Acetylen, Spiritus- und Gasglühlicht scheinen ausreichende einschlägige Untersuchungen nicht vorzuliegen.

<sup>45</sup>) Vergl. in dieser Hinsicht gleichfalls den in Fußnote 39 (S. 31) angeführten Aufsatz — ferner das Referat von *F. Fischer* auf der X. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege „Ueber künstliche Beleuchtung“ in der Vierteljahrschrift dieses Vereines 1883, S. 619 — endlich Art. 46.

<sup>46</sup>) *Geelmuyden* fand für derartige Verhältnisse eine relative Feuchtigkeit von 77 Vomhundert, was entschieden zu viel ist.

kleine Undichtheiten keine Explosionen mit sich; auch macht sich der durchdringende Geruch dieses Gases in warnender Weise geltend. Durch Verlöfchen von Flammen (infolge von Wind), Offenstehenlassen von Gashähnen, Rohrbrüche und dergl. können allerdings Explosionen hervorgerufen werden. Durch Anbringen von Selbstzündern kann solcher Gefahr in weitgehender Weise entgegengewirkt werden.

Zu b, 9: Jede Flammenbeleuchtung birgt die Feuersgefahr in sich. Leider kann auch die elektrische Beleuchtung davon nicht freigesprochen werden.

34.  
Feuersgefahr.

Deshalb ist beim Anbringen und Ausführen aller Einrichtungen für künstliche Beleuchtung gerade diesen Punkte die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Es muß alles vermieden werden, was, wenn auch in noch so unwahrscheinlicher Weise, das Entstehen eines Schadenfeuers hervorrufen könnte. Weiters muß dafür Sorge getragen werden, daß, wenn dessenungeachtet ein Brand entsteht, dieser auf einen tunlichst kleinen Umkreis beschränkt bleibe, bzw. sich darauf einschränken läßt.

Zum Schluffe sei noch bezüglich der hygienischen Ansprüche an die künstliche Beleuchtung unserer Innenräume auf die bezüglichen Verhandlungen des Deutschen Vereines für öffentliche Gesundheitspflege in den Jahren 1883 (zu Berlin) und 1899 (zu Nürnberg) hingewiesen, insbesondere auf die Referate *Fischer's* und *Cohn's*<sup>47)</sup>, sowie *Erismann's*<sup>48)</sup>; desgleichen auf den unten namhaft gemachten Aufsatz *Wedding's*<sup>49)</sup>.

Zu den vorstehend besprochenen hygienischen Anforderungen kommen auch noch Ansprüche wirtschaftlicher Natur hinzu, die wir an die künstliche Beleuchtung geschlossener Räume zu stellen haben. Im wesentlichen sind es die folgenden:

35.  
Wirtschaftliche  
Ansprüche.

- 1) Die künstliche Beleuchtung soll tunlichst geringe Kosten verursachen.
- 2) Der dabei benutzte Rohstoff oder die verwendete Energie sollen möglichst vollkommen ausgenutzt werden, unter allen Umständen in höherem Maße, als dies bis jetzt der Fall ist.
- 3) Die Arbeitsleistung für das Instandsetzen und Instandhalten, für das Reinigen, Anzünden und Auslöfchen der Beleuchtungskörper soll geringfügig sein.

Die unter 1 u. 2 gestellten Anforderungen sind nicht allein vom wirtschaftlichen Standpunkte aus, sondern auch in hygienischer Hinsicht von Wichtigkeit. Daß die Beleuchtung »möglichst billig« sein soll, heißt, daß aus derselben Energiemenge tunlichst viel Licht entwickelt werde und daß die Erzeugungskosten für die Lichteinheit möglichst gering seien. Mit Recht sagt nun *Rubner*: »Alles, was die Gewinnung an Licht aus einer gegebenen Energiemenge steigert, verbilligt zugleich den Preis des Lichtes und trägt zur Verbesserung der Beleuchtung im allgemeinen bei. Jede Steigerung der Ausbeute an Licht verbessert die sanitäre Beschaffenheit der Lichtquellen und bringt uns der idealen Aufgabe der Beleuchtung näher.«

Bezüglich des Punktes 1 im vorhergehenden Artikel seien die sorgfältigen Untersuchungen *Wedding's*<sup>50)</sup> zu einem geringen Teile hier mitgeteilt. Er gelangte zu folgender Kostenberechnung:

36.  
Kostenvergleich.

47) Siehe die Vierteljahrschrift des genannten Vereines 1883, S. 619: Ueber künstliche Beleuchtung.

48) Siehe ebendaf. 1900, S. 11: Die hygienische Beurtheilung der verschiedenen Arten künstlicher Beleuchtung, mit besonderer Berücksichtigung der Lichtvertheilung — ferner Art. 46.

49) Ueber den Werth der verschiedenen Arten künstlicher Beleuchtung. Ebendaf. 1901, S. 607.

50) Siehe: Journ. f. Gasbel. u. Waff. 1898, S. 126.



Art der Beleuchtung	Uebliche Lichtstärke	Preis für die Brennstunde	Art der Beleuchtung	Uebliche Lichtstärke	Preis für die Brennstunde
Petroleumglühlicht . . . . .	40	1,0	Leuchtgas-Rundbrenner . . . . .	20	3,2
Gasglühlicht . . . . .	50	1,6	Acetylen . . . . .	60	5,4
Spiritusglühlicht . . . . .	50	2,0	Leuchtgas-Schnittbrenner . . . . .	30	6,4
Petroleum (14liniger Normalbrenner) . . . . .	30	2,2	Leuchtgas-Regenerativbrenner . . . . .	111	6,5
Elektrisches Glühlicht . . . . .	16	7,0	Elektrisches Bogenlicht . . . . .	600	15,5
	Kerzen	Pfennige		Kerzen	Pfennige

Hierbei sind folgende Preise zu Grunde gelegt: 1<sup>l</sup> Petroleum 20 Pf.; 1<sup>cbm</sup> Leuchtgas 16 Pf.; 1<sup>l</sup> Spiritus 35 Pf.; 1000 Wattstunden 60 Pf.; 1<sup>kg</sup> Calciumkarbid 45 Pf. (da bei der heutigen Karbidfabrikation 1<sup>kg</sup> Karbid eine Ausbeute von 300<sup>l</sup> Acetylgas ergibt, so kosten 300<sup>l</sup> Acetylen 45, also 1<sup>l</sup> Acetylen 0,15 Pf.).

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich das Petroleumglühlicht als die billigste, das elektrische Bogenlicht als die bei weitem teuerste Lichtquelle. Indes wäre es unrichtig, wollte man deshalb das elektrische Bogenlicht als eine unbrauchbare Lichtquelle ansehen. Ueberall, wo es sich um die Beleuchtung weiter Hallen, großer Säle, langer Strecken u. f. w. handelt, steht diese Beleuchtungsart unerreichbar da. Wollte man den gleichen Erhellungsgrad durch sonstige Lichtquellen erreichen, so würde jede andere Erhellungsweise wesentlich kostspieliger sein.

Sieht man auch noch vom Regenerativgaslicht ab, so können alle übrigen Lichtquellen zur Erhellung einzelner Arbeitsplätze verwendet werden. Am tiefsten steht der Gaschnittbrenner; er kommt gegenwärtig wohl nur für Flur-, Treppen- und Strafenbeleuchtung in Frage; sonst ist er durch den Rundbrenner und das Gasglühlicht zu ersetzen.

Die wirtschaftlichen Ansprüche unter 3 in Art. 35 (S. 35) beziehen sich vor allem auf eine bequeme, handliche Bedienung, also im wesentlichen auf die vollkommene, leichte und bequeme Zünd- und Löschbarkeit der gewählten Lichtquelle; denn durch eine solche wird eine bedeutende Kostenersparnis erzielt. In dieser Hinsicht steht das elektrische Glühlicht obenan, obwohl der ziemlich hohe Preis bei verhältnismäßig geringer Lichtstärke (von nur 16 Kerzen; siehe obige Zusammenstellung) gegen seine Anwendung spricht.

Um in Wettbewerb treten zu können, sind deshalb in neuerer Zeit von seiten der Gastechner für die Erhellung mittels Leuchtgas verschiedene Fern- und Selbstzünder konstruiert worden, um den eingangs erwähnten Vorteil auszunutzen. Durch derartige Vorrichtungen soll der kleine, meist an der Wand angebrachte Schalter des elektrischen Lichtes ersetzt werden; dadurch soll die Möglichkeit geboten werden, Gasflammen in jedem Augenblick zum Brennen bringen oder sie löschen zu können. So feinsinnig und geschickt auch viele dieser Vorrichtungen konstruiert sind, so bietet doch keine Ersatz für den einfachen Hebelausschalter des Elektrotechnikers. Für Petroleum- und Spirituslampen bestehen noch keine Mittel zum bequemen Anzünden und Löschen.

## Literatur.

Bücher und Zeitschriften über »Künstliche Beleuchtung der Räume im allgemeinen«.

- PECLET, E. *Traité d'éclairage*. Paris 1827. — Deutsche Uebersetzung von J. G. CH. WEISE. — 3. Aufl. von HARTMANN. Weimar 1853.
- BOLLEY, P. Handbuch der chemischen Technologie. Bd. 1, 2. Gruppe: Das Beleuchtungswesen. Braunschweig 1862.
- PERL, E. Die Beleuchtungsstoffe und deren Fabrikation. Wien 1876.
- Bericht über die Weltausstellung in Paris 1878. Herausgegeben von der k. k. österreichischen Commission. 4. Heft: Gas- und elektrische Beleuchtung. Von H. NACHTSHEIM. Wien 1877.
- Illustrierte Patentberichte. Nr. 2, Patent-Classe 4: Beleuchtungsgegenstände. Sachliche Zusammenstellung der bis zum 1. Jan. 1879 in dieser Classe ertheilten Patente, nebst Anhang über elektrische Beleuchtung. Bearbeitet von M. MÜLLER. Berlin 1879.
- STROTT, G. R. Ueber Leuchtmaterialien, deren Eigenschaften, Bestimmung der Lichtstärke, Leuchtkraft und des Leuchtwertes etc. Holzminden 1880.
- BARLET. *Les procédés et les appareils de chauffage et d'éclairage à l'exposition universelle internationale d'étude et tels qu'ils sont en réalité*. Paris 1881.
- BANTING ROGERS, J. *Artificial light*. Reading 1882.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Bd. 2. Leipzig 1883. S. 89 ff.
- SCHWARTZE, TH. Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Leipzig 1884.
- MEHLHAUSEN. Ueber künstliche Beleuchtung. Berlin 1885.
- WAGNER, R. v. Handbuch der chemischen Technologie. 13. Aufl. von F. FISCHER. Leipzig 1889. S. 131 ff.
- THOMAS, E. *Histoire de l'éclairage depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours*. Paris 1890.
- SCHOLLMEYER, G. Wie beleuchte ich am zweckmäßigsten und billigsten meine Wohn- und Geschäftsräume? Neuwied 1899. — 2. Aufl. 1904.
- WEDDING, W. Ueber den Wirkungsgrad und die praktische Bedeutung der gebräuchlichsten Lichtquellen. München 1905.
- BENESCH, L. v. Das Beleuchtungswesen vom Mittelalter bis zur Mitte des XIX. Jahrhunderts etc. Wien 1905.
- Ferner:
- Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten sowie für Wasserverforgung. Herausg. von H. BUNTE. München. Erscheint seit 1858.
- Journal du gaz et de l'électricité*. Paris. Erscheint seit 1881.
- Organ industriel de l'éclairage*. Brüssel. Erscheint seit 1881. (Erschien früher unter dem Titel »Gas Belge«.)
- Zeitschrift für Beleuchtungswesen. Red. von LUX. Berlin. Erscheint seit 1894.
- Schweizerische Blätter für Elektrotechnik und das gesammte Beleuchtungswesen. Deutsche und französische Ausgabe. Bern. Erscheint seit 1896.
- Das Licht. Zeitschrift für Beleuchtungswesen. Zürich. Erscheint seit 1898.
- Fachblatt für Gas-, Wasser- sowie für das gesammte Beleuchtungswesen und Maschinen-Industrie. Herausg. von L. CHIBA. Wien. Erscheint seit 1898.
- Das moderne Beleuchtungswesen. Red. v. F. KLEINPETER. Erscheint seit 1900.

## 4. Kapitel.

## Gasbeleuchtung.

## a) Gaserzeugung und Lichtmenge.

VON DR. FERDINAND FISCHER.

Zur künstlichen Beleuchtung werden die von glühenden festen Körpern<sup>51)</sup> ausgehenden Lichtstrahlen verwendet. Die erforderliche Hitze wird erzeugt durch Ver-

<sup>51)</sup> Mit Ausnahme der Quecksilber-Dampflampe.

brennen von Gasen und Dämpfen oder durch Elektrizität. (Ueber letztere siehe das nächstfolgende Kapitel.) Bei der Kerzen- und bei der Oel- (bezw. Erdöl-) Beleuchtung wird der Brennstoff durch die Leucht-, bezw. Heizflammen selbst vergast, bei flüchtigen auch verdampft, während Leuchtgas (und meist auch Acetylen) in besonderen Anstalten erzeugt und als fertiges Gas zur Verbrauchsstelle geleitet wird. Man kann daher diese Beleuchtungsarten durch Verbrennung als »Gasbeleuchtung« bezeichnen.

Früher verwendete man als lichtgebenden Körper nur den Kohlenstoff, welcher in der Flamme selbst durch Zerfall (Dissoziation) der schweren Kohlenwasserstoffe (Benzol, Acetylen und dergl.) abgetrennt wurde, während seit 20 Jahren in rasch zunehmendem Umfang die Flammen lediglich als Heizmittel für die als Lichtspender verwendeten feuerfesten Erden und dergl. dienen (Glühlicht).

Zur Erläuterung der Vorgänge in einer Leuchtflamme diene die Kerzenflamme. Der durch die strahlende Wärme der Flamme geschmolzene Brennstoff (z. B. Paraffin) der Kerze *A* (Fig. 5) steigt im Dochte *B* auf, bis er durch die Hitze vergast wird. Das gebildete brennbare Gas, welches den dunkeln Kern *a* der Flamme bildet, wird im leuchtenden Teil *b* zerlegt unter Abscheiden von Kohlenstoff, welcher durch die Hitze des äußeren Mantels *c* glühend und somit leuchtend wird. In der äußeren Schicht *C* verbrennen fähtliche brennbare Bestandteile des Gases, einschließlic des Kohlenstoffes, völlig zu Kohlenäure und Wasser und liefern so die erforderliche Wärme.

In den weitverbreiteten Erdöllampen spielen sich im wesentlichen dieselben Vorgänge ab. Die Leuchtgasflamme eines sog. Einlochbrenners (Fig. 6) unterscheidet sich wesentlich nur dadurch, daß dem Brenner *B* das fertige Leuchtgas<sup>52)</sup> zugeführt wird.

Zur Gasbeleuchtung werden Einlochbrenner nur noch selten angewendet; auch die früher so vielfach gebräuchlichen Schnittbrenner und die Zweilochbrenner werden immer mehr durch lichtstärkere Brenner ersetzt.

Der *Argand*-Brenner (Fig. 7) ist mit einem Zugglas *C* versehen, um seitliche Luftströmungen fernzuhalten und der Flamme mehr Luft zuzuführen, welche durch Blechkegel *D* geleitet wird. Dem Brenner wird das Gas von *A* aus durch die beiden Röhren *a* zugeführt. Das Gas verbreitet sich dann in dem ringförmigen Hohlraum *B*, um bei *b* durch zahlreiche — 18 bis 40 — Löcher zur Flamme zu gelangen. Unmittelbar über dem Brenner vereinigen sich die einzelnen Gasströme zu der Röhrenform, so daß an der Flamme die Zuführungsart nicht erkannt werden kann. Selten wendet man statt der vielen Löcher einen engen, ringförmigen Schlitz an. Da die Leuchtkraft der Flamme

Fig. 5.

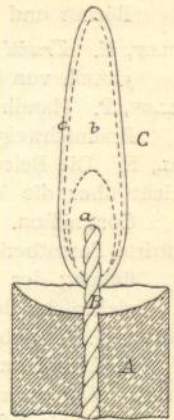
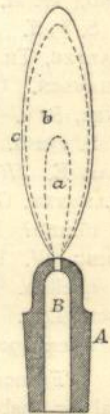
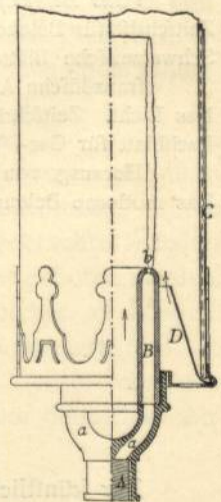


Fig. 6.



Einlochbrenner.

Fig. 7.



Argand-Brenner.

1/2 w. Gr.

<sup>52)</sup> Siehe: FISCHER, F. Handbuch der chemischen Technologie. Leipzig 1900. S. 80. — SCHILLING, N. H. Handbuch der Steinkohlengas-Beleuchtung. München 1878. S. 82.

mit der Temperatur rasch zunimmt, so waren die sog. Regenerativlampen<sup>53)</sup>, in denen Gas und Luft vorgewärmt wurden, als Fortschritt zu begrüßen. Besonders erlangten die Lampen von *Siemens* und diejenigen von *Wenham* mit nach unten gerichteten Flammen wegen der großen Lichtstärke (bis 400 Kerzen) bei verhältnismäßig geringem Gasverbrauch rasch eine große Verbreitung, bis sie durch das Glühlicht so gut wie vollständig verdrängt wurden.

Der bedeutendste Fortschritt auf dem Gebiete der Gasbeleuchtung war die vor 20 Jahren erfolgte Einführung des Glühstrumpfes von *Auer v. Welsbach*<sup>54)</sup>. Letzterer verbrannte das Leuchtgas in einem *Bunsen*'schen Brenner und erhitzte in der nichtleuchtenden Flamme einen Erdenmantel bis zum Glühen. Ein zylindrisches Gewebe aus Wolle oder Baumwolle wurde getränkt mit einer Lösung von salpetersaurem Lanthan und Zirkon, oder Yttrium oder Erbium und Zirkon, welches letzteres auch durch Magnesia ersetzt werden konnte. Durch die Flamme wurde das Gewebe verbrannt, und es blieb ein zylindrischer Glühkörper der betreffenden Oxyde zurück, welcher ein ruhiges Licht ausstrahlte. Die Lichtmenge nahm aber bald ab; zudem war der Mantel sehr zerbrechlich.

*Pintsch* verbesserte den Glühstrumpf; die Lampe verlangte aber vor wie nach sehr vorsichtige Behandlung.

Die dann von der *Auer*-Gesellschaft weiter verbesserten Glühkörper kosteten im Jahre 1891 noch 2,50 Mark, so daß das Glühlicht erst dann allgemein verbreitet wurde, als im Jahre 1895 mehrere Firmen gleichzeitig Glühkörper für 0,40 Mark lieferten. Durch Entscheidung des Reichsgerichtes vom 6. Juli 1898 fiel das *Auer*'sche Patent, so daß jetzt das Glühlicht Gemeingut wurde.

Während ein Glühkörper anfangs nur 50 Kerzen bei 220<sup>l</sup> Gas für 100 Kerzen gab, lieferten 1899 die gleichen 80 bis 90 Kerzen bei 130 bis 140<sup>l</sup> Gasverbrauch. Die Leuchtkraft fiel aber beim Gebrauch noch im Jahre 1903 in 400 Brennstunden von 123 auf 74 Kerzen; dagegen liefern einige Firmen Glühkörper, »Ceroform«, »Degea« genannt, welche nach 200 Brennstunden bis 30 Vomhundert Zunahme der Leuchtkraft ergeben.

Der jetzt gebräuchliche Glühstrumpf<sup>55)</sup> besteht aus einem Gewebe von möglichst reiner, aschenfreier Pflanzenfaser in Form eines sich nach oben verjüngenden Schlauches mit einer Fadenstärke von 0,2 mm, unter die man früher einige stärkere Fäden einstrickte, um dem Körper nach der Veraschung größeren Widerstand zu geben. Vor dem Tränken mit den Leuchterden wird der gestrickte Strumpf mit Soda und Salzsäure gewaschen. Die Leuchtflüssigkeit besteht hauptsächlich aus 99 Hundertteilen Thor- und 1 Hundertteil Cererde neben geringen Mengen unwesentlicher Bestandteile. Mit einer 30prozentigen Lösung dieser Leuchterden wird das Gewebe getränkt, so daß man nach dem Veraschen die Oxyde in dem angegebenen Verhältnis zurückerhält. Der mit den Leuchtsalzen getränkte und getrocknete Strumpf wird über ein zylindrisches Holz gesteckt und ausgereckt, mit einer Asbestöse versehen und alsdann an einem langen eisernen Draht aufgehängt. Erhitzt man mit einer *Bunsen*-Flamme den oberen Teil, so verglimmt das Gewebe vollständig, und man

40.  
Glühlicht.41.  
Neueste  
Glühstrumpfe.

<sup>53)</sup> Siehe: Jahresbericht über die Leistungen der chemischen Technologie etc. Herausg. von F. FISCHER. 1881, S. 2031; 1882, S. 1129; 1883, S. 1073; 1885, S. 1282; 1886, S. 1141.

<sup>54)</sup> Siehe: FISCHER'S Jahresbericht etc. 1887, S. 134; 1888, S. 116.

<sup>55)</sup> In Deutschland werden jetzt jährlich etwa 100 Millionen Glühkörper hergestellt, entsprechend etwa 100<sup>t</sup> Leuchtsalze, welche aus 25000<sup>t</sup> Monacitand gewonnen werden. Ein großer Teil davon wird in das Ausland verschickt.

erhält ein weisses Aschen skelett, das in der Prefs gasflamme geformt und gehärtet wird.

Zur Herstellung des Gewebes wurde allgemein Baumwollstrickgarn verwendet, neuerdings vorwiegend Ramiegarn, welches einen weniger gleichmässigen, aber festeren und mehr Licht liefernden Glühkörper ergibt. Der neueste Fortschritt ist die Herstellung der Glühstrümpfe aus künstlicher Seide (Zellstoff in Kupferoxydammoniak) und Fällen der Glüherden mit Wasserstoffsuperoxyd; bei grosser Festigkeit geben diese Strümpfe bis 140 Kerzen Leuchtkraft.

42.  
Lichtwirkung  
der  
Glühstrümpfe.

Für die Lichtwirkung des Glühstrümpfes ist sein geringes Emissionsvermögen im Spektralgebiet zwischen 1 und 5  $\mu$  entscheidend, weil hierdurch der Wärmeverlust durch Ausstrahlung so gering wird, dass die Temperatur auf etwa 1100 Grad gehalten wird. Um das gewünschte hohe Emissionsvermögen im sichtbaren Spektralgebiet hervorzubringen, ohne dass dadurch das Emissionsvermögen im Ultrarot zwischen 1 und 8  $\mu$  wesentlich beeinflusst wird, genügt ein geringer Zusatz von Ceroxyd (bis 1 Vomhundert) zum Thoroxyd. Das Ceroxyd spielt also im Glühstrumpf eine ähnliche Rolle wie ein Sensibilifator in einer photographischen Platte.

Die Gas-Glühlichtlampen strahlen das Licht naturgemäss wesentlich in wagrechter Richtung und nach oben aus.

*Krüfs*<sup>56)</sup> bestimmte die Helligkeit eines solchen Brenners nach verschiedenen Richtungen:

Grad	Gasglühlicht- Brenner	Derselbe mit Holophanglocke
80 nach unten . . .	0,7	16,5
70 » » . . .	5,9	25,4
50 » » . . .	23,4	24,1
30 » » . . .	44,0	45,7
10 » » . . .	52,2	60,5
0 wagrecht . . .	60,5	63,2
10 nach oben . . .	60,5	61,9
30 » » . . .	53,0	18,2
50 » » . . .	45,7	23,4

Normalkerzen.

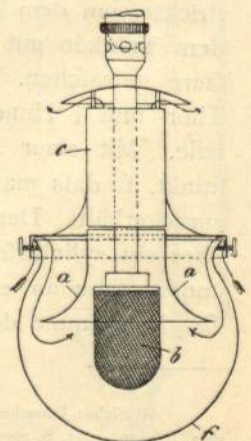
43.  
Nach unten  
leuchtende  
Brenner.

Wo es daher auf eine Beleuchtung nach unten ankommt, erscheinen die neuerdings gelieferten sog. Invertbrenner vorteilhaft, bei welchen die Brenner nach unten gerichtet sind. Fig. 8 zeigt z. B. eine solche Lampe von *Wolff*<sup>57)</sup>.

Der nach unten gerichtete *Bunsen*-Brenner trägt an der Mündung den Glühstrumpf *b*, welcher durch die Flamme auf Weissglut erhitzt wird. Die oben in die Glaskuppel *f* eintretende Verbrennungsluft wird durch den unten erweiterten Zugschornstein *ac* gegen den Glühkörper geführt.

Bei diesen Lampen wird das *Bunsen*-Brennrohr von den abziehenden Gasen stark erhitzt, dadurch das Gasluftgemisch vorgewärmt und somit eine höhere Temperatur der Flamme, bzw. grössere Lichtwirkung erzielt, wenn das richtige Verhältnis zwischen Gas und Luft vorhanden ist. Die Erhitzung wirkt aber der Bewegung des Gasgemisches nach unten ent-

Fig. 8.

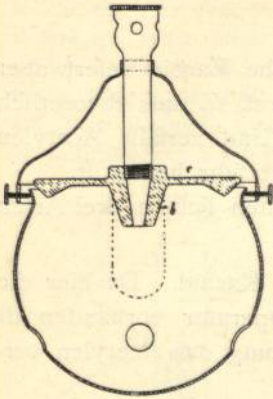


Lampe mit Invertbrenner von *Wolff*.

<sup>56)</sup> Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1898, S. 254.

<sup>57)</sup> D. R.-P. Nr. 175 292.

Fig. 9.

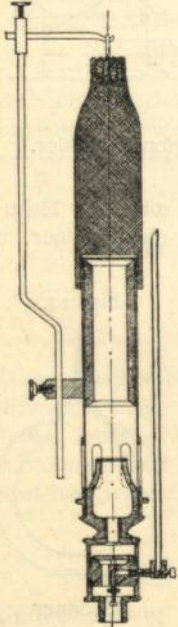
Lampe mit  
Abfchirmungsplatte.

gegen. Daher ist ein stärkerer Gasdruck und eine größere Luftzufuhröffnung erforderlich, wenn nicht der Nutzen des Vorwärmens in das Gegenteil verwandelt werden soll. Bei solcher Stellung der Luftzufuhr schlägt aber die Flamme beim Anzünden leicht zurück, so daß die Luftzufuhr nach dem Anzünden anders geregelt werden müßte, um vom Vorwärmen Nutzen zu haben. Deshalb wird vielfach auf die Vorwärmung verzichtet, indem z. B. durch eine Abfchirmungsplatte *c* (Fig. 9) oder dergl., welche mit der Brennermündung *b* verbunden sein kann, die Verbrennungsgase seitlich abgeleitet werden, so daß das *Bunsen-Rohr* kühl bleibt<sup>58)</sup>.

Das Licht wird wesentlich nach unten geworfen. So fand *Drehschmidt*<sup>59)</sup> bei Versuchen mit gewöhnlichem Glühlicht und mit drei Invertlampen:

	Gew. Glühlicht	Invertglühlicht		
		I	II	III
Helligkeit in wagrechter Richtung . . . . .	90	44,4	107,5	90
Stündlicher Gasverbrauch (in Lit.) . . . . .	125	70	119	111
Mittlere sphärische Helligkeit (in HK) . . . . .	68,2	37,4	86,3	78,6
Untere hemisphärische Helligkeit . . . . .	62,2	49,0	109,5	103,0
Obere hemisphärische Helligkeit . . . . .	74,3	25,8	63,1	54,2
Gasverbrauch für 1 HK-Stunde (in Lit.) für:				
mittlere sphärische Helligkeit . . . . .	1,84	1,87	1,38	1,41
mittlere untere hemisphärische Helligkeit . . . . .	2,01	1,43	1,09	1,08
mittlere obere hemisphärische Helligkeit . . . . .	1,68	2,71	1,89	2,05

Fig. 10.

Brenner zur  
Erzeugung höherer  
Lichtstärken.

*Pictet* und *Nürnberg* führen statt Luft Sauerstoff in den Brenner; der geringere Gasverbrauch wird durch die Kosten der Sauerstoffleitung ausgeglichen. *Lucas* erzielt durch verstärkten Schornsteinzug größere Lichtstärken. Erfolg hat auch die Sels-Gesellschaft, welche das Gas- und Luftgemisch unter Druck (für große Brenner 80 cm Wasserfäule) dem Brenner zuführt. Fig. 10 zeigt einen Brenner zur Erzeugung höherer Lichtstärken von 500 bis 2500 HK<sup>60)</sup>.

Im Brennerrohr befindet sich ein Einsatz, der den Querschnitt verringert. Das unter der Düse sichtbare Gehäuse enthält ein Ventil, welches bei gewöhnlichem Druck den Durchgang zur Düse geschlossen hält, während der Weg zum seitlich angebrachten Zündrohr offen bleibt. Beim Steigen des Druckes hebt sich das Ventil und gibt den Durchgang zur Düse frei. Das am Brennerkopf ausströmende Gemisch entzündet sich an der Zündflamme. Für 100 Kerzenstunden sind meist 120 bis 200<sup>1</sup> Leuchtgas erforderlich.

Acetylen, bei seinem Erscheinen auf dem Markt (vor 10 Jahren) als »Leuchtstoff der Welt« begrüßt<sup>61)</sup>, hat zwar die überschwenglichen Erwartungen nicht annähernd erfüllt, ist aber für die Beleuchtung kleinerer Orte und einzelner Häuser, besonders Gasthäuser, welche kein Steinkohlen-Leuchtgas haben können, von Bedeutung.

44-  
Acetylenlicht.

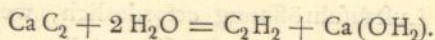
58) D. R.-P. Nr. 159 869.

59) Journ. f. Gasb. u. Waff. 1905, S. 813.

60) Siehe: FISCHER's Jahresberichte etc. 1900 bis 1906.

61) Siehe: PICTET. *L'acétyène, son passé, son présent, son avenir*. Basel 1896.

Zur Herstellung von Acetylen<sup>62)</sup> wird Calciumkarbid mit Wasser zersetzt:



Darnach gibt 1 kg reines Karbid 349 l Acetylen. Das käufliche Karbid liefert aber nur 280 bis 300 l. Bei der Entwicklung wird viel Wärme frei, so dass theoretisch eine Temperatur von 1100 Grad entstehen kann. Bei 780 Grad zerfällt Acetylen aber bereits, oft unter Explosion, die bei Gegenwart von Luft sehr heftig ist.

Die sehr zahlreichen (über 100) patentierten Entwickler lassen sich in drei Arten unterscheiden:

1) Wasser tropft oder fließt in dünnem Strahl auf das Karbid. Da hier die Gefahr einer Erhitzung des Acetylens auf die Explosionstemperatur vorhanden ist (*Leaves* beobachtete bis 700 Grad), jedenfalls durch die Erhitzung das Acetylen verschlechtert wird, so sind diese Vorrichtungen bedenklich.

2) Das Wasser kommt beim Aufsteigen mit dem Karbid in Berührung und wird bei zu rascher Entwicklung (wie beim *Döbereiner'schen* Feuerzeug) wieder zurückgedrängt. Auch bei diesen Einrichtungen findet eine Erhitzung statt, die beim Zurücktreten des Wassers bedenklich hoch werden kann; außerdem findet nach dem Zurücktreten des Wassers gleichfalls eine Nachentwicklung statt durch das anhaftende und das dampfförmige Wasser, bei Temperaturen über 425 Grad auch durch den aus dem Calciumhydrat abgespaltenen Wasserdampf, so dass auch diese Einrichtungen bedenklich sind<sup>63)</sup>.

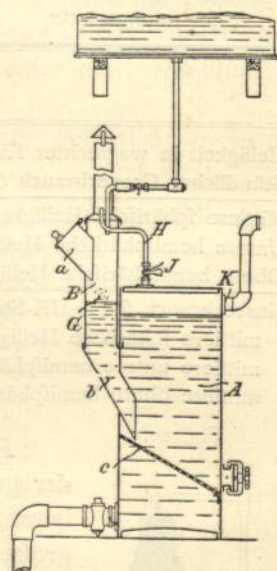
3) Das Calciumkarbid fällt in viel Wasser. Bei diesen Vorrichtungen wird jede schädliche Temperaturerhöhung vermieden, so dass sie bei fachgemäßer Behandlung gefahrlos sind.

Bei einer derartigen Anordnung wird das Karbid z. B. mit der Hand in den Fülltrichter *a* (Fig. 11) eingeworfen und gleitet auf der schiefen Ebene *b* auf den schrägen Rost *c*. Das Gas steigt lotrecht nach oben und wird durch den Wasserabschluss verhindert, aus dem Einfüllrohr herauszutreten. Am Einfüllrohr *B* ist der Ueberlaufhahn *G* und auf dem Deckel des Entwicklers das Ueberlaufrohr *H* mit dem Hahn *J* angebracht, welches in den Einfüllkanal führt. Der Ausgang *K* führt in die Reiniger, um besonders Ammoniak, Phosphorwasserstoff und Siliciumwasserstoff zu entfernen.

Bei Verwendung des Acetylens zur Beleuchtung ist zu beachten, dass in der Hitze Acetylen zerfällt; die flüssigen und festen Zerfallsstoffe setzen sich vor und in der Brennermündung fest und verstopfen diese umso leichter, je heißer und enger die Oeffnungen sind. Gewöhnliche Schnittbrenner sind daher nicht verwendbar. Besser sind Zweilochbrenner, besonders die *Bray-Brenner*. Am besten ist die vorherige Mischung mit Luft.

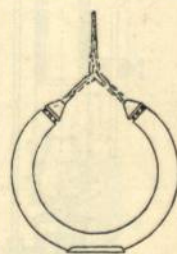
Der Brenner der Allgemeinen Karbid- und Acetylen-Gesellschaft (Fig. 12) besteht z. B. aus zwei Metallrohren, welche in einem Winkel von 90 Grad gegeneinander geneigt sind. Diese tragen zwei Specksteinköpfchen, die

Fig. 11.



Acetylenentwickler.

Fig. 12.

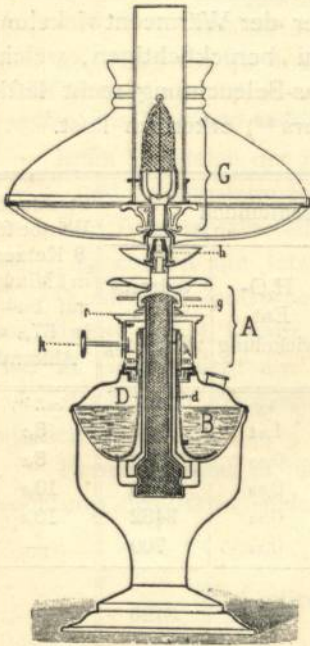
Brenner  
der Allg. Karbid-  
und Acetylen-  
Gesellschaft.

<sup>62)</sup> Siehe: LIEBETANZ, F. Handbuch der Calciumkarbid- und Acetylenechnik. 2. Aufl. Leipzig 1899 — ferner: CARO, A. L. & J. H. VOGEL. Handbuch für Acetylen etc. Braunschweig 1904.

<sup>63)</sup> Siehe: GLASER's Annalen 1897, S. 475 — und: FISCHER's Jahresbericht etc. 1897, S. 119.

den eigentlichen Brennerkopf bilden. In ihrem unteren Teile liegt eine feine Oeffnung, durch welche das Gas einströmt und welche von 4 Luftlöchern umgeben ist. Das Acetylen tritt durch erstere ein, reißt durch die Luftlöcher die nötige Luft mit sich und tritt hierauf aus der oberen weiten Oeffnung aus. Die beiden Gasströme treffen dann aufeinander, nachdem sie einen gewissen Weg in der Luft zurückgelegt haben, und bilden eine Schmetterlingsflamme, welche nicht auf dem Brenner, sondern darüber in der Luft gebildet wird. — Für 100 Kerzenstunden sind in verschiedenen Brennern 60 bis 120<sup>l</sup> Acetylen erforderlich.

Fig. 13.



Spiritus-Glühlichtlampe  
von Siemens.

Für Eisenbahnbeleuchtung bewährt sich ein Gemisch von 3 Teilen Oelgas und 1 Teil Acetylen<sup>64)</sup>.

Die günstigen Erfolge des Gasglühlichtes veranlaßten die Herstellung von Spiritus-Glühlichtlampen, was umso näher lag, als die Spiritusflamme sich sehr leicht entleuchten läßt. Von den zahlreichen, meist patentierten Lampen möge nur diejenige von Siemens<sup>65)</sup> angeführt werden.

Diese besteht aus dem Spiritusbehälter *B* (Fig. 13) mit verschließbarer Eingangsöffnung, der Vorwärmvorrichtung *A* und dem Brenner mit Glühstrumpf *G*. Beim Anzünden der Lampe wird, um die Vergasung einzuleiten, durch Drehen des äußeren Mantels *r* das im darunterliegenden Mantel befindliche Zündloch für die Anwärmefflamme freigemacht und der vorher durch Drehen des Knopfes *k* nach rechts freigelegte Anwärmedocht *D* am obersten Ende entzündet. Nach Verlauf von etwa einer Minute sind genügende Dämpfe vorhanden, worauf nunmehr die Hauptflamme durch ein über den Glaszylinder gehaltenes Zündholz entzündet wird. Kurze Zeit nach Entzünden der Hauptflamme wird sodann der Mantel *r* wieder zurückgedreht, bis er in den Anschlagverchlufs am Regeltift einschnappt, wodurch das Zündloch verdeckt und gleichzeitig die Anwärmefflamme richtig eingestellt ist.

Die Prüfung der Spirituslampen, welche infolge eines Preisausschreibens der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft geliefert waren, wurde nach Wedding<sup>66)</sup> teils von der Physikalischn-

Technischen Reichsanstalt zu Berlin, teils vom Institut für Gärungsgewerbe ausgeführt und ergab folgende Mittelwerte:

Brennerklasse	95proz. Spiritus			90proz. Spiritus		
	Lichtstärke	Stündlicher Spiritusverbrauch	Spezifischer Verbrauch	Lichtstärke	Stündlicher Spiritusverbrauch	Spezifischer Verbrauch
Kleine Brenner bis 20 HK . . . . .	15,1	53,3	3,53	12,9	47,8	3,71
Mittlere Brenner von 20 bis 45 HK . . . . .	32,0	80,4	2,44	28,0	75,6	2,62
Große Brenner von 45 bis 100 HK . . . . .	59,0	129,0	2,17	71,7	136,0	1,90
Starklichtbrenner von 100 bis 200 HK . . . . .	140,0	262,0	1,88	136,0	290,0	2,13
Starklichtbrenner von 200 bis 900 HK . . . . .	675,0	626,0	0,93	—	—	—
	HK	ccm	ccm/HK	HK	ccm	ccm/HK

Ogleich die Verbreitung des Spiritusglühlichtes erschwert wird durch die Denaturierung mit Pyridinen und die großen Preisschwankungen des Spiritus, so

64) Siehe: GLASER's Annalen 1897, S. 469 — und: Acetylen 1898, S. 53.

65) Siehe: Zeitfchr. f. Beleuchtungswesen 1898, S. 63.

66) Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1905, S. 566.



wird es doch vielfach angewendet als Tisch- und Deckenlampe, zur Beleuchtung von Bahnhöfen und dergl.

46.  
Zusammen-  
fassung.

So große Fortschritte auf dem Gebiete der Beleuchtungstechnik in den letzten 20 Jahren auch gemacht worden sind, so steht sie doch noch auf einem sehr niedrigen Standpunkt, da nur 0,4 bis 1,0 Vomhundert der Gesamtenergie der Brennstoffe als Lichtstrahlen gewonnen werden<sup>67)</sup>, während 99,0 bis 99,6 Vomhundert als Wärme auftreten, welche vielfach geradezu lästig werden kann. Vom Ideal der »kalten Beleuchtung«<sup>68)</sup> sind wir also noch außerordentlich weit entfernt.

Für die Heizung und Lüftung eines Raumes ist außer der Wärmeentwicklung auch die Bildung von Kohlenäure und Wasserdampf zu berücksichtigen, welche besonders für Kerzen-, Erdöl- und die alte Steinkohlengas-Beleuchtung recht lästig werden kann, wie folgende Zusammenstellung des Verfassers<sup>69)</sup> erkennen läßt.

	Lampen- stunde		Berechnet auf 100 Kerzenstunden					Strahlende Wärme für 8 Kerzen in 1 Minute auf 1 qdcm in 37,5 cm Abstand
	Lichtstärke	Kosten	Ver- brauch	Kosten	CO <sub>2</sub> - Ent- wicklung	H <sub>2</sub> O- Ent- wicklung	Wärme- Ent- wicklung	
			g	Pfenn.	kg	kg	w <sup>70)</sup>	cal. <sup>70)</sup>
Kerzen	Stearin . .	1 1,3	920	130	1,18	1,04	8100	8,7
	Paraffin . .	1 1,0	770	100	1,22	0,99	7980	8,2
Erdöl	Flachbrenner	4 0,6	600	13	0,95	0,80	6240	10,8
	Rundbrenner	25 1,9	330	7	0,53	0,44	3432	10,6
Spiritusglühlicht . . .	45 4	300	9	0,50	0,34	700	—	
Leucht- gas	Schnitt- brenner .	12 2,9	1,6	25,6	0,91	1,71	8480	6,2
	Argand- Brenner .	25 4,8	1,2	19,2	0,68	1,28	6360	6,1
	Glühlicht .	55 2	0,22	3,1	0,11	0,18	930	1,0
			cbm					

Wedding<sup>71)</sup> macht über Lichtstärke und Verbrauch folgende Angaben:

	Lichtstärke		Stündlicher Verbrauch	Stündlich aufgewendete Wärmemenge	Wärme für 1 HK
	wagrecht	fphärisch			
Petroleumlicht . . . . .	14,3 HK	13,2 HK	43,6 g	480 w	36,4 w
Spiritusglühlicht . . . . .	65,3 »	42,9 »	129 »	698 »	16,3 »
Stehendes Gasglühlicht . .	73,8 »	52,3 »	112,3 l	573 »	11,0 »
Lucas-Licht . . . . .	581 »	411 »	630 »	3210 »	7,82 »
Prefsgaslicht (Millenniumlicht)	1500 »	1060 »	1200 »	6120 »	5,77 »
Kohlenfaden-Glühlicht . . .	18,3 »	12,3 »	59,1 Watt	51,0 »	3,99 »

Die von ihm<sup>72)</sup> angegebenen Preise sind zu niedrig. Legt man die üblichen Preise zu Grunde<sup>73)</sup>, so erhält man für 1 Mark bei:

<sup>67)</sup> Nach *Rubner* beträgt die Lichtstrahlung in Hundertteilen der Gesamtenergie bei der Paraffinkerze 0,45, beim Leuchtgas-Schnittbrenner 0,35, beim Glühlicht 0,175. — Nach *Tumirz* (in: Sitzber. d. Wien, Akad. 1905) beträgt die Lichtstrahlung beim Gasglühlicht 0,9 Vomhundert der Gesamtstrahlung.

<sup>68)</sup> Die kubanische Feuerfliege, welche die Eingeborenen Zentralamerikas zur Beleuchtung benutzen, liefert 99 Vomhundert der Gesamtenergie als Lichtstrahlen.

<sup>69)</sup> Nach: Zeitschr. f. angew. Chemie 1896, S. 433, 662.

<sup>70)</sup> w = Kilogr. Wärmeeinheiten; cal. = Gramm Wärmeeinheit.

<sup>71)</sup> In: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1904, S. 676 — und: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1905, S. 1, 25, 45, 65, 87, 105.

<sup>72)</sup> A. a. O.

<sup>73)</sup> 1 cbm Leuchtgas 16 Pfennige, 1 Kilowatt 60 Pfennige.

Paraffinkerzen . . . . .	100 Kerzenstunden	
Leuchtgas-Schnittbrenner . . . . .	400	›
Leuchtgas-Argand-Brenner . . . . .	540	›
Acetylen . . . . .	670	›
Erdöl-Flachbrenner . . . . .	770	›
Spiritusglühlicht . . . . .	1110	›
Erdöl-Rundbrenner . . . . .	1400	›
Leuchtgas-Glühlicht . . . . .	3230	›
Lucas-Licht . . . . .	4000	›
Prefsgaslicht (Millennium) . . . . .	5000	›
Kohlenfaden-Glühlicht . . . . .	350	›

Abgesehen von der Kerzenbeleuchtung und der Starklichtbeleuchtung (*Lucas* und Prefsgas), welche letztere nur für große Räume in Frage kommen, ist daher das elektrische Glühlicht am teuersten, das Leuchtgas-Glühlicht am billigsten.

Beim Vergleich der Beleuchtungsarten ist noch zu berücksichtigen, dass Kerzen, Erdöl- und Spirituslampen tragbar sind, Leuchtgas (und Elektrizität) nicht.

Für Arbeitsplätze ist die strahlende Wärme wichtig. In der Zusammenstellung auf S. 44 enthält die letzte Spalte die Bestimmungen von *Rubner*<sup>74)</sup> für 8 HK in 37,5 cm Abstand (entsprechend 50 Meterkerzen). 5 bis 6 Grammwärmeeinheiten in der Minute auf 1 Quadr.-Dezimeter Fläche sind schon sehr lästig (heißer Kopf). Hier ist Gasglühlicht am besten (elektrisches Glühlicht gibt 2,2 Wärmeeinheiten).

Auch nach *Reichenbach*<sup>75)</sup> ist Gasglühlicht am günstigsten; dann folgt Spiritusglühlicht.

Ferner kommt es meist weniger auf die Lichtmenge als solche, als auf die Beleuchtung des Arbeitsplatzes an. Hierfür kommt die Lichtverteilung in Frage.

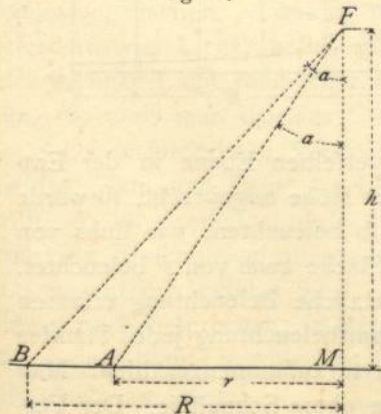
**b) Lichtquellen, Gasleitungen und Druckregler.**

Von Dr. HERMANN FISCHER.

Auf Grund des im vorstehenden Entwickelten erscheint es zweckmäßig, die Zahl der Lichtquellen möglichst gering zu machen.

Unter der Annahme, dass die Helligkeit der Lichtstrahlen, welche innerhalb eines Kegels, dessen Spitzenwinkel  $2\alpha$  misst, im wesentlichen sich gleich, kann man die Beleuchtung einer ebenen Fläche wie folgt berechnen. Es sei  $F$  (Fig. 14) die leuchtende Flamme, deren Lichtstärke  $L$  Meterkerzen (MK) beträgt, d. h. in 1 m Entfernung ebenso beleuchtet, wie  $L$  Vereinskerzen tun würden<sup>76)</sup>;  $h$  bezeichne die Entfernung der Flamme  $F$  von der zu beleuchtenden Fläche,  $r$  den Abstand eines Punktes  $A$  der Fläche vom Fußpunkte  $M$  der Lotrechten  $FM$  (in Met.) und  $\alpha$  die Neigung des zugehörigen Lichtstrahles gegenüber der genannten lotrechten Linie.

Fig. 14.



Alsdann ist die Helligkeit  $H$  des Punktes  $A$ , da diese im umgekehrten Verhältnis zum Quadrat der Lichtstrahlänge und im geraden Verhältnis zum Sinus des Auffallwinkels  $FAM$  steht,

$$\frac{H}{L} = \frac{1^2}{\left(\frac{r}{\sin \alpha}\right)^2} \sin \angle FAM$$

oder

$$H = \frac{L}{r^2} \cos \alpha \sin^2 \alpha \dots \dots \dots 1.$$

74) Siehe: Archiv f. Hygiene, Bd. 24, S. 297.

75) Siehe ebendaf. 1898 — und: FISCHER'S Jahresbericht etc. 1898, S. 99.

76) Siehe Art. 12, S. 12.

47.  
Zahl und  
Höhenlage  
der  
Lichtquellen.

Aus dieser Gleichung läßt sich zunächst die zweckmäßigste Höhe  $h$  der Flamme über einer zu beleuchtenden Fläche vom Halbmesser  $R$  berechnen. Die Fläche wird umso besser beleuchtet werden, je heller der Rand, als ihr am schlechtesten beleuchteter Teil, wird, also die günstigste Höhe  $h$  diejenige sein, bei welcher  $H_R$  den größten Wert annimmt.

Setzt man  $H = \frac{L}{r^2} \cos \alpha \sin^2 \alpha = f(\alpha)$ , so wird

$$f'(\alpha) = \frac{L}{r^2} [\sin^2 \alpha (-\cos \alpha) + \cos \alpha \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cos \alpha] = \frac{L}{r^2} (2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \sin \alpha.$$

$H$  erreicht den größten Wert für  $f'(\alpha) = 0$ , d. h.

$$\frac{L}{r^2} (2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \sin \alpha = 0,$$

folglich  $2 \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha = 0$  oder  $2 \cos^2 \alpha - (1 - \cos^2 \alpha) = 0$ ,

daher  $3 \cos^2 \alpha = 1$ ,

$$\cos^2 \alpha = \frac{1}{3} \text{ und } \cos \alpha = 0,577, \text{ woraus } \alpha = 54^\circ 45'.$$

Hieraus gewinnt man in leicht zu erkennender Weise die zweckmäßigste Höhe  $h$  zu

$$h = 0,707 R, \dots \dots \dots 2,$$

wofür abgerundet gesetzt werden soll:

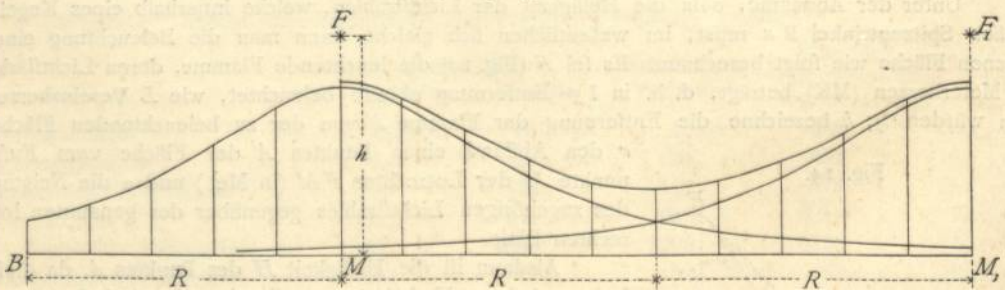
$$h = 0,7 R \dots \dots \dots 3.$$

$$\alpha = 55^\circ \dots \dots \dots 4.$$

Mit Hilfe der Gleichung 1 lassen sich ferner die Belichtungen der einzelnen Flächenpunkte berechnen; Fig. 15 bietet zwischen den Lotrechten  $M$  und  $B$  eine Schaulinie, deren Ordinaten der Helligkeit entsprechen, welche der in  $h = 0,7 R$  angebrachte lichtpendende Punkt  $F$  hervorbringt.

Diese für die Nutzbarmachung des Lichtes günstigste Höhenlage der Lampe liefert eine wenig gleichförmige Beleuchtung. Beispielsweise ist die Mitte  $M$  (Fig. 15) 5,3mal so hell als diejenige der in der Entfernung  $R$  von  $M$  gelegenen Punkte. Mit der Vergrößerung der Höhe  $h$ , bezw. Verringerung des größten Wertes von  $\alpha$ , nimmt die Gleichförmigkeit zu, gleichzeitig aber auch die Lichtausnutzung erheblich ab. Trotz letzteren Umstandes zieht man die größere Höhe der Lichtquelle, behufs Steigerung der Gleichförmigkeit in der Beleuchtung, vielfach vor.

Fig. 15.



Würde über einen zweiten Punkt  $M_1$  (Fig. 15) derselben Ebene in der Entfernung  $2R$  eine gleich starke Lichtquelle  $F_1$  in gleicher Höhe angebracht, so würde diese zunächst den um  $M_1$  gelegenen Flächenteil ebenso beleuchten, wie links von  $FM$  gezeichnet ist. Zu gleicher Zeit würde aber diese Fläche auch von  $F$  beleuchtet, ebenso wie die zu  $F$  gehörige Fläche von  $F_1$  eine zusätzliche Beleuchtung erfahren würde. Zur Gewinnung des wirklichen Wertes der Gesamtbeleuchtung jedes Punktes sind die beiden Quellen entspringenden Beleuchtungswerte zusammenzuzählen. Man erzielt hierdurch die zwischen  $FM$  und  $F_1 M_1$  befindliche obere Schaulinie. Der Ver-

gleich letzterer mit der links von *FM* befindlichen Schaulinie ergibt eine nennenswert gleichförmigere Beleuchtung bei Paarung zweier Flammen, als wenn nur eine Flamme das Licht liefert. Man wird daher, zu Gunsten grösserer Gleichartigkeit der Beleuchtung, auch in dieser Richtung vielfach der unvollkommeneren Ausnutzung des Leuchtgases durch mehrere kleinere, statt durch eine grössere Flamme den Vorzug geben.

Zur Bestimmung der erforderlichen Lichtmengen wird in neuerer Zeit, ähnlich wie bei der Erhellung mittels Sonnenlicht (siehe Art. 12, S. 12), auch bei der künstlichen Beleuchtung der Erhellungsgrad der beleuchteten Flächen in fog. Meter-Normkerzen (MK) ausgedrückt. Die von *Cohn* für Tagesbeleuchtung aufgestellte Forderung (siehe Art. 15, S. 16), dass für das Lesen und für Tätigkeiten, welche ähnlich angestregtes Sehen bedingen, 50 MK wünschenswert, mindestens aber 10 MK unbedingt notwendig sein, wird, obwohl diese Forderung eine sehr hohe ist, auch auf die künstliche Erhellung zu übertragen sein. Indessen sind die Ansprüche an die künstliche Beleuchtung ungemein rasch gewachsen; es ist fraglich, ob zum Vorteile der Augen. Es ist nämlich nicht zu übersehen, dass jede künstliche Beleuchtung ungleichmässige Helligkeit liefert (siehe Art. 47, S. 46), dass das Auge der Lichtquelle näher liegt als viele der beleuchteten Flächen, und deshalb, wenn es auf jene gerichtet wird, unter der Ueberflut des Lichtes leidet.

Für Hörfäle verwendet man — nach zahlreichen von mir in deutschen und österreichischen Hochschulen gemachten Beobachtungen — durchschnittlich für jeden Hörer die Lichtstärke von  $1\frac{1}{2}$  bis 3 Kerzen.

Handelt es sich nicht um die Beleuchtung bestimmter Arbeitsplätze, so können folgende Angaben als Anhalt dienen.

Nennt man *Z* die Zahl der erforderlichen Kerzenlichtstärken, *C* den Inhalt des zu beleuchtenden Raumes (in Kub.-Met.), so kann man für mittlere Ansprüche und Verhältnisse setzen:

$$Z = \frac{C}{(1,3 \text{ bis } 2,5) + 0,0005 C} \quad \dots \dots \dots 5.$$

wobei eine zweckmässige Verteilung der Flammen und eine angenäherte Höhenlage *h* über dem Fussboden angenommen ist nach der Formel:

$$h = (1,3 \text{ bis } 1,6 \text{ Met.}) + 0,25 H \text{ Meter} \quad \dots \dots \dots 6.$$

in welcher Formel *H* die lichte Höhe des Raumes (in Met.) bezeichnet.

Bei Benutzung der Gleichung 5 ist zu beachten, dass die Helligkeit eines Zimmers in hohem Grade abhängt von der Farbe, wie der Gestalt der Einschliessungsflächen. Dunkle, matte Farben und stark vorspringende Verzierungen erfordern viel Licht; helle, glänzende Farben und glatte Flächen erscheinen bei viel weniger Licht reichlicher beleuchtet. Verlangt man eine »glänzende« Beleuchtung, so muss man das aus Gleichung 5 gewonnene *Z* entsprechend vergrössern.

Die erforderliche Weite und die Lage der Gasleitung lässt sich nach der Grösse, Zahl und Lage der Lichtquellen bestimmen. Was zunächst die Lage betrifft, so ist zweifellos, dass das Zuleitungs-Rohrwerk vom Brenner ab zunächst an eine der Einschliessungsflächen des Raumes, hiernach aber den Wänden, Decken u. f. w. entlang geführt wird. Den erstgenannten Teil des Rohrwerkes werde ich später noch besprechen; in Bezug auf den letzteren, ausgedehnteren Teil ist zunächst die gegenseitige Lage der zu beleuchtenden Räume, sowie deren Benutzungsart in das Auge zu fassen.

48.  
Erforderliche  
Lichtmenge.

49.  
Lage  
der  
Leitungen.

50.  
Anordnung  
des  
Rohrnetzes.

Von einem Punkte, und zwar von der Gasuhr (siehe Art. 51) aus, ist eine Zahl von Räumen mit der geforderten Gasmenge zu versorgen. Liegen diese Räume in einer Reihe nebeneinander, so wird man ein Rohr ihnen entlang führen und für jeden Raum ein oder mehrere Zweigrohre anschließen. Sind dagegen die Räume in mehreren Reihen neben- oder übereinander angeordnet, so ist es zweifelhaft, ob jene erste grätenartige Anordnung gewählt werden soll, oder ob eine Ringanordnung der Hauptrohre vorzuziehen ist. Fig. 16 ist eine schematische Darstellung der Rohrlage nach den beiden genannten Arten. Die dünnen ausgezogenen Linien sollen die Gräten-, die gestrichelten Linien die Ringanordnung vorstellen. Man erfieht aus der Abbildung, daß in Bezug auf den Preis der Anlage in vielen Fällen beide einander gleich sein werden. Ist der Preis nicht ausschlaggebend, so ist die Benutzungsart der Räume zu berücksichtigen. In dem Falle, daß sämtliche Räume immer gleichzeitig beleuchtet werden, sind beide Anordnungen ebenfalls gleichwertig; findet dagegen eine wechselnde Benutzung der Beleuchtung statt, wird gewöhnlich die eine Gruppe der Räume benutzt, während die anderen unbeleuchtet bleiben, so gewährt die Ringanordnung den nicht unbedeutenden Vorzug, einigen Räumen, die etwa sehr reichlich beleuchtet werden sollen, das Gas von zwei Seiten zuzuführen. Da die Zuleitung von zwei Seiten ermöglicht ist, so gestattet die Ringanordnung auch, einzelne Gebäudeteile, vielleicht behufs einer Ausbesserung, von der Gaszuleitung überhaupt auszuschließen, ohne die übrigen im Gasbezug zu beschränken. Mehr noch als in Fig. 16 treten diese Vorteile in Fig. 17 hervor, welche die Hauptleitung

Fig. 16.

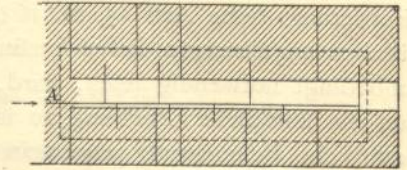
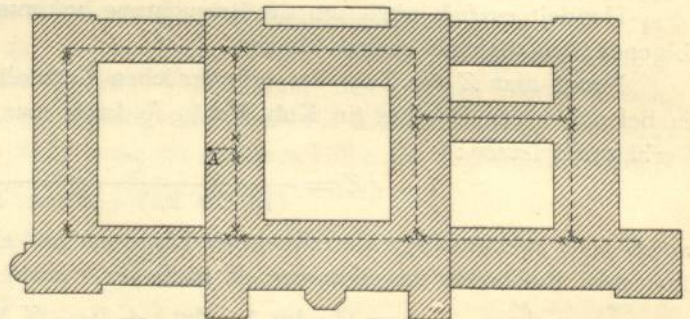


Fig. 17.



Hauptgasleitung im Gebäude der Technischen Hochschule zu Hannover.

$\frac{1}{2000}$  w. Gr.

der Technischen Hochschule in Hannover darstellt. Die liegenden Kreuze innerhalb der Leitung bezeichnen Absperrschieber, bezw. -Hähne, unter deren Benutzung das bei A eintretende Gas in verschiedenartiger Weise geleitet werden kann.

51.  
Gasuhren.

Bei Eintritt des Gases in das zu erleuchtende Gebäude muß es zunächst die fog. Gasuhr durchströmen, welche feine Menge mißt, behufs Berechnung des zu zahlenden Preises. Diese Gasuhren sind, genau genommen, keine gerechten Messer des Gases, da sein Preis eigentlich auf Grund des Gewichtes und der Güte festgestellt werden sollte. Wenn auch in Bezug auf letztere von Zeit zu Zeit amtliche Beobachtungen gemacht werden, so genügen diese doch nicht, den Käufer des Gases vor Schaden zu schützen.

Ein genaueres als das gebräuchliche Messverfahren, welches gleichzeitig praktisch durchführbar ist, gibt es aber zur Zeit nicht; man muß daher bestrebt sein,

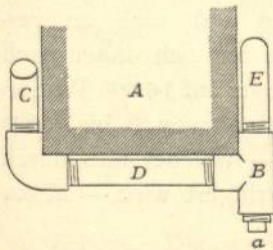
die wesentlichsten Mängel des Raummessens zu mildern. (Vergl. auch das in Kap. 9, unter e, 3 über Gasuhren Gefagte.)

Infolge von Temperaturschwankungen nimmt eine und dieselbe Gasmenge verschiedene Räume ein, sowohl infolge der unmittelbaren Ausdehnungen, bzw. Zusammenziehungen, als auch namentlich durch Aenderung des Vermögens, Wasser zu verdunsten. Durch Abkühlung des Gases wird es gezwungen, den aufgenommenen Wasserdampf zum Teil als Wasser abzugeben; nach Erwärmung des Gases fucht es mit Begier Wasser zu verdunsten und in sich aufzunehmen. Deshalb gilt als erste Regel: die Gasuhr soll an einem möglichst kühlen Orte und so aufgestellt werden, daß das Gas auf seinem Wege von der Straßenleitung zur Gasuhr keine Gelegenheit findet, sich zu erwärmen. Selbstverständlich muß der betreffende Raum frostoffrei sein, da infolge des Gefrierens des etwa mitgerissenen Wassers empfindliche Störungen eintreten. Sonach ist der geeignetste Ort für die Gasuhr im Kellergefchoß zu suchen. Bei den mit Recht beliebten fog. nassen Gasuhren ist die Möglichkeit des Verdampfens von Wasser am größten; man hat die Wasserfüllung der Uhren durch andere Flüssigkeiten, und zwar solche, die nicht trocknen, z. B. Glyzerin, Chlorcalciumlösung u. f. w., zu ersetzen gefucht, jedoch bisher ohne den genügenden Erfolg.

Eine gewisse Wasserdampfmenge führt das Leuchtgas fast immer mit sich. Wird es daher durch Räume geführt, welche kälter sind als der Gasuhrraum, so ist es wahrscheinlich, daß ein Teil des Wasserdampfes verdichtet wird. Man heizt

52.  
Ableitung  
des  
Wassers.

Fig. 18.



nicht stets sämtliche Räume; deshalb ist für eine zweckmäßige Ableitung des Wassers Sorge zu tragen. Bei kürzeren Leitungen erreicht man diese in der Regel durch eine von der Gasuhr fortlaufend steigende Lage der Rohre, so daß das gebildete Wasser zur Gasuhr zurückfließt. Nicht selten ist eine solche allmählich steigende Lage nicht überall durchzuführen, z. B. wenn den Rohren ein Träger A (Fig. 18) den Weg versperrt. Man schaltet alsdann in den Rohrstrang CDE bei B statt eines Bogens oder Winkels ein T-Stück ein und benutzt dessen Ende, welches

mittels des Pflockes a verstopft ist, zum Ablassen des Wassers, welches sich etwa ansammelt. In ausgedehnteren Leitungen müssen gewöhnlich besondere Wasserfänger (Wassertöpfe oder Siphons) angeordnet werden, welche mit einem Ausflusshahn versehen oder ausgepumpt werden.

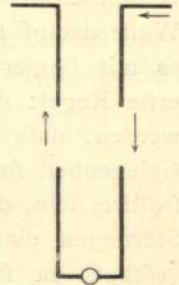
Der an der inneren Fläche der Rohre sich bildende Rost löst sich zuweilen von diesen ab und rutscht in stark steigenden Leitungen nach unten, wofelbst eine teilweise Verstopfung der Leitung hervorgerufen werden kann. Behufs Beseitigung des Rostes schaltet man am unteren Ende der stark steigenden Rohre in ähnlicher Art ein T-Stück ein, wie in Fig. 18 angegeben ist.

Zwischen der Straßenleitung und der Gasuhr sollte immer ein Hahn oder für größere Rohrweiten ein Schieber eingeschaltet werden, um sowohl bei Ausbesserungen der Gasanlage, als auch namentlich bei Unfällen das Gas völlig abschließen zu können. Nicht selten empfiehlt es sich, in Rücksicht auf Unfälle irgendwelcher Art, den genannten Haupthahn außerhalb des Gebäudes zugänglich zu machen. Außer dem ersten Haupthahn sollten in umfangreicheren Leitungen an geeigneten Stellen noch fernere Haupthähne zweiter Ordnung zum Ausschluß einzelner Gebäudeteile

53.  
Haupthähne.

oder auch einzelner Räume angebracht werden. Diese Abflüsse haben insbesondere auch den Zweck, die unvermeidlichen Undichtheiten der Rohrleitungen und Brennerhähne dadurch weniger schädlich zu machen, daß man das ganze Rohrnetz oder Teile davon vom Gaszufluß absperrt, solange das Gas nicht benutzt wird. Liegen die abzusperrenden Rohre so hoch, daß die Bedienung der Abflusvorrichtung unbequem wird, so schaltet man in den Rohrstrang wohl eine nach unten hängende Schleife (Fig. 19), deren untere Biegung den Hahn oder das Ventil aufnimmt.

Fig. 19.



Die Leitungsrohre sollen nach Möglichkeit zugänglich bleiben. Sie sollen daher in den Zimmern auf, nicht unter den Verkleidungen, auf dem Putz der Wände und der Decken liegen. Die Gasleitung ist in denjenigen Gebäuden, in welchen sie angebracht wird, ein vollberechtigter Gebäudeteil; sie verdient daher künstlerisch ausgebildet, nicht aber versteckt zu werden. Zum Unterbringen der dickeren Hauptleitungsrohre, welche schwer in den Schmuck der Wände und Decken einzufachließen sind, benutzt man die Kellerräume oder den Dachboden. Soweit die Rohre nicht frei gelegt werden können, sollen sie mindestens frei von Verbindungsstellen sein.

54.  
Weite  
der  
Rohre.

Die erforderliche Weite der Rohre ist nach den gegebenen Drücken an der Gasuhr und an den Brennern, nach den Widerständen der Bewegung in der Leitung und nach der Höhenlage des in Frage kommenden Brenners gegenüber der Gasuhr zu berechnen.

Der Druck an der Gasuhr ist in verschiedenen Städten und auch an verschiedenen Orten innerhalb derselben Stadt verschieden. Man hat sich daher nach den örtlichen Verhältnissen zu erkundigen. In der Regel kann man auf 16 mm Wasserfäule vor der Gasuhr rechnen. Die Gasuhr leistet einen Widerstand von 3 bis 4 mm Wasserfäule; der am Hahn des Brenners notwendige Druck — welcher also durch den Hahn und die Leitung von diesem zum Brenner noch verringert wird — ist zu etwa 8 mm Wasserfäule anzunehmen.

Die Höhenlage des Brenners macht sich in folgender Weise bemerklich. Das Einheitsgewicht des Leuchtgases schwankt nach seiner Zusammensetzung; im Mittel kann man es zum 0,42fachen desjenigen der atmosphärischen Luft annehmen. Es wiegt 1 cbm Luft bei 10 Grad Temperatur 1,2 kg, 1 cbm Gas unter der obigen Annahme  $1,2 \cdot 0,42 = 0,5$  kg. Folglich bringt jedes steigende Meter einer Gasleitung eine Vermehrung des Drucküberschusses des Gases gegenüber der Luft von  $1,2 - 0,5 = 0,7$  kg hervor; wiegt dagegen 1 cbm Gas 0,7 kg, so verringert sich die Druck-erhöhung für das steigende Meter auf  $1,2 - 0,7 = 0,5$  kg für 1 qm Grundfläche. Eine Wasserfläche von 1 qm Größe und 1 mm Dicke wiegt 1 kg; folglich entspricht die genannte Ueberdruckzunahme einer Wasserfäule von 0,7 mm, bzw. 0,5 mm. Wenn kein Gas verbraucht wird, also keine Reibungswiderstände sich geltend machen können, so ist hiernach der Ueberdruck in einem Leitungsstück, welches 10 m höher liegt als ein anderes, um 7 mm, oder 5 mm Wasserfäule größer als in letzterem. Dies ist die Ursache, warum man im allgemeinen vorzieht — was in den meisten Fällen örtliche Verhältnisse allein schon empfehlenswert erscheinen lassen — das Gas von unten nach oben zu führen, da die entstehenden Reibungsverluste durch die angegebene Ueberdruckzunahme eine Ausgleichung finden.

Nennt man die Länge eines geraden Rohres  $l$ , seinen Durchmesser  $d$ , die fekundliche Gefchwindigkeit des Gafes  $v$  (alles in Met.), ferner  $g$  die bekannte Zahl 9,81,  $\gamma$  das Gewicht von 1 cbm Gas, fo ift, wie in den Kapiteln über »Heizung und Lüftung« näher erörtert werden wird, die durch Reibung entftehende Widerftandshöhe  $z$  (in Millim. Wafferfäule):

55.  
Widerftands-  
höhen.

$$z = \gamma \left( \frac{1}{v} + 20 \right) (0,0003 \text{ bis } 0,0001) \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 7.$$

Die Gefchwindigkeit  $v$  des Gafes wird fehr felten geringer als 0,5 m oder gröfser als 3,0 m angenommen; man kann daher das Glied  $\frac{1}{v}$  des erften eingeklammerten Wertes vernachläffigen. Der Zuftand der Rohroberfläche ift im allgemeinen ein guter, weshalb für den Wert der zweiten Klammer 0,0004 genommen werden darf. Das Gewicht  $\gamma$  von 1 cbm Gas darf durchfchnittlich zu 0,5 kg angenommen werden.

Nach Einführung diefer Durchfchnittswerte und Erfatz des Ausdruckes  $v$  durch  $Q$ , welches die ftündlich geförderte Gasmenge (in Kub.-Met.) bezeichnet, endlich nach Erfatz der Gröfse  $d$  (in Met.) durch  $d_1$  (in Centim.) erhält man für die Widerftandshöhe folgende einfache Formel:

$$z_1 = l \frac{Q^2}{d_1^5} \dots \dots \dots 8.$$

Die Widerftandshöhe  $z_2$ , die aus einer Querschnittsveränderung der Leitung hervorgeht, ift fchwer in bequemer Weife auszudrücken. Bei guten Leitungen find die Querschnittsveränderungen gewöhnlich nicht erheblich, weshalb diefe Widerftandshöhe vernachläffigt werden mag. Der Widerftand in einem Knie ift

$$z_3 = \gamma \frac{v^2}{2g} = 0,4 \frac{Q^2}{d_1^4} \dots \dots \dots 9.$$

und derjenige eines Bogens durchfchnittlich

$$z_4 = 0,3 \gamma \frac{v^2}{2g} = 0,12 \frac{Q^2}{d_1^4} \dots \dots \dots 10.$$

zu fetzen. Die umftehende Tabelle enthält eine Zahl von mit den Formeln 8, 9 u. 10 gewonnenen Werten. Die Benutzungsart diefer Tabelle dürfte ohne weiteres verftändlich fein.

Beifpiel. Eine Gasleitung, welche im ganzen ftündlich ( $Q =$ ) 20 cbm Gas verbraucht, fei im Grundriß nach der unteren Hälfte von Fig. 20 verzweigt; es mögen einige Teile der Leitung berechnet werden. Der Brenner  $A$ , vor deffen Hahn 6 mm Ueberdruck herrfchen foll, liege 3 m höher als die Gasuhr  $U$  (Fig. 20, Aufrifs), und die Leitung liege um noch 2 m höher. Der Druck hinter der Gasuhr  $U$  fei 12 mm.

56.  
Beifpiel.

Alsdann ift der zuläffige Druckverluft:  $12 - 6 + 3 \cdot 0,5 = 7,5$  mm; dem gegenüber die gefamte Leitungslänge von der Uhr  $U$  zum Brenner  $A$ :  $3 + 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 9 + 2 = 39$  m. Es ift daher zuläffig, für jedes Meter der Leitung

$$7,5 : 39 = \infty 0,2 \text{ mm}$$

an Druck zu verlieren.

Da nun nach Gleichung 8

$$z = l \frac{Q^2}{d_1^5} \text{ oder } d_1 = \sqrt[5]{\frac{l Q^2}{z}}$$

ift, fo gewinnt man für die Rohrweite zwischen Gasuhr und erftem Zweigrohr, weil  $Q = 20$ ,  $l = 1$  und  $z = 0,2$ ,

$$d_1 = \sqrt[5]{\frac{1 \cdot 20^2}{0,2}} = 4,6 \text{ Centim.}$$



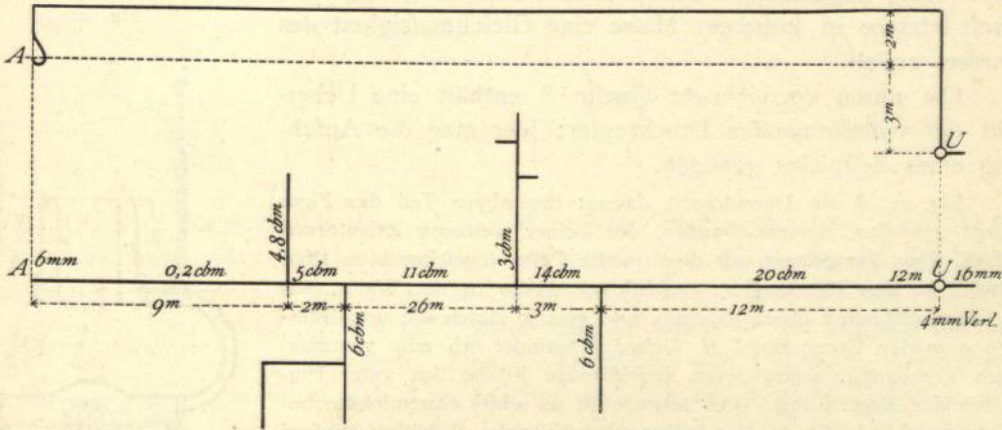
Stündliche Gas- förderung $Q$	Widerstandshöhen																										
	$\varepsilon_1$ für 1 m gerader Leitung bei einer Rohrweite $d_1 =$									$\varepsilon_3$ für ein Knie bei einer Rohrweite $d_1 =$									$\varepsilon_4$ für einen Bogen bei einer Rohr- weite $d_1 =$								
	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,25	3,2	3,8	5,1 cm	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,25	3,2	3,8	5,1 cm	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,25	3,2	3,8	5,1 cm
0,1	0,13	0,01							0,031	0,005									0,009	0,002							
0,2	0,51	0,05	0,016						0,125	0,020	0,007								0,037	0,006	0,002						
0,3	1,15	0,12	0,029	0,008					0,28	0,045	0,015	0,005							0,048	0,013	0,005	0,002					
0,5		0,32	0,082	0,024	0,010				0,125	0,041	0,015	0,008							0,037	0,012	0,005	0,002					
0,7		0,53	0,16	0,047	0,019	0,005			0,25	0,08	0,03	0,015	0,007						0,075	0,024	0,009	0,005	0,002				
1,0			0,41	0,095	0,040	0,009				0,16	0,08	0,03	0,016							0,05	0,018	0,009	0,005				
1,5			0,72	0,21	0,09	0,021	0,007			0,37	0,14	0,07	0,035	0,009						0,11	0,04	0,02	0,011	0,003			
2,0				0,38	0,16	0,037	0,012	0,005				0,24	0,12	0,062	0,015	0,008					0,07	0,04	0,019	0,005	0,002		
3,0				0,86	0,36	0,083	0,027	0,011				0,54	0,27	0,14	0,033	0,017					0,16	0,08	0,04	0,010	0,005		
4,0					0,64	0,15	0,048	0,020					0,48	0,25	0,06	0,030						0,14	0,08	0,018	0,009		
5,0						0,23	0,075	0,031	0,007						0,41	0,10	0,048	0,015						0,12	0,03	0,014	0,005
6,0						0,33	0,11	0,045	0,011						0,56	0,14	0,068	0,021						0,17	0,04	0,020	0,006
7,0						0,45	0,15	0,061	0,014						0,76	0,18	0,09	0,029						0,23	0,05	0,027	0,009
8,0							0,19	0,080	0,019								0,24	0,12	0,038						0,07	0,036	0,011
9,0							0,24	0,102	0,024								0,31	0,15	0,048						0,09	0,045	0,014
10,0								0,30	0,13	0,029							0,38	0,19	0,059						0,11	0,057	0,018
12,0								0,43	0,18	0,042								0,55	0,27	0,085					0,16	0,08	0,025
15,0								0,67	0,31	0,065								0,85	0,42	0,13					0,25	0,13	0,039
20,0									0,50	0,116									0,76	0,24						0,23	0,072

Kub.-Met.

Millimeter Wasserfüße

Diese Rohrweite kommt im Handel nicht vor, weshalb die nächst größere  $d_1 = 5,1$  Centim., welche nur  $z_1 = 0,116$  mm Druckverlust für 1 m, oder die nächst kleinere,  $d_1 = 3,8$  cm, welche  $0,5$  mm Druckverlust für 1 m Leitungslänge verursacht, zu wählen ist. Im ersteren Falle würde ein größerer Druckverlust, im letzteren ein kleinerer als der mittlere von  $0,2$  mm für den Rest der Leitung verfügbar bleiben.

Fig. 20.



Es sei  $5,1$  cm Rohrweite gewählt. Hinter dem ersten Zweigrohr sind noch  $20 - 6 = 14$  cbm zu fördern, welche in einem  $3,8$  cm weiten Rohr für 1 m Länge

$$z_2 = \frac{1 \cdot 14^2}{3,8^5} = 0,247 \text{ mm}$$

Widerstand verursacht; im folgenden Abschnitt, welcher  $14 - 3 = 11$  cbm Gas zu leiten hat, erzeugt das  $3,8$  cm weite Rohr

$$z_2 = \frac{1 \cdot 11^2}{3,8^5} = 0,153 \text{ mm}$$

Widerstand. Nunmehr mindert sich die Gasmenge auf  $11 - 6 = 5$  cbm, welche das  $2,55$  cm weite Rohr mit

$$z_3 = 0,23 \text{ mm}$$

Widerstand fördert. Bis hierher sind von den verfügbaren  $7,5$  mm verbraucht:

$$(5 + 12) 0,116 + 3 \cdot 0,247 + 11 \cdot 0,153 + 2 \cdot 0,23 = 4,856 \text{ mm},$$

so dass für den Rest  $(9 + 2)$  noch  $7,5 - 4,856 = 2,64$  mm verwendet werden können. Man muss jedoch, wie aus der Tabelle hervorgeht, das  $0,55$  cm weite Rohr wählen, welches nun  $(9 + 2) 0,05 = 0,55$  mm Widerstand leistet.

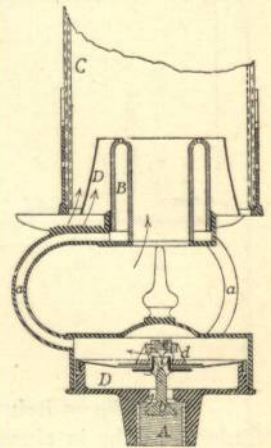
Trotz sorgfältigster Bestimmung der Rohrweiten und Anordnung der Rohrfränge ist man nicht im Stande, auch nur annähernd gleiche Drücke in den Brennern zu erhalten, was eine gute Ausnutzung des Gases, wie oben näher erörtert, voraussetzt. Aber selbst, wenn es gelungen wäre, diese gleichmäßige Druckverteilung für einen Zustand zu gewinnen, so würde diese für alle übrigen Benutzungsarten der Anlage nicht eintreten können, indem durch Ausschließen eines Raumes von der Beleuchtung, oft durch Absperrungen einiger Brenner, die Bewegungshindernisse des Gases vermindert werden, also der Gasdruck eine Erhöhung erfährt. In weit höherem Maße als durch die Wechsel, die in der Benutzung der Brenner eines Hauses stattfinden, wird der Gasdruck beeinflusst durch den wechselnden Gasverbrauch einer Strafe oder eines Stadtviertels. Man ist daher gezwungen, die Leitung so einzurichten, dass mindestens der erforderliche, sonst ein höherer Druck vor jedem Brenner vorhanden ist. Die Hähne, mit welchen der Gaszufluss

sonst abgESPerrt wird, dienen alsdann gleichzeitig zur Droffelung oder entsprechenden Verminderung des Druckes.

Da die Bedienung der Hähne einige Sorgfalt und viel Zeit beansprucht, so hat man durch Einschalten fog. Druckregler in das Rohrnetz die Druckschwankungen in engere Grenzen geschlossen oder aber unter jeden Brenner einen solchen Druckregler angebracht. Durch erstere wird in geringerem, durch letztere in höherem Maße eine Gleichmäßigkeit des Druckes erzielt.

Die unten verzeichnete Quelle <sup>77)</sup> enthält eine Uebersicht der vorkommenden Druckregler; hier mag die Anführung eines Beispiels genügen.

Fig. 21 ist ein Durchschnitt davon; der obere Teil der Figur besteht aus dem *Argand*-Brenner, der keiner weiteren Erläuterung bedarf. Das Gas gelangt aus dem in die Tülle *A* gefschraubten Rohr zunächst in den Druckregler, durchströmt diesen in der Weise, wie die eingezeichneten Pfeile angeben, und gelangt durch die drei Röhren *a* in den Brennerkopf *B*. Ueber *A* befindet sich eine ventilartige Verengung, gegen deren kegelförmige Fläche sich unter Umfländen der Kegel *b* legt. Der letztere ist an einer Gummiplatte befestigt, welche die Decke der kreisrunden Kammer *D* bildet. Sofern nun der Gasdruck in *D* ein gewisses Maß überschreitet, wird die Gummiplatte und mit ihr der Kegel *b* gehoben, somit die ringförmige Gaszuführungsöffnung verengt und der Druck in *D* vermindert. In *D* muß ein höherer Druck herrschen als in *B*, weil die Bewegungshindernisse von *D* nach *B* überwunden werden müssen. Die Anfertigung des Ganzen kann nicht so sorgfältig fein, daß die Widerstände immer dieselben sind; deshalb hat man in den kronenförmigen Körper *d* eine Schraube mit Spitze gefetzt, durch welche die Ausströmungsöffnung im Hals *i* nach Bedarf verengt werden kann.



*Argand*-Brenner  
mit Druckregler.

$\frac{1}{2}$  w. Gr.

58.  
Schmiedeeiserne  
Leitungen.

Die Hausleitungen werden meistens aus schmiedeeisernen Rohren und zugehörigen Verbindungsstücken hergestellt und mittels Rohrhaken (Fig. 22) an den Wänden oder Decken befestigt.

Die im Handel vorkommenden schmiedeeisernen Rohre haben die im I. Teile des vorliegenden Handbuches (Band 1: Die Technik der wichtigeren Baustoffe, Abfchn. 1, Kap. 6: Eisen und Stahl, unter c, 7) angegebenen Abmessungen.

Die einzelnen Rohrstücke, welche in Längen von 2,50 bis 3,60 m geliefert werden, verlängert man mittels Muffen (Fig. 23), in welche die mit Gewinden versehenen Rohrenden je bis zur Mitte — unter Anwendung von Mennigekitt und Hanf — eingeschraubt werden. Ist man nicht im stande, zu diesem Zweck eines der Rohre zu drehen, so muß man ein fog. Langgewinde anwenden. Das Ende des einen Rohres ist alsdann mit einem so langen Gewinde versehen, daß die Muffe auf ihr vollständig Platz hat. Nachdem das Rohr dem anderen gegenüber in die richtige Lage gebracht ist, dreht man die Muffe so lange, bis sie den Rohrstoß richtig deckt.

Fig. 22.

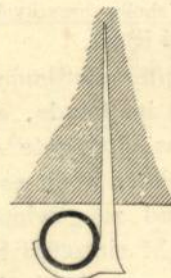


Fig. 23.

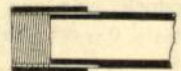
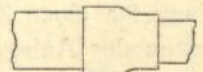


Fig. 24.



<sup>77)</sup> Zeitfchr. d. Ver. deutscher Ing. 1883, S. 241, 315.

Verjüngungen des Rohrstranges erzielt man mittels der Verjüngungsmuffe (Fig. 24), Biegungen durch Biegen des Rohres, meistens aber mit Hilfe von Bogen- (Fig. 25) oder Kniestücken (Fig. 26). Zweigrohre werden mit Hilfe der T-Stücke

Fig. 25.

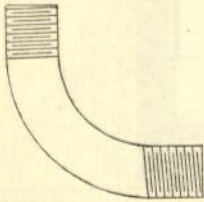


Fig. 26.

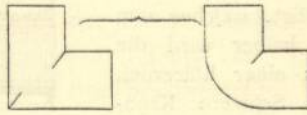


Fig. 27.

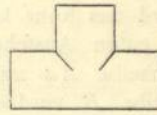
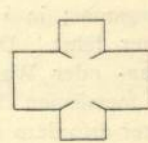


Fig. 28.



(Fig. 27) oder Kreuzstücke (Fig. 28) angegeschlossen. Beide sind mit innerem Gewinde versehen und verbinden demnach mit ihrem eigentlichen Zweck denjenigen der Muffen. Indem man den einzelnen Zweigen der Kreuz- und T-Stücke verschiedene Weiten gibt, kann man sie auch zur Verjüngung der Leitung benutzen. Den Endabschluss der Leitungen bringt man hervor durch Kappen (Fig. 29), die mit innerem Gewinde, oder durch Stöpfel oder Pföcke (Fig. 30), welche mit äußerem Gewinde versehen sind.

Fig. 29.

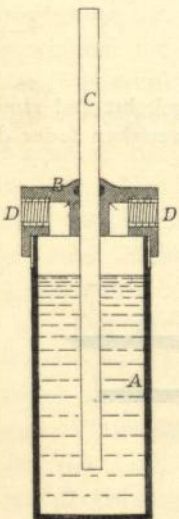


Fig. 30.



Die größte Sorgfalt beim Legen der Rohre bietet allein keine sichere Bürgschaft für die genügende Dichtheit der Leitung; es bedarf hierzu vielmehr einer regelmäßigen Prüfung. Die Gasarbeiter begnügen sich oft, nach der Herstellung einer Verbindung die Luft aus dem andererseits abgesperrten Rohrstrang zu saugen und dann die Zunge vor das freie Ende des Rohres zu legen. Ist nach einiger Zeit das Abheben der Zunge noch erschwert, so erklären sie den betreffenden Teil der Leitung für dicht. Dieses Verfahrens ist indessen nicht genügend; man sollte vielmehr immer mit dem Manometer arbeiten. Eine zweckmäßige Form eines solchen läßt Fig. 31 erkennen.

Fig. 31.



Wassermanometer.

$\frac{1}{4}$  w. Gr.

Ein schmiedeeisernes Rohr *A* ist an einem Ende zugeschweißt und oben mit einer Kappe *B* luftdicht verschlossen. In *B* sind drei Bohrungen angebracht, nämlich eine in der Mitte, in welche ein Glasrohr *C* eingedichtet ist, und zwei seitwärts liegende *D, D*. Eine der letzteren ist mit dem Anfang der Leitung verbunden, während die andere eine Art Mundstück enthält. In *A* ist Wasser gegossen. Nachdem ein Teil der Leitung gelegt ist, schließt man ihr Ende und bläst kräftig in das Mundstück *D*, so daß das Wasser entsprechend hoch in *C* aufsteigt. Nunmehr schließt man das Mundstück mit dem Daumen oder auch mittels eines eingeschalteten Hahnes und beobachtet den Wasserpiegel; sinkt dieser nicht, so ist die Leitung dicht; sinkt er sich aber mit einiger Geschwindigkeit, so muß die undichte Stelle aufgesucht werden. Dies geschieht, indem man die verdächtigen Stellen mit Seifenwasser befreit; die austretende Luft bildet Blasen, welche den Ort der Undichtheit leicht erkennen lassen. Wiederholt man den Versuch nach Fertigstellung je einer ferneren Strecke, so hat man die etwaigen Fehler immer nur innerhalb eines kleineren Raumes zu suchen und kann, wenn die Leitung verdeckt werden soll, die Putzarbeit dem Rohrlegen unmittelbar folgen lassen.

Die nach den Brennern führenden Rohre werden an den Leitungen entweder mit Hilfe der Knie- oder T-Stücke befestigt, in welchem Falle in ihrer unmittel-

59.  
Prüfung  
der  
Leitungen.

60.  
Decken- und  
Wandföcken.

barer Nähe ein Rohrhaken eingeschlagen ist, oder es wird eine Wand- oder Deckenscheibe (Fig. 32) eingeschaltet.

Diese besteht aus einem Messingwinkel *A* mit breitem Fuß *a*, mit Hilfe dessen der Winkel an die Schalung der Decke oder an einen in die gemauerte Wand eingepflanzten Holzklötzchen befestigt wird. In *c* endet das betreffende Leitungsrohr; in *b* wird das Rohr befestigt, welches zum Brenner führt. Des guten Aussehens halber wird die Decken- oder Wand-scheibe *Aa* mittels einer hölzernen oder metallenen Scheibe *B* verdeckt. Schwere Kronleuchter erfordern eine besondere Aufhängung.

Das in *b* (Fig. 32) zu schraubende schmiedeeiserne oder Messingrohr wird sehr häufig als Steifrohr ohne weiteres, nur unter Einschaltung eines Hähnchens, bis zum Brenner fortgeführt, wie Fig. 33 erkennen läßt. Lange hängende Steifrohre geben, infolge zufälliger Seitendrucke, Veranlassung zu Undichtheiten an der Deckenscheibe. Man schaltet, um diese zu vermeiden, ein Kugelgelenk (Fig. 34) ein. Der Deckel *b* des letzteren wird durch das Gewicht des Rohres *c* nebst Zubehör so gegen die Kugel *a* gedrückt, daß eine vollständige Dichtheit der beweglichen Verbindung gesichert ist.

Behufs Gewinnung der Möglichkeit, den Ort des Brenners verändern zu können, sind die folgenden Einrichtungen im Gebrauch.

Die freieste Beweglichkeit gewährt die Einschaltung eines Schlauches zwischen Wand-scheibe und Brenner, bezw. Lampe. Der Gummischlauch pflegt nach einigem Gebrauch einen unangenehmen Geruch zu verbreiten, weshalb das Gelenkrohr (Fig. 35) häufiger im Gebrauch ist.

Es enthält ein oder mehrere Gelenke; der Rohrkopf *A* ist kegelförmig gebohrt und nimmt den Zapfen des Rohrkopfes *B* auf. Dieser Zapfen ist bei *a* mit einer Rille versehen (oder der

Fig. 32.

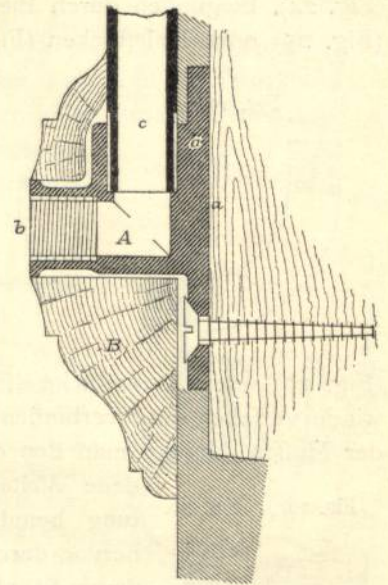
Wand-scheibe. —  $\frac{1}{2}$  w. Gr.

Fig. 33.

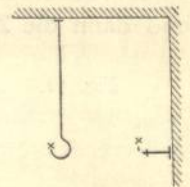


Fig. 34.

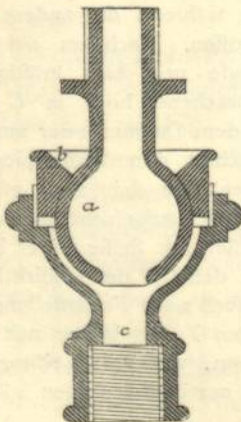
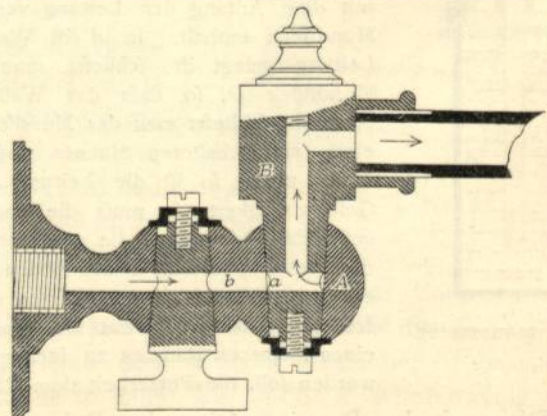
Kugelgelenk. —  $\frac{1}{2}$  w. Gr.

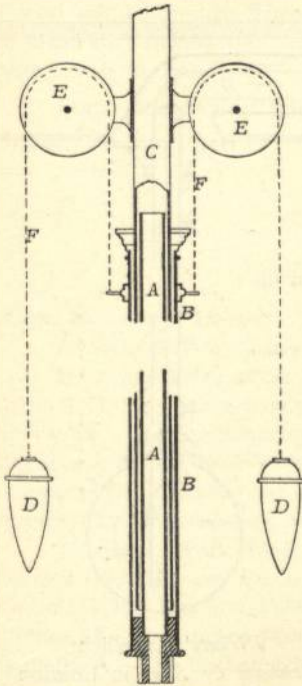
Fig. 35.

Gelenkrohr. —  $\frac{2}{3}$  w. Gr.

61.  
Kugelgelenke.

62.  
Bewegliche  
Einrichtungen.

Fig. 36.

Wasserzug. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Rohrkopf *A* mit einer ringsumlaufenden Ausparung), so daß das von *b* zuflömende Gas den Zapfen von *B* ringsum befüllen, also in jeder Stellung des Kopfes *B* gegenüber *A* in die Bohrung des ersteren gelangen kann.

Während das Gelenkrohr für solche Flammen beliebt ist, welche von einer Wand aus mit Gas gespeist werden, zieht man für diejenigen Brenner, welche an der Decke hängen, in der Länge veränderliche Rohre vor. Teils wird die Veränderlichkeit der Länge durch stopfbüchsenartige Verbindungen erzielt, teils verwendet man den sog. Wasserzug (Fig. 36).

Das mit den Brennern in fester Verbindung stehende Rohr *A* ist von einem gleichachsigen Rohr *B* so umgeben, daß ein ringförmiger, unten geschlossener Hohlraum entsteht. In diesen mit Wasser gefüllten Hohlraum taucht das untere Ende des an der Decke befestigten Gasrohres *C*. Das Wasser bildet hiernach einen dichten Verschluss zwischen dem festen Rohr *C* und dem beweglichen Rohr *A*. Das Gewicht des letzteren nebst allem Zubehör muß ausgeglichen werden, was durch Gegengewichte *D*, welche an den über die Rollen *E* gelegten Ketten *F* hängen, erfolgt. Dasjenige Wasser, welches durch Verdunstung aus dem Verschluss entfernt wird, muß von Zeit zu Zeit ersetzt werden.

### c) Flammengruppen.

Von Dr. HERMANN FISCHER.

Obgleich die vorteilhafteste Ausnutzung des Leuchtgasen gewonnen werden würde, wenn man die einzelnen Flammen in einer Ebene, deren Höhenlage früher angegeben ist, gleichmäßig verteilt, so pflegt man, um ein besseres Aussehen zu gewinnen, die Flammen in Gruppen zusammenzufassen, sog. Gaskronen anzuwenden. Hierbei wird die Zahl der lotrechten, den freien Raum durchschneidenden Rohre wesentlich verringert. In einzelnen Fällen ist man in der Sammlung der Flammen zu Gruppen noch weiter gegangen; man hat sog. Sonnenbrenner hergestellt. Das Wesentlichste des Sonnenbrenners besteht in einer derartigen Sammlung der Einzelflammen, daß eine einzige, ringförmige Flamme gebildet wird, und in einer sicheren Luftzuführung. Der Sonnenbrenner erinnert sonach an den *Argand*-Brenner.

Die Brenner führen im allgemeinen die Verbrennungsgase dem erleuchteten Raume zu. Die besonders unangenehmen der letzteren, die Schwefelverbindungen, treten in sehr geringen Mengen auf; dagegen wirken die eigentlichen Verbrennungsgase, Wasserdampf und Kohlenäure, ihrer großen Menge halber, sehr verunreinigend auf die Luft des beleuchteten Raumes. Auch kann die Wärmeentwicklung oft höchst belästigend sein.

Als Mittelwerte kann man annehmen, daß 1 cbm Gas 0,9 bis 1,6 kg Kohlenäure, 0,8 bis 1,3 kg Wasserdampf und 4000 bis 7000 Wärmeeinheiten entwickelt. Hiernach liegt die Berechtigung des Wunsches vor, die Mischung der Verbrennungsgase mit der Zimmerluft zu verhindern.

Man hat zu diesem Zwecke die Lichtflammen durch Glaswände vom Zimmer

63.  
Wasserzüge.

64.  
Gaskronen  
und Sonnen-  
brenner.

65.  
Abführung  
der  
Verbrennungs-  
gase.

abgesperrt oder auf andere Art dafür gesorgt, daß die Verbrennungsgase sicher abgeführt werden.

Ersteres ist verhältnismäßig leicht durchzuführen für Räume, in welche auch das Tageslicht durch die Decke einfällt. Die mit Spiegeln versehenen Lampen sind auf einem oder mehreren Wagen befestigt und werden, sobald die Dunkelheit es verlangt, über die Glasdecke gefahren. Es sei erwähnt, daß die zu entwickelnde Lichtmenge, teils wegen der größeren Entfernung der Flammen von den zu beleuchtenden Gegenständen, teils wegen des Lichtverschluckungsvermögens des Glases (siehe die Angaben in Art. 10, S. 10 ff.) wesentlich größer sein muß, als wenn die Flammen in der wie oben angegebenen Höhe frei im zu beleuchtenden Räume angebracht sind. Ueber der Glasdecke muß, behufs Abführung der Rauchgase und der Wärme, ein lebhafter Luftwechsel erhalten werden.

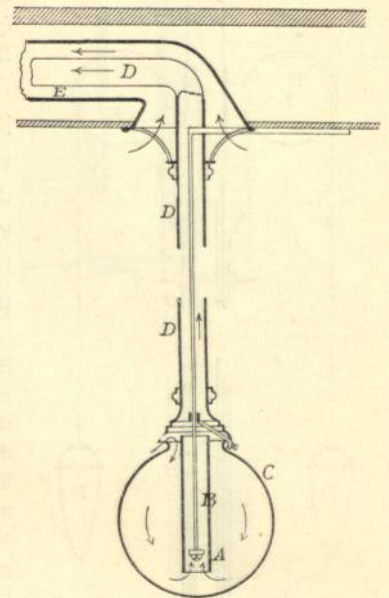
Fig. 37 veranschaulicht die Einrichtung, welche bestimmt ist, von einem *Argand*-Brenner sämtliche Rauchgase und wenigstens einen erheblichen Teil der Wärme abzuleiten.

*A* bezeichnet den Brenner, *B* ein Zugglas, *C* eine Milchglaskugel, welche an ihrem oberen Ende so aufgehängt ist, daß man sie behufs des Entzündens der Flamme abnehmen kann. Infolge der Erwärmung der Luft im Glasrohr *B* wird vom oberen Rand der Kugel die erforderliche Verbrennungsluft herabgesaugt. Die Verbrennungsgase entweichen durch das Rohr *D* nach oben und saugen eine, wenn auch kleine Luftmenge durch den Spalt über dem Rande der Kugel *C* an; sie werden ferner durch ein weiteres, im Gebälk untergebrachtes Rohr *E* geführt, dessen Luft sie erwärmen, so daß, wenn *E* schließlich in einen lotrechten Schlot mündet, auch die Luft in letzterem in lebhaften Fluß gelangt. Die hierdurch hervorgebrachte Luftabführung hat vorwiegend den Zweck, eine genügende Wärmeabfuhr vom Rohr *D* zu veranlassen.

Fig. 38 stellt einen ähnlich eingerichteten Kronleuchter in lotrechtem Schnitt dar.

Es sind zwei Flammenringe übereinander angebracht, die ihr Licht durch die Glasflächen *A* und *B* in den Raum

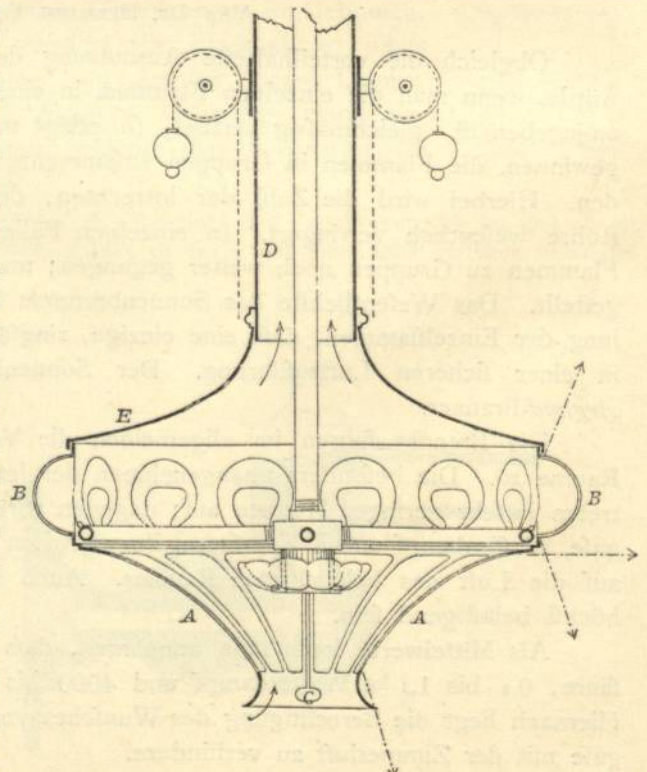
Fig. 37.



*Ricketts' Kugellicht.*  
(*Benham & Sons in London.*)

1/13 w. Gr.

Fig. 38.



1/10 w. Gr.

fenden. Der Gaszufluß erfolgt durch das in der Mitte von *D* liegende schmiedeeiserne Rohr; er wird mit Hilfe eines Hahnes geregelt, der bei *C* eingefstellt werden kann. Das Rohr *D* führt die Gase ab. Behufs des Anzündens wird der Deckel *E*, dessen Gewicht durch Gegengewichte ausgeglichen ist, gehoben.

Statt der Schnittbrenner nimmt man vorteilhaft Glühlichtbrenner mit Platinzünder.

### Literatur.

Bücher und Zeitschriften über »Gasbeleuchtung«.

- ARSON, MONARD & HONORÉ. *Expériences sur l'écoulement des gaz en longues conduites faites dans les usines de la Compagnie Parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz, par ordre de M. DE GAYFFIER et de M. CAMUS.* Paris 1867.
- ILGEN, F. H. W. *Die Gasindustrie der Gegenwart etc.* Halle 1873.
- TIEFTRUNK. *Die Gasbeleuchtung.* Stuttgart 1874.
- KUHLMANN, F. *De l'éclairage et du chauffage par le gaz au point de vue de l'hygiène.* Paris 1876.
- GERMINET, G. *Chauffage et éclairage par le gaz.* Paris 1876.
- MONNER, D. *Aide-mémoire pour le calcul des conduites de distribution du gaz de l'éclairage et de chauffage.* Paris 1876.
- Common sense for gas users. A catechism of gas-lighting.* London 1877.
- SCHAAR, G. F. *Die Steinkohlengasbereitung.* Leipzig 1877. — 2. Aufl. 1880.
- LÜDICKE, A. *Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- und Maschinen-Schlosser.* Weimar 1878.
- MENDLIK, A. *Die Gasbeleuchtung.* Budapest 1879.
- MÜLLER, A. *Die Gasbeleuchtung im Hause etc.* Wien 1880.
- HUGHES, S. *The construction of gas works and the manufacture and distribution of coal gas.* London 1853. — 6. Aufl. von W. RICHARDS: 1880.
- SCHOLTZ, A. *Construction und Anlage der Gas- und Wasserleitungen in Gebäuden, sowie der elektrischen und pneumatischen Telephone, einschliesslich der Telephone und Sprachrohrleitungen.* Stuttgart 1881.
- MERRIMAN, O. *Gas-burners, old and new.* London 1884.
- Die neue Ventilations-, Beleuchtungs- und Beheizungs-Anlage im kgl. Odeon in München.* München 1887.
- COGLIEVINA, D. *Theoretisch-praktisches Handbuch der Gasinstallation.* Wien 1889.
- LEVY, A. *Éclairage et ventilation par le gaz etc.* Paris 1890.
- BLACK, J. *Gas fittings etc.* London 1890.
- COGLIEVINA, D. *Praktischer Rathgeber für Gas-Consumenten etc.* Halle 1891.
- Fach-Bibliothek für Bau-, Kunst- und Maschinen-Schlosser, für Mechaniker, Maschinenbauer und Schmiede. Bd. 12: Der praktische Gasinstallateur etc.* Von F. H. ASCHNER. Berlin 1891.
- GERHARD, W. P. *Gas-lighting and gas-fitting etc.* New-York 1892. — 2. Aufl. 1894.
- HARTWIG, G. *Das Gasglühlicht etc.* 1—3. Aufl. Dresden 1894.
- Handbuch der Hygiene. Herausg. von TH. WEYL. Bd. IV, Lief. 1: Die Gasbeleuchtung.* Von ROSENBOOM. Jena 1895.
- Der städtische Tiefbau. Bd. IV: Die Verforgung der Städte mit Leuchtgas.* Von M. NIEMANN. Stuttgart. Heft 1: 1897; Heft 2: 1904.
- KUCKUK, F. *Der Gasrohrleger und Gaseinrichter etc.* München 1904.
- Ferner:
- Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten sowie für Wasserverforgung.* Herausg. von H. BUNTE. München. Erscheint seit 1858.
- Journal de l'éclairage au gaz.* Herausg. von CHARBONNIER. Paris. Erscheint seit 1852.
- Annuaire général de l'éclairage et du chauffage par le gaz.* Herausg. von P. DURAND & E. DURAND. Paris. Erscheint seit 1873.
- The journal of gas-lighting.*
- American gaslight-journal.*



## 5. Kapitel.

## Elektrische Beleuchtung.

Von Dr. WILHELM KOHLRAUSCH.

66.  
Allgemeines.

Die elektrischen Grundgrößen haben für jeden, dem nicht durch langen Umgang mit ihnen es zur Gewohnheit geworden ist, mit diesen Größen zu arbeiten und zu rechnen, etwas eigentümlich Fremdartiges. Der Grund dafür ist ohne Zweifel der, daß wir kein Organ besitzen, um elektrische Größen in ähnlicher Weise wahrzunehmen, wie wir gelernt haben, räumliche Größen, Gewichte, Geräusche u. f. w. durch Vermittelung der Augen, des Muskelgeföhles, der Ohren u. f. w. zu schätzen und zu beurteilen. Auch für die Vorstellung und Schätzung der Zeitintervalle fehlt uns allerdings ein besonderes Organ; aber die lebenslange, zwangsweise Übung und die stete Vergleichung des allmählich sich entwickelnden Zeitgeföhles mit dem genauesten der Meßinstrumente, der Uhr, verhelfen uns hier zu einiger Sicherheit. In ähnlicher Weise ist für die Beurteilung und Vorstellung elektrischer Größen eine lange Übung erforderlich, die das anfänglich rein verstandesmäßige Rechnen allmählich zum gewohnheitsmäßigen Denken in elektrischen Größen werden läßt. Im Rahmen dieses »Handbuches« kann daher dem Architekten, der sich mit elektrotechnischen Fragen nicht schon anderweitig eingehender beschäftigt hat, nur eine ganz allgemeine Vorstellung über die elektrische Beleuchtung gegeben werden. In allen Zweifelfällen kann nur die Heranziehung eines elektrotechnischen Sachverständigen vor üblen Erfahrungen bewahren.

67.  
Hilfs-  
vorstellungen.

Die Vorstellung der elektrischen Größen wird durch folgende Ueberlegungen sehr wesentlich erleichtert. Wir denken uns einen beliebig kleinen oder großen Wasserbehälter, der lotrecht verschiebbar und mit einer Anzahl Rohrableitungen zu einem großen See oder dergl. mit wesentlich konstantem Wasserspiegel versehen ist. Ein Pumpwerk liegt zwischen dem See und dem Wasserbehälter, um letzterem stets das abgeflossene Wasser wieder zuzuföhren. Der Druckunterschied zwischen den beiden Wasseroberflächen, der Reibungswiderstand, den das abfließende Wasser in der Rohrleitung erföhrt, und, abhängig von beiden, die etwa in Litern für die Sekunde zu messende Wasserstromstärke sind die drei hier wesentlich in Frage kommenden Größen. Die Wasserstromstärke in irgend einem Rohr wächst mit dem Höhenunterschiede der Wasseroberflächen, d. h. mit zunehmendem Wasserdruck, und nimmt ab mit zunehmendem Reibungswiderstand, d. h. mit abnehmendem Rohrquerschnitt, bezw. zunehmender Rohrlänge. Der rechnermäßige Zusammenhang dieser drei Größen ist allerdings für die Wasserströmung nicht einfach.

Beim Elektrizitätsverbrauch handelt es sich ebenfalls um drei Größen: die elektrische Spannungsdifferenz am Anfang und am Ende des Stromweges, seinen elektrischen Leitungswiderstand und von beiden abhängig die Stromstärke, welche qualitativ den drei bei der Wasserströmung in gleicher Reihenfolge hervorgehobenen Größen völlig entsprechen. Wie oben durch das Pumpwerk Wasser von niedrigerem auf höheres Niveau gehoben wird, so wird durch die Dynamomaschine der elektrischen Anlage Elektrizität von niederer auf höhere Spannung gebracht. Der obere Wasserspiegel entspricht dem einen, z. B. positiven Pol (Klemme) der Dynamomaschine, der untere Wasserspiegel der anderen, negativen Maschinenklemme. Die

Wasserleitungen vom höheren zum tieferen Niveau haben dieselbe Bedeutung wie die äusseren Verbrauchsleitungen der elektrischen Anlage. In beiden Leitungen wird ein Teil der durch das Pumpwerk, bezw. die Dynamomaschine verbrauchten mechanischen Arbeit in anderer Form wieder verfügbar, und für jeden in die Ableitungen eingeschalteten Wassermotor oder für jede elektrische Verbrauchsvorrichtung ist die verfügbare Arbeit das Produkt des am Motor vorhandenen Wasserdruckunterschiedes, bezw. der elektrischen Spannungsdifferenz in die Wasserstromstärke, bezw. elektrische Stromstärke.

Die Einheiten der elektrischen Grössen sind benannt geworden: für die Spannungsdifferenz — oder, wie man abgekürzt zu sagen pflegt, für die Spannung — das *Volt*, für den Leitungswiderstand das *Ohm* und für die Stromstärke das *Ampere*. Das *Volt* entspricht demnach qualitativ der Einheit des Wasserdruckes, z. B. 1 m Wasserhöhe, das *Ampere* der Einheit für die Wasserstromstärke, z. B. 1 kg Wasser in der Sekunde. Eine dem elektrischen Leitungswiderstande genau entsprechende einfache Grösse besteht für die Wasserrohrleitung nicht. Die Reibungsverhältnisse der Rohrleitung sind sehr verwickelt, während der elektrische Leitungswiderstand zu den räumlichen Grössen des leitenden Körpers in sehr einfacher Beziehung steht. Ist  $l$  die Länge des leitenden Körpers (in Met.),  $q$  sein Querschnitt (in Quadr.-Millim.), so ist der Widerstand der Leitung (in *Ohm*)

$$w = s \frac{l}{q}.$$

Der Koeffizient  $s$ , spezifischer Widerstand genannt, ist abhängig vom Material und beträgt beispielsweise für gutes Leitungskupfer rund 0,018, für Eisen etwa 0,12. Wie die Formel ohne weiteres ergibt, ist  $s$  der Widerstand des Materials bei 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt. Eine Kupferleitung von z. B. 250 m Länge und 7 mm Durchmesser hat demnach 0,12 *Ohm* Widerstand.

Die Stromstärke  $i$  einer elektrischen Leitung ist proportional der an den Enden der Leitung vorhandenen Spannungsdifferenz  $k$  und umgekehrt proportional dem Leitungswiderstande  $w$ :

$$i = \frac{k}{w} \text{ (Ohm'sches Gesetz).}$$

Obige Leitung würde also bei einer Spannungsdifferenz von 5 *Volt* eine Stromstärke von 41,6 *Ampere* erhalten.

Der elektrische Leitungswiderstand multipliziert mit der Stromstärke ergibt zufolge des *Ohm'schen* Gesetzes den Spannungsverlust ( $i w$ ), welcher in der Leitung entsteht und welcher dem Druckverlust in der Wasserleitung genau entspricht. Die obige Leitung würde z. B. bei 20 *Ampere* Stromstärke einen Spannungsverlust von 2,4 *Volt* ergeben.

Wie bei der Wasserrohrleitung durch Wasserdruck (in Met.) mal Wassermenge (in Kilogr. für 1 Sekunde) die gefamte Leistung in Kilogramm-Meter für 1 Sekunde sich ergibt, so ist bei der elektrischen Leitung durch Spannung (in *Volt*) mal Elektrizitätsmenge (in *Coulomb*<sup>78)</sup> für die Sekunde, d. h. in *Ampere* die Leistung in *Volt-Ampere* gegeben. Ein *Volt-Ampere* heisst ein *Watt*. Den Leistungsverlust in der elektrischen Leitung stellt daher das Produkt aus Spannungsverlust und Stromstärke ( $i^2 w$ ) in derselben Weise dar, wie er bei der Wasserrohrleitung durch

68.  
Elektrische  
Einheiten.

69.  
Zusammenhang  
der elektrischen  
Grössen unter  
sich und mit den  
mechanischen  
Grössen.

<sup>78)</sup> *Coulomb* ist die Einheit der Elektrizitätsmenge.

das Produkt aus Druckverlust und Wasserstromstärke gegeben ist. Der Leistungsverlust bei 20 *Ampere* in unserer Leitung von 250 m Länge und 7 mm Durchmesser beträgt danach 48 *Watt*. Genau wie bei der Wasserrohrleitung wird die in der elektrischen Leitung verlorene Leistung in Wärme umgesetzt, d. h. der elektrische Strom erwärmt feine Leitung, und es entstehen für jedes verlorene *Watt* 0,24 Grammkalorien in der Sekunde. Mit Hilfe des mechanischen Wärmeäquivalents berechnet sich daraus, daß der mechanischen Leistung von  $1 \frac{\text{kg met}}{\text{sek}}$  die elektrische Leistung von 9,8 *Watt*, daher der mechanischen Pferdestärke 736 *Watt* elektrische Leistung entsprechen.

70.  
Widerstände  
und Leitungs-  
fähigkeiten  
mehrerer  
Leitungen.

Die Leitungen und Verbrauchsvorrichtungen, welche zwei Punkte verschiedener Spannung verbinden, können hintereinander — in Serien, Reihen — oder nebeneinander — parallel — geschaltet sein. Bei Reihenschaltung addieren sich die Widerstände aller hintereinander geschalteter Leitungen, sowie die Spannungen der Verbrauchsgegenstände. Bei Parallelschaltung addieren sich dagegen die Ströme sowie die Reziproken der sämtlichen parallel geschalteten Widerstände. Diese reziproken Widerstände werden auch Leitungsfähigkeiten genannt.

Auch bei parallel geschalteten Wasserrohrleitungen addieren sich die Leitungsfähigkeiten, aber mit dem Unterschiede, daß  $n$  parallel geschaltete Kupferdrähte vom Einzelquerschnitt  $q$  daselbe Leistungsvermögen haben, wie ein Draht vom Querschnitt  $nq$ , während bei Wasserleitungen ein so einfacher Zusammenhang nicht besteht.

71.  
Erzeugung  
der  
Elektrizität.

Die Erzeugung der Elektrizität für Gebrauchszwecke im großen geschieht mittels Dynamomaschinen, welche im wesentlichen aus zwei Hauptteilen bestehen. Den einen Teil bildet das ganze Eisengestell der Maschine, einschl. der Eisenkerne der festen Elektromagnete — Schenkel — und des Eisenkernes des drehbaren Ankers — Armatur — sowie der Kupferbewicklung der Schenkel. Der Strom in der Schenkelbewicklung bestimmt, sobald das Eisengestell der Form und Masse nach gegeben ist, den Magnetismus der Maschine. Maßgebend für die Leistung der Maschine ist die Größe des Magnetismus — Intensität des magnetischen Feldes, Dichtigkeit der magnetischen Kraftlinien — an den Flächen, in welchen die Enden — Pole, Polschuhe — der Elektromagnete dem Eisen des Ankers gegenüberstehen. In diesem magnetischen Felde zwischen Ankereisen und Schenkeleisen befindet sich als zweiter Hauptteil der Maschine die Bewicklung des Ankers. In der Bewicklung des Ankers werden bei ihrer Bewegung gegen das magnetische Feld durch Induktion (Schnitt der auf dem Anker liegenden Drähte mit den magnetischen Kraftlinien, welche den Luftraum durchsetzen) Spannungen und durch sie sodann elektrische Ströme erzeugt, welche bei Gleichstrommaschinen durch besondere Leitungen zu dem mit dem Anker fest verbundenen Stromabgeber — Kollektor — geführt und von dort mittels aufschleifender Kontakte — Bürsten von dem Anker abgenommen werden. Bei den Gleichstrommaschinen verwendet man die im Anker erzeugten Ströme ganz oder zum Teil auch zur Speisung der Schenkelbewicklung mit elektrischem Strom, d. h. zur Erzeugung des magnetischen Feldes derselben Maschine.

72.  
Gleichstrom,  
Wechselstrom  
und Drehstrom.

Eine Maschine liefert Gleichstrom — stets selbsterregende Maschinen —, wenn die Stromrichtung während des Betriebes ihr Vorzeichen nicht ändert. Wechselstrommaschinen liefern Ströme, deren Richtung rund 100mal in der Sekunde wech-

felt. Trägt man Spannung und Stromstärke der Wechselströme als Ordinaten, die Zeit als Abzisse auf, so erhält man als Kurven mehr oder weniger Sinuskurven. Die Durchführung der Parallelen mit der Wasserrohrleitung stößt hier wegen der Trägheit der Wassermassen auf praktische Schwierigkeiten, wenn es auch nicht undenkbar wäre, durch Hin- und Herbewegen des Wassers in einem Rohrsystem Arbeit zu leisten. Die Massenträgheit des Wassers spielt im übrigen hier genau dieselbe Rolle wie die wichtige Selbstinduktion bei Wechselstrom und Drehstrom, deren Folge eine Phasenverschiebung (zeitliche Verzögerung) der Stromkurve gegen die Spannungskurve ist. Aus praktischen Gründen werden die Wechselstrommaschinen meistens mit feststehendem Anker und rotierendem Elektromagnetssystem gebaut. Es kommt nur die relative Bewegung dieser beiden Hauptteile der Maschine für die Stromerzeugung in Frage. Auch wird meistens den Elektromagneten der Wechselstrommaschinen durch besondere kleine Gleichstrommaschinen der Strom für die Erregung der Schenkel von außen zugeführt.

Drehstrom ist eine Kombination von 3 Wechselströmen, deren Spannungskurven um  $\frac{1}{3}$  einer ganzen Welle, d. h. um 120 Grad gegeneinander zeitlich versetzt sind. Dementsprechend sind auch die zugehörigen 3 Stromkurven um 120 Grad gegeneinander versetzt. Außerdem kann eine Phasenverschiebung der einzelnen Stromkurven gegen ihre Spannungskurven vorhanden sein. Drehstrommaschinen sehen äußerlich fast so aus wie Wechselstrommaschinen. Das Magnetfeld dreht sich gegen den außen befindlichen, festliegenden Anker. Aber während die Wechselstrommaschine ein Spulensystem besitzt mit so viel hintereinander geschalteten Spulen, wie das Magnetfeld Magnetfelder hat, hat die Drehstrommaschine dreimal so viel Spulensysteme, deren jedes einen Wechselstrom abgibt.

Für Privatanlagen mäßigen Umfanges mit eigener Stromerzeugungsanlage kommt wesentlich nur Gleichstrom in Frage mit einer Spannung von 110 oder 220 Volt. Man kann damit Stromverteilungsanlagen, deren Halbmesser bei 110 Volt 200 m, bei 220 Volt 800 m nicht wesentlich überschreitet, noch ohne Aufwand von zu großen Kosten für Leitungskupfer betreiben. Bei größeren Anlagen empfiehlt sich die Verwendung von Drehstrom. Andere Spannungen als 110 und 220 Volt sind nicht gebräuchlich und daher in der Anlage mit sehr bedeutenden Mehrkosten verbunden. Der Grund hierfür ist, daß sich für die Glühlampen die genannten Spannungen eingebürgert haben, und daß sie für Bogenlichtbetrieb zweckmäßig sind. Gleichstrom und Wechselstrom bedürfen zwischen der Dynamomaschine und den Verbrauchskörpern des Stromes zweier Leitungen. Das sog. Gleichstrom-Dreileitersystem gestattet dem Zweileitersystem gegenüber bei gleicher Spannung Stromversorgung in größeren Verbrauchsgebieten, ohne wesentlich größeren Verbrauch an Leitungskupfer für gleiche übertragene Leistungen. Drehstrom wird in 3 Leitungen verteilt. Zwischen je zweien davon herrscht die gleiche Spannung. Werden Beleuchtungsanlagen in Gebäuden, unter Umständen auch kombiniert mit Elektromotorenbetrieb, an öffentliche Zentralen für Verteilung elektrischer Leistung angeschlossen, so kann der Architekt stets die Anordnung so treffen, wie wenn er mit dem gewöhnlichen Gleichstrom mit zwei Leitungen zu tun hätte. Die Verteilung der Verbrauchskörper auf ein etwa vorhandenes Gleichstrom-Dreileitersystem oder auf die drei Leitungen bei Drehstrom überläßt der Architekt am besten dem Unternehmer (Installateur), der die Anlage ausführt. Die Kosten für das aufzuwendende Leitungskupfer in Hausanlagen im Anschluß an eine Zentrale sind für Lichtanlagen

bei gegebener Spannung wesentlich unabhängig davon, ob Gleichstrom im Zweileiter- oder Dreileiter-system oder Drehstrom verwendet wird.

73.  
Verschiedene  
Schaltungen  
der Gleichstrom-  
maschinen und  
ihre Wirkungs-  
weise.

Die augenblickliche Leistung aller Maschinen ist abhängig von dem Leitungswiderstande der äußeren Verbrauchsleitung. Da  $k_i$  die äußere Leitung darstellt

und  $i = \frac{k}{w}$  ist, so ist bei gegebener Spannung  $k$  die

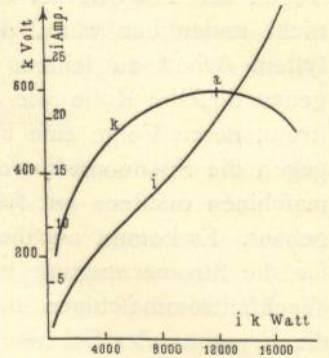
Leistung offenbar umso größer, je kleiner der äußere Widerstand  $w$  ist. Bei den Serienmaschinen — Hauptstrommaschinen, Maschinen mit einfacher direkter Schaltung — sind der Anker, die Schenkel und die äußere Leitung hintereinander geschaltet. Fig. 39 gibt etwa die Abhängigkeit der Spannungsdifferenz  $k$  an den Maschinenklemmen und der Stromstärke  $i$  von der Leistung  $ik$  in der äußeren Leitung bei einer Maschine für 600 Volt und 20 Ampere, wenn die Maschine mit gleichbleibender Geschwindigkeit umläuft. Die Serienmaschinen finden da Verwendung — z. B. Bogenlampen in Hintereinanderschaltung —, wo stets mit wesentlich gleichem Strom gearbeitet wird. Der Betrieb erfolgt nahe dem Maximum der Spannung — Punkt  $a$  der Spannungskurve.

Die Nebenschlussmaschinen, bei welchen von den mit den Bürsten des Ankerkollektors durch kurze Leitungen verbundenen Klemmen der Strom sowohl in die Schenkelbewicklung der Maschine, wie in die äußere Leitung fließt, liefern etwa die ausgezogenen Kurven in Fig. 40.

Um für alle äußeren Leistungen, welche im Betriebe vorkommen, konstante Klemmenspannung der Maschine zu erhalten, schaltet man in die Leitung, welche die Schenkel mit Strom versieht — Nebenschluss — einen regulierbaren Widerstand ein, den man bei abnehmender äußerer Leistung entsprechend vergrößert. Man schwächt dadurch das magnetische Feld ab, und zwar in dem Maße, daß die Spannung von dem Werte  $k_1$  an nicht mehr zunimmt. Die punktierten Kurven gelten bei richtiger Anwendung des Regulierwiderstandes. Jede größere Schwankung in der Leistung erfordert eine entsprechende Änderung im Regulierwiderstande des Nebenschlusses. Die Nebenschlussmaschinen finden wesentlich in solchen Betrieben Anwendung, bei denen ständige Wartung sich lohnt. Selbsttätige Spannungsregulierung empfiehlt sich wegen der auf die Dauer immerhin nicht unbedingt zuverlässig arbeitenden selbsttätigen Apparate für Privatbetriebe im allgemeinen nicht.

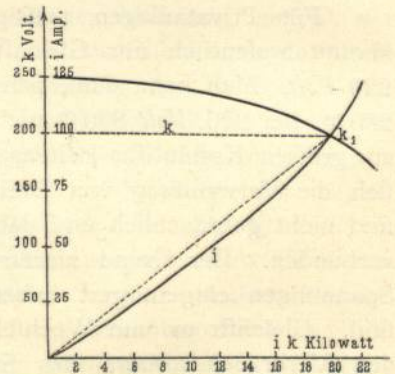
Die Gleichspannungsmaschinen — Compound-Maschinen, Verbundmaschinen, Maschinen mit gemischter Wicklung — vermeiden das den Nebenschlussmaschinen eigene Abfinken der Spannung bei zunehmender Stromstärke und Leistung dadurch, daß sie, außer der den Nebenschlussmaschinen eigentümlichen, von der

Fig. 39.



Serienmaschine  
für 600 Volt und 20 Ampere.

Fig. 40.



Nebenschlussmaschine  
für 200 Volt und 100 Ampere.

Spannung der Maschine abhängigen Erregung der Magnete, die Erregung derselben durch den Hauptstrom in einer besonderen Magnetbewickelung zu Hilfe nehmen. Bis zu einer gewissen oberen Grenze der Stromstärke, welche somit naturgemäß für die größte Leistung maßgebend wird, erreicht man durch diese gemischte Magnetbewickelung eine genügend konstante, von der Leistung unabhängige Klemmenspannung der Maschinen. Das Kurvensystem dieser Maschinen entspricht den punktierten Kurven in Fig. 40. Gute Gleichspannungsmaschinen erfordern demnach keine Regulierung der Spannung bei wechselnder Betriebsleistung. Sie werden vorzugsweise verwendet bei minder großen Beleuchtungsbetrieben, bei welchen eine dauernde Wartung der Maschine nicht erforderlich sein soll, vorzugsweise also bei kleinen Einzelanlagen im Privatbesitz.

Maschinen ohne Selbsterregung, deren Magnete durch einen besonderen Erregerstrom gewöhnlich von kleinen Gleichstrommaschinen gespeist werden, ein System, nach welchem zur Zeit die Wechselstrom- und die Drehstrommaschinen arbeiten, geben eine von der gelieferten Stromstärke wesentlich unabhängige Spannung. Die Regulierung ihrer Spannung erfolgt im Stromkreise der Erregermaschine mittels Beeinflussung des Magnetfeldes.

Dynamomaschinen, welche für Lichtbetrieb bestimmt sind, sollen mit möglichst gleichmäßiger Geschwindigkeit laufen, da in allen Beleuchtungsbetrieben zufällige Schwankungen der Klemmenspannung tunlichst vermieden werden müssen, die Spannung selbst aber für gleichbleibende Leistung bei allen Maschinen nur von der Umdrehungszahl des Ankers abhängt.

Bei den zuletzt genannten Maschinen, deren Magnete durch Strom von außen erregt werden, ist die Spannung der Drehungszahl des Ankers proportional. Bei allen selbsterregenden Maschinen aber, also denen, welche ihren Schenkelfrom dem eigenen Anker entnehmen, ändert sich ausnahmslos die Klemmenspannung stärker als die Drehungszahl. Bei verschiedenen Maschinenmodellen wird man im allgemeinen den Einfluss der Geschwindigkeitsschwankungen umso größer finden, je mehr Eisen die Maschine im Verhältnis zu ihrer Leistung enthält. Praktisch kommen die Schwankungen der Ankergeschwindigkeit für die Klemmenspannung der Dynamomaschine in ihrem  $1\frac{1}{4}$ - bis 2fachen Betrage zur Geltung.

Da man nun bei Beleuchtungsanlagen Schwankungen der Klemmenspannung — besonders kurze periodische Schwankungen — von 1 Vomhundert kaum noch zulassen darf, so ist ohne weiteres klar, dass für den Beleuchtungsbetrieb Antriebsmaschinen von äußerst gleichmäßigem Gange unbedingt erforderlich sind. Es ist daher in keinem Falle ratsam (vergl. jedoch Art. 79), eine zur Beleuchtung dienende Dynamomaschine an eine Dampfmaschine mit anzuhängen, welche außerdem andere Betriebe, besonders solchem mit rasch schwankendem Arbeitsbedarf, dient. Denn jede größere, rasch verlaufende Aenderung im Arbeitsverbrauch, wie das Ausrücken und Einrücken von einzelnen Motoren in Fabriken sie mit sich bringt, verursacht eine, wenn auch kleine und rasch sich ausgleichende, Aenderung im Gange der Antriebsmaschine, und diese macht sich im elektrischen Betriebe stets durch ein entsprechendes Schwanken der Klemmenspannung und somit der Helligkeit der Lichtquellen bemerkbar. Man stelle daher für den Betrieb elektrischer Beleuchtung stets besondere Motoren auf und, falls es sich um Gasmotoren handelt, nur Zwillings-, bzw. Viertaktmotoren besser Konstruktion. Kurze periodische Schwankungen im Gange des Motors kann man in ihrer Wirkung

74.  
Einfluss der  
Geschwindigkeit  
auf die  
Spannung der  
Dynamo-  
maschinen.

75.  
Wahl der  
Antriebs-  
maschinen.

faßt unschädlich machen, wenn man auf die Achse der Dynamomaschine eine schwere Schwungradscheibe setzt.

76.  
Leistung der  
Dynamo-  
maschine.

Der Wirkungsgrad einer Dynamomaschine, d. h. die elektrische Leistung in *Watt*, welche an den Klemmen der Maschine für jede an der Riemenscheibe verbrauchte, mit 736 *Watt* einzusetzende Pferdestärke abgegeben wird, ist wesentlich von folgenden Faktoren abhängig. Erstens wird ein Teil der mechanischen Arbeit auf Zapfenreibung, Bürstenreibung am Kollektor, Luftreibung, auf die Erzeugung von Strömen im Eisen — *Foucault'schen* Strömen — und auf innere magnetische Reibung im Eisen — Hysteresisverlust — verwandt. Diese Verluste sind stets vorhanden, wenn die Dynamomaschine mit erregten Magnetfeldern läuft, und wesentlich unabhängig von der augenblicklichen Belastung.

Zweitens aber erwärmt der Strom die Leitungen der Maschine nach den in Art. 69 (S. 61) angegebenen Gesetzen, und für jede Leitung vom Widerstande  $w$  innerhalb der Maschine geht, wenn sie vom Strome  $i$  durchflossen wird, der Betrag  $i^2 w$  an elektrischer Leistung verloren.

Diese Verluste wachsen, da die inneren Widerstände  $w$  der Maschine wesentlich konstant sind, mit dem Quadrat der Stromstärke  $i$  und, da  $ki$  die Leistung und  $k$  für Lichtbetriebe konstant ist, mit dem Quadrat der abgegebenen elektrischen Leistung. Die größte Dauerleistung einer Maschine ist diejenige, bei welcher alle diese in Wärme umgesetzten Verluste die Temperatur der Maschine um nicht mehr als 40 bis 50 Grad über die Temperatur der Umgebung erhöhen. Zum völligen Warmlaufen einer Dynamomaschine sind je nach ihrer Größe 2 bis 10 Stunden voller Belastung erforderlich.

Die Verluste pflegen zusammen bei den größten Maschinen etwa bis 9 Vomhundert abwärts, bei den kleinsten gängigen Beleuchtungsmaschinen bis zu 15 und 20 Vomhundert aufwärts zu betragen, so daß also je nach der Größe der Maschinen 80 bis 91 Vomhundert, d. h. 590 bis 670 *Watt* für jede Pferdestärke der zugeführten mechanischen Leistung als elektrische Leistung bei voller Belastung wieder verfügbar werden. Bei abnehmender Belastung sinkt der Wirkungsgrad.

77.  
Betriebs-  
verhältnisse.

Solange die Elektrizität in dem Augenblick, in welchem die Betriebsmaschine sie erzeugt, auch in den Beleuchtungskörpern verbraucht wird, müssen selbstverständlich die Maschinen auf den größten Bedarf eingerichtet sein, der bei jeder Anlage in Fabriken oder größeren Gebäuden, oder bei einer Zentrale, welche viele Gebäude mit Beleuchtung versorgt, zu etwa 50 bis 80 Vomhundert der angeschlossenen Verbrauchskörper anzunehmen ist. Erfahrungsgemäß beträgt die durchschnittliche Brennzeit einer Lampe jährlich für größere Zentralen etwa 400 bis 600 Stunden und bei Einzelanlagen, je nach der Art des Betriebes, 1000 bis 2000 Stunden. Die größte durchschnittliche Brennzeit haben Restaurants und Kaffeehäuser. Die Betriebsanlage ist also im Durchschnitt nur zu etwa 10 bis 30 Vomhundert ausgenutzt und verzinst sich auch dementsprechend. Diese ungünstigen Betriebsverhältnisse sind der Hauptgrund für den zur Zeit immer noch ziemlich hohen Erzeugungspreis des elektrischen Lichtes.

Eine Gasanstalt ist demgegenüber sehr im Vorteil, da sie mit Tag und Nacht gleichmäßiger Gasproduktion auf Reserve in die Gasometer arbeitet, von den täglichen Schwankungen des Verbrauches ganz unabhängig ist und ihren Betriebsmitteln nur einen solchen Umfang zu geben braucht, daß sie bei gleichmäßigem Betriebe den Durchschnittsverbrauch der kürzesten Tage decken kann.

Die Elektrizität kann als solche allerdings nicht in Reserve aufgespeichert werden; wohl aber kann sie, allerdings nur bei Anwendung von Gleichstrom, zeitweilig in eine andere Form der Energie, in chemische Energie, umgewandelt und aus dieser Form, allerdings mit Verlust, ohne weiteres wieder erhalten werden.

Wenn man in Schwefelsäure von etwa 20 Gewichtsprozenten zwei Bleiplatten einfenkt, deren Oberfläche mit Mennige, Bleioxyd oder Bleifulfat in genügend starker Schicht bedeckt ist, und einen elektrischen Strom durch die eine Platte (positive) in die Säure eintreten, durch die andere (negative) Platte austreten läßt, so bildet sich infolge der Zersetzung der Säure an ersterer Bleisuperoxyd; an letzterer wird die vorhandene Bleiverbindung zu Blei reduziert. Gleichzeitig entsteht zwischen beiden Platten eine Spannungsdifferenz von etwa 2 Volt, welche beim weiteren Hindurchfließen des Stromes zunimmt, bis allmählich, beginnend bei etwa 2,5 Volt, eine lebhaft Gasentwicklung eingetreten ist, ein Zeichen, daß eine weitere Oxydation, bzw. Reduktion an den Platten nicht mehr stattfindet.

Die Säurezelle mit den Bleiplatten, der Akkumulator oder Sammler, ist nun geladen und im Stande, die durch den Strom erzeugten chemischen Umsetzungsprodukte an den Platten ohne weiteres wieder in Bleifulfat übergehen zu lassen und dafür elektrischen Strom zu liefern, wenn die beiden Bleiplatten durch eine Verbrauchsleitung miteinander verbunden werden. Bei dieser Entladung nimmt die Spannungsdifferenz der beiden Bleiplatten, welche mit etwa 1,95 Volt einsetzt, sehr langsam auf etwa 1,83 Volt ab, wonach die Entladung als beendet anzusehen ist. Es kann nun eine neue Ladung und Entladung der Sammler erfolgen, die stets in derselben Weise verläuft.

Die für den Betrieb gebauten Sammler besitzen eine ganze Anzahl von Bleiplatten, welche an der Oberfläche oder auch in gitterartigen Höhlungen Bleiverbindungen enthalten und, abwechselnd mit der positiven und der negativen Zuleitung verbunden, einander in der Säure gegenüberstehen.

Man baut zur Zeit Sammler, denen 4000 und mehr *Ampere* Strom entnommen werden kann und welche diese Stromstärke je nach der Konstruktion der Sammler 3 und mehr Stunden liefern. Man spricht bei z. B. 3 Stunden Entladungszeit von einer Kapazität solcher Sammler von  $4000 \times 3 = 12000$  *Ampere*-Stunden. Die Elektrizitätsmenge »1 *Ampere*-Stunde« wird von der Stromstärke 1 *Ampere* in 1 Stunde geliefert. Da man zum Schluß der Entladung für jeden Sammler 1,83 Volt Spannung zu rechnen hat, so würden 60 solcher Sammler hintereinander geschaltet bei 110 Volt 8000 Glühlampen zu je 16 *Hefner*-Kerzen 3 Stunden lang oder, da die Kapazität mit abnehmendem Entladestrom wächst, mehr als 4000 solcher Lampen 6 Stunden lang im Brennen erhalten können.

Eine Sammlerbatterie bietet also eine ähnliche, allerdings in der Handhabung bei weitem nicht so einfache Reserve für die elektrische Beleuchtung, wie sie der Gasometer für die Gasbeleuchtung darstellt.

Die Vorteile bei Verwendung von Sammlerbatterien im Beleuchtungsbetriebe liegen besonders in folgenden drei Punkten. Erstens wird die Beleuchtung in gewisser Weise unabhängig vom Maschinenbetriebe. Es ist nur erforderlich, daß zu irgend einer Zeit jeden Tag und mit einer Stromstärke, welche den normalen Ladestrom der Sammler nicht übersteigt, diejenige Zahl von *Watt*-Stunden, welche bei der letzten Entladung verbraucht worden ist, mit etwa 25 bis 30 Vomhundert Aufschlag von den Maschinen den Sammlern zugeführt wird. (Eine »*Watt*-Stunde« ist die-

78.  
Akkumulatoren.

79.  
Verwendung  
der  
Akkumulatoren  
im  
Beleuchtungs-  
betriebe.



jenige Arbeit, welche von der Leistung 1 *Watt* in 1 Stunde verrichtet wird.) Dies darf während 4 bis 5 oder mehr Stunden geschehen.

Zweitens braucht vom Gang der Dynamomaschine bei weitem nicht jene Gleichmäßigkeit gefordert zu werden, wenn Sammler vorhanden sind, als wenn sie unmittelbar die Lampen speist. Bei der Ladung der Sammler sind Schwankungen der Maschinenspannung von einigen Vomhundert ohne weiteres zulässig. Es wird also häufig möglich sein, einen Beleuchtungsbetrieb mit Sammlerbatterien von einer vorhandenen Dampfmaschinenanlage aus zu versehen, auch wenn die übrige Belastung der Anlage bedeutend schwankt und mit ihr die Drehungszahl der Dampfmaschine.

Drittens braucht die Maschinenanlage neben einer Sammlerbatterie nur so groß bemessen zu sein, daß sie bei vollem Tagesbetriebe und voller Leistung so viel *Watt*-Stunden mit 25 bis 30 Vomhundert Aufschlag erzeugen kann, wie die Beleuchtungsanlage am kürzesten Tage verbraucht, während die Maschinenanlage ohne Sammlerbatterie den überhaupt größten Verbrauch decken können, wenn er auch nur während weniger Stunden im ganzen Jahre vorkommt.

Zur Erläuterung des vorstehend Gefagten möge zunächst folgendes Beispiel dienen.

Eine mittelgroße Bierbrauerei mit erheblichem Wirtschaftsausgang möge folgenden Lichtverbrauch haben:

- 1) für die Keller 96 Glühlampen zu 10 HK mit täglich im Mittel 16 Stunden Brennzeit;
- 2) in der Brauerei und den Geschäftszimmern 117 Glühlampen zu 16 HK, von 6 Uhr morgens bis Hellwerden und vom Dunkelwerden bis 8 Uhr abends;
- 3) in den Höfen 6 Bogenlampen zu je 5,5 *Ampere*, Brenndauer wie unter 2;
- 4) für die Wirtschaft 80 Glühlampen zu 16 HK vom Dunkelwerden bis 12 Uhr nachts;
- 5) für Straßenbeleuchtung 2 Bogenlichter zu je 10 *Ampere*, Brenndauer wie unter 4.

Da für die *Hefner-Kerze* z. B. bei Kohlenfadenlampen 3 *Watt* zu rechnen sind, so ergibt sich für 110 *Volt* Spannung folgende Zahlenreihe:

	I	II	III	IV	V	VI	VII
	<i>Watt</i>	Brenn- stunden im Jahre	<i>Kilowatt</i> - Stunden im Jahre	Brennstunden am kürzesten Tage	<i>Watt</i> - Stunden am kürzesten Tage	Brenn- stunden am längsten Tage	<i>Watt</i> - Stunden am längsten Tage
1	2880	5760	16600	16	46000	16	46000
2	5610	1000	5610	7,7	43200	—	—
3	1800	1000	1800	7,7	13800	—	—
4	3825	2200	8430	8,5	32600	3,7	14200
5	1100	2200	2420	8,5	9400	3,7	4100
Summe	15215		34860		145000		64300

Die durchschnittliche jährliche Brenndauer der Anlage erhält man bei Division der Summe III  $\times$  1000 durch die Summe I zu 2290 Brennstunden. Division der Summe I, vermehrt um etwa 2 Vomhundert Verlust in den Leitungen, durch etwa 650 ergibt die für den größten Verbrauch in den Abendstunden des Dezember erforderliche Zahl der Pferdestärken zu 23, wenn keine Akkumulatoren vorhanden sind. Alsdann ist eine Dynamomaschine zu gut 15000 *Watt* und eine besondere Dampfmaschine mit höchster Gleichmäßigkeit des Ganges zu 23 Pferdestärken erforderlich.

Bei Anlage einer Akkumulatorenbatterie ist eine besondere Dampfmaschine oft entbehrlich. Die Dynamomaschine kann an die vorhandene Maschinenanlage mit angehängt werden, insofern die erforderliche Leistung übrig ist. Die Dynamomaschine läuft dann während der ganzen Be-

triebszeit mit. Beträgt letztere z. B. 14 Tagesstunden, so erhält man die mittlere Leistung der Dynamomaschine für den kürzesten Tag bei Division der um den Akkumulatorenverlust von etwa 14000 *Watt*-Stunden vermehrten Summe *V* durch 14 als 11400 *Watt* oder rund 18 Pferdestärken. Kann die Betriebszeit der Dynamomaschine an den kürzesten Tagen auf 20 Stunden erhöht werden, so ergeben sich rund 12,5 Pferdestärken als größte erforderliche Leistung.

Arbeitet die Anlage mit 110 *Volt* Verbraucherspannung, so sind 60 Sammler erforderlich. Ihre Größe ergibt sich aus der Leistung am kürzesten Tage mittels einer Ueberlegung, die aus folgender Zahlenreihe hervorgeht:

Tageszeit, morgens mit 6 Uhr beginnend	Es brennen die Lampen	Die Dynamoma- schine liefert <i>Ampere</i>	Der Beleuchtungs- verbrauch beträgt in		Die Sammler erhalten Ladung in		Die Sammler geben ab	
			<i>Ampere</i>	<i>Ampere</i> - Stunden	<i>Ampere</i>	<i>Ampere</i> - Stunden	<i>Ampere</i>	<i>Ampere</i> - Stunden
6 → 9	1 + 2 + 3	100	94	281	6	18	—	—
9 → 3,3	1	100	26	164	74	465	—	—
3,3 → 8	1 + 2 + 3 + 4 + 5	100	138	650	—	—	38	179
8 → 10	1 + 4 + 5	—	70	140	—	—	70	140
10 → 12	4 + 5	—	44	88	—	—	44	88
Summen				1323		483		407

Es ist angenommen worden, daß die Dynamomaschine von 6 Uhr morgens bis 8 Uhr abends mit im Mittel 100 *Ampere* auf die Sammlerbatterie und die Verbrauchsleitung parallel arbeitet, und daß der Batterie als Ladung zufließt, was in der Lichtanlage nicht verbraucht wird. Eine Verteilung der Brennstunden der Glühlampen 1 auf die 24 Tagesstunden statt auf 16 Stunden ändert an den gefuchten Zahlen nichts.

Danach wird eine Sammlerbatterie von 500 *Ampere*-Stunden völlig genügen. Alsdann bleiben sogar noch 100 *Ampere*-Stunden in Reserve. Der Ueberschuß der geladenen *Ampere*-Stunden gegen die entladenen von 18 Vomhundert (483 gegen 407) ist mehr als ausreichend. 10 Vomhundert genügen im allgemeinen.

Im vorliegenden Falle hat die Sammlerbatterie wesentlich zur Folge, daß von 8 Uhr abends bis 6 Uhr früh keine Maschine mehr zu laufen braucht. Ein wesentlicher Vorteil bezüglich der Größe der Betriebsanlage wird ebenfalls erreicht; außerdem erfordert die Dynamomaschine kaum die Aufstellung einer besonderen, äußerst gleichmäßig gehenden Dampfmaschine.

Weit größere Vorteile erzielt man durch Aufstellung von Sammlerbatterien bei kleiner jährlicher Brenndauer und ungleicher Zahl der brennenden Lampen, besonders, wenn Gasmotoren als Betriebskraft verwendet werden müssen, welche bekanntlich nur bei voller Belastung günstig arbeiten.

Ein Ladengeschäft habe 150 Glühlampen zu 16 Kerzen vom Dunkelwerden bis 9 Uhr abends im Betriebe. Bei direktem Betriebe braucht es einen Zwillingsgasmotor von 15 Pferdestärken und eine Dynamomaschine gleicher Leistung. Am kürzesten Tage beträgt die Brenndauer 5,7 Stunden, der Verbrauch 43000 *Watt*-Stunden. Da an den kürzesten Tagen der Motor sehr wohl von morgens 6 bis abends 9 Uhr, also 15 Stunden laufen kann, so würde bei Anlage einer Sammlerbatterie eine Dynamomaschine von nur  $\frac{43000}{15 \times 0,8} = 3600$  *Watt* und dementsprechend ein Gasmotor von 6 Pferdestärken und einem Zylinder erforderlich sein.

Die Schaltung der Sammlerbatterie gegen die Dynamomaschine und die Verbrauchsleitung, die erforderlichen Schalt- und Kontrollvorrichtungen u. f. w. hier zu besprechen, fehlt der Raum. Da für die Sammlerbatterien im Beleuchtungsbetriebe

das Gewicht der Sammler ganz gleichgültig ist, so wähle man Sammler, welche schwach beansprucht sind, d. h. welche im Verhältnis zur Leistung schwer sind. Das größere Bleigewicht erhöht den Preis bei gleicher Leistung erfahrungsgemäß wenig, da die Hauptkosten der Sammler in der Herstellungsart und nicht im verwendeten Rohmaterial zu suchen sind. Dagegen ist die Aussicht auf Haltbarkeit der Batterie umso größer, je schwächer die Sammler auf die Gewichtseinheit beansprucht sind. Bestimmte Angaben über die Haltbarkeit der Sammler lassen sich schwer machen. Die liefernden Firmen pflegen gegen eine jährliche Zahlung von 4 bis 6 Vomhundert des Anschaffungswertes die Erhaltung der Batterie für 10 Jahre zu übernehmen. Eine solche Versicherung ist sehr zu empfehlen.

Da die Sammler zu Ende der Ladung Gas (Wasserstoff und Sauerstoff) entwickeln, welches feinzerteilte Schwefelsäure mitreißt, so müssen die Batterien unbedingt in einem besonderen Raume untergebracht sein, welcher zu anderen Zwecken nicht benutzt wird. Dieser braucht nur so groß zu sein, daß die Sammler in Reihen über- und nebeneinander aufgestellt werden können und zugänglich bleiben. Je leichter sie einzeln besonders dem Auge zugänglich sind, umso besser ist es. Der Raum muß gut zu lüften sein. Am besten ist eine dauernde Lüftung durch einen Schlot. Der Fußboden muß so beschaffen sein, daß ihm Schwefelsäure von 20 Vomhundert nicht schadet.

81.  
Umwandelung  
von  
Spannungen  
und  
Stromarten.

Man kann Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom nach Bedarf immer dadurch ineinander umwandeln, daß man den umzuwandelnden Strom in einen Elektromotor der betreffenden Stromart schickt, seine elektrische dort in mechanische Leistung umsetzt, mit dem Motor eine Dynamomaschine (Generator) der zu erzeugenden Stromart direkt oder mittels Riemens kuppelt und die ihr vom Motor zugeführte mechanische wieder in elektrische Leistung verwandelt. Ein solches kombiniertes Maschinensystem heißt »Motorgenerator«. Seine Verluste sind gleich der Summe der Verluste beider Maschinen, betragen also nach Art. 76 (S. 66) bei voller Belastung für große Leistungen zusammen etwa 18 Vomhundert, bei sehr kleinen Leistungen bis zu 40 Vomhundert. Die Betriebsspannung des Generators ist von derjenigen des Motors ganz unabhängig. Auch für die Umwandlung von Gleichstrom einer Spannung in Gleichstrom einer anderen Spannung ist ein solcher Motorgenerator erforderlich.

Die Umwandlung von Drehstrom oder Wechselstrom in Gleichstrom und umgekehrt kann auch in einer und derselben Maschine (sog. »Einankerumformer«) erfolgen. Seine Verluste sind nur wenig größer als diejenigen einer Maschine; aber die zugeführte und die erzeugte Spannung stehen zueinander in einem festen Verhältnis. Das Anwendungsgebiet der Einankerumformer ist daher beschränkt. Motorgeneratoren und Einankerumformer sind umlaufende Maschinen mit Lagern und Kollektoren, bedürfen daher einer ständigen Aufsicht und Bedienung; sie sind teuer in der Anschaffung.

Wechselstrom und Drehstrom können in sehr weiten Grenzen von einer in eine andere Spannung durch »Transformatoren« übergeführt werden. Transformatoren sind relativ billige, wenig Raum beanspruchende Vorrichtungen ohne jegliche bewegliche Teile und bedürfen außer gelegentlichen Revisionen keiner ständigen Wartung oder Bedienung. Ihr Verlust beträgt bei voller Belastung für große Transformatoren nur etwa 3 bis 4, für kleine bis zu 7 Vomhundert. Sie finden u. a. auch Verwendung, um aus Hochspannungsnetzen einzelne Bogenlampen zu speisen.

Für die Beantwortung der Frage, ob für eine elektrische Anlage der Anschluss an ein vorhandenes Leitungsnetz einer öffentlichen Zentrale oder die Einrichtung eines eigenen Betriebes mehr zu empfehlen ist, sind folgende Erwägungen maßgebend. Die indirekten Betriebskosten: Verzinsung, Tilgung und Abschreibung des Anlagekapitals u. f. w., sind gegenüber den direkten Betriebskosten: Verbrauch von Kohlen, Wasser und Schmier- und Putzmaterial nebst Bedienung, bei allen elektrischen Betrieben sehr bedeutend. Aber nur die direkten Betriebskosten sind dem Verbrauch der Anlage nahe proportional, die indirekten Betriebskosten dagegen vom Verbrauch, d. h. von der jährlichen durchschnittlichen Benutzungsdauer der Anlage unabhängig und wesentlich konstant. Sie erhöhen also die gesamten Betriebskosten umsomehr, je geringer die durchschnittliche jährliche Benutzungsdauer der Anlage ist. Rentabilität einer eigenen Betriebsanlage ist also von vornherein nur bei durchschnittlich starkem und dauerndem Verbrauch an elektrischer Leistung zu erwarten. Man kann sagen, dass reine Beleuchtungsanlagen ohne erheblichen Motorenbetrieb fast nur für Restaurants mit bedeutendem Nachtbesuch bei eigener Betriebsanlage vorteilhafter arbeiten können als beim Anschluss an ein Elektrizitätswerk, welches für Licht die *Kilowatt*-Stunde zum üblichen Preise von rund 50 Pfennigen abgibt. Größere Fabrikanlagen mit starkem Dauerbetriebe von Motoren neben der Beleuchtung arbeiten häufig mit eigener Betriebsanlage billiger als beim Anschluss an eine Zentrale, sobald der Preis der *Kilowatt*-Stunde von der Zentrale für Motorenbetrieb 20 Pfennige und mehr beträgt. Für eine eigene Betriebsanlage kommen Gasmotoren im Anschluss an ein vorhandenes Gaswerk, Sauggasmotoren mit eigener Gas-erzeugungsanlage und Dampfmaschinenanlagen in Frage, letztere nur bei größeren Dauerbetrieben. In Zweifelsfällen ist unter Angabe der Benutzungsdauer der verschiedenen Teile der Anlage das Elektrizitätswerk, bezw. eine Anzahl guter Firmen zur Abgabe eines Kostenanschlages für die Betriebskosten, bezw. für die Anlagekosten und die Betriebskosten aufzufordern.

82.  
Anschluss  
an eine  
Zentrale oder  
eigene  
Betriebsanlage?

Wenn man zwei Kohlenstäbe mit einer Elektrizitätsquelle von etwa 50 *Volt* Spannung verbindet, ihre Enden einen Augenblick miteinander in Berührung bringt und dann auf einige Millimeter voneinander entfernt, so durchfließt der beim Berühren der Stäbe eingeleitete elektrische Strom auch die kleine Luftstrecke zwischen beiden Stäben und bringt beide Kohlenspitzen zum Glühen. Gleichzeitig beträgt die Spannungsdifferenz an den Kohlenspitzen etwa 30 bis 90 *Volt*, je nach der Stromstärke, der Stromart und der Art der Bogenlampen. Das so entstandene Bogenlicht besitzt eine sonst unerreichbare Helligkeit. Die Temperatur der glühenden Kohlenspitzen beträgt zwischen 2000 und 4000 Grad C.

83.  
Bogenlicht.

Man hat bezüglich der Lichtverteilung und der Oekonomie — der Lichtmenge für jedes verbrauchte *Watt* — zu unterscheiden zwischen Gleichstromlampen und Wechselstromlampen. In Drehstrom-Verteilungssystemen brennen Wechselstromlampen. Ferner besteht ein wesentlicher Unterschied in den genannten Beziehungen zwischen Bogenlampen mit reinen Kohlen und mit imprägnierten Kohlen und endlich zwischen Bogenlampen mit offenen und mit von der Luft bis zu einem gewissen Grade abgeschlossenen Lichtbogen.

Bei Bogenlampen mit reinen Kohlen geht die Lichtmenge bis zu 95 Vomhundert von den glühenden Kohlenspitzen und nur zu etwa 5 Vomhundert von dem in der Luft gebildeten Lichtbogen aus. Die positive und die negative Kohle stehen im allgemeinen senkrecht übereinander.

84.  
Gleichstrom-  
Bogenlampen.

Bei Gleichstromlampen wird die positive Kohle bedeutend heisser als die negative, so zwar, dass die positive bis zu 85 Vomhundert der gesamten Lichtmenge ausstrahlt, während die negative Kohle nur 10 Vomhundert ergibt. Die positive Kohle brennt mit einer schwachen Höhlung an der Spitze; die negative spitzt sich beim Brennen zu. Die grösste Lichtmenge wird in einem Winkel von 30 bis 50 Grad gegen die Richtung der negativen Kohle ausgefrahlt. Beide Kohlen brennen ab; aber die positive verbraucht dabei ungefähr doppelt so viel Kohlenmaterial der Stäbe wie die negative Kohle. Man wählt daher den Querschnitt der negativen etwa halb so gross wie denjenigen der positiven Kohle. Dann brennen von beiden Kohlen etwa gleiche Längen ab, und der von der negativen Kohle beschattete Bereich wird nicht grösser als unumgänglich notwendig. Offenbar kann dieser Schatten auch dadurch eingeschränkt werden, dass man den Lichtbogen, d. h. den Abstand beider Kohlen, möglichst gross macht. Ueber einige Millimeter hinaus kommt man indessen nicht, da sonst die Lampe unruhig brennt.

85.  
Wechselstrom-  
Bogenlampen.

Bei Wechselstromlampen ist die Lichtmenge über und unter der durch den Lichtbogen gelegten wagrechten Ebene nahezu gleich; beide Kohlen haben im allgemeinen gleiche Querschnitte, brennen gleich stark ab, spitzen sich beide zu, und die ausgefrahlte Lichtmenge hat unter 30 bis 50 Grad nach unten und nach oben einen Grösstwert. Mehr als einige Millimeter Lichtbogenlänge lassen sich auch hier nur erzielen, wenn auf ruhiges Brennen verzichtet werden kann. Um wenigstens einen Bruchteil des nach oben ausgefrahlten Lichtes nach unten nutzbar zu machen, wird dicht über dem Lichtbogen ein kleiner reflektierender Schirm angebracht.

Wechselstromlampen ergeben ein leichtes, brummendes Geräusch.

Da bei jedem Wechsel der Stromrichtung die Stromstärke durch Null geht, so flimmert die Lichtstärke der Lampen. Bei der üblichen Zahl von 100 Stromwechselfn (50 Perioden) in der Sekunde bemerkt man das Flimmern nur in unmittelbarer Nähe der Lampen. Bei zeichnerischen Arbeiten können empfindliche Augen es aber schon bei 50 Perioden unangenehm empfinden, so dass sie ermüden. Bei 40 Perioden wird das Flimmern auf die Dauer meistens recht unbequem, bei 25 Perioden stets rasch unerträglich.

Bogenlampen mit reinen Kohlen liefern ein Licht, welches in der Farbe dem Tageslicht wohl von allen künstlichen Lichtforten am nächsten kommt, aber immerhin noch etwas mehr Rot enthält als das Tageslicht.

86.  
Flammen-  
Bogenlampen.

Bei Bogenlampen mit imprägnierten Kohlen, sog. Flammen-Bogenlampen, Bremerlampen, sind die Kohlenstifte mit Salzen alkalischer Erden imprägniert (Effektkohlen). Die Salze werden dem Lichtbogen in Dampfform zugeführt und erteilen dem Lichte die Farbe, welche dem Spektrum des betreffenden Metalls zukommt. Da in diesem Falle auch der Lichtbogen selbst eine grosse Lichtmenge ausstrahlt, so ist die Ausbeute bedeutend grösser als bei Lampen mit reinen Kohlen. Der Flammenbogen ist etwa 14 bis 17 mm lang. Die Lampen brennen im allgemeinen unruhiger als diejenigen mit reinen Kohlen. Die Flammen-Bogenlampen werden für Gleichstrom und für Wechselstrom und mit senkrecht übereinanderstehenden Kohlenstiften — bei Gleichstrom kann die positive Kohle oben oder unten stehen — oder mit einer Anordnung gebaut, bei der die beiden Kohlenstifte unter einem Winkel von etwa 15 bis 25 Grad gegeneinander geneigt sind und den Flammenbogen an ihren unteren Spitzen bilden. Bei dieser, auch wohl durch die Bezeichnung »Intensivflammen-Bogenlampen« gekennzeichneten Anordnung ist die Licht-

ausbeute besonders günstig und die Lichtverteilung unter der Wagrechten ziemlich gleichmäßig, da die Schattenbildung durch eine untere Kohle fortfällt. Die Farbe des Lichtes richtet sich nach dem verwendeten Imprägnierfalz. Es sind vorzugsweise Effektkohlen für gelbliches, rötliches und bläuliches Licht im Handel. Die beste Lichtausbeute scheint bisher das gelbliche Licht zu ergeben.

Da die Verbrennungsgase der Flammen-Bogenlampen chemisch nicht indifferent sind, so müssen sie durch die Konstruktion der Lampe dem Reguliermechanismus ferngehalten und möglichst unmittelbar nach außen geführt werden. In Innenräumen können sie unter Umständen an Metallgegenständen auf die Dauer empfindlichen Schaden anrichten.

Lampen mit gegen die Außenluft mehr oder weniger abgeschlossenen Lichtbogen, sog. Dauerbrandlampen, erzielen im Gegensatz zu Lampen mit offenem Lichtbogen den Vorteil eines bedeutend langsameren Abbrandes der Kohlenstifte, da der Sauerstoff der Luft nur sehr langsam zutreten kann. Beide Kohlenstifte stehen senkrecht übereinander und brennen bei Gleichstrom und bei Wechselstrom wesentlich senkrecht zur Achse der Kohlenstifte flach ab. Der Kohlenabstand ist von der Größenordnung 10 mm. Der Lichtbogen wandert auf den Brennfleichen hin und her, und das Licht ist daher sehr unruhig. Da die Dauerbrandlampen mehr blaue Strahlen als alle anderen Bogenlampen ergeben, so können sie für alle photographischen Kopierverfahren das Tageslicht mit gutem Erfolge ersetzen.

Bei allen Bogenlampen brennen die Kohlenstifte ab. Bei offenem Lichtbogen und den für die verschiedenen Stromstärken üblichen Querschnitten der Kohlenstifte kann man mit einem Abbrand von etwa 15 mm für die Stunde und jede Kohle rechnen. In den Dauerbrandlampen ist der Kohlenabbrand annäherungsweise halb so groß. Lampen mit offenem Lichtbogen sind für 8 bis 20 Stunden Brenndauer eines Kohleneinfetzes im Handel, Dauerbrandlampen für bis zu 40 Stunden. Da die Kohlenstifte innerhalb der Lampe untergebracht werden müssen, so ist offenbar die Konstruktionshöhe der Lampe umso größer, je größer die Brenndauer sein soll. Dies muß für Verwendung von Bogenlampen in Innenräumen beachtet werden; denn je größer die Konstruktionshöhe der Lampen ist, umso tiefer liegt bei gleicher Raumhöhe der Lichtpunkt.

Der Reguliermechanismus der Bogenlampen hat den Zweck, den Kohlenabstand so konstant wie möglich zu halten und die Kohlenstifte entsprechend dem Abbrand nachzuschieben. Er besteht stets aus einer elektromagnetischen Anordnung, welche infolge des Abbrandes der Kohlen und der dadurch veränderten Länge des Lichtbogens durch die Schwankungen entweder der Stromstärke (Serienlampen) oder der Spannung (Nebenschlußlampen) oder gleichzeitig der Spannung und der Stromstärke (Differentiallampen) betätigt wird und den Abstand der Kohlenstifte mehr oder weniger konstant hält. An und für sich besitzt keines der drei Systeme einen Vorzug vor den anderen. Alle drei können je nach ihrer mechanischen Ausführung empfindlich und roh regulieren.

Von Bogenlampen mit reinen Kohlen für Innenräume, die mit möglichst geringen Lichtschwankungen brennen sollen, aber störenden Einflüssen durch Witterung und Verschmutzung nicht unterliegen, muß häufige, empfindliche Regulierung etwa bis zu 6mal in der Minute gefordert werden. Bogenlampen im Freien oder in stark verschmutzender Umgebung (Bahnhofhallen, Gießereien u. f. w.), von denen eine besonders konstante Helligkeit nicht gefordert wird, Flammen-Bogenlampen und Dauer-

87.  
Dauerbrandlampen.

88.  
Abbrand der Kohlenstifte.

89.  
Reguliermechanismus für Bogenlampen.

brandlampen, die ohnehin schwankende Lichtstärke ergeben, bedürfen einer so häufigen und feinen Regulierung nicht; aber ihre Werke müssen gegen äußere störende Einflüsse unempfindlich sein. Allgemeine Regeln, nach denen die Brauchbarkeit eines Systems für bestimmte Zwecke beurteilt werden könnte, lassen sich nicht geben. Erforderlichenfalls müssen Versuche entscheiden. Meistens wird eine gute liefernde Firma selbst am besten sagen können, welche Lampenkonstruktion sich für eine bestimmte Verwendung am besten eignet.

90.  
Glasglocken  
der  
Bogenlampen.

Die Bogenlichter müssen des Windes und Regens wegen mit einer Glashülle umgeben sein. Wo es sich um Beleuchtung von Höfen und Hallen handelt und wenn die Bogenlichter sehr hoch angebracht werden, kann diese Hülle aus klarem Glas bestehen. Man kann sie alsdann auch aus gegossenen Glasprismen so zusammensetzen, daß die Ungleichmäßigkeit der Lichtverteilung bei offenem Bogenlicht durch die Brechung der Strahlen in den Prismen zweckmäßig ausgeglichen wird. Dergleichen Glashüllen absorbieren reichlich 10 Vomhundert von der gesamten Lichtmenge; aber die so gedeckten Bogenlichter blenden noch lebhaft.

Bei jeder Verwendung des Bogenlichtes in Innenräumen und überall da, wo die Lampen nicht sehr hoch angebracht werden können, werden durchscheinende Glasglocken als Umhüllung verwendet. Diese vermeiden das Blenden des Bogenlichtes. Sie bewirken ferner dadurch, daß sie von ihrer beleuchteten Oberfläche das Licht mehr oder weniger diffus ausfenden, eine gleichmäßigere Verteilung des Lichtes, absorbieren aber auch umfomehr Licht, je besser sie die vorstehenden Aufgaben erfüllen. Glocken aus Opalglas und aus Alabafterglas kommen vorzugsweise zur Verwendung. Sie absorbieren von der gesamten ausgefrahnten Lichtmenge immerhin 20 bis 40 Vomhundert. Glocken aus Klarglas absorbieren bis zu 10 Vomhundert.

91.  
Lichtstärke  
der  
Bogenlampen.

Da die Lichtausstrahlung aller Bogenlampen nach verschiedenen Richtungen stark verschieden, praktisch aber meistens nur von Bedeutung ist, welche gesamte Lichtmengen nach unten oder bei Deckenreflex-Beleuchtung nach oben ausgefrahnt wird; da ferner bei Verwendung von durchscheinenden Glasglocken die Lichtverteilung gegenüber dem nackten Lichtbogen bedeutend gleichmäßiger wird — so bezeichnet man die gesamte Lichtausstrahlung einer Bogenlampe nach derjenigen Helligkeit (mittlere hemisphärische Lichtstärke), welche im Mittel unter (oder über, Deckenreflexbeleuchtung) der durch den Lichtpunkt gelegten wagrechten Ebene abgegeben wird. Als Einheit der Lichtstärke dient die *Hefner-Kerze* (HK). Die umstehende Tabelle I gibt für 10 der gebräuchlichsten Stromstärken und 7 der gebräuchlichsten Lampenarten für Gleichstrom und für Wechselstrom in den beiden ersten Zeilen für jede Lampenart die (mittlere hemisphärische) Lichtstärke und die Spannung. Bezüglich der letzteren sei bemerkt, daß sie bei gleichen Stromstärken mit der Stärke der Kohlenstifte, mit dem Abstände der letzteren, auf welchen die Lampe einreguliert ist, und unter Umständen mit dem Verbrauch im Regulierwerk etwas veränderlich ist. Die Lampenarten sind nach steigender Wirtschaftlichkeit der Einzellampen geordnet. Man sieht, daß die Wechselstromlampen den Gleichstromlampen, die Lampen mit reinen Kohlen den Flammen-Bogenlampen und unter diesen wieder die Lampen mit übereinanderstehenden Kohlen den Flammenbogen-Intensivlampen mit gegeneinander geneigten Kohlen und nach unten brennendem Lichtbogen in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit bedeutend unterlegen sind.

Um die Schwankungen der Lichtstärke, welche durch mechanische Erschütterungen, durch kleine Ungleichheiten in der Zusammensetzung der Kohlenstifte, durch Unvollkommenheiten in der Regulierung u. f. w. verursacht werden können, in zulässigen Grenzen zu halten, schaltet man in jeden Bogenlampen-Stromkreis einen festen Beruhigungswiderstand, den sog. Vorschaltwiderstand, ein. Die im Parallelbetriebe mit Glühlicht fast ausschließlich gegebenen Spannungen der Leitungsnetze sind 110 Volt und 220 Volt. Sollen nun z. B. Bogenlampen von 12 Ampere und 40 Volt bei 110 Volt Netzspannung verwendet werden, so schaltet man 2 Lampen hintereinander und verbraucht den Spannungsüberschuss von 30 Volt in einem Vorschaltwiderstande von  $\frac{30}{12} = 2,5 \text{ Ohm}$ . Von Lampen für z. B. 6 Ampere und 30 Volt können bei 110 Volt Netzspannung 3 hintereinander brennen. Der Spannungsüberschuss von 20 Volt erfordert dann einen Vorschaltwiderstand von  $\frac{20}{6} = 3,3 \text{ Ohm}$ . Bei 220 Volt Netzspannung kann offenbar die doppelte Lampenzahl mit entsprechendem Vorschaltwiderstande brennen. Man schaltet bis zu 36 Volt Einzellampenzahl auch wohl 5 Lampen bei 220 Volt hintereinander.

Die Vorschaltwiderstände sind im allgemeinen Sätze von Drahtspiralen, deren Widerstand zum Zweck der Einregulierung der Lampen durch verschiebbare Kontakte verändert werden kann. Sie sollen in feuer sichereren Gehäusen eingeschlossen sein und werden am besten nahe den Auschaltern für die betreffenden Stromkreise untergebracht.

Die in einen Stromkreis hintereinander eingeschalteten Bogenlampen können nur gleichzeitig brennen. Wird für einen bestimmten Zweck die durch die verfügbare Netzspannung gegebene Lampenzahl unerwünscht groß, so können sog. Doppellampen verwendet werden, welche in einem Gehäuse und einer Glocke 2 hintereinander geschaltete Einzellampen enthalten. In dem gleichen Stromkreise können zur Not Lampen mit reinen Kohlen, Flammen-Bogenlampen, Intensivflammen-Bogenlampen und Dauerbrandlampen für gleiche Stromstärke und Stromart hintereinander brennen. Man wird aber stets finden, daß die am unruhigsten brennende Lampenart ihre Unruhe zum Teil auf die an und für sich ruhiger brennenden Lampen des gleichen Stromkreises überträgt.

Für den Leistungsverbrauch der Bogenlampen (in Watt) ist also neben der Stromstärke nur zum Teil ihre eigene Spannung maßgebend. Es kommt außerdem darauf an, wie viele Lampen man in einem Stromkreise bei der gegebenen Netzspannung einschließlic des Vorschaltwiderstandes hintereinanderschalten kann. Tabelle I gibt für jede Lampenart und für Stromkreise von 110 Volt Gesamtspannung in der dritten Zeile neben der Zahl der hintereinander schaltbaren Lampen die ganze erzielte Lichtmenge in Hefner-Kerzen, in der vierten Zeile die Lichtmenge ohne Glasglocken (nackter Lichtbogen) für 1 Kilowatt  $\left(\frac{\text{HK}}{\text{KW}}\right)$ , in der fünften Zeile die betreffende Größe bei Verwendung von klaren Glasglocken mit 10 Vomhundert Verlust, auf den man bei mittlerer Reinhaltung der Glocken rechnen muß, in der sechsten Zeile die  $\frac{\text{HK}}{\text{KW}}$  bei Anwendung von Opal- oder von Alabasterglasglocken mit 30 Vomhundert Verlust. Trotzdem man 3 Wechselstromlampen bei 110 Volt hintereinander brennen kann, bleibt die Reihenfolge der

92.  
Vorschalt-  
widerstände der  
Bogenlampen  
und Schaltung  
der  
Stromkreise.

93.  
Wirtschaftlichkeit  
des  
Bogenlichtes.



Tabelle I:  
Lichtstärke, Spannung und Wirtschaftlichkeit von Bogenlampen.

		Stromstärke	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	Ampere			
Wechselstrom-Bogenlampe mit reinen Kohlen	{	Lichtstärke . . . . .	—	—	140	210	300	400	500	600	700	800	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Volt</i>			
		Spannung . . . . .	—	—	27—30	28—30	29—31	29—31	29—31	30—32	30—32	31—33				
3 Lampen bei 110 Volt Netzspannung	{	Gefamte Lichtstärke . . . . .	—	—	420	630	900	1200	1500	1800	2100	2400	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>			
		Lichtstärke für 1 Kilowatt	{	Nackter Lichtbogen . . . . .	—	—	636	716	818	910	975	1020		1060	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>	
				Klare Glasglocke — 10 Vomhundert . . . . .	—	—	570	650	740	820	880	920		950		970
				Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert . . . . .	—	—	445	500	570	635	680	715		740		
Wechselstrom-Flammenbogenlampe, Kohlen übereinander, Gelbliches Licht	{	Lichtstärke . . . . .	—	—	300	440	590	750	900	1050	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Volt</i>			
		Spannung . . . . .	—	—	30	30	30	30—32	30—33	30—35	—	—				
3 Lampen bei 110 Volt Netzspannung	{	Gefamte Lichtstärke . . . . .	—	—	900	1320	1770	2250	2700	3150	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>			
		Lichtstärke für 1 Kilowatt	{	Nackter Lichtbogen . . . . .	—	—	1364	1500	1610	1710	1750	1790		—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>	
				Klare Glasglocke — 10 Vomhundert . . . . .	—	—	1230	1350	1450	1540	1580	1610		—		—
				Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert . . . . .	—	—	860	1050	1130	1190	1220	1250		—		—
Gleichstrom-Bogenlampe mit reinen Kohlen	{	Lichtstärke . . . . .	—	200	430	680	950	1250	1570	1900	2250	2600	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Volt</i>			
		Spannung . . . . .	—	35—37	35—39	35—40	35—41	35—42	36—43	37—44	39—45	40—46				
2 Lampen bei 110 Volt Netzspannung	{	Gefamte Lichtstärke . . . . .	—	400	860	1360	1900	2500	3140	3800	4500	5200	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>			
		Lichtstärke für 1 Kilowatt	{	Nackter Lichtbogen . . . . .	—	910	1302	1546	1730	1890	2040	2160		2270	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>	
				Klare Glasglocke — 10 Vomhundert . . . . .	—	820	1170	1390	1560	1710	1840	1940		2030		2120
				Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert . . . . .	—	635	925	1080	1210	1320	1430	1510		1590		1650
Gleichstrom-Dauerbrandlampe mit klarer Innenglocke	{	Lichtstärke . . . . .	80	300	560	800	—	—	—	—	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Volt</i>			
		Spannung . . . . .	65—70	70—75	78—82	80—85	—	—	—	—	—	—				
1 Lampe bei 110 Volt Netzspannung	{	Gefamte Lichtstärke . . . . .	80	300	560	800	—	—	—	—	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>			
		Lichtstärke für 1 Kilowatt	{	Nur klare Innenglocke . . . . .	364	682	848	910	—	—	—	—		—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>	
				Klare Glasglocke — 10 Vomhundert . . . . .	328	614	763	820	—	—	—	—		—		—
				Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert . . . . .	254	477	593	636	—	—	—	—		—		—

Stromstärke		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	Ampere
Gleichstrom-Flammenbogenlampe, Kohlen übereinander, Gelbliches Licht	{ Lichtstärke . . . { Spannung . . .	—	—	600	1000	1500	2000	2500	3000	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Volt</i>
		—	—	34	40	41	42	42	43	—	—	
2 Lampen bei 110 Volt Netzspannung	{ Gefamte Lichtstärke . . . { Lichtstärke { für { 1 Kilowatt {	—	—	1200	2000	3000	4000	5000	6000	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>
		—	—	1820	2270	2730	3030	3250	3410	—	—	
		—	—	1640	2040	2450	2730	2920	3070	—	—	
		—	—	1270	1590	1910	2120	2270	2390	—	—	
Wechselstrom-Intensiv-Flammenbogenlampe Kohlen geneigt, Gelbliches Licht	{ Lichtstärke . . . { Spannung . . .	—	—	800	1350	1950	2500	—	—	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Volt</i>
		—	—	44	45	45	45	—	—	—	—	
2 Lampen bei 110 Volt Netzspannung	{ Gefamte Lichtstärke . . . { Lichtstärke { für { 1 Kilowatt {	—	—	1600	2700	3900	5000	—	—	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>
		—	—	2420	3070	3550	3790	—	—	—	—	
		—	—	2180	2760	3200	3500	—	—	—	—	
		—	—	1700	2150	2480	2640	—	—	—	—	
Gleichstrom-Intensiv-Flammenbogenlampe Kohlen geneigt, Gelbliches Licht	{ Lichtstärke . . . { Spannung . . .	—	—	1200	1760	2460	3400	—	—	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Volt</i>
		—	—	45	45	45	45	—	—	—	—	
2 Lampen bei 110 Volt Netzspannung	{ Gefamte Lichtstärke . . . { Lichtstärke { für { 1 Kilowatt {	—	—	2400	3520	4920	6800	—	—	—	—	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>
		—	—	3640	4000	4480	5150	—	—	—	—	
		—	—	3270	3600	4030	4630	—	—	—	—	
		—	—	2550	2800	3120	3600	—	—	—	—	
Verbrauch in Watt bei 110 Volt . . . . .		220	440	660	880	1100	1320	1540	1760	1980	2200	für alle Lampen

Lampenarten bezüglich der Wirtschaftlichkeit auch für die Stromkreise erhalten. Nur die Dauerbrandlampe tritt an die zweite Stelle zurück. Nach den Zahlen über die Lichtstärken für 1 *Kilowatt* ist klar, daß man in Wechselstrom- oder Drehstromnetzen Bogenlampen mit reinen Kohlen nur dann anwenden wird, wenn Flammen-Bogenlampen wegen des farbigen Lichtes ausgeschlossen sind.

94.  
Kosten der  
Kohlenstifte.

Die durch den Verbrauch an Kohlenstiften guter Fabrikation entstehenden Nebenkosten stellen sich bei Lampen mit reinen Kohlen auf rund 0,2 Pfennige für das *Ampere* und die Stunde; für kleine Stromstärken und kurze Kohlenstifte (kurze Brenndauer) etwas höher, für große Stromstärken und lange Brenndauer etwas niedriger. Flammen-Bogenlampen ergeben nahezu die doppelten Nebenkosten für den Verbrauch an Kohlenstiften.

95.  
Verwendung  
der  
Bogenlampen.

Die Verwendung aller Bogenlampen beschränkt sich naturgemäß auf die Fälle, wo intensive Lichtquellen überhaupt zulässig sind. Für weiche und intime Innenbeleuchtung eignen sie sich durchweg nicht. Außerdem hat man bezüglich dekorativer Wirkung sorgfältig auf die Farbe des Bogenlichtes Rücksicht zu nehmen. Räume, die bei Tageslicht und bei künstlichem Licht benutzt werden und farbig dekoriert sind, dürfen nur durch Bogenlampen mit reinen Kohlen beleuchtet werden. Wenigstens sollte, wenn man fatale Ueberraschungen vermeiden will, die Wirkung von Flammen-Bogenlampen vorher bei voller Lichtwirkung ausprobiert werden.

Daß die Gesamtbeleuchtung umso gleichmäßiger wird, je mehr und dementsprechend je kleinere Lichtquellen verwendet werden, während die Bedienungsarbeit proportional und das Anlagekapital nahezu proportional mit der Lampenzahl wächst, braucht wohl kaum erwähnt zu werden. Wegen der Verwendung für Innenräume halte man sich vor Augen, daß die Helligkeit auch der besten Bogenlampe mit reinen Kohlen gelegentlich etwas zuckt. Man sei deshalb für gute Theater und Konzertsäle, insbesondere für Vortragsäle vorsichtig. Zuckende Bogenlampen stören die Aufmerksamkeit sehr. In Vortragsälen, welche für Projektionszwecke und dergl. häufig verdunkelt werden müssen, sind Bogenlampen jeder Art un verwendbar, da sie beim Wiederanbrennen fast immer kurze Zeit mehr oder weniger flackern. Man denke auch daran, daß Bogenlampen der Bedienung bedürfen. Die Kohlenstifte müssen regelmäßig ersetzt, und die Werke müssen von Zeit zu Zeit gereinigt, auch wohl nachreguliert werden. Bei unregelmäßiger Brenndauer können unter Umständen die Kohlenstifte nicht bis auf den üblichen Rest von 40 bis 50 mm aufgebraucht werden, da eine längere Brenndauer von schon stark abgebrannten Kohlen nicht mehr ohne Unterbrechung geleistet werden kann. Es ist selbstverständlich, daß die Bogenlampenaufhängung derart eingerichtet sein muß, daß die Lampen zum Zweck des Kohlenersatzes u. f. w. leicht in erreichbare Höhe herabgelassen werden können.

96.  
Deckenreflex-  
Beleuchtung.

Für Deckenreflex-Beleuchtung oder sog. indirekte Beleuchtung oder Erhellung (siehe das nachfolgende Kapitel), die eine möglichst gleichmäßige schattenlose Erhellung erzielen soll, wendet man nicht selten Bogenlampen an, deren Licht ausschließlich an die Decke geworfen und von dieser gleichmäßig verteilt den Arbeitsplätzen zugeführt wird. Häufig werden hierbei Gleichstrom-Bogenlampen verwendet, deren positive Kohle unter der negativen steht, um die größte Lichtmenge unmittelbar an die Decke zu werfen. Sie haben 2 bis 5 *Volt* mehr Spannung als die normalen Lampen mit obestehender positiver Kohle und diesen gegenüber den gerade in diesem Falle sehr störenden Nachteil, daß sie weniger ruhig zu brennen pflegen

als Lampen mit normaler Kohlenstellung. Die Lichtverluste bei der Deckenreflex-Beleuchtung sind naturgemäß wegen der mehrfachen diffusen Reflexion sehr bedeutend. Man erreicht eine gute Beleuchtung für Zeichenfäle mit 35 bis 40 *Hefner*-Kerzen für 1 qm Fußbodenfläche, also z. B. bei Verwendung je einer Gleichstromlampe von 8 bis 10 *Ampere* mit obenstehender positiver Kohle auf etwa je 20 bis 25 qm Fußbodenfläche bei 4 bis 5 m Raumhöhe und 3 bis 4 m Höhe des Lichtpunktes. (Vergl. Tabelle I, S. 76.) Verwendung von Wechselstromlampen ist auch bei 50 Perioden wegen des Flimmerns der Lampen für diesen Zweck nicht ganz unbedenklich. Flammen-Bogenlampen sind wegen des zu unruhigen Brennens so gut wie ausgeschlossen.

Je höher über der zu beleuchtenden Fläche (Bodenfläche u. f. w.) bei der gewöhnlichen direkten Beleuchtung die Bogenlampen angebracht werden, umso gleichmäßiger wird die Erhellung, und umso weniger beeinträchtigt das Blenden der Lampen den Eindruck der Helligkeit. Bei einer größeren Zahl gleichmäßig über einer Fläche verteilter Lampen ist, solange die Höhe der Lampen relativ klein bleibt gegen die Abmessungen der zu erhellenden Fläche, die gesamte der Fläche zugeführte Lichtmenge nahezu unabhängig von der Lampenhöhe. Nur die Lichtmenge, die über den Rand der Fläche hinausfällt, geht für die Fläche verloren, und diese Lichtmenge wird allgemein umso geringer und wächst mit der Lampenhöhe relativ umso langsamer, je größer die Fläche ist. Auch in beiderseits bebauten Strafen mittlerer Breite mit Häuserfronten in nicht zu dunklen Farbentönen ändert sich die empfundene Helligkeit bei weitem nicht etwa umgekehrt proportional dem Quadrat der Lampenhöhe — einmal wegen der Reflexion an den Häuserwänden und ferner, weil die höher hängenden Lampen weniger blenden. Anders ist es selbstverständlich, wenn bei einseitiger oder ganz fehlender Bebauung die Reflexion zum Teil oder ganz wegfällt.

Als erster Anhalt mögen folgende Zahlenangaben gelten. Ist  $L$  die mittlere hemisphärische Lichtstärke der verwendeten Bogenlampen in *Hefner*-Kerzen, so soll die Höhe des Lichtpunktes über dem Fußboden in Metern mindestens  $2 + \frac{L}{400}$  und höchstens  $4 + \frac{L}{300}$  etwa betragen. Diese Regel ist im Freien sowohl wie für Innenräume brauchbar. Eine Bogenlampe von z. B. 1000 HK soll also 4,50 bis 7,30 m hoch angebracht werden.

Auf großen freien Plätzen, auch für Fabrikhöfe und dergl., erhält man mit Lampen von 2000 bis 3000 HK und  $1 \frac{\text{HK}}{\text{qm}}$  schon eine brauchbare Verkehrsbeleuchtung. Mehr ist besser! Für parkartig angelegte Plätze nehme man Lampen von 1200 bis 2500 HK, rechne etwa  $1,5 \frac{\text{HK}}{\text{qm}}$  und verwende, um den natürlichen Farbeindruck möglichst zu erhalten, Lampen mit reinen Kohlen, falls dies nicht zu teuer wird. Restaurants im Freien in parkartiger Umgebung erfordern 2 bis  $3 \frac{\text{HK}}{\text{qm}}$  und Lampen von nicht mehr als 2000 HK. Glühlampengruppen daneben an intimen Plätzen erhöhen sehr den Eindruck der Behaglichkeit.

Für Strafenbeleuchtung sind Bogenlampen von etwa 2000 bis 3000 HK in einem Abstände von 60 bis 80 m geeignet. Im einzelnen sollten stets Probe-

97.  
Höhe der  
Bogenlampen  
über dem  
Fußboden.

98.  
Lichtstärke  
und  
Lampenzahl  
für einige  
Zwecke.

beleuchtungen entscheiden, wenn nicht nach gut passenden Vorbildern gearbeitet werden kann.

In Bahnhofshallen verwende man Lampen von 1500 bis 2000 HK, und zwar unbedenklich Flammen-Bogenlampen, und rechne 3 bis  $4 \frac{\text{HK}}{\text{qm}}$ . Dies erscheint hoch gegriffen. Man darf aber nicht vergessen, dafs hier wegen der stets beruften Decken und Wände auf erhebliche Reflexion kaum gerechnet werden darf.

Für Markthallen (heller Anstrich) sind, um die Farben der Waren beurteilen zu können, Lampen mit reinen Kohlen den Flammen-Bogenlampen vorzuziehen. Bei einer Lichtstärke der Einzellampen von 1000 bis 1500 HK sollten nicht weniger als  $4 \frac{\text{HK}}{\text{qm}}$  gerechnet werden. Trotzdem wird man an vielen Verkaufsständen mit Glühlampen nachhelfen müssen.

Auch für andere Innenräume (Läden, Restaurants, Versammlungsräume) sind Flammen-Bogenlampen wegen Farbe und Unruhe des Lichtes nicht unbedenklich, ebenso Lichtquellen von mehr als 1000 HK. Man rechne 5 bis  $10 \frac{\text{HK}}{\text{qm}}$ . Schau-

fenster sollte man mit Bogenlicht nur von aufsen, von der Strafsse aus, beleuchten. Unter allen Umständen ist für einen bestimmten Beleuchtungszweck, für dessen Erreichung Vorbilder nicht zur Hand sind, eine eingehende Probe sehr zu empfehlen. Die liefernde Firma macht sie meistens gegen geringe Vergütung.

99. Bezüglich der zu den Bogenlampen zu zählenden Quecksilberlampe mögen folgende orientierende Bemerkungen genügen. Ihr Stromverbrauch ist im Vergleich mit Glühlampen gleicher Helligkeit gering, zur Zeit etwa nur knapp die Hälfte desjenigen der besten Metallfaden-Glühlampen. Da aber in dem intensiv blaugrünen Lichte der Quecksilberlampen z. B. Fleischtöne geradezu leichenhaft aussehen, so ist ihre Verwendung auf Gelegenheiten beschränkt, wo dergleichen ertragen werden kann. Fabriken und Werkstätten dürften unter Umständen in Frage kommen. Einen Nebenverbrauch aufser dem Stromverbrauch etwa an Kohlen wie die Bogenlampen hat die Quecksilberlampe nicht. Ihre Lebensdauer scheint sehr grofs zu sein. Das Licht soll die Augen nicht angreifen.

Quecksilber-  
lampen.

100. In allen elektrischen Glühlampen wird ein faden- oder stabförmiger fester Körper vom Widerstand  $w$  durch den Strom  $i$  zum Glühen gebracht. Die in 1 Sekunde erzeugte Wärmemenge ist für jedes erwärmte Material gleich  $0,24 i^2 w$  Grammkalorien. Da die Stromstärke, um mit kleinen Leitungsquerschnitten auszukommen, klein gehalten werden mufs, so führt die Forderung eines grofsen Widerstandes  $\left(w = s \frac{l}{q}\right)$  ohne weiteres auf die Fadenform des Glühkörpers.

Glühlampen.

Allgemein wird von der verbrauchten elektrischen Leistung ein umfo gröfserer Bruchteil in Licht umgesetzt, je höher die Temperatur des strahlenden Körpers ist. Diese mufs aber, damit der Glühkörper die zugeführte Wärmemenge an die Umgebung wieder abgeben kann, umfo höher sein, je schlechter die Umgebung die Wärme ableitet. Da nun gasförmige Körper sowohl durch ihre reine Wärmeleitung, wie auch durch Uebertragung der Wärme durch Strömung die Wärmeabgabe begünstigen, so schliesst man (die *Nernst*-Lampe ausgenommen) die leuchtenden Fäden der Glühlampen in Glashüllen ein, pumpt die Luft so vollständig wie möglich aus und schmilzt die Glashüllen zu. Man erreicht dadurch

zugleich den Vorteil, daß die glühenden Fäden nicht mit dem Sauerstoff der Luft verbrennen können.

Glühlampen werden in den weitaus meisten Fällen nach der verfügbaren Betriebsspannung ausgewählt und eine wie die andere an die Leitungen angeschlossen (Parallelschaltung). Paarweise oder auch dreifache Hintereinanderschaltung kommt nur in Frage, wenn die gewünschte Lampenart bis zur Höhe der Betriebsspannung nicht hergestellt werden kann (Metallfadenlampen). Alsdann verlöschen beim Durchbrennen einer Lampe auch die übrigen derselben Reihe. Etwa erforderliche Vorschaltwiderstände (*Nernst-Lampe*) sind in den Lampenfassungen untergebracht.

Man hat zu unterscheiden zwischen der Kohlenfaden-Glühlampe, der *Nernst-Lampe* und den Metallfaden-Glühlampen (Osmiumlampe, Tantallampe und Osram-[Wolfram-]lampe).

Die Kohlenfadenlampe enthält einen Faden aus reiner Kohle. Baumwolle wird nitriert, zu einem Brei gelöst, in Fäden der gewünschten Form von etwa 0,2 bis 0,4 mm Durchmesser gepreßt, getrocknet und durch Denitrierung in reine Baumwolle wieder übergeführt. Die Fäden sind dicht, elastisch und durchsichtig. Sie werden durch viele Stunden langes Glühen unter Luftabschluß bei etwa 2000 Grad in Kohle übergeführt, mit den Enden in geeigneter Weise an dünnen Platindrähten befestigt, die durch einen Glassockel hindurch eingeschmolzen sind, und in Gegenwart schwerer Kohlenwasserstoffe gegläht, deren Kohle sich auf und in den porösen Kohlenfäden ausscheidet, sie dicht und fest und ihren Widerstand gleichmäßig macht. Ueber den Faden werden die zunächst noch mit einem dünnen Glasrohr versehenen bekannten Glasbirnen am Glassockel angegeschmolzen, ausgepumpt, zugeschmolzen und mit Hilfe von Gipsgemischen in einem Fuß befestigt, der mit Kontakten für die Stromzuführung versehen ist. Das bequeme Einsetzen und Auswechseln der Lampen in den an den Zuleitungen befestigten Fassungen mit und ohne Auschalter ist bekannt.

Kohlenfadenlampen werden für rund 4 Volt zum Gebrauch als Tafchenlampen in Verbindung mit kleinen Trockenelementen und Akkumulatoren, für Lichtenanlagen in allen nahe um 110 und um 220 Volt liegenden Spannungen fabriziert. Die vorzugsweise hergestellten Lichtstärken sind 5, 10, 16, 20, 25, 32, 50 und 100 *Hefner-Kerzen*. Die im Handel befindlichen Formen der Glashüllen, ihre Färbungen u. f. w. sind außerordentlich mannigfaltig und jeder denkbaren Verwendung angepaßt. Nach durchschnittlich etwa 800 Brennstunden (Lebensdauer) brennen die Kohlenfäden infolge Zerstäubung durch. Inzwischen hat die Lichtstärke um 20 Vomhundert und mehr abgenommen, und die Glasbirnen haben sich infolge zerstäubter Kohlenpartikelchen mehr oder weniger geschwärzt. Der Einkaufspreis beträgt für Lampen bis zu 32 Kerzen 40 bis 50 Pfennige.

Die Kohlenfaden-Glühlampe verbraucht wesentlich unabhängig von ihrer Lichtstärke rund 3 Watt für die *Hefner-Kerze*, liefert also rund 330 HK für 1 Kilowatt - 1000 Watt Leistung, unabhängig davon, ob sie mit Gleichstrom oder mit Wechselstrom betrieben wird. Sie flimmert beim Brennen mit Wechselstrom nicht. Die Temperatur des Fadens beträgt 1600 bis 1800 Grad. Versuche, die Lampen bei höherer Temperatur und daher besserer Oekonomie zu brennen, scheitern am Verkürzen der Lebensdauer und an der zu schnellen Abnahme der Lichtstärke.

Der Widerstand  $w$  des Kohlenfadens sinkt bei steigender Temperatur erheblich. Wenn nun die Betriebsspannung  $k$  schwankt, so schwankt die Stromstärke

101.  
Kohlenfaden-  
lampen.

*Kohlenfaden*

$i = \frac{k}{w}$  stärker als die Spannung, weil mit steigender Spannung und daher steigendem Strom zugleich der Widerstand abnimmt. Die Lichtstärke der Kohlenfadenslampe schwankt daher 3- bis 4mal stärker als die Spannung, und die Lampe ist also für Spannungsschwankungen ganz besonders empfindlich. Ist die Spannung nur um einige Vomhundert durchschnittlich höher als diejenige, für welche die Lampe konstruiert ist, so nimmt überdies die Lebensdauer der Lampe bedeutend ab. Es empfindet sich sehr, Kohlenfaden-Glühlampen gegen neue auszuwechseln, sobald ihre Helligkeit wesentlich nachgelassen hat, was man bei Tageslicht am inneren grauen Kohlenfadenüberzug leicht erkennt. Eine sechzehnkerzige Lampe verbraucht  $16 \times 3 =$  rund 50 Watt, also in 800 Brennstunden rund 40 Kilowatt-Stunden, die bei dem üblichen mittleren Einheitspreise von 50 Pfennig rund 20 Mark kosten. Demgegenüber spielt der für rund 50 Pfennige erhältliche Lampenersatz keine wesentliche Rolle, besonders wenn man berücksichtigt, daß die Lichtstärke der Lampe in 800 Stunden um 20 bis 30 Vomhundert abnimmt. Einige deutsche Elektrizitätswerke ersetzen daher, um das Ansehen des von ihnen gelieferten Lichtes nicht durch halbverbrauchte Lampen zu schädigen, Lampen, welche über einen gewissen Grad in der Lichtstärke nachgelassen haben, ihren Abnehmern kostenlos.

102.  
Nernst-Lampen.

Die bereits länger bekannte Tatsache, daß Körper, wie Porzellan und Glas, die bei gewöhnlicher Temperatur gute Isolatoren sind, bei hohen Temperaturen den elektrischen Strom elektrolytisch leiten, brachte *Nernst* auf den im Jahre 1897 veröffentlichten Gedanken, Stäbchen aus einer porzellanartigen Masse, die aus Mischungen von Porzellanerde unter Zusatz von Magnesia und den Oxyden des Zirkons, des Thors u. f. w. gebrannt war, als Glühkörper zu verwenden. Da die Stäbchen am Sauerstoff der Luft nicht verbrennen und die Lampenkonstruktion die Anwendung des Vakuums verbietet, so glühen die Stäbchen im luftgefüllten Raum. Trotzdem ist die Wirtschaftlichkeit der *Nernst*-Lampe bedeutend besser als diejenige der Kohlenfaden-Glühlampe, da die *Nernst*-Stäbchen eine wesentlich höhere Temperatur, nämlich 1900 bis 2200 Grad, ertragen.

Damit die elektrolytische Leitung der *Nernst*-Stäbchen beginnt, müssen sie auf 600 bis 700 Grad vorgewärmt werden. Bei den zuerst in den Handel gebrachten Lampen geschah dies von Hand durch eine Spiritusflamme. Die heutigen *Nernst*-Lampen werden nach dem Einschalten der Lampe selbsttätig vorgewärmt. Der Wärmkörper besteht aus einer feinen, auf ein Porzellanstäbchen aufgewickelten und mit Glasur überzogenen Platinspirale. Das Stäbchen wird in einer Spirale von 6 bis 10 mm Durchmesser in 6 bis 10 Windungen um den Glühkörper geführt oder befindet sich in Zickzackform darüber. Beim Einschalten der Lampe glüht zunächst der Wärmkörper. Sobald der Glühkörper leitend wird, also die Lampe anbrennt, schaltet die Lampe den Wärmkörper selbsttätig aus. Vom Einschalten bis zum Anbrennen der Lampe vergehen 15 bis 30 Sekunden. Neuerdings werden auch Lampen geliefert, die während der Zeit des Anwärmens ein besonderes kleines Lämpchen für provisorische Beleuchtung einschalten und mit dem Wärmkörper wieder ausschalten.

Da der Widerstand des *Nernst*-Stabes wie derjenige des Kohlenfadens mit wachsender Temperatur auch im Glühzustande noch stark abnimmt, so befindet sich im Lampenfuss ein Vorschaltwiderstand aus Eisendraht, der die Widerstandsabnahme des Glühkörpers ausgleichen soll. Trotzdem sind die Glühkörper bezüglich ihrer Lebensdauer ziemlich empfindlich für Spannungsschwankungen, besonders auf zu hohe

Spannung. Die mittlere Lebensdauer soll bei gut konstanter Spannung 300 bis 400 Brennstunden betragen. Aus der Praxis wird sie nicht selten bedeutend geringer bewertet. Während der Lebensdauer der Glühkörper sinkt ihre Lichtstärke allmählich um 20 bis 30 Vomhundert. Der anfängliche Verbrauch beträgt etwa 1,5, der schliessliche rund 2 *Watt* für 1 *Hefner*-Kerze gleichmäfsig für Gleichstrom und für Wechselstrom. Bei einem mittleren Verbrauch von 1,75 *Watt* für die *Hefner*-Kerze liefert die *Nernst*-Lampe also rund 540 *Hefner*-Kerzen für 1 *Kilowatt*, tritt somit bereits in Wettbewerb mit den weit gröfseren Lichtquellen der Bogenlampen mit reinen Kohlen. Dabei ist die Lichtabsorption in der mattierten Glasglocke der *Nernst*-Lampe mit eingerechnet. Die Glasglocke ist unentbehrlich, da der Glühkörper ohne eine solche sehr intensiv blendet.

Die *Nernst*-Lampen werden für etwa 25 bis 200 *Hefner*-Kerzen und für 110 und 220 *Volt* und für höhere Spannungen konstruiert. Letzteres ist neben der bedeutend besseren Oekonomie ein Vorteil, da andere Glühlampen für mehr als 220 *Volt* nicht geliefert werden können. Die *Nernst*-Lampen sind ausserdem geeignet, die Kluft zwischen den üblichen Lichtstärken der Fadenglühlampen und denjenigen der kleinen Bogenlampen zu überbrücken. Ein Nachteil ist ihre im Verhältnis zu den Fadenslampen verwickelte Konstruktion, die gelegentlich zu Störungen führt, und der Umstand, dafs sie zwischen Einschalten und Brennen der Vorwärmungszeit bedürfen. Die Lampen kosten etwa 3 Mark, der Ersatz eines durchgebrannten Glühkörpers etwa 65 Pfennige. Die Gröfse einer *Nernst*-Lampe übertrifft diejenige einer Kohlenfadenslampe nicht erheblich.

Die Metallfaden-Glühlampen sind seit Ende des Jahres 1902 folgeweise in den Handel gebracht. Als Metalle kamen bisher Osmium, Tantal und Wolfram zur Anwendung. Sie haben bedeutend höhere Schmelzpunkte als Platin, welches als Faden einer Glühlampe auffallend rasch zerstäubt, und ertragen Temperaturen von 2200 Grad und mehr. Sie geben daher bedeutend bessere Lichtausbeute als die Kohlenfadenslampe und zum Teil selbst als die *Nernst*-Lampe. Ein grofser Vorteil der Metallfäden als Glühkörper liegt darin, dafs ihr Widerstand  $w$  mit steigender Temperatur zunimmt entgegen dem Kohlenfaden und dem *Nernst*-Körper. Steigt die Betriebsspannung  $k$ , so wächst  $\left(i = \frac{k}{w}\right)$  der Strom  $i$  langsamer als die Spannung, da mit der durch den zunehmenden Strom  $i$  gesteigerten Temperatur auch der Widerstand  $w$  zunimmt. Infolgedessen sind die Metallfadenslampen in Helligkeit und Lebensdauer bedeutend weniger von den Betriebschwankungen der Spannung abhängig als die Kohlenfadenslampe und die *Nernst*-Lampe. Lichtstärke und Oekonomie der Metallfadenslampen scheinen während ihrer Lebensdauer nicht merklich abzunehmen, nach den bisherigen Angaben nur um wenige Vomhundert.

Schaltet man eine Metallfadenslampe und eine Kohlenfadenslampe gleichzeitig ein und wieder aus, so fällt stark in die Augen, dafs die Metallfadenslampe schneller ihre volle Helligkeit erreicht und beim Ausschalten wesentlich kürzere Zeit nachglüht als die Kohlenfadenslampe. Dies hat seinen Grund darin, dafs einmal die spezifische Wärme der in Frage kommenden Metalle mehrfach kleiner ist als diejenige der Kohle, dafs ferner die Metallfäden Durchmesser zwischen 0,1 und 0,05 mm besitzen, und daher eine verhältnismäfsig zu ihrem Querschnitt bedeutend gröfsere Oberfläche als die Kohlenfäden von 0,2 mm und mehr Durchmesser haben, und dafs endlich ihr Wärmeleitungsvermögen gröfser ist. Sie nehmen daher den bei ihrer



Glühtemperatur vorhandenen geringeren Wärmeverrat schneller auf, geben ihn aber auch schneller wieder ab als die Kohlenfäden. Die praktische Folge davon ist die, daß die Metallfäden auch auf Schwankungen in der Wärmezufuhr empfindlicher reagieren als Kohlenfäden. Bei Wechselstrom von 50 Perioden brennen beide Lampenforten ruhig. Bei 25 Perioden flimmern Metallfäden schon stark, Kohlenfäden nicht. Wenn daher aus besonderen Gründen, insbesondere wegen des Betriebes von Motoren, unter Umständen Wechselstrom oder Drehstrom von 25 Perioden verwendet wird, so liefert dieser in den Kohlenfadenlampen und *Nernst*-Lampen durchaus brauchbares Licht, dagegen in Metallfadenlampen und Bogenlampen nicht.

Ueber die Vorgänge bei Herstellung der Metallfäden ist bisher wenig in die Öffentlichkeit gedrungen. Der Faden der Osmiumlampe ist mechanisch nicht besonders widerstandsfähig, derjenige der Tantallampe und der Osramlampe dagegen sehr. Die Metallfäden glühen sämtlich im luftleeren Raum und sind ähnlich befestigt und montiert und werden ebenso mit den Lampenfassungen verbunden wie die Kohlenfäden.

104.  
Osmium-  
lampen.

Die Osmiumlampe aus dem Jahre 1902 besitzt einen oder zwei hintereinandergeschaltete Osmiumfäden von etwa 0,1 mm Durchmesser und je 120 bis 140 mm Länge. Da die Fäden beim Glühen ein wenig erweichen, so werden sie in ihrer Mitte noch einmal von der Glasbirne aus durch Stäbchen gestützt und verlangen lotrechte Stellung der brennenden Lampe. Die Lampen werden hauptsächlich für rund 55 Volt (bei 110 Volt Netzspannung 2 Lampen hintereinander) und für rund 73 Volt (bei 220 Volt 3 hintereinander) fabriziert. Ihr Verbrauch ist rund 1,5 Watt für die *Hefner*-Kerze; sie geben also rund 670 *Hefner*-Kerzen für 1 Kilowatt. Ihre Lebensdauer beträgt rund 1000 Brennstunden, ihr Preis etwa 4 Mark. Sie sind zur Zeit durch die nachfolgenden Lampen technisch überholt.

105.  
Tantallampen.

Die Tantallampe stammt etwa aus dem Jahre 1904 und hat einen Faden aus Tantalmetall, der durch Schmelzen und Ziehen aus Tantalpulver gewonnen wird und zunächst sehr hart und elastisch ist. Für 110 Volt und 25 *Hefner*-Kerzen hat der Faden etwa 650 mm Länge und 0,05 mm Durchmesser. Er ist in 22 Strecken von etwa 30 mm Länge auf einem System von je 11, bzw. 12 gegeneinander versetzten, im Kreise strahlenförmig angeordneten Tragarmen befestigt. Trotz dieser scheinbar verwickelten Anordnung ist die Lampe recht widerstandsfähig. Der Faden verträgt ohne Schaden Ueberspannungen von einem Betrage, wie sie im normalen Betriebe nicht vorkommen. Durch das Glühen verändert sich mit der Zeit die Fadenstruktur, und der Faden verliert an Festigkeit. Eine längere Zeit gebrauchte Lampe verträgt das Verformen nicht. Wechselstrom ertragen die Lampen nur kurze Zeit.

Tantallampen werden für Lichtstärken von 8 bis 50 *Hefner*-Kerzen für bisher höchstens 110 Volt gebaut, haben etwa 800 Brennstunden Lebensdauer und kosten zur Zeit etwa 3 Mark. Ihre Oekonomie beträgt bei kleineren Lichtstärken  $2,1$  bis  $2,3 \frac{W}{HK}$ , von 16 *Hefner*-Kerzen an nur rund 1,5 Watt für die *Hefner*-Kerze; sie geben also rund 460 bis 670 *Hefner*-Kerzen für das Kilowatt. Bei der Verteilung der gesamten Lichtausstrahlung auf den sehr langen Faden blenden sie verhältnismäßig wenig.

106.  
Osramlampen.

Die Osramlampe enthält, soviel bekannt ist, einen Faden aus Wolframmetall. Sie ist im Jahre 1906 in den Handel gekommen und infolge ihrer hervorragenden Eigenschaften sofort so stark begehrt worden, daß die Fabrikation auch jetzt noch,

im Anfang des Jahres 1907, die Nachfrage kaum befriedigen kann. Da Wolfram genügend vorhanden ist, so ist anzunehmen, daß der Lampenpreis von jetzt 3 Mark in absehbarer Zeit bedeutend sinken wird. Sie wird zur Zeit in Lichtstärken von 32 bis 100 *Hefner*-Kerzen für Spannungen von rund 110 *Volt* und in Form der Kohlenfaden-Glühlampen fabriziert, aber mit 4 hintereinander geschalteten Fäden von je etwa 140 mm Länge. Sie hat etwa 1000 Brennstunden Lebensdauer und verbraucht nur rund 1,1 *Watt* für die *Hefner*-Kerze, liefert also rund 900 *Hefner*-Kerzen für 1 *Kilowatt*. Demnach tritt sie mit allen Bogenlampen geringer Lichtstärken in erfolgreichen Wettbewerb, überflügelt sie sogar schon jetzt zum Teil erheblich. Auch gegenüber dem besten Glasglühlicht kommt sie wesentlich in Frage.

Die ganze Entwicklung der Metallfaden-Glühlampen befindet sich ohne Zweifel noch in ihrer Anfangsstufe und läßt für die Zukunft noch bedeutende Fortschritte erhoffen.

Im Farbenton des Lichtes entspricht die am rotesten brennende Kohlenfadenlampe am meisten einem Bedürfnis nach warmen Beleuchtungsstönen. Auch die *Nernst*-Lampe und die Metallfadenlampen liefern noch bedeutend weniger blaue Strahlen als das Tageslicht. Sie entsprechen im Farbenton etwa einem guten Gasglühlicht. Für sämtliche Glühlampen kann man durchweg sagen: je schlechter die Oekonomie, umso wärmer der Ton; denn höhere Temperatur liefert allgemein mehr Licht und weißeres Licht.

Bezüglich der Verwendung von Glühlampen ist zunächst zu bemerken, daß die beim Bogenlicht allgemein bestehende Regel (vergl. Tabelle I, S. 76): »je größer die Lichtquelle, umso besser die Oekonomie,« für Glühlampen nicht zutrifft. Die Zahl der für 1 *Kilowatt* erzeugbaren *Hefner*-Kerzen ist in den weitesten Grenzen von der Stärke der Lichtquellen unabhängig. Nur kleine Tantallampen brennen unwirtschaftlicher als große. Die vermehrte Unterteilung einer gesamten für einen Raum geforderten Lichtmenge mit dem Zweck, die Lichtverteilung gleichmäßiger zu machen oder auch starke Lichtquellen wegen des Blendens zu vermeiden, ist also für Glühlicht nicht mit einer Vermehrung des Betriebsstromes verbunden. Nur die Anlagekosten erhöhen sich mit der Vermehrung der Lichtquellen, und zwar meistens stärker wegen der Kosten der Beleuchtungskörper (Kronen, Wandarme u. f. w.) als wegen der Vermehrung der zu verlegenden Leitungen und der Montagekosten. Denn da bei vermehrter Unterteilung in einem gegebenen Raum die Einzellampen schon aus dekorativen Gründen auch wieder mehr in Gruppen zusammengefaßt werden müssen, so wächst die Länge der Zuleitungen bei weitem nicht proportional mit der Lampenzahl.

Für viele Zwecke, z. B. für Gemädegalerien, für Vortragstische, in denen Versuche gezeigt werden u. f. w., empfiehlt es sich sehr, die Glühkörper gegen die Zuschauer abzublenden. Die subjektive Wirkung der Lichtquellen wird dadurch beträchtlich vermehrt und der Ermüdung der Augen vorgebeugt. Die abblendenden Schirme brauchen kaum so groß zu sein wie die Birne der Lampen. Sie stören im Aussehen durchaus nicht.

Bestimmte Regeln für die Zahl der für eine gegebene Bodenfläche oder einen gegebenen Inhalt von Innenräumen erforderlichen Glühlampen zu geben, ist kaum möglich. Besondere Wünsche und Zwecke der Bewohner, Farbe der Wände und der Decken, Farbe und Oberflächenbeschaffenheit der Dekorationen und Möbel u. f. w. machen dergleichen allgemeine Regeln illusorisch. Als erster Anhalt möge folgendes dienen.

107.  
Farbe der  
Glühlampen.

108.  
Verwendung  
der  
Glühlampen.

109.  
Zahl und  
Verteilung  
der  
Glühlampen.

Eine sehr gute Beleuchtung, auch noch in 10 m hohen Räumen, erhält man, wenn man für 1 qm Bodenfläche 10 *Hefner*-Kerzen rechnet, besonders wenn man die Lampen mit den Kohlenfäden nach unten kehrt und halbe Glocken von weißem oder mattiertem Glase oberhalb der Lampen als Reflektoren anbringt. Derartige Glocken sind in den mannigfachsten Formen, auch gemustert, mattiert und farbig, im Handel. Müssen die Glocken unterhalb der Lampen angebracht werden, damit das Auge nicht durch den Kohlenfaden selbst geblendet wird, so nimmt die Bodenbeleuchtung umso mehr ab, je dunkler Wände und Decken in der Farbe sind und je mehr lichtverschluckende Stoffe (Sammet, Wollstoffe) zur Dekoration der Wände verwendet sind.

In Wohnräumen, Versammlungsräumen, Konzertsälen u. s. w. rechnet man für eine gute Allgemeinbeleuchtung wohl 3 bis 8 *Hefner*-Kerzen für 1 qm Bodenfläche je nach Höhe, Dekoration und Verwendung der Räume. Uebrigens können Lampen, die ihren Lichtstärken nach nicht von vornherein richtig bemessen sind, meistens ohne Aenderung der Leitungsquerschnitte gegen gleichartige Lampen passender Lichtstärken ausgewechselt werden. Man kann also in dieser Hinsicht auch in der fertigen Anlage noch in weiten Grenzen nachhelfen.

In Fabriken wird man im allgemeinen für jeden Arbeitsplatz eine Lampe zu rechnen haben; jedoch wird je nach der Art der Arbeit hier häufig die 8- oder 10kerzige Lampe eintreten können, besonders wenn die Gesamtbeleuchtung es gestattet, das Licht der Lampen durch mattweiß angestrichene Blechschirme dem Arbeitenden möglichst auf die Hand zu werfen. Einige Proben für den einzelnen Bedürfnisfall können hier allein entscheiden.

Glühlampen, welche im Freien brennen, erhalten eine zweite äußere weite Hülle aus starkem Glase, welche die eigentliche Lampenglocke selbst und die Fassung gegen Regen und Schnee schützt. Glühlampen, welche der mechanischen Zertrümmerung ausgesetzt sind, insbesondere transportable Lampen, erhalten zum Schutz leichte Drahtkörbe.

110.  
Vorichts-  
maßregeln  
in besonderen  
Räumen.

In Räumen, bezw. in Betrieben, in denen ätzende Gase und Dämpfe entstehen (auch Gärkeller gehören hierher), sind Bogenlampen nur in für diese Räume besonders konstruierten Modellen verwendbar. Glühlampen erhalten luftdicht schließende Ueberglocken über Birne und Fassung. Schalter liegen außerhalb der Lampen. Dasselbe gilt für alle Räume, in denen die Möglichkeit vorliegt, daß explosive Gase, Dämpfe oder Staubgemische die Lampen erreichen können. Sollen Fabrikationsräume für Explosivstoffe, Aetherkammern und dergl. künstliche Beleuchtung erhalten, so empfiehlt es sich, weder Lichtquellen, noch Leitungen, noch Auschalter in die Räume selbst zu legen. Man beleuchtet solche Räume am besten gänzlich von außen durch Fenster und Deckenlichter.

111.  
Vergleich  
der  
Oekonomie  
von  
Bogenlampen  
und  
Glühlampen.

Die verschiedenartigen Bogenlampen und Glühlampen sind in der nebenstehenden kurzen Tabelle II zusammengestellt.

Zu den direkten Betriebskosten tritt für die Glühlampen nur der Lampenersatz hinzu. Die Lebensdauer und die derzeitigen Kosten des Ersatzes sind bei Besprechung der einzelnen Lampen angegeben. Wahrscheinlich wird der Lampenersatz für die Metallfadenlampen in kurzer Zeit bedeutend billiger werden. Für die Bogenlampen treten die Kosten für die Bedienung (Erfetzen der Kohlenstifte und Reinhaltung der Lampen) und für den Verbrauch an Kohlenstiften hinzu. Letztere betragen nach Art. 94 (S. 78) für das *Ampere* und die Stunde für jede

Tabelle II.

		Uebliche Lichtstärken	<i>Hefner-Kerzen</i> <i>Kilowatt</i>
Glüh- lampen	Kohlenfadenlampe . . . . .	5—100	330
	<i>Nernst</i> -Lampe . . . . .	25—200	570
	Tantallampe . . . . .	8—50	460—670
	Osramlampe . . . . .	32—100	900
<i>Hefner-Kerzen</i> berechnet auf Hintereinanderschaltung <i>Kilowatt</i> bei 110 Volt Betriebsspannung.			
Bogen- lampen	Gleichstrom. Dauerbrand . . . . .	80—800	250—640
	Wechselstrom. Reine Kohlen . . . . .	140—800	450—750
	Wechselstrom. Flammenbogen. Kohlen übereinander	300—1050	860—1250
	Gleichstrom. Reine Kohlen . . . . .	200—2600	640—1650
	Gleichstrom. Flammenbogen. Kohlen übereinander	600—3000	1270—2400
	Wechselstrom. Flammenbogen. Kohlen geneigt . .	800—2500	1700—2600
Gleichstrom. Flammenbogen. Kohlen geneigt . .	1200—3400	2550—3600	
		<i>Hefner-</i> <i>Kerzen</i>	

Lampe mit reinen Kohlen rund 0,2 Pfennige, für Flammenbogenlampen rund 0,4 Pfennige. Die Stromstärken zu den Lichtstärken ergeben sich aus Tabelle I.

Die Einrichtung einer Beleuchtungsanlage bezüglich der Leitungen, ihrer Querschnitte, ihrer Verlegung, Verbindung und Sicherung, bezüglich der Schalttafeln, Schaltvorrichtungen u. f. w. ist ein außerordentlich großes Gebiet, welches hier nur kurz gestreift zu werden braucht. Viele elektrotechnisch sehr wichtige Fragen interessieren hier den bauenden Architekten gar nicht. Der »Verband deutscher Elektrotechniker« hat seit vielen Jahren die Regelung dieses Gebietes in die Hand genommen und sog. »Sicherheitsvorschriften« erlassen, die schon wiederholt den Bedürfnissen der fortschreitenden Praxis entsprechend umgearbeitet sind, und die in diesem Jahre unter der Bezeichnung »Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln« in einer wohl für längere Jahre gültigen Fassung erscheinen. Diese »Verbandsvorschriften«, wie sie weiterhin kurz bezeichnet werden mögen, sind von allen elektrotechnischen Kreisen, Fabrikanten, Elektrizitätswerken, Installateuren u. f. w., in der Rechtsprechung und von den Behörden in Deutschland als durchaus und allein maßgebend anerkannt. Bezüglich aller Einzelfragen möge also auf diese »Verbandsvorschriften« verwiesen werden. Ueber die durch diese festgesetzten Vorsichtsmaßregeln hinaus machen eine Anzahl von Elektrizitätswerken den Anschluß von Leitungsanlagen an ihre Betriebsmittel leider noch von der Erfüllung besonderer Vorschriften abhängig.

Der Architekt kann weder die »Verbandsvorschriften«, noch die Sonderbestimmungen der Elektrizitätswerke kennen. Wenn er eine elektrische Beleuchtungsanlage einzurichten hat, so trägt er am einfachsten Zahl, Ort und Stromstärke bei Bogenlampen, Lichtstärke und Lampenart bei Glühlampen in einen Plan ein und macht vorläufige Angaben über die Art der für die einzelnen Räume gewünschten Leitungsverlegung und die Schaltbarkeit der Lampen. Soll die Anlage an das Verteilungsnetz einer Zentrale angeschlossen werden, so fordert er eine Anzahl von der Zentrale anerkannte Installationsgeschäfte zur Abgabe eines Angebotes

112.  
Verbands-  
vorschriften.

113.  
Verfahren  
bei einer  
Lichtanlage;  
Anschluß an  
eine  
Zentrale.

auf und stellt ihnen zugleich anheim, Abänderungsvorschläge auf Grund ihrer Erfahrungen nach vorheriger Rücksprache zu machen. Vor Ausarbeitung des Kostenanfehlagcs werden die Orte für das Anbringen des Zählers, der Hauptfehalttafel, etwaiger Verteilungsfehalttafeln, der Ausfehalter und Sicherungen an Ort und Stelle verabredet und genau der Verlauf und die Befestigungsart der Leitungen vereinbart. Für Schalttafeln und alle Nebenvorrichtungen (Sicherungen, Schalter, Steckkontakte, Schnurleitungen, Bogenlampen, Fassungen für die Glühlampen u. f. w.), sowie für das Befestigungsmaterial der Leitungen werden Proben vorgelegt und vereinbart. Wegen der zu verwendenden Beleuchtungskörper (Kronen, Wandarme u. f. w.) läßt sich der Architekt vorher vom Installateur bestätigen, daß sie für das Anbringen elektrischer Beleuchtung geeignet sind und keine besonders hohen Installationskosten verursachen. Für besonders zu entwerfende künstlerische Ausführungen ist es sehr wichtig, wegen der Möglichkeit, die Zuleitungen billig anzubringen, vorher den Rat eines erfahrenen Installateurs zu hören. Im Kostenanfehlagc pflegt der Installateur die Leitungen nach Länge, Querschnitt und Isolationsart und das Befestigungsmaterial nach der zu verwendenden Stückzahl anzugeben, sich aber die Freiheit zu wahren, in der Rechnung das wirklich verbrauchte Material anzufetzen. Man vereinbare, daß in allen nach Maß und Stückzahl vorher nicht ganz genau überfehbbaren Posten die Rechnung den Anfehlag nicht um mehr als 5 Vomhundert überschreiten darf, und vergebe die Anlage nur, wenn diese Bedingung ausdrücklich angenommen ist. Die Kosten für Montage, Arbeitshilfe, Gerüste sollten im Anfehlagc nicht »geschätzt« oder nach Stundenätzen auf Grund der geschätzten Arbeitszeit veranschlagt, sondern zu einer festen Summe vom Installateur übernommen werden. Der Installateur hat die Gewähr dafür zu leisten, daß das Elektrizitätswerk die fertige Anlage abnimmt und anschließt, bezw. daß er alle vom Elektrizitätswerk gerügten Mängel auf seine Kosten binnen einer festgesetzten Frist abstellt. Die dem Elektrizitätswerk zu entrichtenden Gebühren für Prüfung und Abnahme der Anlage sind in den Kostenanfehlag aufzunehmen. Der Installateur hat ferner die vom Elektrizitätswerk geforderten Anzeigen zu machen und die geforderten Pläne zu liefern, einschließlichs eines gleichen Planes für den Auftraggeber. Mehrkosten dürfen hierdurch nicht entstehen.

Ob die Glühlampen selbst mitgeliefert werden sollen, ist Sache der Vereinbarung. Es empfiehlt sich, dem Installateur auch die Lieferung der Glühlampen und der Bogenlampen nebst Einregulierung der letzteren zu übertragen und für das gute Arbeiten der Anlage, einschließlichs Nachregulieren der Bogenlampen, sowie für alles Material u. f. w. eine mindestens einjährige Garantie zu verlangen. Für Schäden an Wänden, Decken u. f. w. kommt der Installateur auf und erklärt sich auch damit einverstanden, daß sie erforderlichenfalls nach dem Dafürhalten des Auftraggebers und nach seinen Anordnungen auf Kosten des Installateurs ausgebeffert werden. Glaubt der Architekt Grund zu der bisweilen berechtigten Annahme zu haben, daß gewisse vom Installateur vorgeschlagene Maßnahmen über das Erforderliche hinausgehen und die Anlage unnötig verteuern, so fragt er am besten das Elektrizitätswerk, erforderlichenfalls einen Sachverständigen.

Die Beachtung dieser Ratfehschläge empfiehlt sich, wenn Anfehlagcüberschreitungen und andere unangenehme Weiterungen vermieden werden sollen, umfomehr, als gerade bei elektrischen Anlagen der Auftraggeber die technische Seite des Auftrages sehr oft nicht übersehen kann.

Die Herstellung des Anschlusses von den Strafsenleitungen bis zur Hauptficherung und die Wahl des Ortes für das Anbringen der Hauptschalttafel und des Zählers behält sich fast immer das Elektrizitätswerk vor. Für Aufstellung des Kostenanschlags muß dieser Ort bekannt sein. Das Werk übernimmt aber in vielen Städten auch die betreffenden Kosten, wenn ihm die Rentabilität der anzuschließenden Anlage genügend gesichert erscheint. Man suche natürlich dies zu erreichen. Anderenfalls fordere man selbstverständlich auch vom Elektrizitätswerk einen Kostenanschlag. Den Elektrizitätszähler liefert wohl in allen Fällen das Werk und erhebt dafür je nach seiner Größe eine feste Miete. Ueber die an die Zähler zu stellenden Anforderungen bezüglich der Richtigkeit ihrer Angaben besteht ein Reichsgesetz vom 1. Juni 1898 nebst Erläuterungen und Ausführungsbestimmungen. Innerhalb des Rahmens dieses Gesetzes vereinbaren die Elektrizitätswerke mit ihren Abnehmern meistens noch besondere Bestimmungen durch den Lieferungsvertrag.

114.  
Anschluss  
an die  
Strafsen-  
leitungen.

Wird für eine elektrische Verbrauchsanlage eine selbständige Betriebsanlage in Aussicht genommen, so verfährt der leitende Architekt wohl am besten folgendermaßen. Er stellt den Lichtbedarf und unter Umständen den Kraftbedarf für Motoren nach Zahl und Größe der Lichtquellen und nach Zahl und Leistung der Motoren, sowie nach der Betriebsdauer der Stromverbraucher, etwa so zusammen, wie dies in Art. 79 (S. 68) geschehen ist, und schreibt die Lieferung unter möglichst genauer Angabe aller Einzelbedingungen und unter Beachtung der vorstehend gegebenen Regeln in beschränkter Submission unter guten Firmen mit der Bedingung aus, daß die Ausführung der Anlage den »Verbandsvorschriften« entsprechend erfolgen muß. Dem Kostenanschlag hat die Firma eine Betriebskostenberechnung beizufügen. Die Beurteilung der eingehenden Entwürfe und Kostenanschläge, sowie die Formulierung des Lieferungsvertrages übergibt er am sichersten einem Sachverständigen. Es ist stets sehr zu empfehlen, die Lieferung der gesamten Anlage nebst Kesseln, Gasgeneratoren, Antriebsmaschinen, Dynamomaschinen, Akkumulatoren, Schaltanlage und Leitungsanlage mit Lichtquellen und Motoren einer Firma zu übergeben. Tut man dies nicht, so schiebt die Ursache etwaiger Mängel stets eine Firma auf die andere. Hier möge auch bezüglich vertraglicher Vereinbarung von Schiedsgerichten unter Ausschluss der ordentlichen Gerichte größte Vorsicht empfohlen sein. Schiedsgerichte vereinfachen und beschleunigen bei weitem nicht immer die Entscheidung in Streitigkeiten. Unter keinen Umständen darf ein richterlich erfahrener Jurist in den Schiedsgerichten fehlen.

115.  
Einrichtung  
einer eigenen  
Betriebsanlage.

Indem in Bezug auf Einzelfragen auf die »Verbandsvorschriften« verwiesen werden mag, sei im folgenden ein kurzer Ueberblick über die Regeln und die hauptsächlichlichen Ausführungsmöglichkeiten elektrischer Beleuchtungsanlagen, soweit sie an ein Elektrizitätswerk angeschlossen werden, gegeben.

116.  
Allgemeine  
Anordnung  
einer  
Lichtanlage.

Zunächst dem Anschluss an die Strafsenleitungen befindet sich im Gebäude die Hauptschalttafel und der Elektrizitätszähler. Für alle Schalttafeln ist als Material Marmor oder Schiefer zu empfehlen. Holzschalttafeln sind, auch da wo sie zulässig sind, ein schlechter Notbehelf. Von der Hauptschalttafel zweigen die Hauptleitungen für die verschiedenen Stockwerke und unter Umständen für Anlagen im Freien ab.

Jede abzweigende Leitung ist durch Schmelzsicherungen, im allgemeinen doppelpolig, bei Gleichstrom-Mehrleitersystemen oder bei Drehstrom, insofern die Hausleitungen ebenfalls mit mehr als zwei Leitungen ausgeführt werden müssen, in allen Leitungen gegen zu hohen Strom gesichert. Die Schmelzsicherungen bestehen

117.  
Schmelz-  
sicherungen,  
Ausfächer und  
Schaltungen.

aus kurzen Einfätzen von Bleidraht, Bleistreifen oder Silberdraht im Anfang der abzweigenden Leitungen und sind nach Querschnitt und Länge im allgemeinen so bemessen, daß sie binnen kurzer Zeit abschmelzen und die hinter ihnen liegende gefamte Leitung stromlos machen, wenn deren Strom seinen normalen, den Leitungsquerschnitten entsprechenden Wert wesentlich überschreitet. Dies kann infolge mangelhafter Isolation der Leitungen allmählich oder infolge unmittelbarer Berührung der in der Isolation etwa gewaltsam beschädigten Hinleitung und Rückleitung plötzlich (Kurzschluss) geschehen. Auch Fehler in den Fassungen der Glühlampen oder in den Regulierwerken und in den Anschlüssen der Bogenlampen können zum Kurzschluss führen. Bei gewissenhafter Befolgung der »Verbandsvorschriften« und vernünftiger Behandlung einer Lichtanlage sind Kurzschlüsse mit nachfolgender Feuergefahr so gut wie ausgeschlossen. Ueberall, wo eine Verminderung des Querschnittes der Leitungen eintritt, sollen im allgemeinen Schmelzsicherungen angebracht werden. Man vereinigt am besten sämtliche Schmelzsicherungen der Uebersichtlichkeit halber auf den Schalttafeln. Die Sicherungen sind so konstruiert, daß sie nach dem Durchschmelzen leicht ersetzt und der Größe nach nicht verwechselt werden können.

Die Schalttafeln enthalten außerdem für alle von ihnen abzweigenden Leitungen Auschalter, die geschlossen den hinter ihnen liegenden Leitungen Spannung zuführen, geöffnet sie spannungslos machen.

Von der Hauptschalttafel führen, wie oben schon gesagt, zu den Verteilungsschalttafeln in jedem Stockwerk u. s. w. gesicherte und ausschaltbare Hauptleitungen, und von den Verteilungsschalttafeln führen zu den Lichtquellen ebenfalls gesicherte und ausschaltbare Leitungen, die man an der Verteilungsschalttafel zu Gruppen zu vereinigen pflegt. Außerdem können die einzelnen Lichtquellen oder ihre Untergruppen besondere mehrpolige oder auch einpolige Auschalter nach Bedarf erhalten, die nicht auf der Schalttafel, sondern außen oder innen nahe dem Eingang der Zimmer oder an für die Bedienung der Beleuchtung sonst bequemen Orten liegen. Insofern nicht unmittelbar zu sehen ist, zu welchen Gruppen oder einzelnen Lichtquellen Sicherungen und Schalter gehören, erhalten sie leichtverständliche Aufschriften. Daß man von einem Schalter aus z. B. die Glühlampen eines Kronleuchters gruppenweise einschalten und daher nach Bedarf mehr oder weniger davon brennen kann, daß man dieselbe Lampe von verschiedenen Punkten, z. B. in Schlafzimmern von der Tür und vom Bett aus, schaltbar machen kann, daß versetzbare Glühlampen, sog. Standlampen, im Handel sind, die durch Leitungschnüre von Steckkontakten aus betätigt werden, dürfte ebenso wie viele andere Bequemlichkeiten der elektrischen Beleuchtung aus der täglichen Praxis, z. B. in Gasthöfen, hinreichend bekannt sein. Auch kleine Modelle von Bogenlampen können z. B. für photographische Kopierzwecke beweglich eingerichtet werden.

Bezüglich des Verlegens und Isolationsart der Leitungen unterscheiden die »Verbandsvorschriften« zwischen »Niederspannungsanlagen« und »Hochspannungsanlagen«. Für Lichtanlagen kommt wohl ausschließlich Niederspannung in Frage, die dadurch gekennzeichnet ist, daß bei ihr »die Gebrauchsspannung zwischen irgend einer Leitung und der Erde 250 Volt nicht überschreiten kann«. Nur auf sie ist im folgenden Rücksicht genommen.

Bei dieser Gelegenheit mögen einige kurze Bemerkungen über die Gefahr eingeschaltet werden, die für Menschen besteht, wenn sie mit spannungsführender Leitung in Berührung kommen. Gefährlich ist nicht die Spannung, sondern der

Strom. Ein von der Erde gut isolierter Mensch darf selbst Hochspannungsleitung mit einem Punkte seines Körpers berühren; denn dann kann kein Strom zu stande kommen.

Wenn aber ein Strom von rund 0,1 *Ampere* den menschlichen Körper auf einem Wege durchfließt, auf dem zentrale Organe getroffen werden können, so ruft er fast immer sofort Lähmungserrscheinungen hervor, die zum Tode führen, falls nicht augenblicklich ausgiebige, erforderlichenfalls stundenlang fortzusetzende Wiederbelebnungsversuche — künstliche Atmung u. f. w. — angestellt werden, die übrigens gerade bei dieser Art von Unglücksfällen besonders große Aussicht auf Erfolg haben. Erfolgen Eintritt und Austritt des Stromes auf verhältnismäßig kleinen Körperflächen, so erfolgen im allgemeinen intensive und tiefgehende Verbrennungen, die aber bei antiseptischer Behandlung meistens gutartig heilen. Der normale Widerstand des menschlichen Körpers beträgt um 10000 *Ohm* herum und liegt hauptsächlich in der Oberhaut. Bei normal trockener Oberhaut sind demnach  $0,1 \times 10000 = 1000$  *Volt* unbedingt lebensgefährlich. Für Personen, welche infolge Transpiration oder durch Arbeiten mit geeigneten Chemikalien, in nassen Räumen u. f. w., dauernd stark erweichte, besser leitende Oberhaut haben, können schon geringer Spannungen, sogar herab bis zu 100 *Volt*, gefährlich werden. Die »Verbandsvorschriften« gehen daher von dem Grundsatz aus, alle leitenden Teile elektrischer Anlagen, soweit sie in Reichhöhe liegen, so mit Isolierstoffen zu bekleiden, daß sie nicht berührt werden können. Auch alle Schaltvorrichtungen, Sicherungen u. f. w. unterliegen der gleichen Vorschrift, wenn sie der Bedienung durch Laien zugänglich sind.

Folgende Vorschriften über Leitungen aus Kupfer, ihre Verlegungsart und die zulässigen Stromstärken mögen zum ersten Anhalt dienen.

Blanke Leitungen sind im allgemeinen nur im Freien bis zu einem Mindestquerschnitt von 6 qmm zulässig und auch da nur an Orten, die nicht ohne besondere Hilfsmittel erreicht werden können. Sie dürfen nur auf Porzellanlocken, Rillenisolatoren und dergl. verlegt und mit Stromstärken belastet werden, die ihre Festigkeit infolge Erwärmung nicht merklich verringern. Wenn Wände, Bäume u. f. w. für die Befestigung der Isolierlocken nicht vorhanden sind, so sind selbstverständlich eiserne Rohrmasse den vergänglichen Holzmassen bedeutend vorzuziehen, aber auch teurer.

Isolierte Leitungen sind bis 1 qmm, an und in Beleuchtungskörpern bis zu 0,75 qmm abwärts zulässig und dürfen bis zu 6 qmm mit einer Stromdichte bis zu  $5 \frac{\text{Ampere}}{\text{qmm}}$  belastet werden, die bei größeren Querschnitten bis zu 25 qmm auf  $3 \frac{\text{Ampere}}{\text{qmm}}$ , bis zu 50 qmm auf  $2 \frac{\text{Ampere}}{\text{qmm}}$ , bis zu 185 qmm auf  $1,5 \frac{\text{Ampere}}{\text{qmm}}$ , bis zu 1000 qmm auf  $1 \frac{\text{Ampere}}{\text{qmm}}$  sinkt.

Bezüglich der Isolationsart unterscheiden die »Verbandsvorschriften« in erster Linie folgendermaßen: Eindrätige Gummibandleitungen dürfen nur fest und über Putz und nur in trockenen Räumen bei Spannungen bis zu 125 *Volt* verlegt werden.

Eindrätige Gummiaderleitungen sind für alle Spannungen, auch für nasse Räume, zur festen Verlegung geeignet, unter Putz nur in Rohren.

Mehrdrätige Gummiaderführungen finden zur festen Verlegung auch in nassen Räumen für jede Spannung und für verletzliche Lampen Verwendung.



Blanke und asphaltierte Bleikabel werden gelegentlich in Kellerräumen und besonders in abgedeckten, zugänglichen Kabelkanälen verlegt.

In der Erde sind nur eisenarmierte asphaltierte Bleikabel zulässig.

Festverlegte Leitungen müssen durch ihre Lage oder durch besondere Verkleidung gegen mechanische Beschädigung geschützt sein. Für Decken- und Wanddurchgänge bestehen besondere Vorschriften. Als Isolier- und Befestigungskörper für isolierte Leitungen sind Holzleisten und Krampen allgemein unzulässig. Zulässig sind Isolierglocken, -Rollen, -Ringe, -Klemmen aus Porzellan, Glas und bezüglich der Isolationsfähigkeit gleichwertigem Material. Der Abstand der Befestigungsstellen einer Leitung auf Rollen ist auf 80 cm festgesetzt. An Decken sind größere Abstände zugelassen. Gummiaderleitungen dürfen in Rohren über und unter Putz verlegt werden. Die Anzahl und die Halbmesser der Rohrkrümmungen, sowie die lichte Weite der Rohre soll aber bei Leitungen unter 16 mm so gewählt sein, daß man die Leitungen in das fertig verlegte Rohrsystem einziehen und wieder daraus entfernen kann. Rohre aus Papiermasse müssen mit einem Metallüberzuge versehen sein.

Am billigsten ist das Verlegen der Leitungen auf Rollen, am teuersten diejenige in Rohren. Bei Neubauten wird man das Verlegen der Rohre unter Putz selbstverständlich vor der Dekoration der Räume erledigen. Nachträglich verlegt man in Geschäftsräumen am billigsten auf Rollen. Geschickt angebracht, fallen die so verlegten Leitungen wenig auf. Das Einstemmen und Eingipfen der Rollendübel beschädigt natürlich die Wände und kann nicht ohne Störung und Verunreinigung der Räume vor sich gehen.

In Wohnräumen, die in Benutzung sind, ist das Verlegen in Rohren über Putz mit verhältnismäßig wenig Störungen und Beschädigungen möglich. Das Verlegen von Gummiaderschnüren in Glasringen nach dem *Peschel'schen* System ist hier besonders zu empfehlen, da die Anlage sehr schnell, mit am wenigsten Störungen der Raumbenutzung und fast ohne Beschädigung der Dekoration erfolgen kann. Die Leitungen und die Ringe nebst Haken können in der Farbe jeder Dekoration genügend angepaßt werden.

Bezüglich des Verlegens der Leitungen in Betriebsräumen, in feuchten Räumen, in durchtränkten Räumen, welche den Körperwiderstand der darin arbeitenden Personen herabsetzen, in Räumen, welche durch Auftreten ätzender Gase die Leitungen gefährden, in explosions- und feuergefährlichen Betriebsräumen und Lagerstätten, in Schaufenstern, Warenhäusern, Theatern u. s. w. muß auf die »Verbandsvorschriften« verwiesen werden.

Die Kosten der Einrichtung einer elektrischen Beleuchtungsanlage und noch weit mehr diejenigen einer Betriebsanlage sind von den besonderen Nebenumständen derart abhängig, daß es unmöglich ist, für ihre zuverlässige Bemessung in kurzen Zügen auch nur einen näherungsweise Anhalt durch Mitteilung von Einzelpreisen zu geben. Es ist daher zwecklos, hier eine Anzahl von Einzelpreisen zu nennen. Allein die Teuerungszuschläge, welche die Firmen bei günstiger Lage der Industrie zu erheben pflegen, können in den Preisen 20 bis 30 vomhundert Unterschied ausmachen. In beschränkter Submission eingeforderte Preise guter Firmen führen ja rasch und einfach zum Ziele.

Zum allerersten Anhalt möge folgendes dienen.

Anlagekosten beim Anschluß an eine Zentrale. Bogenlampen der üblichen Stromstärken in einfacher Ausstattung einschließlich allen Zubehörs, auch des Vorschaltwiderstandes und

der verlegten Leitungen für mittlere Abstände von der Schalttafel, kosten für die Lampe fertig montiert und an eine Zentrale angeschlossen:

Bogenlampen mit reinen Kohlen für Innenräume	70 bis 100 Mark
„ „ „ „ im Freien	90 bis 120 „
Flammenbogenlampen im Freien . . . . .	120 bis 160 „

Glühlampen-Installationen einfacher Ausstattung ohne die Lampen selbst, mit einfacher Ausstattung der Beleuchtungskörper, bei den in Gebäuden üblichen Leitungslängen und bei einem Verbrauch von 50 *Watt* für die Lampe kosten fertig montiert einschließlichsich allen Zubehörs bei einfachen Schaltungen und beim Anschluß an eine Zentrale:

für die Lampe . . . . .	11 bis 16 Mark
bei besserer Ausstattung . . . . .	14 bis 20 „
bei eleganter Ausstattung . . . . .	20 bis 30 „

Bei vollständiger eigener Betriebsanlage stellen sich die gesamten Anlagekosten für die Glühlampe von 50 *Watt* — jede Bogenlampe werde 7 bis 8 Glühlampen gleichgerechnet — bei Anlagen von 10 bis 50 *Kilowatt* auf etwa 100 bis 60 Mark.

Je größer die Dichtigkeit der Lichtquellen die beleuchtete Fläche ist, umso billiger wird die Anlage. Dies gilt beim Anschluß an eine Zentrale in weit höherem Grade als bei eigener Anlage.

Die Betriebskosten einschließlichsich Bedienung und Verzinsung, Tilgung und Abschreibung des Anlagekapitals betragen etwa für jede Glühlampe von 50 *Watt* oder deren Aequivalent in Bogenlampen beim Anschluß kleinerer Anlagen an eine Zentrale, welche die *Kilowatt*-Stunde zu 50 Pfennigen verkauft und Rabatte für großen Verbrauch gibt, 2,7 bis 3,3 Pfennige, bei eigener Betriebseinrichtung für größere Anlagen 1,3 bis 2,3 Pfennige.

Je größer die durchschnittliche jährliche Benutzungsdauer der Anlage ist, umso geringer werden die gesamten Betriebskosten für je 50 *Watt*. Es sind aber noch eine ganze Anzahl anderer Umstände, von denen die Betriebskosten abhängen. Bei eigener Anlage spielt insbesondere die Gewissenhaftigkeit des Betriebspersonals in dieser Hinsicht eine ausschlaggebende Rolle.

## Literatur.

Bücher und Zeitschriften über »Elektrische Beleuchtung«.

- FONTAINE, H. *Éclairage à l'électricité*. Paris 1877. — 2. Aufl. 1879. — Deutsch bearbeitet von F. ROSS. 2. Aufl. Wien 1880.
- FERRINI, R. *Technologie der Elektrizität und des Magnetismus*. Deutsch von M. SCHRÖTER. Jena 1878. S. 414.
- KILLINGWORTH HEDGES. *Useful information on practical electric lighting*. London u. New York 1879.
- HIGGS, P. *The electric light in its practical application*. London 1879.
- HEPWORTH, T. C. *The electric light: its past history and present position*. London 1879.
- SHOOLBRED, J. N. *Electric lighting and its practical application*. London 1879.
- SCELLEN, H. *Die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen, ihre Entwicklung, Construction und praktische Anwendung*. Köln 1879.
- SCELLEN, H. *Die neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung und der Kraftübertragung*. Köln 1880.
- BERNSTEIN, A. *Die elektrische Beleuchtung*. Berlin 1880.
- URQUHARD, J. W. *Electric light: its production and use etc.* London 1880. — 5. Aufl. 1892.
- HOSPITALIER, E. *Les principales applications de l'électricité*. Paris 1881.
- CROMPTON, R. E. *The electric light for industrial uses*. London 1880. — Deutsch von F. UPPENBORN. München 1881.
- ARMENGAUD. *Manuel de l'éclairage électrique etc.* Paris 1881.
- ALGLAVE, E. & J. BOULARD. *La lumière électrique etc.* Paris 1882.
- ROUTLEDGE, R. *Electric lighting*. London 1882.
- MERLING, A. *Elektrotechnische Bibliothek*. Bd. 1: *Die elektrische Beleuchtung etc.* Braunschweig 1882. — 2. Aufl. 1884.
- BEHREND, G. *Das elektrische Licht*. Halle 1883.

- ZACHARIAS, J. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Wien 1883.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Leipzig 1883. Band II: S. 103; Band III: S. 461.
- UHLAND, W. H. Das elektrische Licht und die elektrische Beleuchtung. Leipzig 1883.
- KRÜSS, H. Die elektrische Beleuchtung in hygienischer Beziehung etc. Hamburg 1883.
- URBANITZKY, A. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Wien 1883. — 2. Aufl. 1890.
- Elektrotechnische Bibliothek. Bd. 3: Das elektrische Licht und die hierzu angewendeten Lampen, Kohlen und Beleuchtungskörper. Von A. v. URBANITZKY. Wien 1883. — 3. Aufl. 1890.
- GRAETZ, L. Die Elektrizität und ihre Anwendungen zur Beleuchtung etc. Stuttgart 1883. — 12. Aufl. 1906.
- HOLMES, A. B. *Practical electric lighting*. London 1883. — 3. Aufl. 1887.
- VIVAREZ, H. *Notions générales sur l'éclairage électrique*. Paris 1884. — 2. Aufl. 1886.
- GORDON, J. E. H. *A practical treatise on electric lighting*. London 1884.
- HAMMOND, R. *The electric light in our homes*. London 1884.
- SWINTON, A. A. C. *The principles and practice of electric lighting*. London 1884.
- Elektro-technische Bibliothek. Bd. 27: Das Glühlicht, fein Wefen und feine Erfordernisse. Von E. DE FODOR. Wien 1885.
- HAGEN, E. Die elektrische Beleuchtung etc. Berlin 1885.
- JUPPONT, P. & W. HAMMOND. *L'éclairage électrique dans les appartements*. Paris 1886.
- MAISONNEUVE, S. *La lumière électrique et ses applications*. Paris 1886.
- MAIER, J. *Arc and glow lamps: a practical treatise on electric lighting*. London 1886.
- SWINTON, A. A. C. *The elementary principles of electric lighting*. London 1886. — 2. Aufl. 1889.
- SCHILLING. Ueber den gegenwärtigen Stand der elektrischen Beleuchtung. München 1888.
- MAY, O. Anweisung für den elektrischen Lichtbetrieb etc. Frankfurt a. M. 1888.
- SALOMONS, D. *Management of accumulators and private light installations*. London 1888. — 6. Aufl. 1891.
- WETTER, B. VAN. *Les applications de la lumière électrique*. Paris 1888.
- LEFEVRE, J. *L'électricité à la maison*. Paris 1889.
- GRÜNWALD, F. Der Bau, Betrieb und die Reparaturen der elektrischen Beleuchtungsanlagen. 2. Aufl. Halle 1889. — 5. Aufl. 1895.
- MONTILLOT, L. *La lumière électrique etc.* Paris 1889.
- WAGNER, C. Das elektrische Glühlicht, fein Wefen und fein Betrieb durch Batteriestrom. Berlin 1890.
- Elektro-technische Bibliothek. Bd. 42: Die Glühlampe. Von J. ZACHARIAS. Wien 1890.
- ANNEY, J. P. *Manuel pratique de l'installation de la lumière électrique. Installations privées*. Paris 1890.
- FONTAINE, H. *Exposition universelle de 1889. Éclairage électrique etc.* Paris 1890.
- COUTURE, J. *L'éclairage électrique etc.* 2. Aufl. Paris 1890.
- MONTPELLIER, J. A. & G. FOURNIER. *Les installations de l'éclairage électrique etc.* Paris 1890.
- URQUHARD, J. W. *Electric light fitting etc.* London 1890.
- MOLLOY, G. *Notes on electric lighting*. Dublin 1890.
- SLINGO, W. & A. BROOKER. *Electrical engineering for electric light etc.* London 1890.
- WALKER, S. F. *Electricity in our homes and workshops*. New York 1890.
- PECHAN, J. Leitfaden der Elektromaschinentechnik mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Beleuchtung etc. Reichenberg 1891.
- ANNEY, J. P. *Manuel pratique de l'installation de la lumière électrique*. Paris 1891.
- GRÜNWALD, F. Der Bau, Betrieb und die Reparaturen der elektrischen Beleuchtungsanlagen etc. Halle 1892.
- HAASE, F. H. Elektrische Beleuchtungs-Einrichtungen etc. Berlin 1892.
- ENGELARD. *L'éclairage électrique etc.* Paris 1892.
- JUPPONT, P. & G. FOURNIER. *L'éclairage électrique dans les appartements*. 4. Aufl. Paris 1892.
- HOLMES, A. B. *The electric light*. 6. Aufl. London 1892.
- MERILL, E. A. *Electric lighting specifications for the use of engineers and architects*. New York 1892.
- BOTTONE, S. *A guide to electric lighting*. London 1892.

- LAQUEUILLE, H. B. DE. *Petit manuel d'installation de la lumière électrique. L'éclairage électrique chez soi.* Paris 1892.
- ALLSOP, F. C. *Practical electric light fitting.* London 1892.
- MAYCOCK, W. F. *Electric lighting and power distribution.* London 1892—93.
- BOHNENSTENGEL, E. Konstruktionen elektrischer Bogenlampen. Hamburg 1893.
- MONTILLOT, C.-J. & L. *La maison électrique etc.* Paris 1893.
- HOUEL, P. *Éclairage d'ateliers par l'électricité.* Paris 1893.
- CAHEN, E. *Manuel pratique d'éclairage électrique pour installations particuliers etc.* Paris 1893.
- FAHLE, A. *House lighting by electricity.* London 1893.
- AVERDIECK, Die Hausinstallation unter Berücksichtigung des Systems »Bergmann« etc. Leipzig 1894.
- ANNEY, J. P. *La lumière électrique et les applications domestiques etc.* Paris 1895.
- KNIGHT, J. H. *Electric light for county houses etc.* London 1895.
- WEBER, C. L. Erläuterung zu den Sicherheits-Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker. Berlin 1896.
- Hilfsbuch für die Montage elektrischer Leitungen zu Beleuchtungszwecken. Leipzig 1896.
- HEIM, C. Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen für Gleichstrombetrieb. 2. Aufl. Leipzig 1896. — 4. Aufl. 1903.
- PESCHEL, A. Hilfsbuch für die Montage elektrischer Leitungen zu Beleuchtungszwecken. Leipzig 1896.
- Der städtische Tiefbau. Bd. V: Die Versorgung der Städte mit Elektrizität. Darmstadt 1896 u. 1903.
- RIHA, J. Die Aufstellung von Projekten und Kostenvoranschlägen für elektrische Beleuchtungs- und Kraftübertragungs-Anlagen. Leipzig 1897.
- CROCKER, F. B. *Electric lighting etc.* New York 1897.
- HERZOG, J. & C. P. FELDMANN. Handbuch der elektrischen Beleuchtung. München 1898.
- FISCHER, L. Elektrische Licht- und Kraft-Anlagen. Wiesbaden 1898.
- HERZOG, J. & C. P. FELDMANN. Handbuch der elektrischen Beleuchtung. München 1898. — 2. Aufl. 1901.
- Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstrom-Anlagen. Verband deutscher Elektrotechniker. Berlin u. München 1898.
- TEICHMÜLLER, J. Die elektrischen Leitungen. Stuttgart 1899.
- LAQUEUILLE, H. B. DE. *L'éclairage électrique chez soi etc.* Paris 1900.
- GAISBERG, S. v. Herstellung und Instandhaltung elektrischer Licht- und Kraftanlagen. Berlin 1900. — 2. Aufl. 1904.
- MITTELMANN, S. Elektrische Licht- und Kraftanlagen etc. Halle 1901.
- TEICHMÜLLER, J. Sammlung von Aufgaben zur Uebung im Entwerfen und Berechnen elektrischer Leitungen. 2. Aufl. Leipzig 1902.
- BAUR, C. Das elektrische Kabel. Berlin 1903.
- ZELLNER, J. Die künstlichen Kohlen für elektrotechnische und elektrochemische Zwecke etc. Berlin 1903.
- BOY DE LA TOUR, H. *Traité pratique des installations d'éclairage électrique etc.* Paris 1903.
- KIRSTEIN, O. Elektrische Hausanlagen, ihr Wesen und ihre Behandlung. Berlin 1904.
- Handbuch der Elektrotechnik. Bd. I: Die Leitungen, Schalt- und Sicherheitsapparate für elektrische Starkstromanlagen. Leipzig 1904.
- MONASCH, B. Der elektrische Lichtbogen bei Gleichstrom und Wechselstrom etc. Berlin 1904.
- BIŠČAN, W. Die Bogenlampe etc. Leipzig 1904. — 2. Aufl. 1905.
- SPYRI, H. Leitfaden für die Abfassung von Projekten über elektrische Licht-, Kraft- und Bahnanlagen. Zürich 1905.
- SCHMIDT, J. Die Konstruktion von Starkstromkabeln. Zürich 1905.
- BING, J. Der elektrische Lichtbogen. Zürich 1905.
- WEDDING, W. Ueber den Wirkungsgrad und die praktische Bedeutung der gebräuchlichsten Lichtquellen. München 1905.
- Elektrotechnik in Einzeldarstellungen. Bd. VI: Die elektrischen Bogenlampen etc. Von J. ZEIDLER. Braunschweig 1905. — Bd. VIII: Lichtstrahlung und Beleuchtung. Von P. HÖGNER. Braunschweig 1906.
- BECK, W. Die Elektrizität und ihre Technik etc. Leipzig 1906.
- Repetitorium der Elektrotechnik. Bd. VIII: Elektrische Beleuchtung. Von B. MONASCH. Hannover 1906.

LACHMANN, M. Hausinstallationen für Schwach- und Starkstrom. Telegraphie, Telephonie und Beleuchtung. Leipzig 1906.

Ferner:

Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten sowie für Wasserverforgung. Herausg. von H. BUNTE. München. Erscheint seit 1858.

*Journal of the society of telegraph-engineers and electricians.* Herausg. von W. E. AYRTON. New York 1871—84.

*The telegraphic journal and electrical review.* London. Erscheint seit 1873.

*The electrician.* London. Erscheint seit 1878.

Zeitschrift für angewandte Elektrizitätslehre. Herausg. von PH. CARL. München u. Leipzig. 1879—82.

*La lumière électrique.* Red. von C. HERZ. Paris 1879—94. — Fortsetzung: *Éclairage électrique.*

Herausg. von CH. COINTE. Paris. Erscheint seit 1894.

Elektrotechnische Zeitschrift. (Centralblatt für Elektrotechnik.) Red. von E. C. ZEHME. Berlin. Erscheint seit 1880.

*L'électricien.* Red. von J.-A. MONTPELLIER. Paris. Erscheint seit 1881.

Der Elektrotechniker. Herausg. von G. A. UNGAR-SCENTMIKLÖSY. Wien. Erscheint seit 1882.

Elektrotechnik und Maschinenbau. Red. von J. SEIDENER. Wien. Erscheint seit 1882.

*The electrical engineer.* Red. von F. L. POPE & G. M. PHELPS. New York 1882—98.

Centralblatt für Elektrotechnik. Red. von UPPENBORN. München 1879—89.

Zeitschrift für Elektrotechnik. Red. von J. KAREIS. Wien. Erscheint seit 1883.

Elektrotechnischer Anzeiger. Herausg. von F. A. GÜNTHER & SOHN. Berlin. Erscheint seit 1883.

Elektrotechnische und polytechnische Rundschau. Red. von R. BAUCH. Potsdam. Erscheint seit 1883.

*Revue internationale de l'électricité et de ses applications.* Red. von J.-A. MONTPELLIER. Paris 1884—90.

*The electrical engineer.* Vereinigt mit: *Electric light.* London. Erscheint seit 1885.

*Electrical world.* New York. Erscheint seit 1885.

*Electrical reviews.* London. Erscheint seit 1887.

Die Elektrizität. Red. von O. KIRSTEIN. Berlin. Erscheint seit 1891.

*L'industrie électrique.* Red. von L. HOSPITALIER. Paris. Erscheint seit 1892.

Centralblatt für Accumulatoren-Technik und verwandte Gebiete. Herausg. von F. PETERS. Görlitz. Erscheint seit 1900.

Schweizerische Elektrotechnische Zeitschrift. Red. von S. HERZOG. Zürich. Erscheint seit 1904.

## 6. Kapitel.

### Indirekte Beleuchtung.

Von Dr. phil. u. Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT.

#### a) Allgemeines.

121. Was in den beiden vorhergehenden Kapiteln über künstliche Beleuchtung geschlossener Räume und die zugehörigen Beleuchtungseinrichtungen gesagt ist, bezieht sich fast ausschließlich auf die unmittelbare oder direkte Erhellung unserer Innenräume (siehe Art. 27, S. 31). Faßt man das bereits in Kap. 3, ebenso in Kap. 4 u. 5 über diese Art der künstlichen Beleuchtung Gesagte übersichtlicher, als seither geschehen ist, zusammen und berücksichtigt man noch einige andere in Frage kommende Momente, so ergeben sich die nachstehenden Erwägungen.

Vergleicht man die in Kap. 4 erörterte Art der Gasbeleuchtung und manche andere künstliche Beleuchtungsweise mit derjenigen Erhellung, welche in geschlossenen Räumen durch Sonnenlicht — sei es mittels seitlich angeordneter Fenster, sei es

mittels Deckenlicht — hervorgebracht wird, so zeigen sich die nachstehenden Mifsstände.

1) Die große Entfernung der Sonne von der Erde bewirkt eine gleichmäßig verteilte Tageshelligkeit auf der Erde auf weite Flächen hin. Die übliche Gasbeleuchtung erreicht nicht annähernd diese Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung. Da man künstliche Lichtquellen nicht aus weiter Ferne auf unsere Arbeitsflächen wirken lassen kann, so entstehen schon in beschränkten Raumgrenzen beträchtliche Unterschiede im Helligkeitsgrad. Selbst wenn man in dem zu erhellenden Raume mehrere Lichtquellen anordnet, so erreicht man niemals die Gleichmäßigkeit einer guten Erhellung mittels Sonnenlichtes.

122.  
Ungleichmäßige  
Verteilung  
des Lichtes.

Immerhin ist festzuhalten, daß die Ungleichmäßigkeit umso geringer sein wird, eine je größere Zahl von zweckmäßig verteilten Gasflammen und je höher man sie anordnet; allerdings wachsen hierbei die Anlage- und namentlich die Betriebskosten der Beleuchtungsanlage.

2) Da die Lichtquellen bei der vorgeführten Art der künstlichen Erhellung nicht verdeckt, sondern von unten her unmittelbar sichtbar sind, so werden fast bei jedem Höerblicken die Augen geblendet. Ist der Raum genügend hoch und sind die Gasbrenner auch in größerer Höhe angebracht, so wird dieser Mifsstand nicht zu stark empfunden werden; allein alsdann wird entweder die Erhellung der verschiedenen Arbeits- u. f. w.-Plätze keine ausreichende sein, oder man muß, um den erforderlichen Helligkeitsgrad zu erzielen, stärker leuchtende Brenner in Anwendung bringen, so daß größere Betriebskosten entstehen.

123.  
Blenden  
der Flammen.

Wenn man zur Vermeidung dieses Nachteiles die Deckenlampen in geringerer Höhe (etwa 2,00 m über dem Fußboden) anbringt, so ist ein Teil der den Raum benutzenden Personen gezwungen, nach dieser oder jener Stelle des Raumes durch einige Lichter hindurch zu sehen. Die hierbei in das Auge gelangenden Lichtstrahlen erzeugen dort nach *Renk*<sup>79)</sup> Nachbilder, welche umso störender wirken, je länger die Lichter gesehen wurden; das Auge wird beim nachfolgenden Sehen in die Nähe, infolge der Störung durch die Nachbilder, zur Ueberanstrengung genötigt; es schmerzt, wenn es oft und anhaltend gezwungen wird, direkte Strahlen künstlicher Lichtquellen aufzunehmen.

Gasglühlichtlampen blenden wesentlich stärker als *Argand*-Brenner; nach *Renk's* Ansicht<sup>80)</sup> ist der Glanz der ersteren etwa 4mal so groß wie jener der letzteren. Daher ist bei Gasglühlicht noch weit mehr als bei *Argand*-Brennern geboten, das Auge geeignet zu schützen; dies kann durch Augenschützer aus mattiertem Glas geschehen, welche das Licht diffus machen.

In Schulzimmern, Hörfälen und dergl. wirken besonders blendend die Lichter an der Wandtafel und über dem Pult des Lehrers, bzw. des Vortragenden, ebenso die ziemlich zahlreichen Flammen über dem etwa vorhandenen Demonstrations-, bzw. Experimentiertisch. Sowie man nun bei guter Tageserhellung nicht die Sonne selbst, sondern nur ihr Licht empfinden will, will man auch bei der künstlichen Erhellung nicht die Lichtquelle, sondern nur ihre Wirkung wahrnehmen. Daraus folgt, daß man die Lichtquellen zu verdecken haben wird.

Bei den Beleuchtungskörpern, welche die Sitzplätze der Schulkinder, bzw. der Zuhörer zu erhellen haben, wird ein derartiges Verdecken nur selten durchgeführt: einerseits, weil es auf praktische Schwierigkeiten stößt, andererseits, weil

<sup>79)</sup> Siehe: RENK, F. Ueber die künstliche Beleuchtung von Hörfälen. Preisverkündigungs-Programm der Universität Halle a. S. 1892. S. 18.

<sup>80)</sup> Siehe: RENK, F. Die neue Beleuchtung der Universitäts-Auditorien in Halle a. S. Berlin 1894. S. 13.

dadurch entweder der Helligkeitsgrad vermindert wird oder die Betriebskosten erhöht werden. Beides ist jedoch, soweit es sich um die Kinder, bzw. die Zuhörer handelt, bei denjenigen Lichtquellen nicht der Fall, die den Platz des Lehrers, des Vortragenden u. f. w., seine Wandtafel, seinen Experimentiertisch u. f. w. erhellen. Deshalb werden, wie schon gefagt worden ist, die betreffenden Flammen nach der Raumseite durch Schirme u. f. w. abgeblendet, welche das Licht zugleich gegen die Wandtafel und auf den Tisch zurückwerfen. Noch vollkommener wird dies durch die den Theatern nachgeahmte Einrichtung erzielt, welche zuerst *Landolt* im chemischen Hörsaal der Technischen Hochschule zu Aachen getroffen hat. Zuhörer- und Experimentierabteilung werden hiernach durch eine von der Decke des Saales herabhängende Wand geschieden; die Unterkante der letzteren reicht so weit herab, als die Sichtbarkeit der Vorgänge in der Experimentierabteilung dies gestattet; die Beleuchtungsflammen für den Experimentiertisch, für die Wandtafel u. f. w. sind durch die gedachte Wand gegen die Zuhörerabteilung gedeckt.

Ob nun diese Lichtquellen in der einen oder der anderen Weise für die den Raum Benutzenden verdeckt werden, so bleiben sie für den Lehrer, den Vortragenden u. f. w. doch sichtbar, und für ihn sind, da ihre Zahl in der Regel eine ziemlich große ist, die Blindercheinungen in beträchtlichem Grade vorhanden.

124.  
Schlagfchatten.

3) Die gleichmäßige Verteilung des zerstreuten Sonnenlichtes bringt es mit sich, daß in ausreichend erhellten Räumen nur wenige störende Schlagfchatten entstehen. Ähnliches bei der Erhellung mittels Leuchtgas zu erzielen, ist bei der üblichen Anwendung dieses Beleuchtungsmittels bisher nicht gelungen, auch dann nicht, wenn man eine größere Zahl von Flammen anwendet. Selbst bei zweckmäßiger Anordnung der letzteren und bei genügendem Helligkeitsgrad auf den verschiedenen Arbeitsplätzen entstehen störende Schlagfchatten, sei es vom Kopf des Arbeitenden, sei es von seiner Hand, sei es vom Vordermann u. f. w. So kann es geschehen, daß mancher Arbeitsplatz, der eine ausreichende Lichtmenge erhält, den erforderlichen Helligkeitsgrad nicht besitzt.

*Erismann* und *Boubnoff* haben bei den noch später (in Art. 132) zu erwähnenden photometrischen Messungen nachgewiesen, daß in einem bestimmten Schulzimmer bei direkter Beleuchtung ohne Schatten auf dem weißen Schreibhefte ein Helligkeitsgrad von 8,2 Meterkerzen vorhanden war, daß sie indes durch den Schlagfchatten des Kopfes auf 4,6, im Halbschatten der schreibenden Hand auf 2,6 und im vollen Schatten der letzteren auf 1,5 Meterkerzen herabgemindert wurde<sup>81)</sup>.

*Pelzer's* unmittelbare Messungen über die Größe des Helligkeitsverlustes durch schattenwerfende Körper haben ergeben, daß je nach der Lage eines Platzes 10, 20, 30, 40, 50 und mehr Vomhundert der ursprünglichen Helligkeit verloren gehen können<sup>82)</sup>.

125.  
Wärmeausstrahlung.

4) Alle Gasflammen erwärmen den Raum, in welchem sie brennen, in beträchtlichem Maße, so daß in stark besetzten Räumen nach verhältnismäßig kurzer Zeit eine hohe, bisweilen geradezu unerträgliche Temperatur entsteht. Nur durch kräftig wirkende Lüftungseinrichtungen kann man diesem Mißstande in ausgiebigem Maße entgegenarbeiten.

Fast noch mißlicher als diese allgemeine Raumerwärmung ist die unmittelbare Wärmestrahlung für diejenigen Personen, welche unter den Beleuchtungskörpern sitzen und deren Köpfe davon in empfindlicher Weise getroffen werden.

<sup>81)</sup> Siehe: Zeitschr. f. Schulgesundheitspf. 1888, S. 366.

<sup>82)</sup> Siehe: PELZER, F. Studien über indirekte Beleuchtung. Inaugural-Differtation u. f. w. Halle 1893. S. 16.

In Schulzimmern, Hörfälen und dergl. hat auch der Lehrer, bezw. der Vortragende, von den Wärmestrahlern, die von den in feiner nächsten Nähe angebrachten Lichtern ausgehen, viel zu leiden<sup>83)</sup>.

Dieser Uebelstand tritt umso fühlbarer auf, in je geringerer Höhe die Beleuchtungskörper angeordnet sind, so dafs ein Mittel, ihm zu begegnen, darin be-  
stände, die Lichter möglichst hoch anzubringen. Was für Nachteile indes hiermit verbunden sind, wurde bereits unter 2 (Art. 123) erläutert.

Einigermassen kann man bezüglich des in Rede stehenden Mifsstandes Ab-  
hilfe schaffen, wenn man *Auer'sches* Gasglühlicht anwendet, was durch den ge-  
ringen Gasverbrauch begründet ist; eine Normkerze *Auer-Licht* entwickelt nur  $\frac{1}{5}$   
der Wärme einer Normkerze im *Argand-Brennerlicht*. (Ueber *Renk's* einschlägige  
Messungen siehe im nächsten Artikel.) Auch einige Regenerativbrenner verhalten  
sich in dieser Beziehung günstig; bei *Siemens'schen* Brennern dieser Art wird so  
gut wie keine fühlbare Wärme nach unten ausgestrahlt; unter *Wenham-Lampen*  
hingegen wird die Wärme deutlich empfunden.

5) Bei der üblichen Art der Gasbeleuchtung teilen sich die Verbrennungsgase  
der Raumluft mit und verderben sie in hohem Grade<sup>84)</sup>.

*Renk* führte in leeren Hörfälen der Universität zu Halle einschlägige Untersuchungen aus  
und fand, dafs nach einstündigem Brennen der Lampen eine Vermehrung des Kohlenfäuregehaltes  
um mehr als 1,2 Vomtaufend eintrat, so dafs unter allen Umständen nach einer Stunde der zu-  
lässige Kohlenfäuregehalt von 1 Vomtaufend überschritten werden mußte. Der höchste gefundene  
absolute Kohlenfäuregehalt war 2,79 Vomtaufend<sup>85)</sup>.

Auch hierin zeigt sich das *Auer'sche* Gasglühlicht weniger mifsständig als das  
Licht der *Argand-Brenner*. Dies erklärt sich gleichfalls aus dem Umfande, dafs  
bei letzterem der Gasverbrauch wesentlich geringer als bei ersterem ist.

*Renk* stellte auch hierüber sorgfältige Untersuchungen an. In einem Laboratorium des  
hygienischen Instituts zu Halle a. S. wurde am 22. November ein *Argand-Brenner* angezündet,  
nachdem vorher der Kohlenfäuregehalt der Luft an zwei Stellen gemessen worden war; nach  
4 Stunden wurden neue Kohlenfäuremessungen vorgenommen. Unter den gleichen Verhältnissen  
wurde der Versuch am darauffolgenden Tage wiederholt, nur mit der Abänderung, dafs ein Gas-  
glühlicht brannte. Der Kohlenfäuregehalt der Luft nahm bei der Beleuchtung mit dem *Argand-*  
*Brenner* von 0,992 auf 4,386 Vomtaufend, also um 3,4 Vomtaufend, bei der Beleuchtung mit *Auer's*  
Gasglühlicht von 0,946 auf 2,373 Vomtaufend, also um 1,43 Vomtaufend zu; die Luftverderbnis bei  
letzterem betrug sonach nur 42 Vomhundert derjenigen beim *Argand-Brenner*<sup>86)</sup>.

*Renk* nahm hierbei auch Temperaturmessungen vor. Die Temperatur flog an:

	bei <i>Argand-Brenner</i> :	bei Gasglühlicht:
in der Mitte des Zimmers, nahe der Decke, um . . .	8,0 Grad	3,7 Grad
in halber Höhe . . . . . » . . . . .	3,6 »	1,6 »
am Fußboden . . . . . » . . . . .	2,1 »	1,1 »
nahe der Fensterwand . . . . . » . . . . .	2,5 »	1,3 »
nahe der gegenüberliegenden Wand . . . . . » . . . . .	2,8 »	1,5 » <sup>87)</sup>

<sup>83)</sup> Nach *Cohn* tritt durch »zu heisse Beleuchtung« ein Gefühl von Trockenheit im Auge ein; die von der Bindehaut  
gelieferte Feuchtigkeit, welche den vorderen Teil des Auges bedeckt, verdunstet zu schnell. Dies ist sehr lästig; denn natürlich  
wird in diesem Falle nicht blofs das Auge, sondern auch der Kopf erwärmt, und es entsteht Kopfschmerz, der schliesslich am  
Weiterarbeiten hindert.

<sup>84)</sup> Siehe hierüber: Handbuch der Architektur, Teil III, Band 4 (Kap. über »Gasbeleuchtung«, unter c — sowie Kap.  
über »Luftverreinigung und Unschädlichmachen derselben«, unter a).

<sup>85)</sup> Siehe: *RENK, F.* Die neue Beleuchtung der Universitäts-Auditorien in Halle a. S. Berlin 1894. S. 5.

<sup>86)</sup> Von *Gréhan* war zwar zuerst behauptet worden, dafs das *Auer-Licht* bedenkliche Mengen von Kohlenoxydgas ent-  
wickle. Nach den Untersuchungen *Gréhan's* ist indes das *Auer-Licht* nicht gefährlicher als das gewöhnliche Gaslicht, in  
dessen Verbrennungsgasen ebenfalls häufig Spuren von Kohlenoxydgas nachgewiesen worden sind.

<sup>87)</sup> Siehe ebendaf., S. 9. — *Renk* fafst am Schlusse seiner Untersuchungen die Vorzüge des *Auer'schen* Gasglühlichtes  
im wesentlichen wie folgt zusammen:



Der Luftverderbnis liefse sich abhelfen, wenn man die Verbrennungsgafe unmittelbar von den Beleuchtungskörpern abführen würde; dadurch wäre auch der Erwärmung der Raumluft in ziemlichem Mafse vorgebeugt. Es ist indes keine einfache Aufgabe, in einem größeren Raume mit zahlreichen Gasflammen folche Ableitungseinrichtungen in nicht mifsständiger Weife anzubringen, abgesehen davon, dafs bedeutende Kosten damit verbunden find. Dies mag wohl auch der Grund gewesen fein, weshalb in früheren Zeiten in einigen größeren Hörfälen an der Decke Sonnenbrenner angeordnet worden find, von denen bekanntlich die Verbrennungsluft unmittelbar weggeführt wird und die auch ein Mittel zur Raumlüftung gebildet haben.

Hiernach kann man der starken Luftverunreinigung auch nur durch kräftig wirkende Lüftungsanlagen entgegenarbeiten.

6) In manchen Räumen spielen zum Schreiben, Zeichnen und dergl. bestimmte Wandtafeln eine wichtige Rolle. Dies trifft vor allem bei den Klaffen zimmern unserer niederen und höheren Lehranstalten zu, aber auch für gewisse Hörfäle der Hochschulen und verwandten Anstalten, in denen folche Tafeln nicht allein zum Schreiben, sondern auch zum Skizzieren u. f. w. benutzt werden. In folchen Fällen zeigt sich der weitere Mifsstand, dafs auf diesen Tafeln mit starkem Glanz reflektierende Stellen auftreten, welche durch die Beleuchtungskörper erzeugt werden, die zu ihrer Erhellung dienen. Steht vor der Tafel ein Demonstrationsfisch, fo bringt die darüber angebrachte Lampenreihe auf der in Rede stehenden Tafel fogar einen wagrechten fpiegelnden Streifen hervor. Von gewissen Sitzplätzen der Schulkinder, bezw. der Zuhörer aus ist das Erkennen des an folchen Glanzstellen Geschriebenen oder Gezeichneten gar nicht oder nur mit großer Mühe möglich.

Diefem Uebelstande zu begegnen, ist kaum möglich; selbst ein völlig matter Tafelanstrich hilft nicht ganz ab, und fogar an aus Schieferplatten gebildeten Wandtafeln zeigen sich mifsständige Glanzstellen.

Die im vorhergehenden unter 1, 2, 3 u. 6 (Art. 122 bis 124 u. 127) angeführten Mifsstände der direkten Gasbeleuchtung machen sich auch bei der direkten Erhellung mittels elektrischen Glühlichtes geltend; was unter 4 (Art. 125) bezüglich der Wärmefrahlung und Erwärmung der Saalluft gesagt wurde, erfährt beim elektrischen Glühlicht eine sehr beträchtliche Einschränkung, und die unter 5 (Art. 126) hervorgehobene Verunreinigung der Luft entfällt ganz.

Beim elektrischen Bogenlicht geschieht bekanntlich die Umwandlung der elektrischen Energie in Licht in wesentlich vorteilhafterer Weife als beim Glühlicht. Dessenungeachtet kann die Erhellung von Innenräumen mittels Bogenlicht eigentlich nur dann in Frage kommen, wenn diese Räume das hohe Aufhängen der Bogenlampen gestatten. In niedrigen Räumen ist man deshalb auf das teurere

1) Das Gasglühlicht erfpart durchschnittlich 50 Vomhundert an Leuchtgas, verglichen mit Schnitt- und *Argand*-Brennern, und etwa 28 Vomhundert gegenüber Regenerativbrennern.

2) Das Gasglühlicht verunreinigt die Luft beleuchteter Räume viel weniger als andere Gasflammen; es erzeugt nur halb fo viel Kohlenfaure als diese, keine oder nur verschwindende Mengen unvollkommener Verbrennungsprodukte und weniger als die Hälfte Wärme.

3) Das Gasglühlicht erzeugt eine doppelt fo große Helligkeit als der *Argand*-Brenner und etwa 4mal mehr als der Schnittbrenner.

4) Es erzeugt zwar nicht die doppelte, bezw. 4fache Helligkeit auf den darunter befindlichen Plätzen, erhöht aber deren Helligkeit beträchtlich, und zwar umfomehr, je weiter seitlich davon ein Platz sich befindet.

5) Die Lichtverteilung auf einer großen Fläche ist gleichmäßiger als beim *Argand*-Brenner.

Siehe auch: *Renk's* Gutachten über das *Auer'sche* Gasglühlicht. *Gefundh.-Ing.* 1894, S. 309, 324.

127.  
Spiegelnde  
Glanzstellen  
auf  
Wandtafeln  
etc.

128.  
Mifsstände  
der  
elektrischen  
Beleuchtung.

Glühlicht angewiesen. Allein selbst in genügend hohen Räumen wird mit elektrischem Bogenlicht kein vollkommener Erfolg erzielt, solange man die Bogenlampen ohne jede weitere Vorrichtung, welche die Regelung der Lichtverteilung anzutreiben hat, in Gebrauch nimmt.

Der elektrische Lichtbogen ist infolge seiner hohen Leuchtkraft für die Erhellung geschlossener Räume in vielen Fällen weniger tauglich als andere Beleuchtungsarten. Die Ursache davon ist in dem allzu krassen Uebergang zwischen Licht und Schatten zu suchen; gerade ein solcher Uebergang ist bei der Erhellung mittels zerstreuten Sonnenlichtes gänzlich vermieden. Das zerstreute Tageslicht, das fog. Himmelslicht, kommt von einer unendlich großen Fläche, während das elektrische Bogenlicht von einem sehr kleinen Raume ausgestrahlt wird. Selbst beim Lichte einer Gasflamme stellen sich die Verhältnisse noch günstiger als beim Bogenlicht, da erstere immer noch einige Quadr.-Centimeter groß ist, während die elektrische Bogenlampe, welche eine viel größere Leuchtkraft besitzt, ihr Licht von einer vielmal kleineren Stelle, sozusagen nur von einem Punkte, ausstrahlt.

Um die Sehstärke des Auges zu schonen und es vor der unmittelbaren Einwirkung der zu grellen, blendenden Beleuchtung zu bewahren, soll man die Bogenlichter stets in großer Höhe anbringen. Durch das übliche Einschließen des Lichtbogens in eine matte Glasglocke (Alabaster-, Matt-, Opal- u. f. w. Glas) kann den angedeuteten Mifsständen, ungeachtet des beträchtlichen Lichtverlustes, nur teilweise begegnet werden. Zwar wird bis zu einem gewissen Grade die Zerstreung des Lichtes herbeigeführt; allein das Durchschimmern des Lichtbogens wird nicht ganz verhütet; auf glänzenden Flächen entstehen blendende Spiegelungen und in empfindlichen Augen unangenehme Nachbilder; endlich treten die im vorhergehenden Artikel für Gasbeleuchtung bereits berührten Schlagchatten in verstärktem Grade auf.

Um den kleineren Bogenlampen (2 bis 4 *Ampere*) einen wärmeren Ton zu verleihen, muß man dafür sorgen, daß die von der unmittelbaren Ausstrahlung herrührende Lichtmenge tunlichst verringert, die als zerstreutes Licht wirkende dagegen möglichst vermehrt wird. Dies kann vor allem dadurch geschehen, daß man die Undurchlässigkeit der umhüllenden Schutzglocke vergrößert. Wenn demnach, wie dies meist stattfindet, Ueberfangglas verwendet werden soll, so hat man die Dicke des Ueberfanges entsprechend zu vermehren. Allerdings wird die Lichtdurchlässigkeit der Glocke hierdurch verringert; allein die Lichtstärke wird nicht im gleichen Maße vermindert, weil durch die dickere Schicht des Ueberfanges die zerstreue Wirkung der Glocke erhöht wird. Die Gesamtwirkung bleibt hinter derjenigen, welche mit stark lichtdurchlässiger Glocke erzielt wird, nur wenig zurück; die Erhellung wird viel angenehmer, ruhiger und gleichmäßiger.

Ein anderes Mittel, die Erhellung durch kleine Bogenlampen zu verbessern, bestände darin, daß man die umhüllende Glocke genügend vergrößert; indes sind es vor allem ästhetische Gesichtspunkte, welche diesem Mittel sehr bald eine Grenze setzen würden.

Endlich ist in dieser Richtung noch des Weges zu gedenken, den die frühere Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, vormals *Schuckert & Co.*, zu Nürnberg eingeschlagen hat. Nach dem Vorschlage *Uppenborn's* wurde in den Lampen für Innenbeleuchtung unter dem Lichtpunkt ein kleiner Konus aus Ueberfangglas angebracht (Fig. 41). Das hierzu verwendete Glas darf nicht zu durchlässig fein; die auf die

Flächeneinheit des Konus entfallende Lichtmenge ist so bedeutend, daß er in seiner ganzen Ausdehnung selbst als glühender Körper erscheint. Er sendet seinerseits schon zerstreutes Licht auf die ihn umhüllende äußere Schutzglocke, und diese hat nunmehr die weitere und vollkommene Verteilung des Lichtes zu bewirken. Durch hell gefärbte Decken und Wände kann man diese Wirkung erhöhen, weil durch solche die nach oben gehenden Lichtstrahlen zur Erhellung der unteren Raumteile mit herangezogen werden.

129.  
Folgerungen.

Aus dem Vorgeführten geht hervor, daß die mitgeteilten Verfahren der künstlichen Raumbeleuchtung, die man, wie in Art. 121 (S. 96) bemerkt, als »direkte Erhellung« — im Gegensatz zu der nunmehr zu besprechenden »indirekten Erhellung« — bezeichnet, ihrem Zwecke in vielen Fällen in nur unvollkommener Weise entsprechen. Sie genügen nicht, weil die durch sie erzielte Beleuchtung sich von derjenigen durch zerstreutes Sonnenlicht in unvorteilhafter Weise unterscheidet. Deshalb ist das Bestreben entstanden, eine künstliche Beleuchtung zu schaffen, die der Tageserhellung möglichst nahe kommt.

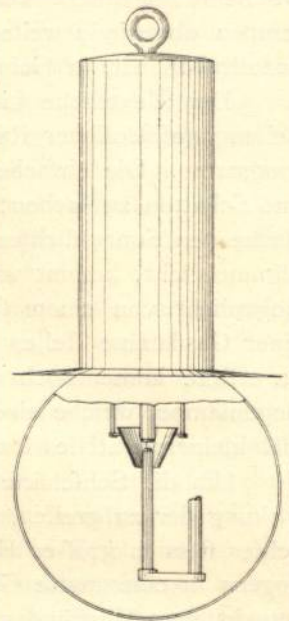
Die Erhellung geschlossener Räume mittels Tageslicht weist folgende wertvolle, dem menschlichen Auge wohltuende Eigenschaften auf: genügend große Helligkeit, zerstreutes Licht, gleichmäßige Lichtverteilung und wenig Schlagschatten. Ähnliches muß man bei der künstlichen Erhellung dieser Räume zu erzielen trachten. Stark leuchtende und strahlende Lichtquellen, wie sie durch Gas- oder elektrische Beleuchtungskörper erzielt werden können, geben zwar viel Licht, entbehren aber der wohltuenden Eigenschaften des Tageslichtes und schädigen unter Umständen durch »zu viel Licht« das menschliche Auge.

Ein durchgreifender Unterschied zwischen Tagesbeleuchtung und direkter künstlicher Erhellung liegt darin, daß erstere durch diffuses oder zerstreutes Licht hervorgebracht wird, während letztere zum größten Teil direkte Lichtstrahlen liefert. Will man hiernach bei der künstlichen Beleuchtung die gleiche Wirkung wie beim Sonnenlicht erzielen, so muß man die direkte Erhellung in die indirekte umwandeln, d. h. man verdecke die Lichtquelle, so daß sie in den Raum keine direkten Strahlen werfen kann; man forge ferner dafür, daß durch geeignete Einrichtungen das von der Lichtquelle ausgehende Licht zerstreut wird und erst in diesem Zustande in den Raum gelangt.

130.  
Indirekte  
Erhellung.

Aus dem eben Gefagten, vor allem aber aus den Ansprüchen hygienischer und wirtschaftlicher Art, die man an eine möglichst vollkommene künstliche Erhellung der geschlossenen Räume stellen muß, ergeben sich die Aufgaben, welche die indirekte Beleuchtung zu erfüllen hat. Daß allen diesen Bedingungen nur durch zerstreutes Licht genügt werden kann, wurde bereits gesagt. Um solches zu erzielen, hat man früher die Lichtquellen außerhalb der zu erhellenden Räume angeordnet, und zwar entweder an der Seite hinter Fenstern, welche mit mattgeschliffenem Glase versehen wurden, oder an der Decke über einem Deckenlicht, in welchem Falle das letztere gleichfalls matte Verglasung erhielt. Soweit es sich

Fig. 41.



um die Zerftreuung des Lichtes handelt, ift die Wirkung einer folchen Einrichtung eine ganz gute; indes ift fie felbft und auch ihre Bedienung nicht einfach genug; ferner geht infolge des grofsen Abftandes vom Licht fehr viel verloren, fo dafs diefe Erhellungsart wenig fparsam ift; endlich ift die Erhellung in der Flächen- ausdehnung nicht genügend gleichmäfsig und die Schattenbildung ungünftig.

Um den beabfichtigten Zweck vollkommen zu erreichen, bringt man die Licht- quelle in der üblichen Weife (an der Decke oder an der Seite) an, verdeckt fie und läßt ihre Strahlen zunächft auf lichtzerftreuende Flächen u. f. w. fallen, von denen fie in den zu erhellenden Raum zurückgeworfen werden. Bei geeigneter An- ordnung werden alsdann die Lichtftrahlen derart zerftreut in den Raum geworfen, dafs faft fchattenlofe Helligkeit herrfcht. An Licht geht dabei allerdings ftets ver- loren, und es wird beim Konftruieren der bezüglichen Einrichtungen eine Haupt- aufgabe fein, den Lichtverlust tunlichft herabzumindern.

Während bei der direkten Beleuchtung von oben die Erhellung eine umfo beffere wird, in je geringerer Höhe man die Beleuchtungskörper über der zu er- hellenden Fläche anbringt, erzielt man bei der indirekten Erhellung ein umfo günftigeres Ergebnis, je höher man die Beleuchtungskörper aufhängt. Zwar er- gibt fich auch für die indirekte Beleuchtung bei Höherftellung der Lampen ein Verluft an Helligkeit; allein man erreicht eine gleichmäfsigere Verteilung der letz- teren<sup>88)</sup>.

Wie aus der Natur der Sache hervorgeht, wird die indirekte Beleuchtung nur für gröfsere Räume in Frage kommen. In Art. 27 (S. 32) wurde bereits erwähnt, dafs vor allem in unferen Wohnhäufern davon nur wenig Gebrauch gemacht werden dürfte.

## b) Einfall des zerftreuten Lichtes von oben.

### 1) Lichtzerftreuung mittels reflektierender Raumdecke.

Man hat vielfach mit gutem Erfolg die Decken der Räume für die Zwecke der Lichtzerftreuung verwendet. *Burgerstein*<sup>89)</sup> berichtet, dafs auf der elektrifchen Ausftellung in Paris 1881 von *Fafpar* eine folche Erhellungseinrichtung zur Ausführung gebracht war, und noch von anderen, z. B. von *Sautter, Lemonnier & Co.* in Paris, war eine folche Beleuchtung verfucht worden.

Nach *Schlenk's* Bericht<sup>90)</sup> war in jedem diefer Säle eine elektrifche Bogenlampe, System *Gramme*, fo angeordnet, dafs der Brennpunkt in ungefähr 3 m Höhe lag; die positive Kohle war unten, die negative Kohle oben angebracht. Unterhalb jeder Lampe befand fich ein kegelförmiger, unten gefchlossener Reflektor; diefer ftellte einen Kegelftutzen von 33 cm Höhe und 15 cm, bezw. 1,00 m meffenden Endflächen dar, war aus Eifenblech und innen blank vernickelt. Durch diefen Reflektor waren einerfeits die Lichtbogen dem Auge des Befchauers entzogen; andererfeits wurden die von ihm ausgehenden Lichtftrahlen zum grofsen Teile aufgefangen und an die hell gehaltene Raumdecke geworfen; außerdem aber trafen noch viele Strahlen unmittelbar auf die Raumdecke, noch mehr aber auf die oberen Teile der Raumwände, die im oberen Drittel durch unmittel- bare Strahlen fehr hell beleuchtet waren.

Bei diefen Einrichtungen wurde das Licht völlig zerftreut und fehr gleich- mäfsig verteilt; es zeigte fich keine nennenswerte Schattenbildung. Weder ober- halb der Lampe wurde ein Schatten fichtbar, noch war der Raum unter dem unter der Lampe angebrachten Reflektor weniger hell beleuchtet.

<sup>88)</sup> Siehe: PELZER, a. a. O., S. 13.

<sup>89)</sup> Siehe: Zeitschr. f. Schulgesundheitspf. 1889, S. 17.

<sup>90)</sup> Siehe: Mitth. d. technolog. Gewerbemufeums in Wien 1885, Nr. 2, S. 28.

Im Jahre 1884 führte *Schlenk* eine ähnliche Beleuchtung im technologischen Gewerbemuseum zu Wien durch.

Er berichtet<sup>91)</sup>, daß die überaus geringe Schattenbildung anfangs beim Zeichnen insofern unangenehm auffiel, als die Zeichnenden gewohnt waren, zum genauen Treffen eines Punktes auf dem Papier das Zusammenkommen der Bleiftiftspitze und ihres Schattenbildes als Hilfsmittel, das nunmehr entfiel, zu benutzen.

Die gleiche Art der künstlichen Erhellung wurde bald darauf auch an anderen Stellen (Anatomie zu Wien, später von der früheren Firma *Schuckert & Co.* zu Nürnberg in der Baugewerkschule zu Nürnberg u. f. w.) mit gleich gutem Erfolg zur Anwendung gebracht.

Indes bewährte sich die von *Jaspar* herrührende Einrichtung nicht vollständig. Der nach oben gerichtete Krater der unten angebrachten positiven Kohle wirkte nämlich als Afchenfänger; sobald nun ein Kohlentheilchen von der oberen (negativen) Kohlen spitze abfiel und in den Krater gelangte, flackerte der Lichtbogen auf, und die Lampe brannte so lange unruhig, bis das Kohlentheilchen im Krater verdampft war. Eine derart wechselnde Erhellung ist meist unbrauchbar.

Auf der Jubiläumsausstellung der Gesellschaft für Beförderung der Arbeitsamkeit zu Moskau 1888 hatte *Erismann* in der Abteilung für Schulhygiene das Modell eines Muster Schulzimmers mit »indirekter Beleuchtung« ausgestellt<sup>92)</sup>. In 1,00 m Abstand von der Decke waren in gleichmäßiger Verteilung 9 Petroleumlampen aufgehängt und zur Erzielung indirekter Erhellung unter ihnen metallene, innen weiß angestrichene Reflektoren (Schirme) mit großem Öffnungswinkel angebracht, welche das Licht zunächst auf die weiß gefärbte Raumdecke und an die obersten Teile der gleichfalls weißen Umfassungswände warfen; von hier aus erst gelangte das Licht auf das Schulgestühl.

In zwei Versuchszimmern wurde ein Vergleich zwischen dieser Art der Zimmererhellung und der gewöhnlichen (direkten) künstlichen Beleuchtung angestellt.

Auf *Erismann's* Veranlassung wurden in dem für die Abteilung der Schulhygiene angewiesenen Saale zwei vollkommen dunkle Zimmerchen eingerichtet, deren Höhe der gewöhnlichen Höhe der Klassenzimmer entsprach, die im Grundriß quadratisch waren und 4,50 m Seitenlänge hatten. Das eine Zimmer wurde durch 3 Lampen mit fog. belgischen Brennern von 40 Kerzen Lichtstärke erhellt; sie wurden in etwa 1,00 m über den Schultischen angebracht und darüber große, unten weiß angestrichene Reflektoren angeordnet. Das zweite Zimmerchen erhielt 6 Lampen besonderer Konstruktion (mit fog. Kreuzbrennern von *Koboseff*), unter denen Schirme von etwa 55 cm Durchmesser sich befanden, die sich nach oben öffneten und auf beiden Seiten mit weißer Oelfarbe angestrichen waren. Die Zimmerdecken und die oberen Teile der Umfassungswände (1,50 m von der Decke) waren mit weißen, matten Tapeten beklebt; die mittleren Wandteile waren in einem leicht hellgrauen Ton gehalten und die unteren (bis 1,20 m über dem Fußboden) dunkelgrau angestrichen.

Von *Boubnoff* wurden vergleichende photometrische Messungen vorgenommen, welche sich hauptsächlich auf den Grad der Gleichmäßigkeit der Erhellung des Fußbodens, der Wände und des Gestühles in beiden Zimmern bezogen. Es zeigte sich, daß bei der gewählten Art der indirekten Erhellung die Verteilung des Lichtes in einer wagrechten Ebene sehr gleichmäßig war und daß Schlag Schatten gänzlich fehlten<sup>93)</sup>.

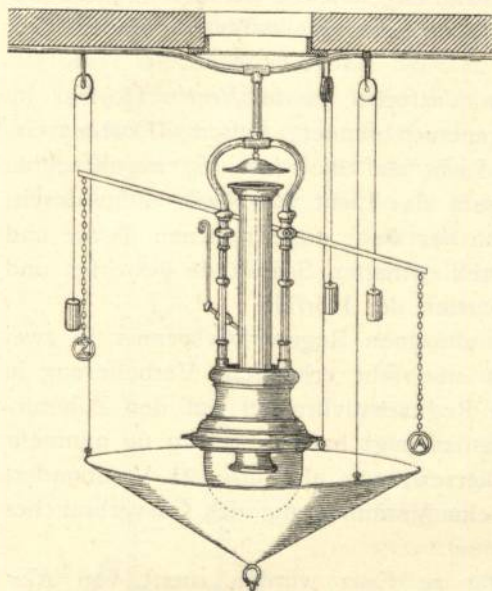
91) Ebendaf.

92) Siehe: Zeitschr. f. Schulgesundheitspf. 1888, S. 347.

93) Siehe ebendaf., S. 362.

Nach dem Vorgange *Erismann's* brachte *Renk*<sup>94)</sup> im Jahre 1892 unter den Regenerativgasbrennern (System *Butzke*) im Hörfaal des hygienischen Instituts der

Fig. 42<sup>95)</sup>.



Universität zu Halle trichterförmige Metallreflektoren (Blechschrime [Fig. 42]<sup>95)</sup> mit einem Oeffnungswinkel von 120 Grad an, und zwar in einem solchen Abstände von der Lichtquelle, das von keinem Platze im Saale aus die Flamme gesehen werden konnte. Die von letzterer ausgehenden Lichtstrahlen wurden nach der Saaldecke und von dieser in den Saal selbst geworfen. Der Saal erschien in zwei Teile geteilt: in einen oberen helleren und einen unteren dunkleren, beide ziemlich scharf getrennt. Allein im unteren Teile konnte man deutlich lesen; gleichmäßige Helligkeit und Mangel an Schlagshatten waren erzielt. Indes war die große Gleichmäßigkeit der Helligkeit auf allen Sitzplätzen durch einen bedeutenden Verlust an Licht erkauft worden; es waren 64,5 Vomhundert davon verlorengegangen.

Um diesen bedeutenden Verlust herabzumindern, wurden verschiedene Mafregeln getroffen:

1) Die reflektierenden Flächen wurden vergrößert; Decke und Umfassungswände des Hörfaales wurden weiß angestrichen, ebenso der Experimentiertisch und das Gestühl; die farbigen Vorhänge wurden durch weiße ersetzt und die Fenster durch weiße Rouleaus verdeckt. Hierdurch wurde ein Lichtgewinn von 26,8 Vomhundert erzielt; allein der Lichtverlust betrug noch immer 60,2 Vomhundert.

2) Die unter den Lampen befindlichen, lichtundurchlässigen Reflektoren wurden durch solche aus weißem, aber lichtdurchlässigem Stoff ersetzt. Hiernach sollte in den Saal nicht nur reflektiertes Licht, sondern auch solches, welches durch den Reflektor hindurchgeht, gelangen.

Zuerst wurden Papierfchirme angewendet und dadurch eine Erhöhung der Helligkeit um 19,2 Vomhundert gegenüber der Beleuchtung mit Metallreflektoren erzielt.

Als dann wurden die Reflektoren aus Ueberfangglas hergestellt, welches lichtdurchlässiger als Papier war, bei auffallendem Lichte eine schöne weiße Farbe zeigte, aber nicht so stark durchsichtig war, das die Flamme der Regenerativbrenner hindurchgesehen werden konnte. Aus diesem Glase wurden 6 gleichschenkelige Dreiecke geschnitten, die durch schmale Metallbänder zu einer Pyramide vereinigt wurden; der Oeffnungswinkel der letzteren betrug wie bei den metallenen und papierenen Schirmen 120 Grad. Gegenüber der Erhellung mit Metallreflektoren war es auf den Tischen um 62,4 Vomhundert, gegenüber den Papierfchirmen um 36,2 Vomhundert heller geworden; der Lichtverlust war auf 35,4 Vomhundert

<sup>94)</sup> Siehe: RENK, F. Ueber die Beleuchtung von Hörfälen u. f. w. Halle a. S. 1892. S. 17 ff.

<sup>95)</sup> Fakf.-Repr. nach: Gefundh.-Ing. 1892, S. 277.

herabgefunken. Allerdings war die Gleichmäßigkeit der Erhellung nicht mehr so vollkommen wie beim ersten Versuch.

Alle diese Reflektoren verhinderten auch, daß an der schwarzen Wandtafel Reflexe entstanden, ebenso, daß die Wärmestrahlung, wie sie bei der direkten Beleuchtung von den unmittelbar unter den Lampen Sitzenden lästig empfunden wird, beseitigt war.

134.  
Renk's spätere  
Versuche.

Auf Grund der vorstehend skizzierten Versuche wurde Renk's Hörsaal im hygienischen Institut zu Halle durch 4 Regenerativbrenner, System *Wenham*, indirekt erhellt. Diese Lampen werfen ihr Licht auf die darunter angebrachten Reflektoren aus Milchglas; durch letztere geht das Licht zum Teile diffus durch; zum größeren Teile wird es von ihnen nach der weiß angefrischene Decke und nach dem oberen Teile der ebenfalls sehr hell gemalten Saalwände geworfen und gelangt erst von diesen aus in die unteren Partien der Hörfäle.

135.  
Anwendung  
des  
Auer'schen  
Glühlichtes.

Später setzte Renk an die Stelle der einzelnen Regenerativbrenner je zwei *Auer'sche* Gasglühlichter und erzielte damit eine sehr erhebliche Verbesserung in der Erhellung des Hörsaales. Während die Regenerativbrenner auf den Zuhörerplätzen eine Helligkeit von 17,48 Meterkerzen erzeugt hatten, betrug sie nunmehr im Durchschnitt von 20 Plätzen 38,6 Meterkerzen, war also um 121 Vomhundert größer als vorher. Dessenungeachtet wurde eine Verminderung des Gasverbrauches um 28 Vomhundert erzielt<sup>96)</sup>.

Im hygienischen Institut der Universität zu Graz wurden zuerst von *Kermayer* und *Prausnitz*<sup>97)</sup>, später von *Prausnitz* allein<sup>98)</sup> Untersuchungen über indirekte Beleuchtung mit *Auer'schem* Gasglühlicht vorgenommen, und ihr Hauptzweck war die Feststellung von Normalien für die Installierung solcher Beleuchtungsanlagen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen waren sehr günstige, vorausgesetzt, daß die Beleuchtungskörper möglichst hoch angebracht waren, wie denn *Prausnitz* ganz allgemein empfiehlt, stark leuchtende Beleuchtungskörper nicht, wie es sonst üblich ist, tunlichst tief zu hängen, sondern das gerade Gegenteil zu tun.

Das Bayrische Ministerium des Inneren hat in den Jahren 1900 und 1901 die Beleuchtung von Schulanstalten zum Gegenstand von Untersuchungen gemacht, welche sich u. a. gleichfalls auf die Verwendung des *Auer'schen* Gasglühlichtes bezogen. Auf Grund dieser Versuche werden für Räume, die nicht höher als 4,00 m sind, Metallreflektoren mit oben blank glänzender (polierter) oder weiß emaillierter Fläche (obere Öffnung von 60 cm und Neigung von 20 cm) empfohlen. Namentlich werden die geringen Kosten, die dem geringen Gasverbrauch entsprechen, gerühmt.

Je nachdem in dem betreffenden Saal feinere oder gröbere Arbeiten ausgeführt werden sollen (Hör- oder Zeichenfäle), rechnet man für jedes *Auer-Licht* 6 bis 12 qm Bodenfläche; dabei soll der Beleuchtungskörper im Mittel 3,00 m (zwischen 2,50 bis 3,50 m, je nach der Höhe des Saales) über dem Fußboden angebracht sein.

136.  
Anwendung  
des  
elektrischen  
Bogenlichtes.

Bei den Untersuchungen von *Erismann* bildeten Petroleumlampen die Lichtquellen, und bei denjenigen von *Renk* waren es Beleuchtungskörper, die mit Leuchtgas gespeist wurden. Wenn nun auch durch die von beiden angewandten Reflektoren wesentliche Vorteile erzielt wurden, namentlich hinsichtlich günstiger Zerstreung des Lichtes, so waren die lästige Erwärmung der Saalluft und deren Verunreinigung immer noch verblieben. In großen Räumen auch in dieser Be-

96) Siehe: RENK, F. Die neue Beleuchtung der Universitäts-Auditorien in Halle a. S. Berlin 1894. S. 15.

97) Siehe: Archiv f. Hygiene, Bd. 29, S. 17 — und: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1897, S. 149.

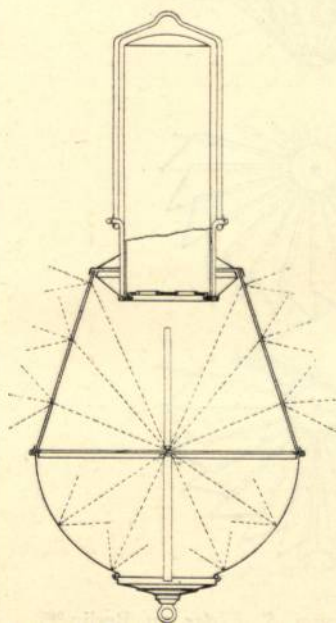
98) Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1899, S. 173, 197.

ziehung möglichst vollkommene Ergebnisse zu erreichen, ist nur durch Verwendung von elektrischen Bogenlampen möglich. Dies ist auch mehrfach geschehen, und in Art. 129 (S. 102) ist bereits von solchen Einrichtungen die Rede gewesen. Bei diesen sowohl, sowie auch bei einigen der später erfundenen Lampen wird, um die Lichtstrahlen nach der Raumdecke zu richten, als untere Kohle die positive und als obere die negative Kohle benutzt.

In kleineren Räumen kann man auch mit Glühlichtlampen von stärkerer Leuchtkraft befriedigende Ergebnisse erzielen.

Welcher Mißstand mit der *Faspar'schen* Einrichtung für indirekte Bogenlichterhellung verbunden ist, wurde in Art. 131 (S. 104) bereits gesagt. Da aber diese

Fig. 43.



Bogenlampe für indirekte Erhellung der früheren Firma *Schuckert & Co.* zu Nürnberg.

<sup>1</sup>/<sub>14</sub> w. Gr.

Art der Erhellung auf der anderen Seite große Vorteile darbietet, so war die frühere Firma *Schuckert & Co.* zu Nürnberg vor allem darauf bedacht, die für solche Bogenlampen erforderlichen Kohlen zu verbessern. Weiter wurde von dieser Anstalt eine Bogenlampe mit halbkugelförmigem Reflektor (Fig. 43) konstruiert, welcher die nach unten gehenden Lichtstrahlen zurückwirft. Durch eine darauf sitzende Laterne aus Ueberfangglas oder aus Mattglas wird das gegen die Decke geworfene Licht gleichmäßig verteilt. Von der Anordnung besonderer Reflektoren wurde bei dieser Einrichtung abgesehen.

Derartige Lampen sind, wie die genannte Firma selbst angab, für die indirekte Erhellung von Fabrikräumen und dergl. wohl geeignet; den Ansprüchen, welche in anderen Räumen, wie Schulzimmern, Hörsälen u. s. w., gestellt werden, genügen sie nicht in ausreichendem Maße.

Die älteste Lichtzerstreuungsvorrichtung für elektrisches Bogenlicht dürfte der »Blend-Scheinwerfer« von *S. Elster* in Berlin sein; sie wurde dieser Firma bereits im Jahre 1891 patentiert. Die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen fallen bei dieser Konstruktion zunächst auf fächerförmig angeordnete Glaslamellen, bezw. Glasringe, werden von diesen an die

Raumdecke und von letzterer in den Raum selbst zurückgeworfen. Die Lamellen sind aus mattem Glas gebildet, und zwar ist die matte Fläche der Lichtquelle zugekehrt; sie haben eine solche Stellung, daß die Lichtstrahlen niemals senkrecht auffallen, sondern immer nur in schiefer Richtung. Die Lichtstrahlen gehen teils gebrochen durch die Lamellen hindurch, teils werden sie an die Raumdecke geworfen.

Fig. 44<sup>99)</sup> zeigt einen solchen Lichtzerstreuer; der obere Grundriß veranschaulicht die Lamellenanordnung, wenn die Lampe in größerer Höhe aufgehängt werden kann. Bei niedrigerer Aufhängung könnte es geschehen, daß die aus einzelnen Lücken der Lamellen zurückgeworfenen Strahlen in einfacher Brechung das Auge treffen, daß man also einseitig in den Lamellenkorb hineinschauen könnte;

<sup>99)</sup> Fakf.-Repr. nach: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1891, S. 270.

137.  
Bogenlampen  
der  
früheren Firma  
*Schuckert & Co.*

138.  
Lichtzerstreuer  
von *Elster*.



deshalb empfiehlt sich in einem solchen Falle die Anordnung der Lamellen nach Art des unteren Grundriffes, bei welcher die Tangentialrichtung der Lamellen im Viertelkreis umgestellt ist <sup>100)</sup>.

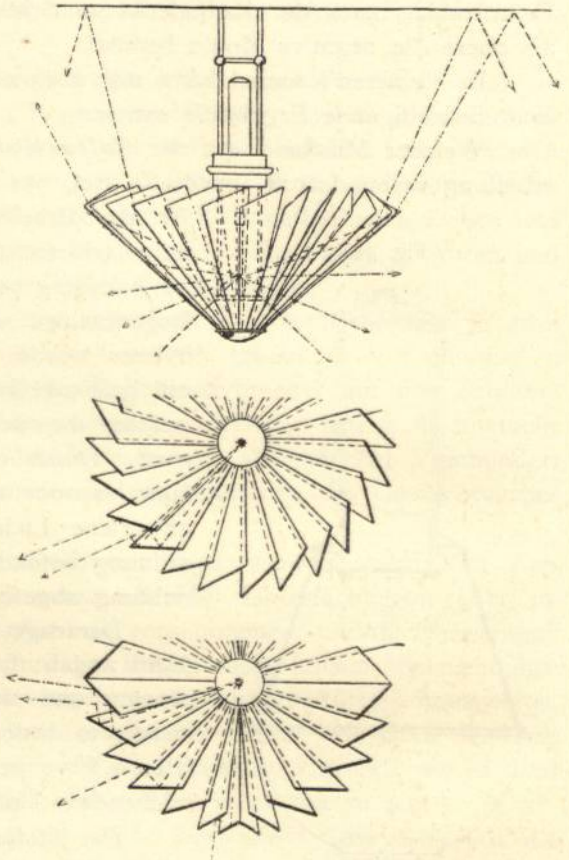
Die *Elfter'schen* Lichtzerstreuer können auch für fog. Gas-Hochlichtbrenner verwendet werden; nur müssen dabei die Lamellen mit der glatten, spiegelnden Seite der Lichtquelle zugewendet werden. Die Hochlichtbrenner von *Siemens*, die fog. invertierten, welche mit weißer Flamme brennen, sollen dabei die besten Ergebnisse liefern und darin die *Elfter-Wenham-Lampen*, deren vorteilhafteste Brennergebnisse bekanntlich bei hellgelblicher Flammenfärbung erzielt werden, übertreffen <sup>101)</sup>.

Die *Elfter'schen* Lichtzerstreuer erzeugen erfahrungsgemäß leichte Halbschatten, wodurch sie zwar für viele Zwecke, z. B. für Schulzimmer und Hörsäle, ebenso für Fabrikräume u. f. w., weniger aber für Zeichenäle geeignet erscheinen. Auch sind die dünnen Glaslamellen sehr zerbrechlich, wodurch nicht unbedeutende Ersatzkosten entstehen können.

Da, wie mehrfach erwähnt, das Anbringen der positiven Kohle unten in mancher Beziehung mißständig ist, war die frühere Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals *Schuckert & Co.* zu Nürnberg bestrebt, eine Erhellungseinrichtung mit einer Bogenlampe zu konstruieren, bei der, wie gewöhnlich, die positive Kohle oben angeordnet ist. Das Ergebnis darauf bezüglicher Versuche ist die in Fig. 45 dargestellte Einrichtung.

Die Lichtstrahlen, welche von einer gewöhnlichen Bogenlampe nach unten geworfen werden, fallen auf zwei unter bestimmtem Winkel zusammengestellte Spiegel *a* und *b*, welche aus Abschnitten von Hohlkegeln oder von aus einzelnen ebenen Spiegeln zusammengesetzten vielseitigen Pyramiden bestehen. An die Spiegel *b* schließt sich eine am Lampenkörper befestigte vielseitige Laterne *c* an, die mit Mattglas oder Ueberfangglas, unter Umständen auch mit Riffelglas <sup>102)</sup>, belegt ist. Die Spiegel *a* und *b* haben eine solche Stellung zueinander, daß sämtliche auf sie fallende Lichtstrahlen auf die verglasten Flächen der Laterne *c* zurückgeworfen werden, hier teilweise noch geradlinig durchdringen, zum größten Teile aber zerstreut werden. Das geradlinig durchgegangene Licht gelangt zur weißen Raum-

Fig. 44.

Lichtzerstreuer von *S. Elfter* zu Berlin <sup>99)</sup>.

139.  
Lichtzerstreuer  
der  
früheren  
Elektrizitäts-  
Aktien-  
gesellschaft.

<sup>100)</sup> Siehe auch: Blend-Scheinwerfer von *S. Elfter* in Berlin. Deutsche Bauz. 1891, S. 117.

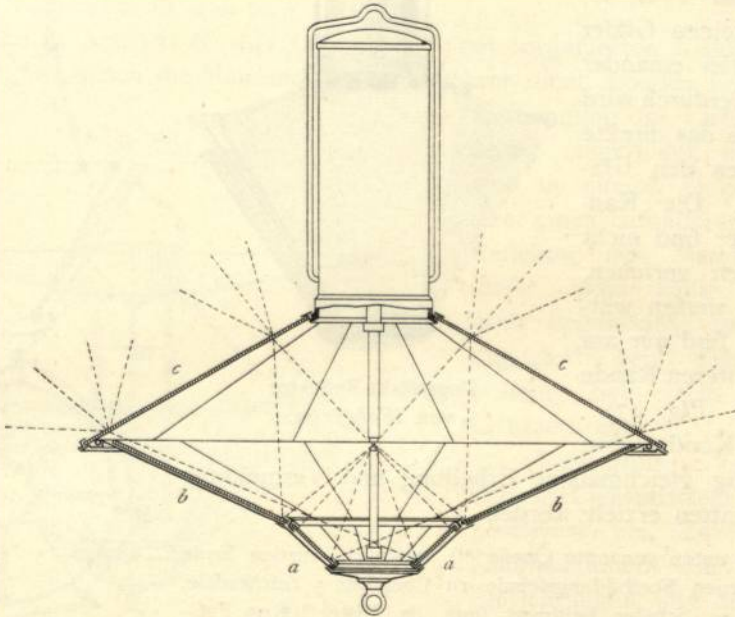
<sup>101)</sup> Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1891, S. 268.

<sup>102)</sup> Muß sparsam vorgegangen werden, so wird Riffelglas verwendet. Die schönste Wirkung erzielt man mit Ueberfangglas. In ganz staubfreien Räumen kann man auch Mattglas benutzen.

decke und wird von hier in den Raum zurückgeworfen; das zerstreute Licht kommt teils unter Vermittelung der Decke, teils unmittelbar zur Wirkung.

Im Jahre 1892 wurden in der Technischen Hochschule zu München Versuche mit verschiedenen Einrichtungen für indirekte Bogenlichterhellung angestellt; dabei wurde der eben beschriebenen der Vorzug gegeben, und auf Grund weiterer Erfahrungen wurden später fäktliche Hör- und Zeichenfäle mit solchen Lichtzerstreuern ausgestattet<sup>103)</sup>. — Die in den Sälen der Technischen Hochschule zu Darmstadt zur Anwendung gebrachten Beleuchtungskörper dieser Art haben sich, namentlich in der neueren verbesserten Ausführung, gut bewährt.

Fig. 45.



Lichtzerstreuung der früheren Elektrizitäts-Aktiengesellschaft  
vormals *Schuckert & Co.* zu Nürnberg.

<sup>1)</sup><sub>20</sub> w. Gr.

Verwandt mit der eben vorgeführten Einrichtung sind die »Deckenreflektoren« der früheren Firma *Siemens & Halske* zu Berlin.

Eine solche Vorrichtung besitzt eine konische spiegelnde Fläche aus nickelplattiertem Stahlblech. Sie ist oben durch sechs mattierte Glascheiben abgedeckt, deren jede sich um den äußeren Rand aufklappen läßt. Reflektor und Abdeckung sind am oberen Teile des Beleuchtungskörpers aufgehängt, und zwar mit zwei Oefen, die in entsprechende, vom Armaturring getragene Haken greifen. Der Zusammenhang zwischen Spiegel und Deckel wird noch durch drei Tragstützen gesichert.

Für elektrisches Bogenlicht ist die von *Wahlström* konstruierte Lichtzerstreuungs-  
vorrichtung (Bogenlichtreflektor oder Diffusor), welche der »Maschinenfabrik Eslingen,  
Abteilung für Elektrotechnik«, patentiert wurde und namentlich in Räumen von  
geringer Höhe, die mit Bogenlicht erhellt werden sollen, mit gutem Erfolge zur  
Anwendung gekommen ist. Sie ist im wesentlichen eine Umbildung des in Art. 138  
(S. 107) bereits besprochenen *Elster'schen* Lichtzerstreuers und unterscheidet sich von  
den seither vorgeführten Einrichtungen dadurch, daß nicht allein die Raumdecke,  
sondern auch ein großer Teil der Umfassungswände reflektierend wirkt.

140.  
Decken-  
reflektoren  
von  
*Siemens  
& Halske.*

141.  
Lichtzerstreuung  
von  
*Wahlström.*

<sup>103)</sup> Nach freundlichen Mitteilungen der früheren Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vormals *Schuckert & Co.* zu Nürnberg.

Der *Wahlström'schen* Einrichtung liegt der Gedanke zu Grunde, mit dem hauptsächlich von der Decke und den Wänden reflektierten indirekten Licht auch eine direkte Erhellung zu verbinden; da jedoch letztere in möglichst zerstreutem Licht bestehen muß, so wurden Gläser, welche mit Prismen versehen sind, zur Umhüllung der Lichtquelle verwendet. Wie aus Fig. 46

hervorgeht, sind diese Gläser in Form einer umgekehrten Pyramide angeordnet, und zwar so, daß die einzelnen Gläser an den Kanten einander überragen; hierdurch wird verhütet, daß das direkte Licht zwischen den Gläsern austritt. Die Kanten der Gläser sind nicht mit Fassungen versehen, die Schatten werfen würden, sondern sind nur am oberen und unteren Rande festgehalten (Fig. 47).

Durch diese Konstruktion soll eine völlig gleichmäßige Erhellung und Vermeidung jeglicher Schatten erzielt werden.

Wie die unten genannte Quelle<sup>104)</sup> berichtet, wurden Ende 1893 in der neuen Fortbildungsschule zu Cannstatt 5 Zeichenfäle, welche für je 40 Schüler bestimmt sind, im Mittel 106 qm Fußbodenfläche und nur 3,40 m Höhe haben, deren Wände und Decken hell angestrichen sind, mit solchen Lichtzerstreuern versehen. Wegen der Lichtverteilung konnten bei der geringen Höhe der Säle Bogenlampen mit gewöhnlichen Glasglocken keine Anwendung finden. Hätte man die in Art. 132 u. 133 (S. 104 bis 106) vorgeführten, nach oben geöffneten, aus Blech hergestellten, innen weiß angestrichenen Kegelreflektoren anbringen wollen, so hätte man den auf den Zeichenplätzen erforderlichen Helligkeitsgrad nur dann erreichen können, wenn man Bogenlampen von etwa 14 bis 20 *Ampere* (1400 bis 2000 Kerzenstärken) genommen hätte. Statt dessen ordnete man in jedem Zeichenfaal 2 Bogenlampen von je 7 *Ampere* (600 bis 700 Normalkerzen) an, deren Lichtpunkt sich 1,00 m unterhalb der Decke oder 2,35 m über dem Fußboden befindet. Das Ergebnis soll ein äußerst günstiges, die Lichtverteilung überall eine nahezu ganz gleichmäßige sein.

Schließlich sei noch bemerkt, daß bei den vorstehend vorgeführten Beleuchtungsarten mindestens die Decke des zu erhellenden Raumes einen rein weißen und matten Anstrich erhalten muß. Da auch die oberen Teile der Wände reflektierend wirken, so setze man diesen Anstrich, wo es angeht, auch dorthin fort.

Da von einem solchen Anstrich der Erfolg der in Rede stehenden Beleuchtungsweise wesentlich abhängt, so muß man ihn häufig erneuern.

Fig. 46.

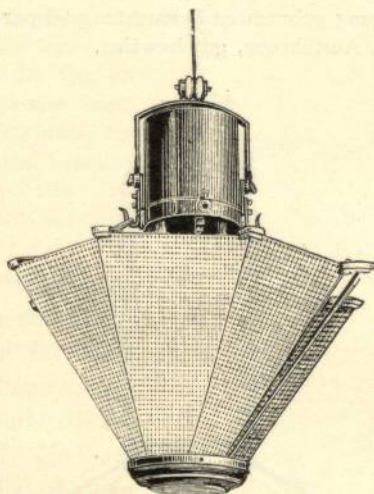
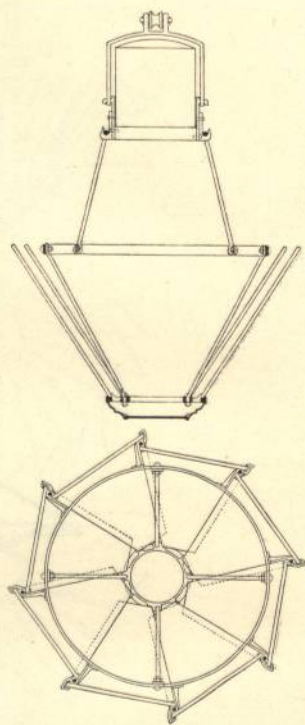
Bogenlicht-Reflektor  
von Wahlström.

Fig. 47.

 $\frac{1}{15}$  w. Gr.

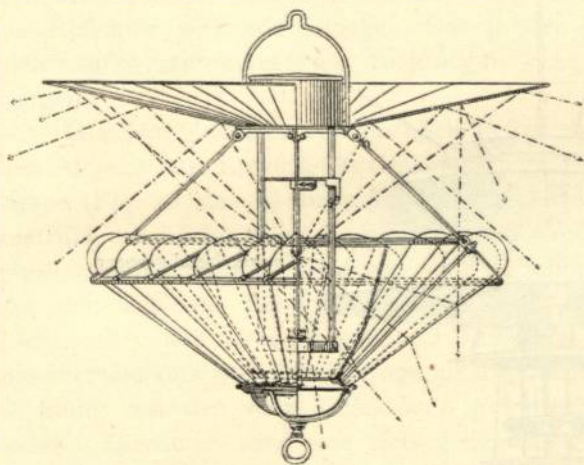
104) Gewbl. aus Württemberg 1894, S. 122.

## 2) Lichtzerstreuung mittels besonderer Reflektoren.

Außer den im vorhergehenden beschriebenen Vorrichtungen gibt es auch noch einige andere, bei denen Saaldecke und Umfassungswände entweder gar nicht oder in nur untergeordneter Weise zur Lichtzerstreuung herangezogen werden. Sie kommen namentlich dann in Frage, wenn der Raum ungewöhnlich hoch ist und es im Interesse der tunlichsten Ausnutzung der Lichtquelle unzweckmäßig wäre, die letztere nahe an der Decke anzubringen, oder wenn der erforderliche weisse Deckenanstrich nicht zugänglich ist, oder wenn die Saaldecke ein großes verglastes Deckenlicht besitzt, oder wenn gar keine eigentliche Saaldecke (nur die Dachkonstruktion) vorhanden ist u. f. w.

Sämtliche in Art. 131 bis 141 (S. 103 bis 110) vorgeführten Lichtzerstreuungseinrichtungen, bei denen die Raumdecke als Reflektor dient, können bei niedrigerer

Fig. 48.

Lichtzerstreuer von S. Elster zu Berlin<sup>105)</sup>.

auch für Gasintensivlampen benutzt werden; die andere ist nur für elektrische Bogenlampen mit feststehendem Brennpunkt, welche die positive Kohle oben tragen, bestimmt.

Eine neuere Konstruktion, der »Oberlichtreflektor System Hrabowsky«, ist patentiert und das Patent im Besitz der früheren Firma *Siemens & Halske* zu Berlin.

*Hrabowsky* untersuchte zunächst die eigenartige Lichtverteilung bei elektrischen Bogenlampen. Er fand, daß die Lichtmenge, welche unter einem Winkel von mehr als 20 Grad über der Wagrechten nach oben geht, ganz unbedeutend ist und etwa nur 6 Vomhundert des Gesamtlichtes beträgt. Das gleiche findet bei derjenigen Lichtmenge statt, welche mehr als 70 Grad unter der Wagrechten ausgesendet wird, da an dieser Stelle die Kohlen Schatten stören. Hingegen beträgt die Lichtmenge, die von der Wagrechten bis 25 Grad unter letztere herabgeht, 25 Vomhundert und diejenige, welche von 25 bis 45 Grad ausgesendet wird, 42 Vomhundert des gesamten Lichtes.

Diese eigenartigen Erscheinungen bilden die Grundlage der Konstruktion des *Hrabowsky'schen* Lichtzerstreuers.

Dieser besteht aus einer Glocke (Fig. 49 bis 51), deren nach unten konkave Decke *BE* weiß angestrichen und mit der elektrischen Bogenlampe fest verbunden

Aufhängung der Lichtquelle auch derart umgebildet werden, daß man in einiger Höhe über letzterer einen besonderen wagrechten Reflektor aus Metall anbringt; dieser kann völlig eben oder flach kegelförmig gestaltet sein. Fig. 48<sup>105)</sup> zeigt eine solche Anordnung bei einem *Elster'schen* Lichtzerstreuer.

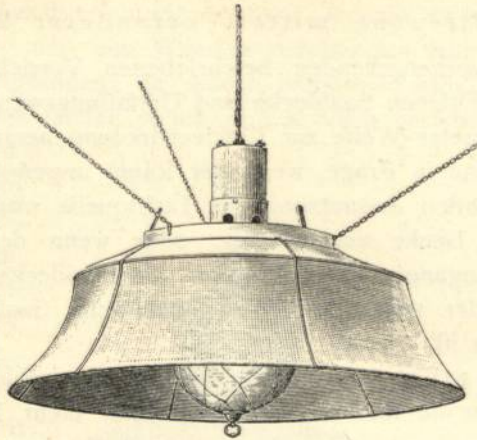
Eine größere Zahl sehr sinnreicher Lichtzerstreuer rührt von *Hrabowsky* her. Zwei etwas ältere Konstruktionen von bezüglichen Einrichtungen sind in der unten genannten Zeitschrift<sup>106)</sup> beschrieben; davon kann die eine sowohl für elektrisches Bogenlicht, als

143.  
Allgemeines.144.  
Lichtzerstreuer  
von  
*Hrabowsky*.

105) Fakf.-Repr. nach: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1891, S. 270.

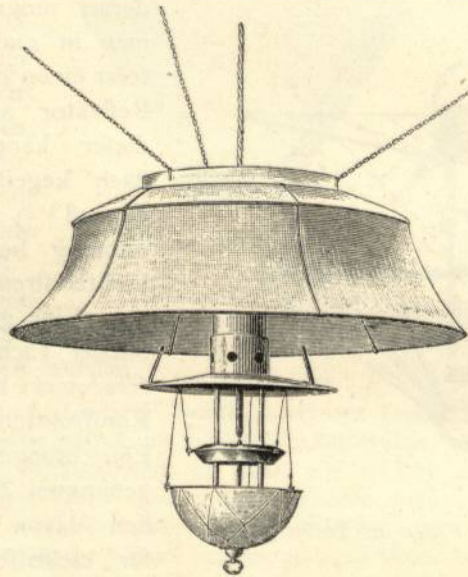
106) Elektrotechn. Zeitchr. 1892, S. 150.

Fig. 49.



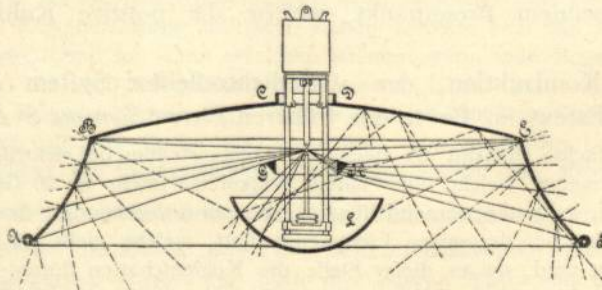
Normale Stellung.

Fig. 50.



Lampe herabgezogen.

Fig. 51.



Lotrechter Schnitt.

Oberlicht-Reflektor von *Hrabowsky*. $\frac{1}{20}$  w. Gr.

ist. Der trichterförmige Mantel der Glocke besteht aus einem Drahtgestell, welches mit weißem Stoff überzogen ist. An der Glockendecke hängt ein verstellbarer Glasring *GH*, der im Querschnitt dreieckig gestaltet ist und den Lichtbogen umgibt. Unter der Lampe hängt eine Blende *L* mit Aschenteller aus Opalglas.

Die Lichtstrahlen, welche von oben bis 25 Grad Neigung herabkommen, werden, wie die linksseitige Hälfte von Fig. 51 (gegen  $AB$  zu) zeigt, vom reflektierenden Glockenmantel unmittelbar aufgefangen und nach unten geworfen; sie umfassen 39 Vomhundert der gefamten Lichtmenge. Die Lichtstrahlen, welche 25 bis 45 Grad Neigung zur Wagrechten haben und 42 Vomhundert Lichtmenge aufweisen, durchlaufen den prismatischen Glasring und werden von diesem gleichfalls auf den reflektierenden Glockenmantel geworfen, wie dies die rechtsseitige Hälfte von Fig. 51 (gegen  $EF$  zu) veranschaulicht; von da aus werden sie gleichfalls nach unten zurückgeworfen. Die Lichtstrahlen endlich, welche 45 bis 70 Grad Neigung besitzen und 19 Vomhundert der gefamten Lichtmenge enthalten, treffen die Opalglasblende  $L$ ; zum Teile gehen sie durch diese Blende nach unten durch; zum anderen Teile werden sie nach der reflektierenden Glockendecke und von dieser aus nach unten geworfen.

Im Glasring sollen etwa 10 Vomhundert des Gesamtlichtes verloren gehen; dessenungeachtet trifft noch nahezu zwei Drittel der gefamten Lichtmenge die als Reflektor wirkende Glocke. Das in den Raum geworfene Licht ist ein sehr gleichmäfsig zerstreutes; der Lichtbogen kann von keinem Sitzplatze aus gesehen werden.

Gleichen Zwecken wie die eben beschriebene Vorrichtung dient der »Diffuser« der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft zu Berlin (Fig. 52<sup>107</sup>). Ueber der Bogenlampe (Fig. 52 bis 54) befindet sich ein kegelförmiger Reflektor  $B$ , der mit konzentrisch zur Lichtquelle  $C_3$  angeordneten Wellen versehen ist; diese Wellen haben gleiche radiale Länge, aber von der Kegelspitze nach außen zunehmende Höhe. An den äußeren Rand dieses Reflektors läßt sich noch ein zweiter, nach der Lichtquelle zu konkav gekrümmter Reflektor  $D$  (Fig. 53) anschließen, durch den die über die äußersten Wellenringe hinausgehenden Lichtstrahlen in ungefähr gleicher Richtung mit den vom Reflektor  $B$  kommenden Strahlen zurückgeworfen werden sollen. Hierdurch wird eine stets gleichmäfsige, von der Stellung des Lichtbogens unabhängige Verteilung des von der Lampe ausgestrahlten Lichtes herbeigeführt.

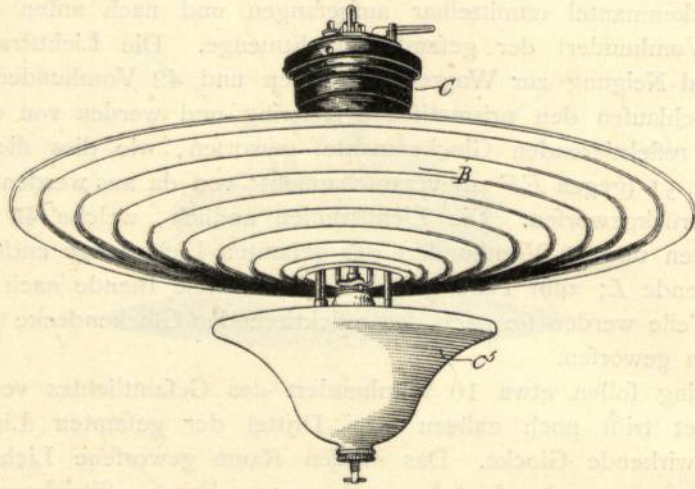
Der lotrechte Schnitt in Fig. 54 veranschaulicht die Lampe mit dem Reflektor  $B$  und die Wege der letzteren treffenden Strahlen. Fig. 53 zeigt, wie der Unterrand des Außenreflektors  $D$  sich abwärts bis zu der durch die geometrische Spitze des Kegelreflektors  $B$  gelegten wagrechten Ebene erstreckt, ebenso den Weg der vom ersteren zurückgeworfenen Lichtstrahlen. Ein bestimmter Teil der Lichtstrahlen ( $r$  in Fig. 53) trifft die tiefergelegenen Stellen der ringförmigen Wellen der Kegelfläche  $B$  und wird von dieser in den zu erhellenden Raum geworfen. Andere Strahlen ( $2$ ) treffen die innere Fläche des Schirmes  $C_5$ , werden von hier nach oben auf den Reflektor  $B$  und von diesem nach dem unter der Lampe befindlichen Raume geworfen. Wenn die Kegelfläche  $B$  nicht gewellt wäre, würden alle erwähnten Lichtstrahlen unter so großem Winkel reflektiert werden, daß sie für die gewünschte Erhellung nutzlos sein würden. Die über den Rand des Schirmes hinausgehenden, die gewellte Kegelfläche  $B$  nicht treffenden Strahlen ( $3$ ) treffen den konkaven Reflektor  $D$  und werden von diesem nach unten in den zu erhellenden Raum geworfen.

Der vom unteren Rande des Reflektors  $D$  nach oben sich erstreckende Teil  $D_1$  kann beliebig gefaltet sein.

Die Lampe wird mittels eines Hakens  $C$  oder dergl. an einem geeigneten Konstruktions-teil der Decke, des Daches u. f. w. aufgehängt. Der Reflektor  $B$  kann aus Blech oder aus irgend einem geeigneten, das Licht zurückwerfenden Material hergestellt werden, am besten und einfachsten aus weiß emailliertem Eisenblech, das sich leicht reinigen läßt.

<sup>107</sup>) D. R.-P. Nr. 165 206.

Fig. 52.



*Hoja para el dibujo.*

Fig. 53.

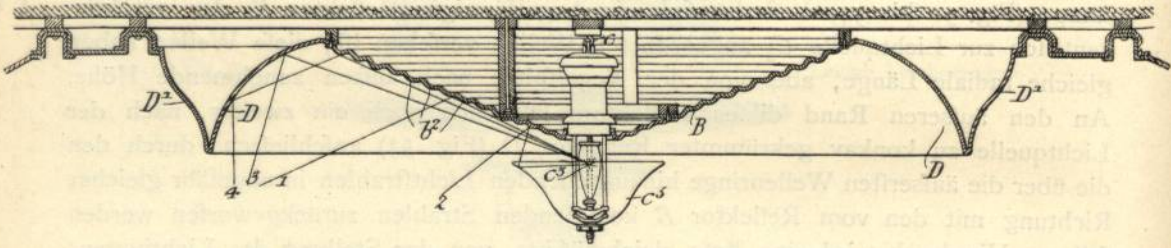
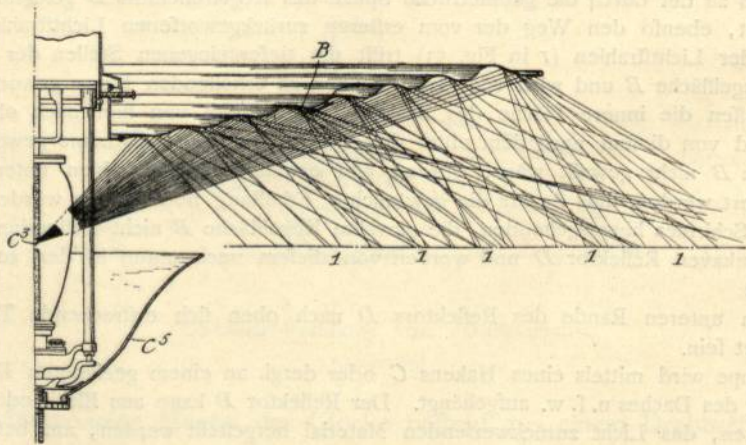


Fig. 54.



Diffuser der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft zu Berlin.

## c) Einfall des zerstreuten Lichtes von der Seite her.

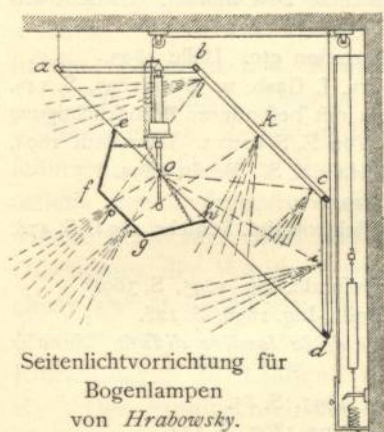
Die in Rede stehenden Lichtzerstreuer sind nicht allein in der feither beschriebenen Form, durch welche eine künstliche Erhellung von oben geschaffen wird, konstruiert worden, sondern auch derart, daß sie an einer Umfassungswand angebracht werden können und von da aus künstliches zerstreutes Seitenlicht in den Raum werfen. Die wohl älteste Vorrichtung dieser Art rührt von der Firma *S. Elfter* zu Berlin her, und bei dieser ist eine ganz ähnliche Anordnung von Glaslamellen zu finden, wie bei den bereits in Art. 138 (S. 107) beschriebenen Lichtzerstreuern; in der dort angegebenen Quelle sind die betreffenden Abbildungen zu finden.

Eine neuere Einrichtung, der »Seitenlichtapparat für Bogenlampen«, rührt gleichfalls von *Hrabowsky* her; das bezügliche Patent besitzt die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft zu Berlin.

146.  
Ältere  
Einrichtungen.

147.  
Lichtzerstreuer  
von  
*Hrabowsky*.

Fig. 55.



Seitenlichtvorrichtung für  
Bogenlampen  
von *Hrabowsky*.

Dieser Lichtzerstreuer (Fig. 55) besteht aus zwei Reflektoren, welche schräg an einer Seitenwand und exzentrisch zueinander angeordnet sind. Der Hauptreflektor ist *abcd*; der kleinere Reflektor *efgh* besteht aus verschieden transparentem Material; in seiner Mitte *o* befindet sich der Leuchtpunkt der Bogenlampe. Durch die exzentrische Anordnung der Reflektoren und der verschiedenen Transparenz ist die Eigentümlichkeit des elektrischen Gleichstrom-Bogenlichtes, vorzugsweise nach einer Seite auszufrahlen, möglichst berücksichtigt. Durch über Rollen laufende Schnüre läßt sich die Vorrichtung beliebig verstellen.

Ein Teil des vom Lichtbogen ausgefrachten Lichtes fällt auf den Hauptreflektor und wird von diesem in den Raum geworfen; so z. B. die Strahlen *oi* und *oc* in Fig. 55. Der zweite Teil der Lichtstrahlen, z. B. *op* und *or* in Fig. 55, fällt auf den Transparentreflektor *fg* und wird von diesem entweder durchgelassen oder auf den Hauptreflektor geworfen (*pl* und *rk*); der letztere reflektiert dieses Licht wieder in den Raum.

Außerlich erscheint diese Einrichtung wie ein großer Leuchtkörper, der an allen Seiten gleich hell ist und in der Mitte eine etwas hellere Stelle hat. Die Helligkeit der letzteren kann man durch Einlegen von Platten aus mattem Glas oder anderen transparenten Scheiben beliebig verändern, so daß man die Schatten, welche die ganze Erhellungseinrichtung liefert, weicher oder härter machen kann.

Die in Rede stehende Einrichtung wird auch für zwei Bogenlampen ausgeführt, wodurch der Vorteil erzielt wird, daß völlige Gleichmäßigkeit des Lichtes entsteht. Für den Fall nämlich, daß die eine Lampe durch Störungen beeinflusst werden sollte, würde die andere entsprechend stärker leuchten, so daß die Summe des Lichtes immer die gleiche ist. Gutem Tageslicht gegenüber hat eine solche Vorrichtung den erheblichen Vorteil, daß die von der Lichtquelle entfernteren Stellen des Raumes bei letzterer verhältnismäßig besser erhellt sind als bei ersterem. Während das Tageslicht am Fenster eines gewöhnlichen Raumes etwa 100mal so hell ist als an der gegenüberliegenden Wand, ist das Licht bei einem solchen Zerstreuer an der hellsten Stelle nur 5mal so hell als an einer Stelle, die 9,00 m davon entfernt liegt.



## Literatur

## über »Indirekte Beleuchtung«.

- BURGERSTEIN, L. Zur künstlichen Beleuchtung der Schulzimmer. *Zeitfchr. f. Schulgesundheitspfl.* 1889, S. 17.
- Blend-Scheinwerfer von *S. Elfter* in Berlin. *Deutsche Bauz.* 1891, S. 117.
- Künstliches Oberlicht. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1891, S. 268.
- RENK, F. Ueber die künstliche Beleuchtung von Hörfälen. Preisverkündigungsprogramm der Universität Halle a. S. 1892.
- MENNING, F. Ueber indirekte Beleuchtung. *Gefundh.-Ing.* 1892, S. 273, 313.
- FRIEDRICH, K. *Hrabowsky'sche* Beleuchtung für geschlossene Räume mittels Bogenlicht. *Elektrotechn. Zeitfchr.* 1892, S. 148.
- COHN, H. Ueber künstliche Beleuchtung von Hör- und Operationsfälen. *Deutsche medicin. Wochfchr.* 1893, S. 621.
- Auerlichtbeleuchtung in den Instituten der Universität Halle a. S. *Centralbl. d. Bauverw.* 1894, S. 207.
- Elektrische Beleuchtung der Zeichenfäle der neuen Fortbildungsschule zu Cannstatt. *Gwbebl. aus Württemberg* 1894, S. 122.
- PELZER, F. Studien über indirekte Beleuchtung. Inaugural-Differtation etc. Halle 1893.
- KERMAUER & PRAUSNITZ. *Archiv f. Hygiene*, Bd. 29, S. 17. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1897, S. 149.
- Fortfchritte auf dem Gebiete der Architektur. Nr. 4: Hochschulen mit besonderer Berücksichtigung der indirekten Beleuchtung von Hör- und Zeichenfälen. Von E. SCHMITT. Darmstadt 1894.
- RENK, F. Die neue Beleuchtung der Universitäts-Auditorien in Halle a. S. Berlin 1894.
- GAHÉRY, P. *Éclairage par réflexion. Le génie civil*, Bd. 23, S. 49.
- NERZ, F. Ueber die Beleuchtung von Räumen mit Bogenlicht. *Elektrotechn. Zeitfchr.* 1894, S. 478. *Polyt. Journ.*, Bd. 294, S. 112.
- Die Beleuchtung von Räumen mit Bogenlicht (nach *F. Nerz*). *Gefundh.-Ing.* 1895, S. 369.
- Diffufor für elektrische Bogenlampen (System *Wahlström*). *Gefundh.-Ing.* 1896, S. 128.
- DARGELOS, J.-A. *Éclairage artificiel des salles d'étude à l'aide de la lumière diffuse. Annales d'hygiène*, 3. Serie, Bd. 36, S. 105.
- Verwendung elektrischer Bogenlicht-Beleuchtung. *Deutsche Bauz.* 1897, S. 85.
- Die Beleuchtung der Universitäts-Auditorien in Halle. *Deutsche Bauz.* 1897, S. 124.
- KERMAUER, F. & W. PRAUSNITZ. Untersuchungen über indirecte (diffuse) Beleuchtung von Schulzimmern, Hörfälen und Werkstätten mit *Auer'schem* Gasglühlicht. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1897, S. 577, 594, 610.
- Untersuchungen über indirecte (diffuse) Beleuchtung von Schulzimmern, Hörfälen und Werkstätten mit *Auer'schem* Gasglühlicht. *Archiv f. Hygiene*, Bd. 29, S. 107.
- KERMAUER & PRAUSNITZ. *L'éclairage indirect dans les écoles. La technologie sanitaire* 1897, S. 261.
- Oberlichtreflector System *Hrabowski*. Nachrichten von *Siemens & Halske* Aktiengesellschaft 1897, Nr. 27; 1898, Nr. 4.
- SCHUBERT, P. Ueber künstliche Beleuchtung vom augenärztlichen Standpunkt. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1898, S. 498, 531.
- BAYR, E. Ueber Beleuchtungsversuche in Lehrzimmern mit direkter und indirekter Beleuchtung bei Anwendung von Gas- und Gasglühlicht, elektrischen Glüh- und Bogenlichtlampen. *Zeitfchr. f. Schulgesundheitspfl.* 1898, S. 129.
- WIST, J. Ueber die diffuse Beleuchtung von Hör- und Zeichenfälen. *Zeitfchr. f. Schulgesundheitspfl.* 1899, S. 141.
- PRAUSNITZ, W. Ueber die Beleuchtung von Zeichenfälen. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1899, S. 173, 191.
- Indirekte Beleuchtung von Schul- und Zeichenfälen mit Gas- und elektrischem Bogenlicht etc. München 1905.
- Indirekte Beleuchtung von Schul- und Zeichenfälen. *Techn. Gemeindebl.*, Jahrg. 8, S. 157.
- Diffufer für indirekte Beleuchtung mit Bogenlampen. Beil. 41 zur *Deutschen Bauz.* 1906, S. 161.
- Diffufer für indirekte Beleuchtung von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.
- UHLAND's *Techn. Rundschau*, Ausg. II, 1906, S. 82.
- Kegelförmiger Lampenreflektor mit konzentrischen Wellen. *Zentralbl. d. Bauverw.* 1907, S. 192.

## C. Heizung und Lüftung der Räume.

Von Dr. HERMANN FISCHER.

Das Bestreben, lebende Wesen wie leblose Dinge gegen die Einflüsse der Atmosphäre möglichst zu schützen, sie vom Wechsel des Wetters unabhängig zu machen, führte zur Herstellung mehr oder weniger geschlossener Wohn-, Werkstätten-, Lager- u. f. w. Räume.

148.  
Zweck  
der Heizung  
und Lüftung.

Die Wände, Decken u. f. w. dieser Räume vermögen ihren Inhalt ohne weiteres gegen Regen und Wind, wie gegen die Macht der Sonnenstrahlen zu schützen; nicht aber sind sie im stande, die Unannehmlichkeiten zu beseitigen, welche der Temperaturwechsel der Atmosphäre im Gefolge hat. Es gibt Stoffe, welche für Wasser, Luft und Licht undurchlässig sind, nicht aber solche, welche den Durchgang der Wärme verhüten könnten. So ist man gezwungen, sofern man in einem geschlossenen Raume eine vom Zustande der Atmosphäre unabhängige Temperatur sich schaffen will, in diesem Raume Wärme freizumachen oder zu binden, Einrichtungen zu schaffen, welche nach Bedarf erwärmend oder abkühlend wirken.

Der Stoffwechsel der Warmblüter erfordert eine bestimmte Temperatur des Blutes (Blutwärme der Menschen: 36,6 bis 37,5 Grad), die nur wenig über- oder unterschritten werden darf, wenn Störungen des Lebensvorganges vermieden werden sollen. Sie wird unterhalten durch fortwährende Wärmezufuhr, herrührend von der Verbrennung der abgängigen Körperteile, und durch fortwährende Wärmeabfuhr von der Oberfläche der hierzu geeigneten Hautteile. Die Wärmeabfuhr setzt einen Temperaturüberschuss voraus; da der Stoffwechsel ununterbrochen Wärme freimacht, so muß die Temperatur des Körpers diejenige der ihn umgebenden Luft um eine bestimmte, von der Wärmezufuhr abhängige Gröfse überragen. Die Entwärmung des Körpers, ihr Maß und ihre Art sind von so erheblichem Einflufs auf den Stoffwechsel, daß ihre Fehler den letzteren teilweise oder ganz zu stören vermögen.

Es ist hier nicht der Ort, die Erscheinungen zu erörtern, welche eine gröfsere oder geringere Entwärmung der einzelnen Körperteile hervorrufen; Bekleidung und Gewohnheiten regeln in dieser Beziehung. Für den vorliegenden Zweck genügt es, als Ziel der Heizung eine zutreffende Entwärmung der Körper zu bezeichnen. Die Wärmeabfuhr erfolgt teilweise durch Verdunstung, teils durch Berührung der kühleren Luft mit der wärmeren Haut, teils durch Strahlung gegenüber der Luft, den Wänden und anderen Flächen des betreffenden Raumes. Ihr Erfolg hängt daher ab von der Temperatur der den Körper umgebenden Luft, sowie von der Temperatur der Wände und sonstigen Gegenstände, welche sich in der Nähe des in Frage kommenden Körpers befinden.

Die Aufgabe der Heizung läßt sich hiernach in die folgenden zwei Sätze zusammenfassen:

- 1) Der Inhalt wie die Einschließungsflächen eines Raumes sind auf bestimmte Temperaturen, welche nicht unter sich gleich zu sein brauchen, zu erwärmen, bezw. abzukühlen;
- 2) nach Erreichung der geforderten Temperaturen sind diese dauernd zu erhalten, entweder durch Wärmezufuhr oder -Abfuhr.

Die oben erwähnte Verbrennung der abgängigen Körperteile entzieht der Luft Sauerstoff und führt ihr Kohlenäure und Wasserdampf zu. Außerdem finden Gasbildungen, bezw. Luftverunreinigungen statt, die weniger leicht oder gar nicht zu verfolgen sind, und — teils, weil man sie nicht kennt — im Verdacht besonderer Gefährlichkeit stehen. Endlich stammen Verunreinigungen der Luft her von Zersetzungen des Schmutzes, von den Mitteln, welche zur künstlichen Beleuchtung benutzt werden, und von den Arbeitsvorgängen, die im betreffenden Raume stattfinden. —

Der ordnungsmäßige Verlauf des Stoffwechsels erfordert Unschädlichmachung der genannten Luftverunreinigungen. Diefem Zwecke dient die Lüftung oder Ventilation, indem diese entweder:

- 3a) die nicht atembaren Gase oder sonstigen Gebilde, welche geeignet sind, die Luft zu verunreinigen, unter gleichzeitigem Ersatz der verbrauchten reinen Luft abführt, bevor sie Gelegenheit hatten, sich der Luft beizumischen, oder
- 3b) die Verunreinigung durch Zuführen fog. reiner Luft (Zuluft) und Abführen einer entsprechenden Menge verunreinigter Luft (Abluft) auf ein zulässiges Maß verdünnt.

Man bemerkt, daß die Lüftung nicht ohne die Heizung bestehen kann, indem die zuzuführende Luft, welche dem Freien entnommen werden muß, in der Regel eine andere Temperatur hat als diejenige des zu lüftenden Raumes.

Das einfachste Mittel zum Erwärmen eines geschlossenen Raumes ist das offene Feuer, welches seine Wärmestrahlen teils der Luft unmittelbar sendet, teils auf die zu erwärmenden Körper wirkt und durch Vermittelung dieser die Luft erwärmt. Es wird als Luxusgegenstand noch heute in Gestalt der fog. Kamine verwendet.

Die Alten, wenigstens die Römer, heizten ihre Bäder — in den Wohnungen scheint das Bedürfnis einer Heizung selbst zur Glanzzeit des alten Rom wenig empfunden worden zu sein, was sich aus dem milden Klima erklärt — indem sie die im Feuerraum (Hypocaustis) entwickelten Rauchgase durch einen niedrigen, unter dem Steinfußboden befindlichen Raum (das Hypocaustum) und von diesem aus in zahlreichen lotrechten, in den Wänden angebrachten Schächten über Dach führten. Sie erwärmten somit die Einschließungsflächen des Raumes und namentlich seinen Fußboden. Dieses Heizungsverfahren hat, trotz lebhafter Fürsprache<sup>108)</sup> und trotz einiger Vorzüge, bisher sich nicht wieder einzuführen vermocht, da für die meisten Fälle erhebliche Mängel die Vorzüge dieser Heizungsart bei weitem überragen.

Bei näherem Hinschauen bemerkt man überdies, daß selbst in diesen alt-römischen Bädern höchstens die Hälfte der Einschließungsflächen erwärmt wird;

<sup>108)</sup> Siehe: BERGER, J. Moderne und antike Heizungs- und Ventilationsmethoden. Berlin 1870.

der Rest läßt Wärme nach außen abfließen, welche nur von der sie befeuchtenden Luft geliefert werden kann.

So findet man in der alten Fußboden- und Wandheizung bereits das zur Zeit allgemein gebräuchliche Mittel zur Erwärmung der Einschließungsflächen, wie des Inhaltes geschlossener Räume: die Lufterwärmung, im Gebrauch.

Die Luft spielt hierbei die Rolle eines Wärmeträgers und -Verteilers; sie entnimmt die Wärme den fog. Heizflächen, welche sich innerhalb oder außerhalb des zu heizenden Raumes befinden können, und verteilt sie schließlich an alles in dem betreffenden Raume zu Erwärmende. Vermöge ihrer großen Beweglichkeit vermag sie den angedeuteten Dienst auf größere Entfernungen zu verrichten und ermöglicht damit die Erwärmung eines Raumes und seiner Einschließungsflächen von einer verhältnismäßig kleinen Wärmequelle, den Heizflächen aus.

Sofern die Heizflächen in dem zu heizenden Raume untergebracht sind, läßt man ihre Wärmestrahlen nicht selten unvermittelt in den Raum treten. Diejenigen Wärmestrahlen, welche den Körper eines lebenden Geschöpfes treffen, beeinflussen diesen einseitig, weshalb sie auf die Dauer höchst lästig werden können. Jedoch wird von einigen Personen behauptet, daß eine gewisse Wärmestrahlung, wenn nicht das Wohlbefinden fördernd, so doch angenehm sei, weshalb der unvermittelten Wärmestrahlung neben der Lufterwärmung nicht jede Berechtigung abgeprochen werden kann.

Die erste Aufgabe zur Erreichung obengenannter Ziele ist die Bestimmung derjenigen Wärmemenge, welche den Räumen zugeführt, bzw. entzogen werden muß, sowie die Untersuchung, welche Mengen von Luftverunreinigungen zu beseitigen sind. Erst nach Lösung dieser Vorfragen können die zum Erreichen des Verlangten dienenden Mittel ihrer Art und ihrem Umfange nach näher bestimmt werden.

Die Mittel zum Erreichen einer genügend reinen Luft sind in den auf S. 118 unter 3a u. 3b angeführten Sätzen vorläufig genügend gekennzeichnet.

#### Literatur.

Bücher über »Heizung und Lüftung im allgemeinen«.

- PÉCLET, E. *Traité de la chaleur considérée dans ses applications*. Paris 1828. — 3. Aufl. 1861. —  
Deutsch von C. HARTMANN. Neue (Titel-)Ausz. Leipzig 1866.
- MEISSNER, P. T. *Die Heizung mit erwärmter Luft*. 3. Aufl. Wien 1826.
- HEIGELIN, C. M. *Handbuch der Heizung*. Stuttgart 1827.
- WHITWELL, S. *On warming and ventilating houses and buildings etc.* London 1834.
- INMAN, W. S. *Principles of ventilation, warming, and the transmission of sound*. London 1836.
- TREGGOLD, TH. *Principles of warming and ventilating public buildings*. London 1836. — Deutsch  
von KÜHN. Leipzig 1837.
- TREGGOLD, TH. *Treatise on warming and ventilating*. London 1842.
- PÉCLET, E. *Nouveaux documents relatifs au chauffage et à la ventilation des établissements publics etc.*  
Paris 1843. — Deutsch von C. HARTMANN. 2. Aufl. Weimar 1863.
- REID, D. B. *Illustrations of the theory and practice of ventilation*. London 1844.
- BERNAN, W. *The history of the art of warming and ventilating rooms and buildings*. London 1845.
- HOOD, CH. *On warming buildings and on ventilation*. London 1846.
- BURN, R. S. *Practical handbook of the ventilation of public, private and agricultural buildings*.  
London 1849. — Deutsch von C. HARTMANN. Leipzig 1851.

- HOOD, CH. *A practical treatise on warming buildings by hot water, steam, and hot air, on ventilation etc.* Neue Ausg. London 1855. — 6. Aufl. 1885.
- PETTENKOFER. Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1859.
- ARTMANN, F. Allgemeine Bemerkungen über Ventilation und die verschiedenen auf die Güte der Luft Einfluss nehmenden Verhältnisse. Prag 1860.
- WOLPERT, A. Principien der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1860.
- SCHINZ, C. Die Heizung und Ventilation in Fabrikgebäuden etc. Stuttgart 1861.
- WEISS, TH. Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen. Zürich 1862.
- RITCHIE, C. E. *A treatise on ventilation natural and artificial.* London 1862.
- REDTENBACHER, F. Der Maschinenbau. Band 2. Mannheim 1863.
- RUTTER, H. *Ventilation and warming of buildings.* New York 1863.
- MORIN, A. *Études sur la ventilation.* Paris 1863.
- VALÉRIUS, H. *Les applications de la chaleur, avec un exposé des meilleurs systèmes de chauffage et de ventilation.* Brüssel 1866. — 3. Aufl. Gent 1880.
- JOLY, V. CH. *Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la distribution des eaux dans les habitations particulières.* Paris 1868.
- LEEDS, W. *Lectures on ventilation: being a course delivered in the Franklin Institute of Philadelphia, during the winter of 1866—67.* New York 1868.
- WEBER, K. Luft und Licht in menschlichen Wohnungen. Vortrag in der Reihe der von dem »Frauenverein für Krankenpflege« veranstalteten populären Vorlesungen. Darmstadt 1869.
- CASTAREDE-LABARTHE, P. *Du chauffage et de la ventilation des habitations privées.* Paris 1869.
- DEGEN, L. Praktisches Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung von öffentlichen und Privatgebäuden etc. München 1869. — 2. Aufl. 1878.
- EDWARDS, F. *The ventilation of dwelling houses.* London 1869. — 2. Aufl. 1880.
- GROTHE, H. Die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen für Fabrik, Gewerbe und Haus. Weimar 1870.
- Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge. Herausg. von R. VIRCHOW & F. v. HOLTZENDORF. Heft 112: Moderne und antike Heizungsmethoden. Von J. BERGER. Berlin 1870.
- TRONQUOY, G. *Un chapitre sur le chauffage et la ventilation.* Paris 1871.
- LEEDS, L. W. *Treatise on ventilation: seven lectures in Philadelphia. 1866—68.* New York 1871. — Neue Aufl. Philadelphia 1876.
- Recherches sur la ventilation naturelle et sur la ventilation artificielle.* Brüssel 1873.
- BUTLER, W. F. *Ventilation of buildings.* London 1873.
- MORIN, A. *Salubrité des habitations. Manuel pratique du chauffage et de la ventilation.* Paris 1874.
- GRASHOF, F. Theoretische Maschinenlehre. Band 1: Mechanische Wärmetheorie, Hydraulik, Heizung. Leipzig 1875.
- BOSC, E. *Traité complet théorique et pratique du chauffage et de la ventilation des habitations particulières et des édifices publics.* Paris 1875.
- MUNDE, C. Zimmerluft, Heizung und Ventilation etc. Leipzig 1876. — 2. Aufl. 1877.
- FERRINI, R. Technologie der Wärme, Feuerungsanlagen, Oefen, Heizung und Ventilation der Gebäude etc. Deutsch von M. SCHRÖTER. Jena 1877.
- Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der Oesterreichischen Commission. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877.
- STROTT, G. K. Ventilation und Desinfection der Wohnräume, nebst Conservirung der in Wohnhäusern vorkommenden organischen Körper. Holzwinden 1877.
- HAESECKE, E. Theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877.
- C. L. STAEBE'S Preischrift über die zweckmäßigsten Ventilations-Systeme. Redigirt, durch Anmerkungen und einen Anhang vervollständigt von A. WOLPERT. Berlin 1878.
- BIRD, P. H. *On the ventilation of rooms, house-drains, soil-pipes, and sewers.* London 1879.
- WAZON, A. *Chauffage et ventilation des édifices publics et privés.* Paris 1879.
- MEINERS, H. Das städtische Wohnhaus der Zukunft oder wie sollen wir bauen und auf welche Weise ventiliren und heizen? Stuttgart 1879. — 2. Aufl. 1880.

- Deutsche bautechnische Taschenbibliothek. Heft 49: Die Ventilation der bewohnten Räume. Von AHRENDTS. Leipzig 1880. (2. Aufl. 1886.) — Heft 50: Die Zentralheizungen der Wohnhäuser, öffentlicher Gebäude etc. Von AHRENDTS. Leipzig 1881. (2. Aufl. 1885.)
- WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880. — 4. Aufl. von A. WOLPERT & H. WOLPERT: 1896.
- PLANAT, P. *Cours de construction civile. Ie partie: Chauffage et ventilation de lieux habités.* Paris 1880.
- SCHOLTZ, A. Feuerungs- und Ventilations-Anlagen. Karlsruhe 1881.
- NAUMANN, A. Die Heizungsfrage, mit besonderer Rücksicht auf Wassergaserzeugung und Wassergasheizung. Gießen 1881.
- CONSTANTINE, J. *Practical ventilation and warming.* Manchester 1881.
- A treatise on ventilation. Comprising seven lectures delivered before the Franklin Institute.* New York 1882.
- DENY, E. *Chauffage et ventilation rationelle des écoles, habitations etc.* Paris 1882. — Deutsch von E. HAESSECKE. Berlin 1886.
- ULMI, K. Populäre Mittheilungen über Heizung und Ventilation etc. Bern 1883.
- FISCHER, F. Taschenbuch für Feuerungstechniker etc. Stuttgart 1883.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Band II. Leipzig 1883. S. 65.
- SCHWARTZE, TH. Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Leipzig 1884.
- HAUSDING, A. Die Heizungs-, Ventilations- und Trocken-Anlagen, Dampf-Koch-, Wafch- und Bade-Einrichtungen der Actiengesellschaft *Schäffer & Walcker* in Berlin. Berlin 1884.
- ROMAIN, A. *Nouveau manuel complet du chauffage et de la ventilation.* Paris 1884.
- BILLINGS, J. S. *The principles of ventilation and heating etc.* London 1884.
- JAUNEZ, A. *Manuel du chauffeur etc.* 1. u. 2. Aufl. London 1884.
- STURM, E. Der gegenwärtige Stand der Heizfrage etc. Würzburg 1885.
- PAUL, F. Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. Wien 1885.
- EINBECK, J. Der gegenwärtige Stand der Heizungs-Technik. Hagen 1886.
- FANDERLIK, F. Elemente der Lüftung und Heizung. Wien 1887.
- FISCHER, F. Feuerungsanlagen für häusliche und gewerbliche Zwecke. Karlsruhe 1889.
- JÜPTNER v. JONSTORFF, H. Die Heizstoffe etc. Wien 1890.
- WOLFF, A. R. *The ventilation of buildings.* New York 1890.
- BUCHAN, W. P. *Ventilation etc.* London 1891.
- HAASE, F. H. Die Lüftungsanlagen etc. Stuttgart 1892.
- LEFÉVRE, J. *Le chauffage et les applications de la chaleur etc.* Paris 1892.
- Anweisung zur Herstellung und Unterhaltung von Centralheizungs- und Lüftungsanlagen. Berlin 1893.
- RIETSCHEL, H. Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungs-Anlagen etc. Berlin 1893.
- LEFÉVRE, J. *Le chauffage et les applications de la chaleur.* Paris 1893.
- BILLINGS, J. S. *Ventilation and heating.* New York 1893.
- HAASE, F. H. Die Heizungsanlagen. Leipzig 1894.
- Handbuch der Hygiene. Band IV, Lief. 2: Heizung und Ventilation. Von K. SCHMIDT. Jena 1896.
- ROBRADÉ, H. Die Heizungsanlagen in ihrer Anordnung, Berechnungsweise und ihren Eigentümlichkeiten mit besonderer Berücksichtigung der Centralheizung und der Lüftung. Weimar 1897.
- PICARD, P. *Traité pratique du chauffage et de la ventilation.* Paris 1897.
- Anweisung zur Herstellung und Unterhaltung von Centralheizungs- und Lüftungsanlagen. Berlin 1901.
- Ferner:
- Zeitschrift für Lüftung und Heizung etc. Herausg. v. F. H. HAASE. Halle. Erscheint seit 1895.
- Zeitschrift für Heizungs-, Lüftungs- und Wasserleitungstechnik. Bearb. von M. KRETSCHMER & J. H. KLINGER. Halle. Erscheint seit 1896.
- Wärme und Heizung. Herausg. von C. SCHMITZ. Berlin. Erscheint seit 1904.

## 7. Kapitel.

## Zu- und abzuführende Wärmemenge.

## a) Wärmemenge, welche infolge der Benutzung der Räume frei wird.

150.  
Stoffwechsel  
der  
Menschen.

Wenn man von Sonderfällen abieht, so sind im vorliegenden Sinne nur zwei Wärmequellen zu nennen, nämlich der Stoffwechsel der Menschen und die Beleuchtung mit Gas. Alle übrigen regelmässig auftretenden Wärmequellen können den genannten gegenüber vernachlässigt werden.

Die Wärmeentwicklung infolge Verbrennung der abgängigen Körperteile ist auferordentlich schwankend. Sie hängt ab von der Menge und Art der Nahrung, vom körperlichen Zustande und von der Beschäftigung der Menschen. Auch der Gemütszustand dürfte nicht ohne Einfluss sein. Im allgemeinen entwickeln kräftige Menschen mehr Wärme als schwächliche, Erwachsene mehr als Kinder, Männer mehr als Frauen.

Nach v. Pettenkofer und Voit<sup>109)</sup> liefert der Stoffwechsel eines erwachsenen Menschen in der Stunde durchschnittlich 125 Einheiten, wenn unter einer Wärmeinheit, wie hier immer, diejenige Wärmemenge verstanden wird, welche 1 kg Wasser um 1 Grad C. zu erwärmen vermag. Diese Wärmemenge wird indes nicht vollständig zum Erwärmen des betreffenden Raumes benutzt, vielmehr ein erheblicher Teil, zuweilen bis zu  $\frac{1}{3}$  oder mehr, durch die Wasserverdunstung der Körperoberfläche gebunden. Sofern die Zimmerluft geeignet ist, entsprechende Wassermengen aufzunehmen, also unter den gewöhnlichen Verhältnissen eines gut gelüfteten Raumes, wird man für einen erwachsenen Mann eine stündliche Zufuhr von 100 Einheiten rechnen können, während für Kinder durchschnittlich 50 Einheiten in der Stunde gerechnet werden dürfen.

151.  
Gas-  
beleuchtung.

In Art. 65 (S. 57) wurde bereits angegeben, dass 1 cbm Gas je nach seiner Zusammensetzung bei der Verbrennung 4000 bis 7000 Wärmeeinheiten entwickle; als Mittelwert dürften 6000 Einheiten anzunehmen sein. In besonderen Fällen muss man die Verbrennungswärme des in Frage kommenden Gases ermitteln.

Weitere Angaben über die entwickelte Wärme, Kohlenäure und Wasserdampf finden sich auf S. 44.

## b) Wärmeüberführung durch feste Wände.

(Wärmetransmission.)

152.  
Wärme-  
strahlung.

Die Wärmemenge, welche die Fläche eines von der Luft oder einer anderen Flüssigkeit berührten Körpers mit dieser austauscht, ist auf Grund der bisherigen Beobachtungen nur schwer zu bestimmen. Sie wird teils durch Berührung der in Rede stehenden Fläche mit der Flüssigkeit, sonach durch Ueberleitung, teils durch Strahlung übertragen.

Die Menge der Wärme, welche durch Strahlung ausgetauscht wird, ist abhängig von dem Unterschied der Temperaturen der ersten Fläche gegenüber der von den Wärmestrahlen getroffenen Fläche und von dem Zustande der beiden Flächen. Den Zustand der getroffenen Fläche vernachlässigt man gemeinlich,

109) Siehe: PETTENKOFER, M. v. Kleidung, Wohnung, Boden. Populäre Vorlesungen. Braunschweig 1872. S. 6.

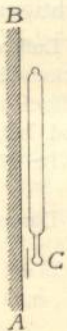
obgleich er in eben dem Masse sich geltend macht, wie derjenige der ersten Fläche im vorliegenden Sinne, wohl nur um die Rechnungen zu vereinfachen.

Den Zustand der strahlenden Fläche berücksichtigt man durch Erfahrungszahlen. Nach Buff<sup>110)</sup> verschluckt die atmosphärische Luft im gewöhnlichen Zustande etwa die Hälfte der Wärmestrahlung, während die andere Hälfte freien Durchlass findet. Andere Beobachter<sup>111)</sup> haben hiervon abweichende Werte gefunden. Das Verschlucken der Wärmestrahlung seitens der Luft findet in dem der strahlenden Fläche zunächstliegenden Raume statt. Die Temperatur dieses Raumes ist, wie später noch erörtert werden wird, nur schwer oder gar nicht zu bestimmen; jedenfalls ist sie höher als die mittels eines gewöhnlichen Thermometers gemessene Temperatur. Demnach ist die Wärmeüberführung durch Strahlung bisher noch nicht genau zu bestimmen.

Die Wärmeübertragung, welche vermöge der Berührung von Luft und Körperoberfläche stattfindet, ist ihrer Menge nach noch weniger genau festzustellen als die gestrahlte Wärme. Sie scheint lediglich von dem Temperaturunterschiede abzuhängen, welcher zwischen der Oberfläche und der sie berührenden Luft herrscht. Wenn man im Stande ist, die Oberflächentemperatur eines Körpers einigermaßen genau zu bestimmen, so fehlen doch bisher noch die Mittel zur Bestimmung der Temperatur derjenigen Luftteilchen, welche die Körperoberfläche bespülen; diejenige Lufttemperatur, welche wir messen können, ist eine andere als die soeben genannte.

153-  
Wärme-  
leitung.

Fig. 56.



Die Thermometerkugel *C* (Fig. 56) erlaubt sowohl wegen ihrer Größe, als auch wegen des Einflusses der Strahlung der Fläche *AB* — welche durch geeignete Schirme möglichst unschädlich gemacht werden muß — kein Eintauchen in die mit der Fläche *AB* in Berührung stehende Luft, welches notwendig sein würde, wenn man deren Temperatur messen wollte. Es sei *AB* wärmer als die berührende Luft. Alsdann wird die mit *AB* in Berührung stehende Luftschicht erwärmt; sie führt einen Teil der aufgenommenen Wärme durch Leitung der benachbarten Luftschicht zu. Wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Luft kann hierdurch nur eine geringe Wärmemenge weitergeführt werden; der größere Teil der von *AB* abgegebenen Wärme wird daher in der dieser Fläche unmittelbar berührenden Luftschicht aufgespeichert, so daß deren Temperatur erhöht. Weil die Raumeinheit der Luft nur geringe Wärmemengen aufzunehmen vermag, so ist die Temperatursteigerung der Luft eine sehr rasche, wenn nicht noch andere Einflüsse sich geltend machen.

Infolge der Temperaturerhöhung mindert sich das Einheitsgewicht der den Körper berührenden Luftschicht. Ist nun *AB* lotrecht, so bewegt sich die Luftschicht nach oben und macht

Fig. 57.

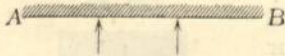
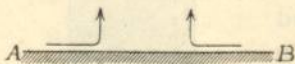


Fig. 58.



anderer, kälterer Luft Platz, d. h. es wird die Temperatur der Luft in unmittelbarer Nähe von *AB* verringert, der Temperaturunterschied vergrößert. Ist *AB* dagegen wagrecht gelegen und abwärts gerichtet (Fig. 57), so vermag die wärmere Luft nicht nach oben zu steigen; sie bleibt also in Berührung mit *AB*, erwärmt sich mehr und mehr und verhindert schließlich die Wärmeabgabe bis auf die geringe Menge, welche durch Leitung der Luft weiter befördert wird. Einen dritten möglichen Fall stellt Fig. 58 vor: die Fläche *AB* ist wagrecht, aber nach oben gerichtet. In diesem Falle wird die durch *AB* unmittelbar erwärmte Luft mit großer Entschiedenheit nach oben sich bewegen und durch kältere Luft ersetzt werden.

Auch die Begrenzung der Fläche *AB*, sowie ihre Größe spielen hierbei eine nicht unwichtige Rolle. Ist z. B. *AB* in dem Falle der Fig. 58 sehr groß, vielleicht auch von lotrechten

110) Siehe: POGGENDORF'S Annalen, Bd. 158, S. 177.

111) Siehe ebendaf. Bd. 112, S. 351; S. 497; Bd. 113, S. 1; Bd. 114, S. 632, S. 635.



Wänden umrahmt, so wird die kalte Luft ausschließlich von oben nach unten zufließen müssen, hierbei der wärmeren Luft begegnen und wegen der vielfachen Berührung mit letzterer, infolge entstehender Wirbel, von dieser Wärme aufnehmen, während eine kleine nicht umrahmte Fläche  $AB$  den größten Teil der kälteren Luft durch wagrechte Ströme zugeführt erhält.

Andere Flächenlagen als die hier kurz besprochenen haben Erscheinungen im Gefolge, welche zwischen den genannten liegen.

Sofern die Fläche  $AB$  kälter ist als die umgebende Luft, treten die erwähnten Erscheinungen in umgekehrter Richtung auf.

Von noch entschiedenerem Einfluss auf die wirkliche Lufttemperatur in unmittelbarer Nähe der Körperoberfläche ist die Bewegung der Luft durch äußere Einflüsse. In stark besetztem Saale, wo die Menschen sich gegenseitig bestrahlen, kann die durch Strahlung abgegebene Wärme zu Null werden.

Die von einer Person entwickelte Wärme, welche vielleicht durch Tanzen, Reden, Singen oder dergl. den oben genannten Durchschnitt wesentlich überschreitet, muß deshalb nahezu ausschließlich durch Leitung an die Luft abgegeben werden. Unsere Damen ergreifen in diesem Falle den Fächer und verursachen hierdurch größere oder geringere Luftwirbel. Die Temperatur der Luft im Raume wird hierdurch keine andere; trotzdem ist die durch die Luftbewegung entstehende Kühlung eine deutlich fühlbare. Sie entsteht, indem die die Haut unmittelbar berührende, von ihr erwärmte Luftschicht teilweise oder ganz verdrängt, weggespült wird und kältere Luftschichten, solche, deren Temperatur die im Saale gemessene ist, an ihre Stelle treten.

Bei Berechnung der Wärmemenge, welche durch Berührung einer festen Fläche mit der Luft übergeleitet wird, ist sonach nicht allein die Lage der Fläche, sondern der Bewegungszustand der Luft überhaupt gebührend zu berücksichtigen.

Auch bei der Wärmeabgabe der Heizflächen spielt der Bewegungszustand der Luft oder anderer in Frage kommender Flüssigkeit eine große Rolle. *Skeel*<sup>112)</sup> fand bei 11,80 m sekundlicher Luftgeschwindigkeit die Wärmeüberführung von Dampf in Luft, welche bei geringer Luftgeschwindigkeit etwa 16 Wärmeeinheiten für 1 qm, 1 Stunde und 1 Grad Temperaturunterschied beträgt, zu 50 und *Gebrüder Körting*<sup>113)</sup> die Wärmeüberführung von Wasser in Luft schon bei 7,00 m sekundlicher Luftgeschwindigkeit zu 53.

Bei der Erwärmung des Wassers fand *Hagemann*<sup>114)</sup> die Wärmeübertragung von Dampf in Wasser für 1 Stunde, 1 qm Fläche und 1 Grad Temperaturunterschied:

bei 0,09 m Wassergeschwindigkeit zu  $\approx 900$ ,  
 „ 1,80 m „ „  $\approx 3300$ .

Angeichts der näher dargelegten Unsicherheiten beim Bestimmen der durch Strahlung und Leitung zwischen der Wandfläche und der sie bespülenden Flüssigkeit ausgetauschten Wärmemengen wird ihre Summe kurz ausgedrückt durch:

$$W_1 = \phi F (t_1 - t), \quad \dots \dots \dots \text{II.}$$

wobei  $\phi$  eine Wertziffer,  $F$  die Flächengröße (in Quadr.-Met.),  $t_1$  die Temperatur der Fläche und  $t$  diejenige der Luft oder einer anderen Flüssigkeit bezeichnet.

Das Ueberleiten der Wärme von einer Wandfläche zur gegenüberliegenden steht, wenn die Wand aus festem, gleichartigem Stoff gebildet ist, in geradem Verhältnis zur Flächengröße und zum Temperaturunterschied und im umgekehrten Verhältnis zur Wanddicke. Bezeichnen nach Fig. 59  $t_1$  und  $T_1$  die Wandflächentemperaturen,  $e$  die Wanddicke (in Met.),  $F$  die Wandfläche (in Quadr.-Met.) und  $\lambda$  die Wärmemenge, welche stündlich und für 1 Grad Temperaturunterschied durch

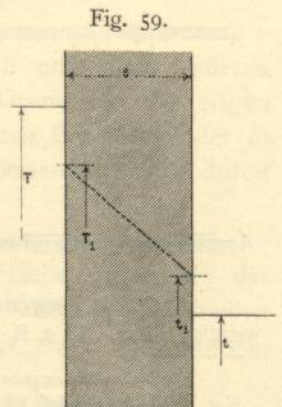


Fig. 59.

112) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 227, S. 209.

113) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882, S. 431.

114) Siehe: *Nogle Varmetransmissions versög.* Kopenhagen 1883. S. 10.

1 qm einer 1 m dicken ebenen Wand des betreffenden Stoffes fließt, so ist die Wärmemenge  $W_2$  zu setzen:

$$W_2 = \frac{\lambda}{e} F (T_1 - t_1) \dots \dots \dots 12.$$

Für die Größe  $\lambda$  sind die nachstehenden Werte angegeben.

Wärmemengen  $\lambda$ , welche durch eine 1 m dicke Schicht nachbenannter Stoffe während 1 Stunde für 1 qm Oberfläche geleitet werden, wenn der Temperaturunterschied der Oberflächen 1 Grad beträgt:

Ruhende Luft . . . . .	$\lambda = 0,02$ (Mittel der Angaben verschiedener Beobachter).
» » . . . . .	» = 0,04 (nach <i>Péclet</i> ).
» » . . . . .	» = 0,1 (nach <i>Redtenbacher</i> ).
Wolle, Baumwolle, Flaum . . . . .	» = 0,015 (nach <i>Forbes</i> ).
» » . . . . .	» = 0,04 (nach <i>Péclet</i> ).
Filz . . . . .	» = 0,03 (nach <i>Forbes</i> ).
Kiefernholz-Sägefpäne . . . . .	» = 0,045 (desgl.).
Holzafche . . . . .	» = 0,06 (nach <i>Péclet</i> ).
Holzkohlenpulver . . . . .	» = 0,08 (desgl.).
Kreidepulver . . . . .	» = 0,09 (desgl.).
Feiner Quarzsand . . . . .	» = 0,05 (nach <i>Forbes</i> ).
» Sand . . . . .	» = 0,27 (nach <i>Péclet</i> ).
Zerftofsene, gebrannte Erde . . . . .	» = 0,15 (desgl.).
» Koke . . . . .	» = 0,16 (desgl.).
Gefchwefelter Gummi (vulkanisierter Kautschuk) . . . . .	» = 0,032 (nach <i>Forbes</i> ).
Nadelholz, winkelrecht zur Fafer . . . . .	» = 0,09 (nach <i>Péclet</i> ).
» » » » . . . . .	» = 0,03 (nach <i>Forbes</i> ).
» in der Faferichtung . . . . .	» = 0,17 (nach <i>Péclet</i> ).
» » » » . . . . .	» = 0,11 (nach <i>Forbes</i> ).
Eichenholz, winkelrecht zur Fafer . . . . .	» = 0,21 (nach <i>Péclet</i> ).
Gips, angemacht und an der Luft getrocknet . . . . .	» = 0,33 bis 0,52 (desgl.).
Gebrannter Ton . . . . .	» = 0,5 bis 0,7 (desgl.).
Backsteinmauer . . . . .	» = 0,7
Glas . . . . .	» = 0,75 bis 0,88 (nach <i>Péclet</i> ).
» . . . . .	» = 0,47 (nach <i>De la Rive</i> ).
» . . . . .	» = 0,18 (nach <i>Forbes, Beetz</i> ).
Sandstein (Lias) . . . . .	» = 1,3 (nach <i>Péclet</i> ).
Feinkörniger Kalkstein . . . . .	» = 1,7 bis 2,1 (nach <i>Péclet</i> ).
Marmor . . . . .	» = 2,8 bis 3,5 (desgl.).
» . . . . .	» = 0,4 bis 0,6 (nach <i>Forbes</i> ).
Wasser . . . . .	» = 0,5 bis 0,56 (nach <i>H. F. Weber, Winkelmann, Lundquist</i> ).
Eis . . . . .	» = 2,05 (nach <i>Neumann</i> ).
» . . . . .	» = 0,8 (nach <i>Forbes, De la Rive</i> ).
Blei . . . . .	» = 14 (nach <i>Péclet</i> ).
» . . . . .	» = 26 bis 30 (nach <i>Kirchhoff &amp; Hansen, Lorenz, H. F. Weber</i> ).
Zinn . . . . .	» = 22 (nach <i>Péclet</i> ).
» . . . . .	» = 51 bis 55 (nach <i>Kirchhoff &amp; Hansen, H. F. Weber, Lorenz</i> ).
Eisen . . . . .	» = 28 (nach <i>Péclet</i> ).
» . . . . .	» = 50 bis 72 (nach <i>Ångström, Lorenz, Forbes, H. F. Weber</i> ).
Messing . . . . .	» = 72 bis 108 (nach <i>Lorenz, Neumann</i> ).
Kupfer . . . . .	» = 69 (nach <i>Péclet</i> ).
» . . . . .	» = 290 bis 396 (nach <i>H. F. Weber, Ångström, Neumann</i> ).

Diese Zusammenstellung gewährt, wegen der sehr bedeutenden Abweichungen der Angaben, die teils auf der Verschiedenartigkeit der untersuchten Stoffe, teils aber auch auf Beobachtungsfehlern beruhen mögen, kein erfreuliches Bild.

Es lohnt sich daher weder hier, noch beim Wärmeaustausch zwischen der Wandfläche und der sie bespülenden Flüssigkeit, auf die vorliegenden Grundlagen verwickelte Rechnungen zu bauen, und es soll hier, abweichend von den beiden vorhergehenden Auflagen des vorliegenden Bandes, nur so weit gerechnet werden, als dadurch das Verständnis der Wärmeübertragung gefördert werden kann.

Für den Beharrungszustand ist die Wärme  $W_1$ , welche in die Wand übertritt, gleich derjenigen  $W_2$ , welche die Wand durchfließt, und gleich derjenigen  $W_3$ , welche auf der anderen Wandseite ausgetauscht wird, d. h. es ist nach Gleichung 11 u. 12, fowie nach Fig. 59

$$W = \psi F (t_1 - t) = \frac{\lambda}{e} F (T_1 - t_1) = \Psi F (T - T_1) \dots \dots \dots 13.$$

Durch Ausschneiden der unbekanntenen Werte  $T_1$  und  $t_1$  gewinnt man hieraus

$$W = F \frac{T - t}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}} \dots \dots \dots 14.$$

Die Werte  $\Psi$  und  $\psi$  schwanken, solange  $T - t$  kleiner oder gleich 40 Grad ist und es sich um die Wärmeüberführung aus Luft in Luft handelt, zwischen 6 und 11. Die größeren Werte liegen bei nassen, vom Winde stark bespülten Flächen vor. Beispielsweise ist für die Außenflächen der Mauern und Türen  $\Psi = 10,3$  bis 11, der Glasflächen  $\Psi = 10,1$  bis  $10,8$ , der einfachen nach innen gerichteten Glasflächen (wegen des Fensterchweißses)  $\psi = \infty 10,5$  zu setzen, während den mit Tapete bekleideten Innenflächen etwa  $\psi = 8,3$  entspricht. Derselbe Wert gilt für die Innenflächen der Türen, während den Innenflächen gewöhnlicher Doppelfenster (wegen Fehlens des Fensterchweißses)  $\psi = 6,3$  gebührt.

Zur Berechnung der Wärmeüberführung mehrfacher Wände ist folgender Weg einzuschlagen.

Fig. 60 sei der Durchschnitt einer dreifachen Wand, deren  $e_1, e_2$  und  $e_3$  dicke Teile aus verschiedenen Stoffen bestehen. Die Ueberleitungswertziffern seien  $\psi_0, \psi_1, \psi_2, \psi_3$ , die Wertziffern der inneren Leitung  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ , die Temperaturen der Oberflächen der Wandteile  $\Delta$ , bzw.  $\delta$  mit den entsprechenden Zeigern, endlich die Temperaturen der die Wand von außen bespülenden Luft  $T$ , bzw.  $t$ . Alsdann ist die durch die Wand übertragene Wärme

$$W = F \lambda_1 \frac{\Delta_1 - \delta_1}{e_1} = F \lambda_2 \frac{\Delta_2 - \delta_2}{e_2} = F \lambda_3 \frac{\Delta_3 - \delta_3}{e_3} = F \psi_0 (T - \Delta_1) = F \psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) = F \psi_2 (\delta_2 - \Delta_3) = F \psi_3 (\delta_3 - t) \quad 15.$$

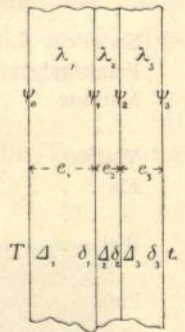
Aus diesen Gleichungen erhält man, indem man allmählich die drei Werte der oberen Reihe mit denjenigen der zweiten Reihe, welche mit  $\psi_0, \psi_1$  und  $\psi_3$  behaftet sind, und dann den ersten Ausdruck der zweiten Reihe mit allen übrigen derselben Reihe vergleicht, nach einigen Umformungen:

$$W = F \frac{T - t}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}} \dots \dots \dots 16.$$

Es ist leicht zu übersehen, in welcher Weise man den Ausdruck erweitern kann, sofern die Wand aus mehr als drei Schichten besteht.

154.  
Mehrfache  
Wände.

Fig. 60.



Der Faktor, welcher mit der Flächengröße und dem Temperaturunterschied multipliziert die übergeführte Wärmemenge liefert, hat eine recht unbequeme Form, weshalb man feinen Wert für die gebräuchlichen Fälle ein für allemal auszurechnen pflegt.

155.  
Wärme-  
übertragungs-  
Wertziffer.

Man schreibt alsdann die Formeln 14 u. 16:

$$W = F (T - t) k, \dots \dots \dots 17.$$

so das  $k$  bedeutet:

$$k = \frac{1}{\Psi + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}}, \text{ oder } k = \frac{1}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}} \dots 18.$$

Für eine Reihe einfacher lotrechter gemauerter Wände sind die zugehörigen, nach der hier angegebenen Rechnung gefundenen Werte von  $k$  in der Spalte  $F$ . der unter e (S. 143 ff.) zusammengestellten Tabelle aufgeführt. Behufs Vergleiches habe ich die von *Redtenbacher* angegebenen Zahlen daselbst unter  $R$ . und die für Staatsbauten in Preußen<sup>115)</sup> vorgeschriebenen unter  $Pr$ . angeführt.

Zu der Tabelle ist noch anzuführen, das die gebräuchlichen Mauerstärken, vermehrt um die Dicke des Putzes einer Seite, zu Grunde gelegt sind und angenommen wurde, das Außenwände in Frage kommen. Scheidewände im Inneren der Häuser führen geringere Wärmemengen über, da beiderseitig ein kleineres  $\psi$  (vergl. S. 126) vorliegt.

Lotrechte, in der Außenwand liegende Fenster haben (vergl. S. 126) ein  $\psi_a = 10,1$  und ein  $\psi_i = 10,5$ . Wird eine Wandstärke der Fensterstichen von 0,003 m angenommen, so entsteht nach Formel 14:

156.  
Fenster  
und  
Deckenlichter.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10,1} + \frac{1}{10,5} + \frac{0,003}{0,8}} = \frac{8484}{840 + 809 + 32}, \text{ oder } k = 5.$$

Aus diesem Zahlenbeispiel geht zur Genüge hervor, das das Glied  $\frac{e}{\lambda}$ , welches sich auf die Wärmeleitung im Glase bezieht, genügend gegen die anderen Glieder verschwindet, um es vernachlässigen zu können. Die Dicke der Fensterstichen ist hiernach für die Wärmeüberführung gleichgültig.

*Redtenbacher* setzt dieses  $k = 3,66$ . Sofern kräftige, breite, hölzerne Fensterrahmen angewendet und diese mit als Fensterfläche behandelt werden, dürfte die Zahl 3,66 genügen; in anderen Fällen ist sie ungenügend. Für einfache Fenster in Scheidewänden, welche weder von verdichtetem Wasser bedeckt sein, noch von heftiger Windströmung bespült werden können, werden beide  $\psi = 7,4$ , und damit gewinnt man

$$k = 3,7.$$

Wagrechte Fenster (Deckenlichter), welche von unten durch wärmere, von oben durch kältere Luft berührt werden, haben große Werte von  $\psi$ , weil (vergl. S. 123) die unten abgekühlte Luft rasch wärmerer, die oben erwärmte Luft rasch kälterer Luft Platz macht. Deshalb dürfte, da Schweißbildung selten eintritt,  $\Psi = \psi = 10,7$  zu setzen sein, wodurch  $k = 5,4$  wird.

Für hölzerne lotrechte Wände, Türen und dergl., welche mit Oelfarbe angestrichen sind und einseitig von heftigem Winde bespült werden, erhält man

$$\Psi = 10,25 \text{ und } \psi = 8,1,$$

157.  
Holzwände  
und Türen.

fomit folgende Werte von  $k$ :

e (in Met.)	k (für 1 Stunde, 1 qm Fläche und 1 Grad Temperaturunterschied)	
	Eichenholz	Tannenholz
0,02	2,92	2,24
0,04	2,2	1,5

<sup>115)</sup> Durch Erlaß des Ministers für öffentliche Arbeiten vom 7. Mai 1884 (siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 257) und Zusatz vom 15. März 1893.

Hierbei ist in Bezug auf Türen zu bemerken, daß  $\epsilon$  ihre durchschnittliche Dicke ist; diese ist gemeinlich kleiner als das Maß, mit dem man die betreffende Tür bezeichnet.

Türen der Scheidewände überführen selbstverständlich weniger Wärme, weil beide  $\psi = 8,1$  zu nehmen sind.

158.  
Hohle  
Wände.

Andere lot- und wagrechte Bauteile, welche die Räume nach der Seite, nach oben und unten begrenzen, sind meistens aus mehreren Schichten zusammengesetzt. Von zusammengesetzten Wänden, Decken u. f. w. sind namentlich diejenigen bemerkenswert, welche eine oder mehrere Luftschichten enthalten.

Die Luftschichten lotrechter Wände erschweren den Wärmedurchgang weniger als in gewissen, noch zu erörternden Fällen die wagrechten Luftschichten. Fig. 61 stelle den lotrechten Schnitt einer hohlen Wand dar. Ihre linke Seite sei gegen das Freie gerichtet, so daß  $\psi_0 = 10,25$  (vergl. S. 126) gesetzt werden kann;  $\psi_1$  und  $\psi_2$  gehören zu den Oberflächen, welche die Luftschicht berühren. Die letztere erwärmt sich an der einen Seite und wird an der anderen Seite abgekühlt, so daß eine Strömung innerhalb des Hohlraumes eintritt. Diese hängt, ihrer Entschiedenheit nach, von der Höhe und Weite des Hohlraumes ab; sie wird im besonderen mit der Höhe des Hohlraumes wachsen. Vermöge dieser Strömung findet die Ueberleitung der Wärme von einer Fläche zur anderen weit rascher statt, als der Fall sein würde, wenn die Luft den Hohlraum ruhend ausfüllte. Da nun der denkbar größte Wärmedurchgang für den vorliegenden Zweck berechnet werden muß, so ist zu empfehlen, den Widerstand der Luftschicht gegen den Wärmedurchlaß ganz zu vernachlässigen, aber für  $\psi$  den kleinsten Wert anzunehmen, so daß  $\psi_1 = \psi_2 = 6,6$  wird. Für die an das Zimmer grenzende Fläche war  $\psi_3$  früher (S. 126) zu  $8,3$  angegeben. Die Mauer sei aus Backsteinen hergestellt, so daß  $\lambda = 0,7$  ist, und es sei  $e_1 = e_3 = 0,25$  m. Hiernach berechnet sich

$$k = 0,82.$$

Ist nun noch  $e_2 = 1/2$  Stein, so ist die Gesamtdicke der Mauer  $\approx 0,84$  m; für eine volle Mauer dieser Dicke ist nach der Tabelle auf S. 143 ff.:  $k = 0,86$  gefunden. Das Anbringen eines solchen Hohlraumes erschwert somit den Durchgang der Wärme, wenn auch nur in geringem Maße.

Doppelte lotrechte Fenster bringen ein günstigeres Ergebnis hervor, obgleich auch bei ihnen der Widerstand, welchen die Luftschicht dem Wärmedurchgang entgegensetzt, zweckmäßig vernachlässigt wird. Dies ist die Folge der geringeren Temperaturunterschiede zwischen Glasfläche und Luft, die das Verdichten von Wasserdampf an ihrer Oberfläche in der Regel ausschließen. Man erhält für dieselben

$\psi_0 = 10,1$ ,  $\psi_1 = \psi_2 = 6,8$ ,  $\psi_3 = 7,4$ ; ferner  $k = 1,77$ ,  
statt  $k = 5$  für einfache Fenster.

159.  
Decken.

Wagrechte hohle Einschließungsbauteile, wie hohle Decken u. f. w., sind wieder in solche zu unterscheiden, welche an ihrer oberen Fläche von kälterer, an ihrer unteren Fläche von wärmerer Luft berührt werden, und in solche, bei denen das Umgekehrte stattfindet.

Der Deckenschnitt in Fig. 62 gehöre zunächst der ersteren Art an. Die Luft, welche sich am Fußboden erwärmt, steigt empor, kälterer Luft Platz machend, so daß  $\psi_0 = 10$  genommen werden muß. Der Wärmeübergang vom Sand in den Bretterfußboden kann nur durch Leitung stattfinden; die Leitung wird aber wegen der innigen Berührung sehr entschieden wirken, so daß für  $\psi_1$  die Zahl 10 als zutreffend zu bezeichnen sein dürfte. Sofern geringe Spielräume vorhanden sind, werden Leitung und Strahlung gemeinschaftlich auftreten, wobei ebenfalls  $\psi_1 = 10$  entsteht.  $\psi_2$  wird, weil

die sich an der Wellerung abkühlende Luft rasch niedersinkt und wärmerer Platz macht, ebenfalls groß ausfallen, wahrscheinlich = 10 sein.  $\psi_3$ ,  $\psi_4$  und  $\psi_5$  verhalten sich ebenso wie  $\psi_0$ ,  $\psi_1$  und  $\psi_2$ , so daß, da  $\lambda_1 = \lambda_4 = 0,1$  (Tannenholz),  $\lambda_2 = 0,27$  (Sand),  $\lambda_3$ , d. i. die Leitung der Luftschicht, wegen ihrer Strömung sehr groß, also ihr Widerstand gegen die Ueberleitung von Wärme sehr gering ist, vernachlässigt werden kann, endlich  $\lambda_5 = 0,5$  (Gipsputz) ist, entsteht

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10} + 6 + \frac{0,035}{0,1} + \frac{0,15}{0,27} + \frac{0,02}{0,1} + \frac{0,015}{0,5}} = \approx 0,88.$$

Fig. 61.

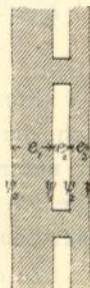
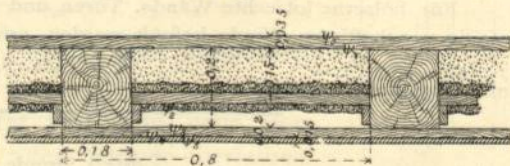


Fig. 62.



Da, wo Balken sich befinden, ist  $k$  einfacher

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10} \cdot 5 + \frac{0,035}{0,1} + \frac{0,2}{0,1} + \frac{0,02}{0,1} + \frac{0,015}{0,5}} = \infty 0,32;$$

folglich die durchschnittliche Wärmeüberföhrungszahl für eine derartige Decke

$$k = \frac{0,58 (0,8 - 0,18) + 0,32 \cdot 0,18}{0,8} = 0,5.$$

Ist dagegen unter der in Fig. 62 abgebildeten Decke die kältere, über ihr die wärmere Luft, dient die Decke z. B. zum Abchluss des Kellers gegen das geheizte Erdgeschoss, so erhält man zunächst für ihren gewellten Teil aus nicht mehr zu erörternden Gründen  $\psi_0 = \psi_2 = \psi_3 = \psi_5 = 7$ ,  $\psi_1 = \psi_4 = 10$ ; außerdem ist die Luftschicht eine ruhende, so dass entsteht:

$$k = \frac{1}{3 \frac{1}{7} + 2 \frac{1}{10} + \frac{0,035 + 0,02}{0,1} + \frac{0,015}{0,27} + \frac{0,015}{0,5} + \frac{0,05}{0,04}} = 0,5.$$

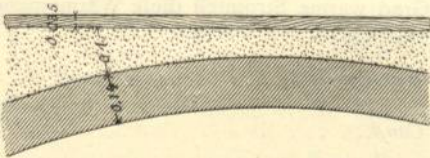
$k$  ist also in diesem Falle fast nur halb so groß, als für dieselbe Stelle der Decke vorhin gefunden wurde. Hieraus erhellt, dass Luftschichten in wagrechten Bauteilen, welche oben von wärmerer, unten von kälterer Luft bespült werden, von großem Wert sind, während sie im umgekehrten Falle als nahezu wertlos bezeichnet werden müssen.

Diejenigen Stellen, an denen sich Balken befinden, haben, da das  $\psi$  für die Fußbodenoberfläche und dasjenige der Deckenunterfläche gleich 7 gesetzt werden muss, ein  $k = 0,35$ . Das durchschnittliche  $k$  ist sonach

$$k = \frac{0,3 \cdot 0,62 + 0,35 \cdot 0,18}{0,8} = 0,31.$$

Die Kellerdecke (Fig. 63), welche von unten mit kälterer, von oben mit wärmerer Luft in Berührung steht und welche aus Backsteingewölbe, Sandfüttung und tannem Fußboden besteht, überführt für jeden Grad Temperaturunterschied, jedes Quadratmeter Fläche und jede Stunde

Fig. 63.



$k = 0,71$  Wärmeeinheiten.

Nach den gegebenen Beispielen dürften die Wärmemengen, welche anders geartete Einschließungsflächen überführen, leicht zu berechnen sein, solange sie beiderseitig von Luft berührt werden.

Für Dampf und Wasser sind erheblich größere Werte für  $\psi$  in Ansatz zu bringen als für Luft. Wasser nimmt, vermöge seiner hohen Einheitswärme, bei geringer Temperaturerhöhung schon verhältnismäßig große Wärmemengen auf, so dass der wahre Temperaturunterschied an der Berührungsfläche nur wenig von dem beobachteten abweicht. Infolge der Wärmeabgabe des Dampfes wird dieser zu Wasser verdichtet; vermag dieses rasch abzufließen, so bleibt der wahre Temperaturunterschied dem beobachteten fast genau gleich.

Der Luftgehalt des Wasserdampfes stört seine Wärmeabgabe, indem die Luftteilchen sich selbstverständlich wie immer verhalten. Ein Gemisch von gleichen Raumteilen Wasserdampf und Luft wird sich daher etwa zur Hälfte so verhalten wie Luft, und zur anderen Hälfte wie Dampf.

Einigermaßen zuverlässige Werte sind jedoch für die einzelnen  $\psi$  nicht bekannt; da Wasser sowohl als Dampf fast ausschließlich mit Metallen in Berührung treten, und angesichts der hohen Leitungsfähigkeit dieser und ihrer meistens geringen Wandstärke sind unter 5 (S. 144) lediglich die durch Versuche unmittelbar gefundenen Wertziffern  $k$  angegeben.

Die Formel 17 und ihre Vorgängerinnen setzen voraus, dass die Temperaturen  $T$  und  $t$  längs der ganzen Fläche  $F$  unveränderlich sind. Nicht selten ändern sich aber beide Temperaturen oder doch eine davon. Die folgenden durch Fig. 64

160.  
Dampf  
und Wasser.

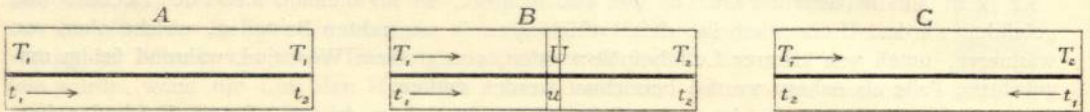
161.  
Veränderliche  
Temperatur.

unter *A, B, C* dargestellten Fälle dieser Veränderlichkeit mögen untersucht werden, nach welcher:

- A.* die eine Flüssigkeit nur Nebenströmungen unterworfen ist, so dass sie an der berührten Wand überall gleiche Temperatur besitzt, während die andere Flüssigkeit längs der festen Wand sich fortbewegt (Einstrom);
- B.* beide Flüssigkeiten sich an der festen Wand entlang in gleicher Richtung bewegen (Gleichstrom oder Parallelstrom);
- C.* beide Flüssigkeiten längs der festen Wand fließen, jedoch in entgegengesetzter Richtung (Gegenstrom).

Es bezeichnen  $T_1$ , bezw.  $t_1$  die anfänglichen,  $T_2$ , bezw.  $t_2$  die Endtemperaturen der Flüssigkeiten;  $C$ , bezw.  $c$  die Wärmemengen, welche 1 kg der betreffenden Flüssigkeit um 1 Grad zu

Fig. 64.



erwärmen vermögen;  $Q$ , bezw.  $q$  die Gewichte der stündlich längs der Wände strömenden Flüssigkeit;  $W$ ,  $F$  und  $k$  haben die bisherige Bedeutung. Zwei unendlich kurze Teile der beiden Ströme (Fig. 64 *B*) haben die unbekanntenen Temperaturen  $U$  und  $u$  und sind durch eine Flächengröße  $dF$  voneinander getrennt.

Alsdann ist die durch die Fläche  $dF$  übertragene Wärmemenge

$$dW = k \cdot dF (U - u) \dots \dots \dots 19.$$

Infolge dieser Wärmeüberführung verliert der  $U$  Grad warme Stromteil diese Wärmemenge, während der gegenüberliegende Stromteil sie aufnimmt, so dass

$$dW = -QC \cdot dU = qc \cdot du \dots \dots \dots 20.$$

wird, oder durch Integration

$$-QC U = qc u + \text{Const.}, \dots \dots \dots 21.$$

also

$$QC (T_1 - U) = qc (u - t_1),$$

woraus ohne weiteres abzuleiten ist

$$u = \frac{QC}{qc} (T_1 - U) + t_1 \dots \dots \dots 22.$$

Aus der Gleichsetzung der Werte von  $dW$  in 19 u. 20 folgt

$$k(U - u) dF = -QC \cdot dU \dots \dots \dots 23.$$

Führt man in die letzte Gleichung den Ausdruck für  $u$  aus Gleichung 22 ein, so erhält man, nach einigen Umformungen,

$$dF = -\frac{QC}{k} \frac{dU}{\left(1 + \frac{QC}{qc}\right) U - \frac{QC}{qc} T_1 - t_1}; \dots \dots \dots 24.$$

also

$$F = -\frac{QC}{k} \cdot \frac{1}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} \left[ \left(1 + \frac{QC}{qc}\right) U - \frac{QC}{qc} T_1 - t_1 \right] + \text{Const.} \dots \dots 25.$$

Für  $U = T_1$  ist  $F = 0$ ; für  $U = T_2$  ist  $F = F_B$ ; folglich

$$0 = -\frac{1}{k} \cdot \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} (T_1 - t_1) + \text{Const.}$$

und

$$F_B = -\frac{1}{k} \cdot \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} \left[ T_2 - \frac{QC}{qc} (T_1 - T_2) - t_1 \right] + \text{Const.}$$

oder nach Abziehen der Gleichungen voneinander

$$F_B = \frac{1}{k} \cdot \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_1}{T_2 - \frac{QC}{qc} (T_1 - T_2) - t_1} \dots \dots \dots 26.$$

Es ist aber, wie aus 20 abgeleitet werden kann, übrigens ohne weiteres zu übersehen ist,

$$W = QC(T_1 - T_2) = qc(t_2 - t_1) \dots \dots \dots 27.$$

also

$$\frac{QC}{qc} = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_2},$$

welche Werte in 26 eingeführt den Ausdruck für den Gleichstrom liefern:

$$F_B = \frac{W}{k} \cdot \frac{\log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}}{[T_1 - T_2 + (t_2 - t_1)]} \dots \dots \dots 28.$$

Da im Falle *A* die Temperatur der mit den kleinen Buchstaben bezeichneten Flüssigkeit unverändert bleibt, so ist die Gleichung für diesen Fall sofort zu schreiben:

$$F_A = \frac{W}{k} \cdot \frac{\log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2} \dots \dots \dots 29.$$

Der dritte Fall, derjenige des fog. Gegenstromes, wird genau so behandelt wie der zweite, unter Berücksichtigung der anderen Richtung. Man gelangt indeffen zu demselben Ergebnisse, wenn man bedenkt, dass beim Gegenstrom  $T_1$  dem  $t_2$  und  $T_2$  dem  $t_1$  gegenübersteht. Die betreffende Gleichung lautet:

$$F_C = \frac{W}{k} \cdot \frac{\log. \text{ nat.} \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)} \dots \dots \dots 30.$$

Die Gleichung für den Wert des log. nat. ist nun

$$\log. \text{ nat.} x = 2 \left[ \frac{x-1}{x+1} + \frac{1}{3} \left( \frac{x-1}{x+1} \right)^3 + \frac{1}{5} \left( \frac{x-1}{x+1} \right)^5 + \dots \right]$$

Verwendet man von dieser Reihe zur Umwandlung der Gleichungen 28, 29 u. 30 nur das erste Glied, was für kleine Werte von  $x$  zulässig ist, so erhält man

$$F_A = F_B = F_C = \frac{W}{k} \frac{1}{\frac{T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)}{2}} = F, \dots \dots \dots 31.$$

oder

$$W = F \left( \frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2} \right) k; \dots \dots \dots 32.$$

d. h. die Wärmeüberführung steht im geraden Verhältnis zum Unterschiede der mittleren Temperaturen.

Das zweite Glied der logarithmischen Reihe lässt jedoch Abweichungen erkennen; es beträgt

$$\text{für } A: \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} \frac{[T_1 - T_2 + (t_1 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_1 + t_1)]^3} \dots \dots \dots 33.$$

$$\text{für } B: \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} \frac{[T_1 - T_2 + (t_2 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_2 + t_1)]^3} \dots \dots \dots 34.$$

$$\text{für } C: \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} \frac{[T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_2 - t_1)]^3} \dots \dots \dots 35.$$

Die Ausdrücke vor den grossen Klammern sind sonach untereinander gleich; von den eingeklammerten Zählern ist der für *C*: Gegenstrom, am kleinsten, weil  $t_2 - t_1$  abgezogen, derjenige für *B*: Gleichstrom, am grössten, weil  $t_2 - t_1$  hinzugefügt wird; derjenige für *A*: Einstrom, steht in der Mitte, weil  $t_1 - t_1 = 0$  ist. Hinsichtlich der eingeklammerten Nenner liegt die umgekehrte Reihenfolge vor, indem unter sonst gleichen Verhältnissen  $t_2 - t_1 < t_2 + t_1$  und auch  $t_2 - t_1 < t_1 + t_1$ , also der Nenner für *C* grösser als derjenige für *B* und *A* sein muss. Sonach ist für dasselbe  $W$  für *C* das kleinste, für *A* das mittlere, für *B* das grösste  $T$  erforderlich, oder, mit anderen Worten: der Gegenstrom ist für die Wärmeüberführung am günstigsten, der Gleichstrom am ungünstigsten, während der Wirkamkeitsgrad des Einstromes zwischen jenen liegt.



Die Ausdrücke 33 bis 35 gewähren auch einen ficheren Ueberblick über die Zulässigkeit der Anwendung der Formeln 31 u. 32. Benutzt man diese, so vernachlässigt man das zweite Glied und alle folgenden Glieder.

162.  
Unebene  
Wände.

Wenn bei Berechnung der Beispiele ausschliesslich schlichte Wände mit gleichlaufenden Oberflächen angenommen wurden, so ist noch zu erörtern, wie bei nicht ebenen Wänden und Decken, sowie wechselnden Wandstärken zu verfahren ist.

Je reicher die Gliederung einer Wand, bezw. einer Decke ist, umso grösser wird die wärmeüberführende Fläche. Da die Berechnung des Einflusses der einzelnen Gliederungsteile unmöglich, mindestens aber zu umständlich sein würde, so vernachlässigt man die ausserhalb der eigentlichen Wand-, bezw. Deckenfläche liegenden Flächen sowohl, als auch den Leitungswiderstand der zugehörigen Dicken. Bei besonders reicher Gliederung dürfte ausserdem ein schätzungsweise festzustellender Zuschlag zu dem berechneten  $k$  erforderlich werden.

Bei gebogenen oder Ecken bildenden Wänden und Decken wählt man für  $F$  diejenige Fläche, welche etwa das Mittel zwischen den beiden Begrenzungsflächen der Wände bildet. In der Regel sind die Dicken der Wände und Decken gegenüber ihrer Flächenausdehnung so gering, dass ein nennenswerter Fehler durch dieses Verfahren nicht entstehen kann. In zweifelhaften Fällen wird man, da die gesamte Rechnung den Zweck hat, die grösste etwa eintretende Wärmeabführung zu bestimmen, reichlicher greifen, um sicher zu sein, dass nicht zu wenig in Rechnung gestellt wurde.

163.  
Anzunehmende  
Temperaturen.

Auch die Grösse der anzunehmenden Temperaturen bedarf einer Auseinandersetzung.

Die Temperatur im Freien kann nur erfragt werden; in den Städten pflegt sie 1 bis 3 Grad höher als diejenige des freien Feldes zu sein, weil die von den Häusern abgegebene Wärme die Strassen gleichsam heizt.

Die Temperatur der geschlossenen Räume benennt man gemeinlich nach derjenigen, welche in Kopfhöhe herrschen soll. Auf S. 144 sind einige Angaben über die gebräuchlichen Temperaturen zusammengestellt.

Diese Temperaturen dürfen indes nicht unmittelbar zur Berechnung der Wärmeüberführung verwendet werden, indem sie, wie schon erwähnt, in Kopfhöhe gemessen, keineswegs aber gleichmässig im ganzen Raume vorhanden sind. Heizt man den betreffenden Raum mittels solcher Flächen, welche im Raume selbst aufgestellt sind, oder mittels solcher, die in einer besonderen Heizkammer sich befinden, so ist immer die Luft die Trägerin der Wärme, soweit von der unmittelbaren Wärmestrahlung der Heizflächen gegen den menschlichen Körper abgesehen wird. Die an den Heizflächen erwärmte Luft steigt, ihres geringeren Gewichtes halber, sofort nach oben und breitet sich unter der Decke des Raumes aus. Hier gibt sie einen Teil ihrer Wärme ab, nämlich denjenigen, welcher durch die Decke verloren geht. In dem Masse, wie die Luft vom Fussboden abgelaugt wird, sei es zu abermaliger Erwärmung, sei es zur Beseitigung der Luft, sinken die wärmeren Luftschichten nach unten. Sie geben unterwegs einen ferneren Teil ihrer Wärme ab, nämlich denjenigen, welcher durch die lotrechten Wände des Raumes verloren geht. Unten angekommen, findet die letzte Abkühlung der Luft statt, nämlich durch den Fussboden. Die höchste Temperatur muss somit unter der Decke vorhanden sein, während die niedrigste unmittelbar über dem Fussboden gefunden werden wird. Die in den verschiedenen Höhen herrschenden Temperaturen vermag man für den

Beharrungszustand zu berechnen, sofern vorher die Wärmemengen bestimmt sind, welche für 1 Grad Temperaturunterschied zwischen den Innen- und Außenflächen der Wände übergeführt werden.

Um den Rahmen dieses »Handbuchs« nicht zu sehr auszudehnen, will ich hier eine solche Rechnung nicht durchführen, mich vielmehr darauf beschränken, einige beobachtete Temperaturen anzugeben.

In meinem Arbeitszimmer machte ich Beobachtungen, als das im Freien aufgehängte Thermometer  $+8$  Grad und als es  $-13$  Grad zeigte. Es ergaben sich die in Fig. 65 u. 66 eingeschriebenen Temperaturen.

Sie bekunden in Zahlen zunächst, was allerdings bekannt ist, daß in der Nähe der Decke eine wesentlich höhere Temperatur herrscht als in der Höhe, in welcher die Temperaturen abge-

Fig. 65.

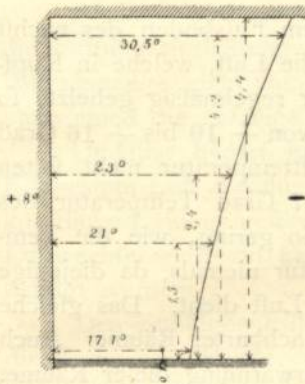
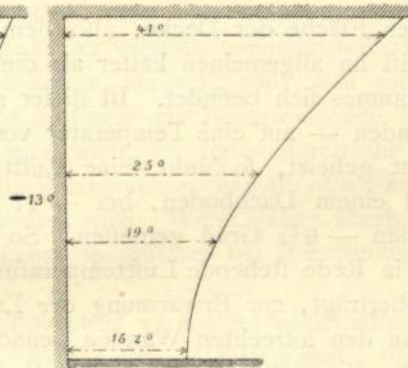


Fig. 66.



lesen zu werden pflegen. So nach muß für die Temperatur der die Decke berührenden Luft eine entsprechend größere Zahl in Ansatz gebracht werden, als für die Kopfhöhe vorgeschrieben wurde. Wie viel höher die in Rede stehende Temperatur ist, kann genau nur in jedem einzelnen Falle festgestellt werden. Annähernd kann sie durch die Temperatur der einströmenden warmen Luft bestimmt werden, da die durchschnittliche Temperatur unter der Decke etwas niedriger sein muß als die-

jenige der Heizluft. Man wird daher die Temperatur der letzteren, nicht aber diejenige des Zimmers in Rechnung setzen, und zwar unter Abstrich eines Teiles derselben, der abhängig ist von der Art der Zuführung und vom Wärmeübertragungsvermögen der Decke. Eine Decke, welche viel Wärme zu übertragen vermag, entzieht der Luft mehr Wärme als eine sorgfältig ausgeführte; dementsprechend wird erstere eine niedrigere durchschnittliche Temperatur der die Decke befüllenden Luft veranlassen als letztere.

Im Durchschnitt dürfte die Temperatur in der Nähe der Decke 5 bis 15 Grad niedriger sein als diejenige der Heizluft. Bei Wahl der Zahlen zwischen 5 und 15 Grad ist die Höhenlage der Luft-zuführungsöffnung zu beachten. Sofern die Heizluft in einiger Entfernung von der Decke oder gar unmittelbar über dem Fußboden zur Zimmerluft tritt, verliert sie einen Teil ihrer Wärme an diese, während sie emporsteigt. Bei besonders hohen Räumen geringer wagrechter Ausdehnung und geschickter Verteilung der Luft-Ausströmungs-, sowie Abströmungsöffnungen ist sogar die Temperatur der Luft an der Decke oft niedriger als am Fußboden.

Berechnet man die durchschnittliche Innentemperatur in Fig. 66, indem man annimmt, daß die Begrenzungslinie ihre Richtung bis an die Decke und den Fußboden beibehält und zwischen zwei benachbarten Punkten gerade ist, so entsteht

$$\frac{1}{4,4} \left[ \frac{43,5 + 41}{2} 0,2 + \frac{41 + 25}{2} 1,8 + \frac{25 + 19}{2} 0,9 + \frac{19 + 15,2}{2} 1,4 + \frac{15,2 + 15}{2} 0,1 \right] = 26 \text{ Grad.}$$

Sonach ist die durchschnittliche Temperatur nicht unbedeutend höher als diejenige in Kopfhöhe, welche etwa 20 Grad beträgt. Hieraus geht hervor, daß die für die Wärmeüberführung der Wände in Rechnung zu setzende Temperatur höher ist als diejenige, welche man zu nennen pflegt. Der Unterschied wird umso größer sein müssen, je höher der geheizte Raum ist, indem die feste Höhe von etwa 1,80 m immer vom Fußboden ab gemessen wird; er wächst ferner mit der Fähigkeit der lotrechten Wände, Wärme zu übertragen.

Ich erwähnte schon, daß man im Stande ist, die Schaulinie, welche die Temperaturen darstellt, zu berechnen. In der Regel begnügt man sich jedoch mit einem Zuschlag, welcher bei 3 m Zimmerhöhe = 0, für jedes überfließende Meter davon 5 bis 15 Vomhundert beträgt.

Bei Zusammenstellung der Einzelbeobachtungen zu der in Fig. 66 gegebenen Schaulinie fiel mir auf, daß die untere Temperatur eigentlich niedriger sein müßte. Nach einigem Nachdenken ergab sich jedoch die Ursache der Abweichung von dem Erwarteten: der unter meinem Zimmer befindliche Raum war geheizt; somit wurde meinem Zimmer diejenige Wärme durch den Fußboden zugeführt, welche das unter mir befindliche Zimmer durch die Decke verlor. In diesem besonderen Falle brachte somit der Fußboden statt eines Wärmeverlustes einen Wärmegewinn hervor.

Es dürfte notwendig sein, derjenigen Lufttemperatur noch einige Worte zu widmen, welche an den an benachbarte geschlossene Räume grenzenden Einschließungsflächen herrscht.

Die Luft an der äußeren Fläche der Decke, also dem Fußboden des nächst höher liegenden Geschosses, ist im allgemeinen kälter als die Luft, welche in Kopfhöhe des höher gelegenen Raumes sich befindet. Ist dieser regelmäßig geheizt, so wird man — je nach Umständen — auf eine Temperatur von + 10 bis + 16 Grad rechnen können; ist er nicht geheizt, so sinkt seine Lufttemperatur nicht selten unter 0 Grad; ich habe auf einem Dachboden, bei — 17 Grad Temperatur des Freien, über seinem Fußboden — 6½ Grad gemessen. So gering, wie die Temperatur des Freien, wird die in Rede stehende Lufttemperatur niemals, da diejenige Wärme, welche die Decke überträgt, zur Erwärmung der Luft dient. Das gleiche gilt von den Temperaturen an den lotrechten Wänden benachbarter Räume. Auch hier dient selbstverständlich die übergeführte Wärme zur Erwärmung dieser Räume. Lediglich die genaue Kenntnis der örtlichen Verhältnisse und der gebräuchlichen Benutzung der in Frage kommenden Räume befähigt, die zutreffenden Werte zu wählen. Wenn die benachbarten Räume in unregelmäßiger Weise geheizt werden, so muß man selbstverständlich den Wärmebedarf jedes einzelnen Zimmers nach den ungünstigsten Umständen berechnen; vollständig falsch würde es aber sein, die so für die einzelnen Zimmer gefundenen Wärmeerfordernisse einfach zusammenzuzählen, um die von den gemeinschaftlichen Feuerungen zu liefernde gesamte Wärme zu bestimmen. Vielmehr sind für diesen Zweck die ganzen Gebäude oder Teile davon als von ihren äußeren Einschließungsflächen begrenzte Gesamträume zu behandeln.

In den vorliegenden Erörterungen ist meistens nur der regelmäßige Fall in das Auge gefaßt, daß die Temperatur des Freien niedriger ist als diejenige, welche man in den geschlossenen Räumen haben will. Es dürfte in denjenigen Fällen, in denen der künstlichen Kühlung nicht besonders gedacht ist, leicht zu erkennen sein, in welcher Richtung sich die Vorgänge verschieben, sofern die Temperatur der geschlossenen Räume geringer sein soll als diejenige des Freien.

### c) Wärmeverlust durch den Luftwechsel.

164.  
Wärmeverlust.

Die Wärmemenge  $W_L$ , welche der Luftwechsel erfordert, ist leicht zu bestimmen, wenn man die Größe des Luftwechsels, die stündlich zu-, bzw. abgeführte Luftmenge  $\mathcal{Q}$  (in Kilogr.) kennt. 1 kg Luft gebraucht, um 1 Grad wärmer zu werden, 0,24 Wärmeeinheiten; somit ist

$$W_L = \mathcal{Q} \cdot 0,24 (T - t), \dots \dots \dots 36.$$

wenn die Temperatur des Freien  $t$  Grad und diejenige des geheizten Raumes  $T$  Grad beträgt.

Von mancher Seite wird nicht der größte Temperaturunterschied  $T - t$  in Gleichung 36 eingeführt, sondern für  $t$  eine dem  $T$  sich mehr nähernde Größe eingesetzt, in der Erwägung, daß die Luft auf ihrem Wege vom Freien bis zur Erwärmungsstelle am Mauerwerk des betreffenden Kanals eine gewisse Erwärmung finde. Indessen ist nicht zu vergessen, daß die von den Kanalwänden gelieferte Wärme irgend einen Ursprung haben muß; mit seltenen Ausnahmen wird sie der Heizung des Hauses entstammen.

Bei unterbrochenem Lüften verteilt sich die Wärmelieferung der Kanalwände auf eine längere Zeit, so daß für solches ein mäßiger Abstrich vom größten Temperaturunterschied am Orte ist.

Als dann wird zuweilen, wenn die Temperatur des Freien besonders niedrig ist, die Lüftungseinrichtung außer Betrieb gesetzt, teils weil die Anlage die gefamte Wärmemenge nicht zu liefern vermag, teils weil mit zunehmendem Temperaturunterschied die zufällige Lüftung das Bedürfnis nach frischer Luft befriedigt.

Offenbar bedarf man aber für jedes durch die zufällige Lüftung zugeführte Kilogramm Luft dieselbe Wärmemenge wie für die gleiche Luftmenge, welche durch künstliche Lüftung gefördert wird. Wenn daher überhaupt ein erheblicher zufälliger Luftwechsel eintreten kann, so muß er bei Berechnung des Wärmebedarfes berücksichtigt werden.

Den zufälligen Luftwechsel vermitteln die Spalten der Fenster und Türen und die Poren der Wände, welche sich zu sehr engen, unregelmäßigen Kanälchen vereinigen; er wird hervorgerufen durch den Druck des die Einschließungsflächen treffenden Windes und durch den Auftrieb, welcher vom Temperaturunterschied  $T - t$  herrührt. Leider sind die Grundlagen, welche zur Berechnung des zufälligen Luftwechsels dienen können, überaus unsicher. Nach Lang<sup>116)</sup> läßt eine 0,03 m dicke Backsteinplatte bei 108 kg Druck auf 1 qm durch 1 qm Fläche stündlich im Mittel 0,75 cbm Luft strömen, d. h. eine 0,50 m dicke ebenfolche Platte  $\frac{0,75 \cdot 0,03}{0,5} = 0,045$  cbm.

165.  
Zufälliger  
Luftwechsel.

Nimmt man nun an, daß eine Backsteinmauer zu  $\frac{1}{6}$  aus Mörtel, dessen Durchlässigkeit etwa 4,5 mal so groß ist, zu  $\frac{5}{6}$  aus Backsteinen besteht, so gewinnt man 0,071 cbm stündlichen Luftwechsel für 1 qm der 0,50 m dicken Wand bei 108 kg Winddruck (oder etwa 27 m sekundlicher Windgeschwindigkeit); 1 cbm Luft gebraucht für 1 Grad Temperaturunterschied etwa 0,3 Wärmeeinheiten, also 0,071 cbm etwa 0,021 Wärmeeinheiten, während dieselbe Wand für den gleichen Temperaturunterschied 1,17 Wärmeeinheiten verliert. Der Wärmeverlust durch diesen heftigen Wind würde demnach nicht ganz 2 Vomhundert desjenigen betragen, welcher durch Ueberleitung stattfindet. Bestände die Wand ausschließlich aus Luftmörtel, so würde allerdings der in Rede stehende Wärmeverlust auf etwa 8 Vomhundert desjenigen steigen, welcher von der Wärmeüberleitung herrührt.

Dagegen geben Schultze & Märker an, daß sie bei etwa 20 Grad Temperaturunterschied etwa 2,9 cbm stündlichen Luftwechsel durch 1 qm Backsteinmauer (deren Dicke nicht angegeben ist) beobachtet haben. Es war dies eine Stallwand; sie hatte vielleicht 0,25 m Dicke, so daß der Verlust durch Wärmeüberleitung (siehe die Tabelle auf S. 143) bei 20 Grad Temperaturunterschied etwa  $1,7 \cdot 20 = 34$  Wärmeeinheiten

116) Siehe: LANG, C. Ueber natürliche Ventilation. Stuttgart 1877. S. 81.

beträgt, während der durch zufällige Lüftung sich zu etwa  $2,9 \cdot 0,3 \cdot 20 = 17,4$  Wärmeinheiten, also rund 50 Vomhundert jener Zahl berechnet.

Die Berechnung *Pauli's*, nach welcher die Wände des *v. Pettenkofer'schen* Arbeitszimmers für 1 Grad Temperaturunterschied, 1 qm Fläche und 1 Stunde  $0,245$  cbm Luft hindurchliessen, liefern ähnlich hohe Wärmeverluste.

Die angezogenen Angaben lassen sich sonach schwer miteinander in Einklang bringen.

Seitens der Heiztechniker wird vielfach der Wärmeverlust durch zufällige Lüftung nicht beachtet. Man verlässt sich auf die aus anderen Gründen gemachten Zuschläge zum berechneten Wärmeverlust. Andere wählen 5, 10, ja zuweilen 20 Vomhundert Zuschlag zu den für die nach Osten und Norden gerichteten Wände berechneten Wärmeverlusten, die Höhe des Zuschlages nach der mehr oder weniger freien Lage dieser Wände schätzend.

Wenn schon dieses Verfahren unsichere Ergebnisse liefert, so ist dies bei einem anderen, dem man nicht selten begegnet, in noch weit höherem Grade der Fall. Man schätzt nämlich den durch die zufällige Lüftung eintretenden Luftwechsel nach dem Inhalte des betreffenden Raumes, und zwar als stündlich 1maligen (d. h., dass der Luftinhalt des Raumes stündlich 1mal gewechselt wird), auch wohl als  $\frac{1}{2}$ - oder, je nach Umständen,  $1\frac{1}{2}$ maligen, obgleich der Rauminhalt ausser allem Zusammenhange zur Grösse und Natur der luftdurchlassenden Aussenwand und anderen, den zufälligen Luftwechsel beeinflussenden Dingen steht.

Bei Anwendung geregelten Luftwechsels sieht man oft eine Einrichtung vor, mittels welcher die frische Luft künstlich angefeuchtet werden kann. Es vermag nun die Luft das Wasser nur als Dampf aufzunehmen, weshalb auf eine Wärmequelle Bedacht zu nehmen ist, welche die Verdunstung des Wassers vermittelt. Die Verdunstung von 1 kg Wasser erfordert aber — abgesehen von der fühlbaren Wärme — bei den hier in Frage kommenden Spannungen rund 600 Wärmeinheiten, so dass für den vorliegenden Zweck oft beträchtliche Wärmemengen in Frage kommen.

Diese Wärme ist selbstverständlich auch dann aufzubringen, wenn der Luftwechsel durch zufällige Lüftung und die Anfeuchtung der Luft durch Verdunstung im geheizten Raume hervorgerufen wird. Ich habe in Gewächshäusern, insbesondere in einem grösseren Palmenhause, in welchen die Luft aus Rücksicht auf das Gedeihen der Pflanzen sehr feucht gehalten werden muss, mehrfach gefunden, dass das unbefriedigende Ergebnis der Heizung lediglich dem Nichtbeachten des Wärmebedarfes für die Wasserverdunstung zuzuschreiben war.

#### d) Wärmeaufspeicherung in Wänden und anderen Körpern.

Die bisherigen Besprechungen des Wärmeaustausches durch Wände bezogen sich ausschliesslich auf den Beharrungszustand des Heizens. Dieser Beharrungszustand ist zunächst zu schaffen, sonach die Temperatur der Wände zu derjenigen zu machen, welche die auf S. 124 gegebenen Rechnungen lieferten. Man wird je nach Umständen die vorhandenen Temperaturen der den Raum einschliessenden Flächen erhöhen oder vermindern müssen, um zum Beharrungszustande zu gelangen. Auch andere in dem betreffenden Raume vorhandene Körper beanspruchen in dieser Hinsicht unsere Aufmerksamkeit, indem auch diese, je nachdem ihre Temperatur eine niedrigere oder höhere ist als die verlangte Lufttemperatur, Wärme aufnehmen oder abgeben. Hierher gehören Möbel und vor allen Dingen Pfeiler und andere Freistützen. Die Bestimmung der auszuwechselnden Wärmemengen ist leicht, wenn die Einheitswärme

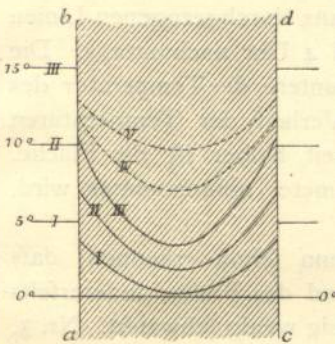
166.  
Verdunstung  
des  
Befeuchtungs-  
wassers.

167.  
Wärme-  
aufspeicherung.

der Körper und ihr Gewicht bekannt ist. Indes hat die Kenntnis dieser Wärmemengen nur geringen Wert, sofern unbekannt ist, innerhalb welcher Zeit und nach welchem Gesetze der Wärmeaustausch stattfindet.

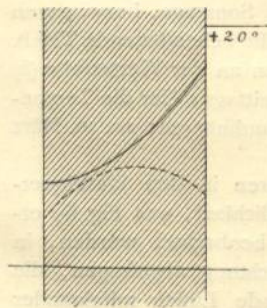
Fig. 67 mag Gelegenheit zu näherer Darlegung des in Rede stehenden Vorganges bieten. *ab* und *cd* seien die lotrechten Begrenzungslinien einer Freistütze von kreisrundem Querschnitt. Von der Wagrechten *oo* ab sollen die Temperaturen auf lotrechten Linien abgetragen und deren Endpunkte durch Linien verbunden werden. Man gewinnt auf diese Weise ein übersichtliches Bild der Temperaturen. Es sei ferner seit sehr langer Zeit die Temperatur der Luft, welche die Freistütze umgibt, unverändert gleich 0 Grad gewesen, so daß die gerade Linie *oo* den Anfangszustand bezeichnet, d. h. sowohl in der umgebenden Luft, als auch in der Stütze die Temperatur von 0 Grad herrscht.

Fig. 67.



Erwärmt man nunmehr die Luft, so entsteht ein Temperaturunterschied zwischen ihr und der Oberfläche der Freistütze, vermöge dessen Wärme in die Stütze abfließt. Diese Wärme verteilt sich aber nicht sofort auf den ganzen Querschnitt der Freistütze, sondern dient vorzugsweise zum Erwärmen desjenigen Teiles, welcher in der Nähe der Oberfläche sich befindet. Man kann sich vorstellen, daß, nachdem die Temperatur der Luft auf 5 Grad gestiegen ist, die Temperaturen im Inneren der Freistütze durch die Linie *I* wiedergegeben werden. In derselben Weise gehört die Linie *II* zu der Lufttemperatur 10 Grad u. f. w. Bei 15 Grad Lufttemperatur bleibe man beispielsweise stehen; alsdann erhöht sich die Temperatur der Stützenoberfläche nur noch langsam, während der Erwärmungsvorgang im Inneren der Stütze verhältnismäßig rascher fortschreitet, in dem Sinne, welchen die Linien *IV* und *V* andeuten. Die Geschwindigkeit des Erwärmens nimmt mit den Temperaturunterschieden ab, so daß genau genommen erst nach unendlich langer Zeit die Temperatur der Freistütze gleich derjenigen der Luft sein kann. Ist die Stütze erwärmt und sinkt wegen Einstellen der Heizung die Temperatur der umgebenden

Fig. 68.



sich wiedergeben lassen.

Die durch Fig. 67 u. 68 dargestellten Erwärmungsvorgänge habe ich feinerzeit (1880) nach Schätzung aufgetragen. Zu der 1883er Ausstellung für Hygiene und Rettungswesen zu Berlin hatte nun *Intze* mehrere Darstellungen gemessener Tem-

peraturzustände eingefandt, welche meiner Ansicht nach recht bedeutungsvoll sind, der Anschauung über die Wärmeverteilung in Wänden erst eine sichere Grundlage geben und deshalb zum Teil durch die beiden nebenstehenden Tafeln wiedergegeben sind<sup>117)</sup>. Sie geben zwei Beobachtungsreihen einer geschützt liegenden, 570 mm dicken und einer ebenso dicken, der Wetterseite zugekehrten Wand, welche vom 20. Februar bis 2. April 1883 gewonnen worden sind. Es sind je 7 Thermometer benutzt worden: Nr. 1 im Freien; Nr. 2 so, daß die Kugel vom Zementputz der Außenseite völlig bedeckt war; Nr. 7 im Zimmer, Nr. 6 unter dem Putz des letzteren; die Kugel von Nr. 4 befand sich inmitten der Wand, und die Kugeln von Nr. 3 und 5 um  $\frac{1}{4}$  der Wanddicke von der Außen-, bezw. Innenwandfläche entfernt. Der Querschnitt in Fig. 69 läßt übrigens die Tiefenlagen der Thermometerkugeln erkennen. Die Ablefungen fanden zweiftündlich statt.

Auf den beiden Tafeln bezeichnen die lotrechten, ganz durchgezogenen Linien die Mitternachtsstunden, die kürzeren 8 Uhr morgens und 4 Uhr nachmittags. Die obere, gefrichelte Linie stellt die Zimmertemperatur, die untere die Temperatur des Freien dar, während die 5 ausgezogenen Linien den Verlauf der Temperaturen innerhalb der Mauern wiedergeben. Der Ueberfichtlichkeit halber ist die Fläche, welche von den Temperaturen der drei mittleren Thermometer eingenommen wird, leicht schraffiert.

Oberflächliches Anschauen der beiden Tafeln läßt nun schon erkennen, daß den lebhaften Temperaturwechseln der Räume einerseits und des Freien andererseits gegenüber die Temperatur in der Wandmitte verhältnismäßig wenig schwankt. Nr. 3, wie Nr. 5 sind schon lebhafter bewegt, und Nr. 2, wie Nr. 6 lassen Temperaturwechsel erkennen, welche sich denjenigen der Nr. 1 wie Nr. 7 dem Wesen, wenn auch nicht der Größe nach, anschließen.

Man vermag aus den Darstellungen Antworten auf manche bemerkenswerte Fragen zu lesen, von denen ich einige hervorheben will.

Am Sonnabend den 24. Februar war in *b* nachts 12 Uhr die Temperatur des Zimmers auf +14 Grad gesunken; sie fiel noch weiter bis (Montag früh) 10 Grad, und zwar tiefer als die Temperatur im benachbarten Putz, ja noch tiefer als beim Thermometer 6. Es muß daher eine Wärmeabflußstelle (vielleicht die Fenster) vorhanden gewesen sein, welche die Minderung der Zimmertemperatur lebhafter förderte als die Wand. Nach Inbetriebsetzen der Heizung stieg die Zimmertemperatur sehr rasch; das Thermometer 6 folgte langsam, und als am Montag nachmittags die Zimmertemperatur rasch abnahm, vermochte die Temperatur unter dem Putz nicht zu folgen. Ähnliche Erscheinungen erkennt man hinsichtlich der übrigen Sonntage, bezw. deren Nachbartage; sie treten scharfer hervor während der Osterfeiertage (siehe die nebenstehende Tafel). Die Temperaturwechsel an der Außenseite der Wände treten am schärfsten an der Wetterseite (*b*) hervor. Ich weise besonders auf den 5. März hin, an welchem Tage nachmittags 4 Uhr die Temperatur unter dem Putz der Außenwandfläche höher war als diejenige im Wandinneren; am 19. März überschritt jene sogar die Temperatur des Thermometers 5.

Wenn auch die Anschauung durch das Eintragen der Temperaturen in den Wandquerschnitt (Fig. 67 u. 68) gewinnt, so leidet doch zweifellos die Ueberfichtlichkeit, was Fig. 69 erkennen läßt. Hier sind die Temperaturen, welche am 9. März 1883 beobachtet wurden, in den Wandquerschnitt, bezw. links und rechts davon, in lotrechter Richtung abgetragen, die zusammengehörenden Temperaturen des Wandinneren auch durch gerade Linien miteinander verbunden. Die römischen Zahlen bezeichnen die Thermometer, die arabischen, wagrecht gelegten die Temperaturen und die arabischen stehenden Zahlen die Zeiten (z. B. 12 m = 12 Uhr mittags; 2 n = 2 Uhr nachmittags). Man erkennt im übrigen ohne weiteres den Verlauf der Wärmeverteilung innerhalb der Wand.

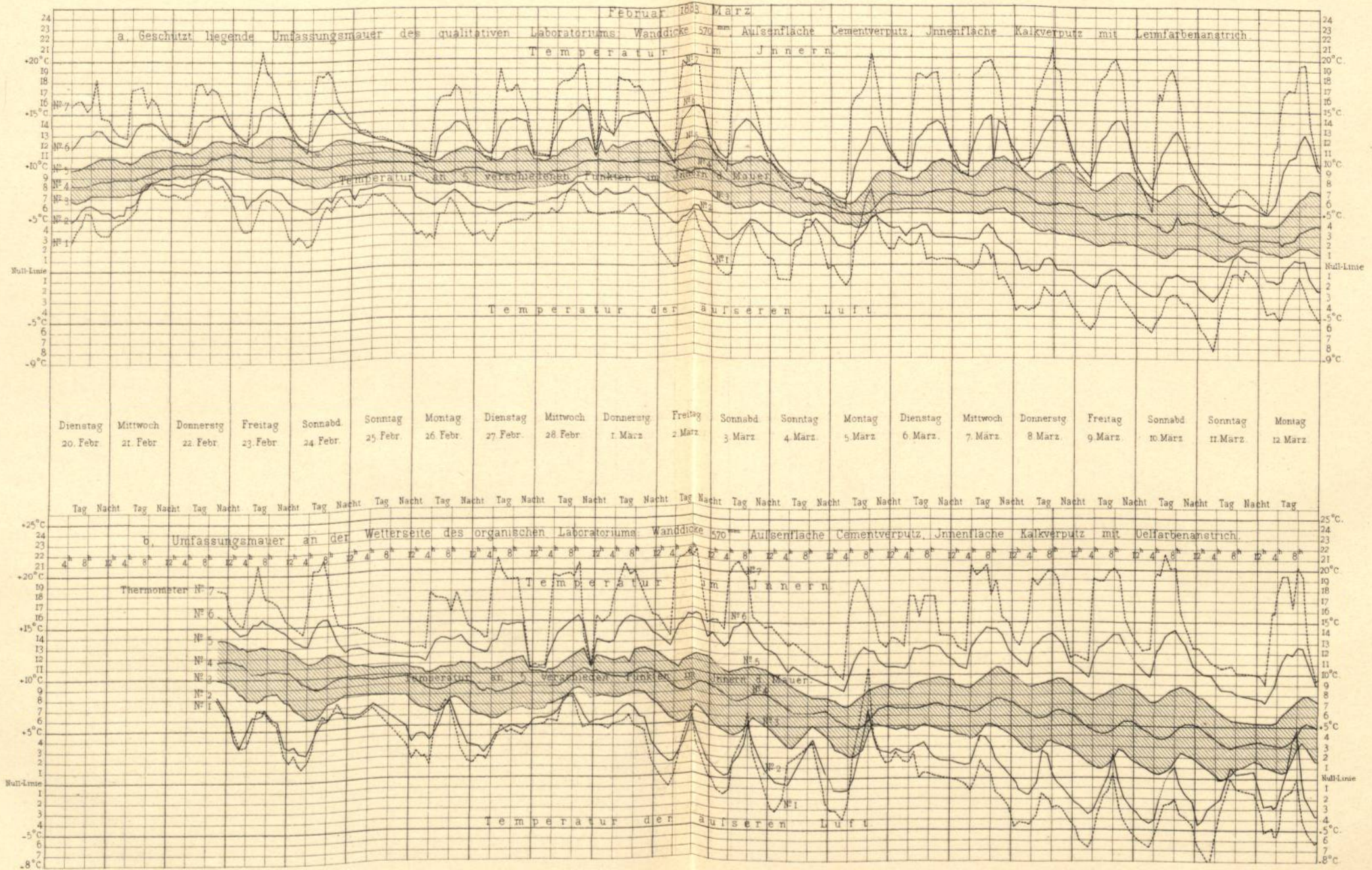
<sup>117)</sup> Die damals ausgestellten Blätter befinden sich im Besitze des hygienischen Instituts zu Berlin.





CHEMISCHES INSTITUT DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU AACHEN.

Schaulinien über die Wärmeüberführung durch Umfassungsmauern.



# CHEMISCHES INSTITUT DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU AACHEN.

## Schaulinien über die Wärmeüberführung durch Umfassungsmauern.

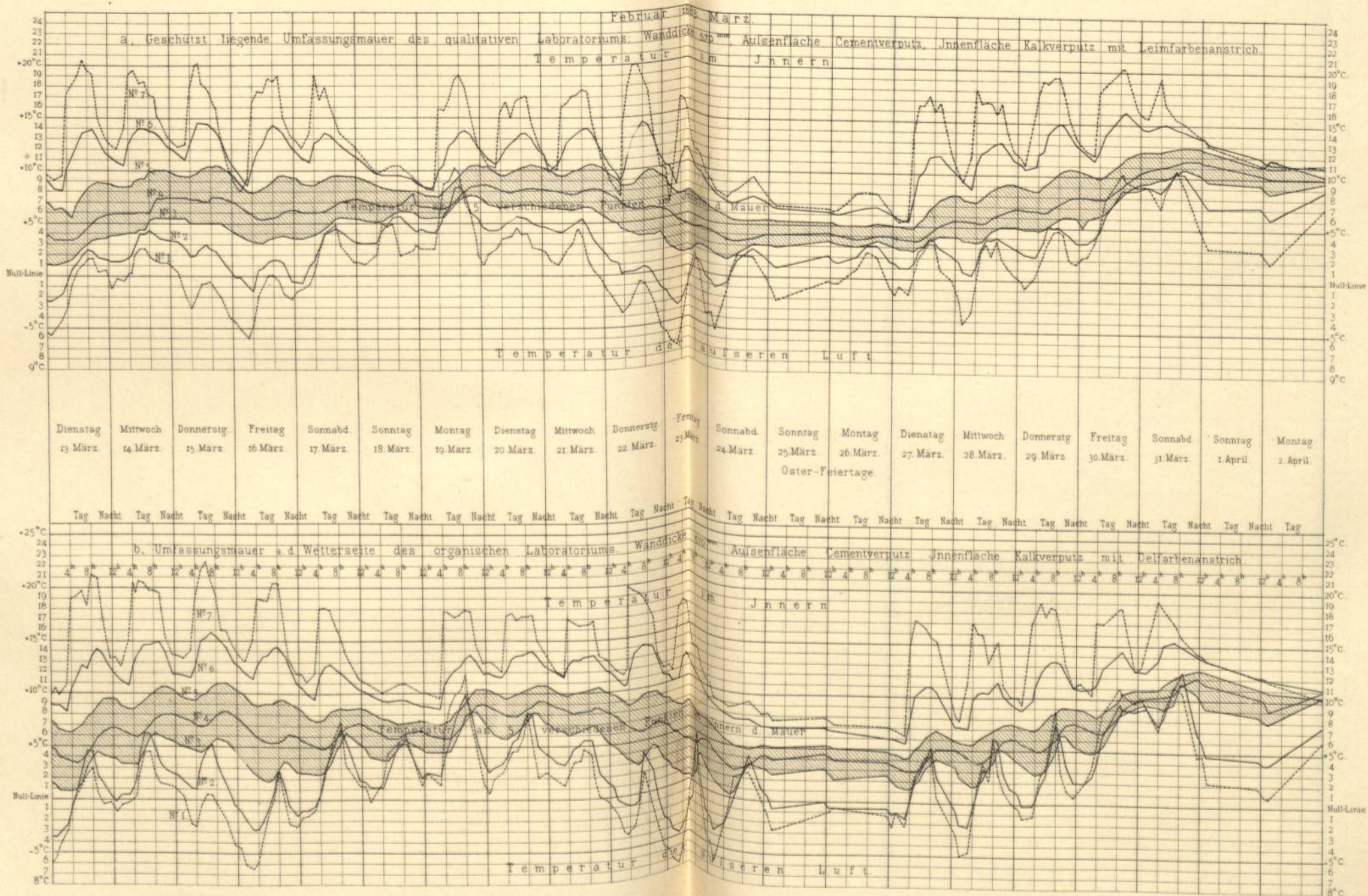
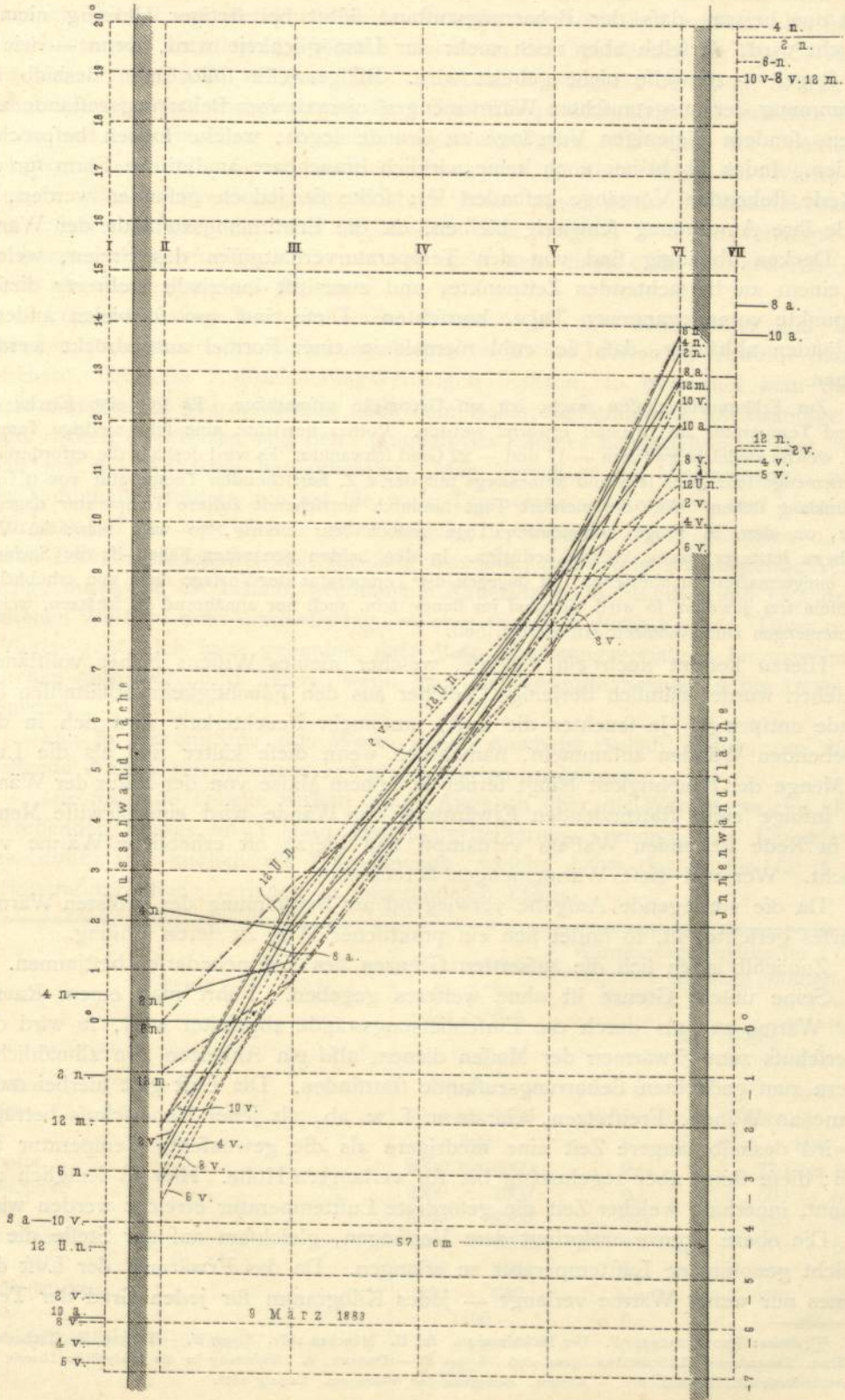


Fig. 69.



169.  
Bestimmung  
der aus-  
getauchten  
Wärmemengen.

Aus dem hier dargestellten fortwährenden Wechsel der äußeren Temperaturen geht nun hervor, daß der Beharrungszustand selbst bei stetiger Heizung niemals erreicht wird, derselbe aber noch mehr zur Unmöglichkeit wird, wenn — wie in der Regel — zeitweise nicht geheizt wird. Billigerweise sollte man deshalb bei Bestimmung der ausgetauchten Wärmemengen niemals vom Beharrungszustande ausgehen, sondern diejenigen Vorgänge zu Grunde legen, welche soeben besprochen wurden. Indes ist bisher noch keine wirklich brauchbare analytische Form für die in Rede stehenden Vorgänge gefunden<sup>118)</sup>; sollte sie jedoch gefunden werden, so würde ihre Anwendung schwierig bleiben, da die Erwärmungszustände der Wände und Decken abhängig sind von den Temperaturverhältnissen des Freien, welche vor einem zu betrachtenden Zeitpunkte, und zwar oft innerhalb mehrerer dieser Zeitpunkte vorangegangenen Tage, herrschten. Diese sind von so vielen anderen Umständen abhängig, daß sie wohl niemals in einer Formel ausgedrückt werden können.

Zur Erläuterung dessen mache ich auf Grenzfälle aufmerksam. Es soll eine Kirche bei 0 Grad Temperatur auf 12 Grad erwärmt werden. Vorher herrschte eine sehr niedrige Temperatur, welche vielleicht zwischen — 17 und — 22 Grad schwankte. Es wird deshalb die erforderliche Wärmemenge sehr groß sein und keineswegs mit der z. Z. herrschenden Temperatur von 0 Grad im Einklang stehen. War die mehrere Tage hindurch herrschende äußere Temperatur dagegen milde, an dem in Frage kommenden Tage jedoch sehr niedrig, so wird man, im Verhältnis zu letzterer, wenig Wärme bedürfen. In den beiden genannten Fällen ist die Sachlage noch einigermassen zu übersehen. Ist dagegen die Temperatur der Vortage nicht von erheblichen Wechseln frei gewesen, so wird niemand im Stande sein, auch nur annähernd zu schätzen, welche Wärmemengen zum Anheizen erforderlich sind.

Hierzu kommt noch ein Einfluss, welcher meines Wissens bisher vollständig übersehen wurde, nämlich derjenige, welcher aus den Feuchtigkeitsverhältnissen der Wände entspringt. Je feuchter die Luft, umso mehr Feuchtigkeit wird sich in den umgebenden Wänden ansammeln, namentlich wenn diese kälter sind als die Luft. Die Menge der Feuchtigkeit hängt ferner in hohem Maße von der Natur der Wände ab. Infolge einer stattfindenden Erwärmung der Wände wird eine gewisse Menge des in Rede stehenden Wassers verdampft und hierzu oft erhebliche Wärme verbraucht. Wer will diese Wärmemengen berechnen?

170.  
Grenzen  
des  
Wärme-  
bedarfes.

Da die vorliegende Aufgabe vorwiegend auf Bestimmung des größten Wärmebedarfes gerichtet ist, so findet sich ein praktischer Weg zu deren Lösung.

Zunächst lassen sich die äußersten Grenzen des Wärmebedarfes bestimmen.

Seine untere Grenze ist ohne weiteres gegeben. Führt man einem Raume mehr Wärme zu, als durch die Einschließungswände abgeleitet wird, so wird der Ueberschuß zum Erwärmen der Massen dienen, also ein Anheizen, ein allmähliches Nähern zum gedachten Beharrungszustande stattfinden. Die Luft gibt hierbei mehr Wärme an Wände, Freistützen, Geräte u. s. w. ab, als jener Ueberschuß beträgt; sie wird deshalb längere Zeit eine niedrigere als die gewünschte Temperatur besitzen; diese steigt aber regelmäßig bis zur verlangten Höhe. Hier ist lediglich unbekannt, innerhalb welcher Zeit die geforderte Lufttemperatur erreicht werden wird.

Die obere Grenze entspringt dem Verlangen, gleichsam auf der Stelle die in Aussicht genommene Lufttemperatur zu erlangen. Da das Erwärmen der Luft des Raumes nur wenig Wärme verlangt — jedes Kilogramm für jeden Grad der Tem-

118) Siehe: REDTENBACHER, F. Der Maschinenbau. Bd. II. München 1863. S. 397 ff. — FERRINI, R. Technologie der Wärme. Deutsch von M. SCHRÖTER. Jena 1878. S. 341 ff. — DRONKE, A. Einleitung in die analytische Theorie der Wärmeverbreitung etc. Leipzig 1882. — KIRSCH, Bewegung der Wärme etc. Leipzig 1886.

peraturerhöhung 0,2377 Einheiten, also jedes Kub.-Meter etwa 0,29 Einheiten — so kann die hierfür erforderliche Wärme vorläufig vernachlässigt werden. Es handelt sich ferner nur um diejenige Wärme, welche in die Oberflächen der Wände eintritt. Aus dem Früheren ist bekannt, daß der Ausdruck  $\phi$  (siehe Art. 153, S. 124) diejenige Wärmemenge bezeichnet, die für 1 Grad Temperaturunterschied zwischen Wandfläche und Luft stündlich von diesen ausgetauscht wird. Ist somit die Oberflächentemperatur ermittelt, so ist die Berechnung der in Rede stehenden Wärme sehr einfach. Das letztere Rechnungsverfahren liefert einen größeren Wärmebedarf als das erstere. Je nachdem man in kürzerer oder längerer Zeit die verlangte Lufttemperatur erreichen will, wird man sich mehr dem einen oder dem anderen Grenzwerte des Wärmebedarfes nähern.

Folgender Weg führt zu einem dritten Wert. Da die Fenster und Türen, zuweilen auch andere Einschließungsflächen (z. B. die bretternen Gewölbe mancher Kirchen), fast kein Auffpeicherungsvermögen besitzen, so berechnet man die auf diese entfallenden Wärmeverluste nach dem Beharrungszustande. Dickwandige Bauteile, dickere Freistützen und den Luftinhalt des Raumes behandelt man aber, indem man nur das Anheizen berücksichtigt. Man berechnet die Wärmemenge, welche der Luftinhalt erfordert, um auf die volle Temperatur zu kommen, und ebenso den Wärmebedarf für eine Schale oder Schicht der Wände, des Fußbodens u. f. w., deren Dicke man schätzt, teilt die so gewonnene, dem Anheizen dienende Wärmemenge durch die in Aussicht genommene Anheizdauer in Stunden und fügt den erhaltenen Wert zu dem Wärmebetrag, welcher stündlich durch Fenster, Türen u. f. w. verloren geht. Ich habe gefunden, daß dieses Rechnungsverfahren für gewöhnliche Kirchen gute Ergebnisse liefert, wenn man die erwähnte Schale 12 bis 15 cm dick annimmt.

Die so gewonnenen drei Werte geben nunmehr Anhalt genug, um die betreffende Anlage mit sicherem Erfolge ausführen zu können.

Die folgende Tabelle enthält einige Angaben über die Wärme, welche 1 kg des betreffenden Stoffes für 1 Grad Temperatursteigerung verlangt, das Eigengewicht des Stoffes und endlich die Wärmemenge, welche 1 cbm des Stoffes für 1 Grad Temperaturerhöhung verlangt, in abgerundeten Zahlen.

Stoffe	Eigengewicht für 1 cbm des Stoffes	Wärmemenge, welche für 1 Grad Temperaturerhöhung erforderlich ist,	
		für 1 kg	für 1 cbm des Stoffes
Wasser . . . . .	1000	1	1000
Eisen . . . . .	7500 bis 7800	0,11 bis 0,13	825 bis 1000
Eis . . . . .	920	0,9	828
Kupfer . . . . .	8600 bis 9000	0,09	770 bis 800
Kalkstein . . . . .	2500 » 2800	0,2	500 » 560
Glas . . . . .	2500 » 2900	0,18	450 » 520
Backsteine . . . . .	1400 » 2300	0,19 bis 0,24	270 » 500
Steingut . . . . .	2300 » 2500	0,12	270 » 300
Holz (trocken) . . . . .	450 » 660	0,5 bis 0,58	230 » 380
Koke . . . . .	1400	0,2	280
Atmosphärische Luft (0 Grad) . . . . .	1,29	0,238	0,3
	Kilogr.	Wärmeeinheiten	

Aus dieser Tabelle geht die bemerkenswerte Tatsache hervor, daß zwar die Einheitswärme der Backsteine und diejenige der Kalksteine fast gleich sind, sofern sie auf die Gewichtseinheit bezogen werden, dagegen letztere für gleichen Raum bei weitem mehr Wärme für eine gleiche Temperaturerhöhung beanspruchen als erstere. Aus dem Schwanken der einzelnen Werte folgt ferner, daß für eine Zahl von Stoffen eine genaue Rechnung erst dann möglich ist, wenn man die Einheitswärme des gerade in Frage kommenden Stoffes vorher bestimmt.

Um Fehlschlüssen vorzubeugen, muß ich nochmals auf die Wärmeverteilung aufmerksam machen, welche schon in Art. 163 (S. 132) besprochen wurde.

Infolge der großen Wärmeaufnahmefähigkeit der noch unerwärmten Wände ist diejenige Wärmemenge, welche der Luft auf dem Wege zwischen der Decke und dem Fußboden entzogen wird, somit auch der Temperaturunterschied zwischen den höher- und den tiefergelegenen Punkten eines Raumes während des Anheizens größer als nach dem Anheizen. Je rascher man anzuheizen bestrebt ist, umso größer wird, unter sonst gleichen Verhältnissen, jener Unterschied, d. h. man wird während des Anheizens in höherem Grade das Gefühl zu hoher Temperatur am Kopf und zu niedriger an den Füßen haben als während des Beharrungszustandes. Je mehr Wasser die Wände aufzufaugen vermögen, umso empfindlicher wird der genannte Uebelstand sein. Daher ist ein allmähliches Anheizen für die Behaglichkeit eines Raumes unbedingtes Erfordernis, obgleich es mehr Wärme erfordert als plötzliches Anheizen, da der Raum bis zu Erreichung der gewünschten Lufttemperatur als unbenutzbar bezeichnet werden muß und trotzdem bis zu dieser Zeit eine gewisse Wärmemenge an das Freie abführt.

171.  
Wärmebedarf.

Unter Berücksichtigung der genannten Umstände pflegt man für Räume, welche stetig geheizt werden, lediglich die Wärmemengen in Ansatz zu bringen, welche oben für den Beharrungszustand näher angegeben wurden. Bei Räumen, welche nur am Tage geheizt werden, macht man für das Anheizen einen Zuschlag von 10 bis 25 Vomhundert, welcher bei größeren Unterbrechungen des Heizens wohl ausnahmsweise auf 50 Vomhundert gesteigert wird.

Die Berechnung des Wärmebedarfes für (christliche) Kirchen, welche in der Regel nur wöchentlich einmal geheizt werden, findet zweckmäßig nach dem Verfahren statt, welches oben für die Berechnung des für das Anheizen erforderlichen Wärmebedarfes angegeben wurde. Um die bedeutenden Temperaturunterschiede der verschiedenen Höhenlagen nicht zu groß werden zu lassen, um vor allen Dingen die durch die Temperaturverschiedenheiten herbeigeführten Luftströmungen erträglich zu machen, darf man die Anheizdauer nicht zu knapp bemessen. Unter 10 Stunden sollte man für das Anheizen der Kirchen niemals rechnen; eine längere Anheizdauer ist aber empfehlenswert<sup>119)</sup>.

Diejenige Wärmemenge, welche während des Anheizens zum Erwärmen der Wände u. s. w. benutzt wurde, wird nach dem Aufhören des Heizens teilweise an die Luft des betreffenden Raumes wieder zurückgegeben, wie schon angedeutet wurde. Eine Verwertung dieser Tatsache findet nur insofern statt, als man die Heizung schon während der Benutzung des Raumes einzustellen vermag. Der geeignete Zeitpunkt hierfür wird durch nachherige Erfahrung bestimmt; er ist ohne Einfluß auf die Anlage, braucht deshalb in dieser Richtung hier nicht erörtert zu werden.

<sup>119)</sup> Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 324.

Von Wichtigkeit ist dagegen der Abkühlungsvorgang, sofern man den betreffenden Raum künstlich zu kühlen gedenkt. Alsdann handelt es sich offenbar um dieselben Vorgänge, welche beim Anheizen besprochen wurden; nur ist die Richtung gegenüber dem Anheizen gleichsam negativ, wie auch die künstliche Kühlung als negative Beheizung bezeichnet werden kann.

Während in mehrfachen Beziehungen das Wärmeeuffpeicherungsvermögen der Wände für das Anordnen von Heizungsanlagen Schwierigkeiten bietet, gewährt es in anderer Richtung nicht unwesentliche Erleichterungen. Ich erwähne hier nur, daß bei Berechnung der Heizungsanlage für gut ausgeführte Steingebäude wegen des Wärmeeuffpeicherungsvermögens der Massen nicht die niedrigste der vorkommenden Wintertemperaturen, sondern höchstens die Durchschnittstemperatur des kältesten Tages in Ansatz zu bringen ist. Hierdurch vermindert sich der Temperaturunterschied ( $T - t$ ) oft erheblich.

### e) Durchschnittliche Zahlenwerte

zur Berechnung des Wärmeaustausches durch Wände, Decken u. f. w.

1) Wertziffern  $k$  (in Wärmeeinheiten für 1<sup>qm</sup> Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperaturunterschied) für die Wärmeüberführung lotrechter Wände.

a) Gemauerte, dem Freien zugekehrte Wände.

β) Gemauerte Scheidewände.

Wandstärke in Met.	$k$					
	Backsteinmauern			Sandstein	Bruchsteinmauern	
	$F^*$	$R^*$	$Pr^*$	$Pr^*$	$F^*$	$R^*$
0,14	2,31	—	2,40	—	—	—
0,27	1,66	—	1,70	—	—	—
0,30	—	1,80	—	2,20	2,45	2,00
0,40	1,27	1,37	1,30	1,90	2,12	1,63
0,50	—	1,17	—	1,70	1,87	1,36
0,53	1,03	—	1,10	—	—	—
0,60	—	1,00	—	1,55	1,68	1,16
0,66	0,86	—	0,90	—	—	—
0,70	—	0,87	—	1,40	1,52	1,01
0,79	0,74	—	0,80	—	—	—
0,80	—	0,77	—	1,30	1,39	0,90
0,90	—	0,70	—	1,20	1,28	0,81
0,92	0,66	—	0,65	—	—	—
1,00	—	0,63	—	1,00	1,18	0,73
1,05	0,59	—	0,60	—	—	—
1,13	—	—	0,55	—	—	—
1,20	—	—	—	0,95	—	—

Bei Quaderverblendung 15 Vohundert mehr  
Bei Kalkstein 10 Vohundert mehr

Wandstärke in Met.	$k$	
	Backsteinmauern	Bruchsteinmauern
	0,14	2,20
0,27	1,62	2,14
0,40	1,23	1,74

γ) Beiderseitig geputzte Scheidewände.

Einfache Bretterwand . . . .  $k = 1,5$ .

Doppelte hohle Holzwand . . .  $k = 0,9$ .

Drahtputzwände  
4 bis 6 cm dick .  $k = 3,0$  ( $Pr^*$ ).

Drahtputzwände  
6 bis 8 cm dick .  $k = 2,4$  ( $Pr^*$ ).

δ) Türen,  $Pr^*$ :  $k = 2,0$ .

ε) Dem Freien zugekehrte Türen.

ζ) Dem Freien zugekehrte Fenster.

Dicke der Türen in Centim.	$k$	
	Eichenholz	Tannenholz
2	2,92	2,24
4	2,2	1,5

Fenster	$F^*$	$Pr^*$
Einfache Fenster . .	$k = 5$	$= 5$
Doppelfenster . . .	$k = 1,77$	$= 2,30$

\*) Ueber die Bedeutung der Bezeichnungen  $F^*$ ,  $R^*$  und  $Pr^*$  siehe Art. 155 (S. 127).

2) Wertziffern  $k$  (in Wärmeeinheiten für 1 qm Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperaturunterschied) für die Wärmeüberführung von Decken und Deckenlichtern.

	$F.*$	$Pr.*$
Einfache ungeputzte Bretterdecken, unter ihnen die wärmere Luft . . . . .	$k = 2.$	—
Decken nach Art von Fig. 62 (S. 128), unter ihnen die wärmere Luft . . . . .	$k = 0,5$	0,5
Decken nach Art von Fig. 62 (S. 128), über ihnen die wärmere Luft . . . . .	$k = 0,3$	0,35
Decken nach Art von Fig. 63 (S. 129), unter ihnen die kältere Luft . . . . .	$k = 0,71$	0,45
Decken nach Art von Fig. 63 (S. 129), über ihnen die kältere Luft . . . . .	—	0,7
Gewölbe mit vollem Fußboden . . . . .	—	1,0
Hölzerner, über dem Erdboden hohlverlegter Fußboden . . . . .	—	0,8
» in Asphalt verlegter Fußboden . . . . .	—	1,0
Maffiver Fußboden über dem Erdboden . . . . .	—	1,4
Einfache wagrechte Fenster (Deckenlichter), unter ihnen die wärmere Luft	$k = 5,4$	5,3
Doppelfenster, desgl. . . . .	$k = 2,6$	2,4

3) Gebräuchliche Temperaturen.

$\alpha) F.*$	$\beta) Pr.*$
Für Treibhäuser . . . . . $T = 20$ bis 25 Grad.	Für Geschäfts-, bezw. Wohnräume
» Wohnräume, Warmhäuser, Sitzungsfäle, Hörfäle, Zeichenfäle etc. $T = 17$ » 20 »	» all. Art . . . . . $T = 20$ Grad.
» Tanzfäle . . . . . $T = 15$ » 18 »	» Verfamlungs- und Hörfäle . $T = 18$ »
» Kirchen und Kalthäuser $T = 10$ » 15 »	» Gänge, Flure, Treppenhäuser . . . . . $T = 12$ »
» Synagogen . . . . . $T = 15$ » 20 »	» Krankenzimmer . . . . . $T = 22$ »
	» Gefängnisräume . . . . . $T = 18$ »

Für die Temperatur des Freien ist in Ansatz zu bringen:

Bei Treibhäusern, Warmhäusern und ähnlichen Bauwerken, in deren Wänden u. f. w. nur wenig Wärme gefammelt wird: die niedrigste der vorkommenden Wintertemperaturen =  $t$ .

Bei kräftigen Steinbauten: die mittlere Temperatur des kältesten Tages =  $t$ .

4) Zuschläge zu den Temperaturunterschieden ( $T - t$ ), wenn die Räume erwärmt werden sollen.

- a) Ueber der Decke befindet sich ein ungeheizter Raum, dessen niedrigste Temperatur zu 0 Grad angenommen wird: Zuschlag = + 20 Grad.
- β) Der Raum über der Decke wird regelmäfsig geheizt: Zuschlag = 25 Grad.
- γ) Der Raum unter der Decke wird nicht geheizt: Zuschlag = 0 Grad.
- δ) Der Raum unter der Decke wird regelmäfsig geheizt: Zuschlag = — 20 Grad.
- ε) Für lotrechte Wände, sofern die Zimmerhöhe 3m nicht übersteigt: Zuschlag = 0 Grad.
- ζ) Für lotrechte Wände der Zimmer, welche höher sind als 3m:  
Zuschlag = 0,05 bis 0,15 ( $T - t$ ) für jedes überchiefsende Meter Zimmerhöhe.
- η) Für das Anheizen: Zuschlag = 0,1 bis 0,25 ( $T - t$ ).

5) Einige andere mittlere Werte von  $k$ .

Stündliche Wärmeüberführung für 1 Grad Temperaturunterschied und 1 qm Fläche:

- Aus Luft oder Rauch durch eine etwa 1 cm dicke Tonplatte in Luft (nach Redtenbacher) . . . . .  $k = 5.$
- Aus Luft oder Rauch durch eine Wand von Gufseifen oder Eifenblech  $k = 7$  bis 10.
- Aus Luft oder Rauch durch eine gufseiferne oder schmiedeeiserne Wand in Wasser und umgekehrt . . . . .  $k = 13$  bis 20.
- Aus Wasserdampf durch eine gufs- oder schmiedeeiserne Wand in Luft.  $k = 11$  bis 18.
- Aus Dampf durch eine metallene Wand in Wasser . . . . .  $k = 800$  bis 1000.



Aus Dampf durch eine bekleidete Metallwand in Luft:

nackte Wand . . . . .	$k = 14,3$	} nach <i>Lfherwood</i>
Wand mit 6,5 mm dicker Filzdecke . . . . .	$k = 5,1$	
» » 12,7 » » » . . . . .	$k = 2,8$	
» » 19 » » » . . . . .	$k = 2,0$	
» » 25 » » » . . . . .	$k = 1,5$	
» » 50 » » » . . . . .	$k = 1$	
Kieselgurumhüllung, 15 bis 30 mm dick bedeckt . . . . .	$k = 1,2$ bis $2,0$	Wärmeeinheiten.

## 8. Kapitel.

### Luftverunreinigung.

#### a) Quellen der Luftverunreinigung.

In Art. 148 (S. 118) wurde schon auf die Quellen der Luftverunreinigung hingewiesen, und zwar zunächst auf die Gasentwickelungen, welche der tierische Stoffwechsel im Gefolge hat. Die Gas-, bezw. Dampfentwickelungen sind sehr verschiedener Art, indem sowohl der Atmungsvorgang als die Ausdünstung der Haut und auch andere Ausscheidungen des tierischen Körpers der umgebenden Luft nicht unbedeutende Gasmengen zuführen. Auch die Zersetzung pflanzlicher und tierischer Stoffe, die in dem betreffenden Raume vorhanden sind, ist als Erzeugerin solcher Gase zu bezeichnen, welche die Atembarkeit der Luft beeinträchtigen.

172.  
Quellen.

Die den genannten beiden Quellen entstammenden Gas- und Dampfmen gen lassen sich zum Teile durch Reinlichkeit und gesunde Ernährungsweise wesentlich vermindern; sie sind aber niemals ganz zu vermeiden.

Die künstliche Beleuchtung der Räume liefert nicht unbedeutende Mengen zum Teil übelriechender, zum Teil nicht atembarer Gase. Die dem Freien zu entnehmende frische Luft ist häufig mit erheblichen Staubmengen behaftet, welche organischen — herstammend von den Ausleerungen der Pferde u. f. w. — oder unorganischen Ursprunges sind. Häufig wird es notwendig, immer aber wünschenswert sein, diese Staubteile von der Luft zu trennen, bevor letztere in die zu lüftenden Räume tritt.

Endlich entstehen infolge gewerblicher Tätigkeit oft größere Mengen von dem tierischen Lebensvorgange schädlichen Gasen und Dämpfen, sowie die Lungen angreifender Staub. Diese Luftverunreinigungen können, ihrer Vielseitigkeit halber, nicht allgemein behandelt werden; ich verzichte daher darauf, an diesem Orte auf sie näher einzugehen.

Die Verunreinigung durch den Stoffwechsel der Menschen, durch Zersetzung pflanzlicher und tierischer Stoffe und durch künstliche Beleuchtung treten fast überall in annähernd gleicher Weise auf, weshalb sie ihrer Natur und ihrer Menge nach eingehender besprochen werden sollen.

Die Gasausscheidungen der Lungen bestehen der Hauptsache nach aus Kohlen säure und Wasserdampf; diejenigen der Oberfläche des tierischen Körpers sind zusammenge setzterer Natur; sie bestehen vorwiegend aus Wasserdampf, enthalten aber nicht selten die Zersetzungsergebnisse abgängiger Hautteile und — rechnet man die Kleidung des Menschen als zu dessen Körper gehörig — an den Kleidern auf-

173.  
Menschlicher  
Stoffwechsel.

gehäuften Schmutzes. Noch verschiedener, fowohl nach ihrer Natur als auch nach ihrer Menge, sind diejenigen Gase, welche dem Eingeweide des tierischen Körpers entweichen. Man hat sich gewöhnt, nach dem Vorgange v. Pettenkofer's, die vorhandene Kohlenäuremenge als Maß der Luftverunreinigung anzunehmen, unter der allerdings nicht immer zutreffenden Voraussetzung, daß die übrigen Verunreinigungen im geraden Verhältnis zur Kohlenäuremenge stehen.

Da diese Annahme für den vorliegenden Zweck genügt, so werde ich mich auf die nähere Erörterung der auftretenden Kohlenäuremengen beschränken, außerdem aber, als für die Heizung und Lüftung wichtig, die Dampfentwicklung gebührend würdigen.

Nach den Versuchen und Angaben von v. Pettenkofer und von Voit<sup>120)</sup>, sowie von Scharling und von Breiting<sup>121)</sup> darf man im Durchschnitt auf folgende stündlich entwickelte Kohlenäuremengen rechnen:

für einen erwachsenen Mann . . . . .	40	Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling . . . . .	34	»
» eine Jungfrau . . . . .	28	»
» ein Kind . . . . .	22	»

Diese Zahlen entsprechen, wie schon angegeben, Durchschnittswerten und werden vielfach über- und unterschritten, je nach den Ernährungs- und Bewegungsverhältnissen des Menschen.

Noch mehr ist die Wasserdampfentwicklung wechselnd. Sie hängt nicht allein von der Ernährung des Menschen und davon ab, ob dieser in Ruhe sich befindet oder arbeitet, sondern auch von dem Feuchtigkeitszustande der ihn umgebenden Luft. Sofern letztere trocken ist, wird sie dem Körper größere Feuchtigkeitsmengen in Form von Dampf entziehen; ist sie dagegen nahezu mit Feuchtigkeit gesättigt, so vermag die Haut nur wenig oder gar keinen Wasserdampf an die Luft abzugeben, so daß die ausgestoßene Flüssigkeit in Form von Schweiß die Hautoberfläche bedeckt. Wie bereits in Art. 150 (S. 122) bemerkt, steht hiermit die Art der Entwärmung des menschlichen Körpers in unmittelbarer Beziehung, indem diesem natürlich durch Verdunsten des ausgestoßenen Wassers Wärme entzogen wird.

In der angedeuteten Richtung sind meines Wissens keine genauen Versuche gemacht, so daß allein die Durchschnittswerte der Verdunstung bei mittlerem Feuchtigkeitsgehalte der Luft genannt werden können. Sie dürften stündlich betragen:

für einen erwachsenen Mann . . . . .	100	Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling . . . . .	80	»
» eine Jungfrau . . . . .	65	»
» ein Kind . . . . .	50	»

Die Kohlenäuremenge, welche die Gasbeleuchtung liefert, wurde schon unter B, Kap. 4: Gasbeleuchtung (Art. 46, S. 44) genannt. Im Durchschnitt dürfte sie für 1 cbm verbrannten Leuchtgases mit 1,3 kg in Rechnung gesetzt werden müssen.

Gleichzeitig wird durch Verbrennen des Leuchtgases Wasserdampf entwickelt, und zwar im Durchschnitt 1 kg für 1 cbm Leuchtgas.

Die Verunreinigung der Luft durch andere Leuchtflammen sind derjenigen

<sup>120)</sup> Siehe: Zeitfchr. f. Biologie, Bd. 2, S. 546.

<sup>121)</sup> Siehe: LEHMANN, C. G. Handbuch der physikalischen Chemie. Leipzig 1854. Bd. 3, S. 320.

durch Steinkohlengas, gleiche Lichtentwicklung vorausgesetzt, im allgemeinen gleich zu setzen<sup>122)</sup>.

Wenn man auch, als dem Bedürfnisse entsprechend, die Kohlenfäuremenge, die dem Stoffwechsel entstammt, zum Mafsstabe der gesamten Luftverunreinigung annimmt, so ist es doch nicht gerechtfertigt, die von der künstlichen Beleuchtung her stammende Kohlenfäure ebenso zu behandeln. Diese ist zwar auch von Gasen begleitet, welche die Luft verunreinigen, indessen keineswegs in demselben Verhältnis als die dem Stoffwechsel entstammende Kohlenfäure. Meiner Ansicht nach sollte man deshalb die Kohlenfäure der künstlichen Beleuchtung nur zum Teile in Rechnung ziehen.

Die vielfältigen Gase und der Staub, den die Vermoderung von Möbeln, Kleidern u. s. w. und ihre Benutzung erzeugen, können nicht in Zahlen genannt werden. Man berücksichtigt sie gleichsam, indem man annimmt, dass sie im geraden Verhältnis zu denjenigen Luftverunreinigungen stehen, welche dem menschlichen Körper entstammen.

Die Kohlenfäure selbst ist für den Menschen nicht schädlich, sofern nicht sehr große Mengen davon der Luft beigemischt sind; man hält vielmehr die sie begleitenden, nicht näher angegebenen Gase für das Schädliche oder Gefährliche. Lediglich die Schwierigkeit oder die Unmöglichkeit, die letzteren Gase nach Art und Menge zu bestimmen, hat Veranlassung gegeben, die leichter zu bestimmende Kohlenfäure als Mafstab der Luftverunreinigung zu benutzen. In diesem Sinne verlangt *v. Pettenkofer*, dass 1 cbm Luft höchstens 1 l, möglichst aber nur 0,7 l Kohlenfäure enthalten soll. Die Zahlen sind gewonnen auf Grund des Geruches derjenigen Luft, welche durch die gasförmigen Ausscheidungen des Menschen verunreinigt war; sie müssen hiernach subjektive genannt werden und können keineswegs den Anspruch auf unbestreitbare Gültigkeit erheben. Mit Recht macht *Weiss*<sup>123)</sup> auf die Einseitigkeit aufmerksam, welche zur Begründung jener Zahlenangaben geführt hat. Indem *Weiss* zugibt, dass mit zunehmendem Kohlenfäuregehalt die Atembarkeit der Luft abnimmt oder, mit anderen Worten, die Gesundheit der Menschen beeinträchtigt wird, verlangt er von den Aerzten die Angabe des Gesetzes, nach welchem die Gesundheitschädlichkeit der Luft sich ändert, so dass es in Form einer Schaulinie, deren Abszissen den Kohlenfäuregehalt und deren Ordinaten den schädlichen Einfluss der betreffenden Luft auf die Gesundheit darstellen, wiedergegeben werden kann. Da ein Luftwechsel im geschlossenen Raume nur durch Zu- und Ableiten der Luft hervorgebracht werden kann, so ist mit ihm eine Luftbewegung verbunden. Je größer diese Luftbewegung, d. h. je stärker der Luftwechsel ist, umso mehr wird im allgemeinen die Gesundheit der Menschen durch Zugluft beeinträchtigt. *Weiss* verlangt auch die Angabe des Gesetzes für diese Schädigung der Gesundheit. Würde dieses ebenfalls durch eine Schaulinie aufgetragen, so würden sich beide in Frage kommenden Linien an irgend einer Stelle schneiden müssen und im Schnittpunkte diejenigen Verhältnisse angeben, unter denen die betreffende Luft am zuträglichsten für den Menschen ist.

Vorläufig dürften sich die genannten Gesetze nicht in die erforderlichen Formen bringen lassen; man ist daher berechtigt, die genannten Zahlen zwar als willkommene

177.  
Sonstige  
Verunrei-  
nungen.

178.  
Zulässiger  
Kohlenfäure-  
gehalt.

122) Vergl.: ERISMANN. Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung etc. Zeitschr. f. Biologie 1876, S. 315.

123) Vergl.: CIVILING. 1877, S. 355.

Anhaltspunkte zu betrachten, ihre völlige Richtigkeit aber zu bestreiten. (Vergl. S. 1 u. 2, fowie Art. 185, S. 152.)

### b) Messen der Luftbeimischungen.

179.  
Messen  
der  
Kohlenäure.

Das einzig zuverlässige Verfahren, die Mengen der Luftbeimischungen zu bestimmen, besteht im Abmessen einer bestimmten, mit Beimischungen behafteten Luftmenge und Auscheiden der einzelnen Beimischungen unter gleichzeitigem Wägen dieser Stoffe. Es würde jedoch zu weit führen, an diesem Orte genauer auf das Messen von Kohlenoxydgas, Kohlenäure u. s. w. einzugehen, zumal es, um zuverlässig zu sein, von der Hand eines geübten Chemikers ausgeführt werden muß. Hierzu kommt noch die Tatsache, daß man die Gasbeimischungen nur in besonderen Fällen zu bestimmen hat, so daß ich mich begnüge, auf die unten genannten Quellen hinzuweisen<sup>124)</sup>.

180.  
Messen  
des  
Wasserdampfes.

Das Messen des Wasserdampfgehaltes der Luft scheint leichter zu sein als das Messen der übrigen Gasmengen. Ich werde daher ausführlicher darauf eingehen. Außer dem auch hier allein zuverlässigen Verfahren, welches eingangs erwähnt wurde, sind Meßeinrichtungen im Gebrauch, welche auf einer der folgenden physikalischen Eigenschaften des Gemisches von Luft und Wasserdampf beruhen.

In der Raumeinheit Luft vermag sich genau eine Raumeinheit Dampf zu verbreiten, dessen Spannung der Temperatur der Luft entspricht, wobei die entstehende Spannung gleich der Summe der beiden Einzelspannungen wird. Sinkt die Temperatur der Luft, bzw. des Gemisches von Luft und Dampf, so vermindert sich die Fähigkeit der Luft, Wasserdämpfe in sich aufzunehmen, indem die zugehörige Dampfspannung eine geringere, also das Gewicht der Raumeinheit des Dampfes kleiner wird.

Durch Vermindern der Temperatur derjenigen Luft, welche weniger Wasserdampf enthält, als sie aufnehmen vermag, kann man sonach zunächst die Sättigung der Luft mit Wasserdämpfen herbeiführen; wird die Luft weiter abgekühlt, so muß ein Teil des Dampfes zu Wasser werden. Die in Rede stehende Abkühlung der Luft kann nun durch kältere Flächen fester Körper stattfinden, so daß das gebildete Wasser auf den erwähnten Flächen einen Ueberzug bildet. Diejenige Temperatur der betreffenden festen Fläche, bei welcher die Wasserhaut sich zu bilden beginnt, nennt man die Taupunkttemperatur; ihr entspricht die Spannung des Dampfes, so daß das Gewicht der in der Raumeinheit vorhandenen Dampfmenge nach ihr berechnet werden kann.

Das von *Daniell* 1819 erfundene Hygrometer benutzt diese Tatsache. Leider ist es nur unter Anwendung äußerster Vorsicht anzuwenden, so daß es im vorliegenden Falle unbeachtet bleiben kann.

Sofern die Luft nicht bis zur Sättigung mit Wasserdampf gefüllt ist, benutzt sie jede Gelegenheit zu weiterer Wasserverdunstung, und zwar mit umso größerer Entschiedenheit, je weiter das Gemisch von der Sättigung oder dem Taupunkte entfernt ist. Die Wasserverdunstung erfordert Wärme, so daß an deren Ort Abkühlung erfolgt, die sich umso mehr fühlbar macht, je größere Wärmemengen gebunden werden und je rascher die Verdunstung stattfindet, indem die Ausgleiche der Temperaturen des Verdunstungsortes und der umgebenden Luft Zeit erfordert. Man ist somit im Stande, aus dem Unterschied der Temperatur des Verdunstungsortes und derjenigen der umgebenden Luft auf die Neigung der Luft zur Wasserverdunstung, d. h. auf ihren Feuchtigkeitszustand zu schließen. Es bedarf nach dem Gesagten kaum hervorgehoben zu werden, daß nur unter bestimmten Voraussetzungen, die schwer zu erfüllen sind, gleichartige Ergebnisse gewonnen werden können.

<sup>124)</sup> FISCHER, F. Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880. S. 180.

LUNGE, G. Zur Frage der Ventilation. 2. Aufl. Zürich 1879. S. 32. — Gefundh.-Ing. 1883, S. 197; 1885, S. 221; 1886, S. 713.

Das auf dem angeführten Gedanken beruhende, 1829 von *August* erfundene, Ppsychrometer genannte Gerät muß infolgedessen für die Zwecke der Heizung und Lüftung ebenfalls als wenig brauchbar bezeichnet werden. Besser scheint das Schleuder-Ppsychrometer von *Doyère* zu sein<sup>125)</sup>.

Zwei Thermometer sind miteinander verbunden; die Kugel des einen wird feucht gehalten, so dafs an ihrer Oberfläche die Verdunstung stattfindet. Man schleudert nun die beiden an einer etwa 1 m langen Schnur befestigten Thermometer mit solcher Geschwindigkeit im Kreise herum, dafs jede Drehung rund eine Sekunde währt, die gegensätzliche Geschwindigkeit zwischen Thermometerkugeln und Luft also 6 bis 7 m beträgt. Nach ungefähr 100 Drehungen wird der Temperaturunterschied beider Thermometer abgelesen.

Die Verdunstung einer Wasserfläche wächst im geraden Verhältnisse des Unterschiedes zwischen der Dampfspannung, welche der Wassertemperatur zugehört, und derjenigen, welche in der Luft herrscht. Letztere steht in unmittelbarer Beziehung zum Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Man kann somit aus der in einer gewissen Zeit verdunsteten Wassermenge auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft schliessen.

Bei den Versuchen, welche im Auftrage des Magistrats der Stadt Berlin in den dortigen Schulen vorgenommen wurden, bediente man sich eines auf den oben ausgesprochenen Gedanken begründeten Gerätes, welches in der untenangegebenen Quelle<sup>126)</sup> beschrieben ist. Um seine Zuverlässigkeit richtig zu beurteilen, darf man nicht übersehen, dafs die Bewegungsart der umgebenden Luft von grossem Einflufs auf die Verdunstung ist.

Endlich sind die hygroskopischen Eigenschaften pflanzlicher wie tierischer Stoffe und deren räumliche Veränderungen infolge von Wasserentziehung durch trockene und Wasserzuführung durch feuchtere Luft zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit benutzt. Das hiernach eingerichtete holländische oder Puppen-Hygrometer (Mann mit dem Regenschirm und Frau mit dem Sonnenschirm) ist sehr alt; es wurde schon 1685 von *William Molyneux* beschrieben. — *Saussure* benutzte die Längenänderung eines entfetteten Menschenhaares und beschrieb das nach ihm benannte Hygrometer 1783. — Andere benutzten die hygroskopischen Eigenschaften von Holz- und Strohfaser u. s. w.

Das Verhalten der in Rede stehenden organischen Stoffe gegenüber dem Feuchtigkeitszustande der Luft ist keineswegs ein gleichbleibendes. Durch Staub und andere Einflüsse wird sowohl die Fähigkeit, Wasser auszutauschen, als auch diejenige, entsprechend der aufgenommenen Wassermenge eine bestimmte Gröfse oder Gestalt anzunehmen, erheblich beeinträchtigt, so dafs auch diese Hygrometer oder, besser gesagt, Hygroskope keine zuverlässige Auskunft über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu geben vermögen.

Am wenigsten fühlbar scheinen diese Uebelstände bei dem von *Kopp* verbesserten *Saussure'schen* Hygroskop zu sein.

Ein gut entfettetes Menschenhaar wird an einem Ende befestigt, mit dem anderen Ende um eine leicht drehbare Spindel gelegt. In umgekehrter Richtung ist um diese Spindel ein Seidenfaden geschlungen, auf dessen freies Ende eine Feder so wirkt, dafs das Haar jederzeit leicht, und zwar möglichst gleichförmig, gespannt bleibt. An der Spindel befindet sich ein entlasteter Zeiger, der über einem Gradbogen spielt. Der feste Punkt des Menschenhaares ist nun einstellbar, so dafs man im stande ist, nachdem man das Haar längere Zeit völlig durchnäster Luft ausgesetzt hat, bei 100 Vomhundert einzustellen.

Für genaue Beobachtungen des Feuchtigkeitsgehaltes ist nur das eingangs erwähnte, allerdings ziemlich umständliche Verfahren brauchbar, nach welchem die zu untersuchende Luft gewogen, dann vollständig vom Wasser befreit und hiernach wieder gewogen wird<sup>127)</sup>.

<sup>125)</sup> Siehe: FISCHER, F. Zeitchr. f. d. chem. Industrie 1887, Mai, S. 272.

<sup>126)</sup> Bericht über die Untersuchungen der Heizungs- und Ventilations-Anlagen der städtischen Schulgebäude Berlins. Berlin 1879. S. 50.

<sup>127)</sup> Siehe hierüber: FISCHER, F. Zeitchr. f. d. chem. Industrie 1887, Mai, S. 271.

18r.  
Messen  
staubförmiger  
Beimengungen.

Das Messen der staubförmigen Beimengungen findet zwar zur Zeit selten statt, verdient aber dieselbe Beachtung wie das Bestimmen gasförmiger Verunreinigungen. Es gelingt ohne Schwierigkeit, indem man eine bestimmte Menge der zu untersuchenden Luft durch Wasser drückt, hierauf den genetzten Staub durch Filtern vom Wasser abscheidet und trocknet. Die Fehlerquellen, welche dieses Verfahren begleiten, haben eine nur geringe Bedeutung, indem die Verunreinigung der Luft durch Staub oft innerhalb sehr kleiner Zeiträume sich ändert, sonach ein genaues Messen der Staubmengen keinen besonderen Wert hat<sup>128)</sup>.

### Literatur

über »Luftverunreinigung« und »Messen der Luftbeimischungen«.

- BREITING, C. Die Luft in Schulzimmern. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1870, S. 17.  
Die Luft in den menschlichen Wohnungen. Landwirth 1870, Nr. 41.  
VOGT, A. Unterfuchung der Luft in Krankenhäufern. Schweiz. Corr.-Bl. 1872, Nr. 5.  
TREICHLER. Ueber Luftverderbnis in Schulzimmern und deren Verhütung. Schweiz. Corr.-Bl. 1873, S. 70.  
ANES, C. H. Ueber die Beschaffenheit der Luft in Schulen und Arbeitsräumen. *Sanitarian*, Bd. 1, S. 35.  
OIDTMANN, H. Unterfuchungen der Luft in geschlossenen Räumen. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öffentl. Gesundheitspfl. 1873, S. 211.  
Refultate der am 26. Mai 1874 im Marinelazareth zu Kiel ausgeführten Unterfuchungen auf den Kohlenfäuregehalt der Luft. Deutsche milit.-ärztl. Zeitschr. 1874, S. 460.  
PINZGER. Ueber Ventilation bewohnter Räume und den Einfluss der Beleuchtung auf die Verschlechterung der Luft. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1875, S. 302.  
ZELITZKI, L. Refultate der Unterfuchung der Luft in verschiedenen Classen der Nordhäuser Schulen. Thüring. ärztl. Corr.-Bl. 1875, S. 4.  
LUNGE, G. Zur Frage der Ventilation mit Beschreibung des minimetrischen Apparates zur Bestimmung der Luftverunreinigung. Zürich 1876.  
HUDELO. Ueber die Veränderungen der Zimmerluft durch Leuchtgasheizung. *Annales d'hyg.* 1876, S. 528.  
ERISMANN, F. Unterfuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künstliche Beleuchtung und über die Vertheilung der Kohlenfäure in geschlossenen Räumen. Zeitschr. f. Biologie 1876, S. 315.  
HESSE. Zur Bestimmung der Kohlenfäure in der Luft. Zeitschr. f. Biologie 1877, S. 395; 1878, S. 29.  
VOGLER. Ueber Luftverderbnis und deren Ermittlung. Schaffhausen 1878.  
Bericht über die Heizungs- und Ventilations-Anlagen in den städtischen Schulgebäuden in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Berlin 1879.  
SCHOTTKY, A. Luftunterfuchungen in Schulzimmern. Zeitschr. f. Biologie 1879, S. 505.  
WALLIS, C. Ueber die verschiedenen Methoden der Kohlenfäurebestimmung in der Luft für hygienische Zwecke. *Hygiea* 1879, S. 585.  
HESSE, W. Anleitung zur Bestimmung der Kohlenfäure in der Luft, nebst einer Beschreibung des hierzu nöthigen Apparates. Vierteljahrsschr. f. ger. Medicin 1879, S. 357.  
REMSER. Vorläufiger Bericht über die Unterfuchungen betr. die beste Methode, um die Menge der organischen Stoffe in der Luft zu bestimmen. *Nat. board of health bull.*, Bd. 1, S. 233.  
Unterfuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden zu Darmstadt. Darmstadt 1880.  
FODOR, J. v. Das Kohlenoxyd in feinen Beziehungen zur Gesundheit. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1880, S. 377.  
VALLIN, E. *Sur quelques procédés pratiques d'analyse de l'air.* *Revue d'hyg.* 1880, S. 193.

<sup>128)</sup> Siehe: *Polyt. Journ.*, Bd. 240, S. 52.

- WERNICH, A. Ueber verdorbene Luft in Krankenhäusern. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 77.  
 Ueber den Nachweis und die Giftigkeit des Kohlenoxyds. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 251.  
 ASSMANN. Der Staub in der Atmosphäre und seine Wirkungen. *Gefundh.-Ing.* 1882, S. 727.  
 WOLPERT, H. Einfache Luftprüfungs-Methode auf Kohlenäure mit wissenschaftlicher Grundlage.  
 Leipzig 1892.  
 RAMBOUSEK, J. Luftverunreinigung und Ventilation mit besonderer Rücksicht auf Industrie und  
 Gewerbe. Wien 1904.  
 MÖLLER, K. Quantitative Bestimmung des Staubgehaltes der Luft. *Gefundh.-Ing.* 1894, S. 373.

### c) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen.

Den üblen Wirkungen der erwähnten Gase und Dämpfe, sowie des Staubes tritt man auf verschiedenen Wegen entgegen: man verbreitet entgiftende Gase und Dämpfe; man reinigt die zu atmende Luft mittels Durchfeihens, indem man Mund und Nasenöffnung mit genetzten Tüchern oder ähnlichem bedeckt; man beseitigt die schädlichen Gase und Dämpfe, bevor sie der zu atmenden Luft sich beimischen; man verdünnt sie in dem Masse mit reiner Luft, das sie nicht mehr schädlich einwirken können.

Einige der genannten Verfahren bedingen keine baulichen Einrichtungen, können daher an diesem Orte vernachlässigt werden; die anderen erfordern dagegen eingehende Beachtung.

182.  
Mittel.

- 1) Abführung der schädlichen Gase, der Dämpfe und des Staubes,  
 bevor sie der zu atmenden Luft sich beimischen.

Von diesem Verfahren, welches an sich als das zweckmässigste und wirksamste bezeichnet werden muß, wird vielfach Gebrauch gemacht. Eine große Zahl gewerblicher Anlagen würde auf andere Art die zu atmende Luft nicht genügend rein erhalten können. So weit als möglich läßt man die in Rede stehenden Gase u. s. w. in dicht verschlossenen Gefäßen oder Räumen, die mit einem geeigneten Abzugsrohre versehen sind, sich entwickeln, während besondere Einrichtungen die Beobachtung des betreffenden Vorganges gestatten, ohne das ein Mensch in den fraglichen Raum einzutreten hat. Ist ein solches Verfahren nicht zulässig, so werden Gase, Dämpfe und Staub abgeseugt, indem unter einem Rauch-, Qualm- oder Dampfhang oder einem ähnlichen Gebilde, oft in Umhüllungen, welche nur kleine Arbeits- und Beobachtungsöffnungen haben, die Luft in dem Masse verdünnt wird, das von allen Seiten die Luft desjenigen Raumes hinzuströmt, in welchem sich die zur Bedienung der betreffenden Einrichtung erforderlichen Menschen befinden.

183.  
Anwendbarkeit  
dieses  
Verfahrens.

In Wohn- und ähnlichen Räumen kann von dem in der Uberschrift genannten Verfahren nur in wenigen Fällen Gebrauch gemacht werden, indem die dem menschlichen Lebensvorgänge entspringenden Gase und Dämpfe frei in den Raum ausströmen müssen, wenn man die Beweglichkeit der Menschen nicht auf das empfindlichste beeinträchtigen will. Selbst bei Kranken dürfte das Anbringen von Abgeseugschirmen — die vorgeschlagen sind — in solchem Masse beengend und beunruhigend wirken, das diese die Genesung mehr hemmen als fördern würden.

Die Verunreinigungen, welche durch die Beleuchtungsflammen entstehen, lassen sich indessen in den meisten Fällen vermeiden, indem die betreffenden Gase sofort nach ihrem Entstehen in geeigneten Rohren abgeleitet werden. Da diese Gase eine hohe Temperatur besitzen, so bedarf es nur einer zweckmässigen Anlage der ge-

nannten Rohre, um darin einen solchen Minderdruck zu erzeugen, daß durch etwa notwendige Oeffnungen innerhalb der von Menschen benutzten Räume Luft eingefaugt, also das Austreten der schädlichen Gase nicht allein verhindert, sondern auch eine teilweise Abführung der Zimmerluft erreicht wird. In Kap. 4 (Gasbeleuchtung, Art. 46, S. 44) sind bereits einschlägige Angaben gemacht und hierher gehörige Einrichtungen beschrieben worden; bezüglich der Berechnung der erforderlichen Mafse, sowie bezüglich der besonderen Einrichtungen an Sonnenbrennern u. f. w. verweise ich auf das weiter unten (Kap. 10) folgende.

## 2) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen durch Verdünnen.

### a) Erforderliche Verdünnung.

184.  
Atmosphärische  
Luft.

Wenn bisher von reiner Luft die Rede war, so wurde dabei stillschweigend der Vorbehalt gemacht, daß Luft von solcher Reinheit in Frage komme, wie sie zu haben ist. Die Luft des Freien ist keineswegs lediglich aus den wesentlichen Bestandteilen — etwa 76 Teilen Stickstoff, 24 Teilen Sauerstoff und Wasserdunst — zusammengesetzt, sondern enthält zahlreiche andere Gase beigemischt, welche mehr oder weniger als Verunreinigungen der Luft aufgefaßt werden müssen. Sie rühren von den Vorgängen her, welche Gas und Staub entwickeln; sie entströmen den Wohnungen, den Stallungen, den tierischen Körpern; sie entstehen infolge der Gärung und Fäulnis und bei den verschiedensten gewerblichen Arbeiten. Die freie Luft hat die wichtige Aufgabe zu erfüllen, die Gase von der Entstehungsstelle aus dahin zu führen, wo sie gleichsam verbraucht werden; sie ist daher mit den verschiedensten Gasen beladen. Vermöge des Ergießens der Gase ineinander werden die an irgend einem Orte in reichlicher Menge entwickelten rasch in einem großen Raume verteilt, demgemäß verdünnt, sofern nicht abschließende Wände im Wege sind. Das Ergießen der Gase ineinander ermöglicht vorwiegend den tatsächlichen Zustand, nach welchem die Bestandteile der atmosphärischen Luft in verschiedenen Erdteilen fast genau dieselben sind; nur in unmittelbarer Nähe des Entstehungsortes der verunreinigenden Gase sind sie in größerer Menge zu finden.

Die Ausbreitung des Staubes innerhalb der Luft findet nur vermöge der Wirbelbewegungen der letzteren statt. Der Staub ist daher mehr örtlicher Natur als die oben genannten Gase. Staubeile pflanzlichen Ursprunges werden jedoch vermöge ihrer Kleinheit und ihres geringen Einheitsgewichtes oft außerordentlich weit getragen, so daß man sie in geringen Mengen auch an den staubfreiesten Orten antrifft.

Was nun die Mengen der der freien Luft beigemischten Verunreinigungen betrifft, so ist zunächst die Beimischung des Staubes, aus angegebenen Gründen, allgemein nicht zu nennen. Unter 3 werden die Mittel zur Beseitigung des in der frischen Luft enthaltenen Staubes beschrieben werden.

185.  
Kohlensäure-  
gehalt.

Die Beimischung der Kohlensäure schwankt zwischen 0,4 bis 0,8 in 1000 Gewichtsteilen der Luft. Die Kohlensäure tritt — abgesehen vom Entwicklungsorte — namentlich nach heftigem Regen auf, indem dieser den höher gelegenen Luftschichten einen Teil ihrer Kohlensäure entzieht und ihn, beim Aufprallen auf das Straßenspflaster und dergl., fahren läßt. Da die Luft nach einem Regen sehr gern geatmet wird, so beeinträchtigt die Kohlensäure allein die Güte der Luft nicht, wenigstens nicht, soweit ihre Menge innerhalb mäßiger Grenzen sich bewegt.



Man sollte deshalb nicht, wie in der Regel geschieht, fordern, daß der Kohlenäuregehalt der von Menschen zu atmenen Zimmerluft höchstens 1,0 bis 1,6 Gewichtsteile in 1000 Teilen betragen dürfe, sondern zweckmäßiger: der Kohlenäuregehalt der Luft soll durch den Stoffwechsel der Menschen, nach Umständen auch durch die Beleuchtungseinrichtungen, höchstens um 0,6 bis 1,0 Gewichtsteil in 1000 Teilen Luft vermehrt werden.

Der Wassergehalt der freien Luft schwankt zwischen vollständiger Sättigung und einem Bruchteil dieser innerhalb weiter Grenzen. Der Grad der Sättigung wird in Hunderteln ausgedrückt, so daß z. B. die Angabe, eine Luft enthalte 54 Hundert Feuchtigkeit, bedeutet: es fehlen  $\frac{46}{100}$  derjenigen Wassermenge, welche die Luft unter vorliegenden Umständen überhaupt aufzunehmen vermag.

186.  
Wasser-  
gehalt.

In 1 cbm Luft vermag sich nun 1 cbm Wasserdampf, dessen Temperatur gleich derjenigen der Luft ist, zu ergießen; die Spannung des entstehenden, 1 cbm Raum ausfüllenden Gemisches ist alsdann gleich der Summe der Spannungen der Luft und des Dampfes. Sobald, wie hier immer der Fall ist, vermöge der Poren in den Einschließungsflächen das Gemisch mit der freien Luft in ungehinderter Verbindung steht, so kann es keine höhere Spannung annehmen als diese, d. h. das Gemisch dehnt sich gleichzeitig mit seiner Bildung aus.

Heißt die Atmosphärenspannung  $S_1$ , diejenige des Dampfes  $S_2$  und wird mit  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q$  das Gewicht der Raumeinheit trockener atmosphärischer Luft, des Dampfes und der mit Dampf gesättigten atmosphärischen Luft bezeichnet, so hat die Gleichung 37 Gültigkeit, da bei Ausdehnung von Gasen sich die Gewichte der Raumeinheit gerade so verhalten wie die Spannungen; demnach

$$\frac{Q}{Q_1 + Q_2} = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \dots \dots \dots 37.$$

oder

$$Q = S_1 \frac{Q_1 + Q_2}{S_1 + S_2} \dots \dots \dots 38.$$

Im Gewicht  $Q$  ist Luft und Dampf in demselben Verhältnis vorhanden, wie dies ohne die Ausdehnung der Fall gewesen sein würde, d. h. es befinden sich in jedem Kub.-Meter des Gemisches  $Q_l$  Kilogr. Luft und  $Q_d$  Kilogr. Dampf, wenn

$$Q_l = Q \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} = Q_1 S_1 \frac{Q_1 + Q_2}{S_1 + S_2} \frac{1}{Q_1 + Q_2} = Q_1 \frac{S_1}{S_1 + S_2}; \dots 39.$$

$$Q_d = Q \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} = Q_2 \frac{S_2}{S_1 + S_2} \dots \dots \dots 40.$$

Auf Grund der Gleichungen 37 bis 40 sind das Gewicht der Raumeinheit gesättigter Luft und die darin enthaltene Luft- und Wassermenge zu berechnen, sobald  $S_1$  und  $S_2$ , sowie  $Q_1$  und  $Q_2$  bekannt sind.

Die Spannung der Atmosphäre wird gewöhnlich zu  $S_1 = 760$  mm Quecksilberhöhe angenommen. Die Spannung  $S_2$  des Wasserdampfes, sowie sein Gewicht  $Q_2$  sind für die hier in Frage kommenden Temperaturen in der folgenden Zusammenstellung enthalten. Das Gewicht der trockenen atmosphärischen Luft berechnet sich, da sie bei 0 Grad und 760 mm Barometerstand (oder 10333 =  $\infty$  10 000 kg Druck auf 1 qm) 1,293187 kg wiegt und sich für jeden Grad der Temperaturerhöhung um  $\alpha = 0,003665$  des Raumes ausdehnt, zu

$$Q_1 = \frac{1,293187}{1 + 0,003665 t} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}, \dots \dots \dots 41.$$

wenn  $t$  die Temperatur der Luft bezeichnet.

Die hier folgenden Zahlen sind abgerundete.

Temperatur	1 cbm trockene Luft mit 0,00004 Raum- teilen Kohlen- säure wiegt	Spannung des Wasserdampfes	1 cbm gefättigter Wasserdampf wiegt	1 kg trockene Luft vermag an Wasserdampf auf- zunehmen
- 20	1,396	13,8	0,8	0,6
- 15	1,368	19,5	1,3	1,0
- 10	1,342	29,2	2,1	1,6
- 5	1,317	43,7	3,2	2,4
- 2	1,303	53,7	4,1	3,1
0	1,293	62,1	4,7	3,6
+ 2	1,284	76,7	5,4	4,2
+ 4	1,274	82,5	6,2	4,9
+ 6	1,265	94,7	7,1	5,6
+ 8	1,256	108,5	8,1	6,4
+ 10	1,247	124,2	9,2	7,4
+ 12	1,239	141,7	10,4	8,4
+ 14	1,230	161,4	11,8	9,6
+ 16	1,221	183,6	13,4	11,0
+ 18	1,213	208,3	15,2	12,5
+ 20	1,205	235,9	17,0	14,1
+ 22	1,197	266,9	19,4	16,2
+ 24	1,188	301,0	21,9	18,4
+ 26	1,180	339,2	24,5	20,8
+ 28	1,173	381,4	27,2	23,2
+ 30	1,165	428,2	30,1	25,8
+ 32	1,157	480,0	33,3	28,8
+ 34	1,150	537,0	36,9	32,1
+ 36	1,142	600,1	41,1	36,0
+ 38	1,135	669,4	45,8	40,4
+ 40	1,128	746,7	50,9	45,1
+ 45	1,110	969,7	65,3	58,8
+ 50	1,093	1250	83,0	76,1
+ 55	1,076	1597	104,6	97,2
+ 60	1,060	2023	130,7	123,3
+ 65	1,044	2552	162,0	155,1
+ 70	1,029	3170	199,4	193,8
+ 75	1,014	3924	243,8	240,4
+ 80	1,000	4820	296,0	296,0
Grad C.	Kilogr.	Kilogr. für 1 qm	Gramm	

187.  
Zweck-  
mäßigkeit  
Feuchtigkeits-  
gehalt.

Die Frage über den zweckmäßigsten Feuchtigkeitsgehalt ist bis jetzt keineswegs als genügend geklärt anzusehen.

Tatsache ist, daß in wenig Feuchtigkeit enthaltender Luft die Wasserverdunstung des menschlichen Körpers eine entschiedenere, in feuchterer Luft dagegen eine geringere ist. Ob eine raschere oder langsamere Verdunstung des dem Körper in Form von Speisen und Getränken zugeführten Wassers vorteilhafter ist, ist bis heute noch nicht nachgewiesen<sup>129)</sup>. Wir wissen dagegen, daß eine reichlich mit Wasserdampf

<sup>129)</sup> *Lafus* erwähnt in seinem lebenswerten Schriftchen: »Warmluftheizung mit kontinuierlicher Feuerung«, daß in dem namentlich für Lungenkranke heilfamen Luftkurort Davos der Feuchtigkeitsgehalt der Luft häufig nur 25 Vomhundert betrage, und daß in seinem Hause, dessen Luft während des Winters selten mehr als 35 Vomhundert Feuchtigkeit enthielt, sich eine kranke Dame wohler fühlt »als in der früher gemessenen feuchteren Luft«.

gefättigte Luft (Gewitterluft, diejenige schlecht gelüfteter, stark besetzter Versamm- lungsfäle, Theater u. f. w.) für uns unbehaglich ist. Dies ist aber die Gesamtheit dessen, was wir in Bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft wirklich wissen. Ist es doch noch unentschieden, ob der Sättigungsgrad der Luft, d. h. das Verhältnis derjenigen Wasserdampfmenge, welche sie bei der betreffenden Temperatur über- haupt aufzunehmen vermag, zur vorhandenen Wasserdampfmenge bei Beurteilung der Frage nach der Zuträglichkeit der Luft eine durchschlagende Rolle spielt oder nicht<sup>130</sup>). Verschiedene hierauf sich beziehende Anschauungen findet man in der unten genannten Quelle<sup>131</sup>) zusammengestellt; welche dieser Ansichten richtig ist, muß die Gesundheitslehre entscheiden. Der Techniker muß sich einstweilen dabei be- ruhigen, daß der zweckmäsigste Feuchtigkeitszustand zwischen 25 und 75 Vomhundert der vollen Sättigung liegt.

β) Gröfse des Luftwechsels.

Wenn festgestellt ist, welcher Kohlenfäuregehalt zugelassen werden soll und welche Kohlenfäuremengen in dem betreffenden Raume entwickelt werden, so kann man auf folgendem Wege rechnungsmäsig den erforderlichen Luftwechsel bestimmen.

188.  
Ermittlung  
des  
erforderlichen  
Luftwechsels.

Es sei:

*L* die Luftmenge (in Kub.-Met.), welche stündlich aus dem Freien zugeführt werden muß — die Zuluft,

*ℱ* der Inhalt des in Frage stehenden Raumes (in Kub.-Met.),

*Z* die Zeit (in Stunden), und zwar *Z*<sub>1</sub> die Zeit des Anfanges, *Z*<sub>2</sub> diejenige des Endes des in Frage kommenden Vorganges,

*σ* der Kohlenfäuregehalt der Luft, und zwar *σ*<sub>1</sub> und *σ*<sub>2</sub> derjenige zu Anfang und am Ende des Vorganges im Raume vorhandene, *σ*<sub>0</sub> derjenige der freien Luft,

*C* die Kohlenfäuremenge (in Kub.-Met.), welche stündlich im Raume ent- wickelt wird.

Alsdann ist die Aenderung des Kohlenfäuregehaltes in der Zeit *dZ* gleich *dσ*, und die Zu- oder Abnahme der Kohlenfäuremenge gleich *ℱ . dσ*. Sie wird hervor- gebracht durch die Entwicklung, bezw. Zufuhr von *Lσ*<sub>0</sub> . *dZ* + *C . dZ* Kub.-Met. und die Abfuhr von *L . dZ* + *C . dZ* Kub.-Met. Luft, welche enthält *σ(L + C) dZ* Kub.-Met. Kohlenfäure.

Sonach ist

$$\begin{aligned} \mathcal{F}d\sigma &= L\sigma_0 \cdot dZ + C \cdot dZ - \sigma(L + C) dZ, \\ \mathcal{F}d\sigma &= - [\sigma(L + C) - L\sigma_0 - C] dZ \quad . . . . . 42. \end{aligned}$$

und

$$\int_{\sigma_2}^{\sigma_1} \frac{d\sigma}{\sigma(L + C) - L\sigma_0 - C} = - \int_{Z_2}^{Z_1} \frac{dZ}{\mathcal{F}}, \quad . . . . . 43.$$

woraus

$$\begin{aligned} Z_2 - Z_1 &= \frac{1}{L + C} \left[ \log. \text{nat.} \{ \sigma_1(L + C) - L\sigma_0 - C \} - \log. \text{nat.} \{ \sigma_2(L + C) - L\sigma_0 - C \} \right] \mathcal{F}; \\ Z_2 - Z_1 &= \mathcal{F} \frac{1}{L + C} \log. \text{nat.} \frac{\sigma_1(L + C) - L\sigma_0 - C}{\sigma_2(L + C) - L\sigma_0 - C} \quad (\text{Formel von Seidel}). \quad . . . 44. \end{aligned}$$

Im Gebäude der Technischen Hochschule zu Hannover, welches sehr stark gelüftet wird, so daß — nach Angaben des Köpff'schen Hygrometers — der Feuchtigkeitsgehalt der Luft häufig nur gegen 24 Vomhundert betrug, hat sich, trotz wiederholter Anregung meinerseits, niemand über zu trockene Luft beklagt.

<sup>130</sup>) Siehe: Zeitfchr. f. Hygiene 1886, S. 60.

<sup>131</sup>) FISCHER, F. Zeitfchr. f. d. chem. Industrie 1887, April, S. 182 ff.

Sie läßt sich ohne weiteres zur Bestimmung von  $Z_2 - Z_1$  und  $L$  benutzen, wenn  $C = 0$  ist, wenn also keine Kohlenäure entwickelt, mit anderen Worten, der betreffende Raum nicht benutzt, aber doch gelüftet wird. Alsdann ist

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{F} \frac{1}{L} \log. \text{ nat. } \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0}, \dots \dots \dots 45.$$

d. h. man findet die Anzahl Stunden, innerhalb welcher bei Anwendung einer Zuluftmenge  $L$  der Kohlenäuregehalt von  $\sigma_1$  zu  $\sigma_2$  verändert wird. Ebenso erhält man die Luftmenge  $L$ , welche in einer bestimmten Zeit  $Z_2 - Z_1$  die entsprechende Wirkung hervorbringt, zu

$$L = \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{ nat. } \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0} \dots \dots \dots 46.$$

Die obige allgemeine Formel läßt sich vereinfachen und damit bequemer lösbar machen, wenn man berücksichtigt, daß  $C$  als Summand gegenüber  $L$  verschwindet und daß der Logarithmus immer eine kleine Größe haben wird, in

$$\begin{aligned} Z_2 - Z_1 &= \mathcal{F} \frac{1}{L} 2 \frac{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C - \sigma_2 L + \sigma_0 L + C}{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C + \sigma_2 L - \sigma_0 L - C}, \\ Z_2 - Z_1 &= 2 \frac{\mathcal{F}}{L} \frac{L(\sigma_1 - \sigma_2)}{(\sigma_1 + \sigma_2 - 2\sigma_0)L - 2C}, \\ Z_2 - Z_1 &= \mathcal{F} \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0\right)L - C} \dots \dots \dots 47. \end{aligned}$$

und

$$\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0\right)L - C = \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\sigma_1 - \sigma_2),$$

sonach

$$L = \frac{\mathcal{F}}{\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0} \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) + C}{Z_2 - Z_1} \text{ (Formel von Kohlrausch)} \dots \dots \dots 48.$$

Für den besonderen, aber meistens vorliegenden Fall, daß der Kohlenäuregehalt der Luft im gelüfteten Raume unverändert bleiben, sonach  $\sigma_1 = \sigma_2 =$  kurzweg  $\sigma$  sein soll, vereinfacht sich die Formel in

$$L = \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \frac{0 + C}{\sigma - \sigma_0}$$

oder

$$L = \frac{C}{\sigma - \sigma_0} \dots \dots \dots 49.$$

Den gleichen Ausdruck gewinnt man auf geradem Wege, indem man bedenkt, daß im Beharrungszustande der Kohlenäuregehalt  $\sigma$  gleich sein muß der zugeführten Kohlenäuremenge, geteilt durch die zugeführte Zuluftmenge, oder

$$\sigma = \frac{L\sigma_0 + C}{L} \text{ oder, wie oben, } L = \frac{C}{\sigma - \sigma_0}.$$

Die Größe  $\mathcal{F}$ , also der Rauminhalt des zu lüftenden Raumes ist hier nach ohne Einfluß auf die erforderliche Luftmenge, sobald der Beharrungszustand eingetreten ist. Bezeichnet man mit  $\mathcal{Q}$  die stündlich erforderliche Zuluftmenge

(in Kilogr.), mit  $A$  die stündlich im Raume frei werdende Kohlenfäuremenge (in Kilogr.) und mit  $\eta$ , bezw.  $\eta_0, \eta_1, \eta_2$  den Kohlenfäuregehalt der Luft (dem Gewichte nach), endlich mit  $\gamma$  das Gewicht von 1 cbm Luft des Raumes  $\mathcal{F}$  (in Kilogr.), so werden die Formeln 44, 45, 46, 48 u. 49 zu den anderen:

$$Z_2 - Z_1 = \frac{\gamma \mathcal{F}}{\mathcal{Q} + A} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1(\mathcal{Q} + A) - \mathcal{Q} \eta_0 - A}{\eta_2(\mathcal{Q} + A) - \mathcal{Q} \eta_0 - A} \dots \dots \dots 50.$$

$$Z_2 - Z_1 = \gamma \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{Q}} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \dots \dots \dots 51.$$

$$\mathcal{Q} = \gamma \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \dots \dots \dots 52.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{\gamma \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\eta_1 - \eta_2) + A}{\frac{\eta_1 - \eta_2}{2} - \eta_0}, \dots \dots \dots 53.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{A}{\eta - \eta_0} \dots \dots \dots 54.$$

Man hat geglaubt, auf Grund dieser Formeln den tatsächlich stattfindenden Luftwechsel messen zu können, indem man z. B. die beobachteten  $z_2, z_1, \sigma_0, \sigma_1, \sigma_2$  und  $C$ , bezw.  $\eta_0, \eta_1, \eta_2$  und  $A$  in die Formeln 48, bezw. 53 einsetzte. Diese Meinung ist jedoch nur in beschränktem Mafse richtig, indem die Einschließungsflächen der von Menschen benutzten Räume nicht dicht sind, infolge weffen sich gröfsere oder geringere Mengen der verschiedenen Gase, je nach ihrer Art und ihrem Auftreten, in den Poren der Wandflächen verdichten. Die Formeln 46 u. 52, 48 u. 53 lassen sich dagegen verwenden, um annähernd die Luftmengen zu bestimmen, welche zur Verdünnung der Verunreinigungen erforderlich sind, sofern während der Benutzung des Raumes nicht gelüftet werden soll, was gerechtfertigt sein kann, sobald der betreffende Raum nur zeitweise, und dann nur für kurze Dauer, Menschen aufzunehmen hat, bezw. andere luftverreinigende Vorgänge darin stattfinden. Ein solches Verfahren des Lüftens ist umfomehr in einzelnen Fällen verständlich, als, wie bereits erwähnt, in den Wänden, in den Möbeln u. f. w. sich erhebliche Mengen verunreinigender, übelriechender Gase zu verdichten vermögen, die nachträglich durch frische Luft gleichsam ausgepült werden, gleichwie die Kleider einen frischeren, reineren Geruch erhalten, wenn man mit ihnen in freier Luft sich bewegt.

In der Regel wird man Formel 49 oder 54 zur Bestimmung der zuzuführenden Luftmengen benutzen. Soll z. B. die Zunahme des Kohlenfäuregehaltes (vergl. Art. 178, S. 147) höchstens 0,6 Gewichtsteile auf 1000 Teile Luft betragen, so nach  $\eta - \eta_0 = \frac{0,6}{1000}$  sein, so wird für einen erwachsenen Menschen, da dieser (vergl. Art. 174, S. 146) im Durchschnitt stündlich 40 g = 0,04 kg Kohlenfäure entwickelt, eine Luftmenge

189.  
Bestimmung  
der  
zuzuführenden  
Luftmenge.

$$\mathcal{Q} = \frac{0,04}{\frac{0,6}{1000}} = 66,6 \text{ Kilogr.}$$

oder, bei einer Temperatur von 20 Grad, so dafs 1 cbm Luft 1,2 kg wiegt,

$$L = \frac{66,6}{1,2} = 55,5 \text{ Kub.-Met.}$$

erforderlich.

In Anbetracht jedoch, dafs der Kohlenfäuregehalt lediglich ein Mafstab sein soll für die Verunreinigungen, welche die Luft enthält, in Erwägung, dafs dieser Mafstab nur unter gleichen Umständen in geradem Verhältnisse zu den eigentlich

verunreinigenden Gafen steht, dürfte es zweckmäfsig fein, die Luftmengen für jede einzelne Perfon oder andere Quelle der Luftverunreinigung anzunehmen, die vorhin angeführte Rechnung also zu unterlassen, fie vielmehr nur infoweit zu verwenden, als die vier Formeln 46, 52, 48 u. 53 hierzu in bereits erwähnter Weife Veranlassung geben.

Ein solches Verfahren ist ebenso genau als das auf die Formeln 49 oder 54 begründete, da es die Berücksichtigung der Umstände, unter welchen die Gasausscheidungsquellen auftreten, in eben demselben Mafse gestattet; es ist aber weit übersichtlicher und führt deshalb rascher zum Ziele. Man wird, aus schon angedeuteten Gründen, gröfsere Luftmengen durch einen Raum strömen lassen, wenn er dauernd, namentlich wenn er Tag und Nacht benutzt wird, geringere dagegen — sofern man ununterbrochen lüftet oder die Fenster öffnet, sobald der Raum nicht benutzt wird — bei kürzerer Dauer der Benutzung.

Da die uns unbekanntes Gafe und Dünfte am unheimlichsten erscheinen, sie am wenigsten Vertrauen verdienen, sobald sie von einem Kranken ausgeflossen sind, so ist den Krankenzimmern ein besonders starker Luftwechsel zuzumessen; handelt es sich um Fieberkranke oder solche, die mit eiternden Wunden behaftet sind, so tritt noch die Erwägung hinzu, dafs von jeder Perfon überhaupt gröfsere Mengen gefährlicher oder doch unangenehmer Gafe frei werden. Auf der anderen Seite ist zu beachten, dafs durch Wachsen der Luftgeschwindigkeit die schädlichen Einflüsse des »Zuges« wachsen. Unter sonst gleichen Umständen wird aber die Luftgeschwindigkeit umfo gröfser fein, je kleiner die für jeden Kopf vorhandene Grundfläche des betreffenden Raumes ist; sonach ist für jede Perfon stark besetzter Räume eine geringere Luftmenge zu rechnen als für jede Perfon in weniger angefüllten Räumen.

Auf Grund der angedeuteten Erwägungen und der Angaben anderer habe ich folgende Tabelle (unter *F.*) zusammengestellt, welche die stündlich erforderliche Zuluftmenge nennt. Für in dieser Tabelle nicht genannte Fälle (wie z. B. für Wohnräume u. f. w.) wird man, unter Berücksichtigung der sie begleitenden Umstände, ohne Schwierigkeit auf Grund der früheren Erörterungen und der Tabelle zutreffende Zahlenwerte gewinnen können. Unter *Pr.* sind diejenigen Zuluftmengen angeführt, welche laut Erlafs des preussischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 7. Mai 1884 für die Bauwerke des preussischen Staates vorgeschrieben sind.

190.  
Erforderliche  
Zuluftmenge.

Benennung der Quellen	Stündlich erforderliche Zuluftmenge ℔	
	<i>F.</i>	<i>Pr.</i>
Für jeden gewöhnlichen Kranken . . . . .	60 bis 80	} 50 bis 103
» » Verwundeten oder jede Wöchnerin . . . . .	80 » 120	
» » Kranken bei Epidemien . . . . .	120 » 180	} 26 bis 39
» » Gefangenen . . . . .	25 » 50	
» » Kopf in Werkstätten, Kasernen, Schauspielhäusern, Versammlungsräumen, Hörsälen . . . . .	25 » 50	26
» » Schüler oder jede Schülerin der höheren Klaffen . . . . .	20 » 40	} 13 bis 33
» » jüngeren Schüler oder jede jüngere Schülerin . . . . .	15 » 30	
» » Reisenden im Eisenbahnwagen . . . . .	20 » 40	—
» » stündlich 100 <sup>l</sup> Gas verbrauchenden Gasbrenner . . . . .	5 » 10	—
	Kilogramm	

Ferner *Pr.*: Flure, Treppenhäuser  $\frac{1}{2}$ - bis 1maliger Wechsel in der Stunde, ausnahmsweise bis 2maliger Wechsel. Aborte und ähnliche Räume 3- bis 5maliger Wechsel.

In manchen Fällen ist übrigens die Zuluftmenge nach der abzuführenden Wärmemenge zu bemessen. Wenn ein erwachsener Mensch ausser den zur Ver-

dunftung gebrauchten noch 100 Wärmeeinheiten (siehe Art. 175, S. 146) abgibt und nicht in der Lage ist, durch Wärmestrahlung einen Teil dieser Wärme nach aussen zu führen (z. B. in gut besetzten Versammlungssälen und dergl.), so muss die ihn umgebende Luft sie aufnehmen. Dies ist nur in der Weise möglich, dass die Luft den Körper des Menschen bespült und hierbei eine gewisse Temperaturzunahme erfährt. Lässt man z. B. eine Temperaturzunahme von 8 Grad zu, so vermag jedes Kilogramm Luft (nach Art. 171, S. 142)

$$8 \cdot 0,238 = 1,904 \text{ Wärmeeinheiten}$$

aufzunehmen, d. h. man muss, lediglich in Rücksicht auf die Entwärmung des Menschen, ihm stündlich 52,6 kg Luft zuführen. 8 Grad Temperaturunterschied bedeutet aber, dass, wenn die höchste Temperatur z. B. 22 Grad nicht überschreiten soll, die Anfangstemperatur 14 Grad sein muss. Da man einen höheren Temperaturunterschied der Zuluft gegenüber der Abluft als 8 Grad nicht zulassen wird, so erfordert in allen denjenigen Fällen, in welchen die vom Menschen entwickelte Wärme durch den Luftwechsel abgeführt werden soll, diese Wärmeabfuhr einen so grossen Luftwechsel, dass die gleichzeitig eintretende Verdünnung der Luftverunreinigung in den meisten Fällen dem Bedürfnis genügt.

γ) Einfluss der Lüftung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

Indem man die in Rede stehenden Luftmengen durch den betreffenden Raum führt, beeinflusst man nicht allein den Kohlen säuregehalt, sowie den Gehalt an solchen Gasen, welche sich mit der Kohlen säure in gleichem Masse entwickeln sollen, sondern auch den Gehalt an Wasserdampf. Man kann zur Verfolgung des betreffenden Vorganges die Formeln 51 bis 54 benutzen, wenn bedacht wird, dass der Dampfgehalt niemals grösser werden kann, als der Sättigung entspricht (vergl. Art. 186, S. 153) und dass die die Luft sättigende Dampfmenge mit der Temperatur sich ändert.

197.  
Wasserdampf-  
gehalt.

Nach Früherem (Art. 176, S. 146) wird der Zimmerluft von den Gasflammen und von den im Zimmer sich aufhaltenden Menschen fortwährend Wasserdampf zugeführt.

Es heisse das Gewicht des Wasserdampfes, welches auf diesem Wege stündlich geliefert wird,  $w$  (in Kilogr.) und bezeichne  $\eta_0$ ,  $\eta_1$  und  $\eta_2$  für den vorliegenden Zweck den Gehalt der Luft an Wasserdampf, bezw. der freien Luft, der eingeschlossenen Luft zur Zeit  $Z_1$  und der Luft zur Zeit  $Z_2$ ; alsdann entsteht unter dem gemachten Vorbehalt, dass die Luft nie überfüllt werden kann, ohne weiteres

$$Z_2 - Z_1 = \gamma \frac{\mathcal{F}}{\mathcal{Q}} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \dots \dots \dots 55.$$

$$\mathcal{Q} = \gamma \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} \log. \text{ nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \dots \dots \dots 56.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{\gamma \frac{\mathcal{F}}{Z_2 - Z_1} (\eta_1 - \eta_2) + w}{\frac{\eta_1 - \eta_2}{2} - \eta_0} \dots \dots \dots 57.$$

$$\mathcal{Q} = \frac{w}{\eta - \eta_0}, \dots \dots \dots 58.$$

aus welchen Gleichungen die Zustandsänderung des Wassergehaltes abgeleitet werden kann.

Für den Beharrungszustand entsteht aus 58

$$\eta = \frac{w}{g} + \eta_0, \quad \dots \dots \dots 59.$$

ein Ausdruck, welcher besagt, daß der Dampfgehalt der Luft im geschlossenen Raume gleich ist demjenigen der zugeführten frischen Luft, vermehrt um denjenigen Teil des in diesem Raume entwickelten Wasserdampfes, der auf jedes Kilogramm der zugeführten frischen Luft entfällt. Der Satz ist ohne Schwierigkeit auch unmittelbar abzuleiten.

Beispielsweise sei die  $-20$  Grad zeigende Luft des Freien mit 70 Vomhundert der Sättigung gefeuchtet. Im geschlossenen Raume herrsche die Temperatur  $+20$  Grad;  $g$  sei für jede Person zu  $40$  kg bestimmt, während jede Person  $100$  g Wasser verdunstet. Es ist alsdann

$$w = 0,1, \quad g = 40, \quad \eta_0 = 0,0004; \quad \text{sonach } \eta = 0,0029 \text{ kg.}$$

Die Luft von  $+20$  Grad vermag  $0,014$  kg Wasserdampf zu enthalten; folglich ist die vorliegende nur mit etwa 20 Vomhundert ihrer Sättigung mit Wasserdampf behaftet. Bei  $0$  Grad Temperatur des Freien und im übrigen gleichen Verhältnissen würde der entstehende Zustand schon innerhalb der oben angegebenen Grenzen fallen, indem der Feuchtigkeitsgehalt der Luft 43 Vomhundert würde.

Im allgemeinen nimmt somit der Prozentsatz der Feuchtigkeit der eingeschlossenen Luft umsomehr ab, je niedriger die Temperatur des Freien gegenüber derjenigen des geschlossenen Raumes ist. Sobald jedoch die Temperaturen nahezu gleich sind, so muß notwendigerweise die eingeschlossene Luft, in welcher Menschen sich befinden, feuchter sein als die freie Luft. Wenn gar die Temperatur des Zimmers eine niedrigere ist als diejenige der frischen Luft, so tritt bald ein hoher Feuchtigkeitsgrad ein, welcher nicht selten nahezu die volle Sättigung erreicht, ja zur Ausscheidung von Wasser führt. Es entsteht, wenn Flächen vorhanden sind, die eine geringere Temperatur haben, als diejenige der Luft ist, auf diesen der sog. Schweiß, welchen man in ungeheizten, mit geheizten und stark bevölkerten Räumen in Verbindung stehenden Zimmern so häufig beobachtet und der als »Feuchtigkeit der Wände« einer mangelhaften Bauweise in die Schuhe geschoben wird. Fehlt es an derartigen kälteren Wänden, so scheidet sich der Wasserdampf in Nebelform aus.

Im Winter dienen die Fensterflächen meist als Lufttrockner; im Sommer muß man besondere Lufttrockner aufstellen, wenn man in stark besetzten Räumen nicht eine höhere Temperatur als diejenige der freien Luft zulassen will. Genau genommen sollte man den Feuchtigkeitsgehalt der Luft regelmäÙsig beobachten und hiernach Vorrichtungen regeln, welche die Be- oder Entfeuchtung der Luft zu bewirken haben. Dies ist vielfach versucht worden; im folgenden mögen einige der hierher gehörenden Einrichtungen besprochen werden.

### b) Mittel zum Befeuchten der Luft.

Sehr entschieden wirken die Einrichtungen, welche eigentlich zum Waschen der Luft, zum Entfernen des Staubes, angewendet werden. Sie werden weiter unten (unter 3) beschrieben werden; hier sei nur bemerkt, daß durch dieses Anfeuchtungsverfahren nahezu eine Sättigung der Luft herbeigeführt wird.

Offene, mit Wasser gefüllte Schalen stellt man häufig in den Heizkammern, in den Mündungen der Luftzuleitungskanäle und auch in den Zimmern auf. Erstere Anordnung hat den Vorteil, daß verhältnismäÙsig kleine Wasserflächen eine reichliche Verdunstung zu vermitteln vermögen, indem das Wasser durch den Heizkörper

192.  
Schwitzen  
der  
Wände  
u. f. w.

193.  
Be- und Ent-  
feuchten  
der Luft.

194.  
Befeuchten  
der Luft.



erwärmt wird und mit der wassergierigsten Luft in Berührung kommt. In den Mündungen der Zuluftkanäle aufgestellte Schalen vermögen auch reichliche Wassermengen zu verdunsten, indem — solange ein Anfeuchten überhaupt notwendig wird — die über dem Wasser hinwegstreichende Luft wärmer, also verhältnismäßig trockener ist als die Zimmerluft. Im Zimmer selbst angebrachte Wasserflächen müssen sehr umfangreich sein, um eine nennenswerte Verdunstung zu veranlassen.

Eine Regel über die zweckmäßige GröÙe solcher Schalen ist nicht bekannt; tatsächlich erhalten sie von den verschiedenen Erbauern nicht allein an sich, sondern namentlich auch insofern äußerst verschiedene Ausmessungen, als ihr Raum in Frage kommt, so daß es z. Z. unmöglich sein dürfte, auch nur annähernd zutreffende Angaben zu machen. Diese Tatsache dürfte teilweise dem Umstande zuzuschreiben sein, daß über die nützlichste Feuchtigkeit erhebliche Meinungsverschiedenheiten vorliegen, teils dem anderen, daß die Feuchtigkeitsabgabe der Menschen einen beherrschenden Einfluß auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft hat.

Zur Zeit bestimmt man die GröÙe der Anfeuchtungseinrichtungen nach willkürlicher Schätzung, sorgt höchstens für deren Regelbarkeit und behält sich im übrigen vor, erforderlichenfalls durch Erweiterungen nachzuhelfen; weist man doch, daß kaum jemals nach Ablauf des ersten Betriebsjahres Wert auf die Luftanfeuchtungsvorrichtungen gelegt wird. Im ersten Betriebsjahre ist aber der Feuchtigkeitsgehalt der neuen Mauern meistens von folchem Einfluß, daß man über mangelnde Feuchtigkeit nicht zu klagen pflegt.

Im Jahre 1876 stellte die »Anonyme Gesellschaft für Metallfabrikation zu St. Petersburg« in Brüssel eine Anordnung (in Abbildung) aus<sup>132)</sup>, welche durch Fig. 70 ihrem Grundgedanken nach wiedergegeben ist.

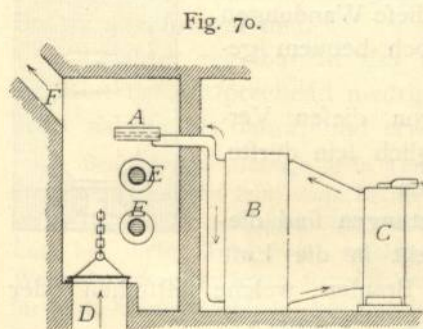


Fig. 70.

Es bezeichnet *A* die flache, teilweise mit Wasser gefüllte Schale, die über den Heizrohren *E*, *E* aufgestellt ist. Letztere haben nur den Zweck, die frische, durch *D* zugeführte, durch *F* zum betreffenden Raume gelangende frische Zuluft zu erwärmen. *C* bezeichnet einen aufrechten Kessel zum Erwärmen des Wassers, welches zunächst in den Behälter *B* und dann zur Schale *A* steigt; das kältere Wasser aus dieser sinkt in gleichem Masse nach *B* und *C*, um hier erwärmt zu werden. Man ist fomit im stande, das Wasser der Schale *A* auf eine beliebige Temperatur zu bringen, um es (innerhalb gewisser Grenzen) beliebig rasch verdampfen zu lassen. Der geräumige Behälter *B* dient

zur Auffpeicherung der Wärme, wodurch die Ungleichheiten der Heizung in *C* ausgeglichen werden sollen.

*Kelling* in Dresden zeigte 1877 eine Anordnung, vermöge welcher das Wasser der Verdunstungschale durch Gasflammen erwärmt wird.

Die Anordnung, welche Fig. 71 darstellt, habe ich — meines Wissens zuerst — seit 1868 häufig ausgeführt.

Die Schale *A* hat einen keilförmigen Querschnitt; sie ragt um so viel aus der Heizkammerwand *B* hervor, daß der an einem Ausläufer der Wasserleitung angebrachte Hahn *C* der Schale *A* das nötige Wasser zuzuführen vermag. Am Kopfende der Schale *A* befindet sich eine Fassung *D*, welche ein Glasrohr *E* zum Beobachten des Wasserstandes und ein Ueberlaufrohr *F* trägt.

<sup>132)</sup> Siehe: FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege und Rettungswesen in Brüssel 1876. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 17.

Letzteres ist in der unten befindlichen Stopfbüchse der Fassung *D* verschiebbar, so dass jeder gewünschte Wasserstand erzielt werden kann. Mit der Höhenlage des Wasserspiegels in der Schale *A* oder in mehreren mit ihr verbundenen, ebenso geformten Schalen ändert sich offenbar die Verdampfung des Wassers.

Im Jahre 1883 stellte *Kelling* diese Verdampfungschale in folgender, wesentlich verbesserter Gestalt aus.

In die Schale — deren Winkel grösser war wie in Fig. 71 — ist eine heisses Wasser oder Dampf führende Rohrschlange gelegt, welche vom umgebenden Wasser mehr oder weniger hoch umspült wurde. Angesichts der lebhaften Wärmeabgabe der vom Wasser unmittelbar berührten Rohrheizflächen dürfte auf diesem Wege eine sehr wirksame Regelung des Verdampfens zu erzielen sein.

In Gewächshäusern verwendet man regelmässig geheizte, offene Verdampfungschalen, die auf die Heizrohre gesetzt oder mit ihnen zusammengegossen sind und nach Bedarf mit Wasser gefüllt werden.

Auch durch feuchte Flächen hat man die Verdunstung vermittelt. *Wolpert* benutzt die Haarröhrchenkraft dochtartiger Gewebe, die einerseits in Wasser tauchen, andererseits ihre Flächen der zu feuchtenden Luft darbieten<sup>133)</sup>. Die Flächen werden durch Staub sehr bald beschmutzt und dadurch hässlich.

Gefässe mit porösen Wandungen können in gleicher Absicht verwendet werden und gewähren gleichzeitig eine gewisse Regelbarkeit. Fig. 72 stellt eine Wandöffnung dar, aus welcher die frische Zuluft in das Zimmer tritt. In sie ist eine Vase aus porösem Ton gestellt, welche verschieden hoch mit Wasser gefüllt wird, je nachdem man eine grössere oder geringere Verdunstungsfläche wünscht. Auch diese Wandungen werden durch Staub beschmutzt; sie können jedoch bequem gereinigt werden.

Eine grosse Leistung darf man jedoch von diesen Verdunstungsflächen nicht erwarten, indem es unmöglich sein dürfte, ihnen die hierfür erforderliche Ausdehnung zu geben.

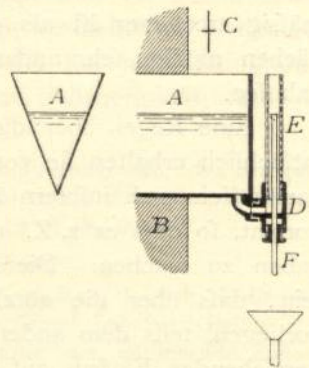
Als fernere Art der Luftbefeuchtungsvorrichtungen sind diejenigen zu nennen, welche das Wasser fein zerteilt in die Luft spritzen lassen. Man verwendet zu diesem Ende Brausen, welche feststehen oder mit ihrem Rohre, nach Art des *Segner'schen* Rades, sich drehen.

Das Zerstäuben des Wassers gelingt nicht so leicht, als man anzunehmen pflegt. Die gewöhnliche Brause arbeitet sehr unvollkommen und wird sehr bald von den unvermeidlichen Unreinigkeiten des Wassers verstopft. Man hat aus grösseren (höchstens 2 mm weiten) Oeffnungen das Wasser gegen die mässig abgerundete Kante eines Keiles, besser noch gegen eine ebene Fläche geringer Abmessung geführt, um das Zerstäuben eines solchen stärkeren Wasserstrahles zu bewirken.

Sicherer gelingt das Zerstäuben des Wassers mittels der Streudüse von *Gebrüder Körting* in Hannover.

Fig. 73 gibt einen lotrechten Schnitt der Düse. In die eigentliche Düse ist ein Stift mit dünnwandigem Gewinde geklemmt. Beim Durchströmen der Gewindegänge nimmt das Wasser

Fig. 71.



Luftanfeuchtungschale von Hermann Fischer.

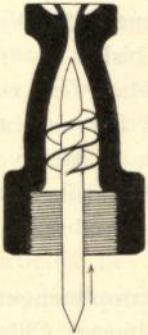
Fig. 72.



<sup>133)</sup> Siehe: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. 2. Aufl. Braunschweig 1880. S. 973.

eine so rasche kreisende Bewegung an, dafs es als Staub die Düse verläfst. Unmittelbar an der Düfenmündung bilden sich Tropfen, welche in einer die Düfenmündung einschließenden Rille gefammelt und durch ein feitlich angebrachtes Loch abgeführt werden<sup>134)</sup>.

Fig. 73.



Streudüse von  
Gebrüder Körting  
in Hannover.

Von dem so zerstäubten Wasser nimmt die Luft selten mehr als 4 bis 5 Hundertteile auf. Man steigert die Aufnahme, d. h. man zerstäubt das Wasser vollständiger dadurch, dafs man Prefs-luft in einer Düse in rasch kreisende Bewegung versetzt und zum Hinausschleudern des Wassers benutzt. Die fast vollständigste Zerstäubung wird durch Ueberhitzen des Wassers erreicht<sup>135)</sup>. Gebrüder Körting in Hannover haben dieses Verfahren für Spinn- und Webfäse sehr vorteilhaft ausgebildet. Für Wohnräume, Versammlungs-fäle und dergl. dürfte es, des auftretenden Geräufches halber, sich weniger eignen.

Die Regelung dieser Zerstäubungseinrichtungen findet im wesentlichen durch Ein-, bzw. Ausschalten statt.

Erfolgt die Luftanfeuchtung mittels Wasser, so mufs in der Regel die Luft die zu feinem Verdampfen erforderliche Wärme (etwa 0,6 Wärmeeinheiten für 1 g Wasser) liefern. Dies wird vielfach übersehen. Benutzt man Dampf zum Anfeuchten, so fällt natürlich die angedeutete Schwierigkeit hinweg; jedoch entsteht eine andere, indem nämlich frei ausströmender Dampf selbst mäfsiger Spannung ein lebhaftes Geräusch verursacht. Man mildert dieses Geräusch durch allmähliches Entspannen des Dampfes, indem man z. B. das gelochte Dampfrohr vielfach mit Drahtgewebe umwickelt oder in ein Kiesbett legt.

Behufs Regels dieses Anfeuchtungsverfahrens mufs man — da durch Drosseln des Dampfes Geräusch entstehen würde — mehrere Rohre anwenden, welche nach Bedarf abzufperren sind.

Leichter regelbar ist das folgende Luftanfeuchtungsverfahren. Man feuchtet die Luft bei entsprechend niedriger Temperatur bis zur völligen Sättigung an, oder doch nahezu bis dahin, und erwärmt sie hierauf bis zur gewünschten Temperatur.

Beispielsweise betrage diese Temperatur 20 Grad; die Luft soll bis zu 50 Vomhundert der Sättigung gefeuchtet sein; dann hat sie in 1 kg 7,05 g Wasserdampf zu enthalten. Nach der Tabelle auf S. 154 enthält gesättigte Luft von 9 Grad diese Dampfmenge, sonach mufs die Sättigung der Luft bei dieser Temperatur erfolgen, wenn sie bei 20 Grad zur Hälfte der Sättigung mit Wasserdampf gefchwängert sein soll, und zwar ohne weiteren Zuflufs von Dampf. Würde dagegen für je 40 kg zugeführter frischer Luft die Dampfentwicklung eines erwachsenen Menschen berücksichtigt werden müssen, so würde nach Formel 59

$$\eta_0 = \eta_1 - \frac{w}{g}, \dots \dots \dots 60.$$

also

$$\eta_0 = 0,007 - \frac{0,1}{40} = 0,007 - 0,0025 = 0,0045$$

fein. Daher müfste jedes Kilogramm der zugeführten Zuluft 4,5 g Wasserdampf enthalten, oder sie müfste im gesättigten Zustande (vergl. die Tabelle auf S. 154) + 3 Grad warm sein.

Das in Rede stehende Verfahren ist offenbar nur dann anzuwenden, wenn die Luft zweimal erwärmt wird: nämlich einmal bis zu der Temperatur, bei welcher die Sättigung der Luft stattfinden soll, und hierauf bis zu der Temperatur, welche

<sup>134)</sup> Siehe auch: Die Wolpert'sche Verdunstungs-Glocke. Deutsche Bauz. 1881, S. 393.

<sup>135)</sup> L. SCONFIELTI. D. R.-P. Nr. 151 261.

man der Luft überhaupt geben will. Nach Umständen würde eine vorherige Kühlung erforderlich sein.

### 2) Mittel zum Trocknen der Luft.

197.  
Verwendung  
von  
Chlorcalcium  
u. f. w.

Fast alle, welche über Lüftung schreiben oder sprechen, betonen die Notwendigkeit einer künstlichen Luftanfeuchtung; von niemand habe ich bisher — so weit die Lüftung solcher Räume in Frage kommt, in welchen Menschen sich aufhalten — das viel wichtigere: das künstliche Trocknen der Luft hervorheben hören. Da Ausführungen, welche bezwecken, die zuzuführende oder in den von Menschen benutzten Räumen vorhandene Luft zu trocknen (gewerbliche Betriebe ausgenommen), nicht bekannt sind, so will ich mich an diesem Orte auf Andeutungen betreffs der hierfür verfügbaren Mittel beschränken.

Schwefelsäure verschluckt je nach ihrer Reinheit verschiedene Dampfmengen; jedes Kilogramm frischgebrannten Kalkes  $\frac{1}{3}$  kg Dampf; 1 kg kristallisiertes Chlorcalcium nimmt bis 1 kg, schaumiges oder kalziniertes Chlorcalcium das Doppelte und geschmolzenes Chlorcalcium das Dreifache des Anfangsgewichtes an Wasser auf.

Die Schwefelsäure dürfte, weil sie der Luft beigemischte Staubteile pflanzlichen oder tierischen Ursprunges zersetzt und dadurch Geruch verurfacht, für die vorliegenden Zwecke kaum in Frage kommen. Am meisten empfiehlt sich augenscheinlich das Chlorcalcium, und zwar das kristallisierte, indem die bei 129 Grad eingedampfte Lösung auf den mit ihr getränkten Geweben rasch kristallisiert, so dass diese Gewebe dem Trocknen zu dienen vermögen. Das Chlorcalcium wird durch die aufgenommene Feuchtigkeit flüchtig und tropft ab.

Bisher fehlt jede Angabe hinsichtlich der Zeit, innerhalb welcher bestimmte Oberflächen der hier angezogenen Mittel bestimmte Luftmengen in bestimmtem Grade zu trocknen vermögen.

198.  
Kühlen  
der Luft.

Ein anderes Mittel besteht im künstlichen Kühlen der Luft. Durch dieses wird ein Teil des Wasserdampfes ausgeschieden, so dass nach dem folgenden Erwärmen der gewünschte Grad der Feuchtigkeit erreicht wird. Das Berechnungsverfahren für den erforderlichen Grad der Abkühlung ist bereits auf S. 163 angegeben; die Mittel zum Abkühlen werden weiter unten (Kap. 13) besprochen.

### 3) Entstauben der Luft.

199.  
Staubgehalt  
der Luft.

Die Umgebung der Schöpfstellen für frische Luft verurfacht nicht selten größeren Staubgehalt der letzteren; aber auch die bestgelegene Schöpfstelle führt erhebliche Mengen Staub in das zu lüftende Gebäude, weshalb an feine künstliche Ausscheidung gedacht werden muss<sup>136)</sup>.

Daher ist schon lange dem Entstauben der Luft größere Aufmerksamkeit geschenkt worden, da der Staub nicht allein lästig ist, sondern auch, als Träger irgendwelcher Ansteckungsstoffe, sehr gefährlich sein kann.

Man kann nun täglich beobachten, dass selbst bei geschlossenen Fenstern in ungelüfteten Räumen erhebliche Staubmengen sich ablagern; wieviel mehr muss

<sup>136)</sup> Die Zuluft, welche den Räumen der Hochschule in Hannover geliefert wird, entnimmt man dem wegen seines schönen Baumbestandes, seines geringen Verkehrs und deshalb seiner staubfreien Luft geschätzten Welfengarten. Sie wird zweimal gefiltert und lässt hierbei auf den Filtern so erhebliche Staubmengen zurück, dass nach 14tägigem Betriebe kräftige — eine Betriebskraft von etwa 30 Pferdestärken beanspruchende — Flügelgebläse nicht mehr im Stande waren, die Luft in genügender Menge durch die Filter zu drücken, ein Ergebnis, welches das oben Gefagte vollständig bestätigt.

dies geschehen, wenn man künstlich viel Luft durch die Räume führt, in welchen sie, wegen verhältnismässiger Ruhe, einen mehr oder weniger grossen Teil des mitgebrachten Staubes zurücklässt.

Allerdings wird man niemals grössere Luftmengen völlig entstauben können; selbst dichte Kleider vermögen den Staub nicht ganz vom menschlichen Körper fernzuhalten, und auf hohem Meere hat man die Luft mit Staub behaftet gefunden. Aber die verfügbaren Mittel gestatten eine solche Reinigung der Luft, dass sie als im wesentlichen staubfrei bezeichnet werden kann.

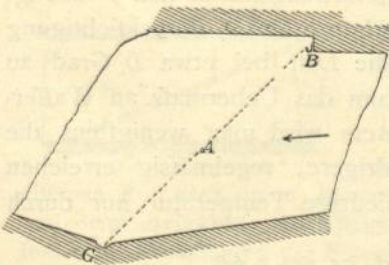
Das einfachste und den geringsten Kraftaufwand beanspruchende Verfahren der Staubabscheidung besteht in der Anordnung geräumiger Luftkammern, welche auch aus anderen Gründen zweckmässig sind. Zur Verhinderung nachträglichen Aufwirbelns des niedergefallenen Staubes durch Windstöße versieht man den Boden der Kammern mit lotrechten oder auch geneigten Wänden, die, behufs Entfernens des niedergefallenen Staubes, wegnehmbar eingerichtet werden. Trotz zweckmässigen Anordnens solcher Staubablagerungsräume gelingt jedoch nur die Abscheidung der gröberen und schwereren Staubteile, während die Staubteile pflanzlichen und tierischen Ursprunges, sowie der so unangenehme Rufs, ihrer grösseren Leichtigkeit wegen, fast vollständig in der Luft zurückbleiben.

Die verhältnismässig geringe Wirksamkeit der gewöhnlichen Staubablagerungskammern ist dem Umfande zuzuschreiben, dass jedes Staubteilchen mit einer verhältnismässig grossen Lufthülle umgeben ist<sup>137)</sup>, wodurch das Einheitsgewicht jedes Staubteilchens, einschliesslich feiner Hülle, dem Einheitsgewichte der Luft, in welcher es sich bewegt, sich nähert. Da ausserdem die Einwirkung der Luftströmungen auf das Staubteilchen (welche mit dem Quadrat der Dicke zunimmt) gegenüber seinem Gewichte (welches mit dem Kubus der Dicke wächst) umfomehr sich geltend macht, je kleiner das Staubteilchen ist, so genügen sehr geringe Luftbewegungen zum Schwebendhalten feinen Staubes.

Sobald aber die umgebende Luft feucht ist, wird die Lufthülle des Staubteilchens durch Dampf, welcher sich teilweise zu Wasser verdichtet, verdrängt; die gegeneinander flossenden Staubteilchen prallen nicht mehr zurück, sondern haften aneinander und werden dann weniger am Niederfinken gehindert. Feuchte Luft enthält deshalb unter gleichen Umständen viel weniger Staub als trockene. Dies mag manchen — unbewusst — zum Verehrer der feuchten Luft gemacht haben; dies rechtfertigt auch in vielen Fällen die im vorhergehenden erörterte künstliche Luftanfeuchtung.

Für den hier vorliegenden Zweck treten noch die folgenden Luftanfeuchtungsmittel den unter 2,  $\delta$  bereits angeführten hinzu.

Fig. 74.



Genetzte, abgelagerte Staubteile werden durch abfliessendes Wasser sofort beseitigt. Man hat deshalb an geeigneter Stelle des Luftkanals einen künstlichen Regen- oder einen sog. Wasserfleier hervorgebracht und für entsprechenden Wasserabfluss geforgt. Das Verfahren erfordert viel Wasser und wirkt doch nicht immer befriedigend.

Zweckmässiger erscheint das Netzen der Filtergewebe. Man legt über das Filter A (Fig. 74)

200.  
Staub-  
ablagerungs-  
kammern.

201.  
Wasserfleier.

202.  
Nasse Filter.

<sup>137)</sup> Siehe: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 600, 604.

eine Rinne *B*, deren über dem Filter befindlicher Rand genau wagrecht ist, um das in *B* geleitete Wasser in genau gleicher Schichtdicke darüber fließen zu lassen. Das Wasser durchtränkt das Filter *A*, bläht feine Fäden auf und netzt den mit der Luft ankommenden Staub, der, mit dem Wasser eine schwarzbraune Brühe bildend, mittels der Rinne *C* abgeleitet wird. Als Uebelstände dieser Anordnung sind mir von mehreren Besitzern solcher nasser Filter das rasche Faulen der Filter und die Unbequemlichkeit genannt, daß bei kaltem Wetter das Wasser gefriert.

203.  
Luftwäscher.

Gelegentlich der 1878er Pariser Weltausstellung lernte ich eine von *H. Lacy* in Todmorden<sup>188)</sup> hergestellte Luftanfeuchtungseinrichtung kennen (vergl. Art. 194 bis 196, S. 160 bis 163), die im vorliegenden Sinne verwendet werden kann.

Fig. 75 stellt das Wesentliche ihrer Einrichtung dar. Der Kasten *ABCD*, in welchen die zu behandelnde Luft mittels des Rohres *E* eingeführt wird, während das Rohr *F* sie weiterleitet, ist durch eine durchbrochene, wagrechte Platte *G* in zwei übereinanderliegende Abteilungen zerlegt. Das Rohr *H* führt Wasser in eine die Platte *G* ringsum begrenzende Rinne, und von dieser fließt es in dicker Schicht über die Platte, durch die Oeffnungen der letzteren nach unten fallend. Ein Rohr *J* führt das Wasser ab. Die von *E* heranströmende Luft trifft zunächst den unter *G* sich bildenden Regen, dringt alsdann durch die Oeffnungen der Platte *G*, sowie durch die über dieser liegende Wasserschicht und gelangt in gewaschenem Zustande in *F* an. Wenn die über *G* liegende Wasserschicht 5 cm beträgt — wie angegeben wird — und die Luftgeschwindigkeit keine zu große ist, so dürfte das Netzen sämtlichen Staubes gelingen. Das Gefrieren des Wassers kann hier durch vorheriges Anwärmen verhindert werden.

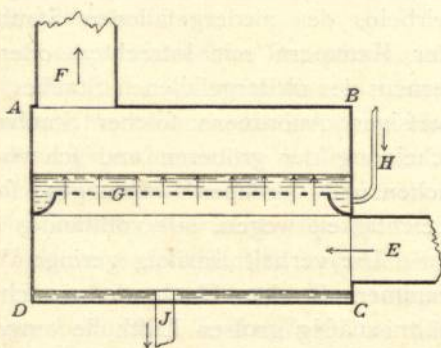


Fig. 75.

*Vogt* in Berlin hat 1879 in einer der dortigen städtischen Schulen eine ähnliche Anordnung in Anwendung gebracht<sup>189)</sup>.

Hier wird die frische Luft mittels zweier durchlöcherter Rohre, die in einem Kessel liegend, mit Wasser reichlich bedeckt sind, durch Wasser gedrückt. Der Kessel ist eingemauert und mit Feuerung versehen, so daß man seinen Inhalt nach Bedarf erwärmen, also das Gefrieren des Wassers verhindern kann.

Die genannten Luftwäscher sind in dieser ihrer Eigenschaft gewiß die besten z. Z. bekannten Staubabsonderer; sie sind aber nicht von Mängeln frei, welche ihre Anwendung in sehr vielen Fällen unmöglich machen.

Zunächst ist in dieser Beziehung zu bedenken, daß die Luft während des Waschens sich mit Wasserdampf nahezu sättigt. Soll sie trotzdem bei mittlerer Zimmertemperatur (+ 20 Grad) nur bis zur Hälfte ihrer Sättigung mit Dampf geschwängert sein, so darf sie während des Waschens (vergl. die Tabelle auf S. 154) höchstens die Temperatur + 9 Grad besitzen, abgesehen davon, daß, wie früher erörtert wurde, sowohl die Menschen, als auch die Beleuchtungsmittel den Feuchtigkeitszustand der Luft in den gelüfteten Räumen erhöhen. Unter Berücksichtigung des letzteren Umstandes dürfte es erwünscht sein, die Luft bei etwa 0 Grad zu waschen oder nachträglich auf 0 Grad abzukühlen, um das Uebermaß an Wasserdampf auszufcheiden. Während eines Teiles des Winters wird man wenigstens die Temperatur von 9 Grad, vielleicht eine noch niedrigere, regelmäßig erreichen können; während des Sommers dürfte eine solche niedrige Temperatur nur durch

<sup>188)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 331, S. 393.

<sup>189)</sup> Siehe: Gesundh.-Ing. 1880, S. 64 — ferner: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 606.

Eiskühlung oder vorherige Verdichtung, darauf folgende Kühlung und schließliche Ausdehnung der Luft zu erreichen sein.

Aehnliche Uebelstände werden durch nasse Filter herbeigeführt und auch in geringerem Grade durch die eigentlichen Befeuchtungseinrichtungen, wenn sie, in Hinsicht auf das Entstauben der Luft, zu weitergehender Anfeuchtung, als dem eigentlichen Bedürfnis entspricht, benutzt werden.

Als zweiter Nachteil der »Wascher« genannten Einrichtungen ist deren erheblicher Widerstand, den sie dem Hindurchströmen der Luft entgegensetzen, zu nennen.

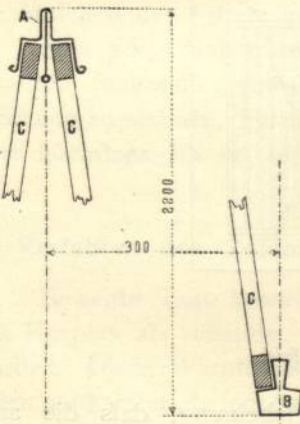
Dieser dürfte selten unter 30 mm Wasserfäule oder 30 kg auf 1 qm betragen. Nur Gebläse sind im stande, neben den sonstigen Widerständen — die selten zusammengenommen mehr als 10 kg betragen — den entstehenden Gesamtwiderstand zu überwinden.



Die Anwendbarkeit der Wascher dürfte sich daher auf wenige Fälle beschränken.

Aus lose gesponnenem Garn gewebte Filter erfreuen sich größeren Beifalles. Ihre Wirksamkeit ist umso größer, je kleiner ihre Oeffnungen sind; ihr Widerstand gegen das Hindurchströmen wächst aber in erheblichem Masse mit der Kleinheit der genannten Oeffnungen, so daß man sehr bald die Grenze für die zulässige Dichtigkeit des Gewebes erreicht. Die Filter verlangen eine sehr große Fläche, teils wegen des anderenfalls eintretenden großen Widerstandes, teils um zu verhüten, daß die Staubteilchen gewaltsam durch sie hindurchgedrückt werden.

Fig. 77.



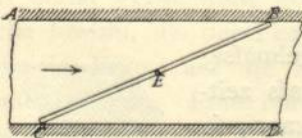
Man gewinnt große Flächen, indem man z. B. das betreffende Gewebe in Zickzackform über Stäbe legt, wie in Fig. 76 angedeutet ist, oder indem man das ebene Filter geneigt gegen die Achse des außerdem an dieser Stelle erweiterten Kanals anordnet.

Fig. 77 zeigt eine Ausführungsweise des zickzackförmigen Filters, welche das Reinigen der Filter leicht macht.

A und B sind aus verzinktem Eisenblech angefertigte Ständer. In ihre Falze sind die hölzernen Filterrahmen C gefetzt, welche zunächst mit weitmaschigem Drahtgewebe und dann mit ziemlich dichtem Baumwoll- oder Wollgewebe überzogen sind. Man beschafft zwei Sätze der Filter, um die schmutzig gewordenen in kürzester Zeit durch gereinigte ersetzen zu können.

Fig. 78 ist ein lotrechter Schnitt eines geneigt im Kanal angebrachten Filters. AB und CD bezeichnen die obere und die untere Kanalwand, CB den mit Gewebe bezogenen Filterrahmen. Der letztere kann um zwei in der Höhe E liegende Zapfen gekippt werden, um das Hindurchschlüpfen des den Kanal und das Filter reinigenden Menschen zu gestatten; CE ist länger als EB, weshalb das Filter selbsttätig in seine richtige Lage zurückfällt, sobald es nicht mehr in der gekippten Lage festgehalten wird.

Fig. 78.



Möller faltet die Filterflächen viel schärfer, als Fig. 76 angibt, oder reiht keilförmige, leicht auszuwechselnde Beutel aneinander.

Fig. 79 ist ein lotrechter Schnitt, Fig. 80 ein wagrechter Schnitt eines Möller'schen Filters. Die unreine Luft sinkt durch einen eisernen Roß nach unten, bewegt sich nach links, ein Drahtgitter durchfließend (welches Mäufe und dergl. zurückhält), und steigt dann zwischen den einzelnen Falten empör. Nach Angabe sollen die Abmessungen der Filterrahmen betragen:

für eine Filterfläche von	5	10	20	30	40	50	60	70	80 qm
Länge und Breite des Filterrahmens	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,1 m.

In anderer Anordnung findet man das Filter in der untenverzeichneten Quelle<sup>140)</sup> beschrieben.

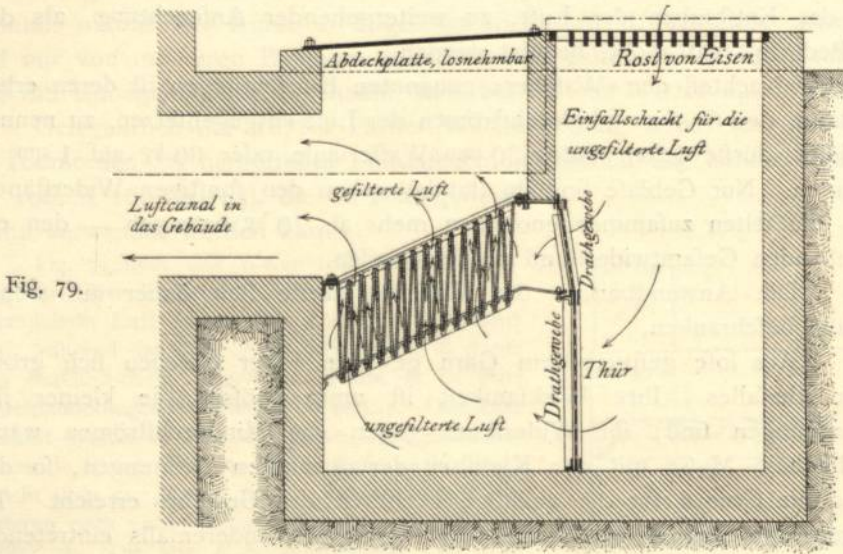


Fig. 79.

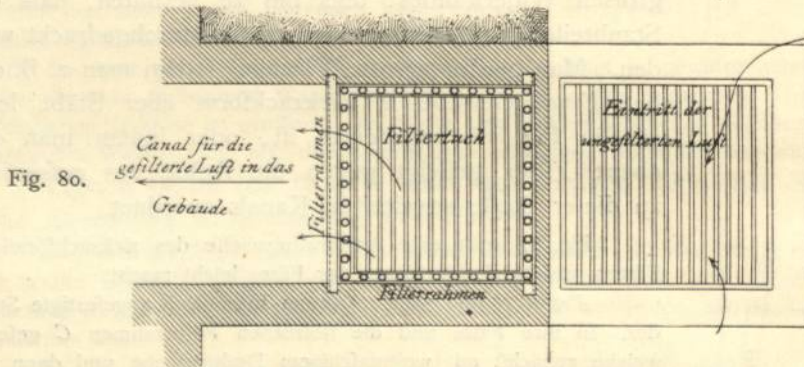


Fig. 80.

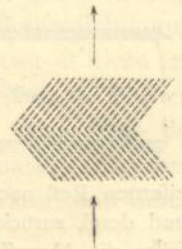
Filter von Möller in Brackwede bei Bielefeld.

Eine Gruppe von Filtern benutzt die bekannte Erscheinung, daß die an Flächen entlangreichende Luft an diesen Flächen Staub ablagert.

Es werden z. B. aus Wolle lose gewebte Bänder nach Fig. 81 so nebeneinander ange-spannt, daß ihr Querschnitt eine gebrochene Linie bildet. Sobald die Bänder beschmutzt sind, werden sie gewaschen. Um die Mühe des Reinigens zu sparen, verwendet man zwischen zwei Drahtgewebe gelegte Holzwolle, welche, nachdem sie einige Zeit gedient hat, verbrannt wird. Auch Baumwolle wird in gleicher Weise zwischen zwei Drahtgewebe gelegt.

Die Luftfilter gewerblicher Anlagen<sup>141)</sup>, welche regelmäfsig aus Geweben bestehen, werden häufig so eingerichtet, daß zeitweise staubfreie Luft in umgekehrter Richtung strömen kann, so

Fig. 81.



<sup>140)</sup> Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 567.

<sup>141)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 566 — sowie die Quellenangaben über Staubfilter daselbst.



dafs sie die Staubteilchen abwirft. Man läfst die Reinigung der Filter selbsttätig und schrittweise vornehmen, so dafs der Betrieb nicht unterbrochen zu werden braucht. Steht eine Betriebskraft zu Verfügung, so dürften ähnliche Einrichtungen auch für die gewöhnlichen Lüftungszwecke sich empfehlen.

Ueber die erforderliche Gröfse der Filter liegt das folgende vor.

Nach Versuchen von *Rietschel*<sup>142)</sup> wächst der Widerstand  $w$  (in Millim. Wasserfäule), den die Luft im Filter findet, etwa im geraden Verhältnis zur Luftmenge  $Q$  (in Kilogr.) welche stündlich 1 qm Fläche durchfließt, so dafs

$$w = \alpha Q \dots \dots \dots 61.$$

gesetzt werden kann;  $\alpha$  schwankt zwischen den Grenzen 0,006 und 0,050, und zwar gilt der kleinere Wert für lose leinwandbindige Gewebe, z. B. Nessel, der gröfsere für dichten, zweibindigen Körper, welcher auf einer Seite geraut und schon in einigem Grade verstaubt ist. Filtertücher, welche noch dichter sind als das zuletzt angezogene, bringen einen gröfseren Widerstand hervor.

Auf die zu erzielende Reinheit ist nun — aufser der Natur des Filters — die Geschwindigkeit, mit welcher das Filter durchströmt wird, von grossem Einflufs. Einerseits entwickelt sich unter sonst gleichen Umständen die Staubablagerung umso rascher, je mehr Luft in der Zeiteinheit zur Bearbeitung gelangt; hierdurch wird das Filter dichter, die erzielte Reinheit vollkommener<sup>143)</sup>; die Durchlässigkeit nimmt natürlich erheblich ab, und der zum Hindurchtreiben der Luftmenge erforderliche Druck wird gesteigert, was zur Folge hat, dafs die Staubteilchen, welche bei geringerem Druck vom Filter zurückgehalten wurden, gewaltfam durch die Maschen des Filters getrieben werden.

Man pflegt daher für leichte, bzw. offene Filter, die bestimmt sind, nur die gröfsten Staubteile zurückzuhalten, höchstens 250 kg auf 1 qm Filterfläche und 1 Stunde zu rechnen, für dichtere Filter (gerauten Körper, dünne Wattenlagen u. s. w.) aber höchstens 100 kg, oft aber herab bis zu 20 kg anzunehmen.

#### d) Verfahren des Zuführens frischer und des Abführens verunreinigter Luft.

Bewegte Luft bewirkt einen lebhafteren Wärmeaustausch an der Oberfläche des Körpers als ruhende, aus Gründen, welche in Art. 153 (S. 124) näher erörtert wurden. Dieser Wärmeaustausch ist besonders fühlbar an den unbedeckten Körperteilen und unter diesen an denjenigen Teilen, welche zeitweise bedeckt sind. Das dem erwähnten Wärmeaustausch entsprechende Gefühl wird gemeinlich »Zug« genannt. Man denkt vielleicht, dafs das Auftossen der Luftteilchen dieses Gefühl erzeuge, irrt sich aber hierin, da hierdurch an sich keine unangenehme Empfindung entsteht.

Da die Entwärmung des Körpers teils durch Abgabe der Wärme an die Luft, teils durch Verdunstung erfolgt, so spielt die Verdunstungsfähigkeit der Körperoberfläche sowohl, als der Feuchtigkeitsgrad der sie treffenden Luft eine nicht geringe Rolle in Bezug auf die Entschiedenheit der Empfindung, welche wir »Zug« zu nennen pflegen. Eine durch Schweifs oder auf andere Weise genetzte Hautfläche oder ein mit nassen Kleidern bedeckter Körperteil empfindet die durch Luftbewe-

205.  
Gröfse  
der Filter.

206.  
Zug.

<sup>142)</sup> Siehe: *Gefundh.-Ing.* 1889, S. 105.

<sup>143)</sup> Siehe: *KARMARSCHE, K. Handbuch der mechanischen Technologie.* 6. Aufl. von H. FISCHER. Bd. I. Leipzig 1888. S. 524.

gung entstehende Kühlung in weit unangenehmerer Weise als eine trockene Haut oder ein in trockenen Kleidungsstücken steckender Körperteil. Ebenso bewirkt trockene Luft eine stärkere Kühlung als Luft mit höherem Feuchtigkeitsgehalt; tritt aber trockene Luft mit genetzten Hautteilen in Berührung, und zwar unter lebhafter Bewegung, so daß die Wasserdämpfe nicht allein durch Ergießung, sondern auch durch Spülung von der betreffenden Hautfläche entfernt werden, ist endlich die Luft verhältnismäßig kühl; so findet eine so erhebliche einseitige Abkühlung statt, daß auch weniger empfindliche Menschen den Zug als unerträglich bezeichnen. Die Empfindlichkeit der Hautoberfläche ist eine sehr verschiedene bei einer und derselben Person, mehr noch bei verschiedenen Personen; daher ist nicht allgemein die Grenze festzustellen, bis zu welcher die besprochene einseitige Kühlung stattfinden darf, ohne zu belästigen. Die Frage des »Zuges« ist sonach eine der dunkelsten auf dem Gebiete der Lüftung. Sie wird erst geklärt werden können, wenn geeignete Versuchspersonen in verschiedenartigster Weise dem »Zuge« ausgesetzt worden sind und die Ergebnisse der hierbei gemachten Beobachtungen in Zahlen vorliegen.

207.  
Zulässige  
Luft-  
bewegung.

Man vermag jedoch auf Grund der bisher vorliegenden Kenntnis der der Zugwirkung zu Grunde liegenden Vorgänge einige allgemeine Gesichtspunkte aufzustellen.

Zunächst kann die Frage insofern vereinfacht werden, als benetzte Hautoberflächen und nasse Kleider nicht beachtet zu werden brauchen, indem sie innerhalb geschlossener Räume selten vorkommen und daher, wenn sie vorkommen, besonderer Schutz angewendet werden kann.

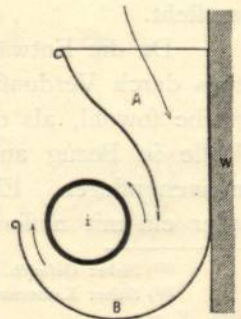
Dann ist zu beachten, daß von unbedeckten Körperoberflächen nur der Kopf und Hals, allenfalls auch die Schultern zu berücksichtigen sind, weil die Hände im allgemeinen genügend an Temperaturwechsel gewöhnt sind. Besonders ist daher Sorge zu tragen, daß das oberste Fünftel des menschlichen Körpers der Einwirkung stark bewegter kalter und trockener Luft nicht ausgesetzt werde.

Die bekleideten Körperteile lassen den Zug empfinden, wenn die Geschwindigkeit der Luft groß genug ist, um größere Luftmengen durch die Poren der Kleider zu treiben. Die Temperatur der Luft macht sich hierbei geltend, sobald sie niedrig ist; der Feuchtigkeitsgrad ist von geringem Einfluß. Je dichter die Kleidungsstücke sind, umso weniger vermag man den Zug zu merken, wenngleich die betreffende Empfindung selbst bei ledernen Kleidungsstücken sich geltend macht, sofern Luftgeschwindigkeit und -Temperatur entsprechende sind, insbesondere auch Verdunstung stattfindet.

Der Zug ist auch in Räumen zu empfinden, welche ohne Lüftungseinrichtungen sind.

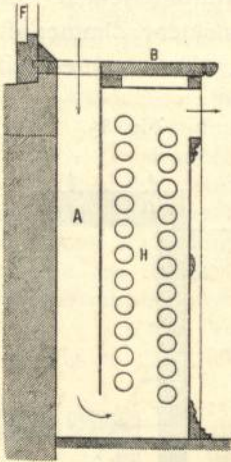
Man öffne (im Winter) die Tür zwischen einem gut geheizten und einem kalten Zimmer und stelle oder setze sich einige Zeit vor die Türöffnung, so wird man sehr bald, je nach der Empfindlichkeit mehr oder weniger, von den Luftströmen berührt werden, welche zwischen den Zimmern einen Temperaturengleich anstreben. Man begeben sich (namentlich bei großer Kälte) in eine geheizte Kirche, und zwar in unmittelbare Nähe der Fenster, so wird man sich von einem kalten Luftstrom übergossen fühlen. Auch die Wände anderer hoher Räume, welche nur selten geheizt werden, so daß sie durch das Heizen nicht nennenswert erwärmt werden, bringen derartige kalte Luftströme hervor.

Fig. 82.



Solche Luftströmungen veranlassen das Anbringen besonderer Vorrichtungen, welche die Geschwindigkeit der Luft zu brechen bestimmt sind. Zweckmäßiger ist, die kalten Luftströme so gegen Heizflächen zu führen, daß sie in kaltem Zustande nicht auf Menschen treffen können. Fig. 82 ist der Schnitt einer derartigen Einrichtung.

Fig. 83.



$W$  bezeichnet die hohe Wand (z. B. eine freiliegende Bühnenwand); an ihr ist ein Schirm  $AB$  angebracht, welcher die nach unten strömende kalte Luft gegen das Heizrohr  $i$  lenkt.

Fig. 83 stellt eine Anordnung dar, welche bestimmt ist, den von einem hohen Fenster  $F$  abfallenden kalten Luftstrom gegen die Heizflächen  $H$  zu führen.  $B$  bezeichnet die Fensterbank und  $A$  einen zum Hinabführen der Luft dienenden flachen Schacht.

Die Ströme der an Decken und hohen Wänden abgekühlten Luft lassen sich auch dadurch von den Menschen fernhalten, daß man in den höhergelegenen Schichten eine höhere Temperatur unterhält als in den tieferen. Nicht selten ist dieses Mittel allein für das Vermeiden belästigenden Zuges ausreichend<sup>144</sup>). Ist ein hoher Raum, z. B. der Zuschauerraum eines Theaters oder eine Kirche, in verschiedenen Höhen mit dem Treppenhause verbunden, so können stark belästigende Luftströmungen durch ungleiche Erwärmung dieses Raumes gegenüber dem Treppenhause hervorgerufen werden. Windfänge sind nur unvollkommene Mittel gegen diese Zugersehnungen.

Letztere sind wirksam bloß zu bekämpfen durch Unterhalten etwa gleicher Temperaturen in gleicher Höhe.

Bis zur Erlangung genauer Kenntnis der zulässigen Luftströmung wird man sich mit der allgemeinen Regel begnügen müssen: Je weiter die Temperatur der bewegten Luft unter derjenigen des Blutes ist, umso geringer muß die Luftgeschwindigkeit sein. An mir selbst gemachten Beobachtungen zufolge ist eine Luftgeschwindigkeit von 0,40 m zulässig, solange die Temperatur der bewegten Luft von derjenigen des Zimmers nur wenig abweicht; ich bemerke jedoch hierzu sofort, daß ich selbst unter Männern empfindlichere Naturen gefunden habe.

### 1) Zufällige Lüftung.

Die zufällige Lüftung wird auch spontane Lüftung geheissen, bisweilen auch mit dem wenig zutreffenden und auch noch für andere Lüftungsverfahren gebräuchlichen Namen »natürliche« Lüftung bezeichnet.

Die Stoffe<sup>145</sup>), aus denen unsere Gebäude hergestellt werden, sind meistens mit kleinen Hohlräumen durchzogen, welche teilweise so im Zusammenhange stehen, daß sie fortlaufende, an den Außenflächen mündende, allerdings unregelmäßig gestaltete, enge Kanäle bilden. Diese Kanäle vermögen, soweit sie quer durch die Wände hindurchgehen, einen Luftaustausch zu vermitteln, indem die Luft durch sie hindurchfließt, wenn eine bewegendende Kraft vorhanden ist. Ebenso sind die Undichtheiten der Fenster, Türen u. f. w. zur Beförderung des Luftwechsels geeignet.

<sup>144</sup>) Vergl.: Fortschritte auf dem Gebiete der Architektur. Nr. 5: Heizung und Lüftung großer Versammlungsräume. Darmstadt 1894 — ferner: Beheizung hoher Räume. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1895, S. 517.

<sup>145</sup>) Vergl. Teil I, Bd. 1, erste Hälfte dieses »Handbuchs«: Die Technik der wichtigeren Baustoffe.

209.  
Spannungs-  
unterschied.

Die immer erforderliche Kraft kann bestehen in dem Bestreben, die Spannung auszugleichen, sobald das Mischungsverhältnis der Luft an der einen Seite der Wand ein anderes ist als an der entgegengesetzten Seite. Bevor jedoch eine Verschiedenheit der Luft im Inneren eines Zimmers gegenüber der freien Luft so erheblich wird, daß durch sie eine nennenswerte Wirkung hervorgebracht zu werden vermag, ist die Luft nicht mehr zu atmen.

210.  
Temperatur-  
unterschied.

Besser wirkt die bewegende Kraft, welche vom Temperaturunterschied der freien und der eingeschlossenen Luft herrührt. Die wärmere, leichtere Zimmerluft wird durch die kältere, schwerere Außenluft aufwärts getrieben. Der untere Teil der Wand läßt die kalte, frische Luft eintreten, während die Poren des Wandoberteiles der wärmeren Luft des Zimmers den Austritt gewähren.

Die wirksamen Kräfte, die Auftriebe, stehen in geradem Verhältnis zu den lotrechten Abständen  $h$  (Fig. 84) der Poren; man kann sie, und damit auch die ein- und ausströmenden Luftmengen demnach in der Weise darstellen, wie in Fig. 84 geschehen ist. Bei gleichförmiger Wand ist der Durchfluß in halber Höhe, bei  $m$ , gleich Null. Kann die warme Luft auch durch die Decke abströmen (Fig. 85), so rückt der Punkt  $m$  weiter nach oben.

Fig. 84.

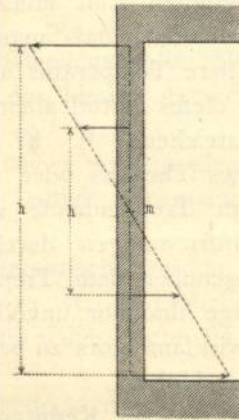
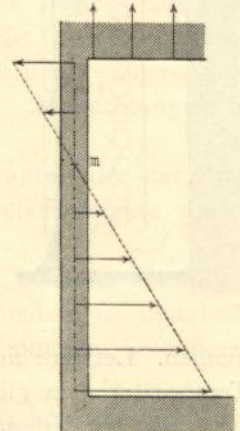


Fig. 85.



Größere Temperaturunterschiede können in dieser Weise recht günstig wirken; mit der Abnahme des Temperaturunterschiedes schwindet jedoch auch die bewegende Kraft, also auch der Luftwechsel.

211.  
Wind.

Am entschiedensten wirkt der Wind. Starker Wind kann 50 kg und mehr Druck auf 1 qm Wandfläche ausüben, so daß in den erwähnten Kanälchen eine lebhaftere Strömung entsteht, trotz der vielen Bewegungshindernisse, welche die Wandungen der Kanälchen bieten. Das Einströmen der Luft bringt einen Ueberdruck im Zimmer gegenüber einem angrenzenden, von der Windrichtung abliegenden Raume hervor, so daß die Kanälchen der Scheidewand ebenfalls benutzt werden, und zwar zum Abströmen eines Teiles der im ersten Zimmer befindlichen Luft. Dadurch wird zwar der Ueberdruck in zwei Teile zerlegt; trotzdem ist der Luftwechsel, solange die Windgeschwindigkeit groß ist, beträchtlich, wenn sonst die Umstände günstig sind.

Zu der Wirksamkeit dieses Luftwechsels ist nun zunächst erforderlich, daß überhaupt lebhafter Wind weht; ferner, daß die Außenwand des zu lüftenden Zimmers vom Winde getroffen wird; endlich, daß die Kanälchen in der erforderlichen Zahl und Größe vorhanden sind.

Zunächst darf ich hier einschalten, daß in seltenen Fällen diese drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind, so daß die Lüftung nur hin und wieder stattfindet; ferner, daß jedes Mittel fehlt, die Lüftungsmenge zu regeln, welche sonach, unbekümmert um den Bedarf, sich lediglich nach der veränderlichen Stärke und Richtung des Windes richtet. Die durch Wind hervorgebrachte Lüftung hat somit

einen geringen Wert; sie kann fogar eine sonst vorhandene künstliche Lüftung in erheblichem Mafse beeinträchtigen und macht — wenn man ihr nicht genügend Rechnung getragen hat — oft fogar die Heizung von Räumen unmöglich.

Aus letzterem Grunde mufs ich hier noch einige Worte über die Luftdurchlässigkeit der Wände anfügen. Ueber die Durchlässigkeit einer Zahl von Baustoffen liegen Versuchsergebnisse vor<sup>146)</sup>, welche indessen nicht derart sind, dafs Rechnungen auf sie gestützt werden könnten, indem die Durchlässigkeit der einzelnen Stoffe zu verschiedenartig ist.

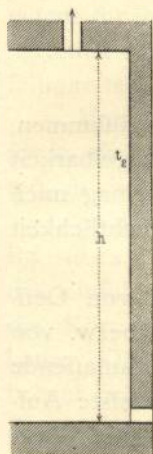
Jedoch läfst sich aus den Versuchsergebnissen ersehen, dafs die Durchlässigkeit im geraden Verhältnis zur Wanddicke abnimmt, und dafs die Durchlässigkeit der einzelnen Stoffe etwa folgende Reihe<sup>147)</sup> bildet, wobei die durchlässigsten zuerst angeführt sind:

Kalktuffstein, künstlicher Stein aus zerkleinerten Schlacken und Mörtel, Fichtenholz in der Längenrichtung, Kalkmörtel, Beton, Backstein, Portlandzement, unglasierter Klinker, Grünwandstein, gegoffener Gips, Eichenholz; glasierter Klinker ist undurchlässig.

Von den gebräuchlichen Bekleidungsmitteln hindert Kalkanstrich den Luftdurchgang am wenigsten; Oelfarbeanstrich sperrt die Luftwege zunächst nahezu ganz ab, wird aber mit zunehmendem Alter etwas durchlässig; Wasserglasanstrich soll bei einigem Alter undurchlässig sein. Tapeten hindern das Durchströmen wesentlich durch den Kleister, welcher sie festhält. Sog. Isolierungen (Asphaltanstriche, Asphaltpapier, Metallblätter u. f. w.) hindern natürlich die Luft erheblich an ihrem

Austritt, bezw. verschließen ihr jeden Weg. Durchlässigste Stoffe sind gleichfalls mehr oder weniger undurchlässig.

Fig. 86.



Wenn hierdurch noch mehr Gründe gegen ein Vertrauen auf zufällige Lüftung geschaffen sind, so gibt diese Zusammenstellung vor allen Dingen Winke betreffs der Mittel, welche die störenden Einwirkungen der zufälligen Lüftung unschädlich machen. — Die zufällige Lüftung ist sonach ausnahmslos unzuverlässig.

Sie ist aber in manchen Fällen von ernster Bedeutung für die Zugercheinungen, insbesondere bei hohen Räumen<sup>148)</sup>.

Wenn ein Raum von  $h$  Meter Höhe (Fig. 86) nur an seinem tiefsten Punkte mit dem Freien verbunden ist, so herrscht (siehe Art. 227, S. 185) an der Decke der Ueberdruck:

$$p = 0,004 (t_2 - t_1) h.$$

Sobald man nun auch in Höhe der Decke eine Oeffnung freilegt, so wird infolge dieses Ueberdruckes oben Luft abströmen und unten solche einströmen. Diejenigen Baustoffe, welche für die zufällige Lüftung günstig sind, bieten solche Oeffnungen sowohl unten wie oben, gestatten also unten den Eintritt unerwärmter Luft, welche den im Raum befind-

212.  
Zufällige  
Lüftung.

<sup>146)</sup> Die Porosität der Mauern und ihre Bedeutung für die Ventilation. *Baugwks.-Ztg.* 1870, S. 254.

MÄRCKER. Untersuchungen über natürliche und künstliche Ventilation, vorzüglich in Stallgebäuden, sowie über die Porosität einiger Baumaterialien. Göttingen 1871.

SCHÜRMAN. Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege. 1874.

LANG, C. Ueber die Porosität einiger Baumaterialien. *Zeitschr. f. Biologie* 1875, S. 313.

HAUSSOULLIER, CH. *De la perméabilité des sols et des murs considérée au point de vue de l'hygiène et de la ventilation.* *Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 92, 100.

SCHULZE & MÄRCKER. Ueber den Kohlen säuregehalt der Stall-Luft und den Luftwechsel in Stallungen. *Landwirthschaftl. Jahrbücher* 1876.

LANG, C. Ueber natürliche Ventilation und Porosität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

BALTES & FINKLER. Ueber die Behinderung der Mauerventilation durch Oelanstrich des Haufes. *Deutsche milit.-ärztl. Zeitschr.* 1877, S. 51.

OERTMANN. Ueber die Grösse der Mauerventilation bei Oelanstrich des Haufes. *Deutsche milit.-ärztl. Zeitschr.* 1877, S. 557.

WEISS. Ueber natürliche Ventilation und die Porosität von Baumaterialien. *Civiling.* 1878, S. 205.

*The permeability of walls as affecting ventilation.* *Builder*, Bd. 44, S. 66.

<sup>147)</sup> Vergl. auch die Angaben über die Porositätsgrade der Bausteine in Teil I, Bd. 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«.

<sup>148)</sup> Siehe: FISCHER, H. Die Beheizung hoher Räume. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1895, S. 517.

lichen Menschen sehr lästig werden kann. Wird aber eine unmittelbar über dem Fußboden befindliche Tür geöffnet, so tritt die kalte Luft mit ziemlicher Lebhaftigkeit ein.

Es sei  $h = 10$  m,  $t_2 = + 20$  Grad und  $t_1 = - 20$  Grad. Alsdann erhält man für  $p = 0,004 (20 + 20) 10 = 1,6$  kg für 1 qmm. Wird dieser Auftrieb als zur Hälfte für die Tür, zur anderen Hälfte für die oberen Oeffnungen verwendet angenommen, so ergibt sich für den Eintritt eine sekundliche Luftgeschwindigkeit von 5 m. Aber selbst wenn in den oberen Oeffnungen ein viel größerer Teil des Auftriebes verbraucht wird, so bleibt die Geschwindigkeit der eintretenden Luft noch sehr groß.

Man verwendet zur Vermeidung des Zuges an den Türen doppelte Türen, sog. »Windfänge«, erreicht hiermit aber nur dann etwas, wenn die beiden Türen nie gleichzeitig offen sind; man legt in die Nähe der Türen Heizkörper, welche die eintretende Luft erwärmen sollen, erreicht indes damit nicht den Zweck, schafft aber andere Unannehmlichkeiten. Die einzige Möglichkeit, diesem durch Auftrieb entstehenden Zuge wirksam entgegenzutreten, besteht darin, daß man durch irgend ein Mittel so viel Luft in den Raum treibt, als oben abfließt, und zwar mit solcher Kraft, daß in der Nähe der Tür innen und außen gleiche Drücke herrschen. Ich habe diese Tatsache — meines Wissens zuerst — 1894 gelegentlich des Wettbewerbes um die Heizungsanlage des Berliner Domes festgestellt.

## 2) Künstliche Lüftung.

213.  
Künstliche  
Lüftung.

Unter diesem Namen fasse ich alle diejenigen Lüftungsverfahren zusammen, bei welchen wenigstens eine gewisse, von Zufälligkeiten unabhängige Regelbarkeit möglich ist. Man nennt sie auch wohl absichtliche Lüftungen; ich vermag mich jedoch dieser Benennungsweise nicht anzuschließen, da eine gewisse Absichtlichkeit auch der zufälligen Lüftung unterzuliegen pflegt.

214.  
Freilegen  
von  
Luftöffnungen.

Die einfachste Art des künstlichen Lüftens besteht im Freilegen von Oeffnungen, durch welche Luft des Freien in den zu lüftenden Raum ein-, bzw. von diesem in das Freie auszufrömen vermag. Als die Luftbewegung veranlassende Kräfte sind wieder der Wind und der durch Temperaturunterschied veranlasste Auftrieb zu nennen. Fehlt sowohl das eine als auch das andere, so hört die Wirksamkeit der Lüftung auf; ist die eine oder die andere der Kräfte vorhanden, oder treten beide gleichzeitig auf, so dienen die »künstlichen« Einrichtungen zum Abschwächen der Wirkung, bzw. zum Unterbrechen der Lüftung.

215.  
Benutzung  
der  
Fenster.

Sehr häufig fehlt zu diesem Zwecke jede besondere Einrichtung; man öffnet alsdann nach Bedarf die Fenster des betreffenden Raumes. Solche Fenster, welche nicht in gewöhnlicher Weise mit Flügeln versehen sind, rüstet man mit sog. Luftscheiben aus, d. h. mit kleinen Flügeln, welche meistens nur die Größe einer Fensterscheibe haben. Diese Regelung des Luftwechsels ist eine rohe, indem man meistens die Fensterflügel entweder vollständig öffnen oder schließen muß; auch ist dieses Lüftungsverfahren bei Regenwetter meistens deshalb unbenutzbar, weil durch die Fensteröffnungen der Regen einzufallen vermag.

Man verhütet diese Uebelstände, indem man den oberen Teil des Fensters um eine in seiner Mitte liegende wagrechte Achse drehbar anordnet und eine feststellbare Zugstange mit ihm so in Verbindung bringt, daß man dem Fensterteile sehr verschiedene Lagen geben kann. Solange das Fenster genügend weit hinter die Außenfläche des Gebäudes zurückspringt, ist die obere der beiden, durch Drehen

des Fensterteiles entstehenden Oeffnungen gegen das Eindringen der Regentropfen geschützt, während die untere Oeffnung von der nach ausßen gekehrten Hälfte des Fensterteiles überragt wird. Auch dreht man ähnliche Fensterteile um Achsen, die an dem einen oder anderen der wagrechten Ränder sich befinden u. f. w. (Vergl. auch das in Teil III, Band 3, Heft 1 dieses »Handbuches« über »Konstruktion der Fenster« Gefagte.)

Derfelbe Gedanke hat die fog. Jalousien entstehen lassen, welche aus zahlreichen schmalen, um wagrechte Achsen drehbaren und feststellbaren, aus Holz, Blech oder Glas angefertigten Platten bestehen, die sich nach Art sonstiger Jalousieanordnungen übereinander legen, sobald ihre Oeffnungen geschlossen sind. Die gläsernen Jalousien sind wegen ihres guten Aussehens am beliebtesten und nehmen meistens den Raum einer Fensterscheibe ein.

Aufser derartigen Glasjalousien sind noch anderweitige Vorkehrungen in den Fenstern oder in unmittelbarer Verbindung mit diesen angewendet worden. Betreffs der Bauart solcher Anordnungen, die naturgemäfs nur eine geringe Wirkfamkeit entfalten können, sei auf die untenstehenden Quellen verwiesen<sup>149)</sup>.

In höherem Mafse verdienen diejenigen Lüftungseinrichtungen den Namen »künstliche«, welche mit besonders gestalteten Luftzu- und Luftabfuhrwegen, sowie eigens für ihren Zweck eingerichteten Mündungen dieser Wege im zu lüftenden Raume versehen sind, so dafs sie mehr als die vorhin besprochenen Einrichtungen von Zufälligkeiten unabhängig machen.

Von besonderer Bedeutung ist zunächst die Art der Luft-Ein- und -Abfuhrung, sowie die Lage und Gestalt der Mündungen<sup>150)</sup>. Der Uebersichtlichkeit halber mögen die verschiedenen Aufgaben der Lüftungsanlagen einzeln behandelt werden.

a) Die einzuführende Zuluft soll wärmer sein als die Luft des Raumes. In diesem Falle ist die Lösung der Aufgabe eine leichte. Man wird die Einführungsöffnungen so hoch legen, dafs die hereinströmende Luft nicht gegen die Körper der in dem betreffenden Raume sich aufhaltenden Personen stofsen kann. Die warme Luft steigt, ihres geringeren Gewichtes halber, nach oben, verbreitet sich unter der Decke und sinkt von dort in dem Mafse nieder, wie unten die Zimmerluft abgeführt wird und fernere warme Luft zuströmt. Die wagrechten Strömungen der eingeführten Luft finden sonach in dem Raume über den Köpfen der Menschen statt, können also nicht stören. Von dort ab sinkt die Luft, den ganzen Raum ausfüllend, langsam zu Boden. Mehr Aufmerksamkeit erheischt die Lage und Anordnung der Abströmungs- oder Abluftöffnungen. Dafs sie möglichst nahe über dem Fußboden liegen müssen, ist selbstverständlich, indem sie die kälteste, also die auf dem Fußboden liegende Luft abführen sollen. Es mufs aber auch dafür geforgt werden, dafs die am Boden liegende Luft zu den Abluftöffnungen ge-

216.  
Besondere  
Luft-  
öffnungen.

217.  
Einführen  
wärmer  
Luft.

149) KNOBLAUCH, E. Construction gläserner Jalousie-Fenster. ROMBERG'S Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1858, S. 111.

Jalousie-Fenster aus Glas. Zeitschr. f. Bauw. 1866, S. 403.

Glas-Jalousien. Deutsche Bauz. 1868, S. 270.

SANDER'S Ventilationseinrichtung für Zimmer. Polyt. Centralbl. 1871, S. 70. Polyt. Journ., Bd. 199, S. 248.

FLAVITSKY, J. Notice sur un procédé de chauffage et de ventilation par les doubles fenêtres. Paris 1876.

Glas-Jalousien als Ventilationsfenster. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 13.

FRIESE, F. M. Ventilationsfenster von A. P. DE RIGEL. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1866, S. 114.

BELLEROCHE. Sur un système de chauffage et de ventilation à l'aide de doubles fenêtres. Annales du génie civil 1876, S. 460.

Window ventilation. Building news, Bd. 32, S. 103.

Neue Glas-Jalousie. Deutsche Bauz. 1880, S. 188.

150) Vergl. auch: Heizung, Lüftung und Beleuchtung der Theater- und Versammlungssäle. Comptes-rendus et memoires des 8. internationalen Kongresses für Hygiene und Demographie von 1894. Bd. IV, S. 594. Budapest 1896.

langen kann, ohne die Menschen zu belästigen. Hier schon würde die Beantwortung der Frage von hohem Wert sein, welche Luftgeschwindigkeit angewendet werden darf, ohne das Gefühl des Zuges an den Füßen und Beinen der Menschen hervorzurufen. Solange es sich um eine geringere Menschenzahl, also um eine kleine Lüftungsmenge handelt, so genügt eine Oeffnung, welche in einiger Entfernung von der zunächst befindlichen Person angebracht wird, und eine derartige Anordnung der etwaigen Tische und Bänke, dafs von allen Stellen des Fußbodens die kältere Luft der Abluftöffnung zuzufließen vermag. Bei starkem Luftwechsel müssen dagegen die Abluftöffnungen verteilt werden, um eine zu grofse Geschwindigkeit in der Nähe der Personen zu verhüten.

218.  
Einführen  
kalter Luft  
von  
unten.

β) Die einzuführende Luft soll kälter sein als die Luft des zu lüftenden Raumes. Die Zuluft ist in diesem Falle schwerer als die Abluft. Demnach erscheint es zunächst richtig, die erstere unten einzuführen, die letztere aber in der Nähe der Decke abzuleiten, indem alsdann die Luftteile ihrer Temperatur entsprechend in den Gesamtstrom selbsttätig sich einreihen.

Viele Lüftungsanlagen, welche (außer ihrem eigentlichen Zweck) auch die Aufgabe haben, die betreffenden Räume zu kühlen, sind dementsprechend eingerichtet. Jedoch verbietet sich in den meisten Fällen die Einführung der frischen Zuluft von den Wandflächen aus, indem die nötige Luftgeschwindigkeit in Verbindung mit der niedrigen Temperatur sehr leicht eine unangenehme Zugempfindung hervorruft. Man hat für gröfsere Räume den Fußboden aus durchbrochenen Eisenplatten gebildet und diese mit doppelten Teppichen bedeckt<sup>151)</sup>, so dafs die Luft in unzählige, sehr dünne Strahlen zerlegt in das Zimmer gelangte, der aufwärts gerichtete Strom in diesem deshalb von vornherein den ganzen Querschnitt des Raumes, abzüglich des von Menschen und Möbeln beanspruchten, ausfüllte und damit die Geschwindigkeit der Luft auf das denkbar geringste Mafs beschränkt wurde. Dieses Zuführungsverfahren wurde zunächst von *Reid* im Hause des englischen Parlaments ausgeführt und hat ferner in Theatern des Festlandes vielfache Anwendung erfahren. Es hat sich jedoch nicht allgemein einzuführen vermocht, da trotz der genannten, weitgehenden Zerlegung des Luftstromes die Zugempfindung an Füfsen und Beinen sich in unangenehmer Weise geltend macht und außerdem das Aufwirbeln des Staubes unvermeidlich ist.

Wenigstens von der Staubbelästigung frei ist die zunächst von *Böhm* im Opernhaus zu Wien ausgeführte Anordnung der Luftzutritts- oder Zuluftöffnungen. Sie sind unter das feste Gestühl gelegt, so dafs kühle Luft, sofern der Zuschauer ordnungsmäfsig sitzt, fast gar nicht belästigt. Ich mufs aber, auf Grund eigener Erfahrung, bemerken, dafs die Zugempfindung an den Füfsen eine recht lebhafte wird, sobald man aus Bequemlichkeitsgründen diese unter den eigenen Sitz zieht oder unter den Sessel des Vormannes schiebt.

Die unter dem Menschen zugeführte kühlere Luft erwärmt sich an ihm und steigt an ihm, gemäfs der durch die allmähliche Erwärmung stattfindenden Verdünnung, empor. Sie sucht sich ohne Beihilfe den Weg am Menschen empor und weiter zur oben befindlichen Abluftöffnung. Man hat daher die Luftbewegung von unten nach oben die »natürliche« genannt. Allein sie bedingt, dafs der betreffende Körper sich den ganzen Temperaturunterschied der Luft gefallen läfst<sup>152)</sup>, also

<sup>151)</sup> Vergl.: Fortschritte auf dem Gebiete der Architektur. Nr. 5: Heizung und Lüftung grofser Versammlungsräume. Von H. FISCHER. Darmstadt 1894. S. 18.

<sup>152)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 805.



einen beträchtlichen Luftwechsel, um diesen Temperaturunterschied erträglich zu machen, wodurch wieder die Vermeidung des Zuggeföhles erschwert wird.

Soll die von den Menschen entwickelte Wärme von der Luft aufgenommen und fortgeführt werden, so find hierfür entweder grose Luftmengen nötig, oder die frische Luft mus wesentlich kühler sein als die Abluft. Gefetzt, der erwachsene Mann liefere stündlich 100 Wärmeinheiten; die stündlich zugeführte Luftmenge betrage  $\varrho$  (in Kilogr.) und erfahre eine Erwärmung um  $\Delta$  Grad; alsdann ist:

$$\varrho \Delta = 100,$$

und man gewinnt für:

$\varrho = 30$	40	50	60	70	80 Kilogr.
$\Delta = 13,3$	10,4	8,3	7	6	5,2 Grad;

also, wenn die Lufttemperatur 23 Grad nicht überschreiten soll, die Eintrittstemperatur der Zuluft

$$t = 9,9 \quad 12,6 \quad 14,7 \quad 16 \quad 17 \quad 17,8 \text{ Grad}$$

betragen mus. Man hat also entweder mit sehr niedrigen Zulufttemperaturen oder grosen Luftmengen zu tun.

Der Einführung kälterer Luft in den oberen Teil des zu lüftenden Raumes und der Luftabfuhr durch den, bezw. nahe über dem Fußboden stehen erhebliche Bedenken entgegen: die kalte Luft sinkt, ungeschickt zugeführt, in Gestalt eines mehr oder weniger geschlossenen Stromes nieder und belästigt die Personen, welche er trifft, auf die unangenehmste Weise; die an den menschlichen Körpern erwärmte Luft strebt empor und veranlaßt Nebenströmungen, die sich anscheinend jeder Verfolgung entziehen.

Was nun zunächst diese Nebenströmungen anbelangt, so vermitteln sie zweifellos die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers an die umgebende Luft. In einem ungelüfteten Raume sind sie es allein, denen es zu danken ist, daß die Temperatur in nächster Nähe des Menschen von derjenigen in einiger Entfernung nicht erheblich abweicht. Diese Nebenströmungen sind daher als Vorzug der Luftbewegung von oben nach unten anzusehen, indem sie den Unterschied der Temperaturen der frischen und der Abluft den menschlichen Körper weniger fühlen lassen. Um sie in diesem Sinne nutzbar zu machen, mus man allerdings durch geschickte Anlage, bezw. Bedienung verhüten, daß die oben zugeführte kalte Luft in geschlossenem Strome den unten befindlichen Abluftöffnungen zueilt, ohne inzwischen ihren Zweck erfüllt zu haben. Bei nicht zu großem Temperaturunterschied ist es möglich, die Luftzufuhr von oben nach unten stattfinden zu lassen, ohne hierdurch nennenswerte Unannehmlichkeiten für die Personen, welche in dem Raume sich aufhalten, hervorzurufen. Hierzu ist zunächst ein reichlicher Raum über den Köpfen der Menschen erforderlich, um hier diejenige Zerstreung des Stromes zu bewirken, welche eine möglichst gleichmäßig abwärts gerichtete Geschwindigkeit bedingt. In sehr hohen Räumen vermag man von einer Stelle aus die gesamte Luft einzuführen, indem diese Oeffnung so vergittert wird, daß die Luft in vielen dünnen, auseinandergehenden Strahlen in den Raum gelangt.

Im Festsäle des Trocadéro-Palastes zu Paris findet die Luftführung in dieser Weise statt<sup>153</sup>).

Der im wesentlichen runde Saal, dessen Kuppel an die Sparren des Daches gehängt ist, hat etwa 50 m Durchmesser. In der Mitte der Kuppel befindet sich eine kleinere Kuppel A (Fig. 87) von etwa 15 m Durchmesser, über welche die frische Zuluft geführt wird und durch deren

<sup>153</sup>) Vergl.: *Le palais du Trocadéro*. Paris 1878. — Eisenb., Bd. 8, S. 127. — *Novv. annales de la const.* 1878, S. 78 u. 99. — *Annales industr.* 1879, S. 595. — Rohleger 1878, S. 136. — *Polyt. Journ.*, Bd. 231, S. 387.

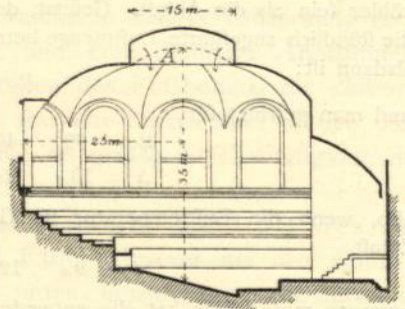
zahlreiche Oeffnungen sie in den Saal gelangt. Damit die kältere Zuluft nicht geraden Weges nach unten fließt, hat man die Abluftöffnungen, von denen gegen 15 000 vorhanden sein dürften, über den ganzen Saal verteilt. Im Parkett ist die Anordnung der Abluftöffnungen so getroffen, wie Fig. 88 u. 89 erkennen lassen. Zwischen den Rücklehnen der Sessel sind aufrechte Rohre *a* angebracht, welche mit den unter dem Fußboden liegenden Sammelrohren in Verbindung stehen. Die Rohre *a* haben zunächst nahe über dem Fußboden vergitterte Oeffnungen *c, c*, außerdem noch je eine ebenfalls vergitterte Oeffnung *b*. Der Saal hat 4665 Plätze und außerdem Raum für 350 Musiker, bezw. Sänger und soll stündlich 200 000 cbm oder etwa 240 000 kg frische Luft zugeführt erhalten. Ich habe einer der großen Musikaufführungen, welche gelegentlich der 1878er Weltausstellung in dem fraglichen Saale stattfanden, beigewohnt und hierbei einen lotrecht unter der Lufteintrittsöffnung befindlichen Platz benutzt; trotz sorgfältiger Beobachtung vermochte ich keine Belästigung durch Zug zu bemerken. Die Entfernung der einzelnen Lufteinströmungsöffnungen von den Köpfen der Menschen ist hier 30 m und mehr, so daß, außer der Zerlegung des Luftstromes, durch Nebenströmungen ein Anwärmen, bew. ein Binden der freigewordenen Wärme stattfinden dürfte, bevor die Zuluft mit den Köpfen der Zuhörer in Berührung kommt.

Eine ähnliche Anordnung, die, was Annehmlichkeit für die Besucher anbelangt, sich ebenso bewährt hat, findet sich im großen Hörsaal des *Conservatoire des arts et métiers* zu Paris. Hier sind 12 Einströmungsöffnungen an der Decke verteilt, während zahlreiche Abluftöffnungen unter den Sitzen und an anderen geeigneten Orten des Raumes angebracht sind.

Man kann eine ähnliche Wirkung hervorbringen, indem man die kalte Luft durch nach der Decke gerichtete Rohre einführt<sup>154</sup>).

Häufiger befinden sich die Zuluftöffnungen in den Wänden. Sie werden dann möglichst hoch gelegt und gut verteilt. In dem früheren Reichstags-Sitzungssaale zu

Fig. 87.



Festsaal  
des Trocadéro-Palastes in Paris.

1/1200 w. Gr.

Fig. 88.

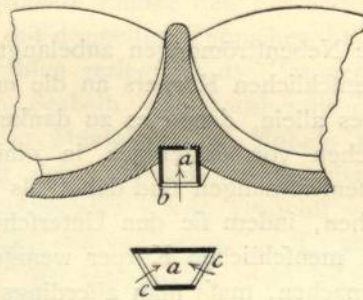


Fig. 89.

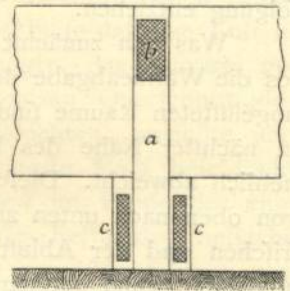


Fig. 90.

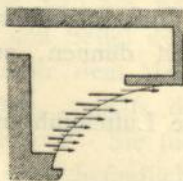


Fig. 91.

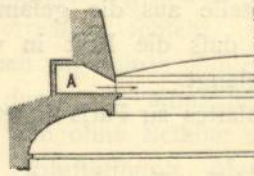
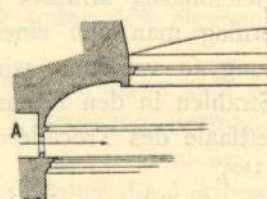


Fig. 92.



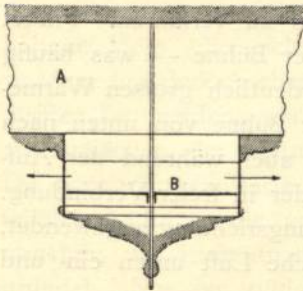
Berlin befinden sich zahlreiche Oeffnungen in den beiden Längswänden, 11 m über dem Fußboden.

Im neuen Reichstags-Sitzungssaale zu Berlin sind die Zuluftöffnungen (nach

<sup>154</sup>) Siehe das in Fußnote 151 (S. 176) genannte Ergänzungsheft, S. 22.

Fig. 90) in den Vouten ausgebildet<sup>155)</sup>; rings um das Deckenlicht läuft ein Luftkanal, welcher mit den vergitterten Oeffnungen in freier Verbindung steht. Die Gitterstäbe sind plattenförmig, um die Luft zu lenken.

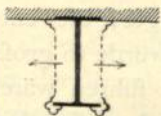
Fig. 93.



Bei der durch Fig. 91 dargestellten Anordnung liegt der ringförmige Luftkanal über dem Deckengefims, während in Fig. 92 (Bürgerchaftsaal in Hamburg<sup>156)</sup> der Verteilungskanal *A* tiefer liegt.

Für manche Fälle ist die durch Fig. 93 dargestellte Anordnung<sup>157)</sup> zweckmässig; sie ist unter anderem im Gebäude der Museums-gesellschaft zu Bremen angewendet. Der Zuluftkanal *A* liegt über der Decke. An eine kreisrunde Bodenöffnung schliesst sich ein trommelförmiges Ausströmungsgitter. Eine Platte *B* ist an einer in der Mitte des Gitters feststehenden Stange lotrecht verschiebbar, um die Grösse der Ausströmungsöffnung regeln zu können.

Fig. 94.

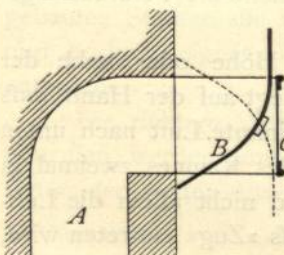


Hiermit ist die Anordnung, welche Fig. 94 darstellt, verwandt. Unter der Decke liegt, z. B. als Verkleidung eines eisernen Balkens, ein Luftkanal mit seitlichen Durchbrechungen, durch welche die Luft austritt.

Für kleinere Verhältnisse soll sich der durch Fig. 95 in lotrechtem Schnitt versinnlichte Luftlenker bewährt haben<sup>158)</sup>.

Vor der Mündung des Zuluftkanals *A* ist das Leitblech *B* so angebracht, dass es um eine wagrechte Achse sich drehen und in verschiedenen Lagen sich feststellen lässt. In der ausgezogen gezeichneten Lage lenkt das Blech die Luft nach oben, in der punktiert gezeichneten nach unten und in einer zwischen beiden befindlichen Lage theils nach oben, theils nach unten. Man wählt nun eine im gegebenen Falle am wenigsten belästigende Lage. Der Blechkörper *C* dient im wesentlichen als Zierat.

Fig. 95.



Luftlenker.

Die Abluftöffnungen wird man, soweit irgend möglich, über den Grundriss des in Frage kommenden Raumes verteilen, um eine möglichst gleichförmige, also für jeden Ort tunlichst geringe Luftgeschwindigkeit zu erhalten. Bei festen Plätzen der Insassen ist dies immer zu erreichen. In Hörsälen, Sitzungsräumen, Theatern, Krankenhäusern (bei letzteren unter den Betten) sind un schwer

geeignete Plätze für die Abluftöffnungen zu finden. In Tanzsälen und dergl. wird man sich mit seitlich liegenden Abluftöffnungen begnügen müssen; bei Wohnräumen kann man daselbe Verfahren anwenden, theils weil sie nicht sehr groß, theils weil die darin sich aufhaltenden Menschen nur gering an Zahl sind.

Es ist hier immer die Rede von der Abführung der Luft am Fußboden gewesen. Gleichzeitig wurde erwähnt, dass man für eine geeignete Verteilung der Abluftöffnungen zu sorgen habe. Hieraus kann man ohne weiteres schliessen, dass z. B. die Logen und Galerien der Theater, die Tribünen der Versammlungssäle u. f. w. in der Nähe ihrer Fußböden eigene Abzugsöffnungen haben müssen; ich halte es für notwendig, hierauf besonders aufmerksam zu machen.

<sup>155)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. d. Ing. 1884, S. 717, 733, 760, 782, 805.

<sup>156)</sup> Zeitfchr. d. Ver. d. Ing. 1894, S. 241.

<sup>157)</sup> Siehe: MORIN, A. *Études sur la ventilation*. Paris 1862. Bd. 2, S. 143.

<sup>158)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 611.

220.  
Winter-  
und  
Sommerlüftung.

Das Ergebnis der vorliegenden Erörterung ist sonach, daß regelmäßig die Eintrittsöffnungen oben, die Austrittsöffnungen in Fußbodenhöhe sich befinden müssen. Es ist dies umso angenehmer, als eine und dieselbe Anordnung sowohl für den Winter als auch für den Sommer gebraucht werden kann.

Dies schließt nicht aus, in besonderen Fällen anders zu verfahren. Findet z. B. in Theatern die Beleuchtung der Versatzstücke auf der Bühne — was häufig der Fall ist — mittels Gas statt, so dürfte man, der außerordentlich großen Wärmeentwicklung halber, regelmäßig die Luftbewegung auf der Bühne von unten nach oben stattfinden lassen. Bühne und Zuschauerraum stehen aber während der Ausführung durch eine sehr große und hohe Öffnung miteinander in freier Verbindung. Daraus folgt ohne weiteres, daß in beiden die gleiche Bewegungsrichtung angewendet, also im vorliegenden Falle auch im Zuschauerraum die frische Luft unten ein- und oben abgeführt werden muß.

Auch eine kräftige Gas-, Erdöl- oder Kerzenbeleuchtung kann dazu zwingen, von der Regel abzuweichen. Wird die von der Beleuchtung entwickelte gesamte Wärme (vergl. Art. 151, S. 122) an die umgebende Luft abgegeben, so ist es unmöglich, die letztere, am Menschen vorüber, den am oder im Fußboden befindlichen Abluftöffnungen zuzuführen. Die Luftmenge, welche genügt, die entwickelte Wärmemenge aufzunehmen, ohne sich zu sehr zu erwärmen, würde so groß sein, daß sie nur mit unzulässiger Geschwindigkeit durch den Saal zu führen wäre. Im vorliegenden Falle muß man allgemein die Luft von unten nach oben sich bewegen lassen oder, wenn die Luftzufuhr oben stattfindet, die Abfuhr teils oben stattfinden lassen, teils aber die frische Zuluft nach unten lenken, so daß nur der letztere Teil das Bedürfnis der Menschen befriedigt. Solches ist mittels geschlossener Beleuchtungseinrichtungen (vergl. Art. 65, S. 57) zu erreichen, welche die Verbrennungsgase mit aller Bestimmtheit abzuleiten gestatten.

Man hat auch die Zufuhr kälterer Luft in größerer Höhe oder nahe der Decke und die Luftabfuhr ebendasselbst angewendet<sup>159)</sup>. Es liegt auf der Hand, daß unter diesen Umständen die für die Infaßen des Raumes bestimmte Luft nach unten fallen und dann nach oben steigen, also den Querschnitt des Raumes zweimal in entgegengesetzter Richtung durchströmen muß. Dadurch wird nicht allein die Luftgeschwindigkeit verdoppelt, sondern die Wahrscheinlichkeit, daß »Zug« eintreten wird, noch durch die Regellosigkeit dieser Luftbewegung vermehrt. Die Erfahrung befähigt dies<sup>160)</sup>.

### 3) Entnahmestellen für die frische Zuluft.

221.  
Entnahme  
der Luft.

Die zufällige Lüftung läßt sich die Stellen, von wo aus die frische Zuluft entnommen werden soll, nicht vorschreiben.

Die künstliche Lüftung dagegen gestattet eine Auswahl der Schöpfstellen. Sie sollen sich selbstverständlich da befinden, wo auf möglichste Reinheit der Luft gerechnet werden kann. Wegen der Ausdünstungen der Erdoberfläche und auch, weil der Staub im allgemeinen in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche stärker vertreten

<sup>159)</sup> Siehe: *Gesundh.-Ing.* 1887, S. 224.

<sup>160)</sup> Vergl. über die Lage der Zu- und Abluftöffnungen:

FERRINI, R. *Technologie der Wärme etc.* Deutsch von M. SCHRÖTTER. Jena 1877. S. 415 ff.

HUDELO. *Die Ein- und Austrittsöffnungen der Luft bei Ventilation.* *Revue d'hyg.* 1879.

FISCHER, H. *Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes in Berlin.* *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1884, S. 784.

ist als in einiger Höhe über ihr, entnimmt man die Zuluft gern wenigstens 0,50 bis 1,00 m über der Erdoberfläche. In Rücksicht auf Staub sucht man die Luftschöpforte möglichst von verkehrsreichen Wegen entfernt zu halten oder doch an solche Orte zu legen, die durch Gebüsch und dergl. einigermaßen gegen Staub geschützt sind. Demnach sind Gärten für den vorliegenden Zweck beliebte Orte. Sauber gehaltene Höfe, die nicht von Grundstücken mit rauchenden Schornsteinen begrenzt werden, sind jedoch ebenfalls zweckmäßige Entnahmestellen; in engebauten Städten dürften sie meistens als die besten bezeichnet werden müssen. Ebenso bilden die Außenflächen der Gebäude unter Umständen geeignete Orte zur Luftentnahme. Die vielfach geäußerte Ansicht, daß die Wandflächen, da sie (vermöge der zufälligen Lüftung) die verdorbene Luft der von ihnen umschlossenen Räume ausatmeten, als Luftentnahmestellen nicht zu gebrauchen seien, ist nur wenig begründet. Nur bei ruhiger Luft und wenn die in Rede stehenden Räume wärmer sind als die freie Luft, ist ein solches Ausatmen verdorbener Luft an derjenigen Gebäudefläche möglich, an welcher frische Luft entnommen werden kann. Alsdann bewegt sich aber die ausgestoßene, wärmere Luft sofort nach oben und kann nur wenig schaden.

Vielfach wählt man die über dem Erdboden befindlichen Wandflächen der Kellergeschoße zum Unterbringen der Lufteintrittsöffnungen, wodurch, wenigstens in der Regel, eine weniger reine Luft gewonnen wird als bei Benutzung der höher gelegenen Wandflächen. Jedoch muß man sich mit der Tatsache ausöhnen, wenn andere Entnahmeorte nicht zur Verfügung stehen. Schöpft man doch zuweilen die frische Luft über Dach, also an einem Orte, nach welchem die verdorbene Luft sowohl, als auch der Rauch ausgestoßen wird. Hier, wo der Wind sich frei zu bewegen vermag, wo die Ergießung der Gase nicht gehemmt ist, findet in engebauten Städten die Verdünnung und Erfrischung der Luft fast ausschließlichs statt, und deshalb eignet sich in manchen Fällen dieser Ort am meisten für die Luftentnahme.

Die richtige Wahl der Entnahmestellen kann nur nach örtlichen Verhältnissen getroffen werden und auf Grund der Erwägung, daß man von den verfügbaren Orten den besten auszufuchen hat<sup>161)</sup>.

## 9. Kapitel.

### Bewegung der Flüssigkeiten in Rohrleitungen und Kanälen.

#### a) Widerstände der Bewegung.

Der sog. Reibungswiderstand, hervorgerufen durch das Verschieben der Flüssigkeit längs der Rohr- oder Kanalwände und durch Verschiebungen im Inneren der bewegten Flüssigkeit, wird gemessen durch den Druck  $p$  (in Kilogr.) auf die Flächeneinheit des Rohr- oder Kanalquerschnittes  $q$  (in Quadr.-Met.). Er steht in geradem Verhältnis zum Umfange  $u$  (in Met.) des von der Flüssigkeit erfüllten Querschnittes, zur Länge  $l$  (in Met.) des Rohres und zum Gewicht  $\gamma$  von 1 cbm der Flüssigkeit (in Kilogr.). Die Abhängigkeit von der Stromgeschwindigkeit  $v$  wird von verschie-

222.  
Reibungs-  
widerstand.

<sup>161)</sup> Vergl: FISCHER, H. Ueber die Schöpfstellen für frische Luft. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1884, S. 298.

denen Fachmännern verschieden angegeben. Ich bin der Ansicht, daß die *Prony-Redtenbacher'sche* Beziehung nicht allein genügend zutreffende Werte liefert, sondern auch noch einigermaßen bequem zu benutzen ist, drücke sie aber so aus, daß der zur Ueberwindung des Widerstandes erforderliche Druck  $p$  im geraden Verhältnis zu  $\left(\frac{1}{v} + 20\right) \frac{v^2}{2g}$  wächst.

Bezeichnet man eine durch Erfahrung festzustellende Wertziffer mit  $\kappa$ , so entsteht, unter dem Vorbehalt, daß die Spannung der Flüssigkeit sich nur sehr wenig ändert, d. h. durch die Spannungsänderung eine nennenswerte Aenderung ihres Einheitsgewichtes nicht hervorgerufen wird, die Gleichung für den Reibungswiderstand:

$$pq = \kappa \gamma l u \left(\frac{1}{v} + 20\right) \frac{v^2}{2g},$$

oder

$$p = \kappa \gamma l \frac{u}{q} \left(\frac{1}{v} + 20\right) \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 62.$$

Die Erfahrungszahl  $\kappa$  schwankt zwischen 0,0003 und 0,0010. Für Leuchtgas, Wasser u. s. w., die in guten glattwandigen Rohren sich bewegen, darf man  $\kappa = 0,0003$  bis 0,0004, für Luft, welche in gemauerten Kanälen fließt, je nach dem Zustande der Kanalwände,  $\kappa = 0,0004$  bis 0,0007, für Rauch  $\kappa = 0,0006$  bis 0,0010 setzen. Hierbei muß noch bemerkt werden, daß außer der Glätte der Wandflächen auch die Luftdurchlässigkeit gemauerter Kanalwände die Bewegung der Luft und des Rauches beeinträchtigt. Richtiger würde man diesen Einfluß besonders berechnen; in Ermangelung genügenden Anhaltes für diese Berechnung schliesse ich, dem Gebrauch gemäß, den Einfluß der Luftdurchlässigkeit in die Größe  $\kappa$  für Rauch und Luft ein und bemerke hierzu, daß dieser sich besonders bei freistehenden Schornsteinen, aber auch bei mit dünnen, gemauerten Wänden ausgestatteten Luftleitungskanälen fühlbar macht.

Für große Werte von  $v$  verschwindet der Wert  $\frac{1}{v}$  gegen 20, für sehr kleine Geschwindigkeiten dagegen 20 gegen  $\frac{1}{v}$ , so daß für diese Sonderfälle die Gleichung, welche den Reibungswiderstand ausdrückt, in die einfacheren übergeführt werden kann:

$$p = 20 \kappa \gamma l \frac{u}{q} \frac{v^2}{2g}, \dots \dots \dots 63.$$

oder

$$p = \frac{\kappa}{2g} \gamma l \frac{u}{q} v \dots \dots \dots 64.$$

Der Widerstand, welchen eine scharfe rechtwinkelige Ablenkung der Bewegungsrichtung verursacht, kann ausgedrückt werden durch

$$p = 1,0 \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 65.$$

Richtungsänderungen, welche bewegte Flüssigkeiten in gut gerundeten rechtwinkeligen Kanal- oder Rohrknieen erfahren, verursachen einen geringeren Widerstand, nämlich etwa

$$p = (0,3 \text{ bis } 0,5) \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 66.$$

223.  
Richtungs-  
und  
Querschnitts-  
änderungen.

Querschnittsveränderungen verursachen, abgesehen vom entstehenden, bezw. hervorzubringenden anderen  $v$ , ebenfalls Bewegungshindernisse. Man wird sie möglichst zu vermeiden und in unvermeidlichen Fällen möglichst sanfte Uebergänge zu schaffen suchen. Alsdann können die entstehenden Widerstände vernachlässigt werden. In einigen unvermeidlichen Fällen muß man jedoch auf einen entsprechenden Widerstand Rücksicht nehmen. So bei geöffneten Ventilen, bei welchen der Widerstand

$$p = (0,5 \text{ bis } 1,0) \gamma \frac{v^2}{2g}, \dots \dots \dots 67.$$

bei geöffneten Hähnen, bei welchen er

$$p = (0,1 \text{ bis } 0,3) \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 68.$$

ist, und bei Vergitterungen, die einen Widerstand erzeugen:

$$p = (0,8 \text{ bis } 1,3) \gamma \frac{v^2}{2g}, \dots \dots \dots 69.$$

sofern die Querschnitte keine gröfsere als die Geschwindigkeit  $v$  verlangen.

Bedeutende Querschnittserweiterungen, wie sie z. B. beim Eintritt des Wassers in Heizkörper, beim Eintritt der Luft in die Zimmer u. f. w. eintreten, finden dadurch gebührende Berücksichtigung, dafs man die der Flüssigkeit bisher eigene Geschwindigkeit als verlorengehend betrachtet.

Widerstände, welche Filter verursachen (siehe Art. 205, S. 169), sind besonders zu berücksichtigen.

Endlich ist der Druck in Rechnung zu stellen, welcher die Geschwindigkeit  $v$  überhaupt hervorruft; er ist oft in einer und derselben Leitung wegen bedeutenderer Querschnittserweiterungen mehrere Male in Ansatz zu bringen. Der betreffende Druck hat die Gröfse

$$p = 1,0 \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 70.$$

Bezeichnet man mit  $\xi$  die Faktoren der Gleichungen 65 bis 70, welche, mit  $\gamma$  und  $\frac{v^2}{2g}$  multipliziert, die einzelnen Widerstände  $p$  geben, so ist der Gesamtwiderstand zwischen zwei Punkten der Leitung auszudrücken durch:

$$p_1 - p_2 = \Sigma p = \left[ \kappa l \frac{u}{q} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \gamma \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 71.$$

Man misst die Pressung der eingeschlossenen Flüssigkeit, indem man durch die Wand des Rohres oder des Kanals  $A$  (Fig. 96) ein **U**-förmig gebogenes, an beiden Enden offenes Rohr  $B$  steckt, welches eine genügend schwere Flüssigkeit enthält. Der lotrechte Abstand der beiden Flüssigkeitsspiegel in  $B$  stellt den Druckunterschied dar, welcher zwischen dem Inneren des Rohres  $A$  und seiner Umgebung herrscht. Verwendet man für die Flüssigkeit des **U**-förmigen Rohres  $B$  Wasser, so entspricht 1 mm des Flüssigkeitsspiegel-Abstandes  $z$  genau genug 1 kg Druckunterschied für 1 qm Fläche, da eine Wasserplatte von 1 qm Gröfse und 1 mm Dicke 1 l misst und im Zustande gröfster Dichte 1 kg wiegt. Verwendet man im Rohre  $B$  Quecksilber, so entspricht jedes Millimeter des Flüssigkeitsspiegelabstandes 13,6 kg Druckunterschied für 1 qm.

224-  
Erzeugung  
der  
Geschwindigkeit.

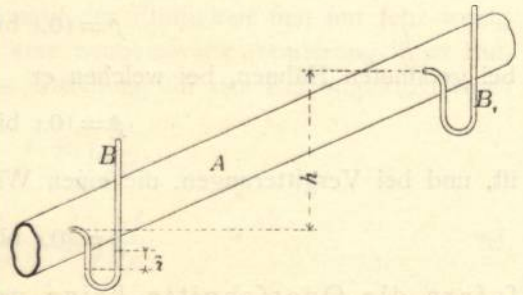
225-  
Gesamtwiderstand.

b) Einfluss der Verschiedenheit der Gewichte geleiteter Flüssigkeiten.

226.  
Einfluss von  
Gewichts-  
verschieden-  
heiten.

Der vorhin genannte Druckunterschied ist in verschiedenen Höhenlagen (abgesehen von den eigentlichen Bewegungshindernissen) verschieden, sobald die Flüssigkeit, welche die Rohrleitung oder den Kanal füllt, schwerer oder leichter ist als die auf den freien Schenkel des Druckmessauftriebs drückende Flüssigkeit, also die freie Luft.

Fig. 96.



Es heiße die Höhe, um welche zwei Druckmesser  $B$  und  $B_1$  (Fig. 96) voneinander entfernt sind,  $h$ , das Gewicht von 1 cbm der in  $A$  geleiteten Flüssigkeit  $\Gamma$ , das Gewicht von 1 cbm der umgebenden Luft  $\gamma$ ; alsdann wirkt, wenn bei  $B_1$  im Inneren des Rohres  $A$  der Druck  $P$  herrscht, auf den mit  $A$  verbundenen Schenkel des Druckmessers  $B$  der Druck  $P + h\Gamma$ , und, wenn der Druck auf den freien Schenkel des Druckmessers  $B_1 = p$  ist, auf den freien Schenkel des Druckmessers  $B$  der Druck  $p + \gamma h$ . Die Abweichung der Druckunterschiede ist sonach

$$[(P + h\Gamma) - (p + h\gamma)] - [P - p] = \mathfrak{B}$$

oder

$$\mathfrak{B} = h[\Gamma - \gamma]. \quad \dots \quad 72.$$

Besteht z. B. die geleitete Flüssigkeit aus Leuchtgas von 0,6 kg Gewicht für 1 cbm, während 1 cbm der umgebenden Luft das Gewicht 1,2 kg habe, so wird für  $h = 1$  m

$$\mathfrak{B} = 1 (0,6 - 1,2) = -0,6 \text{ kg,}$$

d. h. der Druck in der Rohrleitung vermindert sich dem Aufsendrucke gegenüber für jedes Meter geringerer Höhenlage um 0,6 kg.

Man wird deshalb von dem den Bewegungswiderstand darstellenden Druck einen entsprechenden Betrag abziehen, wenn die Bewegung in der Leitung nach oben gerichtet ist, dagegen den Ausdruck für die Bewegungswiderstände um die in Frage kommende Gre vermehren, sobald die leichtere Flüssigkeit nach unten fließt.

227.  
Auftrieb.

Ein gleiches ist natürlich der Fall, wenn zwar eine gleichartige Flüssigkeit, also z. B. Luft, in und außerhalb des Rohres  $A$  (Fig. 96) sich befindet, wenn sie jedoch verschiedene Temperaturen hat.

Behufs Gewinnens einfacher und genügend genauer Ausdrücke habe ich für den Einfluss der Temperaturänderung auf das Einheitsgewicht der Flüssigkeiten die folgenden neuen Formeln aufgestellt<sup>162)</sup>. Es bedeutet  $\gamma$  das Gewicht von 1 cbm,  $t$  die Temperatur der Flüssigkeit; dann ist

$$\text{für Luft: } \gamma = 1,3 - 0,004 t, \quad \dots \quad 73.$$

$$\text{für Rauch: } \gamma = 1,25 - 0,0027 t, \quad \dots \quad 74.$$

$$\text{für Wasser: } \gamma = 1000 - 0,004 t^2. \quad \dots \quad 75.$$

Der genaue Wert für das Gewicht des Wassers ist sehr unbequem<sup>163)</sup>; ältere Annäherungsformeln:

<sup>162)</sup> Siehe: Gefundh.-Ing. 1882, S. 311 (mit vielen Druckfehlern) — ferner: Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 155.

<sup>163)</sup> Siehe: WLLNER, A. Lehrbuch der Experimentalphysik. 4. Aufl. Bd. 3: Die Lehre von der Wärme. Leipzig



$$\text{Péclet: } \gamma = 1008,6 - 0,5 t; \quad \text{Ferrini: } \gamma = \frac{1000}{0,9885 + 0,0005 t};$$

$$\text{Schinz: } \gamma = \frac{1000}{1 + 0,000466 t}$$

liefern teils nur in sehr engen Grenzen brauchbare Werte oder unbequeme Ausdrücke. Mein Ausdruck für das Gewicht des Wassers ergibt zwischen 0 und 150 Grad nur sehr geringe Abweichungen von den genauen Gewichten.

Der Ausdruck für Rauch kann naturgemäss nur angenähert richtige Ergebnisse liefern, weil das Gewicht des Rauches vor allem auch von seiner Zusammenfetzung abhängt.

Für trockene Luft ist genau  $\gamma = \frac{1,298187}{1 + 0,003665 t}$ ; allein, man hat mit trockener Luft in der Technik nicht zu tun, vielmehr mit mehr oder weniger gefeuchteter Luft. Für diese schliessen sich die Ergebnisse meines Ausdruckes von  $-20$  bis  $+120$  Grad dem Mittel genauer an als diejenigen, welche die für trockene Luft genaue Gleichung liefert.

Fügt man diese Ausdrücke in die Gleichung 72 ein, so wird der Druckunterschied, wenn die beiden in Frage kommenden Temperaturen der betreffenden Flüssigkeiten  $t_1$ , bezw.  $t_2$  heissen,

$$\text{für Luft: } p = h [1,3 - 0,004 t_1 - (1,3 - 0,004 t_2)] = 0,004 (t_2 - t_1) h, \quad . \quad . \quad 76.$$

$$\text{für Wasser: } p = h [1000 - 0,004 t_1^2 - (1000 - 0,004 t_2^2)] = 0,004 (t_2^2 - t_1^2) h, \quad 77.$$

welcher Druckunterschied der Auftrieb des Höhentheiles  $h$  genannt wird und in erwähnter Weise von der die Bewegungswiderstände ausdrückenden Grösse abziehen oder ihr hinzuzuzählen ist.

### c) Einfluss der Wärmeleitung der Kanal-, bezw. Rohrwände.

Die oben besprochene Beeinflussung der Flüssigkeitsbewegung ist nicht allein von Bedeutung, wenn z. B. die geleitete Luft überhaupt eine andere Temperatur hat als die freie Luft, sondern selbstverständlich auch, wenn die Temperatur in der Leitung sich ändert, sei es durch Wärmezufuhr oder Wärmeabfuhr.

Eine Verminderung der Temperatur des aufsteigenden Stromes, wie eine Vergrößerung der Temperatur im absteigenden Strome haben eine Hemmung der Bewegung, das Umgekehrte hat eine Förderung der Bewegung zur Folge. Angesichts des meistens unregelmässigen Verlaufes der Kanäle ist eine analytische Behandlung des in Rede stehenden Einflusses nur in besonderen Fällen geraten. Meistens sucht man derartige Temperaturänderungen möglichst zu verhüten (durch Lage der Kanäle und Rohrleitungen, grössere Wandstärken, Umhüllungen u. f. w.) und vernachlässigt sie alsdann. Ist man nicht im stande, die Temperaturänderungen in genügendem Masse zu verhindern, so wird aus dem mittleren Temperaturunterschied (vergl. Formel 32, S. 131) die Aenderung besonders berechnet.

Nicht zu berechnen sind die Wirkungen des Auftriebes beim Inbetriebsetzen der Leitungen. Alsdann sind die Wände der Leitungen entweder kälter oder wärmer als die zu leitende Flüssigkeit; ein Zufall könnte eine Gleichheit der Temperaturen hervorbringen. Ich will hier nur die Vorgänge besprechen, die beim Inbetriebsetzen von Luft- und Rauchleitungen eintreten und oft von recht unangenehmen Folgen sind. Die Anordnung eines Kanalnetzes sei derartig, dass der Auftrieb allein die Bewegung hervorzubringen und zu erhalten hat; die Kanäle seien kälter als die Luft oder der Rauch. Alsdann kühlt sich die Luft ab und bringt einen dementsprechend geringeren Auftrieb hervor. Die Widerstände wachsen

228.  
Einfluss  
der  
Temperatur-  
änderungen.

229.  
Inbetrieb-  
setzen der  
Leitung.

(im großen und ganzen) mit dem Quadrat der Geschwindigkeit; somit ist der geringe Auftrieb im Stande, eine geringe Bewegung zu erzeugen, vermöge welcher mehr und mehr warme Luft dem Kanalnetz zugeführt wird, also dieses mehr und mehr auf diejenige Temperatur erwärmt wird, die dem Beharrungszustande entspricht. Nach dem Inbetriebsetzen verstreicht somit eine gewisse Zeit, die oft recht lang ist, bevor der Beharrungszustand eintritt.

Bei der gegebenen Auseinandersetzung wurde angenommen, daß die Kanalwände nicht kälter seien als die freie Luft. Durch den Temperaturwechsel, oft schon den regelmäßigen, der zwischen Tag und Nacht stattfindet, kann nun der Fall eintreten, daß die Kanalwände kälter sind als die freie Luft. Die Folge hiervon ist, daß die in den Kanälen befindliche Luft kälter als diejenige des Freien ist, so daß ein sog. verkehrter Auftrieb eintritt, der, wenn die Mündungen der Kanäle freigelegt werden, also das Inbetriebsetzen der Anlage erfolgen soll, die Luft in den steigenden Teilen des Kanals nach unten drückt, d. h. die der beabsichtigten entgegengesetzte Bewegung hervorbringt und jenes allmähliche Anwärmen vereitelt. Die gewünschte Bewegungsrichtung ist alsdann nur nach einem entgegengesetzten Temperaturwechsel der freien Luft erreichbar.

Dies weiß jeder, welcher versucht, am Tage einen Schornstein in Betrieb zu setzen, welcher mehrere Tage lang nicht benutzt wurde; dies müssen unsere Hausfrauen erfahren, wenn sie nach kühlen Nächten erst am späten Vormittag während warmen Sonnenscheines das Küchenfeuer entzünden lassen. Im Volksmunde sagt man: »Die Sonne drückt den Rauch im Schornstein herab.« Versucht man das Anfeuern am kühlen Abend nach einem warmen Tage, so gelingt das Inbetriebsetzen spielend. Damit ist angedeutet, was für Mittel gegen den genannten Uebelstand anzuwenden sind: neue Schornsteine oder solche, welche selten benutzt werden, aber eine solche Lage haben, daß sie sich erheblich abzukühlen vermögen (z. B. die Schornsteine der Kirchen), setze man regelmäßig am Abend oder in der Nacht in Betrieb; andere nicht dauernd benutzte Schornsteine schütze man gegen Wärmeverluste, so daß ihre Wandungen bei erneutem Inbetriebsetzen von der vorigen Benutzung noch genügende Wärme enthalten.

Immer ist es nötig, sofern man auf ein rasches Inbetriebsetzen Wert legt, den nach dem Beharrungszustande berechneten Massen einen Zuschlag zu geben.

Die der Temperaturänderung entsprechende Raumänderung vernachlässigt man bei Wasser insofern, wie die Geschwindigkeit durch sie beeinflusst wird. Bei Luftleitungen setzt man häufig die Geschwindigkeit  $v$  als mit der Temperatur veränderlich ein, wie weiter unten geschehen wird, rechnet aber häufiger mit demjenigen  $v$ , welches der mittleren Temperatur entspricht.

Zur Berechnung der Dampfleitungen ist der Raum, welchen der Dampf an jedem Orte der Leitung einnimmt, bzw. die diesem entsprechende Geschwindigkeit, wegen der stattfindenden teilweisen Verdichtung des Dampfes, unbedingt in Rechnung zu ziehen. Es sei  $Q$  die stündlich an den Ort des Verbrauches zu fördernde Dampfmenge (in Kilogr.);  $p$  die Spannung des Dampfes (in Kilogr.) für  $1 \text{ qm}$ , und zwar  $p_1$  diejenige am Anfange,  $p_2$  diejenige am Ende der Leitung;  $\gamma$  das Gewicht von  $1 \text{ cbm}$  Dampf;  $v$  die sekundliche Geschwindigkeit des Dampfes (in Met.), und zwar  $v_1$  diejenige am Anfange,  $v_2$  diejenige am Ende der Leitung;  $l$  die Länge der Leitung (in Met.);  $x$  ein Teil davon;  $D$  ihre Weite (in Met.);  $\delta$  die doppelte Wandstärke des Rohres, nach Umständen vermehrt um die einfache Dicke ihrer Umhüllung.

Alsdann ist der Widerstand, welcher in einer  $dx$  Meter langen Rohrleitung auftritt, nach Gleichung 62

230.  
Wasser-  
und  
Luftleitungen.

231.  
Dampf-  
leitungen.

$$dp = \alpha \gamma \frac{D \pi}{D^2 \frac{\pi}{4}} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) \frac{v^2}{2g} dx \dots \dots \dots 78.$$

In dieser Gleichung ist  $\alpha = 0,00036$  zu setzen, und es kann der Ausdruck  $\frac{1}{v}$  gegen 20 vernachlässigt werden, da  $v$  selten unter 10 m genommen wird. Alsdann erhält man die einfachere Gleichung

$$dp = 0,0015 \gamma \frac{dx}{D} v^2 \dots \dots \dots 79.$$

Es ist sowohl  $v$ , als auch  $\gamma$  veränderlich; letzteres, weil die Spannung  $p$  des Dampfes wegen des Reibungswiderstandes vom Endpunkte der Leitung ab zunimmt, also  $p_1$  grösser sein muß als  $p_2$ ; ersteres, weil eine gewisse Dampfmenge, unvermeidlicher Wärmeverluste halber, verdichtet wird, somit die Menge des Dampfes ebenfalls vom Endpunkte der Leitung ab wächst. Das Gewicht von 1 cbm Dampf, also  $\gamma$ , ist nach der *Navier'schen* Näherungsformel

$$\gamma = \frac{o + p}{n}, \dots \dots \dots 80.$$

worin die Erfahrungszahlen  $o$  und  $n$  folgende GröÙe haben:

$$\begin{array}{l} \text{für } p < 36000 \text{ ist } n = 19995, o = 1200 \\ \text{» } p > 36000 \text{ » } n = 21224, o = 3000 \end{array} \dots \dots \dots 81.$$

Der Wärmeverlust des Dampfes ist abhängig von der Art der Rohrwandung, dem Temperaturunterschied, welcher zwischen dem Dampf und der Umgebung des Rohres herrscht, und dem Bewegungszustande der umgebenden Luft. Die zuletztgenannten beiden Einflüsse sind nicht allgemein zu verfolgen, indem die betreffende Dampfleitung gewöhnlich durch verschiedene Räume mit wechselnden Lufttemperaturen geführt wird; deshalb mag nur die Art der Rohrwandung berücksichtigt werden. Sofern bestimmte Zustände der umgebenden Luft bekannt sind, wird man sie durch Wahl der im folgenden näher bezeichneten Wertziffern  $K$  gebührend in Rechnung stellen.

Die Rohrwandungen werden ausschliesslich aus Metall hergestellt und sind verhältnismäÙig dünn, weshalb man, ohne einen erheblichen Fehler zu machen, den Wärmeverlust als im geraden Verhältnis zur Rohraußenfläche setzen kann, so daß bei nackten Rohren jedes Längenmeter stündlich  $(D + \delta) \pi (T - t) k$  Wärmeeinheiten verliert, wenn  $\frac{\delta}{2}$  die Wanddicke des Rohres,  $T - t$  den mehrerwähnten Temperaturunterschied und  $k$  die Zahl der Wärmeeinheiten bezeichnet, welche stündlich für 1 Grad Temperaturunterschied und durch 1 qm Fläche überführt wird.

Meistens werden die Rohre eingehüllt, um den Wärmeverlust zu vermindern. Alsdann dürfte der Wärmeverlust in geradem Verhältnis zu derjenigen Fläche stehen, welche in der Mitte zwischen der äußeren und inneren Fläche der Hülle sich befindet; der vorhin gegebene Ausdruck ist somit auch für diesen Fall zutreffend, wenn  $\frac{\delta}{2}$  gleich der Wanddicke des Metalles, vermehrt um die halbe Wanddicke der Hülle, gesetzt wird.

Die Wärmemenge, welche bei Verdichtung von 1 kg Dampf frei wird, bzw. welche verloren gehen muß, um 1 kg Dampf in Wasser zu verwandeln, schwankt

(für Dampf, dessen Spannung 10000 bis 50000 kg für 1 qm oder dessen Ueberdruck etwa 0 bis 4 Atmosphären beträgt) nur zwischen 537 und 502 Wärmeinheiten. Daher dürfte es für den vorliegenden Zweck genügen, für jedes Kilogramm Dampf 520 Wärmeinheiten in Rechnung zu stellen. Somit ist die von 1 m Rohrlänge fündlich verdichtete Dampfmenge (in Kilogr. ausgedrückt):

$$\frac{(D + \delta) \pi (T - t) k}{520} = (D + \delta) K, \dots \dots \dots 82.$$

in welcher Gleichung  $K$  eine für den einzelnen Fall zu bestimmende Wertziffer bezeichnet.

Am Ende der Leitung sollen  $Q$  Kilogr. Dampf zur Verfügung stehen; somit muß ein Rohrquerschnitt, welcher um  $x$  Meter vom Ende der Leitung entfernt ist, die Dampfmenge

$$Q + (D + \delta) Kx$$

durchströmen, so daß die in diesem Querschnitte herrschende Geschwindigkeit  $v$  auszudrücken ist durch

$$v = \frac{4}{D^2 \pi} \frac{Q + (D + \delta) Kx}{3600} \frac{n}{o + p}, \dots \dots \dots 83.$$

und der Reibungswiderstand, welchen an dieser Stelle eine Rohrlänge  $dx$  vervielfacht, nach den Gleichungen 79 u. 80

$$dp = 0,0015 \frac{o + p}{n} \frac{1}{D} \frac{4^2}{D^4 \pi^2} \left[ \frac{Q + (D + \delta) Kx}{3600} \right]^2 \left( \frac{n}{o + p} \right)^2 dx \dots 84.$$

Es sei nun für kurze Zeit

$$\frac{0,0015 \cdot 4^2}{3600^2 \pi^2} = \mathfrak{A}; \dots \dots \dots 85.$$

dann erhält man aus Gleichung 84 nach wenigen Umänderungen

$$(o + p) dp = n \frac{\mathfrak{A}}{D^5} [Q + (D + \delta) Kx]^2 dx \dots \dots \dots 86.$$

und durch Integrieren beider Seiten

$$\frac{(o + p)^2}{2} = n \frac{\mathfrak{A}}{D^5} \frac{[Q + (D + \delta) Kx]^3}{3 (D + \delta) K} + \text{Konst.} \dots \dots \dots 87.$$

Für  $p = p_1$  ist  $x = l$ ; für  $p = p_2$  ist  $x = 0$ , sonach

$$o^2 + 2op_1 + p_1^2 = \frac{2n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3 (D + \delta) K} [Q^3 + 3Q_2 (D + \delta) Kl + 3Q (D + \delta)^2 K^2 l^2 + (D + \delta)^3 K^3 l^3] + \text{Konst.} \dots \dots \dots 88.$$

$$o^2 + 2op_2 + p_2^2 = \frac{2n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3 (D + \delta) K} Q^3 + \text{Konst.} \dots \dots \dots 89.$$

Durch Abziehen der Gleichung 89 von 88 verschwindet die unbekanntete Konstante, und es entsteht die folgende Gleichung:

$$p_1^2 + 2op_1 - p_2^2 - 2op_2 = \frac{2n \mathfrak{A}}{D^5 \cdot 3 (D + \delta) K} [3Q^2 (D + \delta) Kl + 3Q (D + \delta)^2 K^2 l^2 + (D + \delta)^3 K^3 l^3] \dots \dots \dots 90.$$

oder, nach entsprechender Umformung,

$$p_1^2 + 2op_1 - p_2^2 - 2op_2 - \frac{2n \mathfrak{A}l}{3D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D + \delta) Kl](D + \delta) Kl\} = 0$$

und

$$p_1 = -o \pm \sqrt{o^2 + 2op_2 + p_2^2 + \frac{2n \mathfrak{A}l}{3D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D + \delta) Kl](D + \delta) Kl\}} \quad 91.$$

In dieser Gleichung gilt zweifellos das + Zeichen vor der Wurzel; nach Einsetzen des Wertes für  $\mathfrak{A}$  aus Gleichung 85 und einigen Umformungen wird sie zu der anderen

$$p_1 = \sqrt{(o + p_2)^2 + \frac{2 \cdot 0,0015 \cdot 4^2 n l}{3 \cdot 3600^2 \pi^2 D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D + \delta) Kl](D + \delta) Kl\}} - o \quad 92.$$

Hieraus gewinnt man, nach Einsetzen der Werte von  $n$  und  $o$  aus 81,

für  $p_1$  und  $p_2 < 36000$ :

$$p_1 = \sqrt{(1200 + p_2)^2 + \frac{l}{400000 D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D + \delta) Kl](D + \delta) Kl\}} - 1200; \quad 93.$$

für  $p_1$  und  $p_2 > 36000$ :

$$p_1 = \sqrt{(3000 + p_2)^2 + \frac{l}{370600 D^5} \{3Q^2 + [3Q + (D + \delta) Kl](D + \delta) Kl\}} - 3000. \quad 94.$$

Den Wert  $K = \frac{\pi (T - t) k}{520}$  darf man im allgemeinen für nackte Rohre = 10 und für eingehüllte Rohre = 2 setzen.

Beispielsweise sei:

für nackte	Rohre mit $D = 0,05$ m und mehr (Gufseifen) . . . . .	$\delta = 0,009 \cdot 2 = 0,018$ m
»	» mit $D = 0,044$ m und weniger (Schmiedeeisen) . . . . .	$\delta = 0,003 \cdot 2 = 0,006$ m
» eingehüllte	» mit $D = 0,05$ m und mehr . . . . .	$\delta = 0,009 \cdot 2 + 0,03 = 0,048$ m
»	» mit $D = 0,044$ m und weniger . . . . .	$\delta = 0,003 \cdot 2 + 0,03 = 0,036$ m;

ferner sei am Ende einer  $l = 100$  m langen Rohrleitung bei größtem Dampfbedarf  $Q = 120$  kg, bei durchschnittlichem Dampfbedarf = 30 kg; alsdann gibt die Formel 93 die folgenden Werte.

a) Nackte Rohre,  $l = 100$  m.

$D$	$Kl(D + \delta)$	$\frac{Kl(D + \delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
0,025	31	0,26	120	12000	38600	26600	43,5	102,9
0,031	37	0,31	120	»	24800	12800	44,4	66,9
0,037	43	0,36	120	»	18600	6600	42,5	47,1
0,044	50	0,42	120	»	15200	3200	37,8	33,2
0,050	68	0,57	120	»	14000	2000	35,0	25,7
0,060	78	0,65	120	»	13000	1000	27,4	17,8
0,070	88	0,73	120	»	12460	460	21,7	13,1
0,080	98	0,82	120	»	12250	250	17,9	10,0
0,090	108	0,90	120	»	12215	150	14,9	7,9
0,100	118	0,98	120	»	12090	90	12,7	6,4

β) Nackte Rohre,  $l = 100$  m.

$D$	$Kl(D + \delta)$	$\frac{Kl(D + \delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
0,025	31	1,03	30	10800	17600	6800	36,7	28,28
0,031	37	1,23	30	"	13200	2400	34,2	18,40
0,037	43	1,43	30	"	12000	1200	28,5	12,91
0,044	50	1,66	30	"	11400	600	23,2	9,13
0,050	68	2,26	30	"	11240	440	22,29	7,07
0,060	78	2,60	30	"	11040	240	17,33	4,91
0,070	88	2,93	30	"	10913	113	14,06	3,61
0,080	98	3,26	30	"	10867	67	11,79	2,76
0,090	108	3,60	30	"	10842	42	10,04	2,18
0,100	118	3,93	30	"	10828	28	6,59	1,77

γ) Gut umkleidete Rohre,  $l = 100$  m.

$D$	$Kl(D + \delta)$	$\frac{Kl(D + \delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
0,025	12,2	0,10	120	12000	36100	24100	40,11	102,9
0,031	13,4	0,11	120	"	23400	11400	39,92	66,9
0,037	14,6	0,12	120	"	17300	5300	37,60	47,1
0,044	16,0	0,13	120	"	14600	2600	31,52	33,2
0,050	19,6	0,16	120	"	13450	1450	25,16	25,7
0,060	21,6	0,18	120	"	12610	610	20,15	17,8
0,070	23,6	0,20	120	"	12290	290	15,37	13,1
0,080	25,6	0,21	120	"	12150	150	12,05	10,0
0,090	27,6	0,23	120	"	12090	90	9,70	7,9
0,100	29,6	0,24	120	"	12040	40	8,00	6,4

δ) Gut umkleidete Rohre,  $l = 100$  m.

$D$	$Kl(D + \delta)$	$\frac{Kl(D + \delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
0,025	12,2	0,41	30	10800	14400	3600	30,61	28,28
0,031	13,4	0,44	30	"	12200	1400	23,84	18,40
0,037	14,6	0,48	30	"	11400	600	18,29	12,91
0,044	16,0	0,53	30	"	11070	270	13,69	9,13
0,050	19,6	0,65	30	"	10960	160	11,54	7,07
0,060	21,6	0,72	30	"	10870	70	8,40	4,91
0,070	23,6	0,79	30	"	10833	33	6,45	3,61
0,080	25,6	0,85	30	"	10818	18	5,12	2,76
0,090	27,6	0,92	30	"	10810	10	4,14	2,18
0,100	29,6	0,98	30	"	10806	6	3,513	1,77

Aus den gegebenen Tabellen ist zunächst (was hier nebenfächlich ist) zu ersehen, welchen hohen Wert eine gute Rohrhülle in Bezug auf Dampferparnis hat. Ferner erfieht man aus ihnen die Bedeutung des Wärmeverlustes für den Reibungswiderstand, sobald man die Zahlenreihen unter  $p_1 - p_2$  vergleicht; endlich geht aus dem Vergleich der Zahlenreihen  $v_1$  und  $v_2$  hervor, wie notwendig es ist, die allerdings unbequemen Formeln 93 u. 94 anstatt solcher zu verwenden, welche die Wärmeverluste vernachlässigen.

Die Reihen  $\frac{Kl(D + \delta)}{Q}$  in den Tabellen  $\alpha$  und  $\beta$ , namentlich aber in  $\beta$ , lehren, daß man den Dampfleitungen oft eine erheblich größere Dampfmenge überliefern muß, als die am Bestimmungsorte geforderte ist. Die Frage, welche Mittel zu ergreifen sind, um die großen Dampfverluste zu mindern, beantwortet die Formel 92 gleichfalls, wie die hier folgende kleine Zusammenstellung ergibt.

$l$	$D$	$Kl(D + \delta)$	$\frac{Kl(D + \delta)}{Q}$	$Q$	$p_2$	$p_1$	$p_1 - p_2$	$v_1$	$v_2$
100	0,025	12,2	0,10	120	37000	51000	14000	29,3	31,8
100	0,031	13,4	0,11	120	37000	42320	5320	23,0	23,4

Eine Erhöhung der Endspannung des Dampfes  $p_2$  auf 37000 kg oder 2,7 Atmosphären Ueberdruck vermindert den Reibungswiderstand in dem gut eingehüllten, 25 mm weiten Rohre von 24100 auf 14000 kg für 1 qm.

Für den gewöhnlichen Gebrauch sind die Gleichungen unbequem. Es ist nun gefunden<sup>164)</sup>, daß für geringen Spannungsverlust in die Gleichung 79

$$dp = 0,0015 \gamma \frac{dx}{D} v^2$$

für  $\gamma$  dessen mittlerer Wert eingesetzt werden darf.

In der Entfernung  $x$  vom Endpunkte der Leitung beträgt die im Rohre sich bewegende Dampfmenge  $Q$  Kilogr., welche schliesslich in jeder Stunde abgeliefert werden soll, vermehrt um die Menge  $\frac{V}{l} x$  Kilogr., welche von der bezeichneten Stelle bis zum Endpunkte der Leitung noch verloren geht.  $V$  bezeichnet hierbei den gesamten stündlichen Dampfverlust innerhalb der Rohrlänge  $l$ .

Somit ist in der Entfernung  $x$  vom Ende der Leitung die sekundliche Dampfgeschwindigkeit

$$v = \frac{4}{D^2 \pi} \left( Q + \frac{V}{l} x \right) \frac{1}{3600 \gamma} \dots \dots \dots 95.$$

Führt man diesen Wert in Gleichung 79 ein, so erhält man

$$dp = 0,0015 \gamma \frac{dx}{D} \left[ \frac{4}{D^2 \pi} \left( Q + \frac{V}{l} x \right) \frac{1}{3600 \gamma} \right]^2 \dots \dots \dots 96.$$

oder, wenn man statt  $D$  (in Met.)  $d$  (in Centim.) einsetzt und die Zahlenwerte zusammenzieht,

$$\int_{p=p_2}^{p=p_1} dp = \frac{1,876}{\gamma d^5} \int_{x=0}^{x=l} \left( Q + \frac{V}{l} x \right)^2 dx,$$

sonach

$$p_1 - p_2 = \frac{1,876}{\gamma d^5} \left( Q^2 + QV + \frac{V^2}{3} \right) l \dots \dots \dots 97.$$

Würde im Klammerausdruck dieser Gleichung statt  $\frac{V^2}{3}$  der Wert  $\frac{V^2}{4}$  stehen, so würde ersterer  $\left( Q + \frac{V}{2} \right)^2$  bedeuten. Nun ist  $\frac{V^2}{3}$  um  $\frac{1}{12}$  größer als  $\frac{V^2}{4}$ ;  $V$  ist wohl immer kleiner als  $Q$ , also  $\frac{V^2}{12}$  höchstens  $\frac{1}{36}$  des gesamten Klammer-

<sup>164)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S 718.

wertes. Man wird daher unbedenklich den letzteren durch  $\left(Q + \frac{V}{2}\right)^2$  ersetzen können, zumal, wenn man gleichzeitig statt der Vorziffer 1,876 die einfachere 1,9 einsetzt.

Der Spannungsabfall durch Reibungswiderstände, also derjenige eines geraden oder nach großen Krümmungshalbmessern gebogenen Rohres beträgt somit

$$p_1 - p_2 = \frac{1,9 l}{\gamma d^5} \left(Q + \frac{V}{2}\right)^2 \dots \dots \dots 98.$$

Aus dieser Gleichung ist nun zu sehen, dass man zu demselben Ergebnisse gekommen sein würde, wenn man für die in der Leitung zu fördernde Dampfmenge deren Durchschnittsbetrag, das arithmetische Mittel der Anfangsmenge und der schließlich abgelieferten, in Rechnung gesetzt hätte.

Man gelangt auf gleichem Wege zu dem Ergebnisse, dass auch die durch scharfe Ablenkungen des Stromes entstehenden Widerstände — sofern diese auf die ganze Länge  $l$  im wesentlichen gleichartig verteilt sind — auf diese mittlere Dampfmenge  $Q + \frac{V}{2}$  bezogen werden können.

Diese Widerstände (vergl. Art. 225, S. 183) betragen

$$\Sigma \xi \cdot \gamma \frac{v^2}{2g} \text{ oder: } \frac{0,64}{\gamma d^4} \Sigma \xi \left(Q + \frac{V}{2}\right)^2, \dots \dots \dots 99.$$

sonach die Gesamtwiderstände, indem man die Werte aus 98 u. 99 zusammenzählt,

$$p_1 - p_2 = (1,9 l + 0,64 d \Sigma \xi) \frac{\left(Q + \frac{V}{2}\right)^2}{\gamma d^5} \dots \dots \dots 100.$$

Hieraus leitet sich die am Ende zur Ablieferung gelangende Dampfmenge  $Q$  ab zu

$$Q = \sqrt{\frac{(p_1 - p_2) \gamma d^5}{1,9 l + 0,64 d \Sigma \xi}} - \frac{V}{2} \dots \dots \dots 101.$$

Will man statt der stündlich gelieferten Dampfmenge  $Q$  (in Kilogr.) mit der gleichwertigen Wärmemenge  $W$  rechnen, so ist statt  $Q$  einzusetzen  $\frac{W}{w}$ , wenn  $w$  die Wärmemenge bedeutet, die 1 kg Dampf liefert (siehe auch Kap. 12, unter c, 3).

**d) Mittel zum Bewegen der Flüssigkeiten.**

Die Bewegungswiderstände können überwunden werden, indem man absichtlich den in Art. 227 (S. 185) erwähnten Auftrieb erzeugt, die lebendige Kraft der bewegten freien Luft, des Windes benutzt, gespannte Flüssigkeiten mittels Strahler auf die zu bewegendende Flüssigkeit wirken lässt, oder endlich, indem man feste Flächen zum Fortschieben der zu bewegendenden Flüssigkeiten verwendet. Ein fünftes Mittel, welches zum Bewegen des Dampfes verwendet wird und lediglich in der erforderlichen Dampfspannung besteht, bedarf nur der Erwähnung.

232.  
Mittel.



1) Bewegungen der Flüssigkeiten durch Auftrieb.

Der Auftrieb kann sowohl im positiven als auch im negativen Sinne gebraucht werden, indem durch Erwärmen der Flüssigkeit der positive Auftrieb, die nach oben treibende Kraft erzeugt wird, während durch Abkühlen der Flüssigkeit eine Kraft gewonnen wird, die zum Bewegen in niedergehender Richtung benutzt werden kann. Die Erwärmung, bzw. Abkühlung kann innerhalb derjenigen Temperaturen stattfinden, welche eine Aenderung des Zusammenhangszustandes der Flüssigkeit ausschließen, oder sie kann bis zu deren Aenderung, so dass die elastische Flüssigkeit tropfbar wird oder umgekehrt, getrieben werden.

233.  
Auftrieb  
durch Er-  
bezw.  
Entwärmung.

Vorerst mag die Rede sein von dem durch mäfsige Er-, bzw. Entwärmung hervorgebrachten Auftrieb.

Nach Formel 76 u. 77 ist dieser

für Luft:  $\mathfrak{A} = p = 0,004 (t_2 - t_1) h \dots \dots \dots 102.$   
 » Wasser:  $\mathfrak{A} = p = 0,004 (t_2^2 - t_1^2) h \dots \dots \dots 103.$

Zu diesen Formeln gelangt man auch, wenn man den Kanal in Fig. 97 sich, wie durch Punktierung angedeutet, durch einen U-förmig gebogenen Kanal zu fog. »kommunizierenden Rohren« vervollständigt denkt, bei denen die oberen Oeffnungen beider Kanalschenkel unter gleichem Druck stehen, sei es, dass sie hier einem und demselben Atmosphärendruck ausgesetzt sind, sei es, dass sie auch oben miteinander verbunden sind.

Fig. 97.



Vermöge der Kraft  $\mathfrak{A}$  wird, wenn  $t_2 > t_1$  ist, die  $t_2$  Grad warme Flüssigkeit emporsteigen und über den Rand B des Kanales oder des Rohres AB (Fig. 97) abfließen, während zu gleicher Zeit im Rohre A1B1 oder dem dieses ersetzenden Raume die  $t_1$  Grad warme Flüssigkeit niederfinkt. Soll dieser Umlauf dauernd erhalten bleiben, so muss offenbar bei A eine Erwärmung von  $t_1$  auf  $t_2$ , bei B1 eine Abkühlung von  $t_2$  auf  $t_1$  stattfinden. Der betreffende Temperatur-austausch kann längs eines gröfseren oder auch innerhalb eines sehr kleinen Teiles der Höhe h stattfinden. Im letzteren Falle ist die in

Rechnung zu stellende Höhe h ohne weiteres zu finden; im ersteren Falle muss sie noch gesucht werden.

Die Erwärmung erfolge bei A (Fig. 97) mittels einer Heizfläche ab (Fig. 98 u. 99). Die wärmeabgebende Flüssigkeit habe die Temperaturen  $T_1$  und  $T_2$ , welche gröfser sind als die Temperaturen  $t_1$  und  $t_2$  derjenigen Flüssigkeit, welche ab an der entgegengesetzten Seite berührt. Die Erwärmung der links von ab befindlichen Flüssigkeit möge nun durch die Fläche abca1 dargestellt sein, in welcher aa1 = t1, d. h. gleich der Anfangstemperatur, bc = t2, d. h. gleich der Endtemperatur ist. Der Verlauf der Linie a1c ist ein verschiedener. Sobald die beiden wärmeaus-tauschenden Flüssigkeiten in entgegengesetzter Richtung sich bewegen (Fig. 98, Gegenstrom), so kann der Sonderfall eintreten, dass  $T_2 - t_1 = T_1 - t_2$  und in derselben Weise der Temperaturunterschied längs der ganzen Höhe h1 unverändert bleibt; alsdann nimmt die Temperatur der links von ab aufsteigenden Flüssigkeit für jeden Teil der Höhe h1 derselben Gröfse um gleich viel zu, d. h. die Linie a1c wird eine Gerade. Ist bei Gegenstrom  $T_1 - t_2 < T_2 - t_1$ , so fällt die Krümmung a1c links; ist dagegen  $T_1 - t_2 > T_2 - t_1$ , so fällt sie rechts der geraden Linie a1c.

Bei Gleichstrom (Fig. 99) ist der Temperaturunterschied bei b immer kleiner als bei a, ebenso, wenn T unverändert bleibt (Einstrom); folglich muss in diesen

beiden Fällen die krumme Linie  $a_1c$  immer auf die linke Seite der geraden Linie fallen. Wenn man daher bei Berechnung des Auftriebes innerhalb der Höhe  $h_1$

Fig. 98.

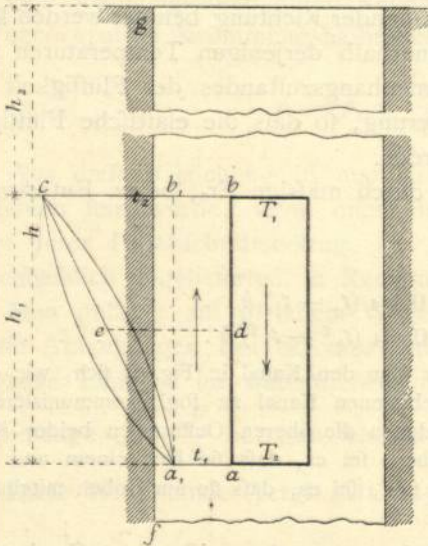
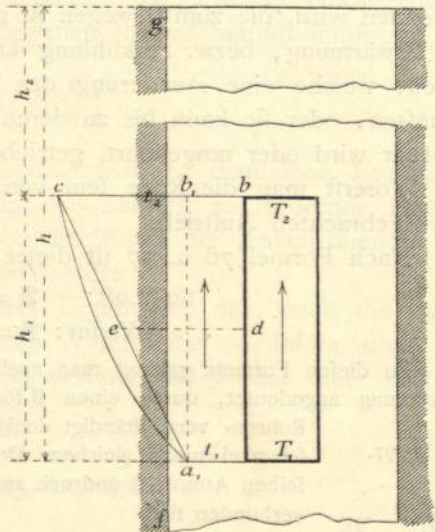


Fig. 99.



annimmt, dass  $a_1c$  mit der geraden Linie zusammenfällt oder die mittlere Temperatur, durch die Länge  $ed$  dargestellt, gleich  $\frac{t_1 + t_2}{2}$  sei, so erhält man in den meisten Fällen einen kleineren Wert für die Grösse des Auftriebes, als in Wirklichkeit eintritt; man gerät daher nur sehr selten in die Gefahr, den Auftrieb grösser in Rechnung zu stellen, als er wirklich ist. Im folgenden mag daher immer die mittlere Temperatur innerhalb  $h_1$  zu  $\frac{t_1 + t_2}{2}$ , bzw. das Einheitsgewicht der in der Höhe  $h_1$  befindlichen Flüssigkeit gleich

$$1,3 - 0,004 \frac{t_1 + t_2}{2} \text{ für Luft}$$

und

$$1000 - 0,004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} \text{ für Wasser}$$

gesetzt werden. Für besondere Fälle wird man eine, beiläufig bemerkt, recht umständliche Rechnung anwenden müssen.

Für die Berechnung des Gewichtes innerhalb der Höhe  $h_3$  (Fig. 100), innerhalb welcher die Abkühlung von  $t_2$  Grad auf  $t_1$  Grad stattfindet, ist das gleiche Verfahren anzuwenden, so dass für den Auftrieb, welcher der schematischen Anordnung in Fig. 100 eigen ist, folgender Ausdruck gewonnen wird. Für Luft:

$$\begin{aligned} \mathfrak{A} = & h_3 \left( 1,3 - 0,004 \frac{t_1 + t_2}{2} \right) + h_4 (1,3 - 0,004 t_1) - h_1 \left( 1,3 - 0,004 \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \\ & - h_2 (1,3 - 0,004 t_2) = 0,004 \left[ (h_1 - h_3) \frac{t_1 + t_2}{2} + h_2 t_2 - h_4 t_1 \right], \end{aligned}$$

Fig. 100.



und, da  $h_1 - h_3 = h_4 - h_2$ , endlich

$$\mathfrak{A} = 0,002 (h_4 + h_2) (t_2 - t_1); \dots \dots \dots 104.$$

für Wasser:

$$\mathfrak{A} = h_3 \left( 1000 - 0,004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} \right) + h_4 (1000 - 0,004 t_1^2) - h_1 \left( 1000 - 0,004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} \right) - h_2 (1000 - 0,004 t_2^2) = 0,004 \left[ (h_1 - h_3) \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} + h_2 t_2^2 - h_4 t_1^2 \right]$$

$$\mathfrak{A} = 0,002 (h_4 + h_2) (t_2^2 - t_1^2) \dots \dots \dots 105.$$

Erwähnenswert ist der besondere Fall, daß  $h_3 = h_1$ , somit  $h_2 = h_4$  ist. Alsdann entsteht, wenn man  $h_2 = h_4 = h =$  der lotrechten Entfernung der Mitten beider Flächen setzt

für Luft:  $\mathfrak{A} = 0,004 h (t_2 - t_1) \dots \dots \dots 106.$

» Wasser:  $\mathfrak{A} = 0,004 h (t_2^2 - t_1^2) \dots \dots \dots 107.$

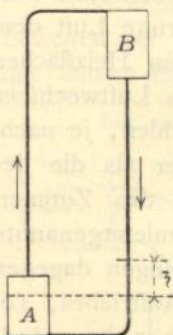
Ist also der wärmeabgebende Körper so hoch wie der wärmeaufnehmende, so ist als einzige Höhe die Entfernung der Mitten der in Frage kommenden Körper einzusetzen, wodurch die Rechnung wesentlich erleichtert wird.

Nicht selten findet die Erwärmung sowohl als auch die Abkühlung nicht je an einer Stelle, sondern an mehreren aufeinanderfolgenden Orten statt. Alsdann sind offenbar die Höhen weiter zu zerlegen, im übrigen so zu verfahren, wie vorhin.

Das mit Hilfe der Gleichungen 104 bis 107 gewonnene  $\mathfrak{A}$  ist nun der Summe der Widerstände gleichzusetzen, um die Bedingungen zu finden, unter denen der Auftrieb im stande ist, die geforderte Bewegung hervorzubringen.

Eine besondere Art der Verwendung des Auftriebes kommt bei Dampfheizungen vor. Es bezeichne *A* (Fig. 101) den Dampferzeuger, *B* den Wärmefrahler;

Fig. 101.



der Dampf strömt nach oben, während das gebildete Wasser zum Dampferzeuger zurückkehrt. Im Rücklaufrohr wird nun notwendigerweise der Wasserspiegel um eine Größe *z* höher stehen als im Dampferzeuger, welche Größe ebenso berechnet werden kann, wie der Auftrieb bisher berechnet wurde. Da jedoch das Gewicht des Dampfes gegen das Gewicht des Wassers verschwindet, so ist das einfachere Verfahren im Gebrauch und zulässig, die Wasserfäule *z* (in Millim.) der Summe der Widerstände, welche beim Umlauf der Flüssigkeit auftreten, gleichzusetzen.

Zwischen dem Auftriebe durch Erwärmen des Wassers unterhalb des Siedepunktes und dem anderen, bei welchem dem niederflinkenden Wasser eine steigende Dampfäule gegenübersteht, befindet sich eine Auftriebsart, welche hier angeführt werden muß, da man von ihr zuweilen Gebrauch macht. Wenn man dem Wasser mehr Wärme zuführt, als zum Erwärmen bis zum Siedepunkt genügt, so wird ein Teil des Wassers in Dampf verwandelt und dadurch ein Gemisch von Dampf und Wasser gebildet, welches leichter als Wasser ist. Hiervon machte *R. O. Meyer* Gebrauch<sup>165)</sup>, indem er über dem Steigrohre eine Luftverdünnung hervorbrachte und an derselben Stelle für das Niederflagen des Dampfes sorgte. *Reck*<sup>166)</sup> führt in das steigende Wasser Dampf ein, bedarf also der Druckminderung unter die Atmosphäre nicht. Viele andere Vorschläge bezwecken Verbesserung dieser Verfahren.

234.  
Auftrieb  
bei Dampf-  
heizungen.

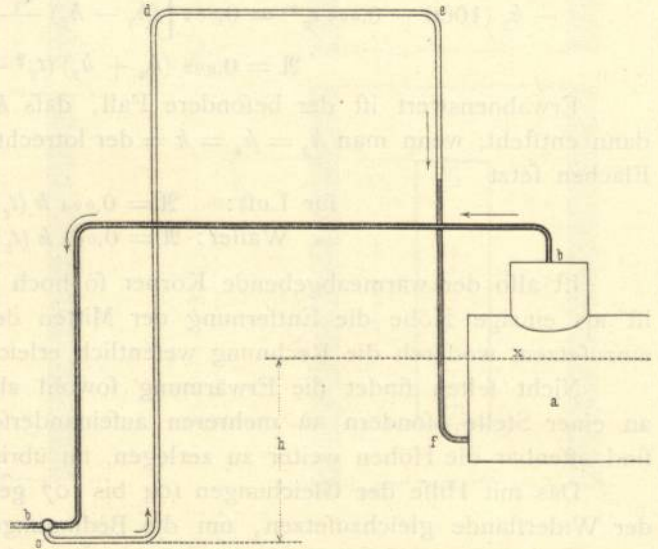
165) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1897, S. 1352.

166) Siehe ebendaf. 1902, S. 1363.

Diese Art des Auftriebes — Gemisch von Wasser und Dampf gegenüber Wasser — wird auch zum Zurückführen des Niederschlagswassers in den Dampfkessel in dem Falle verwendet, wenn ersteres von einem tiefer als der Wasserpiegel des Kessels liegenden Punkte abgeführt werden muß<sup>167)</sup>.

Fig. 102.

In Fig. 102 bezeichnet *a* den Dampfkessel, *x* seine Wasserlinie, *bb* die Dampfleitung, *c* den tiefsten Punkt der letzteren, aus dem das Niederschlagswasser abzuleiten ist, *cdef* die hierzu dienende Leitung und *h* den zu überwindenden Höhenunterschied. Das mitgeriffene und durch Abkühlung entstandene Wasser entweicht bei *c* in Mischung mit einer gewissen Menge Dampf. Dieses Gemisch steigt nach *d* empor. Von *d* nach *e* hat das Rohr ein mässiges Gefälle und ist ganz oder zum Teile nackt, so das sich der Dampf niederschlägt und als Wasser nach rechts abfließt. Letzteres bildet in *ef* eine Wasserfäule, die, bei richtig gewählten Verhältnissen, schwer genug ist, um die Widerstände in der Leitung *bbcdef* und den Höhenunterschied *h* zu überwinden.



Zurückführen des Niederschlagswassers.

235.  
Benutzung  
des  
Auftriebes.

Der Auftrieb wird benutzt, um den in niedriger gelegenen Räumen erzeugten Dampf nach höher gelegenen zu fördern; er findet Anwendung zum Fortbewegen erwärmten Wassers, dessen Wärme man in höhergelegenen Räumen benutzen will; er ist fast immer die treibende Kraft, um die an Heizflächen erwärmte Luft dem zu erwärmenden Raume zuzuführen und die hier abgekühlte zu den Heizflächen zurückzuholen; er dient auch in vielen Fällen zum Herbeiführen des Luftwechsels.

Zu dem Ende kann man die frische Luft erwärmen oder abkühlen, je nachdem die Temperatur des zu lüftenden Raumes höher oder niedriger als die des Freien ist. Bei annähernd gleichen Temperaturen des Freien und des Zimmerinneren ist der Auftrieb gering oder gleich Null, so das er hier die zuletztgenannte Verwendung nicht finden kann; grössere Temperaturunterschiede bringen dagegen genügende Kräfte hervor. Man ist sonach in der Benutzung des Auftriebes, soweit er durch Temperaturänderung der Zuluft hervorgebracht wird, von den zufälligen Temperaturen des Freien abhängig, weshalb auf diesem Wege keine zuverlässige Lüftung hervorgebracht werden kann.

236.  
Sauglüftung.

Indem man die Abluft erwärmt und in einen entsprechend hohen Schlot treten läßt, kann man ohne Schwierigkeit einen Auftrieb erzeugen, welcher nicht allein die Widerstände in diesem Abführungskanal zu überwinden, sondern auch die Spannung in dem betreffenden Raume so weit zu vermindern vermag, das der äussere Luftdruck die frische Luft durch geeignete Kanäle eintreibt. Man nennt die lotrechten Schachte, welche den entsprechenden Auftrieb im vorliegenden Sinne hervorzubringen haben, Lüftungs- oder Lockschornsteine,

<sup>167)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1903, S. 1484 — und: *Journal of the Franklin Institute* 1891, Oct., S. 241.

wohl auch Saugeffen oder Saugfchlote, und die Art des Lüftens Lüftung durch Saugen oder Aspiration. Von ihnen wird weiter unten eingehender die Rede sein.

## 2) Bewegen der Luft durch den Wind.

Der Gedanke, die lebendige Kraft des Windes zum Hervorbringen des Luftwechsels zu benutzen (nur hierfür wird der Wind benutzt), liegt sehr nahe; es erscheint gleichsam selbstverständlich, dieses von der Natur kostenfrei gelieferten Mittels sich für Zwecke der Reinigung unserer Häuser zu bedienen, wie es zum Betriebe der Windmühlen und zum Forttreiben der Schiffe benutzt wird. Die Erinnerung an die beiden zuletzt genannten Verwendungsarten mahnt jedoch schon zur Vorsicht, indem die Dampfmaschine in sehr vielen, wenn nicht in den meisten Fällen, sobald alle Umstände in Betracht gezogen werden, eine billigere Betriebskraft zu liefern vermag als der Wind.

Wenn man beachtet, welche aufmerksame Bedienung durch Menschenhand erforderlich ist, um die Unregelmäßigkeiten des Windes für seine Benutzung bei Windmühlen und Segelschiffen in erträglichem Maße auszugleichen, eine Bedienung, welche seine Benutzung für Lüftungszwecke zu einer recht teuren macht; wenn man ferner bedenkt, daß bei starken Luftströmungen im Freien der zufällige Luftwechsel durch die Poren der Wände, in sehr vielen Fällen wenigstens, eine künstliche Lüftung unnötig macht, bei ruhiger Luft aber die auf Benutzung des Windes begründeten Lüftungseinrichtungen verfallen — so bedarf es keiner eingehenden Ueberlegung, um zu erkennen, daß der Wind für den vorliegenden Zweck nur in einzelnen Fällen ein willkommenes Mittel zum Bewegen der Luft sein kann.

Aus diesem Grunde werde ich nur eine kleine Auswahl einschlägiger Einrichtungen beschreiben, von ihrer rechnungsmäßigen Behandlung aber ganz absehen.

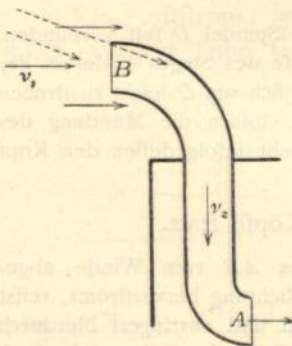
Die unmittelbarste Benutzung des Windes zum Einblasen der Luft, also zum Bewegen der Zuluft, findet statt, indem man das Luftleitungsrohr  $AB$  (Fig. 103) mit seinem Ende  $B$  so gegen den Wind richtet, daß die Windrichtung mit der Achse des offenen Rohrendes zusammenfällt. Würden der Bewegung der Luft im Rohre  $AB$  und ebenso an der Mündung  $A$  keine Hemmnisse bereitet, so würde die Geschwindigkeit  $v_2$  in der Leitung der Geschwindigkeit  $v_1$  des Windes gleich sein. Die angedeuteten Hemmnisse sind jedoch vorhanden, so daß zu ihrer Ueberwindung die lebendige Kraft  $\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}$  verbraucht wird, wenn  $m$  die Masse der sekundlich in Frage kommenden Luftmenge bedeutet. Somit muß  $v_2 < v_1$  sein; folglich tritt den Widerständen noch der Druckverlust durch Stoß an der Mündung  $B$  des Rohres hinzu.

Um eine größere Geschwindigkeit  $v_2$ , als die durch Fig. 103 wiedergegebene Einrichtung gestattet, hervorzubringen, erweitert man die Mündung  $B$  des Rohres trichterförmig, wie Fig. 104 erkennen läßt, so daß der Unterschied der lebendigen Kräfte nicht mehr  $\frac{m}{2}(v_1^2 - v_2^2)$ , sondern  $\frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_2 v_2^2}{2}$  wird, in welchem Ausdrucke  $m_1$  die Masse der auf den Durchmesser  $D$  treffenden Luft,  $m_2$  die Masse

237.  
Wertschätzung  
dieses Mittels.

238.  
Einblasen  
der Luft.

Fig. 103.



derjenigen Luftmenge bezeichnet, welche die Rohrweite  $d$  durchströmt. Die in Fig. 104 dargestellte Form hat nebenbei noch den Vorteil, bei wechselnder Neigung des Windes gegen die Wagrechte, welche (wie in Fig. 103 punktiert angedeutet) bei der erstgenannten Anordnung die Wirksamkeit schwächt, den Zutritt des Windes zu erleichtern.

Der trichterförmig erweiterte Kopf  $B$  ist im festen Rohre  $A$  drehbar, um die Mündung der wechselnden Windrichtung folgen lassen zu können. Das entsprechende Einstellen erfordert regelmäßige Beaufichtigung; man findet den Kopf in Fig. 104 deshalb fast nur auf Schiffen, wo das Richten des Kopfes seitens der Mannschaft gelegentlich befragt wird, und bei Eisenbahnzügen, deren Geschwindigkeit meistens größer ist als diejenige des Windes, so daß die hier zur Verwendung kommende gegensätzliche Geschwindigkeit der Luft angenähert der Fahrtrichtung entgegengerichtet ist, also das Einstellen des Kopfes nur selten erforderlich wird.

Fig. 104.

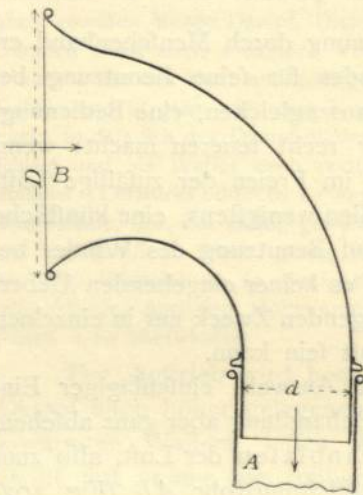
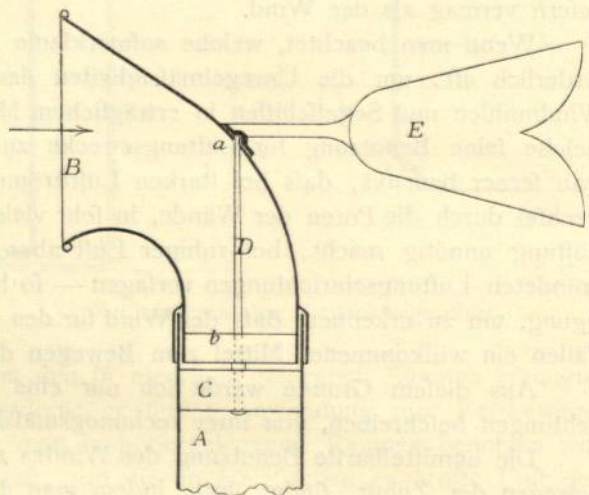


Fig. 105.



Der Kopf, welchen Fig. 105 im lotrechten Schnitt darstellt, dreht sich selbsttätig nach dem Winde.

Zu dem Ende ist mit dem festen Rohre  $A$  der Steg  $C$  und die Spindel  $D$  fest verbunden. Der Kopf  $B$  stützt sich mit Hilfe der Pfanne  $a$  auf die Spitze, mit Hilfe des Steges  $b$ , der in der Mitte eine geeignete Bohrung besitzt, am Fuß der Spindel, so daß er sich um  $D$  leicht zu drehen vermag. Die Fahne  $E$  wird seitens des Windes einseitig getroffen, sofern die Mündung des Kopfes  $B$  der Windrichtung nicht gehörig entgegengesetzt ist, und dreht infolgedessen den Kopf in die richtige Lage.

Das Abfaugen der Luft findet mit Hilfe ähnlicher Köpfe statt.

Beim Kopfe in Fig. 106 ist die Mündung  $B$  des Luftrohres  $AB$  vom Winde abgerichtet. Indem der Wind rings um den Rand in seiner bisherigen Richtung hervorstößt, reißt er die hinter der Mündung  $B$  (nämlich bei  $C$ ) befindliche Luft mit sich und verringert hierdurch den Druck vor der Mündung, so daß der Druck am entgegengesetzten Ende der Leitung die Luft durch die Leitung treibt. Infolge des Zusammenstößens der mit der Geschwindigkeit  $v_2$  die Mündung  $B$  verlassenden Luft mit dem Winde, welcher sich mit der größeren Geschwindigkeit  $v_1$  bewegt, entstehen, außer der beabsichtigten Wirkung, Wirbelungen, die zu Verlusten an lebendiger Kraft führen und die Leistung beeinträchtigen. Letztere hängt, wie leicht zu übersehen, nicht allein von der Größe der Geschwindigkeit  $v_1$  und dem soeben erwähnten Verlust durch Wirbelungen, sondern auch von der Größe der Berührungsfläche zwischen bewegter und zu bewegender Luft ab.

Der Kopf in Fig. 106 dreht sich selbsttätig nach der Windrichtung. Zu dem Ende ist an dem Kopf eine Spindel  $ab$  befestigt, deren unteres Ende am Boden, deren obere Rundung im oberen Ende des mit dem festen Rohre  $A$  verbundenen engen Rohres  $c$  Stützung findet. Die Spitze  $d$  nebst deren Verbindungsstück dient zur Gewichtsangleichung des drehbaren Kopfes, so dass die Reibung der Spindel im Halslager eine möglichst geringe ist.

240.  
Drehbare  
Luftfänger.

Fig. 106.

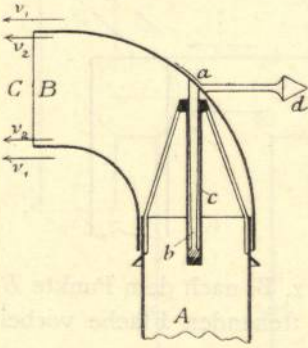


Fig. 107.

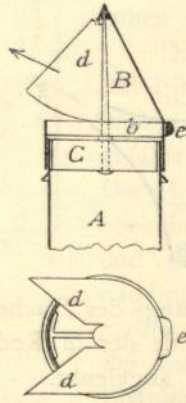


Fig. 107 stellt einen anderen drehbaren Saugkopf im Grundriss und lotrechten Schnitt dar. Hier besteht der drehbare Kopf  $B$  aus einem Blechkegel, dessen Wand, nachdem man zwei wagrechte und einen lotrechten Schnitt in ihr angebracht hat, aufgebogen ist, so dass diese Wandteile  $d, d$  mit der Windrichtung gleichlaufend sind. Im festen Rohre  $A$  ist, mit Hilfe des Steges  $C$ , eine Spindel befestigt, deren Spitze den drehbaren Kegel  $B$  an dessen Spitze und deren unterer runder Teil, unter Vermittelung des Steges  $b$ , die Grundlinie des Kegels flützt und führt.  $e$  bezeichnet ein Gegengewicht zur Ausgleichung

des durch das Ausbiegen der Lappen  $d, d$  einseitig gewordenen Gewichtes des drehbaren Kegels.

Unter vielen ähnlichen Saugköpfen nenne ich hier noch diejenigen von

*Reder*<sup>168)</sup> und von *Banner*<sup>169)</sup>.

Die drehbaren Saug- und Einblasköpfe leiden an großer Abnutzung, da sie fast ausnahmslos den Unbilden der Witterung ausgesetzt sind. Namentlich werden die Zapfen und Lager sehr bald ausgeschliffen. Man hat deshalb die Zapfen und Lager häufig aus Glas oder Quarz angefertigt, dadurch aber den Preis der Köpfe nicht unwesentlich erhöht. Diejenigen Köpfe, welche ohne bewegliche Teile sind, jedoch ähnliches leisten wie die drehbaren Köpfe, werden daher im allgemeinen vorgezogen; man bezeichnet sie häufig mit dem Namen Deflektoren, auch Ein- bezw. Auslenker.

241.  
Unbewegliche  
Saug- und  
Blasköpfe.

Sie haben die Aufgabe, die Windrichtung so abzulenken, dass diese entweder blasend oder saugend zu wirken vermag.

Ein Luftstrom, welcher winkelrecht gegen eine ebene Fläche  $AB$  (Fig. 108) stößt, verliert seine Geschwindigkeit in seiner bisherigen Bewegungsrichtung; die

Fig. 108.

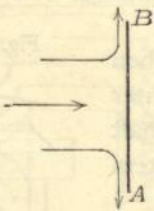


Fig. 109.

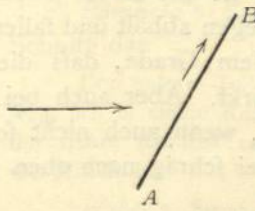
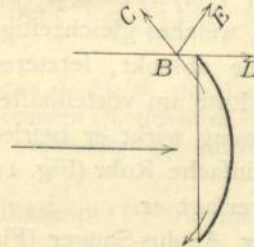


Fig. 110.



lebendige Kraft verwandelt sich in Druck, welcher die Luft nach allen Seiten längs der ebenen Platte  $AB$  fortstößt. Diese Ablenkungsart wird für viele Saugköpfe benutzt, indem man den Windstrom winkelrecht gegen eine ebene Fläche wie in

<sup>168)</sup> Vergl.: REDER. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. für Hannover 1854, S. 307.

<sup>169)</sup> Siehe: *Iron*, Bd. 8, S. 424; Bd. 15, S. 307.

Fig. 108, geneigt gegen eine folche wie in Fig. 109, oder gegen erhabene oder hohle Flächen, wie in Fig. 110, führt. Vielfach wird jedoch die Saugwirkung an den Rändern der Flächen überschätzt; in dem Falle von Fig. 110 bewegt sich die auf die

Fig. 111.

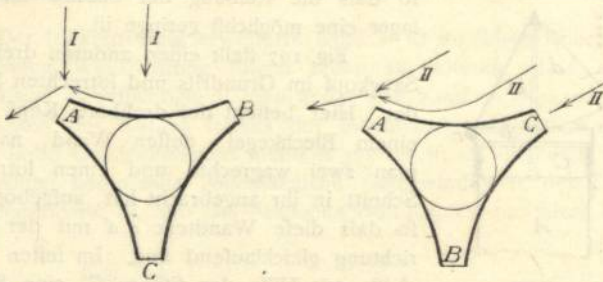
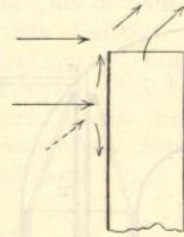


Fig. 112.



Fläche  $AB$  treffende Luft zwar zunächst längs der Fläche, z. B. nach dem Punkte  $B$ ; infolge anderer Windteile, welche am Rande der in Rede stehenden Fläche vorbeizuströmen fuchen, wird aber die Richtung abgelenkt.

Die Saugwirkung des dreieckigen Kopfes, dessen Einrichtung die wagrechten Schnitte in Fig. 111 veranschaulichen, ist daher ziemlich gering, solange der Wind ihn im Sinne der Pfeile  $I$  trifft, indem an den Spalten  $A$  und  $B$  der Wind nur in ungünstiger Weise zu fangen vermag. Die Pfeilrichtung  $II$  beeinflusst die Spalten  $A$  und  $B$  in vorteilhafterer Art, während durch den Spalt  $C$  geradezu Luft eingeblasen wird. Der in Rede stehende Saugkopf, sowie seine feinen Abarten sind sonach wenig zu empfehlen; ich begnüge mich daher, in Bezug auf derartige Köpfe auf die unten angezogene Quelle<sup>170)</sup> zu verweisen.

Vorteilhafter ist die Wirkung des einfachen, außen glatten Rohres (Fig. 112), solange der Wind winkelrecht oder gegen das lotrechte Rohr in steigender Richtung trifft.

Ist die Windrichtung jedoch nach unten geneigt, so hört die Saugwirkung bald auf (bei 22 Grad gegen die Wagrechte), und bei weiterer Vergrößerung des Winkels bläst der Wind in das Rohr. Das einfache Rohr ist ferner mit dem Mangel behaftet, daß es keinerlei Schutz gegen das Einfallen des Regens gewährt.

Der *Wolpert*-Sauger (Fig. 113) ist mit einem Dach  $D$  versehen, welches gleichzeitig den Regen abhält und fallende Luftströme ablenkt, letzteres in dem Grade, daß die von oben fallende Luft am vorteilhaftesten wirkt. Aber auch bei wagrechter Luftströmung wirkt er befriedigend, wenn auch nicht so vorteilhaft als das einfache Rohr (Fig. 112). Bei schräg nach oben gerichtetem Winde verfährt er.

Der *Aeolus*-Sauger (Fig. 114) paßt für alle Windrichtungen und ist regendicht.

Das einfache Rohr ist in der Zusammenstellung, welche Fig. 115 wiedergibt, ebenfalls zur Benutzung geneigt fallenden Windes geeignet. Dieser Sauger ist von *H. Krigar* in der Form

Fig. 113.

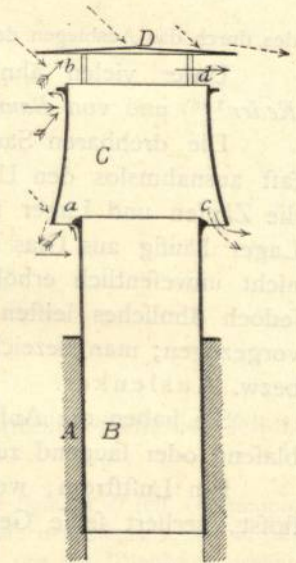
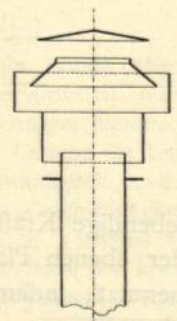
Luftfänger von *Wolpert*.

Fig. 114.

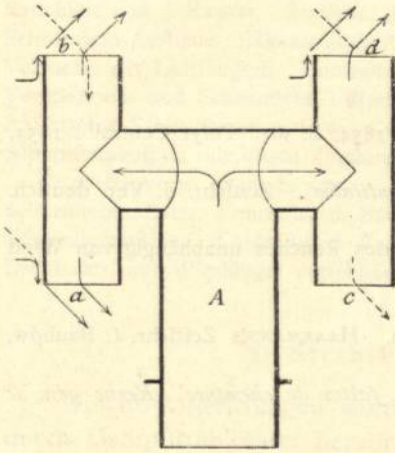
*Aeolus*-Sauger.

170) BOYLE. *Iron*, Bd. 11, S. 552 — ferner: BANNER. *Iron*, Bd. 13, S. 308.



hergestellt worden, daß rings um das Mittelrohr *A* eine größere Zahl oben und unten offener Röhre angebracht sind<sup>171)</sup>. Versuche über die Leistungsfähigkeit der Sauger sind von *Wolpert*<sup>172)</sup> und in größerer Ausführlichkeit von *H. Rietschel*<sup>173)</sup> ausgeführt worden. Die letztere Quelle enthält auch Angaben über verschiedene andere Sauger.

Fig. 115.

Luftfauger von *Krigar*.

Man hat auch solche Einrichtungen geschaffen, welche sowohl das Zuführen als auch das Abführen der Luft unmittelbar beforgen.

Fig. 116.

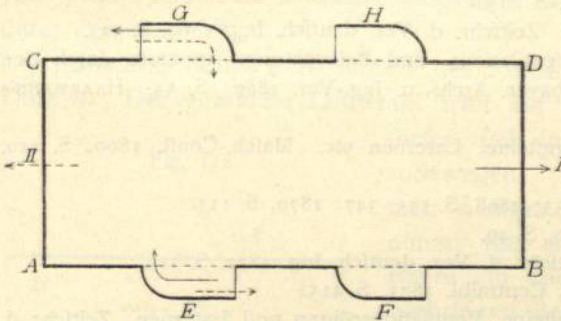
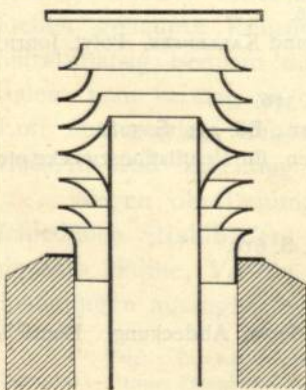


Fig. 117.

Saugkopf von *Römheld*.

Die besprochenen Köpfe vermitteln entweder das Einblasen oder das Ausaugen der Luft. Es muß aber ebensoviele Luft aus einem Raume abgeführt werden, als in denselben eingebläst wird. Die Mittel, welche die Luftbewegung so einseitig beeinflussen wie die vorhin beschriebenen Saug- und Blasköpfe, vermitteln die andere Aufgabe dadurch, daß sie im zugehörigen Raume eine niedrigere oder höhere Spannung als diejenige der freien Luft hervorbringen und vermöge des Spannungsunterschiedes das Zu- oder Abfließen der Luft veranlassen.

Fig. 116 ist ein wagrechter Schnitt durch eine derartige, auf einen Eisenbahnwagen gesetzte Haube. An den lotrechten Langseiten *AB* und *CD* der Haube sind Taschen *E, F, G, H* angebracht, deren Hohlräume mit dem Inneren der Haube oder des Wagens vermöge vergitterter Oeffnungen in Verbindung stehen. Sofern nun der Wagen in der Richtung des (ausgezogenen) Pfeiles *I* sich bewegt, so wird die Luft durch die Taschen *E* und *F* eingeblasen, während an den Oeffnungen der Taschen *G* und *H* eine Saugwirkung eintritt. Die Bewegungsrichtung *II* (punktirt) des Wagens veranlaßt das Saugen an den Taschen *E* und *F* und das Einblasen durch die Taschen *G* und *H*.

*Römheld's* Kopf<sup>174)</sup> stellt Fig. 117 in lotrechtem Schnitt dar.

Der untere Teil dient zum Einblasen der Luft; sie bewegt sich in einem Kanal ringförmigen Querschnittes nach unten; der obere Kopfteil vermittelt gleichzeitig das Abaugen durch das Mittelrohr.

*Huber's* Saug- und Blaskopf<sup>175)</sup> ist mit dem beschriebenen nahe verwandt.

Angefichts der schon erwähnten geringen Ver-

171) Siehe: Hannov. Wochbl. f. Handel u. Gewbe. 1880, S. 372.

172) Siehe: Zeitschr. f. Biologie 1877, S. 406.

173) Siehe: Gesundh.-Ing. 1906, S. 473.

174) Siehe: Deutsche Bauz. 1884, S. 331.

175) Siehe: Gesundh.-Ing. 1883, S. 471.

läfslichkeit der besprochenen Mittel zur Bewegung der Luft verdienen sie nicht die Beachtung, welche ihnen oft gefchenkt wird.

### Literatur

über »Saug- und Blasköpfe«.

- REDER. Effenkopf. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1854, S. 307. Polyt. Centralbl. 1854, S. 850. Polyt. Journ., Bd. 133, S. 98.
- MUIR, G. W. Der Vier-Richtungs-Ventilator (*Four-pointed-Ventilator*). Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1859, S. 21.
- KNOBLAUCH. Schornstein-Aufsatz von *Peters* zur Abführung des Rauches unabhängig von Wind und Luftströmungen. Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 620.
- FISHER. Schornsteinkappe. *Engineer*, Bd. 11, S. 5.
- Ueber die Formen der Schornsteine und Schornsteinkappen. HAARMANN'S Zeitfchr. f. Bauhdw. 1862, S. 43.
- Le cone préservateur. Appareil gradué servant à coiffer les faîtes de cheminée. Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 19.
- Schornsteinköpfe, Kappen. *Builder* 1862, S. 96.
- GRÄFF. Schornsteinaufsätze. Polyt. Centralbl. 1863, S. 772.
- ELBERG. Schornsteinköpfe zur Erhaltung des Zuges bei regnerischem und windigem Wetter. *Scient. American*, Bd. 7, S. 384.
- SWEET. Schornsteinaufsatz zur Verhinderung des Rauchens. *Scient. American*, Bd. 10, S. 264.
- HASE. Ueber den *Muir'schen* Lüftungsapparat. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 225.
- BERNE. Schornsteinaufsatz. *Engineer*, Bd. 21, S. 213.
- EULER, F. *Wolpert's* Rauch- und Luftfauget. Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869, S. 323.
- WOLPERT. Verbefferung der Feuerungs-, Ventilations- und Beleuchtungs-Apparate durch den Rauch- und Luftfauget. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 54. HAARMANN'S Zeitfchr. f. Bauhdw. 1869, S. 156.
- WOLPERT. Rauch- und Luftfauget für Schornsteine, Laternen etc. Mafch.-Conf. 1869, S. 219. Polyt. Centralbl. 1869, S. 855.
- Schornsteinkappen. Deutsche Bauz. 1867, S. 53; 1868, S. 135, 347; 1870, S. 113.
- JACKSON'S chimney terminal. *Engineer*, Bd. 29, S. 49.
- FISCHER, H. Ueber Schornsteinaufsätze. Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 219.
- WEIGELIN. Ueber Schornsteinaufsätze. Polyt. Centralbl. 1875, S. 415.
- WOLPERT, A. Ueber Windkappen für Schornsteine, Ventilationsröhren und Laternen. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—77, S. 3.
- WOLPERT, A. Ueber die faugende Wirkung des Windes an Rohrmündungen und Rohraufsätzen. Zeitfchr. f. Biologie 1877, S. 406.
- Neuer Schornstein-Aufsatz. Deutsche Bauz. 1878, S. 164; 1881, S. 116.
- Ueber Schornsteinaufsätze von G. HEGER, HAMILTON, HEINR. FISCHER und KALLENSEE. Polyt. Journ., Bd. 250, S. 325.
- VOGDT. *Hanel's* neuer Schornsteinaufsatz. Polyt. Journ., Bd. 228, S. 376.
- KRIGAR, H. Rauch- und Luftfauget (Schornsteinaufsatz). Polyt. Journ., Bd. 231, S. 328.
- Ueber Schornsteinaufsätze zur Verhütung des Rauchens der Zimmeröfen, für Ventilationszwecke etc. Hannov. Wochbl. f. Handel u. Gwbe. 1880, S. 370.
- New chimney cap and ventilator. Scient. American*, Bd. 43, S. 275.
- BOYLE'S chimney cowl. *Iron*, Bd. 16, S. 399. *Building news*, Bd. 39, S. 614.
- Einfacher Kaminhut. Baugwks.-Ztg. 1881, S. 587.
- BARTLETT'S Schornsteinhut. Polyt. Journ., Bd. 239, S. 115.
- Ueber die Ausmündung der Rauch- und Ventilations-Rohre und deren Abdeckung. Deutsche Bauz. 1883, S. 174.
- Ventilations-Apparat für Eifenbahnwagen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 53.
- Ein Angriff auf die Ventilationskappen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 107.

- Neue Schornstein-Abdeckung. Deutsche Bauz. 1884, S. 24. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 10.  
 Bauwks.-Ztg. 1884, S. 28.
- BERNAU, E. Schornstein-Abdeckung. Deutsche Bauz. 1884, S. 99.
- Schornstein-Abdeckung. Bauwks.-Ztg. 1884, S. 261.
- Rauchhut von J. KEIDEL. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 170.
- Schornstein-Aufbauc. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1885, S. 21.
- Verfuche mit Luftfagern. Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 523.
- Ventilations- und Schornstein-Auffatz. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 456.
- Auffatz für Schornsteine u. f. w. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 448.
- Schornsteinauffatz mit durch Zugfängen zwangläufig miteinander verbundenen Klappen. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 372.
- Schornsteinauffatz. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 12.
- Schornsteinauffatz. Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 548.
- Drehbarer, mit Windflügel verfehener Schornsteinauffatz. Zentralbl. d. Bauverw. 1907, S. 182.

### 3) Strahlvorrichtungen oder Strahler.

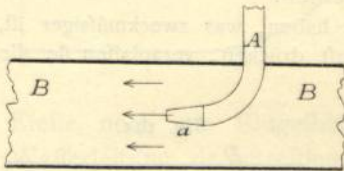
Es ist vorgeschlagen worden, die Bewegung des Wassers der Wasserheizungen durch Dampfstrahlbläser hervorzurufen. Der Vorschlag dürfte indeffen von nur geringem Wert sein, da, wenn man überhaupt gespannten Dampf zur Verfügung hat, dieser zur unmittelbaren Ueberführung der Wärme an die einzelnen Heizkörper mehr geeignet ist als das durch den Dampf erwärmte Wasser.

Anders ist es mit Luft-, Dampf- und Wasserstrahlbläsern zur Bewegung der Luft. Erstere wurden zuerst im großen für die Pariser Weltausstellung des Jahres 1867 von *Piarron de Mondésir* ausgeführt und haben späterhin wiederholt Verwendung gefunden<sup>176)</sup>.

*Mondésir* führt z. B. mittels des Rohres *A* (Fig. 118) die gespannte Luft zur Düse *a*. Der gebildete Luftstrahl trifft auf die Luft des Rohres *B* und veranlaßt dieses, sich in der Richtung des Luftstrahles mitfortzubewegen. Von der gespannten Luft gebraucht man weniger als von der ungespannten; außerdem nimmt die erstere einen verhältnismäßig kleineren Raum ein und gestatten die Pumpen, die zum Hervorbringen der Spannung dienen, diese so zu steigern, daß größere Bewegungshindernisse, also größere Geschwindigkeiten im Rohrnetz der gespannten Luft zulässig werden. Alles zusammengekommen ermöglicht kleine Querschnitte für das oben genannte Rohrnetz; man vermag daher von der Betriebsstelle aus verhältnismäßig bequem die Betriebskraft auf eine große Zahl von Stellen zu verteilen; man vermag an diesen Stellen Luft des Freien einzufaugen oder gebrauchte Luft auszuwerfen, also trotz gemeinschaftlicher Triebkraft das Kanalnetz für die Luft-Ab- und -Zuleitung in einzelne kürzere Teile zu zerlegen.

Wegen der Leitungswiderstände ist die Spannung der Treibluft in den verschiedenen Strahlbläsern eines und desselben Gebäudes verschieden. Man schaltet deshalb Hähne, Ventile oder ähnliche Drosselmittel in das Rohrnetz, um die Endspannungen auszugleichen.

Fig. 118.



242.  
Strahler  
für Wasser-  
bewegung.

243.  
Strahler  
für Luft-  
bewegung.

<sup>176)</sup> Vergl.: PIARRON DE MONDÉSIR & LEHAITRE. *Communication relative à la ventilation par l'air comprimé*. Paris 1867 — fern: PIARRON DE MONDÉSIR. *Ventilation par l'air comprimé*. Paris 1876 — endlich: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 16. — *Bulletin de la société industrielle de Mulhouse* 1877, S. 5. — *Scient. American* 1880, Febr., S. 86. — Deutsche Bauz. 1867, S. 481. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1868, S. 46. — *Iron*, Bd. 19, S. 639; Bd. 20, S. 1.

Die *Green'schen* Düfen (Fig. 119<sup>177</sup>) haben die Aufgabe, die Regelung der Spannung selbständig zu vermitteln. Das Rohr *C* führt die gespannte Luft in den Düfenkopf *B*. Vermöge der Luftspannung wird der Körper *d*, welchen die in der Hülse *A* untergebrachte Feder in der gezeichneten Stellung zu erhalten sucht, nach oben geschoben, wodurch ein freier Spalt zwischen der Mündung des Düfenkörpers *B* und dem nach unten sich verjüngenden Körper *d* entsteht. Dieser Spalt gestattet der gespannten Luft, mit großer Geschwindigkeit auszufrömen und die im Rohr *D* befindliche Luft nach *E* zu schleudern. Je größer die Spannung der Luft in *B* ist, umso mehr wird *d* nach oben geschoben, also umso breiter der Spalt. Mit Hilfe der veränderlichen Federspannung vermag man aber dem gegen *d* wirkenden Luftdruck einen veränderlichen Widerstand entgegenzusetzen, d. h. man vermag die Luftausfrömung den Verhältnissen anzupaffen.

Lediglich zum Abfugen der Luft ist das *Körting'sche* Strahlgebläse<sup>178</sup>) verwendbar. Es ist indes zu geräuschvoll, als daß es für Wohnräume, Versammlungssäle u. f. w. verwendbar wäre. Für die Lüftung der Bergwerke soll es häufig gebraucht werden.

Wasserstrahlbläser zum Bewegen der Luft sind für kleinere Verhältnisse verwendet worden<sup>179</sup>); ihre Nutzleistung ist gering, weshalb ihr Gebrauch nur gerechtfertigt werden kann, wenn man gleichzeitig Luftanfeuchtung beabsichtigt.

#### 4) Bewegungen durch feste Flächen.

Die Zylinder- oder Kolbenbläser finden für die Zwecke der Heizung und Lüftung höchst selten Verwendung; ebenso die Kapfelbläser; sie können daher hier übergangen werden. Dagegen wird häufig von den Flügelbläsern Gebrauch gemacht.

Für kleine Drücke  $p$  (etwa bis 8 kg für 1 qm aufwärts) sind die Windflügel oder Schraubenbläser (Fig. 120) zu empfehlen.

Die Flügel sind schräg gegen die Drehachse gestellt oder haben, was zweckmäßiger ist, die schraubenförmige Gestalt. Indem die Flügel gegen die Luft drücken, veranlassen sie die letztere, winkelrecht gegen die Flügelfläche auszuweichen, welche Bewegung *ab* zerlegt werden kann in die nützliche *ac*, deren Richtung der Drehachse gleichlaufend ist, und in die schädliche *ad*, welche winkelrecht zur Drehachse auftritt und die Reibung der Luft erheblich vermehrt. Behufs Ausbeutung der ganzen Geschwindigkeit hat man mit Vorteil Leitchaufeln angewendet<sup>180</sup>).

Die Geschwindigkeit der Flügel ist in der Nähe der Drehachse erheblich geringer als in größerem Abstand von letzterer. Um die hieraus entstehende Ungleichheit der Wirkung zu mindern, wählt man die durch Fig. 121 angegebene Einrichtung.

Die kurzen Flügel *A* sitzen auf dem Umfang einer Trommel, die mit Hilfe von Armen an der Welle *B* befestigt ist. Ein Drehkörper *C* lenkt die Luft allmählich den Flügeln *A* zu und

Fig. 119.

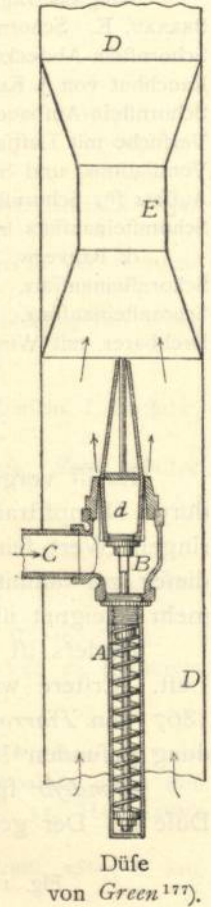
Düse von Green<sup>177</sup>).

Fig. 120.

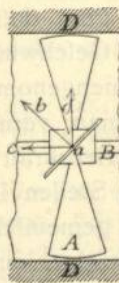
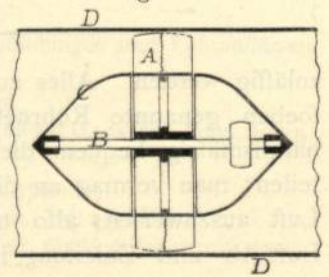


Fig. 121.



<sup>177</sup>) *Scient. American*, Bd. 42, S. 86.

<sup>178</sup>) *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1875, S. 662.

<sup>179</sup>) *D. R.-P.* Nr. 13492 u. 14827.

<sup>180</sup>) Siehe: *Verh. d. nieder-öst. Gwber.* 1862, S. 359. — *Mith. d. Gwber. f. Hannover* 1862, S. 313.

vermindert hierdurch die Luftwirbelungen und die mit diesen zusammenhängenden Verluste. Der Mantel *D*, welcher nicht selten aus Mauerwerk gebildet ist, umschliesst die Flügel, natürlich möglichst eng.

Für grössere Drücke  $p$  (bis 150 kg für 1 qm aufwärts) dürfte der Schleuderbläser oder der Zentrifugalventilator (Fig. 122 u. 123) unbedingten Vorzug vor dem vorhergenannten verdienen.

245.  
Schleuder-  
bläser.

Fig. 122.

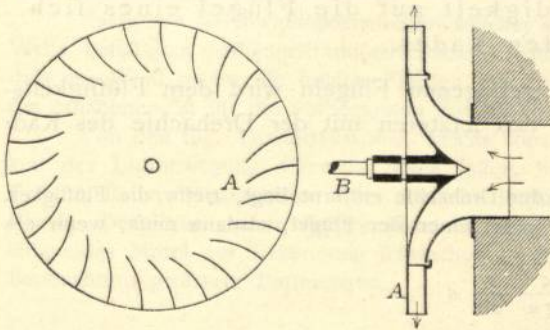
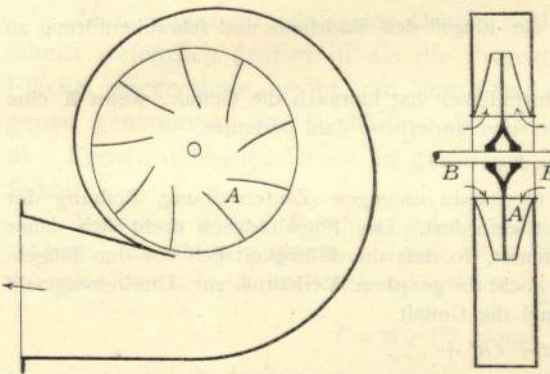


Fig. 123.



Die Luft strömt in der Richtung der Drehachse *B* ein, durchströmt das Flügelrad *A* bis zu seinem Umfang und gelangt in tangentialer Richtung zum Abfluss. Diese mehrfache Richtungsänderung des Luftstromes verursacht nicht unerhebliche Verluste infolge der entstehenden Wirbel, welche Verluste jedoch gegenüber der in Frage kommenden grösseren Preßung weniger in das Gewicht fallen.

Die erforderliche Betriebskraft der Flügelgebläse ist für beste Einrichtungen, wenn *N* die Zahl der Pferdestärken,  $\mathcal{Q}$  die stündlich geförderte Luftmenge (in Kilogr.) und  $p$  den erzielten Ueberdruck (in Kilogr.) für 1 qm bezeichnet:

$$N = \frac{1}{100\,000} \mathcal{Q} p. \quad \dots \quad 108.$$

Da die Anwendung der Bläser besondere Maschinenanlagen bedingt, das Hinzuziehen eines Maschinenkundigen beim Entwurf einer derartigen Anlage daher unerlässlich ist, so darf ich mich darauf beschränken, in Bezug auf weitere Rechnungen und Einrichtungen auf die unten genannten Quellen zu verweisen<sup>181)</sup>.

Zu erwähnen sind an dieser Stelle noch die Flügelbläser oder Flügelgauer, auf deren Achse ein von der Wasserleitung zu betreibendes Kreiselrad angebracht ist. Ihnen ist eine weit grössere Nutzleistung als den Wasserstrahlbläsern eigen; dabei lässt sich die Luftanfeuchtung mit ihnen regelbar verbinden<sup>182)</sup>.

### e) Messen der Geschwindigkeit bewegter Flüssigkeiten.

Es ist nicht selten erwünscht — sei es, um die Tätigkeit einer Heizungs- und Lüftungsanlage zu beobachten, sei es, um ihren Betrieb regeln zu können — Kenntnis von den Geschwindigkeiten zu erhalten, mit denen die Flüssigkeiten sich in den betreffenden Leitungen bewegen. Die hierzu erforderlichen Messungen erfolgen auf drei verschiedenen Wegen, indem entweder bestimmt wird, welcher

246.  
Verfahren.

181) WEISSBACH, J. Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. Theil III. 2. Aufl. von G. HERMANN. Braunschweig 1876—79.

RITTINGER. Centrifugalventilatoren und Pumpen. Wien 1858.

FINK, C. Theorie und Construction der Brunnen-Anlagen, Kolben- und Centrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhaustoren. 2. Aufl. Berlin 1878.

182) D. R.-P. Nr. 24 445. — Siehe auch: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 605.

Flüssigkeitsraum in einer bestimmten Zeit die Rohrleitung durchfließt und aus diesem auf die Geschwindigkeit geschlossen wird, oder indem der Druck, welchen die bewegte Flüssigkeit auf eine feste Fläche ausübt, als Maß der Geschwindigkeit dient, oder endlich indem die Geschwindigkeit auf die Flügel eines Rades, dessen Umdrehungszahl die Größe der Geschwindigkeit ausdrückt, übertragen wird.

1) Uebertragen der Geschwindigkeit auf die Flügel eines sich drehenden Rades.

247.  
Flügelrad.

Ein Rädchen mit schraubenförmig gebogenen Flügeln wird dem Flüssigkeitsstrom so ausgesetzt, daß die Richtung des letzteren mit der Drehachse des Rädchens zusammenfällt.

An irgend einem Punkte der um  $\zeta$  von der Drehachse entfernt liegt, treffe die Flüssigkeit mit der Geschwindigkeit  $V$  unter dem Winkel  $\alpha$  auf einen der Flügel; alsdann muß, wenn ein Stoß vermieden werden soll,

$$V = \frac{\zeta}{\operatorname{tg} \alpha} \frac{\pi}{30} n$$

sein;  $n$  bedeutet die Zahl der Umdrehungen des Rades in der Minute. Für ein und dasselbe  $V$  soll selbstverständlich daselbe  $n$  erhalten werden; sonach muß, da  $\frac{\pi}{30}$  unveränderlich ist, auch  $\frac{\zeta}{\operatorname{tg} \alpha}$  eine unveränderliche Größe sein, d. h. die Flügel des Rädchens sind schraubenförmig zu gestalten.

Die Gleichung für Gewinnung der Geschwindigkeit hat hiernach die Gestalt, wenn  $\mathfrak{A}$  eine von der Konstruktion des Rädchens abhängende unveränderliche Zahl bedeutet,

$$V = \mathfrak{A} n.$$

Der Bewegung des Rädchens stehen Widerstände entgegen (Zapfenreibung, Reibung der Zählwerke u. f. w.), deren Ueberwindung Arbeit erfordert. Das Flügelrädchen dreht sich daher langsamer, als die zuerst gegebene Formel bestimmt, so daß die Flüssigkeit sich vor den Flügeln ein wenig anstaut. Die genannte Arbeit steht nicht in geradem Verhältnis zur Umdrehungszahl des Rädchens; man hat daher der obigen Formel die Gestalt

$$V = a + bn + cn^2 + \dots$$

gegeben und bestimmt für jedes Gerät die Werte  $a, b, c \dots$  durch Versuche. In der Regel benutzt man nur die beiden ersten Glieder der letztgenannten Formel zur Bestimmung von  $V$ , was zulässig ist, da die Widerstände sich mit der Zeit ändern, also niemals genau berücksichtigt werden können.

Alle Wirbelungen der Flüssigkeiten stören die richtige Drehung des Rädchens, weshalb dessen Verwendung nur in geraden Kanal- oder Rohrtrecken zulässig ist. Ebenso müssen die Gestellteile des Rädchens so gestaltet sein, daß sie möglichst wenig zur Hemmung des Flüssigkeitsstromes beitragen — in dieser Beziehung werden oft recht grobe Fehler gemacht — und die beobachtenden Personen sich in demselben Sinne aufstellen. Letztere Forderung bedingt, daß man das Zählwerk aus größerer Entfernung mit dem Rädchen in Verbindung bringen oder es ausschalten kann, was entweder durch Benutzung einer Zugseilnase oder besser durch einen Elektromagnet geschehen kann.

248.  
Anemometer.

Auf dem Gebiete des Heizungs- und Lüftungswesens benutzt man das sich drehende Flügelrädchen nur zum Messen der Luftgeschwindigkeit. Letztere ist selbst in einem sehr regelmässig gestalteten Kanal nicht gleich; ein und derselbe Querschnitt läßt vielmehr an verschiedenen Stellen sehr verschiedene Geschwindigkeiten erkennen, wobei keineswegs immer in der Mitte des Querschnittes der größte Wert

gefunden wird. Eine einigermaßen zuverlässige Beobachtung erfordert deshalb das gleichzeitige Aufstellen mehrerer solcher Windrädchen, sog. Anemometer, oder eine dauernd gleichmäßige Bewegung der Luft, so daß man Zeit hat, das eine oder die wenigen verfügbaren Windrädchen nacheinander an verschiedenen Punkten eines Querschnittes aufzustellen. Es liegt auf der Hand, daß das erstere Verfahren weit mehr Zutrauen verdient als das letztere, weil es nahezu unmöglich ist, für längere Zeit einen gleichförmigen Betrieb einer Anlage zu erhalten.

*Robinson's* Geschwindigkeitsmesser, welcher aus vier mittels Arme an einer leicht drehbaren Welle befestigten halbkugelförmigen Schalen besteht und dadurch in Umdrehung versetzt wird, daß der Wind gegen die hohlen Flächen der Schalen einen größeren Druck ausübt als gegen die erhabenen, ist für die vorliegenden Zwecke nicht zu verwenden.

Von den sog. Anemokopen, welche vorwiegend die Richtung, weniger die Geschwindigkeit der Luftbewegung erkennen lassen sollen, sind zu nennen: an feinen Fäden aufgehängte Federn, Baumwollbäufchen oder ähnliche leichte Gegenstände, kleine mit Gas gefüllte Bälle, Rauch. Der Rauch einer Zigarre ist nicht allein ein sehr brauchbares, sondern auch wenig belästigendes Mittel zur Erkennung schwacher Luftströmungen<sup>183)</sup>; Pulverrauch empfiehlt sich zur Beobachtung größerer Luftmengen.

## 2) Messen des Druckes, welchen der Stofs der bewegten Flüssigkeit auf eine ruhende Fläche ausübt.

Man nimmt an, daß der Druck, welchen ein Flüssigkeitsstrom, dessen Querschnitt wesentlich größer ist als die Projektion einer von ihm getroffenen ruhenden Fläche, gegen diese ausübt, mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachse, obgleich, genau genommen, das Verhältnis des Druckes zur Geschwindigkeit etwas anderes ist. Ferner steht der Druck in geradem Verhältnis zum Einheitsgewicht der Flüssigkeit.

Bezeichnet  $\mathfrak{A}$  eine Wertziffer, welche von der Natur und Größe der getroffenen Fläche abhängt,  $\gamma$  das Gewicht der Raumeinheit,  $V$  die Geschwindigkeit der Flüssigkeit und  $P$  den entstehenden Druck, so ist die Beziehung zwischen diesen beiden durch die Formel auszudrücken:

$$P = \mathfrak{A} \gamma V^2 \quad \text{oder} \quad V = \sqrt{\frac{P}{\mathfrak{A} \gamma}} \quad \dots \dots \dots 109.$$

Ein sehr einfach scheinendes Mittel zum Messen des Druckes  $P$  ist die *Pitot'sche Röhre*<sup>184)</sup>. Zwei Rohre liegen bis zu der Stelle, an welcher die Geschwindigkeit gemessen werden soll, lotrecht nebeneinander; hier endet die eine mit freiem Querschnitt, während die andere rechtwinkelig umgebogen und zugespitzt ist, so daß die Mündung senkrecht von der bewegten Flüssigkeit getroffen wird. Ist die letztere z. B. Wasser, so steigt sie in dem mit Biegung versehenen Rohr höher als im anderen; der Höhenunterschied bezeichnet die Größe des Druckes  $P$ . Vorhin war vorausgesetzt, daß das Wasser sich annähernd wagrecht bewege; durch Aenderungen der Gestalt der *Pitot'schen Röhre* vermag man sie jedoch auch für lotrechte oder geneigte Leitungen zu verwenden, indem man zur Beobachtung der Wassergeschwindigkeit die Messröhre mit Quecksilber, zur Beobachtung der Luftgeschwindigkeit mit Wasser füllt. Die geringen Geschwindigkeiten, welche in den Leitungen der Heizungs- und Lüftungsanlagen vorkommen, bringen nur einen geringen Druckunterschied hervor, so daß es nötig wird, die zum Ablefen dienenden Enden der Rohre geneigt anzuordnen.

Statt der Flüssigkeitsflächen kann man auch feste Flächen anwenden, gegen welche die bewegte Flüssigkeit unter einem rechten oder spitzen Winkel stößt.

Bei *Wolpert's* Anemometer sind die festen Flächen, gegen welche die Flüssigkeit stößt, in Gestalt eines Windrädchens angeordnet, welches infolge des Druckes

249.  
Geflossene  
Flächen.

250.  
*Wolpert's*  
Anemometer.

<sup>183)</sup> Vergl.: RECKNAGEL, G. Ueber ein zu Geschwindigkeitsmessungen an Luftströmen geeignetes Instrument. WIEDEMANN'S Annalen 1878, S. 149.

<sup>184)</sup> Vergl.: RÜHELMANN, M. Hydromechanik. 2. Aufl. Braunschweig 1880. S. 367.

sich zu drehen bestrebt ist, während eine Feder der Drehung Widerstand leistet. Da der freie Querschnitt zwischen den Flügeln wesentlich kleiner ist als derjenige, welcher vom Gerät beherrscht wird, so entsteht eine Stauung der bewegten Flüssigkeit, die Seitenbewegungen und Wirbelungen verursacht.

Andere lassen den Strom, dessen Geschwindigkeit gemessen werden soll, möglichst winkelrecht gegen eine Platte stoßen, die mit einem belasteten Hebel derart verbunden ist, daß der Grad des Ausschlags dieses letzteren die Größe des Druckes  $P$  anzeigt<sup>185</sup>). Solche schon im vorigen Jahrhundert bekannte Einrichtungen sind besonders geeignet, der Bedienungsmannschaft Kunde von der Geschwindigkeit der Luft in den Kanälen zu geben; sie werden zu diesem Zwecke an den Beobachtungsstellen dauernd angebracht.

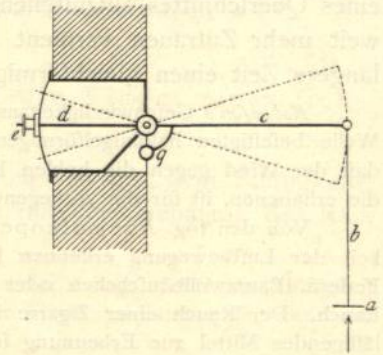
Fig. 124 stellt einen Luftgeschwindigkeitszeiger für einen lotrechten Kanal im Schnitt dar.

$a$  bezeichnet eine ebene Platte, die mittels eines Drahtes  $b$  am doppelarmigen Hebel  $cd$  hängt. Am Ende  $d$  dieses Hebels ist eine Mutter  $e$  zum Andrücken einer Zeigerplatte benutzt, welche mit letzterer und dem linksseitigen Hebelende die rechtsseitige Hebelhälfte nebst Platte  $a$  im Gleichgewicht hält, solange bewegte Luft nicht auf  $a$  wirkt. Ein Gewicht  $q$  hängt, wenn der Hebel in mittlerer Lage sich befindet, mitten unter der Drehachse des letzteren. Jede nach oben gerichtete Luftströmung gibt dem Zeiger bei  $c$  einen Ausschlag nach unten, jede entgegengesetzte einen solchen nach oben. Das Ganze ist so an einem gußeisernen Kasten angebracht, daß man es leicht herausnehmen kann.

Um fortwährendes Pendeln des Hebels zu verhüten, verbindet man letzteren wohl mit einer in Wasser, Oel oder dergl. spielenden Scheibe. Dies ist bei dem Luftgeschwindigkeitszeiger für wagrechte Kanäle, welchen Fig. 125 darstellt, vorgesehen.

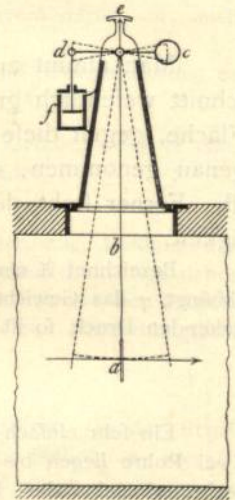
Die Platte  $a$  ist hier mit dem Hebel  $b$  fest verbunden; ihr Gewicht sucht diesen in der lotrechten Lage zu erhalten.  $b$  ist an einer wagrecht gelagerten Welle befestigt, welche in einiger Entfernung von  $b$  den Hebel  $cd$  trägt; an der erwähnten Welle ist auch der Zeiger  $e$  befestigt. An  $d$  hängt nun ein Kolben, welcher in dem mit Oel oder einer anderen geeigneten Flüssigkeit gefüllten Gefäße  $f$  spielt.

Fig. 124.



Luftgeschwindigkeitszeiger.

Fig. 125.



Luftgeschwindigkeitszeiger.

### 3) Messen des durch eine Leitung strömenden Flüssigkeitsraumes.

Die betreffenden Einrichtungen finden ausschließlich zum Messen des Leuchtgases (Gasuhren) oder des Wassers (Wassermesser) Verwendung. Zum Messen des Wassers, welches eine Wasserheizungsanlage durchläuft, dürfte nur der Wassermesser von *Rosenkranz*<sup>186</sup>) brauchbar sein, da dieser verhältnismäßig sehr geringe Widerstände bietet. Leider ist das Messen der wirklich eintretenden Wassergeschwindigkeiten in Heizungsleitungen bisher nicht gebräuchlich, was wohl die großen Widerstände der meisten Wassermesser zur Ursache hat, welche möglicherweise die

<sup>185</sup>) Vergl. ebendaf., S. 367, 369 — ferner: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880. S. 246.

<sup>186</sup>) Beschreibung davon in: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1874, S. 145.



geringe bewegende Kraft dieser Leitungen vollständig aufzehren können, sie jedenfalls erheblich beeinträchtigen. Das Anbringen solcher Wassermesser würde in Verbindung mit Thermometern die Prüfung und Beurteilung der betreffenden Anlagen wesentlich erleichtern.

In Bezug auf Gasuhren verweise ich auf *Rühlmann's* unten<sup>187)</sup> näher bezeichnetes Werk und auf Art. 51 (S. 48). Solche Raummessgeräte, welche zum Messen des Wassers<sup>188)</sup> und des Gases dienen, würden, entsprechend umgeformt, auch zum Messen des Dampfes benutzt werden können. Mir sind jedoch dementsprechende Einrichtungen nicht bekannt; bis jetzt bestimmt man die Dampfmengen, bezw. Dampfgeschwindigkeiten nach dem Druckunterschiede und dem Ausströmungsquerschnitt (*Birdfill Holly*) oder nach der Menge des Niederschlagwassers<sup>189)</sup>.

### Literatur

#### über »Luftgeschwindigkeitsmesser«.

- RÜHLMANN. Ueber Windgeschwindigkeitsmesser. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1862, S. 26.  
 RÜHLMANN. Ueber Anemometer, besonders das von *Adie*. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1863, S. 109. Polyt. Centralbl. 1863, S. 1266.  
 BARTHOLD. Anemometer zum Messen des Zuges bei Heiz- und Kochöfen. Deutsche Bauz. 1869, S. 221.  
 SCHEURER-KESTNER. *Appareil pour la mesure du tirage dans les cheminées. Bulletin de la soc. ind. de Mulh.*, Bd. 41, S. 429. Polyt. Journ., Bd. 206, S. 448. Polyt. Centralbl. 1874, S. 105.  
 RÜHLMANN, M. Allgemeine Maschinenlehre. Bd. 1. 2. Aufl. Braunschweig 1875. S. 135.  
 ARON. Zugmesser. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1092.  
 BARTHOLD. Die Zugverhältnisse der Heiz- und Kochöfen. Deutsche Bauz. 1876, S. 221.  
 WOLPERT. Ueber Anemometer. Maschin.-Conftr. 1876, S. 276. Deutsche Bauz. 1876, S. 235.  
 WOLPERT, A. Das Flügel-Anemometer. Zeitschr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—77, S. 36.  
 Ein recht praktisches Anemometer und die Ventilationseinrichtungen im hiesigen Zellengefängnisse. Hannov. Wochbl. f. Hand. u. Gewbe. 1878, S. 131.  
 Anemometer von *Negretti u. Zambra*. Rohrleger 1878, S. 93.  
 FRESE. Das Anemometer und seine Anwendung zur Bestimmung der Geschwindigkeit bewegter Luft. Gefundh.-Ing. 1881, S. 23.  
 Luftgeschwindigkeitsmesser von *E. Rosenkranz* und *H. Trom* in Dortmund. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 349.  
 Vorrichtung zur Controle des Zuges in Lüftungscanälen. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 140.

## 10. Kapitel.

### Kanäle für Luft und Rauch.

(Luftkanäle, Rauchkanäle, Lock- und Rauchschornsteine.)

#### a) Abmessungen.

Aus der Gegenüberstellung der Widerstände der Bewegung und der Kraft der bewegenden Mittel gewinnt man ohne weiteres die zweckmäßigsten, bezw. zulässigen Abmessungen der Kanäle. Das Verfahren, welches einzuschlagen ist, mag an der Hand einiger Beispiele näher erörtert werden.

<sup>187)</sup> RÜHLMANN, M. Allgemeine Maschinenlehre. 2. Aufl. Bd. 1. Braunschweig 1875. S. 149—156.

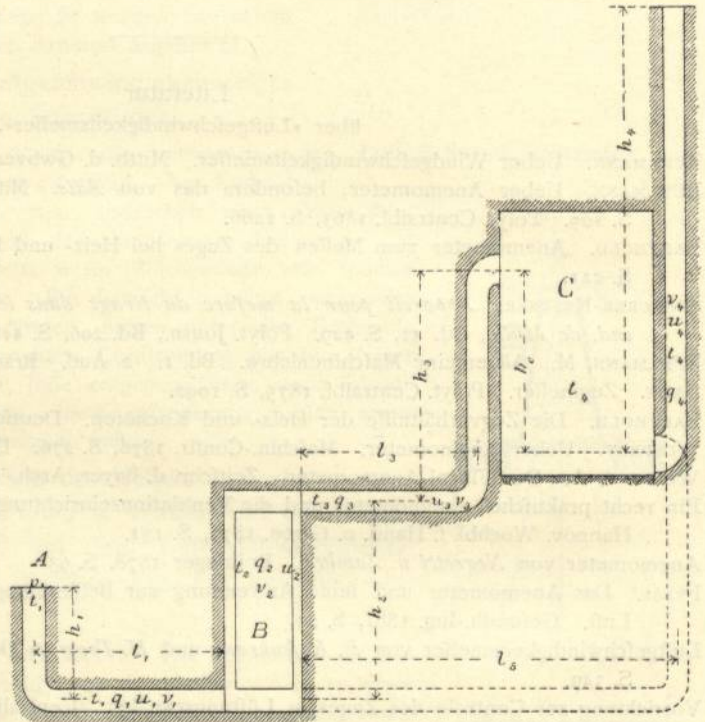
<sup>188)</sup> Die Literatur über »Wassermesser« siehe Kap. 18 dieses Bandes.

<sup>189)</sup> Ueber Dampfmesser vergl.: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 278.

254.  
Heizung  
mit  
Lüftung.

Der Raum *C* (Fig. 126) soll von *A* aus mit frischer Luft versorgt werden. *A* ist eine im Freien liegende Oeffnung; von ihr aus soll die Zuluft, ohne ihre Temperatur  $t_1$  zu verändern, zunächst um  $h_1$  nach unten steigen, dann in einem  $l_1$  langen Kanal wagrecht fortgeführt werden, um in die Heizkammer *B* zu gelangen, wofelbst die Erwärmung auf  $t_3$  Grad erfolgt. Die mittlere Temperatur der Luft ist (vergl. Art. 233, S. 194) in der Heizkammer  $\frac{t_1 + t_3}{2}$ ; die mittlere Geschwindigkeit sei  $v_2$ , der freie Querschnitt  $q_2$  und ihr Umfang  $u_2$ . Die erwärmte Luft durchströmt nunmehr den wagrechten Kanal, welcher  $l_3$  lang ist, und den lotrechten  $h_3$  hohen Kanal, dessen freier Querschnitt  $q_3$  misst, und gelangt durch das Gitter in den Raum *C*. Der Einfachheit der Rechnung halber soll zwischen Heizkammer *B* und Zimmer *C* keine Temperaturänderung, auch keine Aenderung des Kanalquerschnittes, also der Werte  $q_3, u_3$  und  $v_3$  stattfinden; nur das Ausströmungsgitter verlangt eine Querschnittserweiterung, der durch den Ausdruck für den durch diese veranlafsten Widerstand Rechnung getragen werden soll. Aus *C* soll die Luft mittels eines nahe über dem Fußboden mündenden lotrechten Kanals, der  $h_4$  Meter hoch ist, abgeführt werden.

Fig. 126.



Es soll, um jeden Luftwechsel durch Türen, Fenster und Wände so viel als möglich zu vermeiden, der Druck der Luft in halber Höhe zwischen der Zuluft- und Abluftöffnung innerhalb des Zimmers *C* gleich demjenigen des Freien sein.

Der für die Zufuhr der Luft verfügbare Auftrieb ist nach Gleichung 76, da in dem ersten lotrechten Teile der Leitung die Temperatur  $t_1$  der Luft gleich derjenigen des Freien angenommen werden muß, und die Temperatur  $t_4$  des Zimmers angenähert innerhalb der Höhe  $h_c$  unveränderlich bleibt,

$$\mathfrak{A} = (h_2 + h_3) (1,3 - 0,004 t_1) - h_2 \left( 1,3 - 0,004 \frac{t_1 + t_3}{2} \right) - h_3 (1,3 - 0,004 t_3) - \frac{h_c}{2} (t_3 - t_1) 0,004$$

$$\mathfrak{A} = 0,004 \left[ \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2} h_c \right] \dots \dots \dots 110.$$

Diesem Auftrieb sind die folgenden Widerstände gegenüberzustellen (vergl. die Gleichungen 62 bis 70 einschl.), wenn  $\alpha = 0,0006$ , die Wertziffer für Krümmungen  $= 0,4$  und diejenige der Gitterwiderstände  $= 1$  gesetzt und  $\frac{1}{v}$  gegen 20 vernachlässigt wird:

$$\mathfrak{B} = \gamma \left( 20 \alpha l \frac{u}{q} + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots \text{III.}$$

Die genaue Rechnung erfordert nun, diese Widerstände in einzelnen Gruppen einzuführen, nämlich:

$$\mathfrak{B}_1 = \gamma_1 \left( 20 \alpha l_1 \frac{u_1}{q_1} + \Sigma \xi_1 \right) \frac{v_1^2}{2g}; \quad \mathfrak{B}_2 = \gamma_2 \left( 20 \alpha l_2 \frac{u_2}{q_2} + \Sigma \xi_2 \right) \frac{v_2^2}{2g} \dots \text{III.}$$

u. f. w. Sind erhebliche Verschiedenheiten der Luftgeschwindigkeiten aus irgendwelchen Gründen in Aussicht genommen, so wird man dem betreffenden umständlichen Verfahren nicht aus dem Wege gehen können. Man setzt alsdann jenes  $\mathfrak{A}$  (Gleichung 110) der Summe aller  $\mathfrak{B}_1$  (Gleichung 112) gleich und gelangt unter vorläufiger Annahme des  $\frac{u}{q}$  und  $v$  zu einem Urteile darüber, ob die beiden letzt-erwähnten Ausdrücke zutreffend gewählt worden sind oder nicht.

In der Regel sind die  $v$  nicht sehr verschieden voneinander, so daß man in sämtliche Teile des  $\mathfrak{B}$  einen mittleren Wert für  $v$  einsetzen kann. Ebenso kann man für  $\gamma$  einen mittleren Wert annehmen, da es nur in Verbindung mit den durch Schätzung bestimmten Wertziffern für den Widerstand auftritt. Alsdann wird

$$\mathfrak{A} = \mathfrak{B},$$

$$0,004 \left[ \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2} h_c \right] = \gamma \left( 20 \alpha l \frac{u}{q} + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g},$$

oder

$$v = \sqrt{\frac{0,004 \cdot 19,6}{\gamma}} \sqrt{\frac{\left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - h_c \frac{t_4 - t_1}{2}}{20 \alpha l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}} \dots \dots \text{III.}$$

In dieser Gleichung soll für  $\gamma$  der Wert 1,254 eingesetzt werden, was einer mittleren Temperatur von 12 Grad entspricht;  $\alpha$  war zu 0,0006 festgesetzt; also ist  $20 \alpha = 0,012$ , und es entsteht

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{\left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - h_c \frac{t_4 - t_1}{2}}{0,012 l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}} \dots \dots \text{III.}$$

Dies ist das  $v$ , welches erreicht werden kann. Ist nun die Aufgabe gestellt, stündlich eine bestimmte Luftmenge  $\mathfrak{Q}$  (in Kilogr.) in das Zimmer zu fördern, so ist

$$\mathfrak{Q} = 3600 v q (1,3 - 0,004 t) \dots \dots \dots \text{III.}$$

oder

$$v_1 = \frac{\mathfrak{Q}}{3600 q_1 (1,3 - 0,004 t_1)} \text{ u. f. w. } \dots \dots \dots \text{III.}$$

Soll mittels der Luftmenge dem Zimmer  $C$  eine bestimmte Wärmemenge  $W$  geliefert werden, so ist

$$W = \mathfrak{Q} \cdot 0,24 (t_3 - t_4)$$

oder 
$$\mathcal{Q} = \frac{W}{0,24 (t_3 - t_4)} \dots \dots \dots 117.$$
 in Rechnung zu setzen.

Man hat nun mit den so gewonnenen Werten für  $v$ , welche die Aufgabe verlangt, diejenigen zu vergleichen, welche nach Gleichung 114 zu erreichen sind und, wenn eine Uebereinstimmung nicht stattfindet, für die Ausdrücke, welche zu letzteren führten, andere Werte zu wählen.

Für den meistens vorliegenden Fall, daß man sich mit der Berechnung des Mittelwertes von  $v$  begnügt, also im Einklang mit Gleichung 114, liegen für das verlangte  $v$  die Ausdrücke vor

$$v = \frac{\mathcal{Q}}{3600 q (1,3 - 0,004 t)}, \dots \dots \dots 118.$$

oder 
$$v = \frac{W}{0,24 (t_3 - t_4) 3600 q (1,3 - 0,004 t)}, \dots \dots \dots 119.$$

in welche man für  $t$  denjenigen Wert einzusetzen hat, welcher dem betreffenden  $q$  entspricht.

Die in diesen Gleichungen vorhandenen Größen sind zum Teile durch örtliche Verhältnisse gegeben. Hierhin gehören die Höhen  $h_1$  bis  $h_c$ , sowie die Längen  $l_1$  und  $l_3$ . Andere müssen angenommen werden. Die Temperatur der freien Luft  $t_1$  ist wechselnd; für den Fall, daß man weniger Wert auf die Zuführung einer bestimmten Luftmenge, als auf das Heranschaffen einer verlangten Wärmemenge legt, wird man für  $t_1$  die niedrigste der vorkommenden Temperaturen einsetzen, weil, wenn diese herrscht, die größte und berechnete Wärmemenge  $W$  verlangt wird. Soll dagegen eine bestimmte Luftmenge  $\mathcal{Q}$  zugeführt werden, so hat man sich zu entscheiden, bis zu welcher Temperatur  $t_1$  des Freien die Leistung noch verlangt wird, und diese Temperatur für die Berechnung zu benutzen.

Die Temperatur  $t_3$  ist, wie früher erörtert wurde, behufs einer möglichst gleichmäßigen Temperatur des Zimmers nicht sehr hoch zu wählen; neuere vortrefflich arbeitende Heizungsanlagen benutzen selbst während der strengsten Kälte höchstens 40 Grad. Die Temperatur  $t_4$  ist selbstverständlich gegeben.

Die Faktoren  $\frac{u}{q}$  sind nicht allgemein zu behandeln: der kreisförmige und der quadratische Querschnitt gewähren noch eine einfache Beziehung; die rechteckigen Querschnitte dagegen, welche meistens Verwendung finden, sind nur für jeden einzelnen Fall zu berechnen. Zur Erleichterung der Rechnung möge die nebenstehende Tabelle dienen.

Beispiel. Es sei gegeben:  $v_1 = v_2 = v_3$ ;  $t_1 = -20$  Grad;  $\gamma_1 = 1,38$ ;  $h_1 = 1,5$  m;  $l_1 = 6,2$  m;  $t_3 = +40$  Grad;  $\gamma_3 = 1,14$ ;  $h_2 = 2,4$  m;  $h_3 = 2,2$  m;  $l_3 = 0$ ;  $t_4 = +20$  Grad;  $\gamma_4 = 1,22$ ;  $h_c = 1,9$  m;  $W = 12000$ , und  $\Sigma \xi = 1 + 0,4 + 1 + 1 + 0,4 + 1 = 4,8$ ; ferner werde angenommen:  $q_1 = 0,66 \text{ m} \times 0,66 \text{ m} = 0,44 \text{ qm}$ ;  $\frac{u_1}{q_1} = 6$ ;  $q_2 = 0,5 \text{ qm}$ ;  $u_2 = 7 \text{ m}$ ;  $\frac{u_2}{q_2} = 14$ ;  $q_3 = 0,66 \text{ m} \times 0,79 \text{ m} = 0,52 \text{ qm}$ ;  $\frac{u_3}{q_3} = 5,56$ .

Alsdann wird verlangt

$$v = \frac{12000}{0,24 (40 - 20) \cdot 3600 \cdot 0,52 \cdot 1,14} = 1,2 \text{ m}.$$

Nach der abgekürzten Gleichung 114 ist zu erreichen

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{(1,2 + 2,2) [40 - (-20)] - 1,9 \cdot 20}{0,012 [(1,5 + 6,2) 6 + 2,4 \cdot 14 + 2,2 \cdot 5,56] + 4,8}}$$

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{204 - 38}{1,1 + 4,8}} = 1,325 \text{ m}.$$

*Beispiel*

Werte  $\frac{u}{q}$  für kreisförmige, quadratische und rechteckige Kanalquerschnitte.

Kreisförmiger Querschnitt				Quadratischer Querschnitt				Rechteckiger Querschnitt							
Weite	$u$	$q$	$\frac{u}{q}$	Weite	$u$	$q$	$\frac{u}{q}$	Querschnitt	$u$	$q$	$\frac{u}{q}$	Querschnitt	$u$	$q$	$\frac{u}{q}$
0,150	0,471	0,0177	26,6	0,150	0,6	0,0225	26,6	0,14 × 0,14	0,56	0,0196	28,6	0,40 × 0,79	2,38	0,3160	7,53
0,175	0,549	0,0240	22,9	0,175	0,7	0,0306	22,9	» × 0,27	0,82	0,0378	21,7	» × 0,92	2,64	0,3680	7,17
0,200	0,628	0,0314	20,0	0,200	0,8	0,0400	20,0	» × 0,40	1,08	0,0560	19,3	» × 1,05	2,90	0,4200	6,90
0,25	0,785	0,0491	16,0	0,25	1,0	0,0625	16,0	» × 0,53	1,34	0,0742	18,0	0,53 × 0,53	2,12	0,2809	7,55
0,30	0,942	0,0707	13,3	0,30	1,2	0,0900	13,3	» × 0,66	1,60	0,0924	17,3	» × 0,66	2,38	0,3498	6,80
0,35	1,099	0,0962	11,4	0,35	1,4	0,1225	11,4	» × 0,79	1,86	0,1106	16,8	» × 0,79	2,64	0,4187	6,30
0,40	1,257	0,1256	10,0	0,40	1,6	0,1600	10,0	» × 0,92	2,12	0,1288	16,5	» × 0,92	2,90	0,4876	5,95
0,45	1,414	0,1590	8,89	0,45	1,8	0,2025	8,89	» × 1,05	2,38	0,1470	16,2	» × 1,05	3,16	0,5565	5,68
0,50	1,57	0,196	8,00	0,50	2,0	0,2500	8,00	0,27 × 0,27	1,08	0,0729	14,8	0,66 × 0,66	2,64	0,4356	6,06
0,55	1,73	0,237	7,27	0,55	2,2	0,3025	7,27	» × 0,40	1,34	0,1080	12,4	» × 0,79	2,90	0,5214	5,56
0,60	1,88	0,283	6,67	0,60	2,4	0,3600	6,67	» × 0,53	1,60	0,1431	11,2	» × 0,92	3,16	0,6072	5,20
0,65	2,04	0,332	6,15	0,65	2,6	0,4225	6,15	» × 0,66	1,86	0,1782	10,4	» × 1,05	3,42	0,6930	4,94
0,70	2,20	0,385	5,71	0,70	2,8	0,4900	5,71	» × 0,79	2,12	0,2133	9,94	0,79 × 0,79	3,16	0,6241	5,06
0,75	2,36	0,442	5,33	0,75	3,0	0,5625	5,33	» × 0,92	2,38	0,2484	9,58	» × 0,92	3,42	0,7268	4,70
0,80	2,51	0,503	5,00	0,80	3,2	0,6400	5,00	» × 1,05	2,64	0,2885	9,31	» × 1,05	3,68	0,8295	4,43
0,85	2,67	0,567	4,70	0,85	3,4	0,7225	4,70	0,40 × 0,40	1,60	0,1600	10,00	0,92 × 0,92	3,68	0,8464	4,34
0,90	2,83	0,636	4,44	0,90	3,6	0,8100	4,44	» × 0,53	1,86	0,2120	8,77	» × 1,05	3,94	0,9660	4,08
0,95	2,98	0,709	4,21	0,95	3,8	0,9025	4,21	» × 0,66	2,12	0,2640	8,03	1,05 × 1,05	4,20	1,1025	3,81
1,00	3,14	0,785	4,00	1,00	4,00	1,0000	4,00								
Meter	Meter	Quadr.-Meter		Meter	Meter	Quadr.-Meter		Meter	Meter	Quadr.-Meter		Meter	Meter	Quadr.-Meter	

Nach dem genaueren Rechnungsverfahren ergibt sich

$$\begin{aligned}
 & 0,004 \left[ \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2} h_c \right] = \\
 & = \left[ \gamma_1 \left( 20 \times l_1 \frac{u_1}{q_1} + \Sigma \xi_1 \right) + \gamma_2 \left( 20 \times l_2 \frac{u_2}{q_2} + \Sigma \xi_2 \right) + \gamma_3 \left( 20 \times l_3 \frac{u_3}{q_3} + \Sigma \xi_3 \right) \right] \frac{v^2}{2g}; \\
 0,004 [3,4 \cdot 60 - 20 \cdot 1,9] & = \left\{ 1,38 [0,012 \cdot (1,5 + 6,2) 6 + 1 + 0,4 + 1] + \frac{1,14 + 1,38}{2} (0,012 \cdot 2,4 \cdot 14) \right. \\
 & \left. + 1,14 [0,012 \cdot 2,2 \cdot 5,56 + 1 + 0,4 + 1] \right\} \frac{v^2}{10,6}, \\
 v & = \sqrt{\frac{0,004 \cdot 166 \cdot 19,6}{1,38 (0,012 \cdot 7,7 \cdot 6 + 2,4) + 1,26 (0,012 \cdot 2,4 \cdot 14) + 1,14 (0,012 \cdot 2,2 \cdot 5,56 + 2,4)}} = 1,323 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Es stimmt also das Ergebnis der genaueren Rechnung im vorliegenden Falle vorzüglich mit demjenigen der abgekürzten Rechnungsweise.

Das zu erreichende  $v$  ist grösser als das verlangte; legt man nun sehr grossen Wert auf kleine Kanalquerschnitte, so hat man veruchsweise für die  $q$  andere Werte einzufetzen und die Rechnung zu wiederholen u. f. w.

Der Querschnitt  $q_4$  des Abluftkanals wird einfacher, aber ähnlich berechnet. Es ist der Auftrieb

$$\begin{aligned}
 \mathfrak{A} & = \left( h_4 - \frac{h_c}{2} \right) (1,3 - 0,004 t_1) - \left( h_4 - \frac{h_c}{2} \right) (1,3 - 0,004 t_4), \\
 \mathfrak{A} & = 0,004 \cdot \left( h_4 - \frac{h_c}{2} \right) (t_4 - t_1),
 \end{aligned}$$

und es betragen die Widerstände:

$$\mathfrak{B} = \gamma \left( 20 \times h_4 \frac{u_4}{q_4} + \Sigma \xi \right) \frac{v_4^2}{2g}.$$

Sonach ist ein  $v_4$  zu erreichen:

$$v_4 = \sqrt{\frac{0,004 \cdot 2g}{\gamma}} \cdot \sqrt{\frac{\left( h_4 - \frac{h_c}{2} \right) (t_4 - t_1)}{20 \times h_4 \frac{u_4}{q_4} + \Sigma \xi}},$$

oder

$$v_4 = 0,25 \sqrt{\frac{\left( h_4 - \frac{h_c}{2} \right) (t_4 - t_1)}{0,012 h_4 \frac{u_4}{q_4} + \Sigma \xi}},$$

während verlangt wird, für das Heizen

$$v_4 = \frac{W}{3600 q_4 \gamma_4 0,24 (t_3 - t_4)},$$

und für das Lüften

$$v_4 = \frac{\Omega}{3600 q_4 \gamma_4}.$$

Beispiel. Zu obigem Beispiel sei noch  $h_4 = 16 \text{ m}$ ,  $\Sigma \xi = 1 + 1 + 0,4 = 2,4$ , und es werde angenommen:  $q_4 = 0,27 \cdot 0,27 = 0,0729$ ;  $\frac{u_4}{q_4} = 14,8$ . Alsdann berechnet sich das zu erreichende  $v_4$  zu:

$$v_4 = 0,25 \sqrt{\frac{15,05 \cdot 40}{0,012 \cdot 16 \cdot 14,8 + 2,4}} = 2,68 \text{ m},$$

während das verlangte  $v_4$  beträgt:

$$v_4 = \frac{12000}{3600 \cdot 0,0729 \cdot 1,22 \cdot 0,24 [40 - (-20)]} = 2,6 \text{ m}.$$

Der angenommene Kanalquerschnitt ist demnach paffend.

In vielen Fällen wird für Heizungszwecke von der Erneuerung der Luft abgesehen, vielmehr die Luft des zu heizenden Raumes der Heizkammer behufs wiederholter Erwärmung zurückgeführt. Man nennt dieses Verfahren Heizung mit umlaufender Luft oder einfach Heizung mit Umlauf, Umlaufheizung (Zirkulationsheizung), im Gegensatz zur bisher besprochenen Heizung mit Lüftung, Lüftungsheizung (Ventilationsheizung). In Fig 126 ist durch punktierte Linien der Rücklaufkanal angegeben. Der  $h_4$  Meter hohe Abluftkanal, sowie der Zuführungskanal der frischen Luft sind als abgesperrt zu betrachten oder überall hinwegzudenken.

Die Luft des Rücklaufkanals ist leichter als die Luft des Freien; sie hat daher, da sie nach unten sich bewegen muß, einen negativen Auftrieb. Um ihre Bewegung hervorzubringen und zu unterhalten, muß an der in der Heizkammer befindlichen Mündung ein niedrigerer Druck herrschen als an der im Zimmer  $C$  liegenden Mündung. Dies kann dadurch erreicht werden, daß der Druck im unteren Teile der Heizkammer niedriger, oder derjenige im unteren Teile des Zimmers  $C$  höher als derjenige der freien Luft ist; es kann auch der erforderliche Ueberdruck erzielt werden, indem sowohl der eine als auch der andere der obigen Fälle stattfindet. Jedenfalls muß der erforderliche Druckunterschied durch den positiven Auftrieb der von der Heizkammer zum Zimmer  $C$  emporsteigenden warmen Luft hervorgebracht werden. Man kann nun den positiven, wie den negativen Auftrieb auf Grund des Vergleiches der Luftgewichte mit dem Gewichte der freien Luft einzeln berechnen und durch Zusammenziehen den verfügbaren Rest des positiven Auftriebes gewinnen, welcher den Widerständen gegenüberzustellen ist, oder man kann das Kanalnetz einschließlichsch Heizkammer und zu beheizendem Raume als ein geschlossenes Kanalnetz betrachten, so daß der Auftrieb sofort aus dem Vergleiche der Luftgewichte des steigenden und des zurückführenden Teiles der Kanäle gewonnen wird. Letzteres Verfahren ist einfacher und soll deshalb hier verfolgt werden.

Hier liegt der durch Fig. 100 (S. 194) veranschaulichte Fall, für den der Auftrieb durch die Gleichung 104 ausgedrückt wurde, vor, wenn die warme Luft durch die Decke des Zimmers oder doch unmittelbar an ihr eintritt, und es ist alsdann zur Bestimmung der Auftriebsgröße die angezogene Gleichung zu benutzen. In der Regel befindet sich jedoch die Luftaustrittsöffnung, wie auch in Fig. 126 angedeutet ist, in einiger Entfernung von der Decke, und dann ist Gleichung 104 nicht mehr zutreffend. Die in das Zimmer entweichende warme Luft erhebt sich aus bekannten Gründen sofort zur Decke, gibt dort und auf dem Rückwege bis in die Höhe der Luftzufuhröffnung einen Teil ihrer Wärme ab, so daß in dieser Höhe eine Temperatur herrscht, welche nennenswert niedriger ist als die Temperatur  $t_3$ . Genau genommen würde man diese Temperatur, wie diejenige  $t_4$  der abfließenden Luft, für jeden einzelnen Fall besonders bestimmen und den (negativen) Auftrieb innerhalb der Höhe  $h_c$  als Teil des ganzen Ausdruckes behandeln müssen. In einzelnen Fällen wird das angedeutete, umständliche Verfahren nicht zu vermeiden sein; für gewöhnlich kann man aber den betreffenden Wert vernachlässigen, da die Temperaturabnahme der Luft innerhalb der Höhe  $h_c$  eine geringe ist, und für die Temperatur  $t_4$  der abströmenden Luft die mittlere des Zimmers in Ansatz gebracht wird.

Der Auftrieb für die Umlaufheizung wird daher für gewöhnlich wie folgt genau genug bestimmt.

$$\mathfrak{X} = (h_2 + h_3) (1,3 - 0,004 t_4) - h_2 \left( 1,3 - 0,004 \frac{t_4 + t_3}{2} \right) - h_3 (1,3 - 0,004 t_3),$$

$$\mathfrak{X} = 0,004 \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_4) \dots \dots \dots 120.$$

Die der Luftbewegung sich entgegenstellenden Widerstände betragen nach Gleichung III (S. 211)

$$\mathfrak{B} = \gamma \left( 20 \alpha l \frac{u}{q} + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g};$$

folglich ist

$$0,004 \left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_4) = \gamma \left( 20 \alpha l \frac{u}{q} + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 121.$$

zu setzen, woraus sich

$$v = \sqrt{\frac{0,004 \cdot 19,6}{1,254}} \sqrt{\frac{\left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_4)}{0,012 l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}} \dots \dots \dots 122.$$

ergibt, wenn  $\alpha = 0,0006$  und  $\gamma = 1,254$  ( $t = 12$  Grad) gesetzt wird. Der Wert des ersten Wurzelausdruckes ist dann  $= 0,25$ . Angesichts der hierdurch gewonnenen Einfachheit darf man, zumal die GröÙe  $\gamma$  nur auf das Rechnungsergebnis der Widerstände von Einfluss ist, für das wechselnde  $\gamma$  in der Regel den angegebenen festen Wert einsetzen. Dadurch wird der Ausdruck für die zu erreichende Geschwindigkeit

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{\left( \frac{h_2}{2} + h_3 \right) (t_3 - t_4)}{0,012 l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}}, \dots \dots \dots 123.$$

welcher der Gleichung 114 (S. 211) für Lüftungsheizung ganz ähnlich ist.

Der Wert des verlangten  $v$  ist selbstverständlich hier dem durch Gleichung 119 (S. 212) gegebenen gleich. Auch gilt für die Berechnung der Kanäle einer Umlaufheizung daselbe, was in Art. 254 (S. 210) über diejenige einer Lüftungsheizung gesagt wurde.

Beispiel. Das vorhin für Lüftungsheizung berechnete Beispiel mag nunmehr für Umlaufheizung berechnet werden. Es sei (Fig. 126)  $l_5 = 0$ , d. h. es soll der Rücklaufkanal neben dem Warmluftkanal liegen; ferner sollen die Geschwindigkeiten  $v$  in der Heizkammer, dem Warmluft- und dem Rücklaufkanal unter sich gleich sein.

Aus dem Vergleich der Gleichung 110 mit Gleichung 120 ergibt sich ohne weiteres, dass der Auftrieb für die Umlaufheizung erheblich kleiner ist als derjenige für die Lüftungsheizung. Deshalb möge angenommen werden:

$$q_2 = 0,6 \text{ qm}; \quad u_2 = 7,2 \text{ m}; \quad \frac{u_2}{q_2} = 12;$$

$$q_3 = 0,66 + 0,92 = 0,6 \text{ qm}; \quad \frac{u_3}{q_3} = 5,2;$$

$$q_4 = 0,66 + 0,79 = 0,52 \text{ qm}; \quad \frac{u_4}{q_4} = 5,56;$$

alsdann ist das zu erreichende

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{(1,2 + 2,2) (40 - 20)}{1 + 0,012 \cdot 2,4 \cdot 2 + 1 + 0,012 \cdot 2,2 \cdot 5,2 + 0,4 + 1 + 1 + 1 + 0,4 + (2,4 + 2,2 - 1,9) 0,012 \cdot 5,56}} = 0,75,$$

während zur Erreichung des beabsichtigten Zweckes

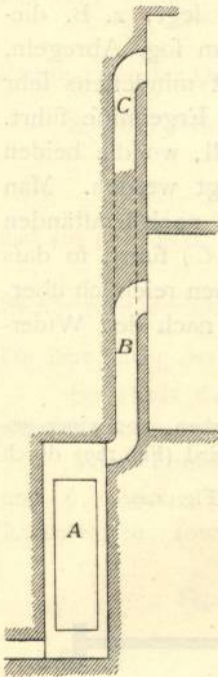
$$v = \frac{12000}{0,24 (40 - 20) 3600 \cdot 0,6 \cdot 1,14} = 1 \text{ m}$$



erforderlich ist. Man muß daher die Kanalquerschnitte vergrößern, wenn sonstige Aenderungen in den Vorlagen nicht zulässig sind.

Deshalb werde angenommen:

Fig. 127.



$$q_2 = 0,83; \quad u_2 = 8,3; \quad \frac{u_2}{q_2} = 10;$$

$$q_3 = 0,79 \times 1,05 = 0,83; \quad \frac{u_3}{q_3} = 4,43;$$

$$q_4 = 0,79 \times 0,92 = 0,73; \quad \frac{u_4}{q_4} = 4,7,$$

so daß

$$v = \sqrt{\frac{(1,2 + 2,2) (40 - 20)}{0,012 (2,4 \cdot 10 + 2,2 \cdot 4,43 + 2,7 \cdot 4,7) + 5,8}} = 0,82 \text{ m}$$

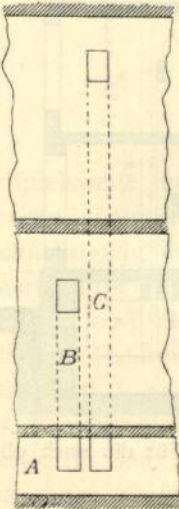
zu erreichen ist, während beispielsweise für den Querschnitt  $q_3$

$$v = \frac{12000}{0,24 (40 - 20) \cdot 3600 \cdot 0,83 \cdot 1,14} = 0,74 \text{ m}$$

verlangt wird. Benutzt man einen der anderen Querschnitte zur Berechnung des erforderlichen  $v$ , so kommt man zu fast gleichen Ergebnissen; daher sind die zuletzt gemachten Annahmen reichlich genügend.

Es möge darauf hingewiesen werden, daß für gewöhnlich die Aenderung der Querschnitte auf die zu erreichende Luftgeschwindigkeit von sehr geringem Einfluß ist, indem die Reibungswiderstände bei verhältnismäßig kurzen Kanälen den übrigen Widerständen gegenüber eine fast verschwindende Rolle spielen.

Fig. 128.



Aus dem Ergebnis der Rechnung ersieht man, daß die Heizungen mit Umlauf größere Kanalquerschnitte oder geringere Luftgeschwindigkeiten bedingen als die Heizungen mit Lüftung. Vor allen Dingen dürfte aber jeder, welcher die Rechnung sorgfältig verfolgt, einsehen, daß mit fog. Faustrechnungen die vorliegende Aufgabe niemals befriedigend gelöst werden kann.

Wenn von einer Heizkammer aus mehrere Räume mit Wärme oder von einer Stelle aus durch Auftrieb mehrere Zimmer mit frischer Luft versorgt werden sollen, so wird die Rechnung zusammengesetzter. Alsdann ist dafür zu sorgen, daß die von der Heizkammer  $A$  ausgehenden Kanäle oder Schloten  $B$  und  $C$  (Fig. 127) nicht faugend auf die Heizkammer wirken, daß der Auftrieb der Heizkammer reichlich genügt, um die bis zu den unteren Enden von  $B$  und  $C$  vorkommenden Widerstände zu überwinden und der Auftrieb von  $B$  und  $C$  nicht größer ist als die Widerstände im zugehörigen Kanal.

Beachtet man diese Regeln nicht, so drohen folgende Gefahren. Der Auftrieb von  $C$  ist zweifellos größer als der von  $B$ . Ist er auch größer als die Widerstände von  $C$ , so faugt er aus der Heizkammer, bringt also auch am unteren Ende von  $B$  einen Minderdruck hervor, den man für den Beharrungszustand vielleicht genügend berücksichtigen kann, nicht aber für die Inbetriebsetzung. Zunächst sind beide Kanäle  $B$  und  $C$  kalt. Liegen die unteren Kanalmündungen in der Heizkammer gleich, so wird der

höhere Kanal  $C$  rascher erwärmt werden als der niedrigere  $B$  und dann derart faugend wirken, daß die Zimmerluft durch  $B$  in die Heizkammer fließt, also  $B$  dauernd kühl gehalten wird. Man nennt diesen Vorgang »falschen Gang«. Man kann nun zwar das Eintreten dieses Vorganges dadurch verhüten, daß man die Eintrittsöffnungen von  $B$  und  $C$  in der Heizkammer verschieden legt, z. B. diejenige von  $B$  höher, diejenige von  $C$  niedriger anbringt (was beim fog. Abregeln, dem ersten Versuchsheizen, geschieht). Allein dieses Verfahren ist mindestens sehr umständlich, während jene Regel ohne weiteres zu einem sicheren Ergebnisse führt. Die gleiche Regel gilt von dem durch Fig. 128 dargestellten Fall, wo die beiden Kanäle  $B$  und  $C$  vom gemeinsamen Warmluftkanal  $A$  aus verfortgt werden. Man berechnet also den Kanal für die frische Luft, die Heizkammer und nach Umständen den Warmluftkanal, welcher bis zum Fuß der Zweigkanäle ( $B$  und  $C$ ) führt, so daß die zugehörigen Widerstände von den bis hier auftretenden Auftrieben reichlich überwunden werden, und bestimmt die Abmessungen der Zweigkanäle nach den Widerständen der letzteren bis zum zu verfortgenden Raum.

Ein Beispiel möge das Rechnungsverfahren weiter erläutern.

Es sollen 6 Zimmer, welche zusammen 43 000 Wärmeeinheiten gebrauchen, von einer gemeinsamen Heizkammer aus mit Wärme verfortgt werden. Die frische Luft wird (Fig. 129) durch einen etwa 10 m langen Kanal in die Heizkammer geführt. Die Heizkörper sind 2 m hoch. Weitere Maße enthält Fig. 129. Der Wärmebedarf beider Erdgeschloßzimmer beträgt je 7000 Wärmeeinheiten, der beiden Zimmer des I. Obergeschloßes je 6500 Wärmeeinheiten und der Zimmer des II. Obergeschloßes je 6900 Wärmeeinheiten. Die niedrigste Außentemperatur  $t_1$  ist zu  $-20$  Grad, die höchste Lufttemperatur  $t_3$  zu  $+40$  Grad und die Zimmertemperatur  $t_4$  zu  $+20$  Grad gegeben.

Für die Heizkammer beträgt der Auftrieb  $0,7 \cdot 60 + 2 \cdot \frac{60}{2}$ ; nimmt man das  $\frac{u}{q}$  für den Kaltluftkanal zu 4, für die Heizkammer zu 10 und  $\Sigma \xi$  zu 3 zunächst an, so gewinnt man mit Hilfe der Formel 114 das zu erreichende  $v$  zu

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{0,7 \cdot 60 + 2 \cdot \frac{60}{2}}{0,012 (10 \text{ m} \cdot 4 + 3 \text{ m} \cdot 10) + 3}} = 1,25 \text{ m}.$$

Benutzt man diese Geschwindigkeit für die Gleichung  $W = 4300 = q \cdot v \cdot 3600 \cdot 1,2 \cdot 0,24 \cdot 20$ , in welcher  $1,2$  das durchschnittliche Gewicht von 1 cbm Luft bedeutet, so wird

$$q = 1,6 \text{ m}.$$

Wird der Kanal im Mittel 1 m hoch und 1,6 m weit gemacht, so entsteht  $\frac{u}{q} = \frac{5,2}{1,6} = 3,25$ , also weniger, als vorhin angenommen. Ob die Annahme des  $\frac{u}{q}$  für die Heizkammer

richtig ist, kann nur mit Hilfe der Heizkammerzeichnung beurteilt werden. Für die nach oben führenden Warmluftkanäle erhält man:

Erdgeschloß:  $\frac{u}{q} = 10$  angenommen,  $\Sigma \xi = 2,4$ , das zu erreichende

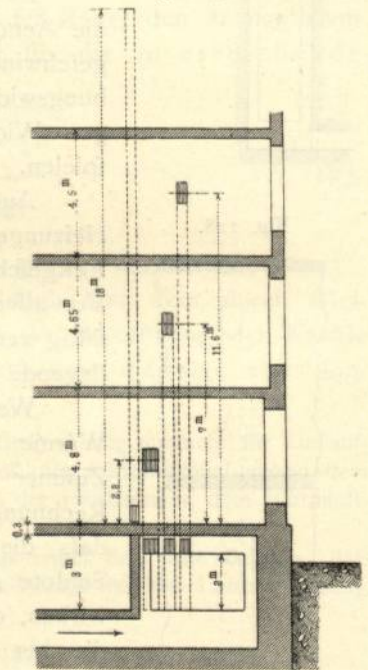
$$v = 0,25 \sqrt{\frac{2,5 \cdot 60}{0,012 \cdot 2,5 \cdot 10 + 2,4}} = 1,86 \text{ m}$$

und aus  $q \cdot v \cdot 3600 \cdot 1,14 \cdot 0,24 \cdot 20 = 7000$ , worin  $1,14$  das Gewicht von 1 cbm Luft bedeutet:

$$q = 0,19 \text{ qm}.$$

Hierfür paßt der Querschnitt  $0,4 \times 0,53 \text{ m} = 0,212 \text{ qm}$  mit  $\frac{u}{q} = 10$ .

Fig. 129.



I. Obergefchofs:  $\frac{u}{q} = 10$  angenommen,  $\Sigma \xi = 2,4$ , das zu erreichende

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{7,3 \cdot 60}{0,012 \cdot 7,3 \cdot 10 + 2,4}} = 2,89 \text{ m}$$

und aus  $q \cdot v \cdot 3600 \cdot 1,14 \cdot 0,24 \cdot 20 = 6500$

$$q = 0,116 \text{ qm}.$$

Hierfür paßt der Querschnitt  $0,4 \times 0,4 = 0,16 \text{ qm}$ , mit  $\frac{u}{q} = 10$ .

II. Obergefchofs:  $\frac{u}{q} = 12$  angenommen,  $\Sigma \xi = 2,4$ , das zu erreichende

$$v = 0,25 \sqrt{\frac{11,9 \cdot 60}{0,012 \cdot 11,9 \cdot 12 + 2,4}} = 3,30 \text{ m}$$

und aus  $q \cdot v \cdot 3600 \cdot 1,14 \cdot 0,24 \cdot 20 = 6900$

$$q = 0,106 \text{ qm}.$$

Hierfür paßt der Querschnitt  $0,27 \times 0,40 = 0,108 \text{ qm}$  mit  $\frac{u}{q} = 12$ .

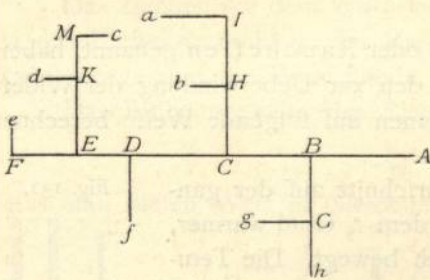
Die Berechnung der Abluftkanäle ist der in Art. 254 (S. 214) angegebenen gleich.

Soll statt des Auftriebes ein anderes Mittel zum Bewegen der Luft verwendet werden, so ändert sich die Rechnungsweise nur wenig.

Vom Punkte *A* (Fig. 130) aus soll nach den Punkten *a, b, c, d, e, f, g* und *h*, welche Punkte in verschiedener Höhe liegen, Luft gefandt werden. Die Luftmengen, sowie ihre Temperaturen sind bekannt; die Lage des Rohrnetzes ist

nach den örtlichen Verhältnissen so gewählt, wie Fig. 130 erkennen läßt. Man berechnet alsdann die Widerstände von einer der Kanal-mündungen aus rückwärts schreitend bis zu dem Punkte, an welchem der betreffende Kanal abzweigt, und fährt so schrittweise bis zum Punkte *A* fort. Man sorgt dafür, daß an den Verzweigungspunkten gleiche Drücke verlangt werden, muß also die Widerstände, welche bis hierher gefunden waren, nach Umständen entsprechend vergrößern, bzw. verringern.

Fig. 130.



Beispielsweise mag bei *c* begonnen werden. Die Widerstände von *c* über *M* bis *K* werden, nach schätzungsweise Feststellen der Kanalquerschnitte und unter Berücksichtigung etwaigen Auftriebes, zu  $\mathfrak{B}_1$  berechnet. Alsdann bestimmt man die Querschnitte in derselben Weise für die Strecke *dK*, und zwar so, daß an der Mündungsstelle *K* der gleiche Widerstand sich ergibt; nunmehr bestimmt man die Widerstände der Luftmengensumme, die bei *c* und *d* ausströmen soll, nach Wahl der Querschnitte u. f. w. bis *E* zu  $\mathfrak{B}_2$  und sorgt dafür, daß die Widerstände von *e* über *F* bis *E* auch gleich  $\mathfrak{B}_1 + \mathfrak{B}_2$  werden u. f. w. Fällt dann die Summe der Widerstände für den Punkt *A* größer aus als die zur Verfügung stehende Kraft, so ist das ganze Verfahren, unter Aenderung der Querschnitte und nach Umständen auch der Lage der Kanäle, bzw. der Temperaturen, zu wiederholen, bis das gewünschte Ergebnis vorliegt. Selbstverständlich verfährt man gerade so, wenn vom Punkte *A* aus bestimmte Luftmengen durch Oeffnungen abgefaugt werden sollen, welche bei *a, b . . . h* sich befinden.

An dieser Stelle möge darauf hingewiesen werden, daß man den einen Saug-schornstein nicht durch zwei nebeneinander arbeitende ersetzen darf, oder etwa, wenn

ein Saugschornstein das Verlangte nicht leistet, ihm keine Hilfe in Gestalt eines zweiten Schornsteins geboten werden darf. Rechnerisch scheint es gleichgültig, ob ein Schornstein oder mehrere, die zusammen so viel zu leisten im Stande sind wie der eine, angewendet werden. Beachtet man aber, dass infolge von Zufälligkeiten der eine Schornstein kräftiger ist als der andere, dass der stärkere Schornstein die von ihm zu fördernde Luft von der Stelle entnimmt, die den geringeren Widerstand bietet, so erkennt man bald die Gefahr des »falschen Ganges« (vergl. Art. 256, S. 218). Zunächst tritt eine Schwächung des schon schwachen Schornsteines ein, und diese führt, wenn von äußeren Umständen begünstigt, zur Umkehr der Bewegungsrichtung im schwächeren Schornstein. Der stärkere Schornstein saugt durch den schwächeren die kühlere Luft des Freien an und hält hierdurch den schwächeren Schornstein dauernd kühl.

257.  
Rauchkanäle.

Zur schematischen Fig. 130 gehören die Rauchkanäle, insbesondere wenn sie von mehreren Feuerungsstellen den Rauch einem gemeinsamen Schornstein zuführen.

Ihre Bewegungswiderstände müssten, wollte man streng verfahren, ebenso berechnet werden, wie hier für Luftleitungen im allgemeinen auseinandergesetzt wurde. Die Berechnung des Widerstandes der Luft in der Brennstoffschicht ist jedoch fast unmöglich; jedenfalls gewährt sie keine brauchbaren Ergebnisse. Die Rauchkanalwiderstände sind wegen der Unbekanntheit mit den Temperaturen auch nur sehr unsicher zu bestimmen. Man pflegt deshalb die Widerstände, welche die Luft im Feuer und der Rauch auf dem Wege erfährt, längs welchem er den nützlichen Teil der Wärme abgibt, auf Grund von Erfahrungen zu schätzen. Weiter unten werden hierüber einige Angaben folgen.

258.  
Rauchschornsteine.

Die Schornsteine, auch Rauchschlote oder Raucheffen genannt, haben die Rauchgase der Feuerungen abzuführen, d. h. den zur Ueberwindung der Widerstände nötigen Auftrieb hervorzubringen. Sie können auf folgende Weise berechnet werden.

Es sei Fig. 131 ein Schornstein, dessen Querschnitt auf der ganzen Höhe gleich bleibt, dessen Höhe  $h$  ist und in dem  $t_2$  Grad warmer,  $\gamma_2$  schwerer Rauch mit der Geschwindigkeit  $v$  sich bewegt. Die Temperatur der freien Luft sei  $t_1$  Grad, ihr Einheitsgewicht  $\gamma_1$ , und die Bewegungshindernisse bis zum Fusse des Schornsteines seien  $p$ . Als dann gewinnt man durch Gegenüberstellen des Auftriebes und der Widerstände

$$h(\gamma_1 - \gamma_2) = \gamma_2 \left( 1 + 20 \times \frac{u}{q} \right) \frac{v^2}{2g} + p \quad \dots \quad 124.$$

Es ist aber

$$v = \frac{Q}{3600 q \gamma_2}, \quad \dots \quad 125.$$

wenn  $Q$  die stündlich zu fördernde Rauchmenge bezeichnet; sonach

$$h \left( \gamma_1 - \gamma_2 - \gamma_2 \cdot 20 \times \frac{u}{q} \frac{Q^2}{3600^2 q^2 \gamma_2^2} \frac{1}{2g} \right) = \gamma_2 \frac{Q^2}{3600^2 q^2 \gamma_2^2} \frac{1}{2g} p,$$

und hieraus

$$h = \frac{Q^2 + 3600^2 q^2 \gamma_2 p \cdot 2g}{(\gamma_1 - \gamma_2) (3600^2 q^2 \gamma_2 \cdot 2g) - 20 \times \frac{u}{q} Q^2} \quad \dots \quad 126.$$

Fig. 131.



Ferner gewinnt man aus Gleichung 124 u. 125

$$[h(\gamma_1 - \gamma_2) - p]q^2 = \left(1 + 20\alpha h \frac{u}{q}\right) \frac{\mathcal{Q}^2}{3600^2 \gamma_2} \cdot \frac{1}{2g},$$

$$q = \sqrt{\frac{1 + 20\alpha h \frac{u}{q}}{[h(\gamma_1 - \gamma_2) - p] 2g \gamma_2} \cdot \frac{\mathcal{Q}}{3600}} \dots \dots \dots 127.$$

Endlich ist aus den Gleichungen 124 u. 125 abzuleiten, wenn man allgemein die Länge des Rauchweges, von der Stelle anfangend, wo die Widerstände zur Größe  $p$  sich angefammelt haben, bis zur Mündung des Schornsteines  $l$  und die innerhalb dieser Länge auftretenden, von Ablenkungen herrührenden Widerstände (vergl. Art. 225, S. 183)  $\Sigma \xi$  nennt,

$$h(\gamma_1 - \gamma_2) = \gamma_2 \left(\Sigma \xi + 20\alpha l \frac{u}{q}\right) \frac{1}{2g} \cdot \frac{1}{\gamma_2^2} \left(\frac{\mathcal{Q}}{3600q}\right)^2 + p,$$

oder

$$\gamma_2^2 - \left(\gamma_1 - \frac{p}{h}\right)\gamma_2 + \frac{\Sigma \xi + 20\alpha l \frac{u}{q}}{2gh} \left(\frac{\mathcal{Q}}{3600q}\right)^2 = 0,$$

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2}\right)^2 - \frac{\Sigma \xi + 20\alpha l \frac{u}{q}}{2gh} \left(\frac{\mathcal{Q}}{3600q}\right)^2} \dots \dots \dots 128.$$

Das Zeichen vor dem Wurzelausdruck dieser Gleichung muß unbedingt + sein, da das Einheitsgewicht  $\gamma_2$  des Rauches umso kleiner zu machen ist, je größer die Rauchmenge und die Widerstände, je kleiner  $h$  und  $q$  sind.

Das Einheitsgewicht des Rauches ist aber nach Gleichung 74 (S. 184)

$$\gamma_2 = 1,25 - 0,0027 t_2;$$

setzt man diesen Wert in Gleichung 128 ein, so gewinnt man

$$t_2 = 370 \left[ 1,25 - \frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2}\right)^2 - \frac{\Sigma \xi + 20\alpha l \frac{u}{q}}{2gh} \left(\frac{\mathcal{Q}}{3600q}\right)^2} \right] 129.$$

Für gewöhnlich wird man  $\gamma_1 = 1,2$ , also  $t_1 = 25$  Grad,  $\frac{20\alpha}{2g} = \frac{20 \cdot 0,00098}{19,6} = 0,001$  setzen können, wodurch Gleichung 129 sich vereinfacht zu

$$t_2 = 185 \left[ 1,3 + \frac{p}{h} - \sqrt{\left(1,2 - \frac{p}{h}\right)^2 - \frac{0,2 \Sigma \xi + 0,004 l \frac{u}{q}}{h} \left(\frac{\mathcal{Q}}{3600q}\right)^2} \right] 129 a.$$

Beispiele.  $\alpha$ ) Es sei gegeben:  $\mathcal{Q} = 1600$  kg;  $p = 8$  kg;  $q = 0,66 \times 0,66 = 0,44$ ;  $\frac{u}{q} = 6$ ;  $t_2 = 150$  Grad, also  $\gamma_2 = 1,25 - 0,0027 \cdot 150 = 0,85$ ;  $t_1 = 25$  Grad, also  $\gamma_1 = 1,2 - 0,004 \cdot 25 = 1,2$ ; die Länge des Schornsteines sei gleich seiner Höhe  $h$  und nur ein Ablenkungswiderstand  $= \gamma_2 \cdot 1 \cdot \frac{v^2}{2g}$  am Fusse des Schornsteines vorhanden. Alsdann ist nach Gleichung 126

$$h = \frac{1600^2 + 3600^2 \cdot 0,44^2 \cdot 0,85 \cdot 19,6}{(1,2 - 0,85) 3600^2 \cdot 0,44^2 \cdot 0,85 \cdot 19,6 - 20 \cdot 0,001 \cdot 6 \cdot 1600^2} = 23,5 \text{ m},$$

und  $v$  berechnet sich zu etwa  $2,2$  m sekundlich.

β) Statt der vorigen seien die folgenden Angaben gemacht:  $q = 0,5 \times 0,5 = 0,25$ ;  $\frac{u}{q} = 8$ ;  $h = 14$ . Alsdann muß nach Gleichung 129 a

$$t_2 = 185 \left[ 1,3 + \frac{8}{14} - \sqrt{\left(1,2 - \frac{8}{14}\right)^2 - \frac{0,2 \cdot 1 + 0,004 \cdot 14 \cdot 8}{14} \left(\frac{1600}{3600 \cdot 0,25}\right)^2} \right] = 253 \text{ Grad}$$

fein. Um eine weniger hohe Temperatur des Rauches zu erhalten, bequemt man sich vielleicht, den Schornsteinquerschnitt auf  $q = 0,66 \times 0,66 = 0,44 \text{ qm}$ , also  $\frac{u}{q} = 6$  und die Schornsteinhöhe auf  $16 \text{ m}$  zu erhöhen. Dann wird

$$t_2 = 185 \left[ 1,3 + \frac{8}{16} - \sqrt{\left(1,2 - \frac{8}{16}\right)^2 - \frac{0,2 \cdot 1 + 0,004 \cdot 16 \cdot 6}{16} \left(\frac{1600}{3600 \cdot 0,44}\right)^2} \right] = 209 \text{ Grad.}$$

Die hier gegebene Berechnungsweise der Schornsteine ist infolfern ungenau, als sie den Wärmeverlust des Rauches innerhalb des Schornsteines unberücksichtigt läßt. Man kann diesen von vornherein in Rechnung stellen, macht dadurch aber die Ausdrücke verwickelter (vergl. weiter unten die Berechnung der Saugschornsteine), oder nachträglich den Wärmeverlust berechnen und ihm entsprechend die Temperatur des Rauches am Fusse des Schornsteines erhöhen. Im Beharrungszustande ist der Wärmeverlust gemauerter Schornsteine meistens klein genug, um vernachlässigt werden zu können; andererseits ist der Wärmeverlust beim Inbetriebsetzen überhaupt nicht zu berechnen, weshalb für gewöhnlich die Bestimmung der Schornsteinabmessungen durch die Gleichungen 126, 127 u. 129 a genügt.

259.  
Weite  
gewöhnlicher  
Schornsteine.

Die Schornsteine der Kamine und der gewöhnlichen Zimmeröfen pflegt man meistens nicht zu berechnen<sup>190)</sup>. Die Schornsteine der Kamine darf ich hier, da letztere in Deutschland fast nur als fog. Kaminöfen, die ähnlich wie die erwähnten Zimmeröfen zu behandeln sind, Verwendung finden, unberücksichtigt lassen.

260.  
Ruffische  
Schornsteine.

Für Ofenheizung (und auch für Kochherdfeuerungen) werden gegenwärtig fast nur die engen oder fog. ruffischen Schornsteine angewendet; sie erhalten einen kreisrunden, quadratischen oder rechteckigen Querschnitt. Die lichte Weite solcher Schornsteine wählt man meist zwischen 12 bis 25 cm; sie hängt ab von der Größe der Feuerung, deren Rauch abzuführen ist, bezw. von der Anzahl der Oefen, die an einen und denselben Schornstein angeschlossen werden. Für jeden einzuführenden Zimmerofen können hierbei ungefähr 70 qcm gerechnet werden; ein kleiner Küchenherd erfordert etwa den doppelten Schornsteinquerschnitt; für noch größere Feuerungen muß man den Querschnitt entsprechend vermehren<sup>191)</sup>.

Für Einzelöfen würde hiernach eine geringere Lichtweite (etwa 9 cm) als das kleinste der oben genannten Maße genügen. Die in mehreren deutschen Bauordnungen geforderte Mindestweite von 12 cm entsteht, wenn man im Mauerwerk ein Quadrat von  $\frac{1}{2}$  Stein Seitenlänge auspart und die Innenflächen des so gebildeten Schornsteines besticht oder verputzt. Werden die Innenflächen nur ausgefugt, so ergibt sich eine lichte Weite von 14 cm.

An einen Schornstein von 12 bis 14 cm Weite können zwei, an einen solchen von 15 cm Weite und darüber drei, bezw. mehr gewöhnliche Oefen angeschlossen werden.

Selbstverständlich muß man, sobald man möglichst enge Schornsteine verwenden will (was zweckmäßig ist), auf die durch die Lage des Ofens und die Höhe des Gebäudes bedingte nutzbare Höhe des Schornsteines Rücksicht nehmen, da mit

190) Vergl. übrigens: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités*. Paris 1880. S. 149 ff.

191) Vergl.: BAUMEISTER, R. *Normale Bauordnung*. Wiesbaden 1881. § 33, S. 48.

der Zunahme der nutzbaren Höhe seine Leistungsfähigkeit, wenn auch nicht in geradem Verhältnis, wächst.

Für größere Feuerstellen, sowie für offene Feuerungen sind fog. weite oder befeigbare Schornsteine in Anwendung zu bringen. Ihr Querschnitt soll ein Quadrat oder ein wenig davon abweichendes Rechteck bilden und 0,2 qm groß sein. Wird die lichte Weite über 0,60 m gewählt, so sind Steigeisen anzubringen.

Es wurde schon angedeutet, daß man mehrere Oefen an einen Schornstein lege. Dies ist, bei entsprechender Leistungsfähigkeit der Schornsteine, unbedenklich, solange die Oefen in gleicher Höhe aufgestellt, gleichzeitig in Benutzung sind und dafür gefordert wird, daß die einzelnen Rauchströme beim Eintreten in den Schornstein einander nicht stören. Letzteres erreicht man durch steigende Lage der einzelnen in den Schornstein mündenden Rohre oder durch verschiedene Höhenlage der gegenüberliegenden Mündungen. Die gleichzeitige Benutzung der Oefen ist nicht regelmäsig durchzuführen. Sobald einer der Oefen nicht geheizt wird, tritt durch ihn vermöge der Saugkraft des Schornsteines kalte Luft in diesen und beeinträchtigt seinen Auftrieb. Gute Oefen gestatten jedoch, wenn ihre Türen geschlossen sind, nur geringen Luftmengen den Eintritt, so daß die entstehende Störung kaum merklich ist. So findet man, daß zuweilen vier Oefen an einen entsprechend hohen Schornstein, der 15 bis 20 cm weit ist, mit Erfolg gelegt sind.

Sobald die Oefen in verschiedenen Geschossen aufgestellt sind, können anderweitige, entschieden unangenehme Störungen auftreten, welche ich hier in Rücksicht auf den Raum nicht erörtern will, da sie aus der allgemeinen Besprechung der Bewegung der Luft in Kanälen abgeleitet werden können<sup>192)</sup>.

Im allgemeinen ist es sonach am zweckmäsigsten, jeder Feuerstelle einen besonderen Schornstein zu geben, meistens aber unzulässig, in verschiedenen Geschossen befindliche Feuerungen an einen und denselben Schornstein zu legen.

Mit den Rauchschornsteinen sind die Saug- oder Lockschornsteine, welche bestimmt sind, Luft aus bestimmten Räumen zu saugen (vergl. Art. 236, S. 196), sehr nahe verwandt, weshalb ich ihre Berechnung bis an diese Stelle aufgespart habe. Sie bestehen im allgemeinen in einem Schornstein, in welchem die abzufaugende Luft erwärmt wird.

Fig. 132 zeigt den Durchschnitt des unteren Teiles eines solchen Lockschornsteines. Bei A befindet sich eine Feuerstelle, deren Rauch sich mit derjenigen Luft mischt, welche bei B aufsteigt. Infolge der Mischung dieser Luft mit den heißen Feuergasen gewinnt die Gesamtheit der Gase eine mittlere Temperatur, welche den Auftrieb hervorbringen hat.

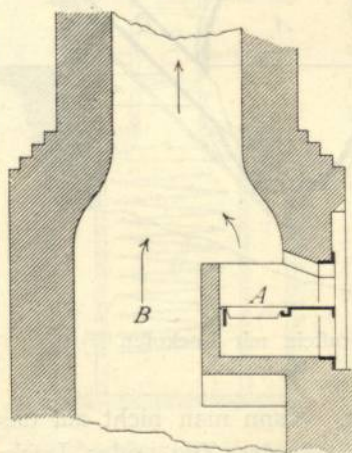
Die Anordnung in Fig. 133 ist für eine sichere Mischung des Rauches und der angefaugten Luft, also für sichere Erwärmung der letzteren günstiger. Zwei Kanäle B, welche winkelrecht gegen die Bildfläche gerichtet sind (der eine liegt vor der Bildfläche und ist deshalb hinweggeschnitten), führen die

261.  
Befeigbare  
Schornsteine.

262.  
Ein  
Schornstein  
für mehrere  
Oefen.

263.  
Lock-  
schornsteine  
mit besonderer  
Feuerstelle.

Fig. 132.



- Lockschornstein mit Lockfeuer.

$\frac{1}{100}$  w. Gr.

<sup>192)</sup> Vergl.: MEIDINGER. Anleitung zu Versuchen mit dem Zugapparat. Badische Gwbztg. 1875, S. 1.

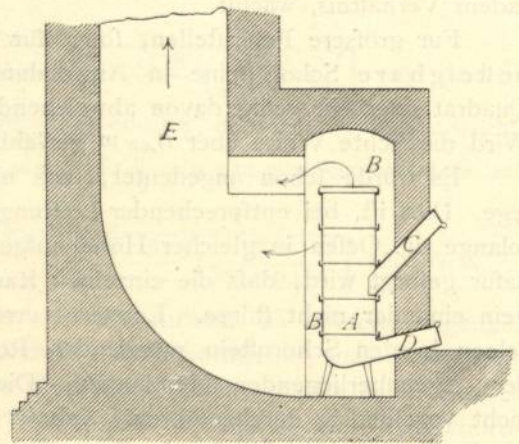
zu fördernde Luft gegen den Ofen *A*. Dieser besteht aus einem lotrechten eisernen Schacht, in welchen der Brennstoff (Koke) mittels der Schlotte *C* eingeworfen wird, während das Reinigen des Feuers und die Luftzufuhr unter Benutzung des Halfes *D* stattfindet. Die zu fördernde Luft erwärmt sich teils an den sehr warmen Wänden des Ofens, teils erfährt sie ihre Erwärmung durch den aus dem oberen offenen Ende des Ofens entweichenden Rauch. Bei *E* ist das Gemisch hergestellt.

Die Anordnungen in Fig. 132 u. 133 bedingen die Zuführung der Luft für Unterhaltung des Feuers von aussen; es wird der Auftrieb des Lockschornsteines benutzt, um das Feuer anzufachen. Vielfach will man die abzufaugende Luft zur Speifung des Feuers benutzen. Alsdann ist durch einen besonderen Schornstein die Bewegung der Luft durch das Feuer zu vermitteln. Fig. 134 verfinnlicht eine derartige Einrichtung<sup>193)</sup>.

Ein birnenförmiger, gusseiserner Ofen, welcher mittels des Schütthalfes *C* mit Brennstoff versorgt wird, ist auf zwei im Mauerwerk des Schornsteines befestigte eiserne Träger *a* gestützt. Die zur Verbrennung dienende Luft tritt durch den Boden der Birne ein, wird also der abzufaugenden Luft entnommen; die Rauchgase steigen im eisernen Schornstein *D* empor und mischen sich schliesslich mit der Luft, welche der Schornstein *B* enthält und welche vorher schon durch die heissen Wandungen des Ofens erwärmt wurde.

Den Rauch irgend einer Feuerungsanlage, welcher noch eine entsprechend hohe Temperatur besitzt, benutzt man ebenfalls zum Erwärmen der Lockschornsteine, indem man ihn in einem eisernen Schornstein aufsteigen lässt, welcher im Lockschornstein Platz gefunden hat, oder ihn mit der abzufaugenden Luft sich mischen lässt. Kann man nicht auf das Vorhandensein genügender Temperaturen rechnen, so oft der Zug- oder Lockschornstein tätig zu fein hat, so fügt man wohl einen besonders zu heizenden Lock-

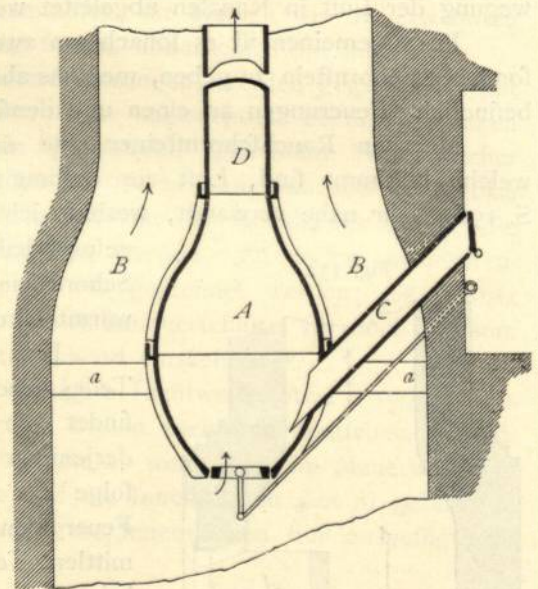
Fig. 133.



Lockschornstein mit Lockofen.

<sup>1/130</sup> w. Gr.

Fig. 134.

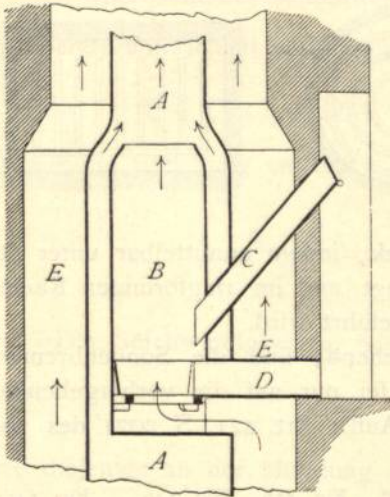
Lockschornstein mit Lockofen<sup>193)</sup>.<sup>1/150</sup> w. Gr.

264.  
Erwärmung  
durch Rauch-  
locköfen.

<sup>193)</sup> Nach: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 15.



Fig. 135.

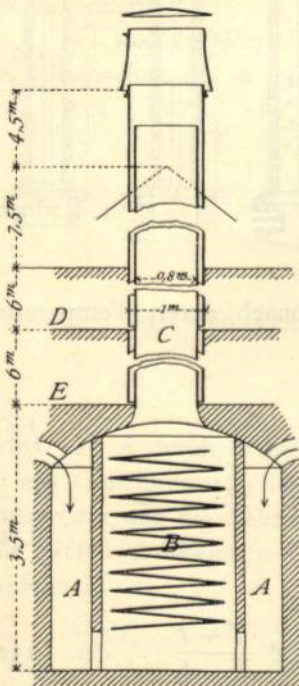


Lockschornstein mit Rauchlockofen  
in der Charité zu Berlin.

In manchen Fällen empfiehlt es sich, die Heizung der Lockschornsteine mittels Dampf vorzunehmen. Fig. 136 stellt eine entsprechende Anordnung, aus dem

Krankenhause zu Amsterdam herrührend, in lotrechtem Schnitt dar<sup>194)</sup>.

Fig. 136.



Lockschornstein im Kranken-  
hause zu Amsterdam.

$\frac{1}{100}$  w. Gr.

<sup>194)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 669.

<sup>195)</sup> Siehe: Gefundh.-Ing. 1884, S. 281.

ofen hinzu. Fig. 135 verfinnlicht eine derartige Anordnung, wie sie in der Charité zu Berlin in Gebrauch ist.

A bezeichnet den Schornstein für den Rauch, der in der Regel allein die Heizung des Lockschornsteines zu übernehmen hat oder doch eine erhebliche Wärmemenge zu diesem Zwecke abzugeben vermag. In einer Erweiterung des Schornsteines A ist der Lockofen B aufgestellt, welcher mit Hilfe der Schlotte C mit Brennstoff gespeist, dessen Feuer von D aus geschürt und dessen Verbrennungsluft der abzufaugenden Luft entnommen wird. Der Rauch des Schornsteines A mischt sich mit dem Rauche des Lockofens über dem letzteren und erfährt hierdurch die erforderliche Erwärmung, welche dazu dient, unter Vermittelung der Wände des Schornsteines A die in E sich bewegende, abzufaugende Luft zu erwärmen.

Ein hierher gehöriges, hübsches Beispiel bildet der Saugschornstein in der Entbindungsanstalt zu Dresden<sup>194)</sup>, welchem der erforderliche Wärmezufschuß durch mehrere freistehende Oefen geliefert wird.

Die Abluft gelangt durch mehrere Kanäle zunächst in den ringförmigen Sammelraum A, tritt unter dem unteren Rande einer trommelförmigen Wand hindurch zur Dampfchlange B, erwärmt sich dort und steigt sodann im eisernen Schlot C empor. Um eine Wärmezufuhr von der Außenfläche des Schornsteines C an die Krankenfälle D und E zu verhüten, ist C von einem Blechmantel so umgeben, daß der freibleibende Zwischenraum von Luft durchströmt wird.

Sofern Leuchtgas zur Verfügung steht, empfiehlt sich zuweilen, dieses im Schornstein zu verbrennen, um den geforderten Auftrieb zu schaffen. Man legt die mit Brennern versehenen Gasrohre in Schornsteine von kreisförmigem Querschnitt in Form eines Kreises oder einer Spirale (Fig. 137), in rechteckige Schornsteine in Gestalt eines Rechens (Fig. 138).

Bisweilen benutzt man, wie in Art. 65 (S. 58) u. Art. 183 (S. 151) bereits angedeutet wurde, die Beleuchtungseinrichtungen für den gleichen Zweck, indem man die Wärme der Verbrennungsgase zur Erzeugung des Auftriebes verwendet.

Der Rauch der Leuchtflammen sollte in den zur Luftabführung dienenden Schlot, welcher dicht über dem Fußboden mündet, geführt werden, um diesen zu erwärmen, so daß die Luftabführung möglichst zugfrei

erfolgt (vergl. Art. 220, S. 180). Bei mäfsiger Luftabführung, guter Einrichtung und sorgfältiger Ueberwachung ist jedoch ein teilweises Abfaugen durch die Decke, bezw. über den Beleuchtungsflammen zulässig.

Das in Fig. 37 (S. 58) dargestellte Kugel- oder Lüftungslicht von *Rickets* erfüllt, wenn auch in geringem Mafse, diesen Zweck, indem unmittelbar unter der Decke Luft aus dem erleuchteten Raume angefaugt und im ringförmigen Raume zwischen den gleichachsigen Rohren *D* und *E* abgeführt wird.

Wirksamere, aber auch leichter Zug verurfachend, sind die Sonnenbrenner. Da sie aber nicht mehr im Gebrauch stehen, so sei nur auf die vorhergehenden beiden Auflagen (1. Aufl.: Art. 134, S. 165; 2. Aufl.: Art. 221, S. 202) des vorliegenden Bandes verwiesen.

Wie auch die Anordnung der Lockschornsteine fein mag, so findet die Erwärmung der abzufaugenden Luft statt: an einer Stelle oder längs eines Teiles der nutzbaren Höhe oder längs der ganzen nutzbaren Höhe des Schornsteines. Es lassen sich daher sämtliche Lockschornsteine durch die drei Abbildungen Fig. 139 bis 141 verfinnlichen.

Die erforderliche Saugkraft  $p$  ist als bekannt vorauszusetzen; sie wurde auf Grund der früheren Erörterungen (Art. 256, S. 219) berechnet. In Fig. 139 tritt bei *A* zu der Luftmenge  $\mathfrak{L}$ , deren Temperatur  $t$  und deren Druck um  $p$  geringer ist als derjenige der äufseren Atmosphäre, der Rauch, dessen Gewicht  $Q$  Kilogr. und dessen Temperatur  $T$  Grad beträgt. Die Einheitwärme  $c$  werde für beide zu  $0,24$  angenommen.

Alsdann ist die zu fördernde Gasmenge  $\mathfrak{L} + Q$ , sonach deren Temperatur bei *A*, da  $(\mathfrak{L} + Q) c t_2 = \mathfrak{L} c t + Q c T$  ist,

$$t_2 = \frac{\mathfrak{L} t + Q T}{\mathfrak{L} + Q}; \dots \dots \dots 130.$$

ferner erhält man

$$Q = \mathfrak{L} \frac{t_2 - t}{T - t_2}, \dots \dots \dots 131.$$

fowie

$$\mathfrak{L} + Q = \mathfrak{L} \left( 1 + \frac{t_2 - t}{T - t_2} \right) \text{ oder } \mathfrak{L} + Q = \mathfrak{L} \frac{T - t}{T - t_2} \dots \dots \dots 132.$$

Während das Gemisch bis zur Mündung *B* des Schornsteines strömt, verliert es einen Teil seiner Wärme durch die Wände des Schornsteines, so dafs seine Temperatur auf  $t_3$  Grad sinkt. Der Wärmeverlust steht im geraden Verhältnis zum Temperaturunterschied des Schornsteininneren und Schornsteinaufseren, ferner etwa der

Fig. 137.

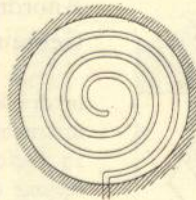
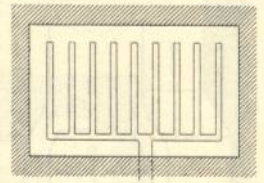
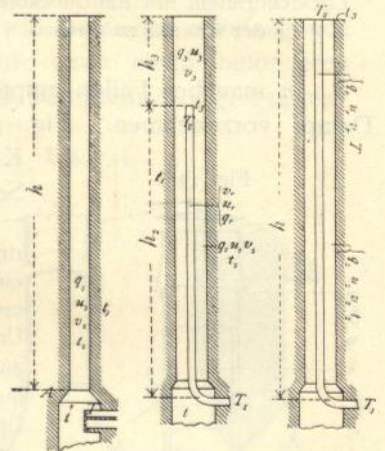


Fig. 138.



266.  
Lockschornstein  
ohne  
Rauchrohr.

Fig. 139. Fig. 140. Fig. 141.



inneren Oberfläche des Schornsteines  $\frac{u_2 + u_3}{2} h$ . Die stündlich von 1 qm bei 1 Grad Temperaturunterschied verloren gehende Wärme heiße  $k$ ; alsdann ist

$$(\mathfrak{L} + Q) c t_2 - (\mathfrak{L} + Q) c t_3 = k h \frac{u_2 + u_3}{2} \left( \frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 \right),$$

woraus die Gleichung entsteht:

$$\frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{2 (\mathfrak{L} + Q) c t_2 + k h \frac{u_2 + u_3}{2} t_1}{2 (\mathfrak{L} + Q) c + k h \frac{u_2 + u_3}{2}} \dots \dots \dots 133.$$

Die Geschwindigkeit  $v_2$  bei  $A$  berechnet sich zu

$$v_2 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_2 \cdot 3600 \gamma_2} \dots \dots \dots 134.$$

und diejenige an der Mündung des Schornsteines zu

$$v_3 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_3 \cdot 3600 \gamma_3} \dots \dots \dots 135.$$

Der Auftrieb beträgt

$$\mathfrak{A} = k \left( \gamma_1 - \frac{\gamma_2 + \gamma_3}{2} \right) = 0,004 h \left( \frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 \right); \dots \dots \dots 136.$$

er ist den Widerständen  $p + \mathfrak{B}$  gleichzusetzen, um Werte für  $h$ ,  $q$  oder  $T$  u. f. w. zu gewinnen.

Bei folchem Verfahren entstehen jedoch sehr verwickelte Ausdrücke, weshalb es vorzuziehen ist, in folgender Weise vorzugehen.

Aus

$$0,004 h \left( \frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 \right) = p + \mathfrak{B} \dots \dots \dots 137.$$

ergibt sich

$$\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 = \frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h} \dots \dots \dots 138.$$

Man setzt den Temperaturverlust  $t_2 - t_3 = \Delta$ , so daß

$$t_2 = \frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h} + t_1 + \frac{\Delta}{2} \dots \dots \dots 139.$$

wird. Ist  $h$  durch örtliche Verhältnisse gegeben, so schätzt man  $\mathfrak{B}$  und  $\Delta$ , so daß  $t_2$  aus Gleichung 139 leicht zu finden ist, setzt  $t_2$  in Gleichung 132 ein, in welcher außerdem nur die bekannten Größen  $\mathfrak{L}$ ,  $T$  und  $t$  vorkommen. Man schätzt ferner die Geschwindigkeit  $v$  (zwischen 1 und 4 m), um mit Hilfe der Gleichung 134, welche in

$$q_2 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{v_2 \cdot 3600 \gamma_2} \dots \dots \dots 140.$$

umgesetzt wird, den Querschnitt des Schornsteines zu gewinnen, und prüft nunmehr mittels der Gleichung 133 und nach Umständen der Gleichung 137 die Richtigkeit der Schätzungen. Der Wärmeverlust kann indeffen ebenso bequem, wie mittels der Gleichung 133, aber genauer nach Berechnung der Schornsteinabmessungen gewonnen werden.

Ist  $h$  nicht durch örtliche Umstände bestimmt, so kann man  $t_2$  annehmen; im übrigen ändert sich das Verfahren nicht.

Die Gleichung 138 gewährt einen raschen Ueberblick über die geringste GröÙe von  $h$ , bezw.  $t_2$ , da das Glied  $\frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h}$  den wesentlichsten Einfluss übt.

Beispiel: Es sei  $\mathfrak{Q} = 12000$  kg stündlich zu fördernde Luft,  $p = 6$  kg Gesamtwiderstand bis zum Fusse des Schornsteines,  $t_1 = 25$  Grad = höchste in Rechnung zu stellende Temperatur des Freien,  $t = 20$  Grad = Temperatur der Abluft. Ferner sei  $h = 30$  m und  $T = 1200$  Grad = Temperatur des Rauches gegeben, fowie  $\mathfrak{B}$  zu  $1,2$  kg und  $\Delta$  zu  $12$  Grad geschätzt. Alsdann ist nach Gleichung 139

$$t_2 = \frac{6 + 1,2}{0,004 \cdot 30} + 25 + 6 = 60 + 31 = 91 \text{ Grad,}$$

und hieraus  $\gamma_2 = 0,94$ .

Ferner ergibt sich nach Gleichung 132 (S. 226)

$$\mathfrak{Q} + Q = 12000 \frac{1200 - 20}{1200 - 91} = 12768 \text{ oder rund} = 12770.$$

$v$  werde zu  $3$  m geschätzt; alsdann ist nach Gleichung 140

$$q_2 = \frac{12770}{3 \cdot 3600 \cdot 0,94} = 1,258 \text{ qm.}$$

Der Schornstein soll quadratisch mit  $a$  Meter Seite ausgeführt werden; dann ist

$$a^2 = 1,258 \text{ und } a = 1,12 \text{ m,}$$

wofür  $a = 4\frac{1}{2}$  Stein =  $1,175$  m gesetzt werden soll.

Sonach wird  $\frac{u_2}{q_2} = \frac{4}{a} = 3,4$  und  $q_2 = 1,38$  qm; daher

$$v_2 = \frac{12770}{1,38 \cdot 3600 \cdot 0,94} = 2,73 \text{ m.}$$

Der Widerstand  $\mathfrak{B}$  beträgt, wenn am Fusse des Schornsteines eine rechtwinkelige, nicht abgerundete Ablenkung stattfindet, oben aber die Luft frei abflömt,

$$\mathfrak{B} = 0,94 (1 + 0,001 \cdot 30 \cdot 3,4 \cdot 20) \frac{2,73^2}{19,6} = 1,07 \text{ kg,}$$

also etwas weniger als geschätzt wurde. Wird nun die Wandstärke des Schornsteines im Mittel  $51$  cm, so ist die Seite der mittleren Quadratfläche  $1,085$ , die wärmeübertragende Fläche =  $1,085 \cdot 4 \cdot 30 = 202,2$  qm. Jedes Quadr.-Meter Backsteinmauer von  $51$  cm Dicke überträgt für  $1$  Grad Temperaturunterschied (siehe Art. 171, S. 143)  $1,1$  Wärmeeinheiten; folglich beträgt der gesamte Wärmeverlust

$$202,2 \cdot 1,1 (91 - 25) = 16870 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

welcher die Abkühlung des Schornsteininhaltes um

$$\Delta = \frac{16870}{12770 \cdot 0,74} = 5,5 \text{ Grad}$$

veranlaßt, also wesentlich weniger, als oben schätzungsweise angenommen wurde.

Nach den weiter unten folgenden Angaben liefert  $1$  kg Kohle bei doppelter Luftzufuhr  $22,3$  kg Rauchgase; der Betrieb des Schornsteines erfordert sonach, da stündlich  $Q = 770$  kg Rauch gebraucht werden,  $\frac{770}{22,3} = 34$  kg Kohlen.

Die Berechnung eines Saugschornsteines, bei welchem der Abluft keine Rauchgase beigemischt werden (niedriger Ofen mit besonderem Schornstein, Dampf- oder Wasserheizung), wird ebenso durchgeführt, gestaltet sich aber insofern einfacher, als dem Gewicht der zu fördernden Luft das zunächst unbekannte  $Q$  nicht hinzuzufügen ist.

Verwandt hiermit ist die Berechnung des Saugschornsteines mit ganzem Rauchrohre (Fig. 141). Sie möge für die Unterlagen des vorigen Beispiels ( $\mathfrak{Q} = 12000$  kg,  $p = 6$ ,  $h = 30$  m,  $t_1 = 25$  Grad,  $t = 20$  Grad,  $T_1 = 1200$  Grad = Anfangstempe-

ratur des Rauches,  $T_2 = 200$  Grad = Austrittstemperatur des Rauches) durchgeführt werden.

Die Abluft wird durch die vom Rauchrohre abgegebene Wärme von  $t$  auf  $t_3$  Grad erwärmt; somit ist der Auftrieb nach Art. 233 (S. 193)

$$\mathfrak{A} = 0,004 h \left( \frac{t + t_3}{2} - t_1 \right),$$

welcher Wert  $p + \mathfrak{B}$  gleichzusetzen ist, so daß

$$\frac{t + t_3}{2} = \frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h} + t_1,$$

$$t_3 = 2 \frac{p + \mathfrak{B}}{0,004 h} + 2t_1 - t$$

wird.  $\mathfrak{B}$  sei zu 1 kg geschätzt; der Wärmeverlust der Abluft sei vernachlässigt.

Dann wird

$$t_3 = 2 \frac{6 + 1}{0,004 \cdot 30} + 2 \cdot 25 - 20 = 147 \text{ Grad,}$$

woraus  $\frac{\gamma + \gamma_3}{2} = 0,97$  entsteht.

Zur Bestimmung der erforderlichen Rauchmenge dient die Gleichung

$$\mathfrak{G} c (t_3 - t) = Q c (T_1 - T_2)$$

oder

$$Q = \frac{12000 \cdot 127}{1000} = 1524 \text{ kg.}$$

Die erforderliche Heizfläche  $F$  des Rauchrohres berechnet sich aus

$$\mathfrak{G} c (t_3 - t) = F \left( \frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t + t_3}{2} \right) k,$$

oder

$$F = \frac{1}{k} \frac{2 \cdot \mathfrak{G} \cdot c (t_3 - t)}{T_1 + T_2 - t - t_3},$$

in welcher Gleichung  $k = 8$  (siehe Art. 171, S. 144) eingesetzt werden soll.

Alsdann wird

$$F = \frac{1}{8} \cdot \frac{2 \cdot 12000 \cdot 0,24 (147 - 20)}{1200 + 200 - 147 - 20} = \text{rund } 74 \text{ qm.}$$

Der eiserne Rauchschornstein möge einen runden Querschnitt mit dem Durchmesser  $d$  erhalten, so daß

$$F = d \pi h \quad \text{oder} \quad d = \frac{74}{30 \cdot 3,14} = 0,785 \text{ m wird.}$$

So weit darf man, mit Rücksicht auf die geringe Rauchmenge, den Rauchschornstein nicht machen, weshalb er, um die nötige Heizfläche bei geringerer Weite zu erhalten (nach Fig. 142, obere Hälfte), mit Rippen ausgerüstet werden soll. Es betrage der Durchmesser 0,40 m, die Höhe der 30 Rippen 0,05 m; die Fläche der letzteren leistet etwa 0,4mal so viel als die Mantelfläche. Sonach ist die derart gerippte Rauchrohrfläche gleichwertig mit  $(0,4 \cdot 3,14 + 0,05 \cdot 30 \cdot 2 \cdot 0,4) 30 = 73,68$  qm Mantelfläche, genügt also der vorliegenden Aufgabe.

Der Luftquerschnitt ist, wenn  $v = 2,50$  m angenommen wird,

$$q = \frac{12000}{2,50 \cdot 3600 \cdot 0,97} = 1,368 \text{ qm.}$$

Hierzu kommt der Querschnitt des Rauchrohres mit  $0,19$  qm. Die Seitenlänge  $a$  des quadratischen Schornsteines beträgt sonach

$$a = \sqrt{1,368 + 0,19} = 1,25 \text{ m,}$$

wofür 5 Stein =  $1,31$  m gefetzt werden sollen, so dafs

$$v = \frac{12000}{3600 (1,31^2 - 0,19) \cdot 0,97} = 2,24 \text{ m wird.}$$

Das Verhältnis  $\frac{u}{q}$  wird =  $6,3$ , also

$$\mathfrak{B} = 0,97 [1 + 0,001 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 6,3] \frac{2,24^2}{19,6} = 1,18 \text{ kg;}$$

fomit ist  $\mathfrak{B}$  größer als geschätzt wurde, weshalb man entweder den Schornstein noch weiter macht, um  $v$  zu verringern, oder die rechtwinkelige Ablenkung am Fufse des Schornsteines gut abrundet, um statt  $\gamma \cdot 1 \cdot \frac{v^2}{2g}$  vielleicht  $\gamma \cdot 0,4 \frac{v^2}{2g}$  einsetzen zu können.

Die erforderliche Rauchmenge  $Q = 1524$  kg liefern  $1524 : 22,3 =$  rund  $70$  kg Kohlen.

In dem oben durchgeführten Beispiele wurde, aus angegebenen Gründen, das Rauchrohr nach der oberen Hälfte der Fig. 142 gerippt angenommen, auch, entsprechend dieser Figur, der Querschnitt des Saugschornsteines quadratisch gemacht. Es bedarf kaum des Hinweises, dafs der letztere ebenfalls vieleckig oder kreisförmig gemacht werden kann; die Berechnungsweise ändert sich hierdurch nicht. Nicht selten empfiehlt es sich, wenn der Querschnitt des Saugschornsteines ein längeres Rechteck bildet, den Rauchschornstein durch Einsetzen eiserner Platten, nach Fig. 143, zu bilden, wodurch der Lüftungschornstein in zwei Teile zerlegt wird. Die beiden Teile dürfen (vergl. Art. 256, S. 217) nicht gemeinsam an einem Raum oder Kanal faugen. Die Platten werden sodann, je nach Umständen, mit Rippen versehen oder glatt gelassen.

Was nun endlich den Lockschornstein mit kurzem Rauchrohr (Fig. 140) betrifft, so kann ich mich mit allgemeinen Anführungen begnügen. Man berechnet den oberen Teil  $h_3$  zunächst nach den zum ersten Schornstein (Fig. 139) gegebenen Regeln, indem man einen Teil des  $p$  schätzungsweise der Höhe  $h_2$  zu bewältigen überläßt. Hierdurch gewinnt man einen Anhalt für die erforderliche Rauchmenge, sowie die Temperaturen des Rauches. Nunmehr berechnet man den Teil  $h_2$  und vergleicht, ob die gemachten Annahmen zulässig waren oder nicht, und wiederholt nach Umständen das Verfahren so oft, bis befriedigende Uebereinstimmung erzielt wird. Zu vergessen ist nicht, dafs häufig die zur Verbrennung dienende Luft der Luftmenge  $Q$  entnommen wird (vergl. Fig. 134 u. 135), so dafs sich  $Q$  um einiges verringert.

Fig. 142.

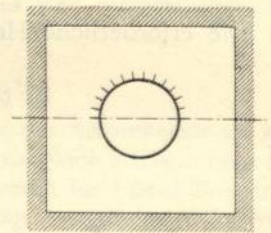
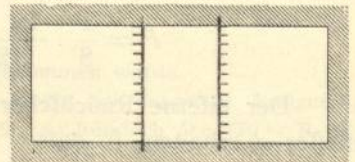


Fig. 143.



268.  
Lockschornstein  
mit kurzem  
Rauchrohre.

Wenn Rauch, welcher bereits zu anderen Zwecken verwendet wurde, bestimmt ist, einen Teil feiner Wärme zur Erwärmung der abzufaugenden Luft herzugeben, so kennt man sowohl die Rauchmenge, als auch die Rauchtemperatur und hat hier- nach zu berechnen, was mit der verfügbaren Wärmemenge zu erreichen ist.

Der Betrieb der Lockschornsteine mit Rauchrohr ist, wie durch ein Beispiel erörtert wurde, bei weitem kostspieliger als der Betrieb solcher, in denen die Erwärmung der Luft sofort bei ihrem Eintritte in den Schornstein nahezu an einem Punkte erfolgt. Die Betriebskosten des Lockschornsteines mit kurzem Rauchrohr fallen zwischen diejenigen der beiden vorher genannten Schornsteinarten.

269.  
Vergleich der  
drei  
Anordnungen.

Eigentümlicherweise finden trotzdem Lockschornsteine mit ganzem Rauchrohr sehr häufig Verwendung. Wenn man für sie geltend macht, daß sie gegen das Zurücktreten des Rauches in die zu lüftenden Räume Sicherheit bieten, so ist demgegenüber zu bemerken, daß man in fast allen Fällen durch zweckmäßige Anlage des Schornsteines und der zugehörigen Kanalmündungen, sowie durch Verwendung eines Auffatzes, welcher die Einflüsse der Windströmungen unschädlich macht, die gleiche Sicherheit gewinnen kann. Sollten aber in besonderen Fällen Bedenken übrig bleiben, so ist doch immer möglich, die gesamte Heizfläche am Fusse des Schornsteines zusammenzudrängen, indem man durch die Rauchgase unmittelbar erwärmte Oefen aufstellt, denen dann ein gesonderter gemauerter Schornstein gegeben wird, oder mittels Wasser oder Dampf erwärmte Heizkörper verwendet. Die erforderlichen Brennstoffmengen werden hierdurch erheblich vermindert. Die Berechnung derartiger Anlagen findet nach dem Verfahren statt, welches für an einem Punkte erwärmte Schornsteine besprochen wurde; die Höhenlage dieses Punktes, der zwischen dem oberen und unteren Ende des oder der Heizkörper liegt, ist nach Art. 233 (S. 193) zu bestimmen oder zu schätzen.

Aus den gegebenen Formeln, sowie aus den berechneten Beispielen geht ferner hervor, daß die Höhe  $h$  des Schornsteines eine hervorragende Rolle spielt. Will man mit niedrigen Lockschornsteinen eine nennenswerte Wirkung hervorbringen, so muß die Temperatur der abgeführten Luft eine große werden, d. h. es wird sehr viel Brennstoff gebraucht. Daher ist es allein zweckmäßig — da die Höhenlage der Schornsteinmündung gegenüber den übrigen Bauwerken ein gewisses, von baulichen Rücksichten abhängendes Maß nicht überschreiten darf — die Abluftkanäle möglichst tief im Lockschornstein münden zu lassen, sowie an diesem tiefliegenden Orte die Erwärmungseinrichtung anzubringen.

270.  
Höhe  
der  
Schornsteine.

In Bezug auf die Berechnung der Masse der Flügelgebläse verweise ich auf das in Art. 245 (S. 205) Gefagte.

Die Betriebskosten der stündlichen Förderung jener 12000 kg Luft betragen täglich oder in 24 Stunden:

271.  
Betriebs-  
kosten.

1) Bei Verwendung eines mittels Gasmaschine betriebenen Flügelgebläses, da die erforderliche Kraft nach Gleichung 108 mindestens

$$N = \frac{12000 p}{100000} = \text{rund 1 Pferdestärke beträgt:}$$

für Brennstoff . . . . .	6,12	Mark
» Schmieröl und Kühlwasser . . . . .	2,00	»
» Bedienung . . . . .	2,20	»
» Abschreibung und Zinsen . . . . .	1,68	»

zusammen 12,00 Mark.

2) Bei Verwendung des Lockfchornsteines nach Fig. 139, wenn 100<sup>kg</sup> Kohle 1,7 Mark kosten:

für Brennstoff . . . . .	13,87	Mark
» Bedienung . . . . .	2,50	»
» Abschreibung und Zinsen . . . . .	2,23	»
	<hr/>	
	zusammen 18,00 Mark.	

3) Bei Verwendung des Lockfchornsteines nach Fig. 141:

für Brennstoff . . . . .	28,56	Mark
» Bedienung . . . . .	2,50	»
» Abschreibung und Zinsen . . . . .	2,24	»
	<hr/>	
	zusammen 33,30 Mark.	

Die Verwendung des Leuchtgases als Brennstoff würde noch teurer sein.

Um jedoch hiernach die Preiswürdigkeit der vier angezogenen Luftbewegungsverfahren richtig zu beurteilen, sind folgende Umstände mit zu berücksichtigen.

Je geringer die zu fördernden Luftmengen sind, umso günstiger stellen sich die Lockfchornsteine im allgemeinen gegenüber den Gebläsen. Ebenso nimmt der Kostenunterschied der mit Gas geheizten Lockfchornsteine gegenüber den mit festen Brennstoffen geheizten zu Gunsten der ersteren mit der Menge der zu fördernden Luftmenge ab, und zwar derart, daß bei einer gewissen Kleinheit der Anlage die Gasheizung billiger ist als irgend ein anderer Betrieb. Die Gründe hierfür liegen darin, daß der Kraftbedarf, wie die sonstigen Betriebskosten eines Gebläses viel langsamer abnehmen als die Luftmenge, und ebenso die Bedienungskosten der mit festen Brennstoffen geheizten Lockfchornsteine mit der Kleinheit an Bedeutung gewinnen.

Die Bedienung einer Gasmaschine erfordert einen fachverständigen Mann; diejenige der Lockfchornsteine kann von gewöhnlichen Arbeitern, bzw. Mägden ausgeführt werden, und bei Gasheizung beschränkt sich die Bedienung auf die Regelung des Gaszuflusses. Dies entscheidet nicht selten gegen das Gebläse.

Endlich liegt bei letzterem die Gefahr des Verfagens näher, während die Lockfchornsteine, angesichts ihrer Einfachheit, fast unbedingte Sicherheit für die jederzeitige Dienfttüchtigkeit bieten.

Bei ganz großen Anlagen empfiehlt sich in vielen Fällen der Dampfmaschinenbetrieb.

## b) Lage und Längenprofil.

Wiederholt wurde darauf hingewiesen, daß die Kanäle möglichst gegen Wärmeverluste zu schützen seien. Dies hat allgemeine Gültigkeit für warme Luft und Rauch. Man wird daher die betreffenden Kanäle trocken halten, da die anderenfalls eintretende Wasserverdunstung große Wärmemengen binden würde, und wird sie möglichst aus schlechten Wärmeleitern und mit dicken Wänden ausstatten. Ebenso wichtig ist, die Kanäle tunlichst geschützt gegen die Einflüsse der Temperatur des Freien und gegen Netzung ihrer Außenflächen zu schützen, d. h. die Kanäle im Inneren der Häuser unterzubringen.

Hohe Schornsteine lassen sich jedoch, weil sie sich anders setzen und anders ausdehnen als die Mauern, nur dann in das Innere der Häuser legen, wenn man sie durch die Gebäudemauern schachtförmig einschließen läßt, so daß, so weit als möglich, keine Verbindungen zwischen den höherliegenden Teilen des Gebäudes



und dem Schornsteingemäuer bestehen. In der Regel stellt man daher große und hohe Schornsteine frei auf.

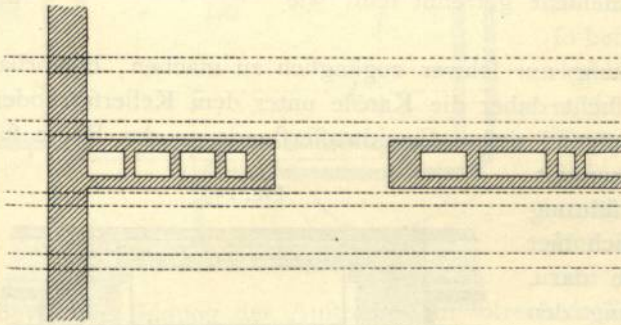
Während der Wintermonate ist es ebenfalls von Vorteil, die Kanäle, welche die gebrauchte Luft aus den zu lüftenden Räumen führen, sofern diese Luftförderung nach oben gerichtet ist, in die Innenwände der Häuser zu legen. Im Sommer sind jedoch die in einer freien, von der Sonne beschienenen Außenwand liegenden Kanäle wirksamer. Wird die hinwegzuschaffende Luft nach unten abgeführt, so ist das Gegenteil des oben Gefagten der Fall. Die aufsteigenden Abluftkanäle, welche besonders erwärmt werden (zum Zweck der Erzeugung entsprechenden Auftriebes), verhalten sich gerade so wie die Schornsteine.

Kanäle für Zuführung kalter frischer Luft bedürfen keiner Rücksichtnahme auf den Wärmeaustausch ihrer Wände, es sei denn, daß man in die Lage kommt, sie vor den Einwirkungen der Sommerhitze zu schützen. Eine Rücksichtnahme gegen die Räume, welche an die Wandungen dieser Luftzuführungskanäle grenzen, ist jedoch notwendig, indem innerhalb der kalten Kanäle unter Umständen nahezu dieselbe Temperatur herrscht wie im Freien.

Die Kanäle sind nach dem Gefagten regelmäßig in die Innenwände zu legen; nur in besonderen Fällen empfehlen sich hierfür die Außenwände des Gebäudes.

Die lotrechten Kanäle lassen sich verhältnismäßig leicht in den Wänden unterbringen. Genügt die Dicke der gegebenen Wände nicht, um in ihnen die Kanäle auszuführen, so werden einzelne Wände dicker gemacht oder auch wohl nischenartige Ausfüllungen der Zimmerecken hierfür verwendet. Manche Bauordnungen

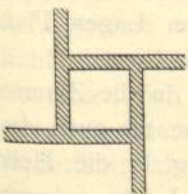
Fig. 144.



schreiben vor, daß die lotrechten Kanäle ebenfoweit von hölzernen Balken entfernt liegen müssen wie Rauchschornsteine. In diesem Falle ist die Balkenanordnung besonders nach der Lage der in Rede stehenden Kanäle zu treffen: man legt die Balken, um deren Auswechseln zu sparen, nach Fig. 144 gleichlaufend zu den Wänden, in welchen die Kanäle sich befinden, oder wählt

zum Unterbringen der letzteren solche Wände, welche zwischen den Balken sich befinden, und verstärkt sie nach Umständen entsprechend. In einigen Fällen lassen

Fig. 145.



sich größere Kanalquerschnitte, bzw. Räume für Kanalbündel ohne Schädigung des Aussehens der Zimmer nach Art von Fig. 145 schaffen.

Weniger leicht ist das Unterbringen wagrechter und geneigter Kanäle. Diese müssen in, über oder unter den Decken Platz finden. Die sog. Zwickel der Deckengewölbe geben, wie Fig. 146 andeutet, hierzu oft willkommene Gelegenheit; der Kanal ist, um ihm einen möglichst großen Querschnitt zu geben, mittels Steinplatten abgedeckt, über welchen nach Umständen der Fliesenbelag oder der Holzfussboden mit feinen Lagern sich befindet. Die Deckenhohlkehlen sind, wenn sie

z. B. aus Tonstücken zusammengesetzt werden, wie Fig. 147 erkennen läßt, in ähnlicher Weise zu verwenden. Größere wagrechte Luftkanäle bildet man häufig, indem man über den Gängen — die des besseren

Ansehens halber niedriger gehalten werden können als die anstossenden Räume — doppelte Decken anbringt, die entweder gewölbt fein können, wie Fig. 148 angibt, oder aus mit Steinplatten belegten

eisernen Trägern gebildet sind, oder auch aus zwei gewöhnlichen geputzten Holzdecken bestehen können. Ich sah ein Gebäude, in dem man den so gebildeten Raum nicht allein für die wagrechten Luftleitungen, sondern auch für das Aufstellen der Heizkörper u. s. w. verwendet hat.

Kleinere Kanäle finden zwischen den Balken einerseits und Fußboden und Schalung andererseits Platz. Es ist gut — sofern die Kanäle kalte Luft zu leiten haben, fogar notwendig — sie aus verlötetem Blech herzustellen, um das Ausströmen der Luft an unerwünschter Stelle zu hindern. Kaltluftkanäle sollten auch niemals unmittelbar unter dem Fußboden liegen, sondern von diesem durch eine, wenn auch dünne Sand- und Strohlehmsschicht getrennt sein, wie Fig. 149 erkennen läßt.

Die erwähnten Orte sind häufig nur schwer zugänglich zu machen, befahrbar fogar in seltenen Fällen. Man sucht daher die Kanäle unter dem Kellerfußboden anzubringen, wofelbst — bei genügend tiefem Grundwasserstande — der Raum für größere lichte Kanalhöhen nicht mangelt.

Die wagrechten Kanäle für die Abführung der Luft aus den Räumen lassen sich hier immer unterbringen. Dienen sie dazu, die Luft behufs neuer Erwärmung den Heizkammern zuzuführen, so ist selbstverständlich, daß sie am Boden der Heizkammer münden müssen, also eine tiefe Lage nicht stört. Sollen sie die Luft einem Lockfornstein zuleiten, so ist ihre tiefe Lage ebenfalls erwünscht. Die Kanäle für frische Luft können ebenso unbedenklich in dieser tiefen Lage angebracht werden; nur die Kanäle für warme Luft müssen aus weiter unten zu erörternden Gründen in höheren Lagen Platz finden. Nicht selten hängt man die Kanäle unter die Decken.

Alle Kanäle, die zur Führung derjenigen Luft dienen, welche in die Zimmer gelangen soll, also diejenigen sowohl, welche frische Luft zuführen, als auch diejenigen, welche die Luft der Zimmer zu wiederholter Erwärmung in die Heizkammern geleiten, sind in Rücksicht auf Reinhaltung anzulegen. In ihnen lagert sich Staub tierischen, pflanzlichen und mineralischen Ursprunges ab; dieser wird von der bewegten Luft wiederholt aufgewirbelt und in die Zimmer geführt; ersterer

Fig. 146.

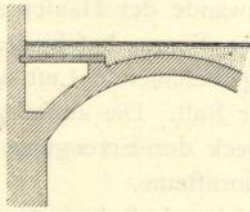


Fig. 147.

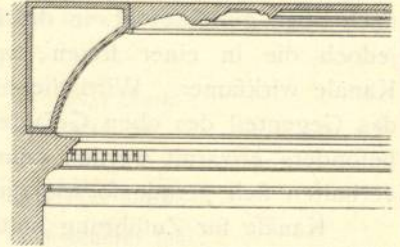


Fig. 148.

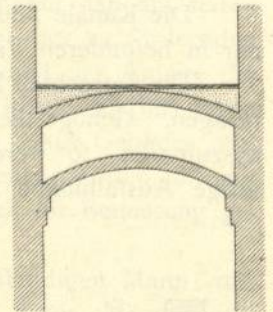


Fig. 149.



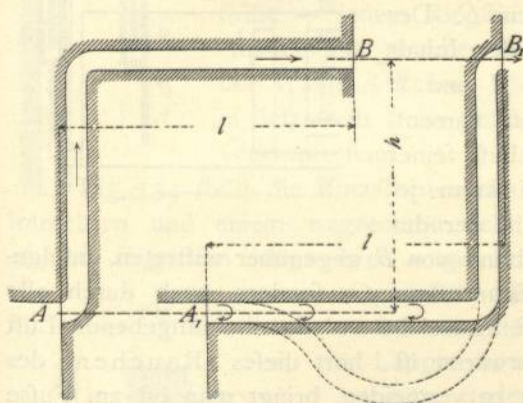
zersetzt sich und erzeugt üble Gerüche. Durch Zufall gelangt auch Ungeziefer in die Kanäle; feine faulenden Leichen verpesten die Luft. Die Kanäle können fogar Brutherde gefährlicher Bakterien werden.

Man muß daher die Kanäle, soweit sie mehr oder weniger wagrecht liegen, befahrbar oder doch so zugänglich machen, daß man sie von Zeit zu Zeit zu reinigen vermag, und die unvermeidlich engen Kanäle lotrecht oder so anlegen, daß man sie durchblicken und nach Umständen mit einer Bürste säubern kann.

In Bezug auf Feuerficherheit der Schornsteine bestehen in verschiedenen Ländern verschiedene baupolizeiliche Vorschriften, weshalb an diesem Orte nicht auf sie einzugehen ist. Verständig angelegte Luftkanäle werden niemals bis zur Entzündungstemperatur des Holzes erwärmt; jedoch haben die Luftkanäle für die Feuerficherheit eines Gebäudes die große Bedeutung, daß sie zur Fortleitung eines Brandes, unter Umständen fogar zu seiner Anfachung dienen können, indem sie zu Schornsteinen werden.

Das Längenprofil eines Luftkanals kann gleichsam beliebig gewählt werden, wenn die Luft mittels einer äußeren, drückend oder saugend wirkenden Kraft (Flügelbläser, Strahlbläser, Lockschornstein) bewegt wird. Soll dagegen der eigene Auftrieb die Luft bewegen, so sind beim Entwerfen des Längenprofils bestimmte

Fig. 150.



Rücksichtnahmen erforderlich. Im Beharrungszustande werden die beiden Kanäle  $AB$  und  $A_1B_1$  (Fig. 150), welche die Luft auf die gleiche Höhe  $h$  und Länge  $l$  von  $A$ , bzw.  $A_1$  nach  $B$ , bzw.  $B_1$  mittels des Auftriebes fördern sollen, sich genau gleich verhalten. Nicht so bei der Inbetriebsetzung. Die Wärme der bei  $A$  einmündenden Luft wird zunächst zum Erwärmen des steigenden Teiles des Kanals  $AB$  verwendet, so daß der gewünschte Auftrieb sehr bald vorhanden ist; die bei  $A_1$  eintretende Luft muß dagegen zunächst den liegenden Teil des Kanals  $A_1B_1$  erwärmen,

bevor die Bildung des Auftriebes im lotrechten Teile erfolgen kann. Im Kanal  $AB$  tritt ein geringer Auftrieb sehr bald ein; er erzeugt eine entsprechende Luftbewegung in steigender Richtung und führt neue Mengen warmer Luft herbei, welche die Wände mehr und mehr erwärmen. Im Kanal  $A_1B_1$  dagegen muß die zum Erwärmen des liegenden Teiles erforderliche warme Luft entweder durch einen vor  $A_1$  schon vorhandenen Auftrieb (z. B. der Heizkammer) oder durch Nebenströmungen herangeführt werden. Die warme Luft tritt an die Decke des liegenden Teiles, kühlt sich, diese erwärmend, ab und sinkt zu Boden, um nach  $A_1$  zurückzuzuließen. So setzen sich die Nebenströmungen allmählich fort, bis die Erwärmung am Fusse des steigenden Kanaltheiles angelangt ist. Hierzu ist oft eine sehr lange Zeit erforderlich; ich selbst beobachtete eine Heizungsanlage, bei welcher der Vorgang fast eine Woche währte. Treten noch die früher genannten Einflüsse des Temperaturwechsels hinzu, oder münden beide Kanäle in einer und derselben Heizkammer, so ist es möglich, daß das Inbetriebsetzen des Kanals  $A_1B_1$  überhaupt nicht gelingt.

Noch ärger verhält sich die punktierte Kanalanlage  $A_1B_1$ , indem bei dieser natürlich von einem Fortschreiten der die Länge  $l$  erwärmenden Nebenströmungen nicht die Rede sein kann.

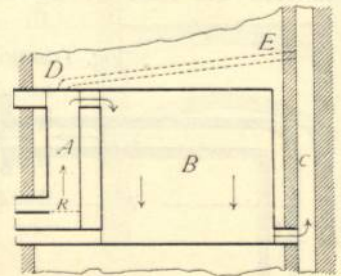
Man wird daher, um Luft mittels ihres eigenen Auftriebes von einem Punkte zum anderen zu führen, den Kanal zunächst steigen zu lassen und erst alsdann in wagrechter Richtung weitergehen lassen; ist eine solche Anordnung aus örtlichen Gründen unmöglich, so darf wenigstens das Längenprofil bis zum steigenden Teile nicht der punktierten Form  $A_1B_1$  (Fig. 150) ähnlich sein, sondern soll auch hier eine stetige, wenn auch geringe Steigung haben.

Der Auftrieb, welcher in der Heizkammer selbst erzeugt wird, wirkt in gleicher Richtung; hier ist die Bewegungsrichtung der erwärmten Luft ebenfalls zunächst eine lotrecht aufsteigende, weshalb sie die nötige Anregung zur Luftbewegung sofort nach der Lufterwärmung zu geben vermag.

275.  
Rauchkanäle  
mit  
Wärmeabgabe.

Die Rauchkanäle, in denen die Wärme des Rauches abgegeben werden soll, verhalten sich ähnlich. Fig. 151 stelle einen solchen Rauchkanal schematisch dar. Bei  $R$  finde die Wärmeentwicklung statt; der Rauch strömt im Schacht  $A$  lotrecht nach oben und verliert darin, weil  $A$  verhältnismäßig kleine Oberflächen besitzt, wenig Wärme; er sinkt in  $B$  nieder, weil hier eine der großen Oberfläche von  $B$  entsprechende starke Abkühlung erfolgt, und entweicht schließlich in den Schornstein  $C$ . Der Inhalt von  $B$  ist hier immer kälter als der Inhalt von  $A$ ; sonach ist ein Auftrieb zwischen  $A$  und  $B$  vorhanden, welcher die Bewegung einleitet, namentlich auch Rauch in den Schornstein  $C$ , behufs seiner allmählichen Anwärmung, führt. Hierbei kann jedoch — wenn die Temperatur in  $C$  gleich ist der des Freien — in  $B$  ein Ueberdruck der Umgebung von  $B$  gegenüber auftreten, infolgedessen der Rauch nicht allein in den Schornstein  $C$ , sondern auch durch alle etwaigen Undichtheiten des Ofenkastens  $B$  entweicht und die ihn umgebende Luft verunreinigt. Sobald der Schornstein  $C$  erwärmt ist, hört dieses »Rauchen« des Ofens auf. Um den genannten Uebelstand zu vermeiden, bringt man oft am Fusse des Schornsteines  $C$  ein besonderes Lockfeuer an, welches zu seinem vorherigen Anwärmen benutzt wird, oder schaltet zwischen den Kopf des Schachtes  $A$  und den Schornstein ein Rohr  $DE$  ein, welches zunächst von dem wenig abgekühlten Rauche des Schachtes  $A$  einen Teil so in den Schornstein führt, daß letzterer möglichst rasch erwärmt wird. Nachdem dieses geschehen, sperrt man den Rauchweg  $DE$ , um sämtlichen Rauch in die vorhin genannte Bahn zu zwingen. Das Rohr  $DE$  hat jedoch, wegen der hohen, darin auftretenden Temperaturen, nur geringe Dauer.

Fig. 151.



### c) Konstruktion.

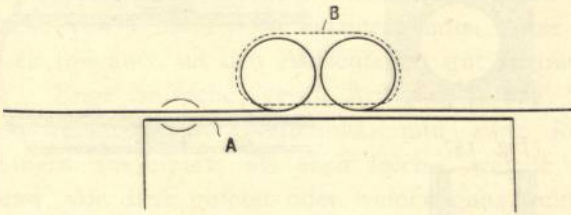
276.  
Kanäle  
aus Eisen-  
Zinkrohren.

Kanäle, Luft- und Rauchrohre werden, wenn von den Rauchrohren der Zimmeröfen abgesehen wird, selten aus Eisenblech hergestellt. Die Verwendung des Zinkbleches beschränkt sich auf die Fälle, in denen man Kanäle in das Gebälke legt. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika stellt man an Decken zu hängende Luftkanäle häufig aus verzinktem Eisenblech her<sup>196)</sup>.

196) Vergl.: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 183.

Die Enden der einzelnen Rohr- oder Kanalfücke verfeilt man (nach Fig. 152) mittels Wulfte, in welche Eisenringe gelegt sind. In je ein Ende jedes Stückes ist ein Fortsatz *A* genietet, welcher gut in das folgende Stück paßt. Die zusammengefeickten Stücke werden durch Bindedraht *B* zusammengeñäht. So wird eine Verbindung geschaffen, welche genügend dauerhaft ist, aber auch behufs des Reinigens leicht gelöft werden kann. Um Wärmeverluste zu mindern, werden die Rohre mit Filz oder dergl. umkleidet.

Fig. 152.



Gufseisen wird namentlich zu den Rauchrohren der Lockschornsteine gebraucht. Einige Techniker stützen die einzelnen Teile dieser

Rauchrohre unmittelbar aufeinander. Zweckmäßiger ist die Verbindung der wagrechten Fugen der in Rede stehenden Eifenteile nach Fig. 153. Der obere Rand jeder Platte oder jedes Ringes *A* trägt eine Rille *B*, in welche der untere Rand *C* des nächstfolgenden Stückes eintaucht. Der Spielraum zwischen den Innenflächen der Rille und dem Rande *C* wird mit Sand ausgefüllt und jedes Eifenstück für sich aufgehängt, so daß sowohl eine genügende Dichtung der Fuge erzielt, als auch — da die untere Fläche von *C* nicht auf den Boden der Rille *B* stößt — jedem Ringstück oder jeder Platte Raum für die eigene Ausdehnung gegeben wird. Die Rille *B* kann sowohl mitten auf der Wand *A* stehen, als auch seitwärts davon angebracht werden; in letzterem Falle muß selbstverständlich der untere Teil von *C* verkröpft sein.

Fig. 153.

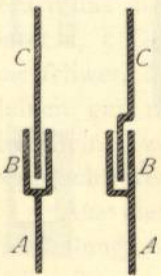
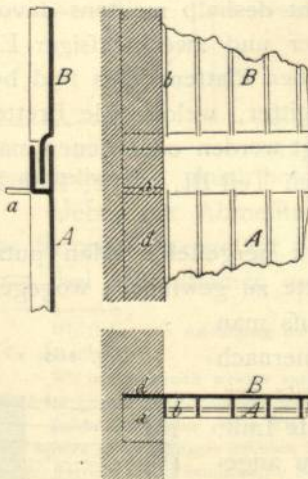


Fig. 154 stellt die Einzelheiten des Querschnittes in Fig. 143 (S. 230) in zwei lotrechten und einem wagrechten Schnitt dar. Die hier gerippten Eifenplatten *A* und *B* greifen längs ihrer wagrechten Ränder so ineinander, wie vorhin angegeben. Behufs Aufhängung der Platte *A* befinden sich an dieser zu beiden Seiten des oberen Randes Lappen *a*, welche in den Fugen des Mauerwerkes ihre Stütze finden. Die äußeren Rippen *b* erhöhen den seitlichen dichten Abschluß der Platten, der schon durch den in das Mauerwerk ragenden Rand *d* hervor-

Fig. 154.



gebracht ist.

Tönerne Rohre, namentlich innen glasierte, finden Verwendung für in verhältnismäßig dünnen Wänden unterzubringende lotrechte Kanäle und wenn Leitungen unter einer Decke aufgehängt werden müssen.

Fig. 155 ist ein wagrechter Schnitt eines lotrechten Kanals, wenn ein rundes Rohr benutzt wird; Fig. 157 läßt erkennen, daß Rohre von rechteckigem Querschnitt den zur Verfügung stehenden Raum besser ausnutzen. Das äußere Maß der Rohre muß so gewählt werden, daß der Wandputz über ihre Außenflächen hinweggeht. Man kann alsdann die Rohrstücke stumpf aufeinanderstellen, indem der Wandputz die betreffende Fuge genügend dichtet. Die Rohre dürfen erst auf-

gestellt werden, nachdem die Wände sich nicht mehr »setzen«, weil anderenfalls Risse entstehen, ja vielleicht die Rohre bersten würden. Hierdurch ist die Verwendung derartiger Kanäle sehr eingeschränkt.

Die aufzuhängenden Rohre werden mittels Muffen gedichtet. Zum Schutze gegen Wärmeverluste schiebt man muffenlose Rohre *B* (Fig. 156) über die Leitungsrohre *A* und füllt den Hohlraum zwischen beiden mit einem schlechten Wärmeleiter aus, vielleicht mit Sand oder Infusorienerde. Behufs Ersparung an Raum und Gewinnung eines guten Aussehens werden die Schutzrohre *B* (Fig. 158) auch zwischen die Muffen der Leitungsrohre gesteckt; sodann überzieht man das Ganze mit Putz.

Hölzerne Kanäle finden nur selten Verwendung; jedoch gebraucht man zuweilen Holz in Verbindung mit Mauerwerk.

Fig. 159 zeigt beispielsweise die Konstruktion eines lotrechten Kanals im wagrechten und lotrechten Schnitt.

Er ist in einer Wand ausgepart; auf zwei lotrechte Hölzer *d, d* sind Schalbretter *e* genagelt und diese gerohrt und geputzt, so daß die Wandfläche schlicht wird.

Bei fehlerhaften Anlagen, bzw. unverständiger Benutzung solcher Kanäle kann die Temperatur der Heizluft über 120 Grad (bei welcher Temperatur das Holz sich schon bräunt) steigen, so daß bei größerer Dauer solchen Betriebes das von der Luft berührte Holzwerk sich entzündet. Man sieht deshalb meistens davon ab, für Heizluftkanäle Holz zu verwenden. Ein bequemer und zweckmäßiger Ersatz der Holzbretter bietet sich nun in den sog. *Rabitz'schen* Platten; dies sind bekanntlich von beiden Seiten mit Mörtel beworfene Drahtgitter, welche wie Bretter (unter Dichtung der Fugen mittels Mörtel) zusammengefügt werden oder denen man von vornherein die Gestalt der Kanäle gibt. (Siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1, Abt. III, Abschn. 1, A, Kap. 10 dieses »Handbuches«.)

Die meisten Kanäle werden aus Backsteinmauerwerk hergestellt. Man putzt alsdann wohl die inneren Flächen, um eine größere Glätte zu gewinnen, wogegen an sich nichts einzuwenden ist. Bei engeren Kanälen muß man jedoch das Putzen während des Aufmauerns ausführen; hiernach tritt das Setzen ein, so daß der auf den Fugen liegende Putz zerbröckelt wird und den Kanal, auch die durch diesen geleitete Luft, verunreinigt. Für engere Kanäle sollte deshalb stets Rohbau angewendet werden, d. h. (vergl. Fig. 160) die Fläche des Mauerwerkes, welche dem Kanal zugewendet ist, möglichst sorgfältig gemauert, auch die Fugen von hervordringendem Mörtel gereinigt werden.

Fig. 155.

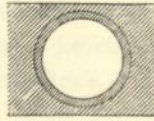


Fig. 156.

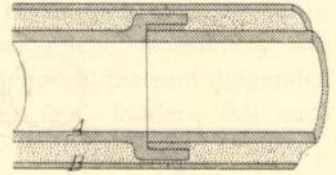


Fig. 157.



Fig. 158.

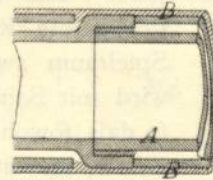


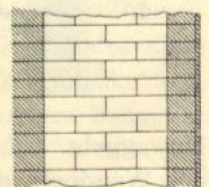
Fig. 159.



278.  
Hölzerne  
Kanäle.

279.  
Gemauerte  
Kanäle.

Fig. 160.



Bei Schornsteinen kommt das Verunreinigen des durch sie geleiteten Rauches nicht in Frage; das Putzen der Innenwandungen ist jedoch auch für diese von zweifelhaftem Nutzen, da der Putz vorwiegend zum guten Verschließen der Fugen dienen könnte, aber gerade hier leicht zerbröckelt wird. Ein sorgfältiges Ausfügen der Innenflächen des Schornsteinmauerwerkes ist deshalb auch hier dem in einer Dicke von 1 bis 1½ cm aufzutragenden Putze vorzuziehen. Das Schornsteinmauerwerk soll auch an den Außenseiten gut verputzt oder sorgfältig ausgefugt werden.

Enge (russische, vergl. Art. 260, S. 222) Schornsteine von quadratischem und von rechteckigem Querschnitt, und zwar sowohl diejenigen, welche in vollen Mauern ausgefügt, als auch solche, welche in Fachwerkwände eingeschaltet<sup>197)</sup>, bzw. vor diese gefetzt oder welche ganz freistehend errichtet werden, können mit Backsteinen der gebräuchlichen Abmessungen, bzw. des Normalformats im Verband ausgeführt werden, sobald die lichten Weiten der Querschnitte, den Mauerstärken entsprechend, in Abstufungen von ½ Stein, die lichten Längen der Querschnitte in Abstufungen von ¼ Stein gewählt werden. (Vergl. die umstehenden Fig. 163 bis 172 mit Schornsteinquerschnitten von ½ auf ½, ½ auf ¾, ½ auf 1, 1 auf 1 Stein; ferner das über »Schornsteinverbände« in Teil III, Bd. I, Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 2, unter a, 5 Gefagte.) Rechteckige Schornsteine mit anderen Lichtweiten sind daher nur schwer, kreisrunde Schornsteine (für Zimmeröfen) mit den gewöhnlichen Backsteinen gar nicht auszuführen, sobald man das häufige Zerschlagen und Zuhauen der Steine, wodurch schlechter Verband, unschöne Flächen und kostspielige Arbeit verursacht werden, vermeiden will.

Aus diesem Grunde ist auch das in manchen Gegenden übliche Verfahren der Herstellung runder Schornsteine in der Weise, daß ein mit Handgriff versehener, walzenförmiger Holzkern oder ein zylindrisches Blechrohr mit Steinbrocken und Mörtel ummauert und die Putzflächen der Innenwandung durch Heraufziehen und

Drehen dieses Kernes hergestellt werden, keineswegs zu empfehlen. Infolgedessen sollen enge kreisrunde Schornsteine, die in den Mauern selbst herzustellen, bzw. auszusparen sind, nur mit Rohren aus gebranntem Ton (was jedoch nur bei lotrechten Schornsteinen statthaft ist) ausgefüttert werden, oder sie sind aus besonderen Formsteinen

Fig. 161.

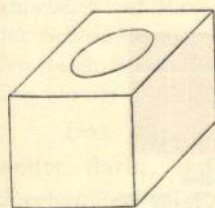
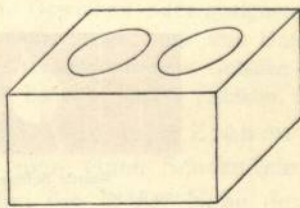


Fig. 162.



herzustellen<sup>198)</sup>. Auch hohle Formstücke (Fig. 161 u. 162) kommen zur Anwendung<sup>199)</sup>.

Ueber die Abmessungen der Schornsteine wurde bereits in Art. 260 (S. 222) das Erforderliche gefagt. Die Wanddicke hat bei runden Schornsteinen mindestens 9 cm, bei Schornsteinen von rechteckigem Querschnitt mindestens 12 cm (= ½ Stein)

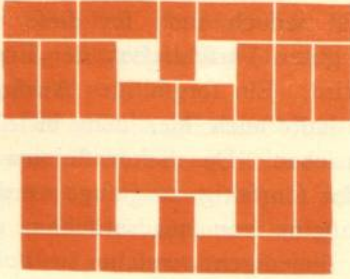
<sup>197)</sup> Ueber die Anordnung dieser Einschaltung siehe: Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 7) dieses »Handbuches«.

<sup>198)</sup> In Frankreich werden auch die engen Schornsteine von quadratischem oder rechteckigem Querschnitt (mit ausgerundeten Ecken) aus Formsteinen hergestellt.

Solche Formsteine zeigen Fig. 167 bis 172. Die in Frankreich unter dem Namen *Équerre*, *Plat à barbe*, *Violon* und *Chapeau de commissaire* üblichen Formsteine, ferner die von *Gourlier* eingeführten T-förmigen Formsteine, endlich die von *Courtois* herrührenden Formsteine für Schornsteine von elliptischem Querschnitt sind in: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités* (Paris 1880. S. 254—256) zu sehen. — Siehe auch: Neue Mauersteinform zur Herstellung von russischen Röhren und neuen Mauerverbänden von *Robert Scharf*. *Baugwks.-Ztg.* 1893, S. 1002.

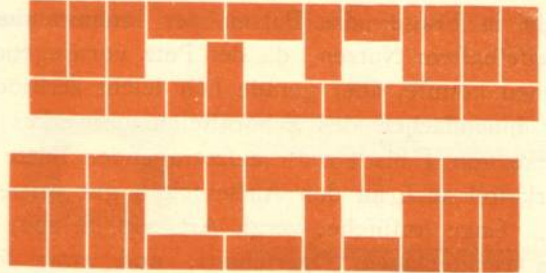
<sup>199)</sup> Ueber die von *Fourouge* u. a. herrührenden derartigen Formstücke siehe: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités*. Paris 1880. S. 253, 256 u. 257.

Fig. 163.



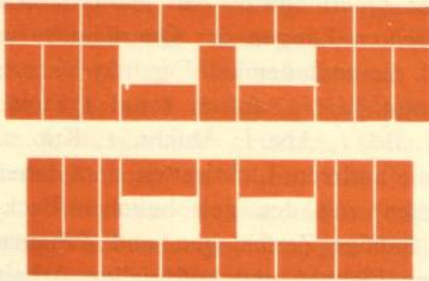
Quadratische Schornsteine von  $14 \times 14$  cm (=  $\frac{1}{2}$  auf  $\frac{1}{2}$  Stein) Querschnitt.

Fig. 164.



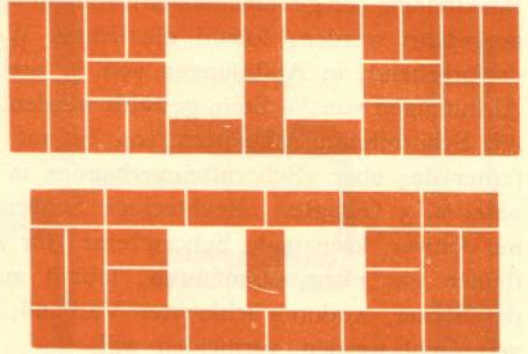
Rechteckige Schornsteine von  $14 \times 20,5$  cm ( $\frac{1}{2}$  auf  $\frac{3}{4}$  Stein) Querschnitt.

Fig. 165.



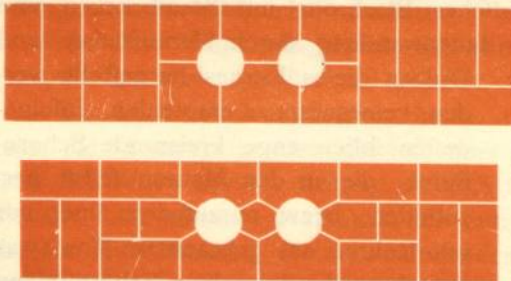
Rechteckige Schornsteine von  $14 \times 27$  cm (=  $\frac{1}{2}$  auf 1 Stein) Querschnitt.

Fig. 166.



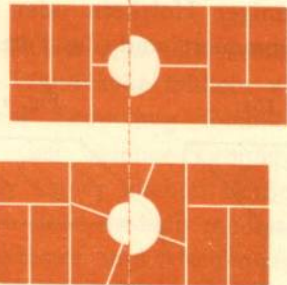
Rechteckige Schornsteine von  $27 \times 27$  cm (= 1 auf 1 Stein) Querschnitt.

Fig. 167.



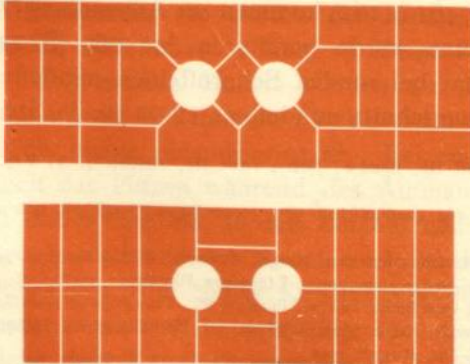
Runde Schornsteine von 14 cm Durchm. in  $1\frac{1}{2}$  Stein starker Mauer.

Fig. 168. Fig. 169.



Runde Schornsteine von 14 cm 20 cm Durchm. in  $1\frac{1}{2}$  Stein starker Mauer.

Fig. 170.



Runde Schornsteine von 14 cm Durchm. in 2 Stein starker Mauer.

Fig. 171.



Fig. 172.



Runde Schornsteine von 14 cm Durchm. und 32 cm äußerer Dicke.

Mafsstab:  $\frac{1}{25}$  w. Gr.



zu betragen, vorausgesetzt, daß diese Schornsteine im Inneren der Gebäude gelegen sind. In  $1\frac{1}{2}$  Stein starken Backsteinmauern können deshalb bei Anwendung von Formsteinen runde Schornsteine bis zu 20 cm (ohne Putz) lichter Weite (siehe Fig. 169) ausgeführt werden; einzelne freistehende Schornsteine von 14 bis 20 cm lichtem Durchmesser erfordern im Aeußeren bezw. 32 bis 38 cm Quadratseite. (Vergl. auch Fig. 171 u. 172.)

Ist eine Schornsteinmauer nach dem Freien zu gelegen, so ist an dieser Seite, um eine zu große Abkühlung der Rauchgase zu verhüten, die Mindestwanddicke der Schornsteine auf 25 cm (= 1 Stein) zu erhöhen.

Liegen in einer Mauer mehrere Schornsteine nahe nebeneinander, so sind die sie trennenden Scheidungen oder Zungen mindestens 9 cm dick zu machen; indes wird man bis auf dieses Mindestmaß nur bei Formsteinen herabgehen können; bei Anwendung gewöhnlicher Backsteine wird es 12 cm (=  $\frac{1}{2}$  Stein) betragen. Die hie und da übliche Herstellung der Schornsteinzungen aus hochkantig gestellten Backsteinen (also in einer Stärke von nur 6,5 cm) ist unzulässig; hierdurch wird nicht nur ein guter Verband unmöglich gemacht, sondern derartige schwache Zungen können auch beim Reinigen der Schornsteine durch das Anschlagen der hierzu verwendeten Kugeln beschädigt werden.

Die für im Inneren der Gebäude gelegene Schornsteine angegebenen Mindestwanddicken (von 9, bzw. 12 cm) genügen bei gut und ordnungsmäßig ausgeführten Anlagen auch dann, wenn Bretter und Latten in Decken, Wänden und Fußböden dagegen stoßen. Von sonstigem Holzwerk muß, da jeder Schornstein die Gefahr der Rußentzündung in sich trägt, seine Innenwandung mindestens 20 bis 25 cm entfernt bleiben; werden die betreffenden Holzteile durch Blechbekleidung oder durch Ausmauerung des zwischen ihnen und dem Schornstein gelegenen Zwischenraumes geschützt, so kann der erwähnte Mindestabstand um etwa 5 cm vermindert werden.

Sowohl rechteckige wie kreisrunde Schornsteine sollen auf ihre ganze Länge in gleicher Lichtweite hergestellt und durch keinerlei in sie hineinragende Gegenstände stellenweise verengt werden. Wie später noch beim Reinigen der Schornsteine (siehe Art. 298) gezeigt werden wird, empfiehlt es sich, sie bis in das Kellergeschoß hinabzuführen. Es wird ferner von den Schornsteinen gefordert, daß sie entweder auf sicherem Baugrund errichtet seien oder sicher und ausschließlich auf Mauern, Gewölben oder geeigneten Eisenkonstruktionen aufruhren. Das Auffetzen der Schornsteine auf Holzgebälke oder ihre Unterstützung durch Fachwerkwände ist unsatthaft. Die durch Schornsteine durchschnittenen Gebälke müssen in der Weise ausgewechselt werden, wie dies bereits in Teil III, Band 2, Heft 2 (Abschn. 2, B: Balkendecken) gezeigt wurde<sup>200)</sup>.

Das sog. Schleifen oder Ziehen der Schornsteine (Fig. 173) besteht entweder darin, daß man einen Schornstein den Dachbodenraum in geneigter Lage durchziehen läßt, um ihn in der Nähe des Dachfirstes ausmünden lassen zu können (vergl. den nächsten Artikel), oder das Schleifen entsteht durch Vereinigung zweier oder mehrerer, nicht zu weit voneinander entfernter Schornsteine zu einem einzigen Mauerkörper, in welchem Falle man den Vorteil erzielt, daß die Dachfläche statt an zwei oder mehreren Stellen nur an einem Punkte durchschnitten wird. Der geschleifte Schornstein darf nicht mehr als 30 Grad von der lotrechten Lage abweichen und soll entweder ganz in vollen Mauern liegen oder von steinernen Gewölben getragen werden. Das Schleifen der Schornsteine auf hölzernen Brücken oder sonstigen Holzunterlagen, ebenso flachere Neigungen als 60 Grad zur Wagrechten sind zu verwerfen. Desgleichen ist das Ineinanderschleifen oder Zusammenleiten zweier oder noch mehrerer Schornsteinquerschnitte in einen einzigen nicht statthaft, da durch das Weglassen der Zungen die Reinigung und die Rauch-

282.  
Schleifen  
der  
Schornsteine.

<sup>200)</sup> Art. 280 u. 281: Zusätze der Redaktion.

abführung beeinträchtigt werden. Richtungswechsel (siehe die Stellen *a*, *b*, *d* in Fig. 173) sind abzurunden<sup>201)</sup>.

283.  
Schornstein-  
ausmündungen.

Die Schornsteine durchbrechen die betreffende Dachfläche und überragen sie noch um ein Stück. Die Länge dieses frei emporstehenden Teiles ist hauptsächlich von zwei Umständen abhängig. Zunächst ist es die Rücksicht auf Feuersgefahr, welche eine bestimmte Mindestentfernung allen Holzwerkes von der Schornsteinmündung erfordert. Nach *Baumeister* soll die letztere von der Dachfläche in lotrechttem Sinne mindestens 50 cm, im wagrechten Sinne mindestens 1 m, von höhergelegenen hölzernen Bauteilen wagrecht mindestens 1,50 m entfernt sein; bei unsicherer Bedachung muß der Schornstein 1 m über die Höhe des Dachfirftes emporgeführt werden<sup>201)</sup>.

Das letztgedachte Emporführen der Schornsteinmündung über den Dachfirft empfiehlt sich indes nicht nur der Feuersgefahr wegen, sondern auch des Einflusses halber, welchen die Windströmungen auf den Abzug der Rauchgase ausüben. Von diesen Einflüssen und der dadurch bedingten Höhe des über der Dachfläche hervorragenden Schornsteinteiles wird noch im folgenden (unter *d*) die Rede sein; an dieser Stelle sei nur erwähnt, daß man mit Rücksicht auf diese Zugstörungen häufig sämliche Schornsteine, auch bei größerer Entfernung vom Dachfirft, so weit emporführt, daß sie ihn überragen.

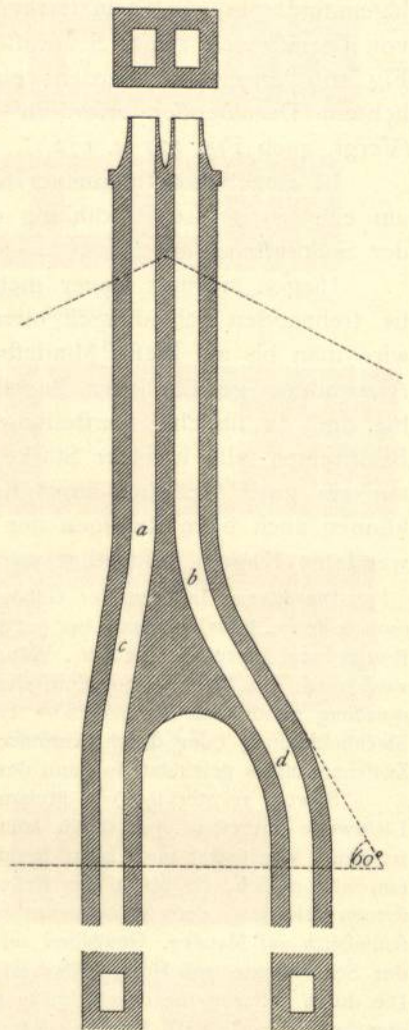
Solche nahe am Dachsaume aus den Dachflächen austretende, sehr hohe Schornsteinenden haben, da ihre wagrechten Abmessungen geringe sind, häufig keine genügende Widerstandsfähigkeit gegen die herrschenden Winde. Man setzt deshalb auf die gemauerten Schornsteine bisweilen Rohre aus Eisen oder Ton auf; immerhin sind solche Rohre, wie auch höhere gemauerte Schornsteinendigungen durch eiserne Anker, die auf den Dachsparren befestigt sind, festzuhalten.

284.  
Konstruktion  
gemauerter  
Luftkanäle.

Wenn gewöhnlich gemauerte Kanäle für Luftleitungen verwendet werden, deren Druck erheblich von demjenigen der sie umgebenden Luft verschieden ist, so findet ein nicht unbedeutendes Durchströmen der Poren des Mauerwerkes seitens der Luft statt. Man dichtet daher solche Kanalwände durch Auskleiden mit Zementputz oder einer Asphalt-schicht, mit Blech oder auch durch Anstriche. Es kommt auch vor, daß weitere Kanäle mit Kacheln ausgekleidet werden, um gleichzeitig größere Reinlichkeit zu erzielen.

Im übrigen gilt bezüglich der Konstruktion der gemauerten Luftkanäle großenteils das über Schornsteine Gefagte; einige besondere Einrichtungen werden noch unter *d* und *e* beschrieben werden.

Fig. 173.



$\frac{1}{50}$  w. Gr.

<sup>201)</sup> Vergl. BAUMEISTER, R. Normale Bauordnung. Wiesbaden 1887. § 33, S. 48.

## Literatur

über »Schornsteine«.

- Cause and cure of smoky chimneys. Builder*, Bd. 8, S. 529, 578; Bd. 9, S. 3, 68, 212, 243.  
 Preussische Verfügung vom 22. Dec. 1851, die Anlage und das Ausbrennen enger Schornsteinröhren betreffend. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1852, S. 3.  
 ECKSTEIN, G. F. *A practical treatise on chimneys etc.* London 1852.  
 Theorie der Schornsteine und Feuerungsanlagen. HAARMANN'S *Zeitfchr. f. Bauhdw.* 1858, S. 41.  
 Preussischer Erlafs vom 15. Sept. 1860, betreffend die unter gewissen Bedingungen zulässige Anwendung von Luftsteinen zu befahrbaren Schornsteinen einstöckiger Gebäude auf dem platten Lande. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1861, S. 1.  
 JOHANNY. Praktische Vorschläge zur Verbefferung der Schornsteine. *Allg. Bauz.* 1862, *Notizbl.*, S. 170.  
 Neue Methode der Rauchabführung aus Gebäuden. *Zeitfchr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1862, S. 198.  
 Ueber Schornsteine. HAARMANN'S *Zeitfchr. f. Bauhdw.* 1864, S. 154.  
 SCHÄVEN. Ueber Schornsteinanlagen. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1867, S. 87.  
 Preussischer Circular-Erlafs vom 4. Jan. 1867, betreffend den Glanzrufs in engen Schornsteinröhren. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1867, S. 105.  
 Einführung mehrerer Oefen in denselben Schornstein. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 232.  
 Ueber die Verminderung des Glanzrufs in engen Schornsteinröhren. *Polyt. Journ.*, Bd. 185, S. 322.  
 EDWARDS, F. *A treatise on smoky chimneys; their cure and prevention.* London 1868.  
 SCHWATLO. Kann ein russisches Schornsteinrohr auch Oefen verschiedener Stockwerke aufnehmen etc.? *Zeitfchr. f. Bauw.* 1868, S. 127.  
 Schornsteine aus hohlen fog. Kaminsteinen. *Deutsche Bauz.* 1868, S. 69.  
 Ueber die Ursachen der Bildung des Glanzrufs. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1870, S. 121.  
 HUBER, C. Ueber den Zug in den Schornsteinen und die Einwirkung der Witterung auf denselben. *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1870, S. 383.  
 MEIDINGER. Zugstörungen in Schornsteinen, welche mehreren Stockwerken gemeinfam sind. *Polyt. Journ.*, Bd. 203, S. 185. *Polyt. Centralbl.* 1872, S. 715.  
 MEIDINGER. Ueber Zugstörung in Kaminen. HAARMANN'S *Zeitfchr. f. Bauhdw.* 1873, S. 6.  
*Des tuyaux de cheminées. Gaz. des arch. et du bât.* 1874, S. 83.  
 Feuergefährlichkeit von Schornstein-Anlagen. *Deutsche Bauz.* 1878, S. 132 u. 175.  
 Empfehlenswerthe Vorsicht bei der Anlage und Benutzung von fog. »einläufigen« engen Kaminen. *Baugwks.-Ztg.* 1880, S. 40.  
 AUMONT, H. *Wagons et tuyaux de fumée dans l'épaisseur des murs. La semaine des const.*, Jahrg. 9, S. 332.  
*Souches de cheminée. La semaine des const.*, Jahrg. 16, S. 433. *La semaine du bâtiment*, Jahrg. 20, S. 268.  
 SOLTAU, R. Ueber Rauchrohre und Schornsteine. *Deutsche Bauz.* 1893, S. 205.  
 SOLTAU. Die Schornsteinanlagen in unseren Wohnhäusern. *Centralbl. d. Bauverw.* 1893, S. 245.  
 ENGELBRECHT, F. Die Schornsteinanlagen in unseren Wohnhäusern. *Centralbl. d. Bauverw.* 1893, S. 301.  
 FOERSTER, O. Schornsteinkopf für mehrfache russische Röhrenschornsteine. *Baugwks.-Ztg.* 1893, S. 759.  
 Neue Mauersteinform zur Herstellung von russischen Röhren und neuen Mauerverbänden von *Robert Scharf.* *Baugwks.-Ztg.* 1893, S. 1022.  
 HÄRTEL, E. Ueber russische Schornsteinröhren. *Baugwks.-Ztg.* 1894, S. 171.  
 PERLE, F. G. Schornstein- oder Lüftungsrohre aus hohlen Körpern mit Bindern. *Baugwks.-Ztg.* 1894, S. 338.  
 Neue Schornstein-Auffätze. *Baugwks.-Ztg.* 1894, S. 1292.  
 MÖHRING, B. Ein vernachlässigter Freund. *Deutsche Bauz.* 1895, S. 447.  
 Ausbildung der Schornsteinköpfe. *Deutsche Bauz.* 1895, S. 511.  
 Neue Schornstein-Auffätze, System Kühn. *Baugwks.-Ztg.* 1895, S. 820.  
 KÜHN, A. Neuer Schornsteinaufsatz von *Albin Kühn.* *Maschinenb.* 1895, S. 263.

*French chimney flues and pipes. Carpentry and building, Bd. 17, S. 8.*

NUSSBAUM, H. CH. Welche Ansprüche sind an die Schornsteine der Wohngebäude zu stellen? Gefundh.-Ing. 1904, S. 273.

Die Literatur über die in Art. 292 u. 293 noch zu besprechenden »Schornsteinkappen, -Auffätze etc.« siehe auf S. 202.

#### d) Sicherungen gegen atmosphärische Einflüsse, gegen Staub, Ungeziefer u. f. w.; Schornsteinauffätze und sonstige Einrichtungen.

285.  
Einfluss  
der kalten  
Aufsendluft.

Von den atmosphärischen Einflüssen ist zunächst die Wirkung der kälteren, sonach schwereren atmosphärischen Luft an den Mündungen der Schornsteine und Abluftschlote zu nennen.

Würde man einen mit warmer Luft gefüllten Schacht unten abschließen, so würde gleichwohl ein Teil der Luft emporsteigen, während die kältere, über der Schachtmündung befindliche Luft nach unten strömt. Dieser Vorgang ist, während der Schacht, unten geöffnet, als Saugschlot in Tätigkeit ist, nur gemildert, bzw. gehemmt durch die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft. Mit der Zunahme der Ausströmungsgeschwindigkeit nimmt das Einströmen der kalten Luft ab, weshalb man dieses unschädlich macht — die Schädlichkeit besteht im unmittelbaren Stören des Luftausflusses und dem Abkühlen der im Schornsteine befindlichen Luft — durch entsprechende Ausströmungsgeschwindigkeit. Man pflegt nicht unter 1 m Ausströmungsgeschwindigkeit herabzugehen, verwendet aber, namentlich bei Rauch, der mittels Schornsteine größeren Querschnittes abgeführt wird, nicht selten viel größere Geschwindigkeiten. Aus diesem Grunde werden die Schornsteine häufig nach oben verengt; man will an ihrer Mündung eine größere, weiter unten, der Verringerung der Widerstände halber, eine kleinere Geschwindigkeit haben. (Vergl. auch Art. 293, S. 250.)

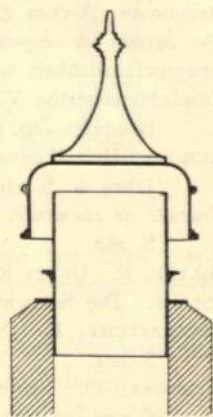
Das Ausströmen warmer und das Niederfallen kalter Luft ist bei außer Betrieb befindlichen Schornsteinen wie Lüftungsschlotten noch in anderer Richtung beachtenswert. Selbst wenn diese unten geschlossen sind, so führt die in Rede stehende Spülung verhältnismäßig rasch ihre Abkühlung herbei, wodurch auch dann das Wiederinbetriebsetzen erschwert wird, wenn die Unterbrechung des Betriebes nur kürzere Zeit stattfindet. Man kann diesem Uebelstande durch Aufsetzen einer nach Fig. 174 eingerichteten Haube einigermaßen vorbeugen; diese lässt nur insoweit kalte Luft an die eigentliche Schornsteinmündung gelangen, als solche durch den Wind unter dem Rande der Haube hindurchgetrieben wird.

286.  
Einfluss  
des  
Windes.

Der Wind kann, da er bei etwa 7 m Geschwindigkeit einen Druck von etwa 6 kg, heftiger Wind bei etwa 12 m Geschwindigkeit einen Druck von 18 kg, Sturm bei etwa 25 m Geschwindigkeit einen Druck von 74 kg für 1 qm ausübt, die Luftströmungen der Kanäle außerordentlich beeinflussen.

Zunächst an den Mündungen der Abluftkanäle und der Schornsteine. Indem der Wind über benachbarte höhere Gegenstände, Hügel, Dächer u. f. w. hinwegströmt, nimmt er eine nach unten geneigte Bewegungsrichtung an, so dass ein Zweig seiner Geschwindigkeit in die Schornsteinmündung stößt. Das glatte prismatische Ende

Fig. 174.



Schornsteinhaube.

Fig. 175.

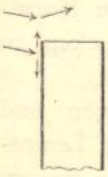
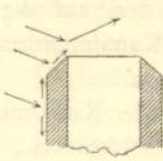


Fig. 176.



eines dünnwandigen Rohres (Fig. 175), der zugespitzte Kopf eines gemauerten Schachtes (Fig. 176) und ähnliche Formen (vergl. Fig. 185 bis 188 auf S. 250) bringen eine solche Ablenkung des wenig geneigten Windstromes hervor, daß die Seitenströmung die Hauptströmung über der Mündung nach oben abzulenken vermag. An den Enden derartiger Schächte

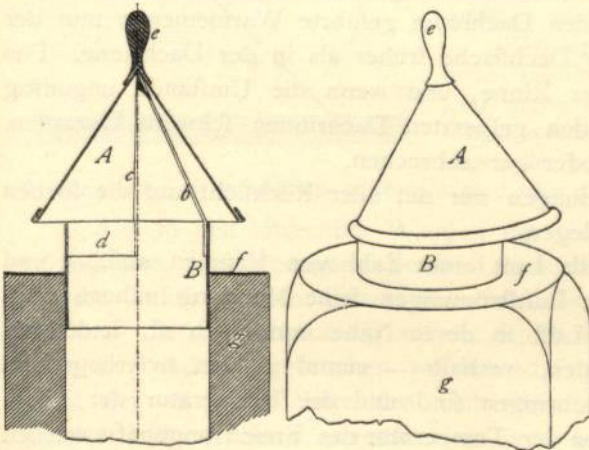
angebrachte Gefimse hemmen die nützliche, nach oben gerichtete Seitenströmung und sollten deshalb nicht vorkommen.

Die Saugköpfe in Fig. 106 bis 115 (S. 199 bis 201) heben selbstverständlich den bisher in Rede stehenden Einfluß, indem der Wind unter ihrer Hilfe, statt in die Kanalmündung zu drücken, in letzterer eine Luftverdünnung hervorruft. Diese ist jedoch auch nicht immer angenehm, indem durch sie stoßweise eine zu starke Luftabführung herbeigeführt wird.

Ein Windkopf, welcher ein wenig faugend wirkt, vor allem aber im vorliegenden Sinne nutzt, ist in Fig. 177 im lotrechten Durchschnitt und in einer Seitenansicht dargestellt.

Auf einer Spitze *a*, die entweder von drei Beinen *b* oder einer im Steg *d* steckenden Spindel *c* getragen wird, schwingt der kegelförmige Hut *A*. Wenn jeglicher Wind mangelt, so befindet sich die Achse des kegelförmigen Hutes in lotrechter Lage, und Luft oder Rauch vermögen, nach Ueberwindung eines geringen Widerstandes (etwa  $1,2 \gamma \frac{v^2}{2g}$ ),

Fig. 177.



aus der zwischen Kegelmantel *A* und Schornsteinrohr *B* befindlichen ringförmigen Oeffnung zu entweichen. Sobald jedoch eine nennenswerte Geschwindigkeit des Windes eintritt, so legt sich der Rand des Kegels vor dem Winde an den Rand des Rohres *B*, während auf der entgegengesetzten Seite ein umfo größerer Spalt für das Abströmen der Luft oder des Rauches frei wird. Damit das Neigen des Kegels schon bei mäßigem Winde eintritt, muß das Gegengewicht *e* angebracht werden; hierdurch wird der Schwerpunkt des Hutes nach oben gerückt und die Arbeit für das Heben geringer. Das

Schornsteinrohr *B* ist mit einem breiten Rande *f* versehen, welcher das Abheben des Kegels durch zufällig in stark aufwärts geneigter Richtung stoßenden Wind verhindert. Dieser Rand dient, wenn der Windhut auf einen gemauerten Schacht *g* gesetzt wird, gleichzeitig als Abdeckung des Mauerwerkes.

Weder die früher beschriebenen Saugköpfe, noch der in Fig. 177 dargestellte Windhut vermögen den freien Austritt der Luft oder des Rauches zu schützen, sobald durch Wind der Druck der Luft in der Umgebung der Kanalmündung vergrößert wird. Dieser Fall tritt z. B. ein, sobald der Wind gegen eine lotrechte oder steile Fläche stößt, vor welcher, und zwar in geringer Entfernung von ihr, die Kanalmündung sich befindet. Noch gefährlicher ist der Ort der Schornsteinmündung an der lotrechten Wand eines Dachausbaues, der vom Dach des letzteren überragt wird, so daß der gegen die Wand stoßende Wind so zwischen dem Haupt-

dach und dem überstehenden Teil des Ausbaudaches sich fängt, daß der Rauch unweigerlich nach unten gestoßen wird. Vermag man den auf die obere Kanalmündung drückenden Wind gleichzeitig auf die untere Kanalmündung drücken zu lassen, so ist natürlich der besprochene Uebelstand gehoben.

288.  
Mündungen  
der  
Abluftchlote.

Die schädlichen Einwirkungen des Windes auf die Kanalmündungen sind weniger fühlbar bei den Schornsteinen als bei den Abluftchloten, deren Temperatur und deren Auftrieb fast immer weit geringer sind als diejenigen der Rauchschornsteine. Namentlich wird auch das zu starke, stoßweise Saugen der Abluftrohre recht unangenehm, da man sich hiergegen durch irgendwelche Regelung nicht zu schützen vermag. Man läßt infolgedessen häufig diese Rohre unter Dach, in den unbefchränkten und vermöge der zahllosen Oeffnungen der Dachdeckung oder mittels besonders angebrachter Rohre überall mit der freien Luft in Verbindung stehenden Dachraum münden. Hier sind sie gegen die Einflüsse des Windes in denkbar bester Art geschützt. Leider hat dieses Verfahren nicht unbedeutende Nachteile im Gefolge. Im Winter kühlt sich die warme, in den Dachraum tretende Luft, namentlich an der unteren Fläche der Bedachung, ab und verliert dadurch die Fähigkeit, sämlichen in sich aufgenommenen Wasserdampf festzuhalten. Die Verdichtung des letzteren veranlaßt eine Netzung der Bedachung, sowie des Holzwerkes und fördert hierdurch seine Verderbnis. Auf dem in vorliegender Weise benutzten Dachboden eines Ballhauses fand ich das Holzwerk mit Schimmel überzogen.

Aehnlich unangenehm kann eine andere Folge der in Rede stehenden Einrichtung sein. Durch die große, in den Dachraum geführte Wärmemenge taut der Schnee auf der von unten erwärmten Dachfläche früher als in der Dachrinne. Das niederfickernde Wasser gefriert in der Rinne, und wenn die Umstände ungünstig zusammentreffen, so bilden sich an den gesperrten Dachrinnen schwere Eiszapfen, welche die Dachrinnen beschädigen oder gar abbrechen.

Man wird daher die Kanalmündungen nur mit aller Rücksicht auf die soeben besprochenen Vorgänge unter Dach legen.

Ein Lockschornstein, welcher die Luft einer Zahl von Räumen abführt und der so hoch gemacht wird, daß die Luftströmungen seine Mündung nahezu wagrecht treffen und das Anstauen der Luft in deren Nähe unmöglich ist, leidet fast nicht unter den Einflüssen des Windes, weshalb — zumal in den tieferliegenden Geschossen die Kanäle besser unterzubringen sind und die Temperatur der Lockschornsteine durch ergänzendes Heizen der Temperatur des Freien angepaßt werden kann — es sich in sehr vielen Fällen empfiehlt, die Luft nach unten in einen gemeinschaftlichen Sammelkanal und mit Hilfe dessen einem Lockschornsteine zuzuführen.

289.  
Ausmündung  
der  
Zuluftkanäle.

Die Mündungen der Zuluftkanäle leiden nicht weniger unter den Einflüssen des Windes als diejenigen, welche die Luft abzuführen bestimmt sind.

Sie befinden sich entweder in der Nähe des Erdbodens oder über dem Dache oder zwischen diesen beiden Orten, in den lotrechten Wänden des Gebäudes.

Die Erörterung der Vorgänge an über Dach befindlichen Zuluftkanalmündungen kann ich hier unterlassen, da sie vorwiegend Wiederholungen des über die Abluftkanalmündungen Gefagten bringen würde.

Kanalmündungen in den lotrechten Außenwänden der Gebäude werden durch den Wind weit unmittelbarer getroffen als die vorhin genannten.

Schuttmittel vermögen die Einflüsse auf die Mündungen nicht zu brechen, da, wenn z. B. gegen ein Haus (Fig. 178) der Wind in der Richtung des Pfeiles die vor dem Winde liegende Hausfläche trifft, hier eine Anstauung, eine Vermehrung des Luftdruckes erfolgt, während an der vom Winde abliegenden Fläche eine Luftverdünnung, eine Verminderung des Druckes eintritt. Je nach der wechselnden Windrichtung unterstützt daher der Wind die Mittel, welche zur Bewegung der Luft im zugehörigen Kanalnetz dienen, oder wirkt ihnen entgegen. Angesichts der wiederholt hervorgehobenen Kraft des Windes werden nicht selten die schwächeren Mittel (z. B. der Auftrieb) überwunden, aber auch die Leistung der kräftigeren Mittel (Gebläse) in erheblichem Mafse herabgedrückt. Andererseits wird zuweilen die Luft mit großer Heftigkeit eingeblasen, und zwar stofsweise, so dafs der Aufenthalt im gelüfteten Raume recht unbehaglich werden kann.

Das zu kräftige stofsweise Einblasen läfst sich durch eine Klappenanordnung, welche Fig. 179 verfinnlicht, verhindern.

Innerhalb des Kanals befindet sich ein Rahmenwerk  $AB$ , welches mittels Querstäbe in einzelne Oeffnungen so zerlegt ist, dafs Leinwandstreifen  $C$ , die, mit ihrem oberen Rande befestigt, an ihrem unteren Rande durch einen eingelegten Draht belafet sind, die einzelnen Oeffnungen verschliessen, sobald die Windgeschwindigkeit eine zu grofse wird. Bei geringerer Luftgeschwindigkeit fallen die Klappen in eine nahezu lotrechte Lage zurück, so dafs die Luft durch die freigelegten Oeffnungen des Rahmenwerkes  $AB$  hindurchzuliessen vermag.

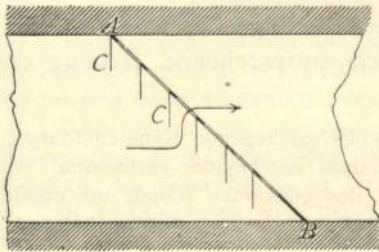


Fig. 179.

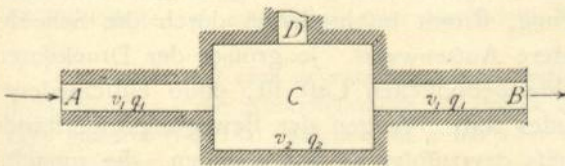
Der hinter dem Winde, also in Bezug auf Fig. 178 rechts mündende, der Luftzuführung gewidmete Kanal kann gegen stofsweises Abfaugen in ähnlicher Weise geschützt werden; jedoch hat dies geringen Wert, da, solange die betreffende Windrichtung dauert, das Einströmen der Luft mindestens beschränkt wird, also die Anlage das Erwartete nicht leistet.

Alle in den lotrechten Wänden der Gebäude oder im Bereich der durch sie veranlafsten Luftstauungen, bzw. Luftverdünnungen gelegenen Eintrittsoffnungen für die Zuluft werden sonach in erheblichem Grade vom Winde beeinflusst. Die Wirkung dieser Beeinflussung auf die Luftbewegung in den Kanälen des Gebäudes kann nur dadurch gebrochen werden, dafs man zweiseitige Luftzufuhr anwendet, d. h. der an einer Seite des Gebäudes gelegenen Eintrittsoffnung eine solche an der anderen Seite gegenüberlegt und beide in geeigneter Weise miteinander verbindet.

Am wirksamsten ist folgende Einrichtung.

Zwei Luftschöpföffnungen  $A$  und  $B$  (Fig. 180), welche an entgegengesetzten Seiten des Gebäudes liegen, sind mittels eines Kanals unter sich verbunden, dessen Querschnitt bei  $C$  eine bedeutende Erweiterung enthält. Wenn nun die Querschnitte  $q_1$ , wie auch die Widerstände diesseits und jenseits der Erweiterung als gleich angenommen werden dürfen und  $q_2$ , d. i. der Querschnitt der Erweiterung, gegenüber  $q_1$  groß genug ist, um die Geschwindigkeit  $v_2$  gegenüber  $v_1$  zu vernach-

Fig. 180.



läufigen, so muß der Druck in  $C$  etwa mitten zwischen denjenigen Drücken liegen, die vor, bzw. hinter dem Winde herrschen, d. h. etwa gleich demjenigen in der freien Luft sein. Die aus  $C$  mittels des Kanals  $D$  abgeleitete Luft ist demnach den Einflüssen der Windströmungen im wesentlichen entzogen. Dies gelingt umso vollständiger, je größer  $\frac{q_2}{q_1}$  ist. Aber auch das Verhältnis des Querschnittes  $q_1$  zum

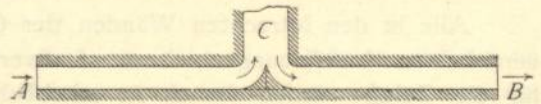
Querschnitt des Kanals  $D$ , richtiger zu der durch  $D$  entnommenen Luftmenge, ist von Einfluß, indem durch den linksseitigen Kanalteil diejenige Luft strömt, welche rechtsseitig entweicht, vermehrt um die durch  $D$  abgeleitete. Die Widerstände sind demnach von  $A$  bis  $C$  größer als von  $C$  bis  $B$ . Je größer  $q_1$  gegenüber der verlangten Luftmenge ist, desto mehr verschwindet dieser Unterschied.

Man benutzt diese Regeln, indem man erhebliche Kanalerweiterungen oder geradezu Luftkammern auf dem Dachboden oder im Keller anbringt, diese einerseits mit zwei oder mehreren einander entgegengesetzten Mündungen, die zur Zuführung der Luft dienen, andererseits mit den Heizkammern oder Verteilungskanälen in Verbindung bringt. Diese Querschnittserweiterungen verbinden mit ihrem eigentlichen Zweck den Nebenvorteil, daß ein großer Teil des mit der Zuluft eingeführten Staubes in ihnen sich ablagert.

Diejenigen Zuluftkanäle, welche zwischen den Balken liegen, können Raum mangels halber nicht mit genügenden Querschnittserweiterungen versehen werden; man schützt sie vor den Einflüssen des Windes durch entsprechende Hebung der Kanalsohle.

$A$  und  $B$  (Fig. 181) seien zwei in entgegengesetzten Wandflächen liegende Kanalmündungen. Sie sind mittels eines quer durch das Gebäude führenden Kanals miteinander verbunden. Am Orte  $C$ , wofelbst Luftentnahme stattfinden soll, ist die Sohle des genannten Kanals um mindestens die halbe lichte Kanalhöhe gehoben, entweder nach der Form zweier zusammenstoßender Bogen, wie in Fig. 181 durch ausgezogene Linien angegeben ist, oder durch eine lotrechte, in Fig. 181 punktiert gezeichnete Wand. Drückt nun der Wind auf  $A$ , während bei  $B$  eine Luftverdünnung eintritt, so strömt die Luft bei  $C$  von  $A$  aus nach oben, auf der anderen Seite nach unten; beide Strömungen

Fig. 181.



reiben sich aneinander und zerstören ihre Geschwindigkeiten gegenseitig. Sobald in der Richtung nach  $C$  Luft abgeleitet wird, muß, unter Voraussetzung gleicher Querschnitte der Kanäle, die Geschwindigkeit der Luft in der Strecke  $AC$  größer sein als diejenige der Strecke  $CB$ , so daß bei  $C$  ein entsprechender Unterdruck notwendig ist, der von dem betreffenden Mittel zur Bewegung der Luft von  $C$  ab überwunden werden muß.

Früher wurde bereits erwähnt, daß die Poren der Wände zwar vielfach gebogene und unregelmäßige, jedoch zusammenhängende Kanälchen bilden, welche die Luft hindurchströmen lassen, sobald sie an einer Seite der Wand einen größeren Druck ausübt als an ihrer entgegengesetzten Seite. Die Undichtheiten der Fenster und Türen verhalten sich ebenso. Der auf die vordere Außenwand eines Gebäudes drückende Wind durchströmt zunächst diese Außenwand, erzeugt in den von dieser begrenzten Räumen eine Drucksteigerung, strömt infolgedessen durch die Scheidewände und schließlich durch die hintere Außenwand. Je größer der Druckunterschied der vor und hinter dem Gebäude befindlichen Luft ist, umso entschiedener findet dieses Durchströmen des Gebäudes statt. Wegen der Bewegungswiderstände innerhalb der genannten Kanälchen muß demzufolge in den Räumen, die zunächst



vom Winde getroffen werden, eine Drucksteigerung eintreten gegenüber denjenigen Zimmern, welche den ersteren gegenüber vom Winde abliegen; d. h. die Luft-Eintrömungs- wie auch die -Abströmungsöffnungen einer künstlichen Lüftungs- oder Heizungsanlage der ersteren Räume sind mit einem höheren Druck belastet als diejenigen der letztgenannten. Die hierdurch entstehenden Störungen sind oft sehr unangenehm und machen zuweilen die an der Windseite befindlichen Räume sogar unheizbar. Man kann sie durch geschickte Anordnung der Kanalmündungen mindern, welche die frische Zuluft dem Freien entnehmen, bezw. die benutzte Abluft austossen; regelmässig ist jedoch durch möglichst dichte Wände und Fenster den in Rede stehenden Erscheinungen entgegenzutreten.

Regen und Schnee üben auf Luftkanäle und Rauchschornsteine mehrfachen schädlichen Einfluss aus, weshalb häufig Schutzvorkehrungen dagegen getroffen werden.

291.  
Einfluss von  
Regen  
und Schnee.

Zunächst sind solche Kanal-, bezw. Schornsteinwandungen, welche durch atmosphärische Niederschläge zerstört werden können, in geeigneter Weise abzudecken.

Bei Schloten oder Schlotendigungen, die aus Tonrohren bestehen, bedarf es keiner weiteren Vorkehrung; bei Eisenrohren genügt ein geeigneter Anstrich (Oelfarbe, besser Asphalt). Gemauerte Luftkanäle und Schornsteine jedoch erfordern eine Abdeckung; die letztere erfolgt meistens durch wetter- und frostbeständige Platten von etwa 8 cm Dicke, in denen die Querschnitte der Schlotte ausgehauen sind und deren Oberfläche Gefälle nach aussen erhält. Mit Rücksicht auf den störenden Einfluss der Luftströmungen (siehe Art. 286, S. 244) ist zu empfehlen, eine starke Abchrägung dieser Platten eintreten zu lassen.

Nicht selten lässt man indes diese Platten über die Aussenwandungen des Schornsteinmauerwerkes vorspringen, oder man ordnet, um einen noch entschiedeneren architektonischen Abschluss des Schornsteines zu erzielen, an seiner Mündung Gefimse u. f. w. (Schornsteinkränze) an. Da hierdurch die dem Rauchabzug günstigen (nach oben gerichteten) Luftströmungen abgehalten werden, so ist eine solche Anordnung nicht vorteilhaft; man sollte ihren ungünstigen Einfluss stets durch die in Art. 293 zu besprechenden Schornsteinauffätze mildern.

Regen und Schnee, welche in das Innere der Luftkanäle und Schornsteine eindringen, kühlen diese ab und schwächen dadurch den Auftrieb oder veranlassen sogar das Umkehren des Zuges. Auch kann es bei Rauchschornsteinen geschehen, dass die durch Vermengung mit dem Rufs gebildete schmutzige Flüssigkeit zu den Rauchrohren der Zimmeröfen gelangt und die Wände der betreffenden Räume beschmutzt; endlich wird die Bildung des feuergefährlichen Glanzrufs nicht unwesentlich begünstigt.

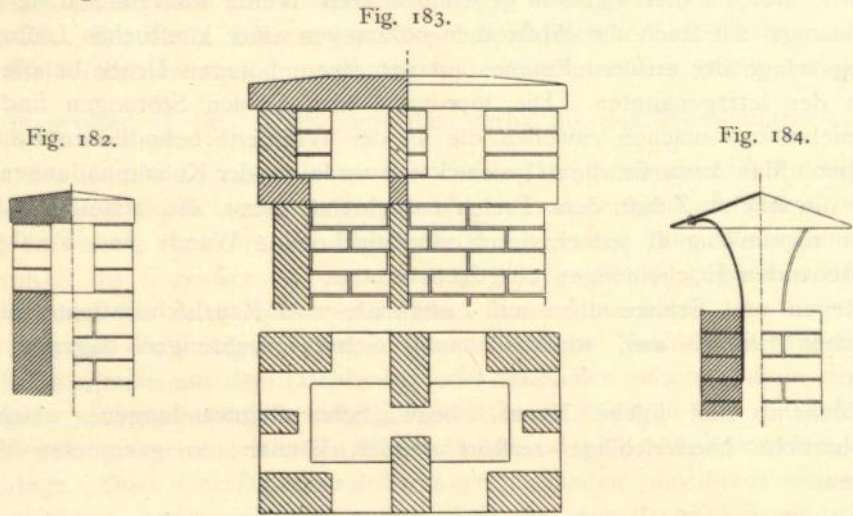
Rauchschornsteine für umfangreichere Feuerungsanlagen besitzen meistens einen grösseren Auftriebüberschuss, weshalb bei diesen von einem schützenden Dach abgesehen werden kann. Bei gewöhnlichen Rauchschornsteinen jedoch und bei Luftkanälen empfiehlt es sich, kleine Schutzdächer aufzusetzen; bei ersteren heissen diese wohl auch Schornsteinkappen, Schornsteinhüte oder Schornsteinhauben.

In der einfachsten Gestalt wird eine Schornsteinkappe aus zwei gegeneinander gelehnten Backsteinen hergestellt. Besser ist es, niedrige Pfeiler aus Backsteinen zu errichten und über diese die Deckplatte aus natürlichem oder künstlichem Stein oder aus Gusssteinen zu legen (Fig. 182 u. 183).

292.  
Schornstein-  
kappen.

Einfacher und auch zweckmäßiger, weil dadurch der Rauchabzug weniger behindert wird, ist es, wenn man die Schornsteinkappe als kleines kugel-, kegel- oder pyramidenförmiges Blechdach gestaltet (Fig. 184), welches auf 3 bis 4 in den Schornsteinwandungen befestigten Eisenfläben aufruhet.

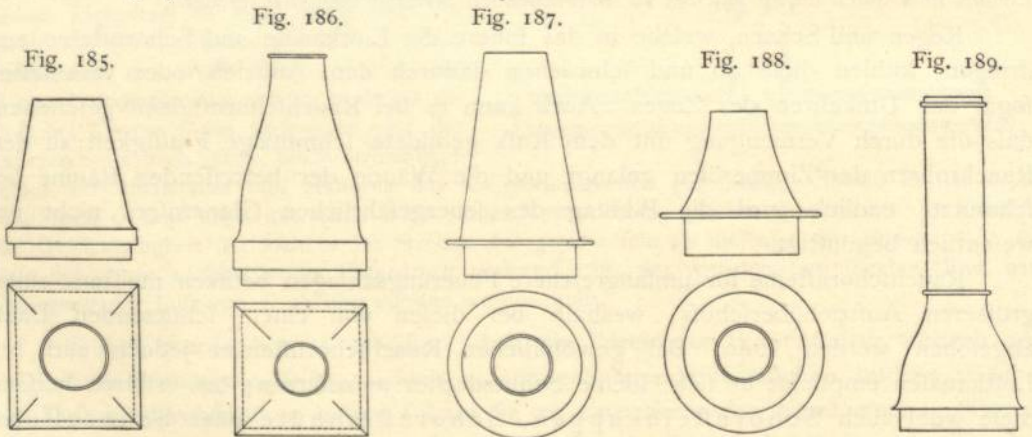
Verchiedene Tonwarenfabriken halten Schornsteinhauben vorrätig, bei denen Stützen und Schutzdach vereinigt sind.



Schornsteinkappen. —  $\frac{1}{25}$  w. Gr.

293.  
Schornstein-  
auffätze.

Schließlich ist noch der nicht selten angewendeten Schornsteinköpfe oder Schornsteinauffätze zu gedenken, welche im wesentlichen eine Verjüngung des Schornsteinquerschnittes bezwecken und fonach der in Art. 285 (S. 244) angedeuteten Aufgabe zu entsprechen haben. Gibt man solchen Auffätzen auch nach außen eine zugespitzte (kegel- oder pyramidenförmige oder ähnliche) Gestalt, so wird überdies der Rückficht auf die schon erwähnten aufwärts gerichteten, den Rauchabzug begünstigenden Luftströmungen (siehe Art. 286, S. 244) Rechnung getragen. (Vergl. auch Art. 292.)



Schornsteinauffätze. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Solche Schornsteinauffätze werden meist aus Ton, aus Eifenguss, aus Eisen- oder Zinkblech (Fig. 185 bis 189) hergestellt.

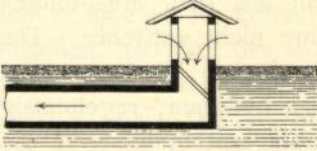
Häufig vereinigt man Auffatz und Kappe. Bisweilen wird der durch den Auffatz verengte Schornsteinquerschnitt durch ein besonders aufgesetztes Rohr noch ein Stück fortgesetzt (Fig. 189).

Die über den Dachflächen emporsteigenden Teile der Schornsteine mit ihren Kappen, Auffätzen u. f. w. sind häufig Gegenstand reizvoller künstlerischer Aus-

stattung, die sowohl in Terrakotta als auch in Mauerwerk zur Ausführung kommen kann. Indes wirken so geschaffene Schornsteinmündungen fast stets ungünstig auf die Bewegung und den Abzug des Rauches.

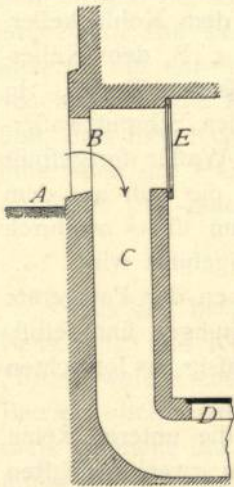
Bei der Anordnung aller Schornsteinaufsätze ist auch noch darauf zu achten, daß, sobald die Reinigung des Schornsteines vom Dache aus vorgenommen werden soll, diese durch die Aufsätze nicht gehindert werden darf. Von der Reinigung der Schornsteine selbst und den dazu erforderlichen Einrichtungen wird im folgenden (in Art. 297 u. 298, S. 252) noch die Rede sein.

Fig. 190.



Das Eindringen von Staub in die Luftkanäle kann zunächst durch gut gewählte Lage der Luftentnahmestellen (vergl. Art. 221, S. 180) verhindert werden. Man errichtet an geeignetem Orte einen mehr oder weniger hohen Turm (Fig. 190), welcher durch vergitterte Fenster die frische Luft eintreten läßt. Kann man diesen Turm genügend weit von Gebäuden entfernt anlegen, so daß seine unmittelbare Umgebung unter dem mittleren Atmosphärendruck steht, so schützt er, wenn dafür gesorgt wird, daß der Wind keine Saugwirkung hervorzubringen vermag, gleichzeitig gegen die störenden Einflüsse des Windes; im anderen Falle muß man einen zweiten Turm errichten, auf welchen die Einflüsse des Windes entgegengesetzte als diejenigen, welchen der erste Turm ausgesetzt ist, sind.

Fig. 191.

 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Häufiger muß man, örtlicher Umstände halber, die Luftentnahmeöffnungen in die Außenwände legen. Man benutzt hierzu nicht selten die Kellerfensteröffnungen. Fig. 191 ist ein lotrechter Schnitt einer derartigen Anordnung. *A* bezeichnet die Fläche des Bürgersteiges oder des Hofes, *B* die vergitterte, nicht verglaste Kellerfensteröffnung, *C* den Kanal, welcher die Luft in das Gebäude führt, *D* eine Tür zur Befichtigung und Reinigung des Kanals, *E* das eigentliche Kellerfenster.

Bei Anwendung derartiger Entnahmestellen ist die Luft selbstverständlich reichlich mit Staub vermisch; aber auch die bestgelegene Entnahmestelle führt Staub in das zu lüftende Gebäude, weshalb dessen künstliche Auscheidung bei besseren Anlagen regelmäßig vorgesehen wird. Die betreffenden Einrichtungen, deren Wesen bereits in Art. 199 bis 205 (S. 164 bis 169) erörtert wurde, werden — je nach örtlichen Verhältnissen — der Luft Eintrittsöffnung nahe gelegt oder in einiger Entfernung von ihr dem Kanalnetz eingefügt. Letzteres empfiehlt sich namentlich dann, wenn eine erheblichere Kanal-erweiterung (siehe Art. 200, S. 165) vorhanden ist, in welcher der gröbere Staub sich ablagert.

Der Schutz der Kanäle gegen das Hineingelangen von Ungeziefer wird durch metallene Gitter erreicht, welche dem abzuwehrenden Ungeziefer entsprechende Maschenweiten erhalten. Meistens betrachtet man als kleinstes abzuwehrendes Tier die Maus, zumal wenn Filter vorhanden sind, welche Fliegen und dergl. zurückhalten.

294.  
Abhalten  
des Staubes  
von den  
Luftkanälen.

295.  
Staub-  
auscheidung.

296.  
Schutz gegen  
Ungeziefer.

297.  
Zugänglichkeit;  
Reinigung.

Die Zugänglichkeit der Luftkanäle wird durch den örtlichen Verhältnissen anzupassende Klappen und Türen erreicht, deren Besprechung überflüssig fein dürfte. Dagegen erfordern die Oeffnungen, welche zur Reinigung der Rauchschornsteine benutzt werden, noch einige Erörterungen. Die eisernen Rauchrohre der Lockschornsteine verzieht man an ihrem unteren Ende mit zu öffnenden Erweiterungen, in welchen niederfallende Flugasche und Rufs sich zu sammeln vermögen, ohne den Querschnitt der Rauchwege zu stören. Der lotrechte Teil dieser Rauchrohre bedarf keiner Reinigung, da der an den Wänden anhaftende Rufs gelegentlich abfällt oder unter geeigneten Umständen verbrennt. Eine Gefahr kann aus dem Ausbrennen solcher in Lockschornsteinen aufgestellten eisernen Rauchrohre nicht entstehen. Die wagrechten und geneigten Rauchwege müssen jedoch durchweg, die lotrechten Schornsteine dann, wenn sie aus dünnwandigem Mauerwerk bestehen, regelmäsig gereinigt werden, da in ersteren Flugasche und Rufs sich ablagern, in letzteren die Entzündung grösserer Rufsmengen durch die entstehende hohe Temperatur für das Mauerwerk und seine Umgebung gefährlich werden kann.

298.  
Reinigungs-  
öffnungen.

Da der Rufs schon infolge geringer Bewegungen der Luft mit dieser sich mischt und durch sie auf weite Entfernungen getragen wird, so gilt als erste Regel, die Reinigungsöffnungen aller Rauchwege an solche Orte zu legen, die durch den aufgewirbelten Rufs nicht oder doch wenig geschädigt werden. Lotrechte Schornsteine, welche meistens mittels eines an eine Kugel gebundenen Befens gereinigt werden, erhalten hiernach eine Oeffnung im Kellergeschofs, und zwar möglichst in einem solchen Raume, dem einiger Schmutz nicht schadet, z. B. dem Kohlenkeller, oder einem solchen, der verhältnismäsig leicht zu reinigen ist, z. B. dem Keller- vorplatz. Diese Oeffnung dient zum Entfernen des niedergestossenen Rufses. In manchen Fällen dürfte es sich empfehlen, die Schornsteine in den Schmutzwasserkanal münden zu lassen, so dafs der niederfallende Rufs vom Wasser fortgespült wird. Dabei ist jedoch nicht zu übersehen, dafs der Schornstein die Luft aus dem Kanal ansaugt — was in einer Richtung allerdings sehr angenehm ist — wodurch eine Abkühlung des Rauches, also Schwächung des Zuges, herbeigeführt wird.

Eine zweite Oeffnung, welche zum Einbringen und Handhaben der Putzgeräte dient, wird unter oder über dem Dach angebracht<sup>202)</sup>. Beide Oeffnungen sind selbstverständlich mit guten eisernen Verschlüssen versehen, die zweckmäsig aus lotrechten Schiebern bestehen, welche sich nicht zufällig zu öffnen vermögen.

Ist kein Kellergeschofs vorhanden, so ist man gezwungen, die unteren Reinigungsöffnungen im Erdgeschofs anzubringen; hier werden sie am zweckmäsigsten in Vorräumen untergebracht. Die Höhenlage der unteren Reinigungsöffnungen soll eine solche sein, dafs man bequem zu ihnen gelangen, auch den Rufs ohne Schwierigkeit in ein vorzuhaltendes Gefäfs schieben kann, um die Staubaufwirbelung möglichst

<sup>202)</sup> Es dürfte nicht überflüssig sein, die für solche Reinigungsöffnungen maßgebenden preussischen Bestimmungen (vom 1. November 1892) hier anzuführen:

Schornsteine dürfen bei flachen Dächern, welche ein Begehen oder die Anbringung von Laufbrettern ohne Schwierigkeit gestatten, innerhalb des Dachraumes nicht mit Reinigungstüren versehen werden. Bei steilen Dachneigungen ist es zulässig, die Reinigungstüren unbefestigbarer Schornsteine im Inneren des Dachraumes anzubringen, mit der Maßgabe:

a) dafs die Oeffnungen von geputztem oder durch sonstige Umkleidung feuerficher ummanteltem Holzwerk mindestens 50 cm und von ungefüßtem Holz mindestens 1 m entfernt bleiben,  
b) dafs der Fußboden des Dachgeschofses, sofern er nicht durchweg unverbrennlich hergestellt wird, auf 1 m Entfernung eine feuerfichere Bekleidung erhält,  
c) dafs die Reinigungstüren überall leicht zugänglich und hoch genug über dem Dachfußboden angelegt werden, um auch den oberhalb derselben liegenden Teil des Schornsteines gut reinigen zu können, und  
d) dafs die Oeffnungen dichtschließende eiserne Schieber oder in Falze schlagende Türen erhalten.

zu mindern. Eine zweckmäßige Gestaltung des unteren Randes der Reinigungsöffnung vermag in der gleichen Richtung günstig zu wirken. Weichen Teile der Schornsteine von der lotrechten Richtung ab, jedoch nicht um mehr als etwa 30 Grad, so hindern sie das erwähnte Reinigungsverfahren nicht, kommen also nicht weiter in Betracht.

Flacherliegende Schornsteine, bezw. Rauchwege sind verschieden zu behandeln, je nachdem sie in ihrer Längsrichtung zugänglich gemacht werden können oder nicht. Im ersteren Falle kann man sehr lange, gerade Rauchwege durch eine Krücke reinigen, mittels welcher der Rufs zurückgeschoben wird, so daß er schließlich in eine zu entleerende Vertiefung fällt. Ist man gezwungen, den Rufs heranzuziehen, so darf der Kanal, wegen der Biegsamkeit des Krückenstieles, mittels dessen man die Krücke zunächst über den Rufs hinwegheben muß, selten länger als 4 m sein. Die in ihrer Längsrichtung nicht zugänglichen und die krummen Rauchkanäle müssen mit 2 bis 3 m voneinander entfernten Putzöffnungen versehen sein, deren Gestalt das Einbringen eines Rohrstockes oder anderen biegsamen Stabes gestattet, durch welchen ein Besen oder eine Krücke zu bewegen ist. Kurze Rauchwege säubert man mittels der geeignet bewaffneten Hand; man vermag vom Rande der Putzöffnung ab etwa 60 bis 80 cm weit zu reichen; die betreffenden Putzöffnungen werden etwa 12 cm weit gemacht.

Behufs regelmäßiger und sicherer Bedienung umfangreicherer Heizungs- und Lüftungsanlagen ist es erwünscht, dem Wärter die Möglichkeit bequemer Beobachtung sowohl der Temperatur, als auch der Luftgeschwindigkeit innerhalb der Kanäle zu geben. Die Temperaturen erkennt man leicht und sicher an Quecksilberthermometern, die entweder durch geeignete kleine Öffnungen bei jeder einzelnen Beobachtung in die Kanäle geschoben werden oder in den Kanalwänden so befestigt sind, daß ihre Kugel seitens der Luft gut gespült wird und der Wärter den Quecksilberfaden gut erkennen kann. Die Luftgeschwindigkeit wird am zweckmäßigsten mit Hilfe von Anemometern beobachtet. (Vergl. Art. 246 bis 251, S. 205 bis 208.)

299.  
Beob-  
achtungen.

#### e) Schieber, Klappen u. f. w.

Aus den bisherigen Erörterungen geht zur Genüge hervor, daß die sorgfältigste Bemessung und Konstruktion der Kanäle und die vorsichtigste Ueberwachung der Mittel, welche zur Bewegung der Luft benutzt werden, nicht im Stande sind, den Betrieb ohne weiteres zu allen Zeiten zu einem befriedigenden zu machen. Man muß vielmehr die Anlage so einrichten, daß sie unter den ungünstigsten Verhältnissen die geforderte Luftmenge oder die zu beseitigende Rauchmenge fördert, und dann Vorrichtungen einschalten, mit Hilfe deren man nach Willkür größere Bewegungshindernisse hervorzubringen vermag, um hierdurch die Leistungsfähigkeit den Verhältnissen entsprechend herabzudrücken.

Diese Vorrichtungen sind Schieber, Klappen und Ventile.

Der gewöhnliche Rauchschieber besteht aus dem eigentlichen, in Rücksicht auf das Verrosten durch den schwefelige Säure enthaltenden Rauch aus Gusseisen hergestellten Schieber *A* (Fig. 192), dem ebenfalls gegoffenen, gefalzten Rahmenstück *B* und dem mit letzterem vernieteten Deckelstück *C*. Das Ganze ist im Rauchkanal vermauert. Der Schieber hängt an einer Kette *D*, die über Rollen *E* gelegt ist und an einem Ende ein Gegengewicht *F* trägt. Die auftretenden Reibungswiderstände halten den Schieber in jeder Lage, welche man ihm gegeben, fest.

300.  
Rauch-  
schieber.

Aehnliche Schieber werden aus Gufseifen, Blech, Holz gefertigt und, mit verzierten Rahmen versehen, vor die in den Zimmern liegenden Zu- und Abluftöffnungen gelegt und dienen dort zu beliebiger Verengung des Querschnittes.

Häufig wird für diesen Zweck der durch Fig. 193 wiedergegebene Schieber verwendet.

Die viereckige Kanalmündung ist vergittert; hinter dem Gitter ist der eigentliche Schieber *A* mit Hilfe eines Kopfes, der sich in einem Schlitz der Vergitterung zu bewegen vermag, ver-

Fig. 192.

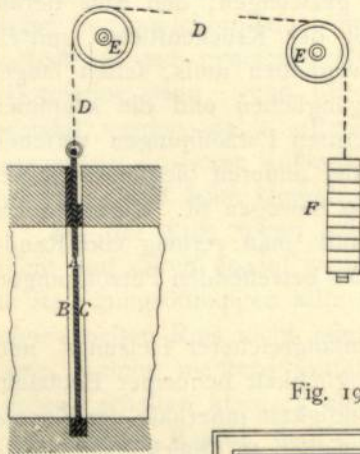
 $\frac{1}{30}$  w. Gr.

Fig. 193.

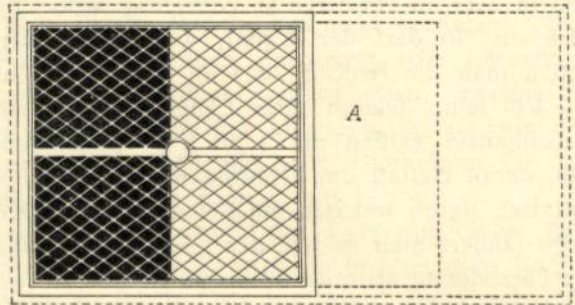
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Fig. 194.

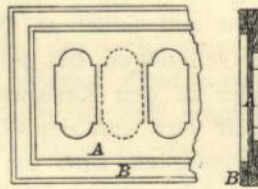
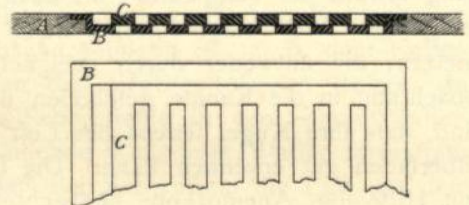


Fig. 195.

 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

schiebbar. Die nach rechts — in Bezug auf unsere Abbildung — geschobene Platte verbirgt sich in einem Blechkasten, welcher in die Oberfläche der Wand verfenkt ist, so dass der Wand schmuck über ihn hinweggeht.

Auch der Schieber, welchen Fig. 194 in teilweiser Ansicht und lotrechtem Schnitt darstellt, ist manchen Ortes beliebt.

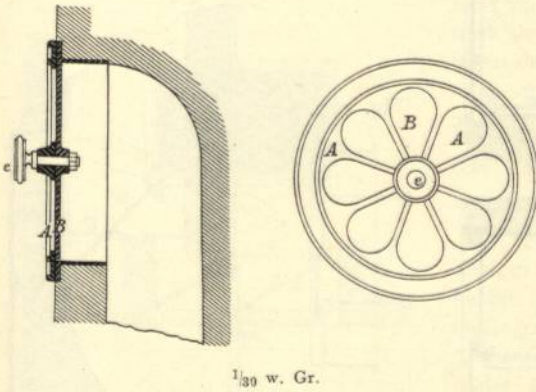
Eine Platte mit Rahmen enthält eine Zahl lotrechter Schlitzte, welche etwas schmäler sind als die zwischen ihnen bleibenden Stege. Vor dieser Platte vermag man die Platte *A*, die in Nuten des Rahmens *B* geführt wird und die ebenso geschlitzt ist wie die erste Platte, zu verschieben. Treffen die Schlitzte vollständig aufeinander, so ist der größte Durchgangsquerchnitt, also die geringste Behinderung des Luftstromes vorhanden; deckt aber je ein Steg einen Schlitz der anderen Platte, so ist der Querschnitt vollständig abgeschlossen.

Fig. 195 zeigt in lotrechtem Schnitt und Grundriss den gleichen Gedanken für einen Schieber durchgeföhrt, der über einen im Fußboden mündenden Kanal gelegt ist.

*A* bezeichnet den Fußboden; in diesen ist eine gufseiserne geschlitzte Platte *B* mit Hilfe eines ringsumlaufenden Randes gelegt. Die Vertiefung der Platte dient zur Aufnahme des geschlitzten Schiebers *C*, so dass seine Oberfläche mit derjenigen des Fußbodens zusammenfällt. Das Einstellen des beweglichen Teiles *C* erfolgt mit Hilfe des Fußses. Der Schieber kann natürlich nur an solchen Stellen des Fußbodens angebracht werden, welche nicht für den Verkehr

diene. Als Mangel, der allen im Fußboden liegenden Mündungen eigen ist, muß noch hervor-  
gehoben werden, daß der Schieber die das Zimmer reinigenden Mäde verfehlt, den Kehr-  
richt ohne weiteres durch die Spalten des Schiebers zu befördern.

Fig. 196.



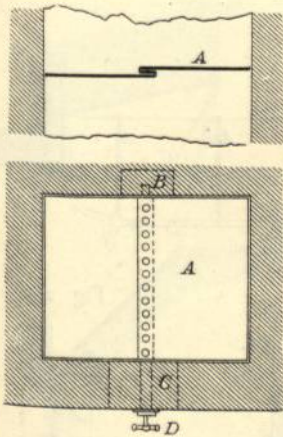
1/30 w. Gr.

Fingern ergriffen werden, oder, wenn der Schieber eine höhere Lage im Zimmer hat, mit je  
einer herabhängenden Schnur versehen sind.

Die Schieber in Fig. 194 bis 196 haben das Angenehme, daß sie keiner Ver-  
gitterung behufs Verdeckung der an sich wenig schönen Kanalöffnung bedürfen; in  
einer Größe hergestellt, nehmen sie jedoch viel Raum ein und sind schwer zu be-  
wegen.

Sehr bequem ist die fog. Drosselklappe (Fig. 197); sie ist leicht zu bewegen  
und behält die ihr angewiesene Stellung ohne weiteres bei.

Fig. 197.



1/30 w. Gr.

Die hier gezeichnete Klappe ist für einen lotrechten Kanal  
bestimmt. In eine Wand des Kanals ist eine gusseiserne Platte *B*  
mit Zapfenlager, in die dieser gegenüberliegende Wand die Platte *C*,  
welche ebenfalls ein Zapfenlager für die Klappe *A* enthält, ein-  
gemauert. Die Klappe selbst ist aus zwei Blechplatten, die auf  
einen Flacheisenstab genietet sind, gebildet; die runden Enden des  
Flacheisens vermögen sich in den genannten Lagern zu drehen.  
An der Außenseite ist ein Griff *D* angebracht, mit Hilfe dessen  
das Drehen der Klappe stattfindet und an dessen Stellung die-  
jenige der Klappe erkennbar ist.

Zuweilen verbindet man die beiden Lagerstücke *B* und *C*  
mittels eines Rahmens, um leichter eine genaue gegenseitige Lage  
der Zapfenlager zu gewinnen, bildet auch wohl das Ganze so aus,  
daß Rahmen mit Klappe behufs einer Ausbesserung frei heraus-  
gezogen werden können. Liegen derartige Klappen in wagrechten  
Kanälen unter einem Fußboden, oder will man verhindern, daß  
jede beliebige Person die Klappenstellung zu verändern vermag, so  
läßt man die Drehachse nur bis zur Oberfläche des Fußbodens,  
bzw. zur Vorderfläche der Wand vorpringen und gestaltet das  
betreffende Achsende für einen Steckschlüssel geeignet.

Eine in die Kanalöffnung zu legende Klappe verfinnlicht Fig. 198.

In erstere ist ein mit Winkelleisen oder Flacheisenringen verfeilter Blechkasten *A* gesteckt.  
Das Blech und der Flacheisenring sind unten und oben, und zwar in der Mitte, so durchbohrt,  
daß die Welle *B* der Klappe geeignete Lagerung in den Bohrungen findet. Zu diesem Ende ist  
unter die untere Durchbohrung noch ein Plättchen *C* genietet, welches die Welle *B* in lotrechter  
Richtung stützt. An der Klappe ist ein kurzer, mit der Zugstange *E* verbundener Hebel *D* ge-  
nietet, so daß man durch geeigneten Druck auf den Knopf der Stange *E* die gewünschte Stellung

der Klappe hervorbringen kann. Aus dem Stande des Knopfes vermag man, fogar aus einiger Entfernung, die Stellung der Klappe zu erkennen; bei vollständigem Schluß stößt die Klappe gegen das Zäpfchen *F*, bei vollständigem Oeffnen gegen die Stange *E*. Gegen die Winkel-eisenverfeifung ist ein verzierter Rahmen *G* gefchraubt, der einerseits eine Führung für die Stange *E* gewährt, andererseits mittels eines Falzes die Vergitterung festhält. Bei großen Mündungsweiten erfordert diese Klappe eine ziemlich dicke Kanalwand; man kann in einem solchen Falle die Anordnung doppelt (nach Fig. 199) oder auch mehrfach machen.

Fig. 200 stellt eine Drosfelklappe dar, welche von einem tieferliegenden Raume aus, mittels der Kette oder Schnur *A*, bewegt werden soll. Die Zapfen sind außerhalb der Mittellinie der Klappe angebracht, damit die Klappe durch ihr eigenes Gewicht sich schließt, sobald die Kette *A* dies zuläfst.

In der höchsten (lotrechten) Stellung der Klappe würde das erforderliche Uebergewicht nicht vorhanden sein, weshalb man eine Schraubenfeder auf die Klappe gefetzt hat, welche sich in erwähnter Stellung gegen die Kanalwand stemmt und nach Lockerung der Kette *A* die Klappe zum Kippen veranlaßt. Die Zapfen der Klappe drehen sich in zwei Lagern, die durch Ueber-einandernieten der beiden U-förmigen Bügel *C*, *C* gebildet sind; letztere erhalten hierdurch eine solche Lage, daß die Ränder der Klappe sich auf die Ränder des aus den Bügeln gebildeten Rahmens legen und so einen verhältnismäßig guten Schluß bilden.

Fig. 201 veranschaulicht eine eigentümliche Klappeneinrichtung in lotrechtem und wagrechtem Schnitt, welche in vielen Fällen gut zu verwenden ist.

In der Mitte des Rahmens *A*, welcher eine Vergitterung und beliebige Ausschmückung erhalten kann, ist eine lotrechte Spindel befestigt. In ihrer Mitte befindet

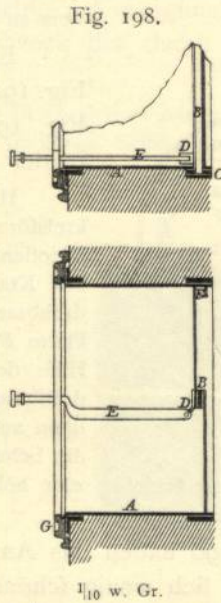


Fig. 198.  
1/10 w. Gr.

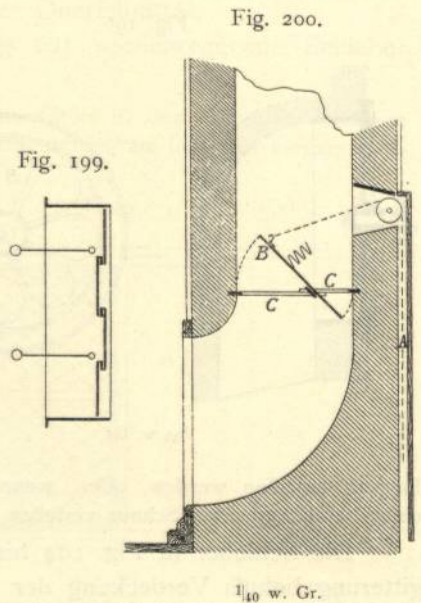


Fig. 200.  
1/40 w. Gr.

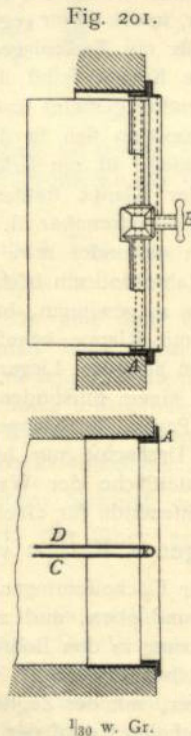


Fig. 201.  
1/30 w. Gr.

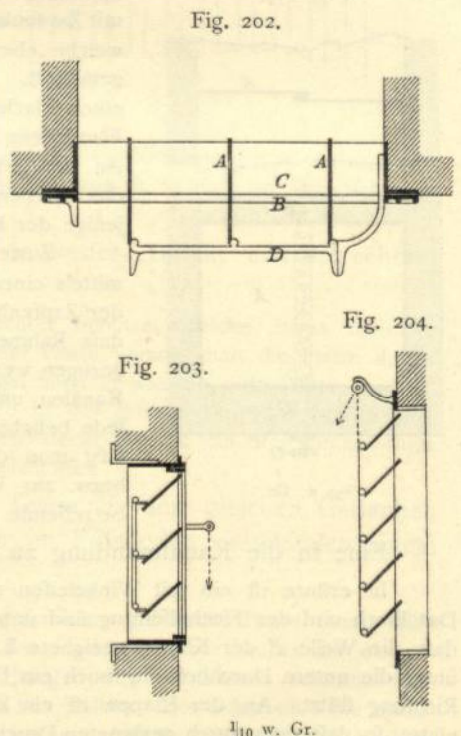
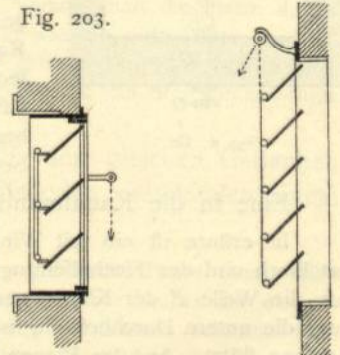


Fig. 202.

Fig. 203.

Fig. 204.



1/10 w. Gr.

303.  
Sonstige  
Klappen.



sich ein wagrechter Stift, auf dem der Griff *B* nebst einem Kegelrädchen drehbar aufgesteckt ist. Das erwähnte Kegelrädchen steht nun mit zwei anderen, um die lotrechte Stange drehbaren Kegelrädchen im Eingriff, von denen das eine mit der Klappe *C*, das andere mit der Klappenhälfte *D* verbunden ist. Durch Drehen des Griffes *B* wird die Klappenhälfte *D* nach der einen, die Hälfte *C* nach der anderen Richtung gedreht, so dass das Freilegen oder Schließen der Kanalmündung erfolgt.

Fig. 205.

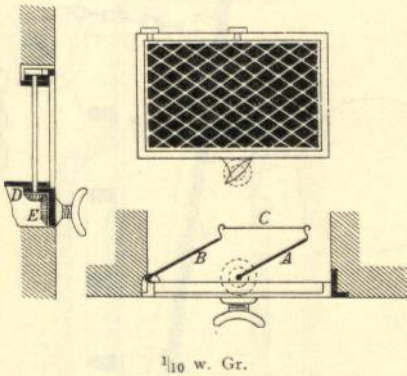


Fig. 202 (wagrechter Schnitt) u. 203 (lotrechter Schnitt) stellen Klappenanordnungen dar, welche nicht durch ein Gitter verdeckt werden sollen.

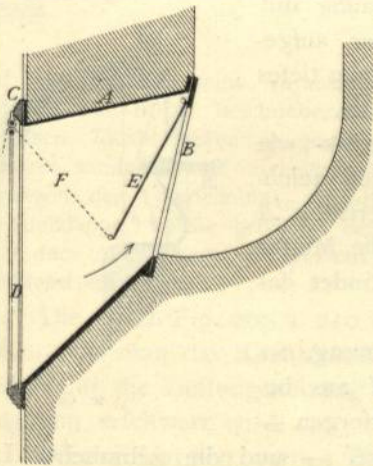
Die einzelnen, aus gestanztem Blech oder verzinktem Gussseifen gebildeten Klappen *A* in Fig. 202 haben in der Mitte, unten wie oben, Zapfen, welche in Lagern sich drehen können, die durch Ausparungen der zusammengeschraubten Rahmenteile *B* und *C* gebildet sind. Sie sind mittels der gemeinschaftlichen Stange *D* durch Gelenke miteinander verbunden. Vor-

sprünge der Stange *D* einerseits und Nafen der Rahmen *C* andererseits werden, behufs Einstellens der Klappen, zwischen Daumen und Zeigefinger genommen.

Bei der Klappenanordnung in Fig. 204 hängen die einzelnen Klappen ebenfalls zusammen; sie drehen sich aber um Zapfen, welche an zwei gleichliegenden Ecken angebracht sind, so dass sie selbsttätig niederfallen, sobald sie hieran nicht gehindert werden. Mittels einer Schnur, die durch einen Glasring geführt ist und welche auf irgend eine Weise an der Wand befestigt wird, vermag man die Klappen beliebig zu öffnen.

In Fig. 203 sieht man eine ganz ähnliche Einrichtung abgebildet, bei welcher die Klappen durch ein Gitter verdeckt sind und deshalb mit einer der Klappen ein Hebel verbunden wurde, um diese und, vermöge des Zusammenhanges mit den übrigen, sämtliche Klappen zu öffnen.

Fig. 206.



Endlich ist die Einrichtung, welche Fig. 205 in lotrechtem und wagrechtem Schnitt, sowie in der Vorderansicht verfinnlicht, mit der vorigen verwandt.

Am unteren Zapfen der Klappe *A* befindet sich, unterhalb des Rahmens, ein Kegelrädchen *D*, welches mit dem durch einen Handgriff drehbaren Kegelrädchen *E* im Eingriff steht. Mit *A* ist die Klappe *B* vermöge des Stängelchens *C* verbunden. Befindet sich die Klappe in der Nähe des Fußbodens, so wird man den Antrieb selbstverständlich nach oben legen.

Hier mag noch eine Klappe kurz beschrieben werden, die sich dadurch vor den bisher besprochenen auszeichnet, dass sie einen dichteren Abschluss gewährt.

Fig. 206 gibt einen lotrechten Schnitt. Der Kasten *A* ist im Mauerwerk befestigt; er trägt einerseits den Klappensitz *B*, andererseits die teils zum Festhalten des Gitters *D*, teils zur Verzierung dienende Umrahmung *C*. Am oberen Rande des Klappensitzes *B* ist mit Hilfe zweier Gelenke die Klappe *E* aufgehängt, welche sich selbsttätig auf ihren Sitz legt, sobald es die Spannung der Schnur *F* gestattet. Die Schnur ist durch einen Glasring geführt, um ihre Ablenkung in die lotrechte Richtung ohne sehr große Reibung zu gestatten. Die vorliegende Klappe dient für eine obere Abluftöffnung; sie ist leicht in diejenige Gestalt zu bringen, welche sie befähigt, als untere Abluftklappe zu dienen. Bemerkenswert ist noch, dass die Klappe nur etwa halb so groß ist als

das Gitter. Dies ist berechtigt, weil der freie Querschnitt des Gitterrahmens durch das Gitter teilweise (zuweilen mehr als zur Hälfte) verdeckt wird.

Man legt, in Rücksicht auf möglicherweise notwendig werdende Ausbesserungsarbeit, auf die Zugänglichkeit der betreffenden Teile Wert. Die durch Fig. 207 in lotrechttem Schnitt abgebildete Klappe ist in dieser Richtung recht hübsch ausgebildet.

Der gusseiserne Rahmen *b* ist mittels der Anker *a* im Mauerwerk befestigt. Im Rande dieses Rahmens sind 4 Oeffnungen ausgepart, in welche die Haken *i* des gusseisernen Gitters *c* greifen, so daß letzteres gut festgehalten wird, aber auch bequem abgenommen werden kann. Die eigentliche, beim Schliesen gegen den Rahmen *b* sich legende Klappe *d* dreht sich um einen festen Stift, kann aber in entsprechender Lage ohne Umstände von diesem abgehoben werden. Wird die Klappe in der gezeichneten Lage benutzt, so würde sie vom Stift abgleiten, wenn nicht die im Querschnitt angegebenen Leisten sie daran hinderten. Das Schliesen der Klappe wird durch eine an ihr befestigte Schnur oder Kette, das Öffnen — nach dem Loslassen der Kette — durch ein Gewicht herbeigeführt.

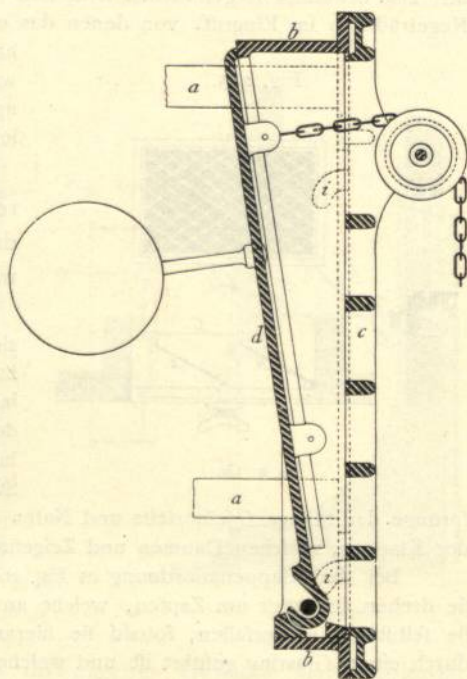
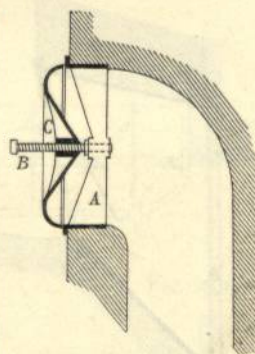


Fig. 207.

Teils um die Klappen dichter schliesen zu machen, als durch einfaches Aufeinanderlegen der Metallflächen zu erreichen ist, teils um das Geräusch zu mindern, welches beim Aufschlagen der Klappenränder entsteht, belegt man diese oder die Ränder des Rahmens häufig mit Filz. Letzterer wird aufgekittet, aufgenietet oder aufgeschraubt. Letztere beiden Befestigungsweisen verlangen tiefes Einfenken der Niet- oder Schraubenköpfe in den Filz.

Das Ventil in Fig. 208 ist sowohl als Austritts- wie auch als Eintrittsverschlußstück recht brauchbar und zeichnet sich durch dichten Schluß aus. In das Querstück *A* ist eine Schraubenspindel *B* genietet, zu welcher die Mutter des Deckels *C* paßt. Durch Drehen des Deckels findet das Einstellen des Ventils statt.

Fig. 208.



1/30 w. Gr.

Fig. 209 zeigt schematisch die Klappenanordnung, sofern man einen Raum *B* von der Heizkammer *A* aus beheizen, von dem Kanal *C* aus mit frischer Luft versorgen — ein Flügelgebläse drückt die Luft in den Kanal *C* — und die gebrauchte Luft nach oben abströmen lassen will.

Zunächst befindet sich bei *D* eine Drosselklappe, welche mehr oder weniger geöffnet wird, je nachdem man eine größere oder geringere Luftmenge zuführen will. Bei *E* befindet sich die Mischklappe; legt man, nach Löfen der zugehörigen Kette, die eigentliche Klappe ganz nach links, so ist die gefamte Luft, welche durch *D* einströmt, gezwungen, durch die Heizkammer zu gehen; bewegt man dagegen die eigentliche Klappe ganz nach rechts, so ist der Weg durch die Heizkammer *A* der Luft versperrt, dagegen der lotrecht aufsteigende Kanal frei, so daß die Luft, ohne vorher erwärmt zu werden, in den Raum *B* gelangt. Das Abströmen der Luft kann von einer höhergelegenen Stelle des Raumes, nach Öffnen der oberen Klappe *F*, erfolgen; in der

304.  
Ventile.305.  
Gesamt-  
anordnung.

Regel foll dagegen, aus früher genannten Gründen, die Abluft möglichst nahe über dem Fußboden abgeführt werden, also durch die Oeffnung *G*. Die Luft foll nun entweder nach oben in das Freie geführt oder, behufs wiederholter Erwärmung (Umlaufheizung), der Heizkammer wieder zugeleitet werden. Zu diesem Ende befindet sich bei *G* die sog. Wechselklappe. Ihre wagrechte Platte kann entweder auf einen Sitz unter oder einen solchen über *G* gelegt werden, so dass entweder der Weg nach unten oder derjenige nach oben abgeperrt wird. Die in der Abbildung linksliegenden Klappen sind ohne weiteres vom Kellergeschoß aus zu bedienen; die rechtsliegenden Klappen werden durch Schnüre oder Ketten bewegt, welche im rechtsliegenden Kanale sich befinden und, unter Vermittelung der Oeffnung *H*, im Kellergeschoß ergriffen werden können. Eine Regelung der Abströmungsgeschwindigkeit ist nur möglich, indem man unmittelbar hinter dem Gitter *G* eine der Klappen anbringt, die früher beschrieben wurden.

Fig. 209.

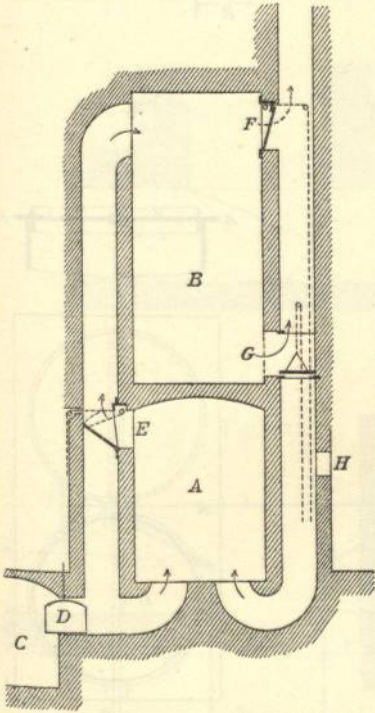
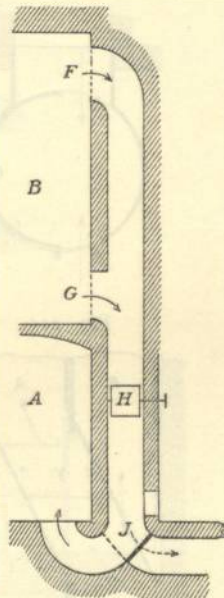


Fig. 210.



und leichtere Luft keine Veranlassung hat, nach unten abzufließen. Bei *G* bringt man eine passende der früher beschriebenen Klappen an, um die Oeffnung *G* vom Raume aus zu schliessen, sobald dessen zu große Erwärmung das Abführen der wärmsten, obersten Luftschichten wünschenswert erscheinen lässt. Bei *H* befindet sich eine Drosselklappe zum beliebigen Verengen des Querschnittes, um die Abflussmenge der Luft zu regeln; endlich bei *J* die Wechselklappe, welche gestattet, entweder den Weg nach der Heizkammer oder denjenigen nach dem Abluftschacht zu sperren; beide Klappen werden im Kellergeschoß unmittelbar mit der Hand eingestellt.

Die durch Fig. 209 u. 210 dargestellten Anordnungen leiden an der Schwäche, dass — da man die Kanalquerschnitte für die Umlaufheizung bemessen muss — die Kanäle für die Lüftungsheizung viel zu groß ausfallen, wodurch die befriedigende Regelung erschwert wird.

Wechselklappen werden häufig gebraucht, um der Heizkammer oder dem Ofen entweder frische Luft oder Zimmerluft zuzuführen.

In Fig. 211 u. 212 steht *A* mit dem Ofen, *B* mit dem Frischluftkanal, *C* mit dem zu heizenden Zimmer in Verbindung. Je nachdem man die eine, bezw. die beiden mittels der Stange *D* verbundenen Platten nach der einen oder anderen Seite schiebt, verlegt man den einen Weg, während der andere geöffnet wird. Auch ist es möglich, mit Hilfe dieser Klappen teilweise frische, teilweise bereits benutzte Luft zum Ofen gelangen zu lassen, indem man den Platten eine mittlere Stellung gibt.

Gleiches erreicht man mittels der doppelten Drosselklappe Fig. 214. In der Platte *A* befinden sich hintereinander, an einer und derselben Spindel steckend, die Drosselklappen *B*

und *C*, die so gegeneinander gestellt sind, daß die eine ihre Oeffnung schließt, sobald die andere die ihrige möglichst freihält.

Ebenso schließt der Bogenchieber *C* (Fig. 213) eines Ofenmantels die Oeffnung *A*, welche nach dem Zimmer zu gerichtet ist, sobald die mit dem Freien in Verbindung stehende Oeffnung *B* geöffnet wird, und umgekehrt.

In mehreren Berliner Schulen sind die obere und untere Luftabzugsöffnung mit lotrecht beweglichen Schiebern versehen, die mittels einer Stange miteinander verbunden sind. Senkt man beide Schieber, so wird die obere Oeffnung freigelegt, während die untere geschlossen wird und umgekehrt. Dieselbe Anordnung findet man dort auch als Mischklappe verwendet.

Fig. 215 verfinnlicht eine doppelte Wechselklappe, welche für manche Fälle gut verwendbar ist.

Der Kanal *C* mündet unmittelbar über dem Fußboden des Zimmers; der Kanal *D* steht mit dem Frischluftkanal in Verbindung; der Kanal *A* führt die Luft in die Heizkammer oder zu einem ummantelten Ofen, der Kanal *B* aber zu einem Abluftschlot. Eine der Klappenachsen ist mit einem Griff und einer Vorrichtung versehen, welche die Klappen in der ihnen gegebenen Lage festhält; die Klappen selbst sind mit einer Stange verbunden, so daß sie nur gemeinschaftlich gestellt werden können. Wählt man die Stellung *x*, so wird dem Heizkörper Zimmerluft zugeführt, während sowohl die Luftzuführung, als auch die Luftabführung verlegt ist; wählt man die punktierte Stellung *y*, so wird Zimmerluft in das Freie geführt, während frische Zuluft zum Ofen gelangt.

Die Mischklappen oder Mischventile haben den Zweck, die Stärke der zu mischenden beiden Luftströme, die eine bestimmte Zwischentemperatur haben sollen, zu regeln. Für den Fall, daß die Wege des kalten, warmen und gemischten Stromes in gleicher Richtung liegen, deutet Fig. 209 (S. 259) bei *E* die Einrichtung der Mischklappe genügend an. Bewegt sich der warme Strom wagrecht und soll das Gemisch sich ebenso bewegen, so muß — nach Fig. 216 — die kalte Luft von oben eingeführt werden, damit sie durch ihre Schwere die Mischung fördert.

Die Mischklappen oder Mischventile haben den Zweck, die Stärke der zu mischenden beiden Luftströme, die eine bestimmte Zwischentemperatur haben sollen, zu regeln. Für den Fall, daß die Wege des kalten, warmen und gemischten Stromes in gleicher Richtung liegen, deutet Fig. 209 (S. 259) bei *E* die Einrichtung der Mischklappe genügend an. Bewegt sich der warme Strom wagrecht und soll das Gemisch sich ebenso bewegen, so muß — nach Fig. 216 — die kalte Luft von oben eingeführt werden, damit sie durch ihre Schwere die Mischung fördert.

*Sturtevant*<sup>203)</sup> benutzt — nach Fig. 217 — eine Blechtrommel *D* als »Klappe«, die dem Ende der beiden wagrechten, aus Blech angefertigten Zuluftkanäle *A* und *B* angelenkt und mittels der Kette *i* bewegt wird. Er erreicht hierdurch, daß die Summe der Ausflußquerschnitte stets gleich demjenigen eines der beiden Kanäle *A* oder *B* bleibt.

Im Reichsratshaufe zu Wien (Fig. 218) findet die Erwärmung der durch den Fußboden des Sitzungssaales einzuführenden frischen Zuluft wie folgt statt. Ein unterer Raum erhält die kalte Zuluft zugeführt. Sie gelangt zum Teil in die höher gelegene Heizkammer *B*, und von hier

Fig. 211.

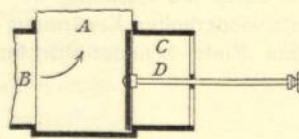


Fig. 212.

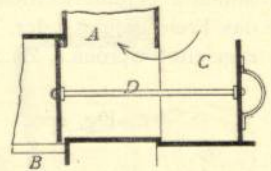


Fig. 213.

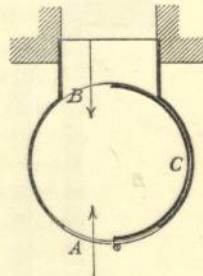


Fig. 214.

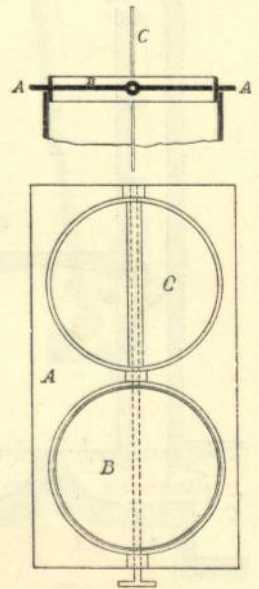
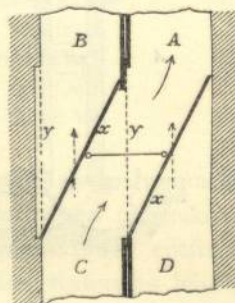


Fig. 215.



$\frac{1}{10}$  w. Gr.

<sup>203)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 182.

unter die Klappe *a*, zum Teil durch einen Blechkanal *D* unerwärmt über *a*. Der kalte Strom fällt in den warmen, und beide strömen in den Mischraum *C*. Die Schieber *d* dienen zum Regeln der Luftmenge. — Im Opernhaus zu Stockholm ist zu gleichem Zweck das durch Fig. 219 dargestellte Mischventil verwendet. Die Kappe *E* liegt in festem Abstände zum Fußboden der Misch-

Fig. 216.

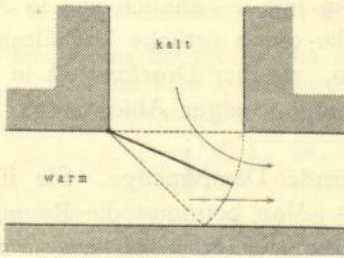


Fig. 217.

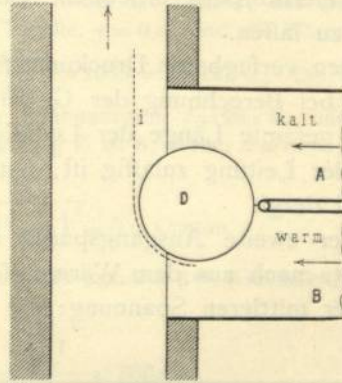


Fig. 218.

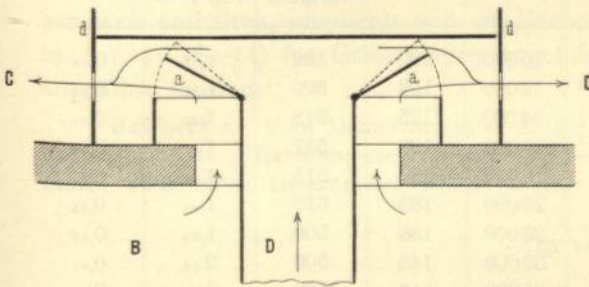
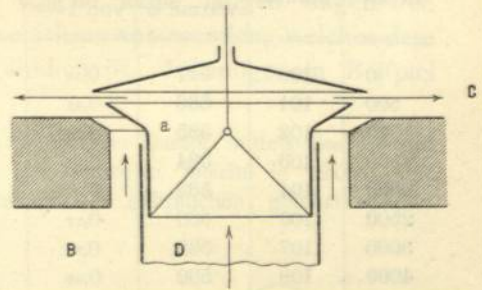


Fig. 219.



kammer *C*. Das Kaltluftrohr *D* hat kreisförmigen Querschnitt; in ihm ist der Hals des Ventils *a* mittels der Stange *i* lotrecht zu verschieben, wodurch das Verhältnis der beiden Stromstärken geregelt wird.

Außer den vorgeführten Schieber-, Klappen- u. f. w. Anordnungen gibt es noch eine große Zahl anderweitiger Einrichtungen, die indes, um den Rahmen des vorliegenden »Handbuches« nicht zu überschreiten, übergangen werden mögen.

## II. Kapitel.

### Rohrleitungen für Wasser und Dampf.

#### a) Abmessungen.

Die nötigen Grundlagen für die genaue Berechnung der Dampfröhre sind in Art. 231 (S. 186 bis 192) gegeben. Für die meisten Fälle ist die in Art. 231 (S. 191 u. 192) angegebene weniger genaue Rechnung zulässig.

Man geht vom verfügbaren Druckunterschied innerhalb der Dampfleitung aus, vom Dampferzeuger bis zum Heizkörper. Bei Niederdruck-Dampfheizungen (siehe

weiter unten) beträgt dieser vielfach nur 1000 mm Wafferfäule oder 1000 kg für 1 qm Querschnitt, oft fogar noch weniger. Soll die Heizungsanlage mit höher gespanntem Dampf arbeiten und wird das gebildete Niederschlagswasser durch eine Kolben- oder Strahlpumpe in den Dampfentwickler zurückgeführt, so ist natürlich ein fehr großer Druckunterschied verfügbar, da es in der Regel keinen Wert hat, in den Heizkörpern erheblich höheren Druck als den der freien Atmosphäre entstehen zu lassen.

Den verfügbaren Druckunterschied verteilt man nun — ähnlich wie in Art. 56 (S. 51) bei Berechnung der Gasleitungen — auf die durch örtliche Verhältnisse gegebene gefamte Länge der Leitung, bestimmt also, welcher Druckverlust in jedem Meter der Leitung zulässig ist, unter Berücksichtigung etwaiger Ablenkungen, Ventile und dergl.

Der zweite Ausgangspunkt ist die zu fördernde Dampfmenge. Sie ist dem Gewichte nach aus dem Wärmeerfordernis bekannt. Man bestimmt die Raummenge nach der mittleren Spannung; die nachstehende Tabelle gewährt hierfür den nötigen Anhalt.

Ueberdruck	Temperatur	Verdampfungswärme $w$	$\gamma$ = Gewicht von 1 cbm	$\frac{1}{\gamma}$	Ueberdruck	Temperatur	Verdampfungswärme $w$	$\gamma$ = Gewicht von 1 cbm	$\frac{1}{\gamma}$
0	100	537	0,53	1,72	10000	120	522	1,12	0,89
500	101	536	0,61	1,64	12000	123	520	1,22	0,82
1000	102	535	0,64	1,56	14000	125	518	1,32	0,76
1500	103	534	0,67	1,50	16000	128	517	1,43	0,70
2000	104	533	0,69	1,44	18000	130	515	1,53	0,65
2500	106	533	0,72	1,39	20000	133	513	1,63	0,61
3000	107	532	0,74	1,35	25000	138	509	1,89	0,53
4000	109	530	0,80	1,25	30000	143	506	2,14	0,47
5000	111	529	0,85	1,18	35000	147	503	2,39	0,42
6000	113	527	0,90	1,11	40000	151	500	2,64	0,38
7000	115	526	0,96	1,04	45000	155	497	2,89	0,35
8000	116	525	1,01	0,99	50000	158	495	3,13	0,32
9000	118	524	1,06	0,94					
Kilogr. für 1 qm	Grad C.	Wärmeeinheiten	Kilogr.	Kub.-Met für 1 kg	Kilogr. für 1 qm	Grad C.	Wärmeeinheiten	Kilogr.	Kub.-Met. für 1 kg

Die Dampfmenge  $V$  (in Kilogr.), welche stündlich in der Leitung durch Wärmeverluste verloren geht, wird zunächst geschätzt, ebenso die Rohrweite  $d$  (in Centim.), so daß man nach Gleichung 100 (S. 192), welcher die andere Gestalt

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,9 l + 0,64 d \Sigma \xi}{\gamma (p_1 - p_2)} \left(Q + \frac{V}{2}\right)^2} \dots \dots \dots 141.$$

gegeben wird, die erforderliche Rohrweite berechnen kann.

Die vorherige Schätzung des  $d$  für das zweite Glied des ersten Klammerausdruckes in Gleichung 141 ist unbedenklich, weil selbst ein erheblicher Irrtum das Rechnungsergebnis nur wenig beeinflusst, ein solcher überdies sofort, durch Vergleichen des geschätzten mit dem berechneten  $d$ , erkannt wird.

Das Glied  $0,64 d \Sigma \xi$  ist immer kleiner als  $1,9 l$ ; in Ausnahmefällen kann ersteres dem letzteren gleich, d. h. der durch Ablenkungen u. f. w. der Leitung entstehende Widerstand ebenso groß



+ 2.2,0 + 6,5 + 2,5 + 8 = 27 m, so dass auf jedes Meter nur  $\frac{500}{27} = 18,5$  kg Druckverlust verfügbar ist.

Nach der Tabelle auf S. 262 ist  $\gamma = \text{rund } 0,6$ , so dass 1 kg Dampf 536 Wärmeeinheiten liefert.

Die Größe des Wertes  $V$  ist für jede einzelne der Strecken so klein, dass sie vorläufig vernachlässigt werden soll; das gleiche gilt von den  $\xi$ , so dass die Gleichung 141 die Gestalt

$$d = \sqrt[5]{\frac{1,9 \cdot l \cdot Q^2}{\gamma (\rho_1 - \rho_2)}} \dots \dots \dots 142.$$

oder für  $l = 1 \text{ m}$

$$d = 0,7 \sqrt[5]{Q^2} \dots \dots \dots 143.$$

erhält. Die Strecke  $ih$  hat 7500 Wärmeeinheiten, also  $\frac{7500}{536} = 14$  kg Dampf zu liefern; daher ist das zugehörige  $d = 2 \text{ cm}$ . In Rücksichtnahme auf den Umstand, dass im lotrechten Teile dieser Leitung das Niederschlagwasser dem Dampf entgegenfließt und dass ein 2 cm weites Rohr im Handel überhaupt nicht vorkommt, soll statt dessen  $d = 2,5 \text{ cm}$  genommen werden.

Von  $h$  zweigen sich 3 Leitungen ab, welche je  $\frac{12000}{536}$  kg Dampf abzuliefern haben. Ihre Weite berechnet sich nach Gleichung 143 demnach zu 2,38 cm, wofür ebenfalls  $d = 2,5 \text{ cm}$  gesetzt werden soll.

Zwischen  $h$  und  $g$  sind  $\frac{43500}{563}$  kg Dampf zu fördern; folglich ist das zugehörige  $d = 3,98$  oder  $\approx 4,4 \text{ cm}$ .

Die Weite der Strecke  $gfe$  kann man hiernach ohne weiteres zu 5,1 cm bestimmen.

$edc$  fördert, außer den Dampfverlusten,  $\frac{73000}{563}$  kg Dampf, muss folglich  $4,59 = \approx 5,1 \text{ cm}$  weit sein.  $cb$  leitet  $\frac{83000}{536}$  kg, bedarf also 5,15 cm, wofür vorläufig, da bisher die Ablenkungswiderstände sowie die Dampfverluste eine Berücksichtigung nicht erfahren haben, die nächst größere im Handel vorkommende Weite von 6 cm genommen werden soll.

In dem Falle, dass rechts von  $b$  ebensoviele Dampf gebraucht wird als links, gewinnt man endlich die Weite der Leitung  $ab$  zu 8,01, wofür 8 cm gesetzt werden soll.

Um sich zu vergewissern, dass durch die gewählten Rohrweiten dem Dampfverlust und den durch Ablenkung entstehenden Widerständen in genügendem Grade Rechnung getragen worden ist, kann man den Gesamtwiderstand von  $a$  bis  $i$  nach Gleichung 100 (S. 192) wie folgt berechnen. Es ist

$$\begin{aligned} \rho_1 - \rho_2 &= [1,9 \cdot 11,3 + 0,64 \cdot 2,5 \cdot 1,3] \frac{(14 + 0,7)^2}{0,6 \cdot 2,5^5} + [1,9 \cdot 6,5 + 0,64 \cdot 4,4 \cdot 1] \frac{(81 + 1,38)^2}{0,6 \cdot 4,4^5} \\ &+ [1,9 \cdot 2 + 0,64 \cdot 5,1 \cdot 2] \frac{(101 + 1,64)^2}{0,6 \cdot 5,1^5} + [1,9 \cdot 2 + 0,64 \cdot 5,1 \cdot 2] \frac{(131 + 2,57)^2}{0,6 \cdot 5,1^5} \\ &+ [1,9 \cdot 3,5 + 0,64 \cdot 6 \cdot 1] \frac{(155 + 3)^2}{0,6 \cdot 6,5^5} + [1,9 \cdot 2,5 + 0,64 \cdot 8 \cdot 1,3] \frac{(316 + 0,3)^2}{0,6 \cdot 8^5} \\ &= 446,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

d. h. die größte Länge liefert einen etwas kleineren Widerstand, als der verfügbare Druck beträgt.

Zur Berechnung der Dampfverluste wurden folgende Zahlen benutzt. 1 m gut eingehüllter Rohre verdichtet stündlich:

bei 2,5 cm Weite . . .	0,12 kg Dampf	bei 6,0 cm Weite . . .	0,22 kg Dampf
[ » 3,1 » » . . .	0,13 » » ]	[ » 7,0 » » . . .	0,24 » » ]
[ » 3,7 » » . . .	0,15 » » ]	[ » 8,0 » » . . .	0,26 » » ]
» 4,4 » » . . .	0,16 » » ]	[ » 9,0 » » . . .	0,28 » » ]
» 5,1 » » . . .	0,20 » » ]	[ » 10,0 » » . . .	0,30 » » ]

wobei zu bemerken ist, dass die nicht benutzten, durch Klammern gekennzeichneten Werte der Vollständigkeit halber hier hinzugefügt worden sind.



Die Rohre für das Niederschlagwasser berechnet man in ähnlicher Weise. Setzt man in die allgemeine Widerstandsformel 71 (S. 183)  $\kappa = 0,00035$ ,  $\frac{u}{q} = \frac{4}{D}$ ,  $\frac{\gamma}{2g} = 50$ , und schätzt man  $\frac{1}{v}$  zu 4, so gewinnt man

$$p_1 - p_2 = 1,68 \frac{2}{D} v^2 \dots \dots \dots 144.$$

Berücksichtigt man ferner, dafs die stündlich geförderte Wassermenge beträgt:

$$M = D^2 \frac{\pi}{4} v \cdot 3600 \cdot 1000 \text{ Kilogr.} \dots \dots \dots 145.$$

und ersetzt man das  $D$  in Met. durch  $d$  in Centim., so entsteht

$$d = 0,29 \sqrt[5]{\frac{l M}{p_1 - p_2}} \text{ Centim.,}$$

worin  $l$  in Met. und  $M$  in Kilogr. für die Stunde einzuführen ist. Dafür kann man setzen

$$d = 0,3 \sqrt[5]{\frac{l M}{p_1 - p_2}} \dots \dots \dots 146.$$

Wieprecht<sup>204)</sup> empfiehlt, in Rücksicht auf sich bildende Ablagerungen und fontige Unregelmäßigkeiten, die Vorzahl 0,3 auf 0,4 zu vergrößern, d. h. mit

$$d = 0,4 \sqrt[5]{\frac{l M}{p_1 - p_2}} \dots \dots \dots 147.$$

zu rechnen. Finden sich in der Leitung erhebliche scharfe Ablenkungen und dergl., so wird man den Rohrdurchmesser noch etwas reichlicher wählen.

Im allgemeinen pflegen für  $p_1 - p_2$ , d. i. für Ueberwindung der Rohrwiderstände 200 bis 300 kg für 1 qmm oder ebensoviele Millimeter Wasserfäule verfügbar zu sein.

Die Masse der Wasserheizungsrohre werden ähnlich berechnet wie diejenigen der Kanäle für Luft und Rauch. Da, wie schon erwähnt, der Vorschlag, das Wasser mittels eines Dampfstrahles zu bewegen, für jetzt keine Bedeutung hat, so wird im folgenden nur von solchen Anlagen die Rede sein, bei denen die Bewegung des Wassers durch Auftrieb erfolgt.

Fig. 221 zeigt die allgemeine Anordnung einer einfachen Wasserheizung. In einem unteren Gefäße oder einer Rohrflange wird das Wasser von  $t_1$  auf  $t_2$  Grad erwärmt, in einem oberen von  $t_2$  auf  $t_1$  Grad abgekühlt. Vermöge des hierdurch entstehenden Auftriebes findet der Umlauf des Wassers statt.

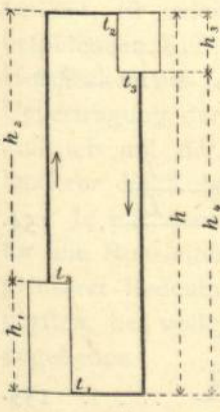
In Gleichung 105 (S. 195) wurde die Größe des Auftriebes allgemein zu

$$\mathfrak{A} = 0,002 (h_4 + h_2) (t_2^2 - t_1^2), \dots \dots \dots 148.$$

und in Gleichung 107 (S. 195) zu

$$\mathfrak{A} = 0,004 h (t_2^2 - t_1^2) \dots \dots \dots 149.$$

Fig. 221.



308.  
Wasserrohre.

<sup>204)</sup> Siehe: Gefundh.-Ing. 1894, S. 357.

für den befonderen Fall bestimmt, dafs  $h_1 = h_3$  ist. Die Widerstände sind nach Gleichung 71 (S. 183)

$$\mathfrak{B} = \gamma \left[ \kappa l \frac{u}{q} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 150.$$

Nun betragen die Wassertemperaturen:

$$65 \text{ Grad} \geq t_1 \geq 35 \text{ Grad, also im Mittel } 50 \text{ Grad}$$

und

$$200 \text{ Grad} \geq t_2 \geq 80 \text{ Grad, } \gg \gg \gg 140 \text{ Grad.}$$

Da für gewöhnlich der Hinweg des Waffers dem Rückweg etwa gleich ist, fo kann man für  $\gamma$  in Gleichung 150 einen Mittelwert für die Temperatur

$$\frac{50 + 140}{2} = 95 \text{ Grad, d. i. } \frac{\gamma}{2g} = 50$$

einfetzen.

Für die Leitungen werden regelmäfsig Rohre kreisrunden Querschnittes verwendet; folglich ist

$$\frac{u}{q} = \frac{D\pi}{D^2\pi} = \frac{4}{D}.$$

Nach Einfetzung dieser Ausdrücke und Gleichsetzung der Widerstände und des Auftriebes entsteht

$$\mathfrak{A} = 50 \left[ \kappa \frac{4l}{D} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] v^2, \dots \dots \dots 151.$$

$$\left( 4000 \kappa \frac{l}{D} + 50 \Sigma \xi \right) v^2 + 200 \kappa \frac{l}{D} v - \mathfrak{A} = 0,$$

$$v = \frac{-200 \kappa \frac{l}{D} \pm \sqrt{\left( 200 \kappa \frac{l}{D} \right)^2 + 200 \left( 80 \kappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi \right) \mathfrak{A}}}{100 \left( 80 \kappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi \right)} \dots \dots 152.$$

In dieser Gleichung gilt zweifellos das + Zeichen vor der Wurzel, fo dafs

$$v = \frac{\sqrt{\left( 200 \kappa \frac{l}{D} \right)^2 + 200 \left( 80 \kappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi \right) \mathfrak{A}} - 200 \kappa \frac{l}{D}}{100 \left( 80 \kappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi \right)} \dots \dots 153.$$

ist. Dieses  $v$  ist zu erreichen; durch Einfetzen der Werte

$\kappa = 0,00035$  und  $\mathfrak{A} = 0,002 (h_4 + h_2) (t_2^2 - t_1^2)$ , bzw.  $\mathfrak{A} = 0,004 h (t_2^2 - t_1^2)$  wird der Ausdruck vervollständigt zu

$$v = \frac{\sqrt{\left( \frac{l}{D} \right)^2 + \left( 2,3 \frac{l}{D} + 82 \Sigma \xi \right) (h_4 + h_2) (t_2^2 - t_1^2)} - \frac{l}{D}}{40 \frac{l}{D} + 1430 \Sigma \xi}, \dots \dots 154.$$

bzw.

$$v = \frac{\sqrt{\left( \frac{l}{D} \right)^2 + \left( 4,6 \frac{l}{D} + 163 \Sigma \xi \right) h (t_2^2 - t_1^2)} - \frac{l}{D}}{40 \frac{l}{D} + 1430 \Sigma \xi} \dots \dots 155.$$

Demgegenüber wird, da die Wärmemenge  $W$  übertragen werden soll, verlangt

$$v = \frac{W}{D^2 \frac{\pi}{4} 3600 \gamma (t_2 - t_1)} = \frac{W}{2700000 D^2 (t_2 - t_1)} \dots 156.$$

Nunmehr ist wieder versuchsweise ein zu schätzendes  $D$  einzusetzen und zu untersuchen, ob es den Anforderungen entspricht oder nicht.

Abgesehen von dem  $D$  und dem gesuchten  $v$  sind in den Gleichungen 153 bis 156 bekannt:  $l$  und  $\Sigma \xi$ ; beide Werte können ohne weiteres aus dem den örtlichen Verhältnissen angeschmiegtten vorläufigen Plane entnommen werden;  $h_4$  und  $h_2$  sind meistens nicht von vornherein bekannt, weil  $h_1$  und  $h_3$  erst durch den genaueren Entwurf festgelegt werden. Alsdann vermag man aber das  $h$  der Gleichung 106 oder, was daselbe ist,  $\frac{h_4 + h_2}{2}$  ziemlich gut zu schätzen; man rechnet mit ihm unter

Benutzung der Gleichung 155, unter dem Vorbehalt, nach Umständen später, auf Grund der Gleichung 154, die Rechnung zu wiederholen.

Die Temperaturen  $t_2$  und  $t_1$  des Wassers können willkürlich gewählt werden.

Soll die Leitung oben offen sein, so dass etwa gebildeter Dampf frei entweichen kann, so kann  $t_2$  nicht größer sein als 100 Grad; um jedoch ein »Ueberkochen« zu verhüten, d. h. zu verhindern, dass durch eine geringe Unvorsichtigkeit des Heizers eine Dampfbildung und die mit ihr verknüpften Uebelstände eintreten, wählt man  $t_2$  nur = 90 Grad und nennt die betreffende Heizungsart Niederdruck- oder Warmwasserheizung, auch offene Wasserheizung.

309.  
Nieder-,  
Hoch- und  
Mitteldruck-  
Wasserheizung.

Behufs Gewinnung einer recht kleinen Heizfläche wird die Temperatur des Wassers größer genommen; das Verfahren, um Dampfbildung zu verhüten, bedingt eine geschlossene Leitung, weshalb man die betreffende Heizungsart im allgemeinen geschlossene Wasserheizung nennt. Innerhalb dieses Begriffes kommen vor: die Hochdruck-Wasserheizung, auch *Perkins*-Heizung genannt, mit  $t_2 = 200$  Grad, so dass das Wasser unter einem Ueberdrucke von etwa 145000 kg für 1 qm (oder 14,5 Atmosphären) gehalten werden muss; häufiger die Mitteldruck-Wasserheizung mit  $t_2 = 150$  Grad, bei welcher der nötige Ueberdruck nur 40000 kg (4 Atmosphären) beträgt.

$t_1$ , d. i. die Temperatur, mit welcher das Wasser den wärmeabgebenden Körper verlässt, ist jedenfalls größer anzunehmen als die Temperatur der den Heizkörper bespülenden Luft. Je mehr erstere die letztere überragt, desto kleiner fallen die Heizflächen aus, umso billiger werden die Wärmestrahler; dagegen wächst die zur Uebertragung der Wärmemenge  $W$  erforderliche Wassermenge und mindert sich der Auftrieb mit der Abnahme des Temperaturunterschiedes  $t_2 - t_1$ , d. h. es wird mit letzterer die Rohrleitung verteuert.

Je nachdem die Minderung der Kosten für die Wärmestrahler oder diejenige für die Rohrleitung, je nachdem die Raumerparnis für erstere oder letztere von größerer Bedeutung ist, wählt man  $t_1$  größer oder kleiner. Die äußersten Grenzen dürften, bei voller Beanspruchung der Heizung, die bereits in Art. 308 (S. 266) angegebenen

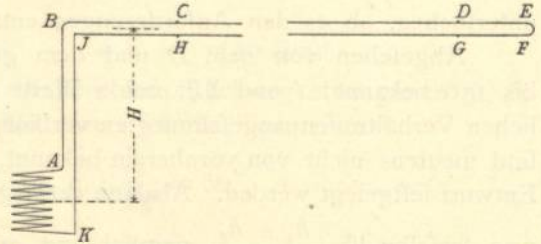
$$65 \text{ Grad} \geq t_1 \geq 35 \text{ Grad}$$

sein.

Die zunächst schätzungsweise Wahl des  $D$  hat natürlich nach den verfügbaren Rohrdurchmessern stattzufinden.

Beispiel. Es sei eine Mitteldruck-Wasserheizung mit ( $D =$ )  $0,022$  m weiten Rohren (äußerer Durchmesser =  $0,033$  m) zu berechnen. Die nach den örtlichen Verhältnissen getroffene Anordnung stellt Fig. 222 im Aufriss dar, wobei zu bemerken ist, daß bei  $C, D, G$  und  $H$  rechtwinkelige, abgerundete Ablenkungen in wagrechter Ebene vorliegen und der Wasserpumpe aus ( $L_1 =$ )  $15,50$  m schlangenförmig gebogenen Rohren gleicher Weite besteht. Der Krümmungshalbmesser dieser Schlangen ist so groß, daß Wirbelungen des Wassers in den Krümmungen nicht beachtet zu werden brauchen. Die Leitung von  $B$  über  $E$  nach  $F$  dient als Wärmestrahler; ihre Länge ist in Rücksicht hierauf zu ( $L_2 =$ )  $144$  m bestimmt worden. Die nur der Leitung dienenden Rohrstrecken  $AB$  und  $FK$  messen zusammen ( $L_3 =$ )  $4,50$  m, so daß die gefamte Rohrlänge  $l = 164$  m beträgt.

Fig. 222.



Die Ablenkungen  $A, K$  und  $F$  sind scharfwinkelig, die bei  $C, D, E, F, G$  und  $H$  gelegenen abgerundet. Daher ist

$$\Sigma \xi = 3 \cdot 1 + 6 \cdot 0,5 = 6.$$

Gegeben sind ferner  $W = 12000$ ,  $H = 2$  m,  $t_1 = 50$  Grad und  $t_2 = 150$  Grad.

Hiernach ist  $\frac{l}{D} = 164 \cdot 0,022 = 7454$ ;  $\left(\frac{l}{D}\right)^2 = 55562116$ ;

$$4,6 \frac{l}{D} = 34288; \quad 163 \Sigma \xi = 978;$$

$$40 \frac{l}{D} = 298160; \quad 1430 \Sigma \xi = 8580;$$

$$t_2^2 - t_1^2 = 22500 - 2500 = 20000;$$

folglich ist das zu erreichende

$$v = \frac{\sqrt{55562116 + (34288 + 978) \cdot 2 \cdot 20000 - 7454}}{298160 + 8580} = 0,10 \text{ m.}$$

Dagegen ist das verlangte

$$v = \frac{12000}{2700000 \cdot 0,022^2 \cdot (150 - 50)} = 0,092 \text{ m.}$$

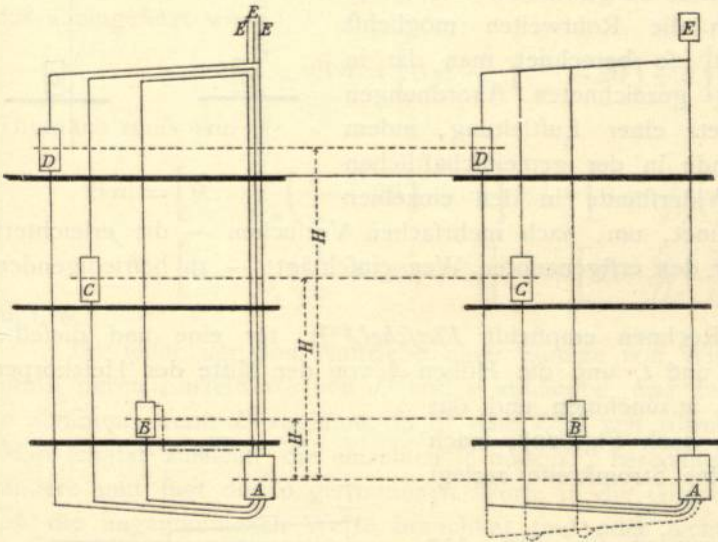
Man kann mit dieser Uebereinstimmung zufrieden sein, vielleicht — wenn darauf Wert gelegt wird —  $H$  ein wenig kleiner wählen.

Hätte sich herausgestellt, daß mittels der Anlage die erforderliche Wassergeschwindigkeit nicht zu erreichen wäre, so würde man — je nach Umständen —  $H$  größer wählen oder die Leitung doppelt, bei entsprechend geringerer Länge, ausführen.

Hochdruck- und Mitteldruck-Wasserheizungen gestatten, der vorkommenden großen Spannungen halber, nur enge Rohre, sowohl für die Leitung als auch für die wärmeaufnehmenden und wärmeabgebenden Körper; Niederdruck-Wasserheizungen werden dagegen mit weiten Rohren ausgestattet und ihre Heizkörper häufig kasten- oder keffelförmig gestaltet. Man legt mehrere nebeneinander herlaufende Rohre in eines zusammen und speist so von einem »Heizkeßel« mehrere »Heizöfen«, indem an geeigneten Orten der Leitungen mittels Zweigrohren die einzelnen Öfen angegeschlossen werden.

Fig. 223 links zeigt z. B. die Anordnung, nach welcher jeder Ofen *B*, *C*, *D* seine eigene Leitung hat; nur der Heizkessel *A* ist gemeinsam. Die Rohre sind so verlegt, daß die zunächst in ihnen vorhandene oder im Laufe des Betriebes freiwerdende Luft sich nirgend festsetzen kann, sondern zum Ausdehnungsgefäß *E* geführt wird. Nach Fig. 223 rechts sind das Steigrohr *AE* und auch das mit einigem Gefälle verlegte Verteilungsrohr gemeinschaftlich; die Rohre, welche das Wasser zum Kessel zurückführen, sind einzeln geblieben. Man kann sie — nach den gestrichelten Linien — zusammenfügen, muß dann aber jedes einzelne Fallrohr von der Seite oder

Fig. 223.



von unten in das gemeinsame Rohr münden lassen. Verfümt man dies, schließt man die Fallrohre des gemeinsamen Rohres von oben an; so kann, wenn z. B. das zu *D* gehörige Fallrohr wärmeres Wasser führt als das zu *C* oder *B* gehörige, eine störende Nebenströmung entstehen. Wenn, was oft der Fall ist, die Öfen etwa übereinander stehen, so wird das Rohrnetz nach Fig. 224 oder auch nach Fig. 225

angeordnet. Die Öfen *B*, *C*, *D* in Fig. 224 erhalten das Wasser von einem gemeinsamen, der z. B. auf dem Dachboden verlegten Verteilungsleitung angeschlossenen Rohre und senden das abgekühlte Wasser durch ein zweites gemeinsames Rohr der im Keller untergebrachten Sammelleitung zu,

Fig. 224.

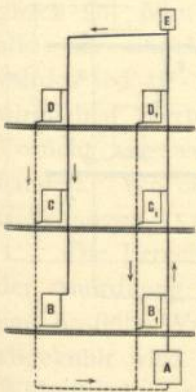
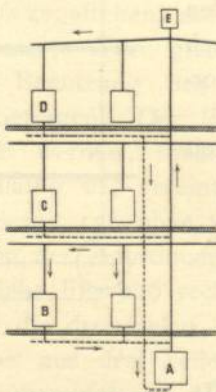


Fig. 225.



während die Öfen *B*<sub>1</sub>, *C*<sub>1</sub>, *D*<sub>1</sub> vom gemeinsamen Steigrohr aus unmittelbar mit Heizwasser versorgt werden. Nach Fig. 225 wird vom gemeinsamen Steigrohr für jedes Geschoss ein zur Verteilung des warmen Wassers dienendes Rohrnetz gespeist (ausgezogene Linien); ebenso ist jedes Geschoss mit einem Sammelnetz für das Rücklaufwasser versehen, welches sich dem gemeinsamen Fallrohr anschließt (gestrichelte Linien). Fig. 226 zeigt endlich links ein Beispiel, nach welchem die übereinanderstehenden Öfen *A*, *B* und *C* je mit besonderen Rohren einerseits der oben liegenden gemeinsamen Verteilungs-

leitung, andererseits dem Kessel oder einem im Keller befindlichen Sammelrohre angeschlossen sind. Nach Fig. 226 rechts ist nur ein lotrechtes, von oben nach unten führendes Rohr vorhanden. Das Heizwasser tritt zuerst in *A*, von diesem in *B*

und zuletzt in  $C$ ; man kann es aber auch mit Hilfe geeigneter Hähne zum Teile oder ganz an den Oefen vorbeiführen, um die Wärmelieferung der einzelnen Oefen zu regeln. Dies sind einige Beispiele der je nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschiedenartig gewählten Rohranordnungen.

Man berechnet die Rohre so, als ob jeder Ofen eine eigene Leitung habe, und zählt die nebeneinanderliegenden Querschnitte zusammen, um den Querschnitt des gemeinschaftlichen Rohres zu gewinnen.

Sofern man jedoch die Rohrweiten möglichst gering zu haben wünscht, so berechnet man die in Fig. 223 rechts bis 225 gezeichneten Anordnungen ähnlich wie das Kanalnetz einer Luftleitung, indem man sowohl die Widerstände in der gemeinschaftlichen Leitung als auch die Widerstände in den einzelnen Leitungen für sich berechnet, um, nach mehrfachen Versuchen — die erleichtert werden, wenn man vorher den erstgenannten Weg einschlägt — zu befriedigenden Ergebnissen zu kommen.

Für das genauere Rechnen empfiehlt *Rietschel*<sup>205)</sup>, für eine und dieselbe Anlage überall gleiche  $t_1$  und  $t_2$  und die Höhen  $h$  von der Mitte der Heizkörper bis zur Mitte des Kessels anzunehmen und das ganze Leitungsnetz, z. B. nach Fig. 227, nach den Heizkörpern in einzelne Stromkreise zerlegt zu denken.

Diese Stromkreise würden für Fig. 227 fein:

- für den Heizkörper 1:  $AKBCFJA$ ,  
 » » » 2:  $AK.BCHJA$ ,  
 » » » 3:  $AK.BGHJA$ .

Die in diesen Stromkreisen auftretenden Widerstände müssen überwunden werden durch die von den Höhen  $h_1$ ,  $h_2$ , bzw.  $h_3$  hervorbrachten Auftriebe.

Nun ist die verlangte Wassergeschwindigkeit nach Gleichung 156:

$$v = \frac{W}{2700000 D^2 (t_2 - t_1)}$$

oder, wenn man  $2700000 (t_2 - t_1) = C$  setzt,

$$v = \frac{W}{C \cdot D^2},$$

wonach man als Geschwindigkeiten der einzelnen Rohrstrecken erhält:

Fig. 226.

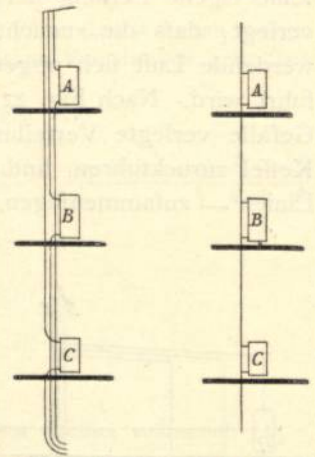
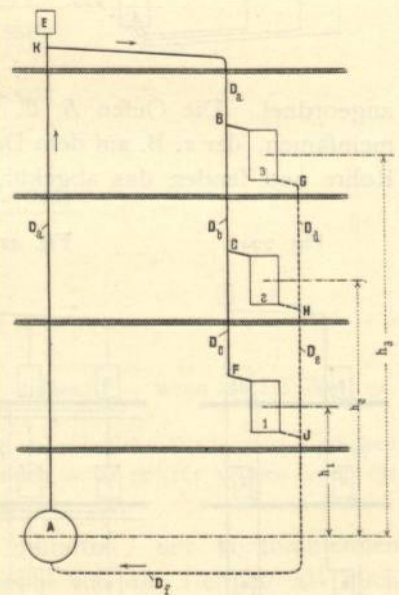


Fig. 227.



<sup>205)</sup> In: Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungs-Anlagen. 3. Aufl. Berlin 1902. S. 216 ff.

$$v_a = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{C D_a^2}; \quad v_b = \frac{W_1 + W_2}{C D_b^2}; \quad v_c = \frac{W_1}{C D_c^2};$$

$$v_d = \frac{W_3}{C D_d^2}; \quad v_e = \frac{W_3 + W_2}{C D_e^2}; \quad v_f = \frac{W_3 + W_2 + W_1}{C D_f^2} \quad \dots \quad 157.$$

Aus der Gleichsetzung von Auftrieb und Widerständen erhält man aus Gleichung 151

$$0,004 h (t_2^2 - t_1^2) = 50 \left[ \alpha \frac{4}{D} l \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] v^2$$

oder einfacher, wenn  $0,004 (t_2^2 - t_1^2) = \mathfrak{B} \cdot 50 \cdot \Sigma \xi = z$  gesetzt und der Wert  $0,00035$  für  $\alpha$  eingesetzt wird:

$$\mathfrak{B} h = \left[ 0,07 \frac{l}{D} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + z \right] v^2.$$

Hiernach muß fein

$$\mathfrak{B} h_1 = \left[ 0,07 \frac{l_a}{D_a} \left( \frac{1}{v_a} + 20 \right) + z_a \right] v_a^2 + \left[ 0,07 \frac{l_b}{D_b} \left( \frac{1}{v_b} + 20 \right) + z_b \right] v_b^2$$

$$+ \left[ 0,07 \frac{l_c}{D_c} \left( \frac{1}{v_c} + 20 \right) + z_c \right] v_c^2 + \left[ 0,07 \frac{l_f}{D_f} \left( \frac{1}{v_f} + 20 \right) + z_f \right] v_f^2 \quad \dots \quad 158.$$

u. f. w.

Da jeder der drei Auftriebe einer Summe von Widerständen gewachsen fein muß, deren Einzelwerte von  $D$  und  $v$  abhängen, und da — nach Gleichung 157 —  $v$  abnimmt, wenn  $D$  zunimmt, so ist eine Zahl von zutreffenden Lösungen möglich. Man schätzt zunächst die einzelnen  $v$  oder  $D$ , berechnet nach Gleichung 157 das andere und fügt die so gewonnenen Werte in die Gleichungen 158, um zu sehen, ob die angenommenen Werte brauchbar sind oder nicht. Geeignete Tabellen erleichtern die Durchführung des sonst umständlichen Verfahrens.

*Wieprecht*<sup>206)</sup> vereinfacht die Rechnung zunächst dadurch, daß er im eingeklammerten Ausdruck  $\left( \frac{1}{v} + 20 \right)$  für  $v$  eine mittlere Geschwindigkeit, nämlich  $0,2$  m in der Sekunde einsetzt. Damit wird  $\frac{1}{v} = 5$  und der eingeklammerte Wert

gleich 25. Man muß zugestehen, daß  $v$  sehr selten kleiner als  $0,1$  m in der Sekunde, also der eingeklammerte Wert gleich 30 wird; die Abweichung vom Richtigen würde jedoch bei Benutzung des *Wieprecht*'schen Mittelwertes schon  $\frac{1}{6}$  des wirklichen Wertes betragen. Der *Wieprecht*'sche Wert darf daher nur mit großer Vorsicht angewendet werden, sobald es sich um kleine Wassergeschwindigkeiten handelt. Wo er zulässig ist, vereinfacht er die Rechnung ungemein, wie aus den Gleichungen 151 bis mit 158 ohne weiteres erkannt werden kann.

Die Berechnung der Anordnung nach Fig. 226 links bietet nichts Neues. Bei der Anordnung, welche Fig. 226 rechts darstellt, ist zunächst zu beachten, daß ein und daselbe Wasser die drei Oefen  $A$ ,  $B$  und  $C$  durchströmt und dabei stufenweise abgekühlt wird. Der aus drei Teilen bestehende Gesamtauftrieb ist den gesamten Widerständen gegenüberzusetzen. Wird dann einer der Oefen ganz oder teilweise außer Betrieb gestellt, so mindert sich der Auftrieb, aber auch die Wärmemenge, so daß die Rohrweiten im allgemeinen genügen. Die in Fig. 226 rechts dargestellte

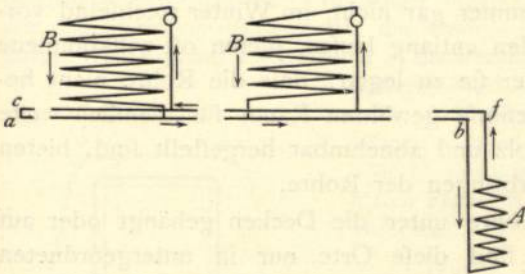
<sup>206)</sup> In: Entwerfen und Berechnen von Heizungs- und Lüftungs-Anlagen. 2. Aufl. Halle 1904. S. 32 ff.





Ventilen  $e$ , bezw.  $a$  zum Teile durch die links gezeichnete Verbindung  $cd$  nach unten zu fließen. Bei der Anlage und Berechnung ist hierauf Rücksicht zu nehmen. Bei guter Einhüllung verliert der Rohrstrang  $bfc d$  nur wenig Wärme, so daß darin ein nennenswerter Auftrieb nicht eintritt; die Wasserbewegung in der Leitung muß vielmehr durch den Temperaturunterschied innerhalb der Höhe  $g b$  hervorgebracht werden. Demgegenüber tritt ein Auftrieb durch die Abkühlung des Wassers in den Wärmestrahler  $B$  ein. Wählt man nun die Verhältnisse so, daß bei geöffneten Ventilen dieser Auftrieb zur Ueberwindung der Widerstände in  $B$  und den zugehörigen wagrechten Rohrteilen genügt, während der Auftrieb zwischen  $g$  und  $b$

Fig. 231.



bei vollem Betrieb nur den hier auftretenden Widerständen gewachsen ist, so liegt — bei voller Beanspruchung der Heizung — für das Wasser keine Veranlassung vor, durch  $cd$  nach unten zu strömen.

Wenn die Rohrstrecke  $fc$  da, wo sie in Fig. 230 sich vorfindet, hinderlich ist, so kann man sie auch nach Fig. 231 anordnen, ohne an den sonstigen Verhältnissen etwas zu ändern.

Die Wärmeverluste des Wassers in den Rohrleitungen sind zuweilen, trotz guter Einhüllung der Rohre, so groß, daß man sie bei der Berechnung mancher Anlagen berücksichtigen muß. Dies kann geschehen, indem man sie zunächst durch Schätzung bestimmt und durch eine nachträgliche Rechnung prüft, ob die Schätzung richtig war oder nicht. In einigen Fällen wird man statt dieses Verfahrens rascher zum Ziele gelangen, wenn man die Leitungsrohre als Heizöfen betrachtet und sie in ähnlicher Weise in die Rechnung einführt, wie unter Bezugnahme auf Fig. 226 erörtert wurde.

### b) Lage und Längensprofil.

Zu jedem wärmeabgebenden Körper, welcher die Wärme des Dampfes oder diejenige des Wassers ausstrahlen soll, gehören ein Zuleitungs- und ein Rücklaufrohr. In umfangreicheren Gebäuden, deren Räume durch in ihnen selbst aufgestellte Dampf-, bezw. Wasseröfen erwärmt werden, wird infolgedessen eine Zahl von Rohren erforderlich, welche sowohl wegen des Raumbedarfes, als auch wegen der Lage der Öfen oft schwer unterzubringen sind. Manche Architekten legen, um in der Ausschmückung der Räume nicht behindert zu sein, die Rohre in das Gebälke und unter den Putz. Ein solches Verfahren ist schon für Gasleitungen nicht zu empfehlen, muß aber für die Leitungen der Dampf- und Wasserheizungen geradezu als unzulässig bezeichnet werden. Bei diesen finden in der Regel nicht unbeträchtliche Temperaturwechsel statt, also Dehnungen, welche nicht behindert werden dürfen; wegen der gewaltfamen Dehnungen können, selbst bei tüchtiger Ausführung, Undichtheiten entstehen, die selbstverständlich eine Netzung, also Schädigung der Gebäudeteile im Gefolge haben. Als vornehmste Regel für Anlage derartigen Rohrwerkes gilt daher, daß es bequem zugänglich sein muß und seinen Dehnungen keine Hemmnisse geboten werden dürfen.

Auf Grund dieser Regel sind als geeignete Plätze für die Rohranlagen zunächst

die Wände zu bezeichnen. Eine geschickt angelegte und gut ausgeführte Rohrleitung verunziert die Wand eines einfach gehaltenen Raumes nicht, wenn sie auch auf der Wandfläche liegt. Man darf jedoch nicht vergessen, daß überall da, wo Wärme abgegeben wird, auch Luftbewegungen eintreten, die Staubablagerungen zur Folge haben. Demgemäß müssen die auf den Wänden liegenden Rohre der Heizungen besonders sorgfältig eingehüllt werden.

In schlichten Wänden bringt man für die Rohre häufig passende Schlitzte an, welche unverdeckt bleiben, mit Gittern verschlossen werden oder einen dichten Abchluss finden. Wegen der notwendigen Zukömmlichkeit muß die Bedeckung der Schlitzte abnehmbar fein; sie kann daher nur aus Holz oder Metall bestehen. In beiden Fällen darf der Einfluß der von den Rohren abgegebenen Wärme nicht unterschätzt werden, zumal weil er im Sommer gar nicht, im Winter wechselnd vorhanden ist. Gefimse, welche an den Wänden entlang laufen, bieten oft willkommene Gelegenheit, die Rohre so neben oder über sie zu legen, daß die Rohre nicht bemerkt werden; weit auskragende Kranzgefimse gewähren Raum für ziemlich weite Rohre. Pilaster und Paneele, die aus Holz und abnehmbar hergestellt sind, bieten ebenfalls bequeme Gelegenheit zum Unterbringen der Rohre.

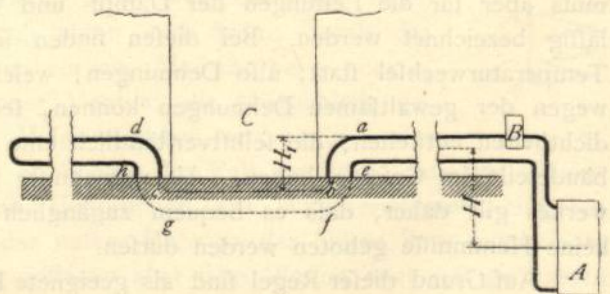
In besonderen Fällen können die Rohre unter die Decken gehängt oder auf die Fußböden gestützt werden; jedoch sind diese Orte nur in untergeordneten Räumen — Keller- und Dachgeschofs — verwendbar.

Endlich benutzt man besondere Räume für die Rohrleitungen. Die Decken der Gänge, welche großen Räumen entlang führen, werden oft aus Schönheitsrückichten tiefer gelegt als diejenigen der benachbarten Zimmer (vergl. Art. 273, S. 234). Alsdann entsteht zwischen einer solchen Decke und dem höher gelegenen Fußboden ein Hohlraum, der, wenn mindestens 60 cm hoch, ausreichenden Platz für alle Arten von Rohrleitungen bietet. In den Wänden sind fast immer Orte zu finden, an denen weitere lotrechte Kanäle angebracht werden können. Ihre Zugänglichkeit ist nur an einigen Orten notwendig, wenn man die Verbindungsstellen der in ihnen befindlichen Rohre in Gruppen zusammengezogen hat. Geschickte Hand und Zusammenarbeiten des Architekten und des Heiztechnikers werden immer Orte für die Rohre finden, welche den obenangeführten Regeln entsprechen, ohne den Einklang der künstlerischen Durchbildung zu stören. Ausnahmen von der Regel, die Rohre nicht unter den Fußboden oder nicht zwischen diesen und die darunterliegende Decke zu legen, sind jedoch nicht ganz zu umgehen.

Als am häufigsten vorkommende derartige Ausnahme nenne ich den Fall, daß die Rohre längs einer Wand, und zwar in der Nähe des Fußbodens, sich befinden, welche Wand an irgend einer Stelle eine Tür hat.

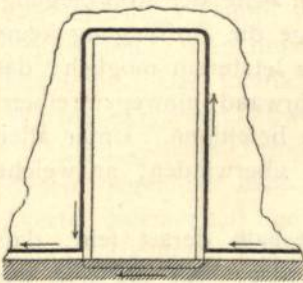
Fig. 232 verfinnlicht einen solchen Fall, bei Anwendung einer Gewächshaus-Wasserheizung. *A* bezeichnet den Heizkessel, *B* das Ausdehnungsgefäß, *C* die in Rede stehende Türöffnung. Die Leitungsrohre sind hier gleichzeitig die Heizkörper; vom oberen Ende des Heizkessels fließt das Wasser längs der Wände des Raumes, sinkt dann in eine zweite, unter der ersten liegende

Fig. 232.



Leitung und gelangt endlich in den untersten Teil des Kessels zurück. Das zur Berechnung des Auftriebes dienende  $H$  wird, wenn man die einfachere Rechnung anwenden will (vergl. Art. 308, S. 265), von der Mitte zwischen beiden Heizrohren bis zur Mitte des Heizkessels gemessen. Wenn daher, wie hier gezeichnet, die beiden Rohre vor der Tür  $C$  unter den Fußboden gelegt werden und eine Abkühlung des Wassers an dieser Stelle so weit verhütet ist, daß sie unbeachtet bleiben kann, so wird — in regelmässigem Betriebe — der negative Auftrieb auf der rechten Seite der Tür  $C$  durch den positiven Auftrieb auf der linken Seite der Tür aufgehoben, d. h. die ganze Anordnung hat nur den Einfluß auf die Bewegung des Wassers, welcher aus der Vermehrung der Widerstände entsteht, gleichgültig, um welches Maß die Rohre vor der Tür tiefer liegen als sonst. Anders ist es beim Inbetriebsetzen der Anlage. Alsdann gelangt nach einiger Zeit in das niederfinkende Stück  $ab$  warmes Wasser, während die Stücke  $cd$ ,  $ef$  und  $hg$  mit kaltem Wasser gefüllt sind. Ist nun die zu  $ab$  gehörige Höhe groß, so kann der Fall eintreten, daß der hier befindliche negative Auftrieb vom positiven des Kessels nicht überwunden werden kann, d. h. das Inbetriebsetzen gelingt nicht. Bei länger andauernder Wärmezufuhr im Kessel  $A$  tritt hier schließlich eine Dampfbildung ein, die schwingende Bewegungen des Wassers zur Folge hat. Das warme Wasser gelangt infolgedessen in das Rücklaufrohr und verringert hierdurch den Auftrieb des Kessels. Nicht selten werden die Schwingungen des Wassers so groß, daß die Rohre zerfchmettert werden. Diese Uebelstände können vermieden werden, wenn  $H$  im Vergleich zur Auftriebshöhe  $H_1$  des Rohrstückes  $ab$  u. s. w. möglichst groß ist; in zweifelhaften Fällen ist es unschwer, die erforderliche Größe des  $H$  zu berechnen.

Fig. 233.

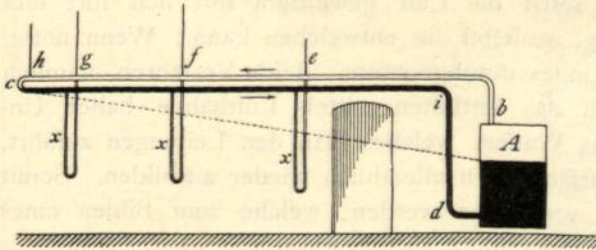


Würde eine Dampfleitung in ähnlicher Weise angeordnet, so würde das durchgebogene Rohr sich mit dem durch Verdichtung des Dampfes entstehenden Wasser anfüllen und den Querschnitt des Rohres verstopfen oder doch dem Dampf einen Stöße herbeiführenden Widerstand entgegensetzen. Man verfährt deshalb hier, wie

Fig. 233 erkennen läßt. Das Dampfrohr wird über die Tür hinweggeführt, während das den Dampf begleitende Wasser seinen Weg unter dem Fußboden hindurch findet.

Eine recht hübsche Lösung vorliegender Aufgabe verfinnlicht Fig. 234<sup>207)</sup>. Es handelt sich um die Rohrleitung einer Niederdruck-Dampfheizung.

Fig. 234.



$A$  bezeichnet den im Kellergeschoß aufgestellten Dampfentwickler. Von ihm aus führt das Rohr  $bc$  den Dampf unter der Decke des Kellorraumes entlang, so daß die Zweigrohre  $e, f, g$  und  $h$  an den Wänden empor zu den Wärmestrahlern geführt werden können. Da diese Rohre lotrecht oder doch nur wenig von der lotrechten Linie abweichend angebracht sind, so ist es zulässig — bei entsprechend großer Weite der Rohre — sie gleichzeitig zur Abfuhr des

Niedererschlagwassers zu benutzen. Das letztere fällt also in das im wesentlichen wagrechte Dampfrohr zurück, in welchem es mit dem Dampf sich weiterbewegen oder aus welchem es mittels geeignet angebrachter Abfußrohre auf kürzerem Wege in das Niedererschlagwasserrohr gelangt. Der Kessel  $A$  befindet sich über dem Kellerfußboden; soll deshalb das Niedererschlagwasser, ohne zuvor zu steigen, in den Kessel gelangen (damit es sich, beim Ausbetriebsetzen der Heizung, vollständig in diesen ergießt), so sperrt das Rohr die ganze Wand. Um dies zu vermeiden, ist nun das Niedererschlagwasserrohr von  $c$  bis  $i$  neben das Dampfrohr gelegt (in Fig. 234 liegt  $ci$  tiefer, damit das

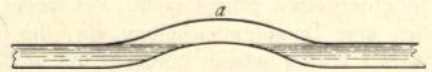
<sup>207)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1887, S. 591.

Dampfrohr nicht verdeckt wird) und vermöge der U-förmigen Rohre  $x$  mit dem Dampfrohr  $bc$  verbunden, so daß durch  $x$  das Niederschlagwasser abzufließen vermag, aber kein gelegentliches Zurücktauen in das Dampfrohr ausgeschlossen ist. In den rechtsseitig gezeichneten Schenkeln der U-förmigen Rohre  $x$  befindet sich der Wasserpiegel so viel höher als im Kessel, wie die Widerstände durch das Dampfrohr bis zum Rohr  $x$  und von diesem zurück durch  $id$  betragen; hiernach ist die Länge der U-förmigen Rohre zu bestimmen. Zum Entleeren der Rohre  $x$  dienen besondere kleine Hähne.

314.  
Längen-  
profil.

Die zuletzt gegebenen Bepfehlungen liefern schon Regeln für das Längenprofil der Rohrleitungen. Ferner sind noch die folgenden Erscheinungen zu beobachten. Das in Fig. 235 abgebildete Rohrstück einer Wasserheizung steht nach beiden Seiten hin mit dem Ringe in Verbindung, den das Wasser während des Betriebes der Heizung zu durchlaufen hat. Beim Füllen der Leitung vermag sonach das Wasser von zwei Seiten heranzufließen, so daß die Luft im höheren Teil des Rohres zusammengedrängt wird. Nach dem Anheizen, nach Eintreten des Auftriebes, steigt der Wasserpiegel an der einen Seite der Rohrbiegung, während derjenige an der anderen Seite sich senkt. Solange die Aufbiegung keine große, dagegen der Auftrieb ein bedeutender ist, wird es letzterem möglich, das Wasser über die hügelartige Erhöhung der unteren Rohrwand hinwegzutreiben; allein niemals ist der Auftrieb im Stande, die Luft ganz zu beseitigen. Unter allen Umständen sind also in diesem Rohrstück Widerstände zu überwinden, an welche bei der Berechnung nicht gedacht wurde.

Fig. 235.



315.  
Entlüften  
bei Wasser-  
heizungen.

Das Längenprofil der Wasserheizungsrohre muß deshalb derart sein, daß solche »Luftfäcke« nicht auftreten, oder es ist dafür zu sorgen, daß die Luft aus dem betreffenden Rohrstück entfernt werden kann. Niederdruck- und Mitteldruck-Wasserheizungen gestatten das Anbringen eines Hahnes an der höchsten Stelle der Rohrbiegung, nämlich bei  $a$ ; Hochdruckheizungen werden mittels des sog. Durchpumpens luftfrei gemacht. Zu dem Ende wird, mit Hilfe einer möglichst am tiefsten Punkte des gesamten Ringes, welchen jede Heizung bildet, angebrachten Pumpe, das Wasser in einer Richtung durch die Rohre bis zum höchsten Punkte getrieben, wofelbst für den Zweck des Entlüftens eine Oeffnung freigelegt ist. Das rasch und mit großer Kraft fließende Wasser reißt die Luft gewaltsam mit sich fort und führt sie bis zur genannten Oeffnung, wofelbst sie entweichen kann. Wenn nötig, so wird auch der andere Teil des Ringes durchgepumpt. Beide Verfahren, nämlich das Durchpumpen sowohl, als auch das Entlüften mittels Lufthähne haben Unbequemlichkeiten im Gefolge, da das Wasser, welches man den Leitungen zuführt, nie ganz luftfrei ist, sonach die Luftfäcke sich allmählich wieder ausbilden. Somit soll jede Gestalt des Längenprofils vermieden werden, welche zum Bilden eines Luftfackes Gelegenheit bietet.

316.  
Längenprofil  
der  
Wasser-  
leitungen.

Man ordnet deshalb die Rohre so an, daß sie vom tiefsten Punkte der Leitung ab nach beiden Seiten hin bis zu einem gemeinschaftlichen höchsten Punkt steigen. Hier läßt man eine Oeffnung frei (bei Niederdruckheizungen), um der Luft ungehinderten Austritt zu gewähren, oder schaltet ein Gefäß ein, worin sich die Luft zu sammeln vermag, ohne der Strömung des Wassers hinderlich zu sein.

Dieses Gesetz ist z. B. durch die Anordnung, welche Fig. 223 darstellt, berücksichtigt worden;  $E$  bezeichnet eine Einrichtung, welche zum ungehinderten Sammeln, bzw. Entweichen der Luft Gelegenheit bietet.

In der Leitung, welche Fig. 223 darstellt, fällt auf, daß — scheinbar unnützerweise — z. B. das den Ofen *B* speisende Wasser einen außerordentlich großen Umweg machen muß. Man würde mit weniger Mitteln, geringeren Widerständen und vielleicht auch zu Gunsten bequemeren Unterbringens des betreffenden Rohres diesen Ofen auf dem punktierten Wege mit warmem Wasser versorgen können. In der Tat empfiehlt sich nicht selten eine derartige Leitung aus den genannten Gründen. Alsdann bildet aber offenbar der Ofen *B* einen Luftfack, der mittels eines an seinem höchsten Punkte angebrachten, von Zeit zu Zeit zu öffnenden Lufthahnes unschädlich gemacht werden muß.

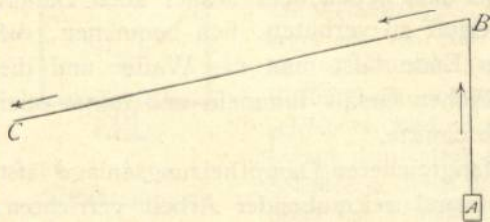
In neuerer Zeit versteht man die in Fig. 223, linke Seite, nach der punktierten Linie mit Wasser versorgten Heizkörper *B* statt der Lufthähne mit engen Luftrohren, die zu einer gemeinsamen, hochliegenden, in ein Luftgefäß mündenden Luftleitung verbunden sind. Die Luftleitung wie das Gefäß sind dann ebenso geordnet, wie in Fig. 223 über den Heizkörpern gezeichnet ist.

Die Luft, welche in den Dampfrohren vor ihrer Inbetriebsetzung sich befindet, sowie diejenige, welche ihnen aus dem lufthaltigen Speisewasser fortwährend zugeführt wird, ist noch lästiger und schwieriger unschädlich zu machen. Die Querschnittsberechnungen, auch die Heizflächengröße, sind auf reinen Dampf gegründet. Der lufthaltige Dampf vermag selbstverständlich weniger Wärme abzugeben als der reine Dampf; man muß also von ersterem größere Mengen heranschaffen als von letzterem. Das möglichst vollständige Entfernen der Luft ist daher von hohem Werte; es gelingt schwer wegen des Ergießens beider Gase ineinander.

Bei gleicher Temperatur ist die Luft schwerer als der Dampf; sie muß daher diesem gegenüber nach unten zum Abfluß gebracht werden. Dies ist von großem Werte, indem auch das durch Verdichten des Dampfes gebildete Wasser einen nach unten gerichteten Abfluß haben muß. Während ein Teil des Dampfes verdichtet wird, bleibt die Luft in ihrem Bestande unverändert; sonach ist der Luftgehalt des Dampfes umso größer, je weiter der Dampf von seiner Erzeugungsstelle entfernt ist. Endlich ist noch zu bemerken, daß das Wasser schwer, die Luft aber gar nicht gegen die Bewegungsrichtung des Dampfes zu strömen vermag.

Aus allen diesen Gründen geht die Forderung hervor, Wasser, Luft und Dampf stets in derselben Richtung strömen zu lassen, d. h. die gesamte Leitung so anzuordnen, daß sie von einem höchsten Punkte ab stetig nach unten sinkt. Da der

Fig. 236.



Dampferzeuger, wenigstens in der Regel, auf der Erde oder gegen die Erdoberfläche vertieft aufgestellt wird, so ist das allgemeine Schema des Längensprofils einer Dampfheizungsleitung durch Fig. 236 veranschaulicht. Zunächst soll der Dampf auf möglichst kurzem Wege zur größten geforderten Höhe emporgehoben werden und von hier aus, stetig fallend, nach den

Orten gelangen, an welchen er gebraucht wird, in den wärmeabgebenden Körpern ferner fallen, bis zuunterst Wasser und Luft gemeinschaftlich abfließen.

Diese Anordnung des Steigens vom Kessel *A* bis zur größten Höhe *B* und des nunmehrigen ununterbrochenen Fallens des Dampfes bis zum tiefsten Punkte gab *Snodgrafs* schon Anfang des XIX. Jahrhunderts an<sup>208)</sup>.

Große Anlagen gewähren nicht immer die nötige Fallhöhe, um das stetige

317.  
Entlüften  
bei Dampf-  
heizungen.

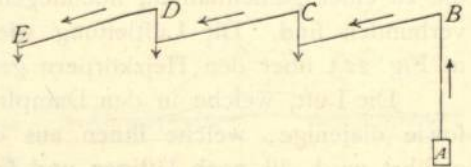
318.  
Längensprofil  
der  
Dampf-  
leitungen.

208) Siehe: NICHOLSON. *Journal of natur. philos.*, Mai 1807.

Fallen der Leitungen durchzuführen zu können; auch bringen sie solche Wassermengen hervor, daß der Umfang der Rohre längs eines zu großen Bogens mit Wasser bedeckt wird, so daß man sich oft entschließen muß, das Wasser und möglichst auch die Luft an mehreren Orten abfließen zu lassen. Die grundsätzliche Anordnung (vergl. Fig. 237) wird hierdurch nicht geändert.

Bei Inbetriebsetzung der Heizung verdichten die kalten Rohre wesentlich größere Dampfmengen als später, nachdem ihre Wandungen durchwärmt sind; es wird ein nicht unbedeutender Teil der unteren Rohrfläche mit Wasser bedeckt. Das Wasser hat zur Zeit seiner Bildung dieselbe Temperatur wie der Dampf. Während seines Weiterfließens kommt es fortwährend mit neuen kalten Flächen in Berührung, die ihm Wärme entziehen, während ihm keine Wärme zugeführt wird; es wird

Fig. 237.



daher stark abgekühlt. Ich habe häufig beobachtet, daß beim Inbetriebsetzen das zunächst abfließende Wasser weniger als 20 Grad warm war. Die nicht vom Wasser bedeckte Fläche ist dagegen mit dem Dampf in Berührung, weshalb ihre Temperatur, wenn auch nur für kurze Zeit, wesentlich höher ist als diejenige der vom Wasser berührten Fläche. Die großen Temperaturunterschiede veranlassen Molekularverschiebungen, die von lebhaftem Geräusch begleitet sind. Je rascher das Erwärmen und je träger der Wasserablauf stattfindet, umso heftiger ist das nervenförmige Geräusch, umso größer das Zittern der Rohre. Dies ist ein Grund mehr, die Leitung nach dem Schema in Fig. 237 zu zerlegen, d. h. zahlreichere Stellen für den Wasserablauf zu schaffen.

Man schaltet hier häufig Wasserabscheider ein, um den Dampf möglichst vollständig vom Wasser zu befreien.

319.  
Abführung  
des  
Niederschlag-  
wassers.

An den zu Abflusstellen bestimmten Orten kann man Hähne anbringen, welche nach Bedarf geöffnet werden und das Wasser in eine besondere Rohrleitung oder auch in das Freie ablaufen lassen. Die Mengen des verdichteten Wassers wechseln jedoch; man muß deshalb entweder die Hähne so weit öffnen, daß sie unter allen Umständen den erforderlichen freien Querschnitt haben; alsdann wird zeitweise der Hahnquerschnitt nicht vom Wasser gefüllt, so daß neben dem Wasser auch Dampf ausströmt, oder man muß, um den Dampfverlust zu verhüten, sich bequemen, die Hahnstellung häufiger zu regeln. Zu diesem Ende läßt man das Wasser und die Luft sich in einem unter dem Rohre befindlichen Gefäß sammeln und öffnet oder schließt den Hahn innerhalb größerer Zeitabschnitte.

320.  
Selbstleerer.

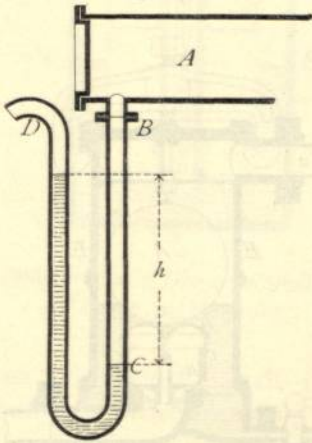
Die Wasser- und Luftabführung einer umfangreicheren Dampfheizungsanlage läßt sich jedoch auf diesem Wege nur unter Aufwand zeitraubender Arbeit verrichten, weshalb man schon in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts selbsttätige Kondensationswasser-Ableiter oder Automaten oder, wie ich die Vorrichtungen kurz nennen will, Selbstleerer kannte.

Auch die Selbstleerer bedürfen eines Sammelgefäßes. Befindet sich in diesem Gefäß weder Wasser noch Luft, so ist es mit Dampf gefüllt, also mit einer Flüssigkeit geringen Einheitsgewichtes und der dem übrigen Dampfe gleichen Temperatur. Enthält das Gefäß Wasser, so ist gegenüber dem erstgenannten Zustande eine schwerere Flüssigkeit vorhanden, welche Aenderung zum Freilegen einer geeigneten

Abflufsöffnung benutzt werden kann, die geschlossen wird, sobald die schwerere Flüssigkeit, das Wasser, nicht mehr vorhanden ist.

Ein Füllen des Gefäßes mit Wasser oder Luft hat die Folge, daß das Gefäß sich allmählich abkühlt, während der Dampf die feiner Spannung entsprechende Temperatur beibehält. Wenn daher Wasser oder Luft in dem mehrgenannten Gefäße sich befindet, so tritt darin eine niedrigere Temperatur ein, als wenn sein Inhalt Dampf ist.

Fig. 238.



Selbstleerer.

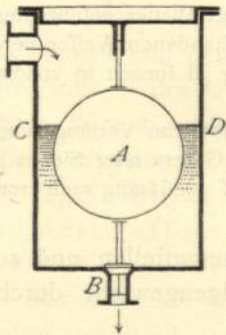
Sonach sind zwei Erscheinungen vorhanden, welche zum selbsttätigen Entleeren des Sammelgefäßes benutzt werden können: die größere Dichte und die niedrigere Temperatur des Auszuleerenden<sup>209)</sup>.

1) Selbstleerer, welche das andere Einheitsgewicht der Gefäßfüllung benutzen. Die älteste hierher gehörige Einrichtung dürfte die durch Fig. 238 verfinlichte sein.

A bezeichnet das Dampfrohr, BCD ein zweifchenkeliges Rohr, welches gleichzeitig Sammelgefäß und Selbstleerer ist; bei D vermag das Wasser frei abzufließen. Vermöge des in A herrschenden Dampfüberdruckes liegt der Wasserpiegel C tiefer als der Wasserpiegel D, und zwar um die Höhe  $h$ . Drückt man den Dampfüberdruck für 1 qm (in Kilogr.) aus, so ist die betreffende Zahl, wie in Art. 225 (S. 183) bereits angegeben wurde, gleich der Höhe  $h$  (in Millim.). Infolge des unvermeidlichen Wechsels des Dampfdruckes schwingt die Wasserfäule, und der Ausflus des

Wassers findet ruckweise statt. Ist die Höhe des Rohres BCD nicht nennenswert größer als  $h$ , so kann infolge einer solchen Schwingung der Wasserpiegel C durch den unteren Bogen hinweg in den links befindlichen Schenkel gedrückt werden, worauf der Rest des Wassers ausgeworfen wird und eine Neubildung des Verschlusses erst nach Absperren des Dampfes erreicht werden kann. Man findet deshalb in der Regel nur für geringeren Dampfdruck die nötige Höhe zum Unterbringen des zweifchenkeligen Rohres.

Fig. 239.



Selbstleerer mit Schwimmkugel.

In allgemeinerem Gebrauch sind daher die Selbstleerer mit Schwimmkugeln, deren grundsätzliche Anordnung durch Fig. 239 wiedergegeben ist.

Am Boden des Sammelgefäßes befindet sich ein Ventil B, dessen Kegel an der leichten Hohlkugel A hängt. A schwimmt im Wasser; sobald der Wasserpiegel CD genügend hoch gestiegen ist, so wird der Ventilkegel gehoben, also dem Wasser eine Abflufsöffnung freigelegt. Fließt hier mehr Wasser ab, als dem Sammelgefäße zugeführt wird, so sinkt der Wasserpiegel, mit diesem die Kugel A, so daß das Ventil entsprechend geschlossen wird. Der Selbstleerer entläßt also das Wasser, ohne dem Dampf den Zutritt zur Ventilöffnung zu gestatten. Leider wird dieser Selbstleerer durch den Dampfdruck nicht wenig beeinflusst, da die Oberfläche des Ventilkegels von diesem niedergedrückt wird. Eine Schwimmkugel, deren Durchmesser 20 cm ist, wiege mit Führungsstange und Ventil-

kegel etwa 2 kg; das Wassergewicht, welches ihren Raum einnehmen würde, ist etwa 4 kg; folglich ist der nutzbare Auftrieb 2 kg. Würde der Dampfüberdruck 10 000 kg für 1 qm sein, so würde der äußere Durchmesser des Ventilkegels etwa 16 mm betragen dürfen, so daß sein innerer Durchmesser oder derjenige des größten Ausflusquerschnittes nur etwa 12 mm fein würde. Ein Dampfüberdruck von 50 000 kg für 1 qm vermindert den zulässigen äußeren Durchmesser des Ventilkegels sogar auf 7 mm, also denjenigen des Abflusrohres auf etwa 5 mm.

<sup>209)</sup> FISCHER, H. Ueber Kondensationswasserableiter. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 20.

Größere Wassermengen vermag dieser Selbstleerer sonach nur dann zu bewältigen, wenn feine Schwimmkugel sehr groß ist. Man hat, um diesen Uebelstand zu heben, die Schwimmkugel an das längere Ende eines Hebels gehängt, dessen kürzeres Ende den Ventilkegel trägt, da der Weg des letzteren ein kleiner ist, während derjenige der Kugel ohne Schwierigkeit ziemlich groß gemacht werden kann; man hat statt des einfachen Kegelventils ein sog. Doppelfitzventil angewendet oder die Schwimmkugel an das Ende eines Hahn-schlüssels gesteckt u. s. w.

Eine hübsche Lösung der vorliegenden Aufgabe rührt von *Dehne* in Halle a. S. her; sie ist aus Fig. 240 zu ersehen.

In das Sammelgefäß *E* gelangt das Wasser durch das Rohr *a* und das Sieb *z*, welches mitgeführte Unreinigkeiten, die den Ventilen schädlich sein könnten, zurückhalten soll; *b* soll das Wasser abfließen lassen. Auf den Ventilsitz *F* legt sich nun der eigentümlich gestaltete Ventilkegel *B*, der in der festen Hülse *C* auf- und niederzuschoben ist. In der Mitte des Ventilkegels befindet sich ein mit *B* aus einem Stück angefertigtes Rohr, dessen obere Mündung zu einem Sitze des kleinen Ventils *f* gestaltet ist. Die Hülse oder das Gehäuse *C* ist oben durch einen Deckel *D* verschlossen. Das Ventilchen *f* ist mit der Schwimmkugel *A* verbunden; sobald diese sich hebt, was leicht erfolgt, da der Querschnitt des Ventils *f* sehr klein ist, strömt das Wasser, welches sich im Hohlraum über *B* befindet, nach unten aus, wodurch der Druck innerhalb dieses Raumes niedriger wird als derjenige im Gefäße *E*. Das Wasser des Gefäßes *E* drückt von unten so gegen den überstehenden Rand des Ventilkegels *B*, daß dieser gehoben wird und eine größere Ausflußöffnung freilegt. Sollte diese zu groß sein, so sinkt der Wasserpiegel im Gefäße *E*; die niederfinkende Kugel *A* schließt das Ventilchen *f*; da aber sowohl an der sich im Deckel *D* führenden Stange des Ventils *f* als auch an den Führungen des Ventils *B* in *C* geringe Spielräume vorhanden sind, so wird unter Vermittelung dieser der Hohlraum über *B* mehr und mehr mit Wasser gefüllt, der Druckunterschied zwischen dem genannten Hohlraum und dem in *E* vorhandenen Wasser verringert, somit der Ventilkegel *B* seinem Sitze genähert. Die Selbstregelung ist sonach in vollem Maße vorhanden.

Behufs sicherer Führung der Kugel *A* steckt die über letzterem befindliche Verlängerung der Ventilstange *f* in einer Hülse, welche gleichzeitig zum Festhalten des Gitters oder Siebes *z* dient. Der Stutzen *c* nebst Hahn hat den Zweck, das Gefäß *E* nach Bedarf vollständig entleeren zu können.

Wegen der Schwierigkeit, die Schwimmkugel wasserdicht herzustellen und zu erhalten, hat man volle Schwimmkörper verwendet, deren Eigengewicht durch Gegengewichte ausgeglichen ist.

Größere Verbreitung haben diejenigen Selbstleerer gefunden, welche nur dann in Tätigkeit treten, wenn eine größere Wassermenge sich angeammelt hat, diese Wassermenge aber fast ganz auf einmal auswerfen, so daß eine Pause zum abermaligen Anammeln von Wasser eintritt.

Von den vielen im Gebrauche befindlichen mag hier nur die Einrichtung von *Dreyer, Rosenkranz & Droop* in Hannover beschrieben werden. Fig. 241 ist ein lotrechter Durchschnitt dieses Selbstleerers. Das Wasser gelangt unter Vermittelung des mit dem Deckel des Gerätes gemeinschaftlich gegoffenen Rohrstückes *A* in das Sammelgefäß *E*; ein Schirm *a* treibt das Wasser gegen die Wandung des Gefäßes *E*, um darin einen zu lebhaften Wellenschlag zu verhüten. Am genannten Deckel ist ein Rohr *C* befestigt, das zunächst zur Führung des Gefäßes *B* dient. In der Achse dieses

Fig. 240.

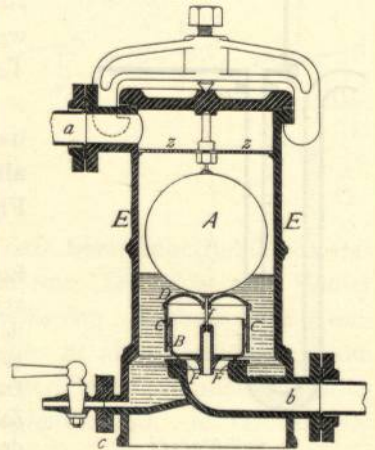
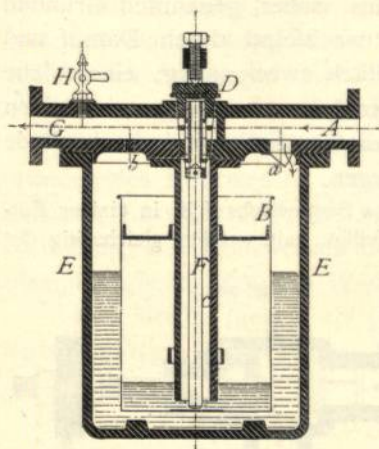
Selbstleerer von *Dehne* in Halle a. S.



Fig. 241.



Selbstfleerer von *Dreyer, Rosenkranz & Droop* in Hannover.

Rohres ist im Deckel ein leicht herausnehmbares Doppelsitzventil *D* angebracht, dessen Stange *F* sich auf den Boden des Gefäßes *B* stützt. Vom Ventil *D* ab soll das Rohr *G* das Wasser nach aufsen geleiten. Sobald nun Wasser in das Gefäß *E* gelangt, wird das Gefäß *B* durch den entstehenden Auftrieb gehoben und schließt, unter Vermittelung der Stange *F*, das Ventil *D*. Der Wasserpiegel in *E* steigt wegen des anhaltenden Zuflusses mehr und mehr, bis das Wasser, über den Rand des Gefäßes *B* hinwegfließend, in letzteres gelangt. Nachdem das Gefäß bis zu einer gewissen Höhe gefüllt ist, sinkt es nieder; das Ventil *D* öffnet sich, und der über dem Wasser befindliche Dampfdruck treibt es durch das Rohr *C*, das Ventil *D*, das Rohr *G* nach aufsen. Nach annähernder Leerung des Gefäßes *B* ist der Auftrieb in der Lage, *B* zu heben und damit die Ausströmung zu unterbrechen.

Während die früher beschriebenen Selbstfleerer auf das Entfernen der Luft gar keine Rücksicht nahmen, ist dem beim vorliegenden durch Anbringen eines Röhrchens *b* Rechnung getragen. Durch seine Höhlung strömt allerdings ebenfalls Dampf als Luft; da jedoch, nach früheren Erörterungen, der Luftgehalt des Dampfes im Entleerer verhältnismäßig am größten und der Querschnitt des Röhrchens *b* ein geringer ist, so dürfte der Dampfverlust gegenüber den Vorteilen einer dauernden Luftabführung nicht schwer in das Gewicht fallen. Zum Entfernen der beim Inbetriebsetzen heranströmenden größeren Luftmenge dient teilweise der Lufthahn *H*, hauptsächlich aber ein besonderer, seitwärts von *A*, bzw. *G* angebrachter Lufthahn.

Zur Berechnung eines solchen Selbstfleerers mögen noch folgende Anhaltspunkte gegeben werden.

Der Ueberdruck des Dampfes wirkt auf das Doppelsitzventil *D*; sein Eigengewicht, sowie das Gewicht der Stange *F* müssen zusammengenommen größer sein als der Dampfüberdruck, der die Ringfläche zwischen dem kleinsten Durchmesser des kleinen und dem größten Durchmesser des größeren Ventils trifft. Der nutzbare Auftrieb des Gefäßes *B* muß das Gewicht des Ventilkegels und seiner Stange *F* tragen können, also die durch *B* verdrängte Wassermenge schwerer sein als jene Gewichte, vermehrt um das Gewicht des Gefäßes *B*.

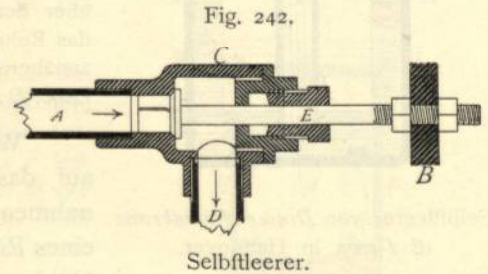
2) Selbstfleerer, welche den Temperaturunterschied des Dampfes und des Wassers oder der Luft, die angefangelt sind, für ihre Wirksamkeit benutzen. Infolge des genannten Temperaturunterschiedes dehnt sich das Sammelgefäß oder ein darin befindlicher Körper, sobald das Sammelgefäß mit Dampf gefüllt ist, mehr aus, als wenn der Inhalt des Sammelgefäßes aus Wasser oder Luft besteht.

Am häufigsten kommen diejenigen Einrichtungen vor, bei welchen die Dehnungen des Sammelgefäßes, welches alsdann rohrförmig gestaltet ist, benutzt werden.

Die Ausdehnungen der hier in Frage kommenden Metalle sind für 100 Grad Temperaturunterschied durchschnittlich: für Gußeisen 0,00111, für Stabeisen 0,001235, für Kupfer 0,001718, für Messing 0,001868 der Länge. Will man daher eine nennenswerte Bewegung des Ventils oder dergl. erreichen, so muß entweder die Länge des betreffenden Rohres groß oder die Temperatur des angefangelten Wassers, bzw. der Luft gegenüber derjenigen des Dampfes gering sein. Zur genügend

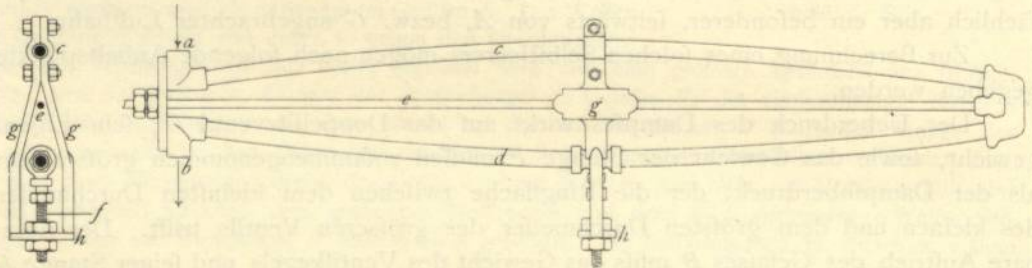
rafchen Abkühlung des Waffers, bezw. der Luft ift eine entfpredhend grofse, von der Aufsenluft befüllte Fläche notwendig, welche aus früher genannten Gründen eine folche Lage und Gefalt haben mufs, dafs fie wechfelnd durch Dampf und Waffer, bezw. Luft berührt werden darf. Es ift vielfach zweckmäfsig, eine folche Fläche als Heizfläche unter der eigentlichen Dampfheizfläche anzubringen, um einen Teil der Wafferwärme noch nutzbar zu machen; in diefem Falle find die in Rede ftehenden Selbftleerer den vorher befprochenen überlegen.

Eine einfache Anordnung zeigt Fig. 242 im Schnitt. Das Sammelrohr *A* ift in einiger Entfernung links an einer Wand oder einem kräftigen Brett befestigt, mit welcher gleichzeitig der Frofch *B* feft verbunden ift. Das rechtsfeitige Ende des Rohres *A* trägt das Ventilgehäufes *C* mit dem Abflußrohr *D*; im genannten Frofch *B* findet die Ventilftange *E*, welche durch die Stopfbüchfe des Ventilhaufes *C* hindurchgeht, ihre Stütze. Ift genügend abgekühltes Waffer oder Luft im Rohre *A* vorhanden, fo hat diefes eine geringere Länge, fo dafs das Ventil feinen Sitz nicht berührt, alfo der Inhalt von *A* abzufließen vermag. Diefem folgt der Dampf, deffen Temperatur fehr bald das Rohr *A* ausdehnt und damit das Ventil fchließt.



Vermag man eine folche Länge, welche das Rohr *A* beansprucht, nicht unterzubringen, fo empfiehlt fich der *Kufenberg'sche* Selbftleerer (Fig. 243). Diefer befteht aus zwei gebogenen Rohren *c* und *d*, die rechts miteinander verbunden find, fo dafs Dampf, Waffer und Luft fie frei von *a* nach *b* zu durchfließen vermag, wenn nicht ein in *d* eingefchaltes Ventil diefes hindert.

Fig. 243.

Selbftleerer von *Kufenberg*.

Bei fleigender Temperatur ihres Inhaltes dehnen fich die Rohre *c* und *d* aus; da jedoch die Spannftange *e* der einfachen Längenausdehnung eine Schranke fetzt, fo kann diefe nur zu ftande kommen, indem die Rohre *c* und *d* fich ftärker nach außen verkrümmen. Am Rohr *c* find nun Stängelchen *g* (befonders in der Querschnittsfigur zu erkennen) befestigt, deren Querftück *h* die Ventilftange *f* trägt. Biegt fich fonach, in Bezug auf die Abbildung, *c* nach oben und *d* nach unten, fo nähert fich der an *f* befestigte Ventilkegel dem Ventilsitz, bezw. fchließt das Ventil; verringert fich jedoch infolge der Abkühlung die Krümmung der Rohre *c* und *d*, fo wird das Ventil geöffnet.

Wegen des Erforderniffes einer gröseren Kühlfläche für die Tätigkeit der letztgenannten Selbftleerer find fie vorwiegend für Heizkörper geeignet, während die unter 1 befprochenen Einrichtungen für die Entwässerung der Dampfleitungen fich better eignen.

Ein Heer verschiedener Anordnungen von Selbftleerern ift bekannt; die untenverzeichneten Quellen<sup>210)</sup> bieten bereits eine reiche Auswahl.

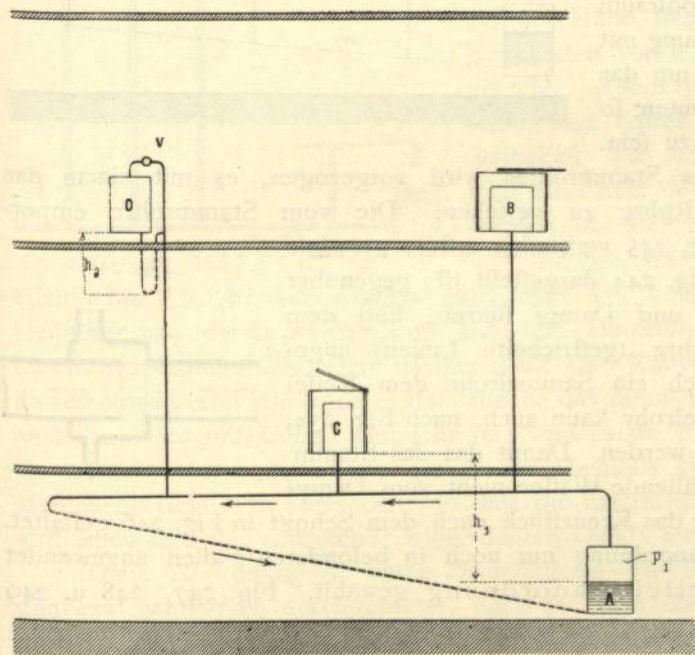
<sup>210)</sup> Polyt. Journ., Bd. 192, S. 7; Bd. 216, S. 13; Bd. 217, S. 9; Bd. 225, S. 20; Bd. 235, S. 19; Bd. 236, S. 14; Bd. 238, S. 497; Bd. 239, S. 259, 454; Bd. 240, S. 176; Bd. 245, S. 147, 199; Bd. 246, S. 392; Bd. 247, S. 197, 480; Bd. 256, S. 49, 97.

Die Selbstleerer sind unangenehme Einrichtungen der Dampfheizungen, indem sie — mit Ausnahme des durch Fig. 238 (S. 279) dargestellten, nur für niedrig gespannten Dampf brauchbaren — mit selbsttätigen Ventilen versehen sind, welche nicht selten Störungen unterliegen. Für Hochdruck-Dampfheizungen und zugehörige Dampfleitungen sind jedoch die Selbstleerer unentbehrlich.

Anders ist es bei Niederdruck-Dampfheizungen, welche, bei geeigneter Anordnung des Rohrwerkes, ohne selbsttätige Ventile sind. Wegen der Wichtigkeit ungeförter Entwässerung für Dampfheizungen gehe ich an dieser Stelle näher auf die Anordnung des Rohrwerkes für Niederdruck-Dampfheizung (höchster Ueberdruck des Dampfes gleich 4000 mm Wasserfäule) ein.

Die älteste (gegen 1865 von *Bechem & Post* eingeführt) ist die Einleiteranordnung (Fig. 244). Vom Dampfkessel *A* steigt das Stammdampfrohr

Fig. 244.



rasch empor und fällt dann, die Ortslage der einzelnen Heizkörper verfolgend, mit stetem Gefälle nach dem Kessel *A* zurück. Das im Stammrohr sich bildende Niederschlagwasser fließt mit dem Dampf und gelangt ohne weitere Beihilfe schliesslich auf dem angegebenen Wege in den Kessel zurück. Vom Stammrohr ist für jeden Ofen *B* und *C* ein Rohr emporgeführt, das den Dampf nach oben und gleichzeitig das Wasser nach unten leitet. Das Stammrohr leitet also auch das Wasser der Oefen *B* und *C* nach dem Kessel zurück. Bedingung für die regelrechte Entwässerung ist, dass

der Abstand  $h_1$  vom Wasserspiegel des Kessels bis zum Ofen gröfser ist als die Summe der Widerstände  $\mathfrak{B}$ , in Millim. Wasserfäule ausgedrückt, also:

$$h_1 > \Sigma \mathfrak{B} \dots \dots \dots 159.$$

Es ist selbstverständlich, dass die Rohre, die gleichzeitig Dampf und Wasser leiten, etwas weiter gemacht werden müssen als diejenigen, welche nur eines von beiden führen.

Diese reine Einleiterführung bedingt ferner, da die Heizfläche der Oefen und die Dampftemperatur nicht geändert werden können, eine Regelung der Luftbepflung der Oefen, um die Wärmeabgabe zu regeln. Davon wird später ausführlicher die Rede sein. Will man, wie beim Ofen *D* in Fig. 244 angedeutet, die Wärmeabgabe durch teilweises oder gänzlichliches Abstopfen des Dampfzuflusses regeln, so muss man in der Nähe des Ofens das Rohr in zwei Teile zerlegen; der eine

321.  
Rohrwerk  
für  
Niederdruck-  
Dampf-  
heizungen.

Teil führt Dampf nach oben; der andere leitet das Wasser vom Boden des Ofens ab. Würde der letztere Teil in einem kurzen, geraden Anschlußrohre bestehen, so würde, sobald man das Ventil *v* schließt, der Dampf unter gurgelndem Geräusch von unten in den Ofen treten. Man könnte versuchen, folches durch Einschalten einer Rohr Schleife zu verhindern, wie die Abbildung andeutet. Wenn man aber das Ventil schließt, so entsteht im Ofen eine Luftleere, und es müßte die Höhe der Schleife, um das Eindringen von Wasser und Dampf zu verhüten, eine Höhe  $h_2$  haben, die ausgedrückt wird durch:

$$h_2 > p_1 + 10000 \text{ Millim.},$$

wenn  $p_1$  den Kesseldruck (in Millim. Wasserfäule) bezeichnet. Eine solche Höhe dürfte kaum zu erreichen sein. Verbindet man aber den Hohlraum des Ofens *D* durch eine Oeffnung mit dem Freien, welche genügt, um das Bilden einer Luftleere zu verhüten, so braucht  $h_2$  nur größer als  $p_1$  zu sein.

Bei großer Länge des Stammrohres wird vorgezogen, es mit einem das Wasser führenden zweiten Rohre zu versehen. Die vom Stammrohre emporsiegehenden Zweigrohre in Fig. 245 verbinden erstere gerade mit den Oefen, wie durch Fig. 244 dargestellt ist; gegenüber diesen Rohren, die Wasser und Dampf führen, sind dem Stammrohre Entwässerungsröhre (gestrichelte Linien) angegeschlossen, deren Wasser durch ein Sammelrohr dem Kessel zugeführt wird. Dieses Sammelrohr kann auch, nach Fig. 234, neben das Stammrohr gelegt werden. Damit das das Stammrohr kreuzende, nach unten fallende Wasser nicht vom Dampf mitgerissen wird, hat *Kaeflerle* das Kreuzstück nach dem Schnitt in Fig. 246 gefaltet.

Jetzt wird die Einleiteranordnung nur noch in besonderen Fällen angewendet und fast allgemein die Zweileiteranordnung gewählt. Fig. 247, 248 u. 249

Fig. 247.

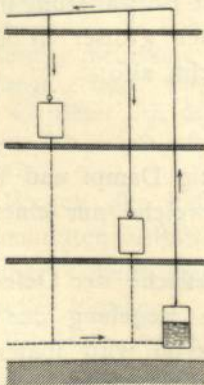


Fig. 248.

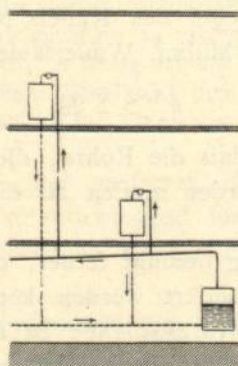
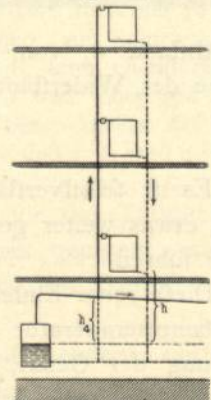


Fig. 249.



stellen die Hauptformen dieser Anordnungen dar. Die Dampfrohre sind ausgezogen, die Entwässerungsröhre gestrichelt gezeichnet. Die Regelung der Wärmeabgabe ge-

Fig. 245.

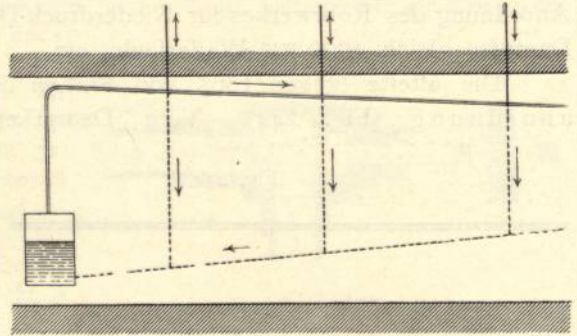


Fig. 246.

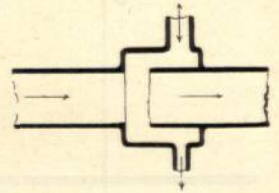
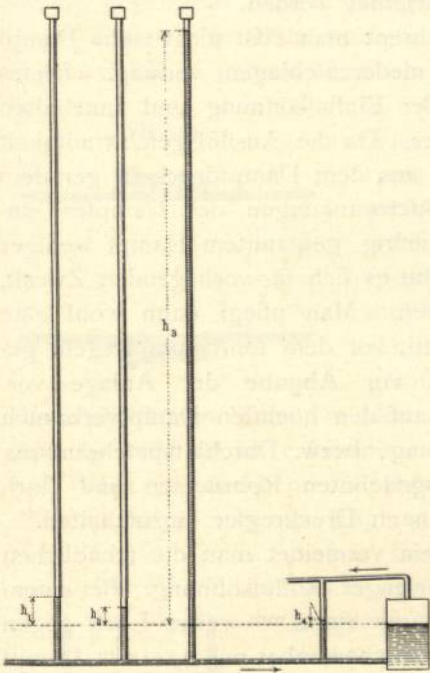


Fig. 250.



schiebt durch Droffeln des Dampfes. Alsdann ist die Höhe  $h$  des untersten Ofens über dem Wasserspiegel des Kessels zu nehmen: 1) wenn der Ofen stets in vollem Betriebe ist,  $h > \Sigma \mathfrak{B}$ ; 2) wenn der Druck im Ofen nicht unter den der Atmosphäre sinken kann, aber der Dampf zuweilen ganz abgesperrt wird:  $h > p_1$ ; 3) wenn beim Absperrn Luftleere entstehen kann:  $h > 10000 \text{ mm} + p_1$ .

Um diese Höhenunterschiede anschaulich zu machen, habe ich sie in Fig. 250 maßstäblich zusammengestellt. Man ersieht aus dieser Abbildung sofort die Unmöglichkeit, die Luftleere im Ofen zuzulassen. Früher hat man wohl die auf der Hand liegenden Schwierigkeiten durch Einschalten von Rückschlagventilen zu umgehen gesucht. Allein solche Ventile verfallen nicht selten und führen außerdem andere Unzuträglichkeiten mit sich. Man verhindert deshalb jetzt allgemein das Entstehen der Luftleere und rechnet aus diesem Grunde mit  $h > p_1$ .

Infolge einer Studie, welche ich 1879 veröffentlichte<sup>211)</sup>, brachte *Käuffer* ganz nahe am Ofen im Entwässerungsrohr eine Oeffnung an, durch welche Luft aus- und eintreten konnte. Die Einrede, daß durch das häufige Eintreten frischer Luft das Rosten im Inneren der Rohre gefördert werde, und die andere, daß die in das Zimmer austretende Luft übel rieche, auch zuweilen mit Dampf gemischt sei, veranlafte *Käuffer*, die Oeffnungen durch ein geschlosseneres Rohrwerk mit einem ebenfalls geschlossenen (einer Gasglocke ähnlichen) Gefäß zu verbinden, so daß die austretende Luft nur in dieses Gefäß abströmen und die eintretende bloß diesem Gefäß entnommen werden konnte.

Diese Anordnung ist unter Beibehaltung des ihr zu Grunde liegenden Gedankens mannigfach durchgebildet, auch so, daß die besondere Luftleitung fallen gelassen ist, indem man die entsprechend erweiterte Entwässerungsleitung gleichzeitig als Luftleitung benutzt und statt des Luftgefäßes ein in das Freie mündendes Rohr anbringt. Man spricht dann von gemeinsamer (zentraler) Ent- und Belüftung der Heizkörper. Man verbindet aber auch den einzelnen Ofen oder Gruppen von Oefen mit einem in das Freie mündenden Rohre.

Bei allen diesen Anordnungen ist darauf zu achten, daß höchstens sehr geringe Dampfmen gen in die Luftleitungen oder das, was deren Aufgabe zu erfüllen hat, gelangen können; es ist das Durchschlagen des Dampfes zu verhindern.

Dieses Durchschlagen muß auch aus anderen Gründen verhindert werden. Ge setzt, es werde das Dampfventil eines der Oefen in Fig. 249 ganz geschlossen, während das Ventil eines der anderen Oefen ganz geöffnet wäre, so könnte der Dampf durch diesen letzteren Ofen und die Entwässerungsleitung in den außer Betrieb gesetzten Ofen gelangen.

<sup>211)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.

Wegen der doppelten Bedeutung des Durchschlagens sollen den Mitteln, die es zu verhüten vermögen, noch einige Worte gewidmet werden.

Als erstes und allgemeinstes Mittel ist anzuführen: man läßt nicht mehr Dampf in den Ofen treten, als dieser mit Sicherheit niederzuschlagen vermag. Dieses Mittel bedingt genau bestimmte grösste Weite der Einflufsöffnung und Innehalten einer bestimmten oberen Grenze des Dampfdruckes. Da die Ausflufs-geschwindigkeit des Dampfes im wesentlichen zur Quadratwurzel aus dem Dampfdruck in geradem Verhältnis steht, so sind die infolge von Druckschwankungen des Dampfes eintretenden Aenderungen der Ausflufsmenge bei niedrig gespanntem Dampf weniger fühlbar als bei Hochdruckdampf. Deshalb empfiehlt es sich für vorliegenden Zweck, die Anlage für niedrigen Dampfdruck einzurichten. Man pflegt dann wohl eine besondere Drosselvorrichtung, z. B. eine Art Ventil, vor dem sonst zum Regeln gebräuchlichen Ventil anzubringen und bei den vor Abgabe der Anlage vorzunehmenden Versuchen diese Drosselvorrichtung auf den höchsten Dampfverbrauch einzustellen. Besser noch ist es, solche Einstellung, bezw. Durchlaßbeschränkung am Regelungsventil anzubringen. Bei sehr ausgedehnten Rohrnetzen und stark wechselnder Benutzung der einzelnen Oefen sind noch Druckregler einzuschalten.

Gemeinsam mit diesem Mittel oder auch allein vermeidet man die schädlichen Folgen des Durchschlagens durch Anwendung sehr enger Abflufsöffnung. Bei einem Ueberdruck von 50 mm Wasserfäule fließen z. B. durch ein 2 mm weites Loch gegen  $6\frac{1}{2}$  kg Wasser, die etwa 3600 Wärmeeinheiten entsprechen, aber nur 0,0008 kg Dampf im Werte von  $\frac{1}{2}$  Wärmeeinheit. Solch kleine Oeffnungen werden durch zufällig vorkommende Unreinigkeiten leicht verstopft. An einem amerikanischen Eisenbahn-

wagen sah ich die Abflufsöffnung in einem Hahnküken angebracht<sup>212)</sup>, welches man, sobald eine Verstopfung eingetreten ist, um 180 Grad dreht, so daß das nun von der anderen Seite drückende Wasser die Verstopfung leicht beseitigt. *Kaeferle* schiebt, nach Fig. 251, einen leicht herausnehmbaren hohlen Körper *a* über die Abflufsöffnung *b*, dessen obere Wand durch feine Sägeschnitte

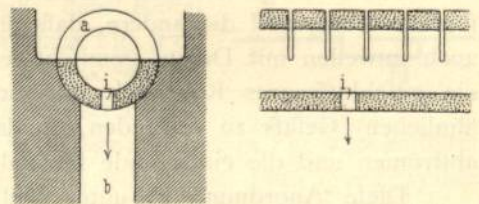


Fig. 251.

das Wasser in das Innere von *a* gelangen läßt, von wo es durch die kleine, genau bemessene Oeffnung *i* weiterfließt. Die feinen Schlitzte lassen Unreinigkeiten, welche *i* verstopfen könnten, nicht hindurch, wohl aber selbst dann noch das Wasser in genügender Menge, wenn sie selbst in größerem Umfange verstopft sein sollten.

### c) Konstruktion und Einrichtung des Rohrwerkes.

Die Rohre werden von 5 cm Weite ab um 1 cm, von 10 cm Weite ab um 2,5 cm steigend in Gufseifen ausgeführt. (Vergl. die Tabelle Teil I, Bd. 1, erste Hälfte dieses »Handbuches« Abt. I, Abschn. 1, Kap. 6, unter b.)

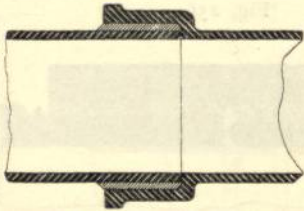
Schmiedeeiserne Rohre findet man im Handel meistens nach englischem Maß ausgeführt (vergl. die Tabelle in dem eben genannten Bande dieses »Handbuches«, Kap. 6, unter g), aber auch in anderen Mäßen und Abstufungen bis zu 30 cm Weite.

322.  
Stoffe.

<sup>212)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 1288.

Zu leichten Leitungen verwendet man auch Rohre aus starkem Weisblech, welche, um sie gegen das Rosten genügend widerstandsfähig zu machen, beiderseitig mit gutem Anstrich versehen werden. Kupferrohre werden ihres Preises wegen nur in einzelnen Fällen gebraucht; noch feltener Messingrohre.

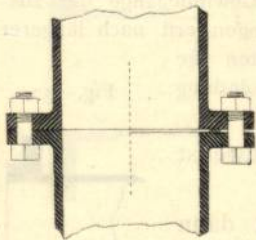
Fig. 252.



annehmlichkeiten lassen in den meisten Fällen die Anwendung der Muffenverbindung nicht rätlich erscheinen.

Weit gebräuchlicher ist daher die Verbindung der gusseisernen Rohre durch Flansche oder Scheiben (Fig. 253). Zwischen die gut aufeinander passenden, zu diesem Ende sauber gedrehten Scheiben wird Kitt gelegt, indem man eine der Flächen vor dem Auflegen der anderen möglichst gleichmäÙig mit Mennigekitt oder Diamantkitt bedeckt. Passen die Flächen nicht sehr gut aufeinander, so muß der Kitt noch eine Stütze haben, um bei Erwärmung der Rohre nicht teilweise aus der Fuge gedrückt zu werden. Diese Stütze besteht entweder aus in mehreren Ringen oder einer Spirale aufgelegtem Bindfaden, oder in beiderseitig mit Kitt gut bestrichenen, feinen Drahtgeweben, »Sieb«. Für geringere Dauer bestimmte Dichtungen werden auch mit Hilfe einer Gummilage hergestellt. Die dauerhaftesten Dichtungen erhält man, indem man von der Verwendung des Kittes ganz absieht, statt dessen einen Ring von weichem Kupferdraht, der mit Silberlot gelötet ist, oder besser einen Kupferring mit dreikantigem oder zickzackförmigem Querschnitt verwendet (vergl. Fig. 253, rechte Hälfte). Das weiche Kupfer wird durch die Eisenfläche so umgestaltet, daß es sich innig an diese anschließt.

Fig. 253.



Auch Asbest ist, in Pappengestalt, ein ziemlich dauerhaftes Dichtungsmittel.

Schmiedeeiserne Rohre verbindet man bis zu 5 cm Weite fast immer mittels fog. Muffen, über dieses Maß hinaus auch mittels Flansche oder fog. Ueberwürfe. Die am wenigsten gute, aber brauchbare Verbindung schmiedeeiserner Rohre stellt

Fig. 254.

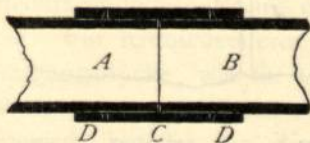


Fig. 254 dar. Auf beide in Frage kommende Enden *A* und *B* der Rohre ist rechtsgängiges Gewinde geschnitten, in welches das Muttergewinde der Muffe *C* faßt. Die eigentliche Dichtung erzielt man, indem man kegelförmig ausgedrehte Gegenmuttern *D* gegen die Muffe schraubt, nachdem ein mit Kitt bestrichener Hanfzopf eingelegt ist.

Sicherer sind auch hier die metallischen Dichtungen. Man macht die Gewinde an den Rohrenden *A* und *B* schwach kegelförmig und sehr genau, und ebenso die Muttergewinde, so daß durch kräftiges Ineinanderdrehen eine sehr dichte Verbindung

323.  
Verbindung  
der  
gusseisernen  
Rohre.

324.  
Verbindung  
der  
Schmiedeeisernen  
Rohre.

erzielt wird. Oder man verfährt, nach Fig. 255, eines der Rohrenden mit linksgängigem, das andere mit rechtsgängigem Gewinde, zu denen selbstverständlich die Gewinde der Muffe *C* passen. Die Stirnseiten der Rohrenden sind doppelt kegelförmig gefaltet, so daß auf ihnen fog. Schweinsrücken entstehen, welche, bei gehörigem Anziehen der Muffe, sich beide in einen Ring weichen Kupfers drücken.

Fig. 255.

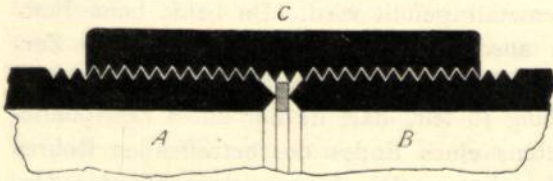
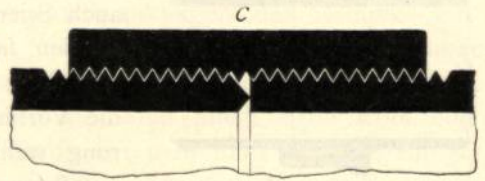


Fig. 256.



Nach Fig. 256 sind die Gewinde ebenfalls rechts- und linksgängig; aber nur eine Stirnseite der Rohre ist mit Schweinsrücken versehen, während die gegenüberliegende Stirnseite eben ist. Daher muß ein gegenseitiges Verdrücken des Schmiedeeisens stattfinden, welches unschwer gelingt, wenn die einzelnen Teile mit größter Genauigkeit ausgeführt sind.

Wegen des Widerstandes, welchen die gegeneinander gepressten Gewindegänge der austretenden Flüssigkeit entgegensetzen, ist bei Prüfungen der Rohrverbindungen erst nach längerer Zeit ihre Undichtheit zu erkennen. Man durchbohrt deshalb nicht selten die Muffe der Dichtungsstelle gerade gegenüber, so daß das Lecken einer Verbindung sich sofort bemerklich macht.

Die Flansche schmiedeeiserner Rohre verlötet oder verschweißst man mit den Rohrenden oder nietet sie dort fest.

Die Bundringe werden meistens aufgeschweißst. Man legt dann entweder einen fog. losen Flansch *A* (Fig. 257) hinter den Bundring oder bedient sich der Schelle *C* (Fig. 258), welche hinter den Bundring des Rohrendes *B* sich legt und mit ihrem Muttergewinde in das Gewinde des Rohrendes *A* faßt. Das Anziehen der Schelle erfordert eine ziemlich große Drehkraft, der die — mittels Zangen festgehaltenen — Rohre widerstehen müssen; ferner haben die in Fig. 257 u. 258 dargestellten Verbindungen den Fehler, daß die Flansche oder Schellen vor dem Anschweißen, bezw. Löten der Bundringe auf die Rohre gesteckt werden müssen. Beide oft recht unangenehme Uebelstände werden durch die von mir seit 1875 verwendete Verbindung gehoben, welche Fig. 259 im Querschnitt und in teilweisem Längenschnitt verfinnlicht. Hinter die Bundringe *A*, *B* sind die Bogenstücke *D*, *E* gelegt, auf welche die Schelle in geeigneter Weise einwirkt, wie aus dem Längenschnitt sofort erkannt werden kann. Da die Bogenstücke nachträglich eingelegt werden können und die kleinste Weite der Schelle größer ist als der größte Durchmesser der Bundringe, so vermag man diese fertig zu machen, bevor die Schellen auf die Rohre gesteckt werden. Das Drehen der Schelle den Bogenstücken *D* und *E* gegenüber findet statt, indem man eine zu

Fig. 257.

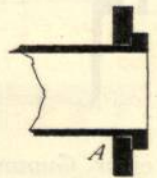
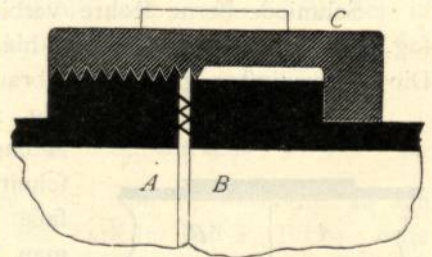


Fig. 258.

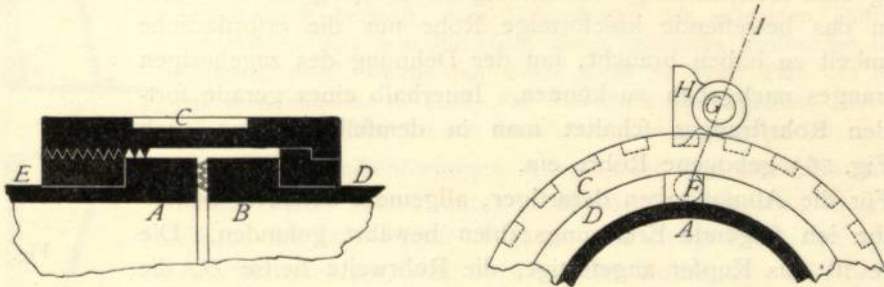


nachträglich eingelegt werden können und die kleinste Weite der Schelle größer ist als der größte Durchmesser der Bundringe, so vermag man diese fertig zu machen, bevor die Schellen auf die Rohre gesteckt werden. Das Drehen der Schelle den Bogenstücken *D* und *E* gegenüber findet statt, indem man eine zu



diefem Zwecke geeignet gestaltete Zange mit einander gegenüberliegenden Zapfen *F* in den Spielräumen, die zwischen den Enden der Bogenstücke liegen, stützt und die Klinke *H* nach der gewünschten Drehrichtung in Vertiefungen der Schelle *C*

Fig. 259.

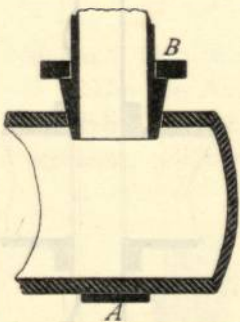


einfassen läßt. Durch Drehen der Zange *FGI* erfolgt alsdann das Drehen der Schelle, ohne nennenswerte Beanspruchung der Rohre.

Fig. 260.



Fig. 261.



Die Dichtung dieser Verbindungen erfolgt in derselben Weise wie bei gußeisernen Rohren.

Kupferne Rohre werden mit schmiedeeisernen oder messingenen Endstücken ähnlicher Gestalt, wie hier erörtert, verlötet und in der zugehörigen Art verbunden. Zuweilen lötet man auch einen Stulp von starkem Kupferblech auf jedes Rohrende und legt einen schmiedeeisernen oder gußeisernen Flansch hinter jeden Stulp (Fig. 260).

325.  
Verbindung  
der  
kupfernen  
Rohre.

Die Abzweigungen der gußeisernen Rohre werden durch Stutzen oder besonders eingelegte T-Stücke gebildet. Gebräuchliche Schenkellängen (von Mitte Rohr bis Flanschfläche) enthält die oben angezogene Tabelle. Kann eine Abzweigung nicht von vornherein vorgesehen werden, so bedient man sich der durch Fig. 261 wiedergegebenen Verbindungsweise. In die Wandung des Rohres ist ein kegelförmiges Loch gebohrt, in welches das kegelförmig zugespitzte, genau passende Ende des Zweigrohres geprefst wird. Zuweilen legt man auch hier einen weichen Kupferferring ein. Das Anpressen findet unter Zuhilfenahme eines Bügels *A* statt, welcher um das Rohr gelegt wird, und dessen zu Schrauben ausgebildete Schenkel durch das Querstück *B* gesteckt sind.

326.  
Abzweigungen,  
Ablenkungen,  
Krümmungen.

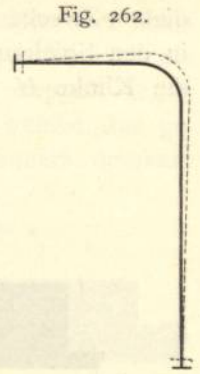
Ablenkungen und Krümmungen werden mit Hilfe im Handel vorkommender Bogenstücke (vergl. die mehrfach angezogene Tabelle) oder durch eigens für den Bedarf gestaltete Rohre erreicht.

Für schmiedeeiserne Rohre verwendet man ähnliche T-, L-, Bogen- und Verjüngungsstücke, wie für Gasleitungen (vergl. Art. 58, S. 54), oder — bei größeren Weiten — gußeiserne Anschlußstücke. Krümmungen werden, sofern der Krümmungshalbmesser den dreifachen Rohrdurchmesser nicht unterschreitet, auch durch Biegen der Rohre hergestellt.

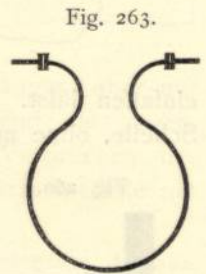
In Art. 320 (S. 281) wurden die Dehnungen der Metalle infolge der Temperaturveränderungen angegeben. Da die hier in Frage kommenden Rohrleitungen

327.  
Längen-  
ausgleicher.

ausnahmslos erheblichen Temperaturschwankungen unterworfen und oft sehr lang sind, so sind für die Längenveränderungen Ausgleicher oder Kompensatoren einzufachalten. Sehr einfach und wirksam ist die Längenausgleichung zu erreichen, wenn die Leitung eine rechtwinkelige Ablenkung erfährt (Fig. 262), indem alsdann das betreffende knieförmige Rohr nur die erforderliche Biegsamkeit zu haben braucht, um der Dehnung des zugehörigen Rohrstranges nachgeben zu können. Innerhalb eines gerade fortlaufenden Rohrstranges schaltet man in demselben Sinne auch nach Fig. 263 gebogene Rohre ein.



Für die Abmessungen derartiger, allgemein beliebter Schleifen habe ich folgende Erfahrungszahlen bewährt gefunden. Die Schleife ist aus Kupfer angefertigt, die Rohrweite heiße  $D$ , die Höhe der Schleife, von der Rohrleitungsmittle bis zur entferntesten Mitte des schleifenförmig gebogenen Rohres  $A$ , die Leitungslänge, deren Dehnung die Schleife aufnehmen soll,  $L$ ; alsdann ist anzunehmen:



für geschlossene Dampf- und Wasserheizungen  $A = \sqrt{DL}$ ,  
 für offene Wasserheizungen oder Niederdruck-Dampfheizungen . . . . .  $A = 0,8\sqrt{DL}$ .

In Berücksichtigung dessen, was im vorhergehenden über das Längenprofil der Rohrleitungen gesagt wurde, ist das Anbringen derart krummer, biegsamer Rohre nicht immer tunlich, weshalb man einen aus biegsamen Platten gebildeten Ausgleicher (Fig. 264) oft verwendet findet.

Fig. 264.

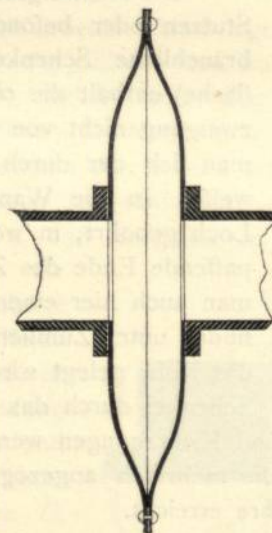
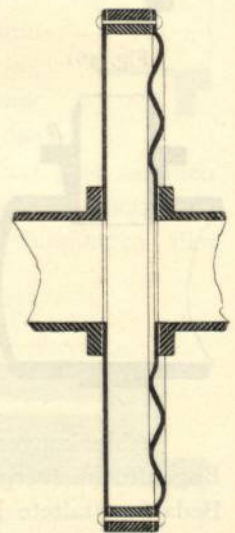


Fig. 265.

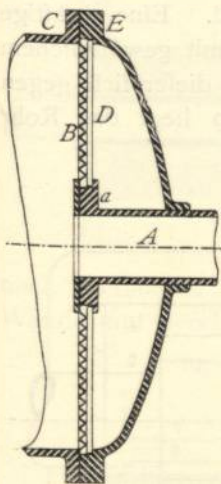


Längenausgleicher.

Es ist nun nicht ganz zu vermeiden, daß Schmutzteile irgendwelcher Art in die Rohre gelangen oder darin gebildet werden. Die Schmutzteile werden durch die Strömung der betreffenden Flüssigkeit fortgespült, bis sie geeignete Ablagerungsorte, wie die Erweiterung, welche Fig. 264 bildet, auffinden; sie sinken im keilförmigen Ausgleich nieder und werden dort allmählich dermaßen verdichtet, daß aus ihnen ein fester Körper wird. Dieser hindert die freie Beweglichkeit der biegsamen Platten und führt nicht selten zu deren Bruche. Daher ist die durch Fig. 265 wiedergegebene Anordnung zweckmäßiger, indem sie mehr Raum für die Ablagerungen gewährt. Behufs Erreichung einer größeren Biegsamkeit werden die Platten, wie in der rechten Hälfte von Fig. 265 angedeutet ist, auch mit wellenförmigem Querschnitt hergestellt.

Die angeführten scheibenartigen Längenausgleicher gewähren eine nur geringe Verschiebbarkeit, weil die Platten stark genug fein müssen, um dem Ueberdrucke der geleiteten Flüssigkeit dauernd widerstehen zu können. Der von der New Yorker

Fig. 266.

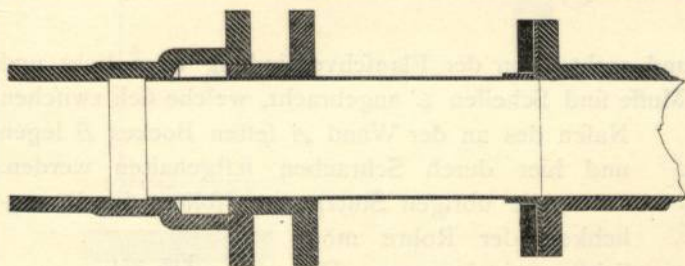


*Steam-Comp.* benutzte und durch Fig. 266 versinnlichte Längenausgleicher ist ihnen gegenüber wesentlich vorteilhafter<sup>213)</sup>.

A bezeichnet das Ende eines der beiden Rohre. Es ist mittels der dünnen, gewellten Kupferplatte B mit dem Ringe C dicht verbunden; an C schließt sich in gleicher Weise das Ende des anderen Rohres. B wird nun dadurch befähigt, dem Ueberdrucke der geleiteten Flüssigkeit zu widerstehen, das man die Platte durch zahlreiche keilförmige und steife Platten D stützt, welche mit einem Ende in einen Falz des Ringes E, mit dem anderen in einen Falz des Flansches a greifen. Die Steifheit der gewellten Platte braucht sonach nur eine geringe zu sein.

Die scheibenförmigen Ausgleicher sind ihres Raumbedarfes halber nicht immer unterzubringen, so das man in einzelnen Fällen die Stopfbüchse (Fig. 267) als Ausgleicher benutzen muß. Am betreffenden Orte ist eines der Rohrenden mit der eigentlichen Stopfbüchse, das andere mit einem möglichst glatten, behufs Erhaltung der Glätte meistens aus Kupfer oder Messing verfertigten Rohranfatz ausgestattet. Da die Packung der Stopfbüchse geschmiert werden muß, die Schmiere aber infolge der Wärme verharzt, auch die verschiedenartige Dehnung der Stopfbüchse zu Klemmungen Veranlassung gibt, so bieten die Stopfbüchsen bei mangelhafter Wartung oder fehlerhafter Einrichtung einen so großen Widerstand, das sie den Dehnungen des betreffenden Rohrstranges nicht nachgeben, vielmehr zu Rohrbrüchen oder ähnlichem

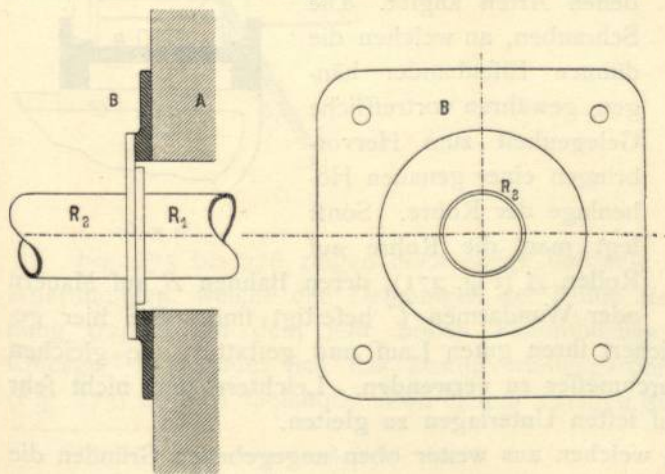
Fig. 267.



führen. Man wendet die Stopfbüchse deshalb ungern an.

Um die Ausgleicher für die ihrer Wirkfamkeit zugedachte Rohrstränge sicher benutzbar zu machen, befestigt man die Leitung an geeigneten Punkten. Wird dies verfaßt, weist man nicht jedem Ausgleicher ein ganz bestimmtes Gebiet an, so

Fig. 268.



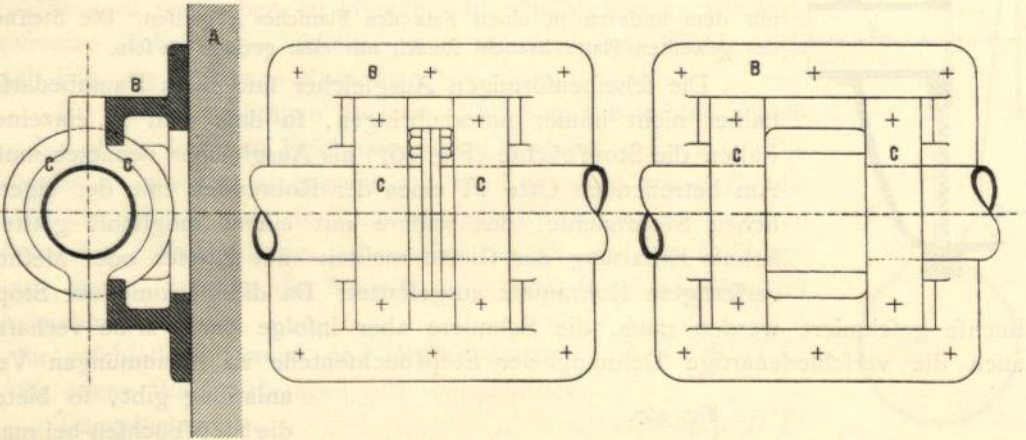
wirken die steiferen oder überhaupt mehr Widerstand leistenden Ausgleicher gar nicht, während die schwächeren, zu weitgehender Nachgiebigkeit gezwungen, vielleicht zerbrochen werden. Da die am Hauptrohr befestigten Zweigrohren mit ersterem sich verschieben müssen, so ist eine solch unbeabsichtigte Bewegung der ersteren auch den Zweigrohren gefährlich.

328.  
Stützen  
der  
Rohre.

<sup>213)</sup> Siehe: Centralbl. d. Bauverw.

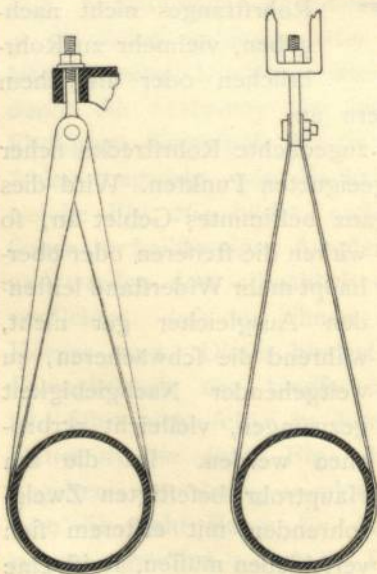
Fig. 268 zeigt eine solche Rohrbefestigung für den Fall, daß das Rohr quer durch eine genügend widerstandsfähige Wand *A* geführt wird. Eine kräftige Platte *B* ist mit *A* gut verankert. Das Ende des Rohres  $R_1$  ist mit gewöhnlichem Flansch versehen, das Ende von  $R_2$  mit so großem Flansch, daß dieser sich gegen *B* legt und mit dieser Platte verschraubt wird. Nach Fig. 269 liegt das Rohr

Fig. 269.



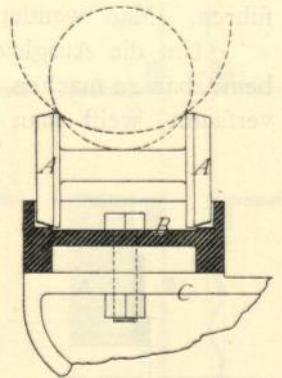
längs der Wand *A*. Links und rechts von der Flanschverbindung oder links und rechts von der verbindenden Muffe sind Schellen *C* angebracht, welche sich zwischen Nafsen des an der Wand *A* festen Bockes *B* legen und hier durch Schrauben festgehalten werden.

Fig. 270.



Alle übrigen Stützpunkte sollen die Beweglichkeit der Rohre möglichst wenig hemmen. Die zweckmäßigste Stützung der Rohre ist deshalb das Aufhängen an pendelartig beweglichen Bändern, wie Fig. 270 in zwei verschiedenen Arten angibt. Die Schrauben, an welchen die dünnen Eisenbänder hängen, gewähren vortreffliche Gelegenheit zum Hervorbringen einer genauen Höhenlage der Rohre. Sonst legt man die Rohre auf

Fig. 271.

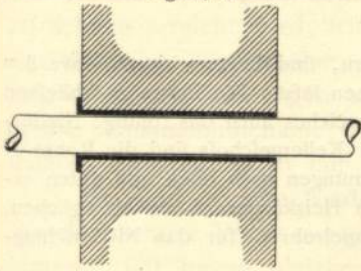


$\frac{1}{2}$  w. Gr.

Rollen *A* (Fig. 271), deren Bahnen *B* auf Mauern oder Wandarmen *C* befestigt sind. Die hier gezeichnete Gestalt der Rollen sichert ihren guten Lauf und gestattet, die gleichen Rollen für verschiedene Rohrdurchmesser zu verwenden. Leichtere und nicht sehr lange Rohrstränge vermögen auf festen Unterlagen zu gleiten.

An denjenigen Stellen, an welchen aus weiter oben angegebenen Gründen die

Fig. 272.



nach Umständen mit verzierten Reifen versehen werden, um Ausbröckelungen der Wände und dergl. zu verhüten.

Fig. 273.

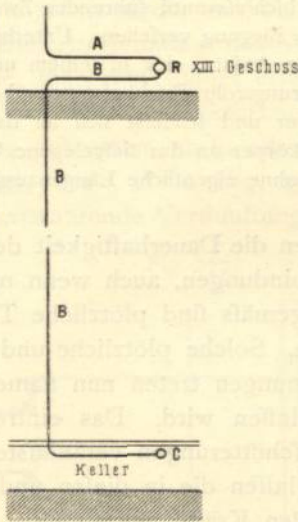


Fig. 274.

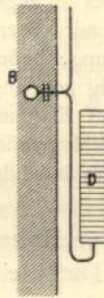


Fig. 275.

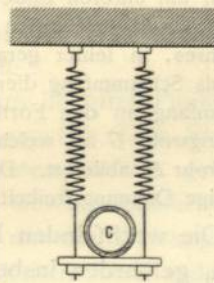


Fig. 276.

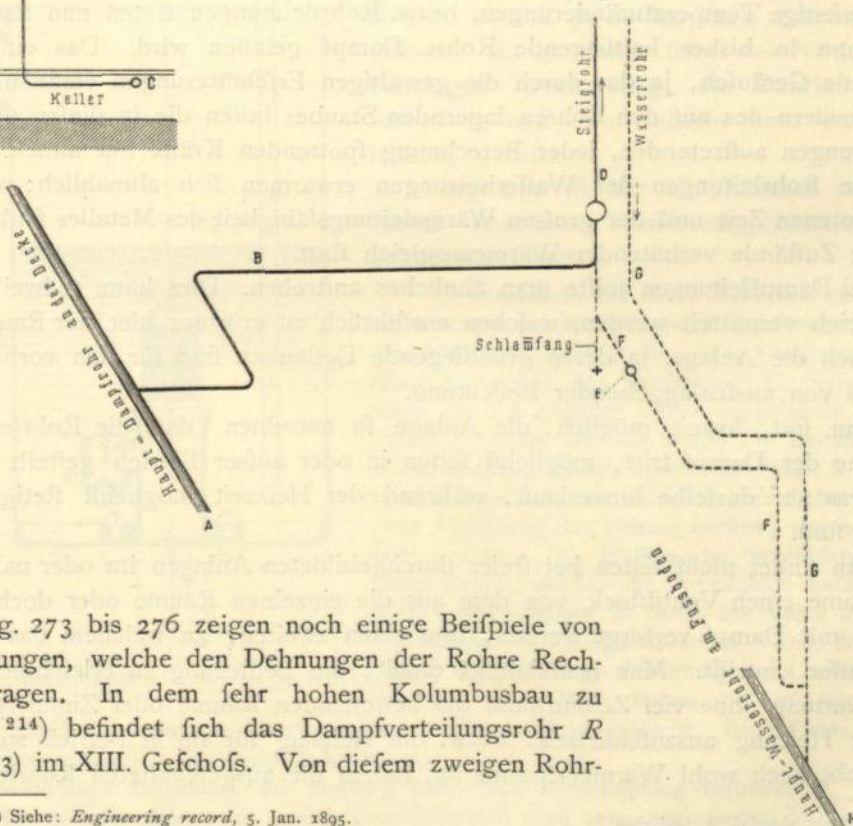


Fig. 273 bis 276 zeigen noch einige Beispiele von Anordnungen, welche den Dehnungen der Rohre Rechnung tragen. In dem sehr hohen Kolombusbau zu Chicago<sup>214)</sup> befindet sich das Dampfverteilungsrohr R (Fig. 273) im XIII. Gefchoß. Von diesem zweigen Rohr-

<sup>214)</sup> Siehe: *Engineering record*, 5. Jan. 1895.

fränge *A* und *B* ab, die den Dampf nach den einzelnen Gefchoffen führen, und zwar erstere nach oben, letztere nach unten.

Um den Dehnungen der lotrechten Strecken nachzugeben, sind letztere durch etwa 3 m lange wagrechte Strecken mit *R* verbunden, wie Fig. 273 erkennen läßt. Die Rohre *B* schliessen sich unten an ein an der Kellerdecke hängendes Wasserrohr *C*, welches auch das sonstige Niedererschlagwasser aufnimmt. Zwischen dem XIII. Gefchofs und dem Kellergeschofs sind die Rohre *B* einmal befestigt, so dafs von diesen Befestigungsstellen die Dehnungen nach oben und unten erfolgen. Um diese Verschiebungen gegenüber den feststehenden Heizkörpern *D* zu ermöglichen, sind die Anschlüsse nach Fig. 274 angeordnet. Auch das Sammelrohr *C* für das Niedererschlagwasser ist nach Fig. 275 elastisch gestützt.

Fig. 276 stellt einen Teil des im Kellergeschofs befindlichen Rohrwerkes des *Lord's Court Building* in New York dar<sup>215)</sup>.

*A* bezeichnet das nahe unter der Kellerdecke befindliche Hauptdampfverteilungsrohr, *B* ein zu dem am unteren Ende des Steigrohres *D* angebrachten Abschlußventil führendes Zweigrohr. Dieses Rohr ist zu Gunsten der Dehnung mit einer winkelligen Biegung versehen. Unterhalb des Steigrohres, in feiner geraden Verlängerung, befindet sich ein Ansatz, der in seinem untersten Ende als Schlammfang dient. Das winkelig gebogene Entwässerungsrohr *F* schließt sich über dem Schlammfang an den Fortsatz, enthält bei *E* einen Selbstleerer und schließt sich an das Entwässerungsrohr *G* an, welches das Niedererschlagwasser der Heizkörper an das tiefegelegene Wasserfammelrohr *H* abliefern. Demnach ist auch hier den Rohren ohne eigentliche Längenausgleicher die nötige Dehnungsfreiheit gewährt.

Die wechselnden Dehnungen der Rohre schädigen die Dauerhaftigkeit der Leitungen, gefährden insbesondere die Dichtheit der Verbindungen, auch wenn man in jeder Beziehung für ihre Freiheit geforgt hat. Naturgemäß sind plötzliche Temperaturänderungen schädlicher als allmählich verlaufende. Solche plötzliche und dabei noch einseitige Temperaturänderungen, bzw. Rohrdehnungen treten nun namentlich auf, wenn in bisher kaltliegende Rohre Dampf gelassen wird. Das eintretende knackende Geräusch, ja das durch die gewaltigen Erschütterungen veranlafste Hinwegschleudern des auf den Rohren lagernden Staubes lassen die in diesen und ihren Verbindungen auftretenden, jeder Berechnung spottenden Kräfte nur ahnen.

Die Rohrleitungen der Wasserheizungen erwärmen sich allmählich; vermöge der gebotenen Zeit und der großen Wärmeleitungsfähigkeit des Metalles findet daher ein jene Zustände verhütender Wärmeausgleich statt.

Bei Dampfleitungen sollte man ähnliches anstreben. Dies kann teilweise durch den Betrieb vermittelt werden, welchen ausführlich zu erörtern hier der Raum fehlt. Aber auch die Anlage, ja deren grundlegende Gedanken sind für den vorliegenden Umstand von ausschlaggebender Bedeutung.

Man soll, soweit möglich, die Anlage so anordnen, dafs die Rohrleitungen, in welche der Dampf tritt, möglichst selten in oder aufer Betrieb gestellt werden oder, was auf daselbe hinausläuft, während der Heizzeit möglichst stetig in Benutzung sind.

Man findet nicht selten bei freier durchgebildeten Anlagen im oder nahe beim Kesselraume einen Ventilstock, von dem aus die einzelnen Räume oder doch Raumgruppen mit Dampf versorgt werden, und einen zweiten, an welchem das Niedererschlagwasser eintritt. Man beabsichtigt damit, die Bedienung zu erleichtern. Der Heizer vermag ohne viel Zeitaufwand die betreffenden Räume oder Zimmergruppen von der Heizung auszuschliessen, bzw. die Heizung für sie in Betrieb zu setzen. Man strebt auch wohl Wärmeersparnis an, indem die ausgeschalteten Rohrleitungen

<sup>215)</sup> Siehe ebendaf., 6. Juni 1896.

am Wärmeverlust (scheinbar) nicht teilnehmen. Während der erstgenannte Zweck tatsächlich erreicht wird, tritt eine Minderung der Wärmeverluste selten ein. Jener Annehmlichkeit gegenüber schafft man sich aber den erheblichen Nachteil, die Zerstörung der Leitungen auf das lebhafteste zu fördern; das von manchem als große Unannehmlichkeit empfundene heftige Geräusch verschwindet gegen den wahren Nachteil; es ist nur ein äußerliches Zeichen dafür.

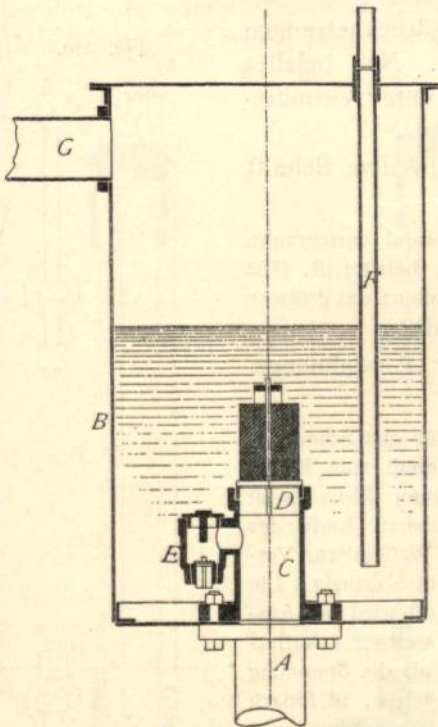
Mir sind manche Niederdruck-Dampfheizungen bekannt, deren Leitungen in oberflächlichster Weise ausgeführt sind; sie unterliegen aber während der ganzen Heizzeit fast genau gleichen Temperaturen und sind deshalb bisher (seit mehr als 20 Jahren) in tadellosem Betriebe.

Das stetige Heizen, welches auch aus anderen Gründen (siehe weiter unten) sich empfiehlt, ist demnach auch für die Schonung der Rohrleitungen, insbesondere bei Dampfheizungen, von hohem Werte.

Die Ausdehnung des Wassers ist wesentlich größer als die Ausdehnung der Metalle; man muß daher ersterer besonders Rechnung tragen.

Niederdruck-Wasserheizungen werden zu diesem Ende am höchsten Punkte der Leitung mit einem entsprechend großen, offenen Ausdehnungsgefäß *E* in Fig. 223 (S. 269), bzw. *B* in Fig. 232 (S. 274) versehen. Die offenen Gefäße gestatten eine fortwährende Verdunstung des warmen Wassers, was bei Gewächshausheizungen angenehm ist, aber bei anderen Heizungen oft zu großen Unzuträglichkeiten führt, indem das verdunstete Wasser sich an kälteren Flächen niederschlägt und an den Mündungen der Rohre, welche es in das Freie führen sollen, gefriert. Es ist daher selbst bei Niederdruckheizungen zweckmäßig, die Rohrleitung zu schließen, und zwar mittels eines wenig belasteten Ventils.

Fig. 277.



Ausdehnungsgefäß. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

fammelt, also bei jedesmaliger Erwärmung des Wassers zunächst ausfließt. Beim Füllen der Leitung muß man natürlich das Ventil *D* heben.

Unvorsichtige Bedienung der Heizung kann eine Dampfbildung herbeiführen. Die gebildeten Dampfblasen steigen mit großer Entschiedenheit nach oben, verursachen Erschütterungen

330-  
Ausdehnungs-  
gefäße.

Fig. 277 ist der Durchschnitt eines mit einem derartigen Ventil ausgestatteten Ausdehnungsgefäßes.

*A* bezeichnet das obere Ende des Steigrohres, auf welchem das aus Eisenblech angefertigte Ausdehnungsgefäß *B* befestigt ist. Die Verlängerung des Steigrohres bildet den Ventilkörper *C*, dessen oberes Ende das gut geführte und wenig belastete Ventil *D* schließt. Sobald sich das Wasser der Leitung infolge der Erwärmung ausdehnt, wird das Ventil *D* gehoben, so daß ersteres in das Gefäß *B* auszufließen vermag. Nach Abkühlung der Leitung entsteht, wegen des Zusammenziehens des Wassers, im Ventilkörper *C* ein leerer Raum, welcher die Atmosphäre befähigt, das Wasser des Gefäßes *B* durch das Ventil *E* in den Ventilkörper *C* zurückzudrücken. Die Anordnung sichert die selbsttätige Entlüftung der Leitung ebenso wie das offene Rohr, indem die Luft sich zuoberst

und werfen eine größere Wassermenge vor sich her, selbst wenn das Steigrohr möglichst unmittelbar vom Heizkessel zum Ausdehnungsgefäß führt. Diese Wassermassen kann man bei Berechnung der Größe des Ausdehnungsgefäßes nicht berücksichtigen. Deshalb ist das Gefäß *B* mittels eines Deckels geschlossen und ein Rohr angebracht, welches sowohl den Dampf als auch das im Uebermaß anströmende Wasser abzuleiten vermag. Um dem Wärter Gelegenheit zur Beobachtung des Wasserstandes im Inneren des Ausdehnungsgefäßes zu geben, bringt man an diesem ein sog. Wasserstandglas an; die in Fig. 277 vorgesehene Einrichtung dürfte sich jedoch mehr empfehlen. Es ist nämlich ein Rohr *F* im Deckel

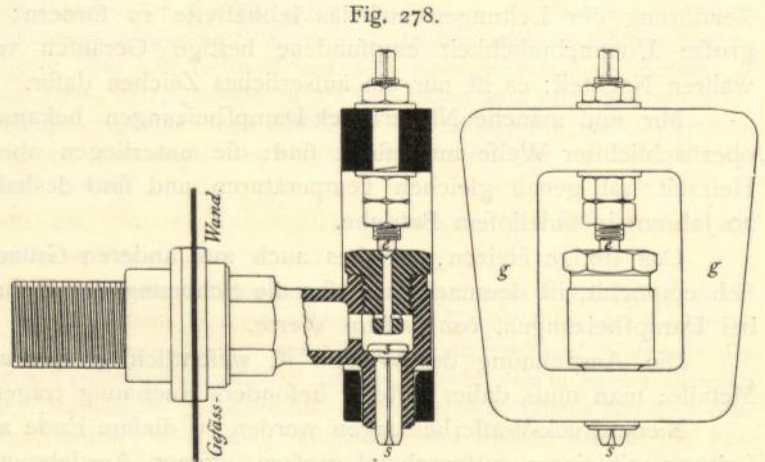


Fig. 278.

des Gefäßes befestigt. Steckt man in dieses einen Holzstab, so schwimmt er im Wasser des Rohres, so daß er mehr oder weniger über den Deckel des Gefäßes hervorragt, je nachdem der Wasserstand höher oder niedriger steht. Man kann so den Wasserstand auch bei weniger guter Beleuchtung genau genug beobachten. Das Rohr *F* dient gleichzeitig zum Nachfüllen des Wassers.

Für Mitteldruck- und zuweilen auch für Hochdruckheizungen werden ähnlich eingerichtete Gefäße verwendet. Nur belastet man das Auslassventil stärker, nach Umständen unter Vermittlung von Hebelwerk.

Fig. 278 stellt ein derartiges Ventil in teilweisem Schnitt und in der Ansicht dar.

Das eigentliche Ventilgehäuse ist mit der Gefäßwand verschraubt. Das kleine Ventil *e*, welches durch den schweren Bügel *g* belastet ist, läßt den Wasserüberschuss und nach Umständen die Luft austreten; das größere Ventil *s* vermittelt nach Bedarf das Zurücktreten des Wassers.

Sonst sind für Hochdruckheizungen die Ausdehnungsflaschen (Fig. 279) im Gebrauch.

*A* bezeichnet das obere Ende der Leitung, *B* das aus Schmiedeeisen angefertigte Ausdehnungsgefäß. Der Schenkel *C* dient zum Füllen der Leitung, während der Schenkel *D* die Luft abströmen läßt. Es ist sonach unmöglich, das Gefäß *B* höher als bis zum oberen Ende des Schenkels *C* zu füllen, womit der zur Ausdehnung des Wassers zur Verfügung stehende Raum nicht von der Willkür des Wärters abhängig. Die in *B* über dem Wasserstand und in *D* eingeschlossene Luft wird bei Ausdehnung des Wassers zusammengedrückt; der Luftraum, welcher erforderlich ist, um ihre Spannung nicht größer werden zu lassen als die Spannung des Dampfes, dessen Temperatur der Wassertemperatur gleich, ist sonach leicht zu berechnen. Bei 12,5 mm weiten Rohren und 50 mm Weite des Ausdehnungsgefäßes ist die Länge des letzteren gleich  $\frac{1}{100}$  der Rohrlänge zu nehmen.

Angeichts der gewaltigen, in den Leitungen der Hochdruckheizungen auftretenden Spannungen müssen die Verschlüsse, außer bequemer Handhabung, die Eigenschaft haben, recht dicht zu schließen. Man verwendet deshalb meistens eine Bleifcheibe, welche mit Hilfe einer kräftigen

Fig. 279.

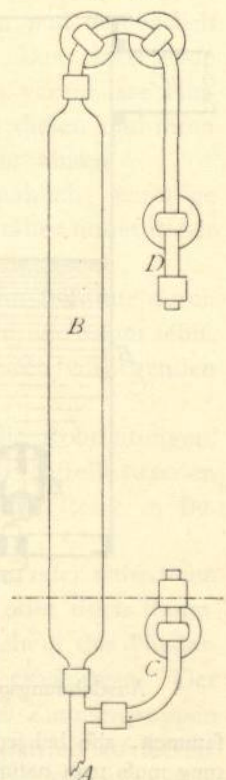
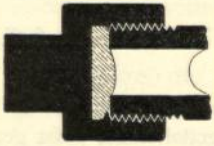
Ausdehnungsflasche.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

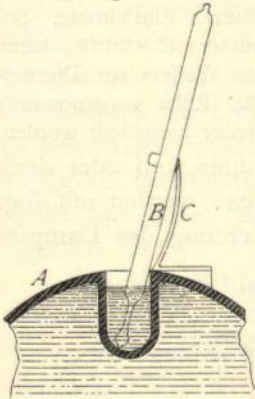


Fig. 280.



Kappe auf das betreffende Rohrende geschraubt wird, wie Fig. 280 erkennen läßt.

Fig. 281.



$\frac{1}{10}$  w. Gr.

Man verwendet übrigens solche geschlossene Ausdehnungsgefäße, selbstverständlich in anderer Gestalt, als Fig. 279 darstellt, auch für Mittel- und Niederdruck-Wasserheizungen.

Eine befriedigende Bedienung der Heizungen erfordert die Kenntnis der Temperaturen des Dampfes, bezw. Wassers seitens des Wärters. Die Dampftemperatur steht im innigen Zusammenhange mit der Dampfspannung; die Dampfheizungen werden deshalb häufig nach dieser, welche mittels Manometer gemessen wird, bedient. Die Wassertemperaturen werden durch Thermometer gemessen. Ein einfaches und handliches Anbringen des Thermometers verfinnlicht Fig. 281.

In der oberen Wand *A* des Wasserrohres ist ein topfartiges Gefäß ausgepart, welches an seinen Außenflächen möglichst günstig vom Wasser bespült werden kann. Das Gefäß ist mit Oel oder einer anderen schwer siedenden Flüssigkeit gefüllt; in diese wird die Kugel des gewöhnlichen Thermometers *B* gesteckt. Als Stütze des Thermometers dient der Arm *C*.

Die Temperatur des Gefäßinhaltes ist offenbar geringer als diejenige des Wassers, welches das Gefäß von außen berührt, da vom Gefäßinhalt fortwährend Wärme abgeführt wird. Wie groß der Unterschied ist, vermag man von vornherein nicht zu bestimmen. Er ist größer als

Fig. 282.

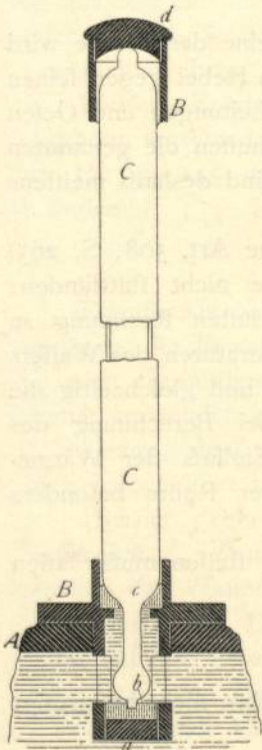
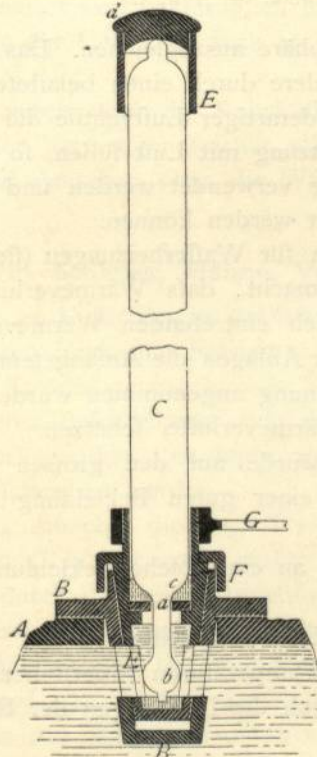


Fig. 283.



$\frac{1}{12}$  w. Gr.

bei der vorliegenden Einrichtung, wenn man das Gefäß auf der Oberfläche des Rohres befestigt, was vielfach geschieht.

Man sollte daher — wo dies zulässig ist — die Thermometerkugel unmittelbar mit dem Wasser in Berührung bringen, dessen Temperatur man messen will.

Fig. 282 stellt eine derartige Anordnung im Schnitt dar. Auf die Rohrwand *A* ist eine metallene Fassung *B* des Thermometers *C* so befestigt, daß die Kugel des letzteren, vermöge der Durchbrechungen der Fassung, vom Wasser bespült wird. Der metallene Boden *a* der Fassung ist zur Schonung der Thermometerkugel mit einer Korkplatte *b* bedeckt; *c* ist ein Gummiring, welcher die Abdichtung des Thermometers bewirkt, und *d* der Deckel der Fassung, welcher das Thermometer niederdrückt.

Der beschriebenen Anordnung haftet der Uebelstand an, daß, sobald die Abdichtung des Thermometers ungenügend oder gar das Thermometer

331.  
Temperatur-  
beobachtungen.

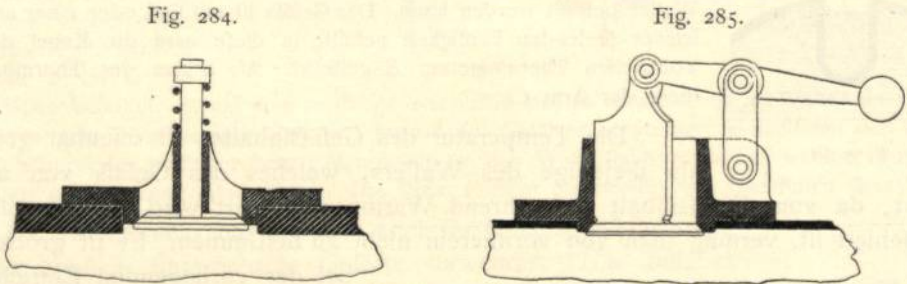
zertrümmert wird, die Heizungsanlage außer Betrieb gesetzt und das Wasser abgelassen werden muß.

Kostspielige Erfahrungen veranlaßten mich, Ende 1868 die Thermometerfassung nach Fig. 283 zu ändern.

Auf die Rohrwandung ist der Flansch des einem Hahngehäuse ähnlichen Körpers *B* geschraubt. Die Thermometerfassung *E*, deren unterer Teil hahnkückenartig gestaltet ist, paßt genau in *B* und wird mittels der Kappe *F* niedergehalten. Die Abdichtung erfolgt ebenfalls durch einen Gummiring *c*; dieser wird aber von zwei halben, sich dicht an den Thermometerhals legenden Bogenplatten *a* getragen, hat also eine weit sicherere Lage als bei der älteren Einrichtung. Sofern nun eine Beschädigung der genannten Dichtung oder des Thermometers *C* eintritt, kann, durch Umdrehen der Fassung *E* mittels des Handgriffes *G*, der Zufluß des Wassers zur Thermometerkugel abgesperrt, das Ausbessern des entstandenen Schadens in aller Ruhe vorgenommen und hierauf, durch Zurückdrehen der Fassung, der gezeichnete Zustand wieder hergestellt werden.

Dampfleitungen und Dampfheizöfen, deren Wandungen dünn sind oder doch gegen Drücke von außen wenig Widerstand zu leisten vermögen, werden mit sog. Luftventilen (Fig. 284 u. 285) ausgerüstet, um den bei Verdichtung des Dampfes

332.  
Luftventile.



Luftventile. —  $\frac{1}{3}$  w. Gr.

entstehenden Ueberdruck der Atmosphäre auszugleichen. Das eine der Ventile wird mittels einer Schraubenfeder, das andere durch einen belasteten Hebel gegen seinen Sitz gedrückt. Da bei Anwendung derartiger Luftventile die Leitungen und Öfen sich bei jedesmaliger Ausserbetriebsetzung mit Luft füllen, so müssen die genannten Ventile auch zur raschen Entlüftung verwendet werden und sind deshalb meistens so angebracht, daß sie leicht erreicht werden können.

333.  
Schutz  
gegen Wärme-  
verluste.

Die Berechnung der Leitungen für Wasserheizungen (siehe Art. 308, S. 265) wurde unter der Voraussetzung gemacht, daß Wärmeverluste nicht stattfänden; man muß daher, um den tatsächlich eintretenden Wärmeverlusten Rechnung zu tragen, bei voller Beanspruchung der Anlagen die Anfangstemperaturen des Wassers höher werden lassen als in der Rechnung angenommen wurde, und gleichzeitig die Rohrleitungen möglichst gegen Wärmeverluste schützen. Bei Berechnung des Widerstandes der Dampfleitungen wurde auf den großen Einfluß der Wärmeverluste und auf den hohen Wert einer guten Bekleidung der Rohre besonders hingewiesen.

Die Forderungen, welche man an eine solche Bekleidung stellen muß, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- α) sie soll die Wärme möglichst schlecht leiten;
- β) sie soll den vorkommenden Temperaturen widerstehen;
- γ) sie soll elastisch sein, um durch die Dehnungen der Rohre nicht beschädigt zu werden;
- δ) sie soll endlich, wenigstens in vielen Fällen, ein gefälliges Aeußere haben.

Die erste Bedingung wird offenbar von allen lockeren Körpern erfüllt, in welchen viele kleine Lufträume sich befinden, so daß der Luftinhalt als ruhend zu betrachten ist.

Vermöge der zweiten Bedingung werden pflanzliche und tierische Stoffe zur unmittelbaren Berührung vieler Leitungen unbrauchbar.

Die dritte Bedingung dagegen macht die Verwendung der erwähnten Stoffe höchst wünschenswert.

Warmwasser-Heizungsrohre bekleidet man mit Stroh, Woll-, Baumwoll- und Seidenabfällen, Kuh- und Kälberhaaren oder aus diesen angefertigtem groben Filz, Korkplatten u. f. w. und bedeckt das Kleid mit Bretterkasten, fahndaubenartig zusammengefügt Latten, schraubenförmigen Seilwindungen, Geweben u. f. w., oder verwendet das weiter unten genannte Bekleidungsmittel. Sollen die vorhin genannten Stoffe als Einhüllung der Dampfrohre dienen, so ist es zweckmäßig, letztere zunächst mit Lehm zu überziehen, dem Häckfel, Kälberhaare oder ähnliche Stoffe zugefetzt sind.

Die fog. Schlackenwolle verträgt alle vorkommenden Temperaturen; sie ist jedoch für die Rohrbekleidungen weniger beliebt, weil sie meistens einer nochmaligen Hülle zu eigenem Schutze bedarf und weil sie zuweilen in wenig befriedigender Haltbarkeit geliefert worden ist.

Unter den mineralischen Umhüllungsmitteln scheint die Infusorienerde (Kieselgur), welche mit einem passenden Bindemittel angemacht ist, allen übrigen weit voranzustehen. Die vorwiegend aus Kieselgur hergestellte Umhüllungsmasse vermag in Bezug auf geringe Wärmeleitungsfähigkeit, bequeme Anwendbarkeit und Billigkeit den übrigen Bekleidungsmitteln mindestens die Wage zu halten. Wenn der Ueberzug mit Sorgfalt ausgeführt und nachträglich mit einem geeigneten Oelfarbenanstrich versehen wird, so läßt der Ueberzug auch in Bezug auf gefälliges Aussehen nichts zu wünschen übrig.

Weitere Erörterungen über die Rohrhüllen dürften hier überflüssig sein, da Angebote verschiedener Verfertiger solcher »Wärmeschutzmassen« nicht fehlen. In Art. 171 (S. 145) sind Angaben über die Wärmeleitung einiger Rohrbekleidungen zu finden.

#### d) Schieber, Hähne, Ventile u. f. w.

Ebenso wie bei den Luftleitungen müssen bei den Wasser- und Dampfleitungen regelbare, die Bewegung hindernde Einrichtungen angebracht sein. Hierzu werden die auch für andere Zwecke gebräuchlichen Schieber, Drosselklappen, Hähne und Ventile verwendet, deren Beschreibung nicht an diesen Ort gehört.

Einige, den vorliegenden Leitungen eigentümliche derartige Einrichtungen sollen jedoch kurz beschrieben werden.

Hierher gehören zunächst die fog. Wechselhähne. Die Verforgung der Wasseröfen *A*, *B* und *C* in Fig. 226, rechte Seite (S. 270), erfordert, daß man zuweilen das Wasser durch den wärmeabgebenden Körper, zuweilen an ihm vorbei leitet. Auch die Dampfheizungen, namentlich solche, welche mit seitens einer Dampfmaschine bereits benutztem Dampf gespeist werden, erfordern ähnliche Wechselhähne, um den Dampf nach Bedarf durch die eine oder andere Leitung strömen zu lassen. Man kann das Geforderte durch mehrere Einzelhähne oder Ventile gewöhnlicher Einrichtung erreichen; offenbar wird es jedoch angenehmer sein, wenn

man durch Stellen nur eines Ventils oder Hahnes daselbe erreichen kann.

Zu diesem Ende finden ähnliche Anordnungen Verwendung, wie (in Art. 306, S. 259) für Luftleitungen besprochen wurden; sie sind in ihren Teilen natürlich so auszubilden, wie die hier vorliegenden Flüssigkeiten es erfordern.

Einen Wechselhahn nach *Wiman-Klein*<sup>216)</sup> gibt Fig. 286 wieder.

Die Aufgabe verlangt, daß die in Frage kommende Flüssigkeit entweder von *A* aus den wärmeabgebenden Körper *B* durchfließen und bei *C* abfließen, oder auf kürzestem Wege von *A* nach *C* gelangen soll. Zu diesem Ende ist das Hahnkücken *K* mit zwei bogenförmigen Kanälen versehen, die, je nach der Stellung des Kückens, die Verlängerung von je zwei der vier Ansatzrohre des Hahngehäuses bilden. Bei 45 Grad Verdrehung des Hahnkückens (gegen die gezeichnete Stellung) sind sämtliche Wege geschlossen.

Will man die Flüssigkeit teils durch den wärmeabgebenden Körper, teils auf kürzestem Wege durch den Hahn leiten, so erhält das Kücken *K* die Gestalt einer Platte.

Einen von mir für Warmwasserheizungen verwendeten Wechselhahn verfinnlicht Fig. 287 in einem lotrechten Querschnitt, einer teilweisen Vorderansicht und einem zu dieser parallel liegenden Schnitt.

*A* bezeichnet den Wasserofen, welcher aus Blechplatten, zwischen deren Ränder Flacheisen genietet sind, verfertigt ist. Zwischen diesen Blechwänden, nahe dem unteren Ofenrande, ist der Wechselhahn eingenieter. Er

besteht aus den hinter dem Ofen liegenden Mündungsteilen *a* und *b*, dem eigentlichen Hahnkörper, dessen Deckel *c* und dem U-förmig gebogenen Rohr *d*, an welchem der Griff *e* befestigt ist. Der eigentliche Hahnkörper ist ringsum mit Oeffnungen versehen (die in der Abbildung etwas zu eng gezeichnet sind), so daß sein Inneres mit dem Ofeninneren in freier Verbindung steht. In der ausgezogenen Stellung des Rohres *d* fließt das durch *a* eintretende Wasser durch den Hahnkörper nach oben, während das im unteren Teile

des Ofens befindliche kältere Wasser, die untere Hälfte des Hahnkörpers durchfließend, durch *b* in das Rücklaufrohr gelangt. Da das Rohr *d* in der vorliegenden Stellung den Hohlraum des Hahnkörpers in eine obere und eine untere Hälfte zerlegt, so ist das Wasser gezwungen, zunächst in das Ofeninnere zu treten, bevor es in das Rücklaufrohr gelangen kann. Dreht man das Rohr *d* mit Hilfe des Griffes *e* um 90 Grad, so vermittelt es einen kurzen Weg zwischen dem Eintrittungsstutzen *a* und dem Rücklaufrohre *b* und verhindert das Wasser zugleich, in das Ofen-

Fig. 286.

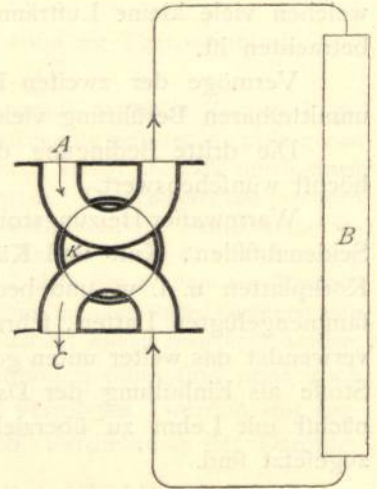
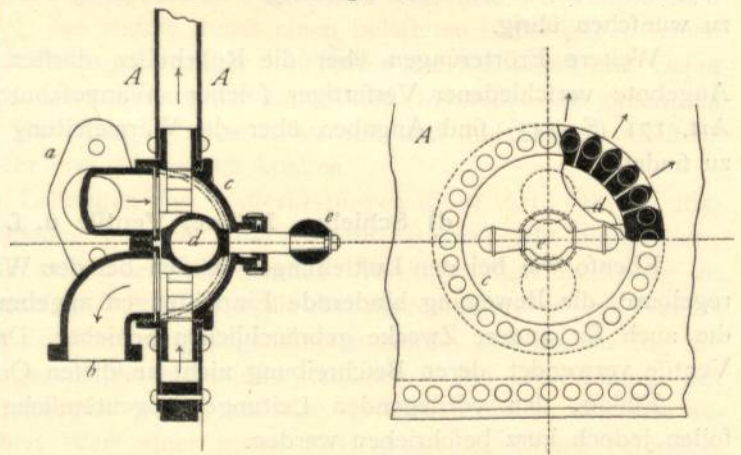
Wechselhahn von *Wiman-Klein*.

Fig. 287.

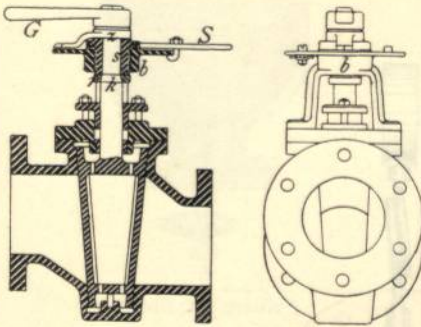
Wechselhahn von *Hermann Fischer*. —  $\frac{1}{5}$  w. Gr.

<sup>216)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871, S. 679; 1872, S. 745.

innere zu treten. Jede Zwischenstellung des Rohres *a* schiebt einen Teil des Wassers in den Ofen, den anderen Teil sofort in das Rücklaufrohr. Die Verschlüsse, welche das Rohr *a* hervorbringt, sind nicht vollständig dicht. Dies dürfte indessen nicht gegen die Anordnung sprechen, da es, wenn die Heizung im Betriebe ist, erwünscht sein muß, dem betreffenden Ofen wenigstens so viel Wärme zuzuführen, daß das Gefrieren des Wassers unmöglich ist.

Die gebräuchlichen Ventile bilden Luftfäcke, verursachen auch erhebliche Widerstände; andererseits leiden die meisten Hähne an dem Uebelstande, daß sie schwer dicht zu halten sind. *E. Kelling* hat deshalb — nach dem Vorgange *Mazeline's*<sup>217)</sup> — für Wasserheizungen Hähne angefertigt, welchen beide Uebelstände fehlen<sup>218)</sup>. Fig. 288 stellt einen davon in lotrechttem Schnitt und in der Endansicht dar.

Fig. 288.



Man sieht zunächst aus dem Schnitt, daß die an den Hahn sich schließenden Rohre in verschiedenen Höhen liegen, wodurch der den gewöhnlichen Hähnen eigene Uebelstand, einen Luftfack zu bilden, vermieden wird. Auf dem Zapfen des Hahnkükens *k* ist einerseits der Bundring *p*, andererseits die Warze *z* des Zeigers befestigt; zwischen ihnen liegt die Hohl-schraube *s* so, daß sie das Kük verschiebt, sobald sie mittels des Hebels *S* gedreht wird. Das Muttergewinde der Schraube *s* ist in den Kopf des Bügels *b* geschnitten.

Die Einrichtung wird wie folgt benutzt. Soll das Hahnkük gedreht, d. h. mit Hilfe des über einem Gradbogen spielenden Zeigers *z* eingestellt werden, so dreht man zunächst den Hebel *S* links herum, um das Kük von seinem Sitze abzuheben. Nunmehr dreht man letzteres mittels des Hebels *G* in beabsichtigter Weise und drückt sodann das Kük, durch Rückdrehen des Hebels *S*, wieder fest in das Gehäuse. Selbst Hähne für 0,30 m weite Rohre sind auf diesem Wege leicht einstellbar und doch dicht abschließend zu machen.

Man kann mit dem Hahn, bezw. Ventil, welches den Eintritt des Dampfes in den Heizkörper regelt, ein Ventil verbinden, welches dem Niederschlagwasser Austritt gewährt, so daß das Einstellen des ersteren dasjenige des letzteren ohne weiteres nach sich zieht. Eine dementsprechende Einrichtung für einen Hahn ist in der unten verzeichneten Quelle<sup>219)</sup> beschrieben, eine solche für ein Ventil in der anderen<sup>220)</sup>.

Eine kurze Erörterung erfordern noch die selbsttätigen Dampfdruck-Reduktions- oder Minderungsventile oder schlechtweg Druckregler. Sie haben den Zweck, in einer Leitung oder in einem Dampföfen die Dampfspannung nie über ein gewisses Maß steigen zu lassen.

Ihre Wirkfamkeit wird entweder auf die Aenderung des hier in Frage kommenden Druckes oder auf die Aenderung des größeren, vor dem Regler vorhandenen Druckes begründet. Durch beide Erscheinungen vermag man Ventile oder Schieber zu bewegen, welche die Durchströmungsweiten entsprechend ändern und somit den Druckunterschied im gewünschten Sinne regeln, nicht immer aber im gewünschten Maße.

Die Druckregler für Heizungen kommen nur in einzelnen Fällen in Frage,

<sup>217)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 193, S. 191.

<sup>218)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 775.

<sup>219)</sup> Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 777.

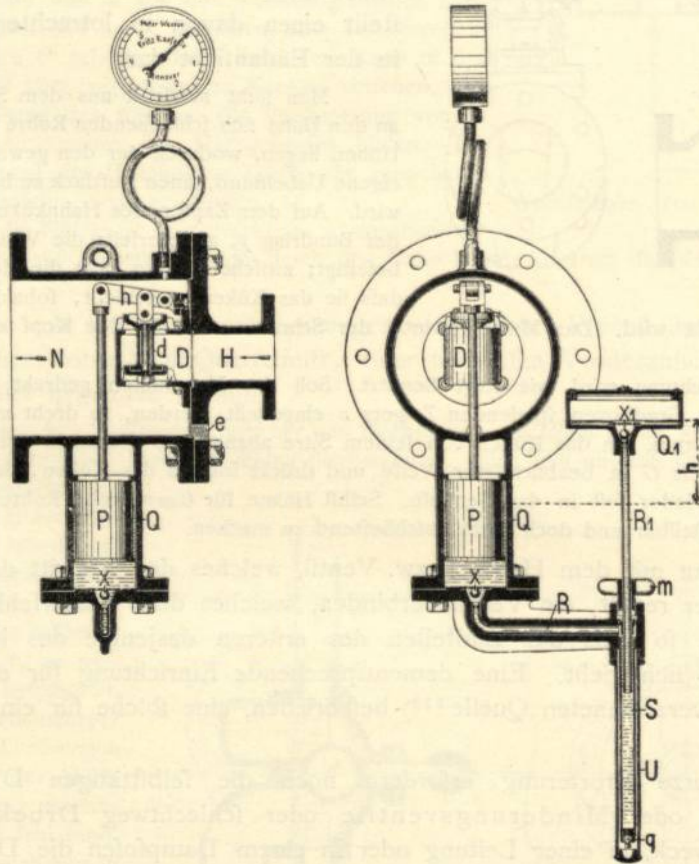
<sup>220)</sup> Gefundh.-Ing. 1881, S. 357.

weshalb ich mich mit der Beschreibung eines, allerdings recht guten, Druckreglers begnüge, wegen der allgemeinen Grundfätze aber auf die unten verzeichnete Stelle <sup>221)</sup> verweise.

Fig. 289 zeigt zwei lotrechte Schnitte des neuesten *Kaeferle'schen* Druckreglers (Dampfdruckminderer genannt).

Der höher gespannte Dampf tritt in *H* ein; der Dampf geringerer Spannung strömt durch *N* ab. Zwischen *H* und *N* befindet sich das ganz entlastete, droffende, gut geführte Doppelfitzventil *D*, dessen Doppelkegel *d* am Hebel *h* hängt. Dem letzteren ist, mittels einer Stange, der

Fig. 289.

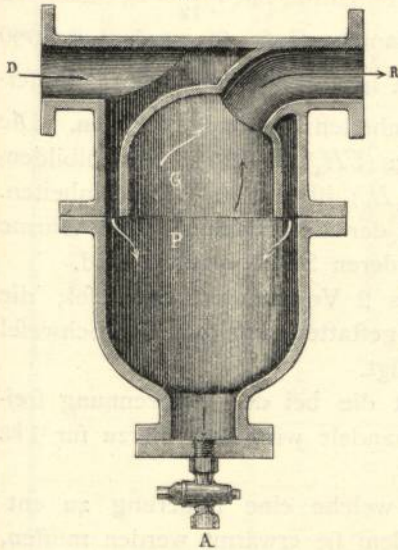


Druckregler von *Fr. Kaeferle* zu Hannover.

Schwimmer *P* angelenkt, der in das Queckfilbergefäß *Q* taucht. Wird der Druck in *N* größer, als er sein soll, so drückt er das Queckfilber durch die Rohre *R*, *S* und *R*<sub>1</sub> in das weite Gefäß *Q*<sub>1</sub>, und *P* sinkt, um mit Hilfe des Hebels *h* den Ventilkegel *d* zu senken, also den Dampf durchfluss entsprechend zu verkleinern; umgekehrt fließt bei zu geringem Druck in *N* Queckfilber aus *Q*<sub>1</sub> in *Q*, hebt den Schwimmer und öffnet das Ventil mehr. Der Ueberdruck in *N* entspricht dem Abstände *h* der beiden Queckfilberpiegel und kann durch Verschieben des Rohres *R*<sub>1</sub> in *S* eingestellt werden. Mit Hilfe von *m* wird das Rohr *R*<sub>1</sub> festgeklemmt. Nimmt man das Schutzrohr *U* hinweg, so kann man die Verschlusschraube *q* beseitigen, um alles Queckfilber abfließen zu lassen. In *e* steckt eine Verschlusschraube, die zum Entwässern des Raumes *N* dient. Der Regler arbeitet vorzüglich.

<sup>221)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 247, 315.

Fig. 290.



Wasserabfcheider.

Manchenorts wird großer Wert auf das Einschalten fog. Dampftrockner oder Wasserabfcheider gelegt, welche durch scharfes Ablenken des Stromes veranlassen, daß das schwerere Wasser vom leichteren Dampf abgeschleudert wird. Fig. 290 zeigt einen solchen Dampftrockner im Schnitt.

Bei *D* tritt der Dampf ein; er wird durch die Glocke *G* nach unten gelenkt. Während nun das schwerere Wasser den geraden Weg nach unten fortsetzt und in das Gefäß *P* fällt, wird der leichtere Dampf unter dem Glockenrande hinweg nach oben abgelenkt. Bei *R* entweicht der entwässerte Dampf in die Leitung. Der Hahn *A* steht mit einem Selbstleerer in Verbindung.

So bedeutfam auch diese Dampftrockner für solche Leitungen sind, welche Dampfmaschinen versorgen, so wenig Wert haben sie für Heizungsleitungen, da in diesen fortwährend Wasser sich niederschlägt, sie also geeignet eingerichtet sein müssen, um das Wasser auf gewöhnlichem Wege fortzuschaffen. Einige Quellenangaben werden daher auch hier genügen<sup>222)</sup>.

## 12. Kapitel.

### Erwärmen der Luft.

#### a) Brennstoffe.

Die den vorliegenden Zwecken dienenden Brennstoffe entstammen (vielleicht mit Ausnahme des Erdöls) der Holzfafer. Torf enthält die Holzfafer wenig verändert; Braunkohle und Steinkohle sind Erzeugnisse der natürlichen Verkohlung; Holzkohle und Koke einerseits, Leuchtgas und fog. Wassergas andererseits entstammen der künstlichen Verkohlung. Bis jetzt sind von hervorragender Bedeutung nur die Steinkohle und die Koke, während die übrigen genannten Brennstoffe geringere Verwendung finden; letztere sollen daher, soweit ihre mittlere Zusammensetzung, ihr Wärmeentwicklungsvermögen und ihre Rauchzusammensetzung in Frage kommen, in der auf S. 305 folgenden Tabelle berücksichtigt werden, während erstere außerdem näher besprochen werden mögen.

Die fog. präparierte Kohle, welche aus Holzkohlenklein, Kalifalpete und einem Bindemittel zusammengesetzt und in Ziegelform namentlich zur Heizung der Eisenbahnwagen dient, die fog. Steinkohlenziegel oder -Briketts, Prefstorf, Lohkuchen und andere Brennstoffe, welche nur in Sonderfällen Verwendung finden, sollen hier übergangen werden.

Die Steinkohle besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel, Wasser und verschiedenen unverbrennlichen Körpern, welche als Asche, bezw. Schlacke nach der Verbrennung der Kohle zurückbleiben. Durch Verbindung von 1 kg Kohlenstoff mit  $\frac{16}{12}$  kg Sauerstoff entsteht Kohlenoxyd und werden  $\infty$  2470 Wärme-

<sup>222)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1864, S. 87; 1874, S. 199; 1886, S. 591. — *Engng.*, Bd. 5, S. 122. — *Revue industr.*, Jahrg. 14, S. 136. — D. R. - P. Nr. 11711, 33237.

einheiten entwickelt. Verbindet sich dagegen 1 kg Kohlenstoff mit  $\frac{2 \cdot 16}{12}$  kg Sauerstoff zu dem im gewöhnlichen Leben »Kohlensäure« genannten Gase, so werden  $\approx 8080$  Wärmeeinheiten frei. 1 kg Wasserstoff verbindet sich mit  $\frac{16}{2}$  kg Sauerstoff zu Wasserdampf, bei welchem Vorgange  $\approx 29060$  Wärmeeinheiten entbunden werden. Die Wärmeentwicklung bei Verbrennung des Sumpfgases ( $CH_4$ ) ist 11713, des ölbildenden Gases ( $C_2H_4$ ) ist 11087 und des Butylen ( $C_4H_8$ ) ist 10840 Wärmeeinheiten. Der im Brennstoff enthaltene Sauerstoff vermag bei der Verbrennung keine Wärme zu entwickeln, da letzterer zur Verbrennung der anderen Stoffe benutzt wird.

Die Steinkohle enthält durchschnittlich 1 bis 2 Vomhundert Schwefel; die Geringfügigkeit der durch diesen gelieferten Wärme gestattet, daß man den Schwefel bei Berechnung der Wärmeentwicklung vernachlässigt.

Das der Kohle anhaftende Wasser vermindert die bei der Verbrennung freier werdende Wärmemenge, indem es in Dampf verwandelt wird und hierzu für 1 kg Wasser etwa 650 Wärmeeinheiten erforderlich sind.

Die Aschenteile sind für die Wärmemenge, welche eine Feuerung zu entwickeln vermag, nur mittelbar von Bedeutung, indem sie erwärmt werden müssen, demnach einen gewissen Teil der entbundenen Wärme verbrauchen und den Verbrennungsvorgang zu stören vermögen.

339-  
Verbrennungs-  
vorgang.

Bei Erhitzung der Steinkohle entweicht der Wasserstoffgehalt und ein Teil des Kohlenstoffes in Form von Kohlenwasserstoffen, während der Rest des Kohlenstoffes als Koke zurückbleibt. Findet die Erhitzung unter Zutritt atmosphärischer Luft, also deren Sauerstoff statt, so ist der Vorgang nur insofern ein anderer, als die Kohlenwasserstoffe vorwiegend, und zwar mit lebhafter Flamme, verbrennen und nur in geringem Maße der wasserstofffreie Rest der Kohle; nach vollzogener Verkokung verbrennt die Koke mit kurzer Flamme.

Während der Verkokung schmilzt die Kohle mehr oder weniger und bildet eine zähe Masse, die, nachdem sämtlicher Wasserstoff ausgetrieben ist, die porige Koke bildet.

Der wechselnde Verbrennungsvorgang und namentlich das teilweise Schmelzen, das sog. »Backen« der Steinkohle erschwert die Regelung des Feuers außerordentlich, weshalb vielfach solche Kohlen vorgezogen werden, welche nur in geringem Maße oder gar nicht backen, ja häufig die teurere, in besonderen Werken verfertigte Koke verwendet wird.

Bezeichnet man mit  $C$  den Kohlenstoffgehalt, mit  $H$  den Wasserstoffgehalt, mit  $H_2O$  den Gehalt an chemisch gebundenem Wasser, mit  $W$  den Gehalt an hygroskopischem Wasser, mit  $A$  den Aschengehalt des Brennstoffes und ebenso mit  $CH_4$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_4H_8$ ,  $CO$ ,  $CO_2$  und  $N$  den Gehalt gasförmiger Brennstoffe an den diese Zeichen führenden Gasen, so gewinnt man infolge vollkommener Verbrennung aus 1 kg des betreffenden Brennstoffes die in nebenstehender Tabelle unter  $E$  genannten Wärmemengen. Die Verbrennung erfordert die unter  $\mathcal{L}$  verzeichneten Luftmengen und erzeugt die unter  $A_c$  gegebenen Kohlensäuremengen, die unter  $A_q$  genannte Wasserdampfmenge, so daß, unter Berücksichtigung des Stickstoffgehaltes der benutzten atmosphärischen Luft, der unter  $\mathfrak{N}$  genannt ist, das unter  $G$  gegebene Gewicht an Rauch entsteht. Wie weiter unten näher erörtert werden wird, ist es im allgemeinen notwendig, dem Brennstoff mehr Luft zuzuführen als die Rechnung ergibt. Deshalb sind die Reihen für  $G$  sowohl als auch die Reihen für  $\delta$  (Dichte



	C	H	H <sub>2</sub> O	W	A	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N	E	g	A <sub>c</sub>	A <sub>q</sub>	R	Einfache Luftmenge			Doppelte Luftmenge		
																	G	δ	ε	G	δ	ε
Lufttrockenes Holz . . . . .	0,39	—	0,40	0,195	0,015	—	—	—	—	—	—	2731	4,52	1,43	0,60	3,48	5,50	1,003	0,266	10,02	1,002	0,254
Lufttrockener Torf . . . . .	0,35	0,01	0,29	0,25	0,10	—	—	—	—	—	—	2743	4,41	1,28	0,63	3,40	5,31	0,993	0,268	9,72	0,926	0,256
Lufttrockene Braun-																						
kohle . . . . .	0,50	0,015	0,205	0,20	0,08	—	—	—	—	—	—	4176	6,32	1,83	0,54	4,87	7,24	1,023	0,258	13,56	1,012	0,250
Steinkohle . . . . .	0,80	0,04	0,09	0,03	0,04	—	—	—	—	—	—	7483	10,67	2,93	0,48	8,22	11,63	1,043	0,250	22,30	1,022	0,245
Holzkohle . . . . .	0,85	0,01	0,03	0,06	0,05	—	—	—	—	—	—	7034	10,20	3,12	0,18	7,85	11,15	1,071	0,244	21,35	1,036	0,242
Koke . . . . .	0,87	0,005	0,015	0,05	0,06	—	—	—	—	—	—	7065	10,26	3,19	0,11	7,90	11,20	1,077	0,242	21,46	1,039	0,241
Rohes Erdöl . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Steinkohlen - Leucht-																						
gas . . . . .	—	0,05	—	—	—	0,54	0,10	0,08	0,15	—	0,08	10113	14,19	2,29	1,90	11,00	15,19	0,957	0,270	—	—	—
Wassergas . . . . .	—	0,053	—	—	—	0,115	0,019	—	0,701	0,056	0,055	4780	5,62	1,95	1,02	4,33	7,50	0,986	0,254	—	—	—

des Rauches, bezogen auf atmosphärische Luft) und  $c$  (Wärmemenge, die 1 kg Rauch bei 1 Grad Abkühlung abgibt) zweimal aufgeführt, und zwar einmal für die Annahme, daß die Verbrennung nur mit derjenigen Luftmenge erfolgt, deren Sauerstoffgehalt zur Verbrennung genügt, ferner für die Annahme, daß das Doppelte der oben genannten Luftmenge dem Feuer zugeführt wird. Die Zahlen der Tabelle sind meistens dem Werke *Grashof's*<sup>223)</sup> entnommen.

340.  
Zuzuführende  
Luftmenge.

Die atmosphärische Luft enthält, wenn man von den geringen Beimischungen an Kohlenäure, Wasserdampf und anderen Gasen abieht, etwa 0,24 Gewichtsteile Sauerstoff und 0,76 Gewichtsteile Stickstoff. So oft die Brennstoffe einen Teil Sauerstoff auffuchen, stehen ihnen sonach 3 Teile Stickstoff gleichsam im Wege. Deshalb gelingt es nur schwer, selbst bei gasförmigen Brennstoffen, sämtlichen Sauerstoff zur Verbrennung zu bringen, während bei festen Brennstoffen eine vollständige Benutzung des in Form atmosphärischer Luft zugeführten Sauerstoffes unmöglich sein dürfte. Man kann bei geschicktester Anordnung der Feuerung und Bedienung des Feuers die zugeführte Luft nicht so verteilen, daß sie an jede Stelle in richtiger Menge hingelangt; die Brennstoffstücke, die Aschen- und Schlackenteile und — bei backenden Kohlen — die entstehende breiartige Masse stehen einem Austausch vielfach hemmend entgegen. Um daher den Brennstoff vollständig in Kohlenäure, bezw. Wasserdampf zu verwandeln, muß man fast immer einen Ueberschuß an Luft gewähren, damit überall mindestens genug Sauerstoff vorhanden ist.

Ein solcher Luftüberschuß beeinträchtigt aber die Leistungsfähigkeit der Feuerung in nicht unbedeutender Weise. Nach umstehender Tabelle erzeugt 1 kg Steinkohle im Mittel 11,63 kg Rauchgase, wenn einfache Luftzufuhr stattfindet. Nimmt man nun an, daß der Rauch mit 120 Grad in den Schornstein tritt, so führt er  $11,63 \cdot 0,25 \cdot 120 = 348,9$  Wärmeeinheiten unbenutzt fort. Die doppelte Luftmenge bringt dagegen unter denselben Umständen einen Wärmeverlust von  $22,3 \cdot 0,245 \cdot 120 = 655,6$  Wärmeeinheiten hervor, so daß von der entwickelten Wärme, die zu 7483 angegeben war, nur  $7483 - 656 = 6827$  Wärmeeinheiten übrig bleiben. Mangelhaft bediente und ebenso eingerichtete Feuerungen arbeiten oft mit der 5-, ja 10fachen Luftmenge und haben alsdann, namentlich wenn die Rauchtemperatur eine hohe ist, nur eine sehr geringe Nutzleistung. So ist es denn erklärlich, warum die Koke, deren Wärmeentwicklung nach unserer Zusammenstellung geringer ist als diejenige der Steinkohle, welche aber durchschnittlich 20 Vomhundert teurer ist als letztere, wegen ihrer regelmässigeren Verbrennung, also leichteren Bedienung, oft für eine und dieselbe Geldsumme mehr Wärme liefert als die Steinkohle, ja, daß die Gase, die erst mit Mühe und unter Aufwand von Kosten verfertigt werden müssen, eine verlangte Wärmemenge billiger zu liefern vermögen als die Rohstoffe, aus denen sie gewonnen wurden.

Ausführliches über diesen Gegenstand findet man in den unten genannten Quellen<sup>224)</sup>.

Durch sorgfältige vergleichende Versuche mit verschiedenen Brennstoffen in verschiedenen Feuerstellen<sup>225)</sup>, welche am zweckmässigsten durch staatlich unterhaltene Versuchsanstalten ausgeführt werden, dürften allmählich die jetzt noch vielfach auseinandergehenden Meinungen aufgeklärt und die z. Z. stattfindenden Brennstoffvergeudungen vermindert werden.

<sup>223)</sup> Theoretische Maschinenlehre. Bd. I. Leipzig 1875. S. 902 ff.

<sup>224)</sup> FISCHER, F. Die chemische Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1880—87. — FISCHER, F. Chemische Technologie. Leipzig 1886. S. 991. — KRÜGER, R. Die Lehre von den Brennmaterialien etc. Jena 1883.

<sup>225)</sup> Vergl.: Polyt. Journ., Bd. 232, S. 237 u. 336; Bd. 233, S. 133 u. 343; Bd. 236, S. 396.

## b) Feuerstellen.

Unter dieser Bezeichnung faßt man die Einrichtungen zusammen, welche zum Verbrennen der Brennstoffe zum Zweck der Wärmeentwicklung dienen. Sie sind so anzuordnen, daß den einzelnen Teilen des Brennstoffes die genügende Sauerstoffmenge zugeführt wird, daß der Ueberschuß an Sauerstoff, bezw. Luft nicht zu groß wird, daß die Verbrennung überhaupt stattfindet und daß der verbrauchte Brennstoff bequem ersetzt werden kann.

Zur Verbindung des Kohlenstoffes, der Kohlenwasserstoffe und des Wasserstoffes mit dem Sauerstoff der Luft sind gewisse Temperaturen erforderlich; sie werden hervorgebracht durch das Entzündungsmittel und erhalten durch die bei der Verbindung freiwerdende Wärme. Diese Wärme hat den Brennstoff auf die nötige Temperatur zu bringen.

Je größer daher die Wärmemenge ist, welche zum Erwärmen der Raumeinheit des Brennstoffes um 1 Grad erforderlich ist, je größer die Wärmeleitungsfähigkeit des Brennstoffes ist, ein umso größerer Teil der freiwerdenden Wärme wird für diesen Zweck verwendet; umso schwieriger sind Entzünden und Erhalten des Feuers.

Die genannte Wärme wird ferner teilweise verbraucht, um die Temperatur der atmosphärischen Luft, d. h. ihres Sauerstoffes und Stickstoffes, in genügendem Maße zu erhöhen. Je größer die zugeführte Luftmenge ist, umso größer wird der hierauf entfallende Wärmeverlust.

Endlich wird ein Teil der freigewordenen Wärme an die Umgebung, teils durch Leitung, teils durch Strahlung, abgegeben und zum Verdunsten des etwa anhaftenden Wassers verbraucht. Diese Verlustquellen können zusammengenommen so groß werden, daß die für das Verbrennen erforderliche Temperatur nicht mehr erzielt wird; alsdann erfolgt das Verlöschen.

Man muß daher, dem Brennstoff angemessen, die Feuerstelle so einrichten, daß die Verluste an Wärme entsprechend gering ausfallen.

Von den festen Brennstoffen verlangen in dieser Hinsicht die geringste Sorgfalt: der Torf, das Holz und die Braunkohle. Sie verbrennen meistens ohne besondere Schutzmittel gegen Wärmeverluste an freier Luft. Holz und Torf kann man daher ohne andere Hilfsmittel als die Stützfläche, auf welcher sie ruhen, verbrennen. Von der entbundenen Wärme ist alsdann aber nur die durch Strahlung der Flamme und des heiß gewordenen Brennstoffes abgegebene zu benutzen; die Rauchgase werden durch die in Menge zuströmende Luft so abgekühlt, daß sie oft nicht einmal im Stande sind, sich genügend rasch aus der Nähe des Feuers zu entfernen.

Die offene Feuerstelle ist daher, selbst für die leicht brennbaren, festen Stoffe, nur in Ausnahmefällen verwendbar.

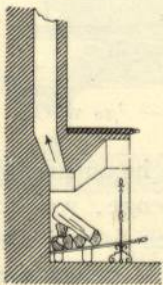
Die halb offene Feuerstelle oder der sog. Kamin (die *Cheminée*) schützt, je nach der Einrichtung, mehr oder weniger gegen übergroße Wärmeverluste.

Fig. 291 ist ein lotrechter Schnitt eines Kamins für Holzfeuerung.

Auf einen Bock werden eiserne Stäbe, sog. Spiese, gelegt, welche zur Stütze der Holzscheite dienen und namentlich ermöglichen, letztere so locker

341.  
Allgemeines.

Fig. 291.



Kamin für Holzfeuerung.

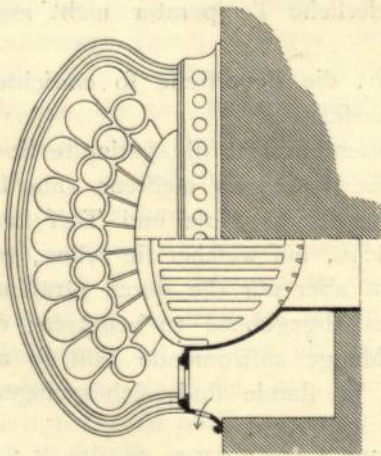
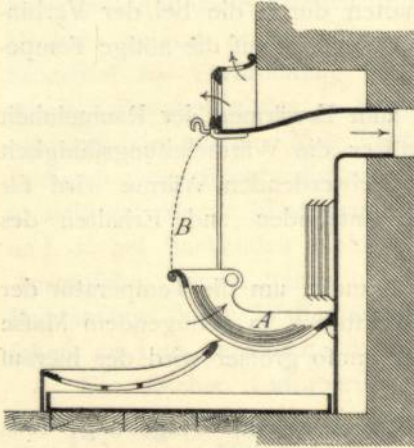
342.  
Offene  
Feuerstellen  
und Kamine.

aufeinander zu schichten, dafs die Luft bequem in die Zwischenräume gelangen kann. Der gebildete Rauch entweicht in den Schornstein, dessen untere Mündung so liegt, dafs zunächst der Rauch in sie tritt und die in der Nähe befindliche Luft nur insoweit, als Raum übrig bleibt. Um den Rauch nicht zu sehr abkühlen, d. h. möglichst wenig abkühlende Luft in den Schornstein gelangen zu lassen, mufs die untere Schornsteinmündung auf die zulässig kleinste Weite beschränkt werden.

Vorteilhafter ist der Kamin, welchen Fig. 292 darstellt.

Hier wird der Brennstoff (Holz, Torf, Braunkohle, auch leicht entzündliche Steinkohle) in den Korb *A* gelegt, so dafs die Verbrennungsluft vorwiegend durch die Spielräume der den Korb

Fig. 292.



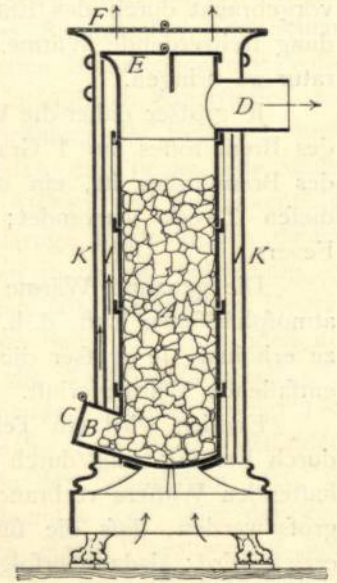
Kamin. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

bildenden eisernen Stäbe strömen mufs. Um den Luftzutritt über dem Feuer zu beschränken, ist ein abnehmbares Metallsieb *B* angebracht. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, einen Teil der freigewordenen Wärme an die aus Gufseisen hergestellten Einschließungsflächen des Feuers und Rauches abzugeben, welche die sie bespülende Luft erwärmen und hierdurch zur Erwärmung des betreffenden Zimmers beitragen.

Bei näherer Betrachtung des vorliegenden Kamins findet man, dafs die Wärmeabgabe der Einschließungsflächen der Feuerstelle an die Luft notwendig ist, um gleiche Wärmemengen, wie der vorhin besprochene Kamin an die Luft abgibt, in das betreffende Zimmer gelangen zu lassen.

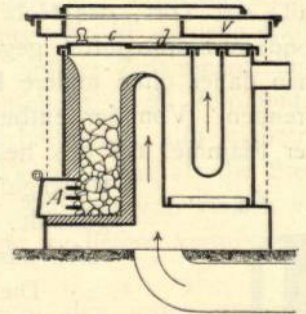
Der Korb, in welchem der Brennstoff raftet, wie auch das Sieb *B* hemmen die Ausstrahlung der Wärme und verringern hierdurch diejenige Wärmemenge, welche auf geradem Wege in das Zimmer gelangt. Die Stäbe des Korbes sowohl als auch die Maschen des Drahtsiebes werden dementsprechend erwärmt; sie geben die aufgenommene Wärme zum grofsen Teil an die sie durchströmende Luft ab und mindern hierdurch die Abkühlung des Feuers, welche die Folge der Berührung mit

Fig. 293.



Meidinger-Ofen. —  $\frac{1}{20}$  w. Gr.

Fig. 294.



Irifcher Ofen. —  $\frac{1}{30}$  w. Gr.

der ihm zugeführten Luft ist. Damit wird ohne weiteres der Weg gezeigt, auf welchem man der Verbrennungsluft die zur Verbindung ihres Sauerstoffes mit den Brennstoffen nötige Temperatur zu geben vermag.

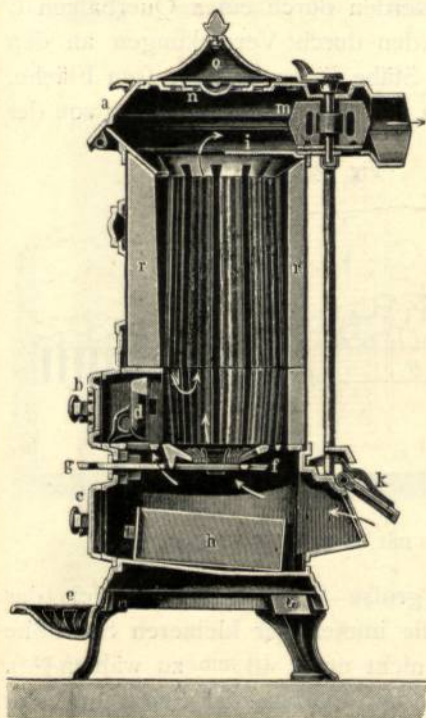
In sehr einfacher Weise geschieht dies in der Feuerstelle des *Meidinger*-Ofens (Fig. 293).

Der schachtförmige Brennstoffbehälter *A* ist unten mittels eines Bodens geschlossen und über dem letzteren mit dem Halbe *B* versehen, der durch die winkelrecht zur Bildfläche verschiebbare Tür *C* nach Bedarf verschlossen, bezw. freigelegt werden kann. Die Luft strömt durch den Spalt, welchen *C* seitlich freilässt, trifft zunächst auf die noch warme Asche und macht deren Wärme auf diesem Wege nutzbar.

Die vorliegende Feuerstelle verdient zunächst noch Beachtung in Bezug auf die Regelbarkeit der zufließenden Luftmengen, vermöge der verschiebbaren Tür *C*, welche ein bequemes Mittel zur Regelung der Wärmeentwicklung bietet.

Soll der Ofen für Steinkohle benutzt werden, so füllt man ihn bis kurz unter das Rauchabzugsrohr, wobei — durch Absichten — dafür geforgt wird, dass die Kohle sowohl von größeren Stücken als auch von Grus frei ist. Dann legt man Holzsplitter auf die Füllung und zündet erstere an. Der Rauch des brennenden Holzes gelangt auf kürzestem Wege in den Schornstein, führt diesem also sofort Wärme zu. Durch die vom Holz entwickelte Hitze wird die unmittelbar getroffene Kohle entgast und das Gas verbrannt. So schreitet das Feuer von oben nach unten fort, Koke zurücklassend, bis es bei *B* angelangt ist und hier bleibt, da die Koke allmählich nachrückt. Nach Bedarf kann dann Koke nachgeschüttet werden. Der Rauch muss demnach die ganze Kokeschicht durchstreichen, um zum Rauchabzugsrohr zu gelangen, und erfährt hierbei stark wechselnde Widerstände.

Fig. 295.



»Germane« von Oskar Winter zu Hannover.

Bemerkenswert sind folgende Einzelheiten des Ofens, die gleich an dieser Stelle erledigt werden mögen. *d* ist ein türartig zu öffnender Rost, welcher eine Böschungsbildung des Brennstoffes verhütet. Die Schürttür *b* und die Aschenfalltür *c* sind dicht verschlossen, weshalb die Verbrennungsluft nur durch die Oeffnung der Klappe *k* zugelassen werden kann. Diese Klappe wird durch eine lotrechte Welle bewegt, die über dem Ofen mit einer Handhabe versehen ist. An dieser Welle sitzt die Drosselklappe *m* und dicht unter dieser eine

343-  
Feuerstellen  
des  
*Meidinger*-  
und des  
irischen Ofens.

Die Feuerung des »irischen Ofens« unterscheidet sich von derjenigen des *Meidinger*-Ofens nur durch den aufrechten, türartig auszuklappenden Rost *A* (Fig. 294) und die Ausmauerung des Feuerfaches. *c* ist der Deckel der Beschickungsöffnung, und *V* bezeichnet eine Wasserschale für die Luftanfeuchtung.

Der Ofen »Germane« von Oskar Winter in Hannover macht den Uebelstand, dass der Rauch in der hohen Brennstoffschicht großen und sehr stark wechselnden Widerstand findet, weniger fühlbar. Fig. 295 zeigt eine Ausführungsform in lotrechttem Schnitt.

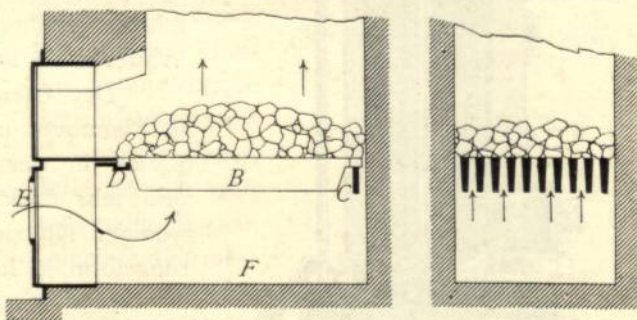
Der eiserne Schacht des Ofens ist mit längsgeschlitzten Steinen *r* ausgefüttert, so dass der Rauch durch diese Schlitz nach oben strömen kann. Die gleichzeitig vom Aschenraum aufsteigende Luft soll auch zum Verbrennen von etwa auftretendem Kohlenoxyd dienen. Der Ofen wird für Koke und Steinkohle verwendet.

Scheibe, welche für gewöhnlich eine in der unteren Wandfläche des Rauchrohres befindliche Oeffnung verschlossen hält, aber mit einer Oeffnung versehen ist, welche — nach geeignetem Drehen der stehenden Welle — auf die vorhin genannte Oeffnung tritt und Zimmerluft in den Rauchabzug treten läßt. Die mit der Welle verbundenen drei Steuerteile sind so angeordnet, daß bei ganz geöffneter Klappe *k* auch die Drosselklappe *m* ganz geöffnet, dagegen die am Abzugsrohr befindliche Luftöffnung geschlossen ist. Mit *k* wird *m* allmählich geschlossen, dagegen die zuletzt genannte Luftöffnung freigelegt. Durch diese Einrichtung ist die Bedienung des Ofens wesentlich erleichtert. Der den Feuerraum unten abschließende Rost ist tellerartig. Er besitzt in seiner Mitte ein größeres Loch, welches durch die bewegliche Platte *fg* geschlossen ist. Schwingt man *g* hin und her, so wird der Brennstoff so bewegt, daß die Asche nach unten fällt. *a* bezeichnet die Beschickungstür.

Größere Brennstoffmengen vermag man in solchen Feuerstellen nur schwierig zu verbrennen, indem der Widerstand, den die gebildeten Rauchgase innerhalb der Brennstoffschicht finden, mit deren Höhe wächst, auch innerhalb der Wege, welche die Luft zu benutzen vermag, sehr verschieden ist.

Einen weit gleichmäßigeren Widerstand, also auch eine entsprechend gleichmäßigeren Verteilung der Luft gewinnt man, indem man den Brennstoff auf eine wagrechte Platte verteilt, welche mit zahlreichen Oeffnungen für den Eintritt der Luft versehen ist. Diese Platte wird zuweilen als ein zusammenhängendes Stück hergestellt, zuweilen durch Zusammenlegen einzelner Stäbe, deren Zwischenräume für die Luftzuführung dienen, gebildet. Fig. 296 läßt die letztgenannte Anordnung im Längen- und Querschnitt erkennen. Die Brennstoffschicht ruht auf den einzelnen Stäben, welche mit *B* bezeichnet sind. Letztere werden durch einen Querbalken *C* und eine Leiste *D* getragen; ihre Spielräume werden durch Verdickungen an den Köpfen der Stäbe bestimmt. Die Luft bespült die Stäbe längs einer großen Fläche, weshalb die Luftvorwärmung sehr gut gelingt. Da das Erwärmen der Luft von der Höhe der einzelnen Stäbe abhängig ist, so müssen letztere überall gleich hoch fein, also eine Gestalt erhalten, welche Fig. 296 wiedergibt, nicht eine solche, welche an einen Träger erinnert. Auch ist die Höhe der Stäbe von der in der Zeiteinheit durch die Spalte strömenden Luftmenge abhängig, keineswegs aber von der Länge der Stäbe. Richtiger ist, die Stabhöhe in ein bestimmtes

Fig. 296.

Feuerstelle mit Planrost. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Verhältnis zur Stabdicke zu setzen. Da eine große Stabhöhe nur durch das Raumerfordernis schadet, so ist es zweckmäßig, sie immer der kleineren Stabhöhe vorzuziehen und selbst bei dünnen Stäben (5 mm) nicht unter 40 mm zu wählen<sup>226)</sup>.

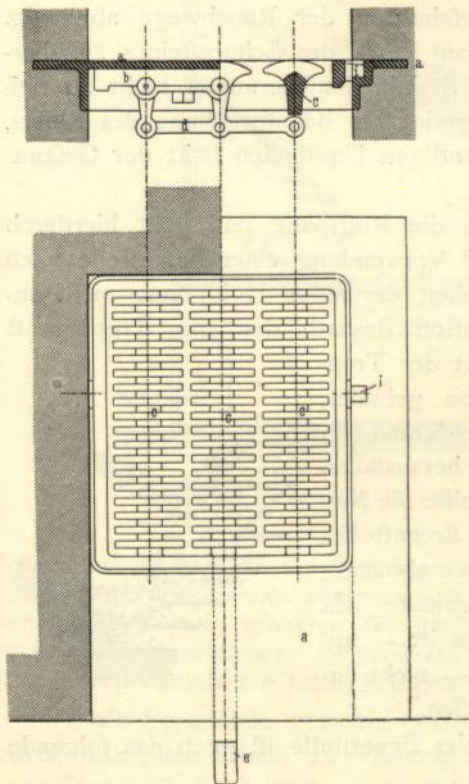
Infolge der Wärmeabgabe, welche zwischen den Flächen der Stäbe und der Luft stattfindet, werden die Stäbe selbst gekühlt, was für ihre Erhaltung von großem Werte ist. Feuerstellen, in denen eine hohe Temperatur herrscht, welche also im allgemeinen als sehr gute bezeichnet werden müssen, führen den Stäben jedoch oft eine so große Wärmemenge zu, daß diese nur eine geringe Dauer haben. Man drückt alsdann die Temperatur des Feuers durch Wasserdampf herab, welcher in

<sup>226)</sup> Vergl.: MEIDINGER. Ueber Feuerungsroste. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 213.

einem unter der Feuerstelle angebrachten Wasserbehälter, einer die Sohle des Aschenfalles *F* (Fig. 296) bildenden, mit Wasser gefüllten Vertiefung entwickelt wird. Der Wasserdampf wird bei Berührung mit der glühenden Kohle in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, wodurch eine entsprechende Wärmemenge gebunden wird. Der Wasserstoff verbrennt demnächst wieder zu Wasserdampf, so dass nur durch die Verdunstung des Wassers ein Wärmeverlust stattfindet.

Die Brennstoffstücke und die gebildete Asche verdecken die Spalte teilweise; letztere klemmt sich fogar in die Spalte. Daher ist der Querschnitt, welcher der Luft freiliegt, ein überaus wechselnder, je nachdem die Brennstoffstücke gestaltet sind, je nachdem diese unmittelbar auf den sie tragenden Stäben ruhen oder eine Aschenschicht sie von diesen trennt, je nachdem endlich die Spalte freigehalten werden. Man muss daher durch häufiges »Schüren« den Zustand gleichmäßig zu erhalten suchen; man reinigt insbesondere die Spalte durch rechenartige Geräte; man bewegt die Stäbe durch besondere Mechanismen<sup>227)</sup>.

Der *Oskar Winter'sche* »Germane« (Fig. 295), welcher in Art. 343 (S. 309) beschrieben wurde, bietet im vorliegenden Sinne ein Beispiel. In anderer Weise vermittelt *Mc Clave's* Rost<sup>228)</sup> die Aschenabföderung. Fig. 297 zeigt diesen Rost in zwei halben Querschnitten und in zwei halben Grundrissen. Die viereckige Rostplatte *a* enthält in einer Durchbrechung den Rahmen *b*, in welchem die drei eigenartigen Roststäbe *c* drehbar gelagert sind. Der vordere Zapfen *e* des mittleren Roststabes ist so lang, dass er die Rostplatte überragt, und ist hier vierkantig, so dass man einen Hebel aufstecken kann, um den Roststab in feinen Lagern hin und her zu drehen. Der mittlere Roststab ist aber mit den seitlich liegenden mittels der Stange *d* gekuppelt, weshalb die letzteren ebenso schwingen müssen wie der mittlere Roststab. So wird die Asche beseitigt. Um auch grössere Schlackenstücke und Steine nach unten befördern zu können, ist der Rost mit feinem Rahmen *b* vorn niederzukippen. Der Rahmen *b* ist zu diesem Ende mit zwei Zapfen *i* versehen, die in Ausparungen der Rostplatte *a* sich zu drehen vermögen. Für gewöhnlich hängt der lange Zapfen *e* vermöge eines Ueberwurfes unter der Platte *a*, wodurch der Rahmen am eigenmächtigen Kippen gehindert wird.



*Mc Clave's* Schüttelrost.

Feuerstellen anzugeben; deshalb folgen hier die gebräuchlichen Angaben, welche Mittelwerten entsprechen. Das genauere Regeln des Luftzutrittes kann nur durch

345.  
Schüren,  
Reinigen  
der Roste.

Nicht weniger einflussreich wie die Reinheit des Rostes ist die Art und Höhe der Brennstoffschicht, da von dieser die Widerstände abhängen, welche die Luft in ihr findet, also die Luftmenge, welche einströmt.

Wegen der vielfältigen, einzeln nicht wohl verfolgbaren Einflüsse ist es unmöglich, die zweckmäßigsten Masse für derartige

346.  
Mafsangaben.

227) Vergl.: Polyt. Journ., Bd. 229, S. 128, 226; Bd. 230, S. 453; Bd. 232, S. 106; Bd. 233, S. 180, 265, 353, 437.

228) Amer. Patent vom 20. Febr. 1883. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 1451.

Klappen oder Schieber erfolgen, welche z. B. in der Tür *E* (Fig. 296) angebracht sind, und zwar auf Grund von Untersuchungen der entstehenden Rauchgase<sup>229)</sup>.

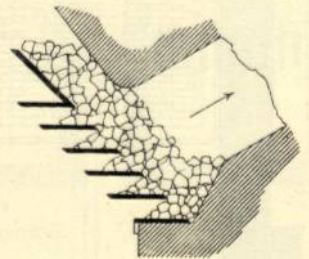
Benennung des Brennstoffes	Höhe der Brennstoffschicht	Dicke der Brennstoffstücke	Verbrennt stündlich auf 1 qm Roßfläche	Widerstand der Luftbewegung im Feuer für 1 qm Querschnittsfläche
Weichholz . . . . .	20	3	180 bis 250	1 bis 1,6
Hartholz . . . . .	20	3	150 » 200	0,9 » 1,2
Torf . . . . .	18	—	70 » 120	0,9 » 1,2
Steinkohle . . . . .	10	1 bis 2	60 » 110	3 » 8
Anthrazit . . . . .	10 bis 15	1 » 2	60 » 130	2 » 5
Koke . . . . .	15 » 25	—	60 » 130	2 » 6
	Centimeter		Kilogramm	

Die hier angegebenen Widerstände bilden einen Teil der durch den Auftrieb des Rauchschornsteines zu überwindenden; der zweite Teil besteht aus den in den Rauchwegen auftretenden Widerständen. Letztere kann man nur in einzelnen Fällen genau berechnen; sie sind aber allgemein auch nicht anzugeben, vielmehr in hohem Grade vom Längenprofil und von den Querschnitten der Rauchwege abhängig. Ueber 10 kg für 1 qm Querschnitt pflegt der am Fusse des Schornsteines zu überwindende Gesamtwiderstand selbst bei großen Steinkohlenfeuerungen nicht zu steigen. Bei einfachen und weiten Rauchwegen, geringerer Beanspruchung des Rostes, als die obige Tabelle angibt, und sonstigen günstigen Umständen sinkt der Gesamtwiderstand bis auf 2, ja 1 kg herab.

347.  
Treppenroste.

Sehr feinkörniger Brennstoff fällt durch die Rostpalte und geht hierdurch verloren. Eine bedeutendere Schichthöhe und Verwendung einer Feuerstelle nach Art von Fig. 293 (S. 308) ist wegen der Kleinheit der freien Hohlräume nicht anwendbar. Man verwendet für solchen Brennstoff deshalb den sog. Treppenrost (Fig. 298). Dieser ist aus einer Zahl nach Art der Treppenstufen übereinander gelegter eiserner Stäbe gebildet, deren Breite im Verhältnis zu ihrem lotrechten Abstände so gewählt ist, daß die Brennstoffteilchen nicht herausfallen können. Behufs gleichmäßiger Luftzuführung sollte die Neigung des Rostes mit dem Böschungswinkel des Brennstoffes zusammenfallen. Dieser Böschungswinkel ist jedoch abhängig von der Korngröße und vom Feuchtigkeitsgehalte des Brennstoffes, der sich fortwährend ändert. Man ist — zumal das Feuer nicht gesehen werden kann — nicht imstande, eine gleichmäßige Schichthöhe zu schaffen.

Fig. 298.



348.  
Verhüten  
der  
Rufsbildung.

Bezüglich der Bedienung des Feuers in der Feuerstelle ist noch das folgende zu sagen.

Die Verbrennung des Holzes, des Torfes, der Braunkohle, des Anthrazits und der Koke erfordert nur das Beseitigen der Asche und (bei Anthrazit und Koke) der Schlacke, sowie das Aufbringen neuer Brennstoffmengen. Die backende Steinkohle verlangt eine weitergehende, sorgfältige Behandlung. Bringt man sie auf das Feuer, so findet eine ziemlich rasche Vergasung der flüchtigen Teile statt. Die

<sup>229)</sup> Vergl.: FISCHER, F. Technologie der Brennstoffe. Braunschweig 1886. S. 220.

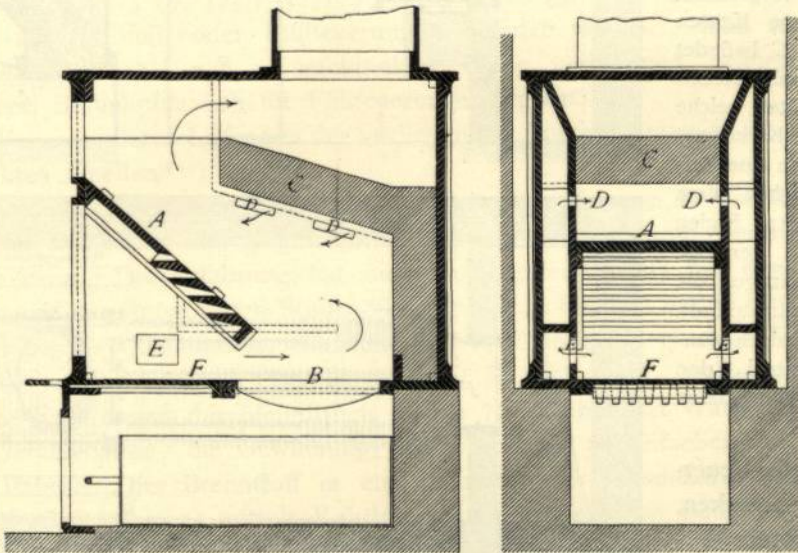


gebildeten Kohlenwasserstoffe zerlegen sich, und wenn es, wie häufig der Fall, an der genügenden Temperatur fehlt, so scheidet sich die Kohle teilweise als Ruß aus. Zu vermindern ist die Rußbildung dadurch, daß man die Rauchgase nicht eher mit kälteren Flächen in Berührung bringt, bis eine vollständige Verbrennung erfolgt ist, und ferner, daß man durch Zuführen erhitzter Luft diese Verbrennung beschleunigt.

Eine zu diesem Zweck eingerichtete Feuerstelle, die für einen Stubenofen bestimmt ist, zeigt Fig. 299 in zwei Schnitten.

Die Kohle wird durch die obere Türöffnung eingeworfen, stützt sich teils auf die früher gebildete, auf den wagrechten Roß *B* gestofene Koke, teils auf die Platte *A*, und wird durch die hohe Temperatur der untenliegenden Koke und des Feuerraumes verkocht. Die Gase stofsen zunächst gegen das heiße Gewölbe *C*, wofelbst sie sich mit den Rauchgasen des Kokefeuers, die in der Regel überflüssigen Sauerstoff enthalten, namentlich aber mit derjenigen

Fig. 299.

Feuerstelle für einen Stubenofen. —  $\frac{1}{25}$  w. Gr.

heißer Luft mischen, die den Oeffnungen *D* entströmt. Die Seitenwände der Feuerstelle sind zu diesem Ende hohl; in den Hohlraum tritt, vermöge der Oeffnungen *E*, Luft ein, welche gezwungen wird, einen größeren Teil der genannten Seitenwände zu bespülen und sich dementsprechend zu erwärmen. Zu bemerken ist noch, daß sowohl die Roßplatte *A*, als auch der Roß *B* nebst Herdplatte *F* behufs Reinigens des Ofens bequem nach vorn gezogen werden können.

Diese Feuerstelle gewährt zweifellos die Möglichkeit, die Rußbildung zu verhüten oder den Rauch zu verbrennen. Sobald jedoch die Verkockung sich vollzogen hat, ist die seitliche Luftzufuhr unnütz, und da sie einen erheblichen Luftüberschuß liefert, schädlich. Zweckmäßig verwertbar ist die Einrichtung nur, wenn man sich bequem, den Luftzutritt dem Verbrennungsvorgange entsprechend zu regeln, d. h. das Feuer regelmäÙig zu beobachten und sorgfältig zu bedienen.

Die Feuerstelle des sog. Schachtofens (vom Eisenwerk Kaiserslautern, Fig. 300) soll den gleichen Zweck erfüllen, ohne eine so sorgfame als die soeben angedeutete Bedienung zu verlangen.

Die Kohle gelangt durch den geneigten Schlot *C* in den Verbrennungsraum *A*, dessen Boden die Roßplatte *h g* bildet. Diese läßt bei *h* einen Spalt für den Zutritt der Luft frei und enthält außerdem in der Nähe von *h* eine Anzahl Schlitzte zu gleichem Zwecke. Die Verbrennung erfolgt deshalb vorwiegend in der linken Hälfte (in Bezug auf die Abbildung) der Feuerstelle *A*. Die von rechts herankommende Kohle gelangt zur Verkokung; ihre Gase mischen sich mit den Rauchgasen. In der Voraussetzung, daß diese nicht mit dem nötigen Sauerstoffüberschuß behaftet sind, ist ein besonderes Zuführen erwärmter Luft vorgesehen. In den oberen Kanten des Schlotes *C* befindet sich je ein Kanal dreieckigen Querschnittes, welche Kanäle mit *K* bezeichnet sind. Sie stellen eine Verbindung zwischen dem Feuer und dem Freien her, so daß, vermöge des Schornsteinzuges, die unterwegs erwärmte Luft, aus den dreieckigen Mündungen strömend, den oben erwähnten Gasen sich beimischt.

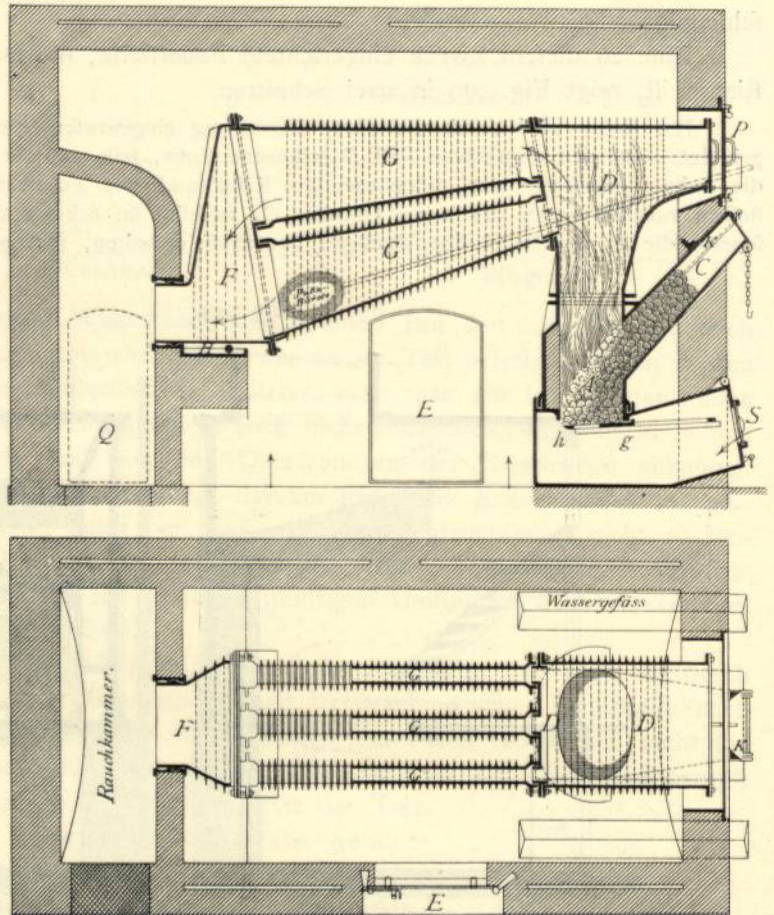
Zu dieser Feuerstelle ist zu bemerken, daß der geplante Vorgang nicht in der erwarteten Weise eintreten wird, sobald

die Kohle in erheblichem Grade bakt, indem alsdann die gebildete Koke mit Schürwerkzeugen zerbrochen werden muß, bevor sie dem Spalt *h* sich nähern kann, und ferner, daß voraussichtlich die Feuerung in der Regel mit großem Luftüberschuß arbeiten muß, um eine vollständige Verbrennung zu erzielen.

Es möge noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß bei der vorliegenden Feuerung der Rauch den Brennstoffvorrat nicht in ganzer Höhe zu durchschreiten braucht, sondern nur längs kürzeren Weges.

Die gewöhnliche Feuerstelle mit ebenem oder Planroß (Fig. 296) vermag bei guter Anordnung und vorsichtiger Bedienung rauchfrei und ohne großen Luftüberschuß zu arbeiten. Man schiebt die klar brennende Koke, nachdem die gebildeten Schlackenteile beseitigt sind, nach hinten und legt die neue Kohlenbeschickung vor diese Kokefchicht. Die Verkokung dieser Kohle findet dann allmählich statt, so daß — wenn man die gebildeten Gase zwingt, über das klare Kokefeuer hinweg-

Fig. 300.

Schachtofen des Eisenwerkes Kaiferslautern. —  $\frac{1}{40}$  w. Gr.

zuzutreiben, und eine zu rasche Abkühlung der Gase hindert — eine rauchfreie Verbrennung ohne Schwierigkeit gelingt. Nachdem die Verkokung vollendet ist, aber nicht früher, behandelt man das Ganze, wie vorhin gesagt wurde. Diese Art des Feuernes liefert gute Ergebnisse, erfordert aber einen fleißigen und geschickten Arbeiter.

Im *Meidinger*-Ofen (Fig. 293, S. 308), den man bis zum Rauchrohr *D* mit Kohle recht gleichförmiger Körnung füllt — nach Oeffnen der Klappen *E* und *F* — entzündet man die Kohle von oben, so daß die der Kohle entweichenden Kohlenwasserstoffe das höherliegende Feuer durchströmen müssen und hier Gelegenheit zum Verbrennen finden.

Man unterscheidet gewöhnliche, Halbfüll- und Füllfeuerungen, je nachdem man die mit Planrost versehene Feuerstelle bei jedesmaliger Bedienung mit weniger oder mehr Brennstoff beschickt. Diejenigen Feuerstellen, welche eine große Brennstoffmenge zu fassen vermögen, erleichtern die Bedienung, da sie solche seltener verlangen. Fig. 293, 294 u. 295 (S. 308 u. 309), 299 (S. 313), 300 (S. 314), 314 (S. 324), 315 (S. 325), 317 (S. 327) u. 320 (S. 330) stellen Feuerstellen dar, welche als Halbfüll- oder Füllfeuerungen benutzt werden. Man kann in ihnen backende Steinkohle nur in beschränkter Weise verbrennen, während Anthrazit, Koke und Braunkohle sich für Füllfeuerungen eignen.

Wegen anderer Löfungen der vorliegenden Aufgabe verweise ich auf die untenvermerkten Quellen<sup>230)</sup>.

Aus den gegebenen Erörterungen dürfte zur Genüge hervorgehen, daß nur bei guter Bedienung durch geschulte Personen eine tadellose Verbrennung erzielt werden kann. Die Erfahrung hat denn auch gezeigt, daß mit den gewöhnlichen Dienstboten überantworteten Stubenöfen oft nur 15 bis 20 Vomhundert, durchschnittlich 20 bis 30 Vomhundert, höchstens 40 Vomhundert derjenigen Wärme nutzbar gemacht werden, welche die Tabelle auf S. 305 nennt, während gut geleitete größere Feuerungen durchschnittlich 50 bis 70 Vomhundert Wärmeausbeute liefern.

Der Gedanke, die Gewinnung der Wärme zu vereinfachen, indem in besonderen Fabriken der Brennstoff in ein gleichmäßiges, brennbares Gasgemisch verwandelt wird, welches mittels Rohrleitungen den einzelnen Bedarfsstellen zugeführt wird, ist daher ein durchaus gesunder. Die Großgewerbe benutzen dieses Verfahren in ausgedehntem Maße; für die Heizung und Lüftung ist zur Zeit nur der Verbrauch des teuren, zu Beleuchtungszwecken verfertigten Gases von Bedeutung, weshalb auch nur von diesem weiter unten die Rede sein wird.

Für flüssigen Brennstoff — Erdöl — sind bisher wenige Arten von Feuerstellen bekannt. Sie haben bisher für Heizungs- und Lüftungszwecke keine Bedeutung.

Mehr Verwendung hat, trotz seines hohen Preises, das Leuchtgas gefunden, wegen der Bequemlichkeit der Bedienung und der Reinlichkeit seiner Feuerstellen.

Sofern es sich um Erwärmung solcher Luft handelt, welche mit den Rauchgasen des Leuchtgases verunreinigt werden darf, so genügt eine entsprechende Zahl Einlochbrenner, um die Heizkraft des Gases nahezu vollständig auszunutzen. Die

<sup>230)</sup> TEN-BRINK's rauchverzehrende Feuerung. *Polyt. Journ.*, Bd. 225, S. 245.

FISCHER, H. Bericht über die Ausstellung von Heizungs- und Lüftungs-Anlagen in Cassel. *Polyt. Journ.*, Bd. 225, S. 521.

Verdampfungsversuche mit einem TEN-BRINK'schen Dampfkessel. *Polyt. Journ.*, Bd. 226, S. 461.

MAC DOUGALL's mechanischer Rost mit Rauchverzehrer. *Polyt. Journ.*, Bd. 229, S. 128.

PROCTOR's mechanischer Heizer. *Polyt. Journ.*, Bd. 229, S. 226.

Ueber Feuerungsroste. *Polyt. Journ.*, Bd. 229, S. 474.

Selbstthätige Feuerung mit HOLROYD SMITH's Rostschrauben. *Polyt. Journ.*, Bd. 230, S. 453.

Neuerungen an Dampfkessel-Feuerungen. *Polyt. Journ.*, Bd. 233, S. 180, 265, 353, 437.

351.  
Füllfeuerungen.

352.  
Wärme-  
ausbeute.

353.  
Feuerstellen  
für flüssige  
Brennstoffe.

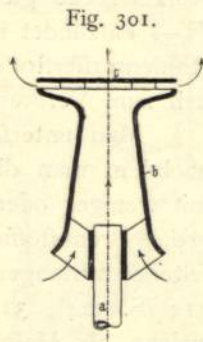
354.  
Feuerstellen  
für  
Leuchtgas.

Flammen leuchten und dienen deshalb nicht allein dem Zwecke, Wärme zu entbinden, verurfachen hierdurch aber einen allerdings geringen Wärmeverlust. Wesentlicher ist, daß diese Flammen rufen, wenn sie, bevor vollständige Verbrennung stattfand, mit kalten Flächen in Berührung kommen. Die Flammen werden nicht leuchtend, also auch nicht rufsbildend, wenn das Gas vor der Verbrennung mit Luft gemischt wurde. Dies bezweckende Brenneinrichtungen findet man in den unten genannten Quellen beschrieben<sup>231)</sup>.

Einfach und zweckmäßig ist der *Wobbe*-Brenner (Fig. 301). *a* bezeichnet das Gaszuführungsrohr. Ueber dieses ist ein weiteres Rohr *b* gefchoben, und zwar so, daß am unteren Rande des letzteren ringsum Luft eintreten kann. In *b* mischen sich Luft und Gas; die Leichtigkeit dieses Gemisches bewirkt das Einfaugen. Oben ist der Deckel *c* angebracht, der mit dem aufgestülpten oberen Rande von *b* einen engen, dem Austritt des Gemisches dienenden Spalt bildet. Dieser Spalt muß eng fein, um das sog. »Zurückschlagen« der Flamme zu verhüten.

Im vorliegenden Falle bringt der Luftüberschuss keine Wärmeverluste hervor. Wesentlich anders ist es, wenn man den Rauch des Gases Wänden entlang führen will, deren entgegengesetzte Flächen die Wärme an Luft oder Wasser abgeben sollen, wenn also die Verbrennungsgase, nachdem sie den benutzbaren Teil ihrer Wärme abgegeben haben, in das Freie entlassen werden sollen. Bei Verwendung des Gases zum Heizen sollte nie anders verfahren werden, um die Verunreinigung der Luft durch den Rauch des Gases zu verhüten.

Folgende Gesichtspunkte sind für den Entwurf derartiger Feuerstellen maßgebend. Offenbar muß die der Feuerung in der Zeiteinheit zugeführte Luftmenge in bestimmtem Verhältnis zur Leuchtgasmenge stehen; wahrscheinlich braucht sie nur wenig größer zu sein als die in der Tabelle auf S. 305 angegebene einfache Luftmenge. Um die Wärmeentwicklung dem Bedarfe entsprechend zu regeln, müssen daher der Zufluss des Gases und gleichzeitig derjenige der Luft geregelt werden, was ohne Schwierigkeit durch eine Handlung möglich sein dürfte, indem die beiden in Frage kommenden Ventile miteinander in Verbindung stehen. Die Regelung dürfte umso leichter gelingen, da der Brennstoff durchaus gleichförmig ist. Ein vorheriges Erwärmen der Luft sowohl als des Gases ist mindestens sehr nützlich, um eine vollständige Verbrennung zu erreichen<sup>232)</sup>.



Wobbe's Brenner.

### c) Wärmeabgabe der Feuergase an die Luft.

Die Wärmeabgabe der Feuergase an die Luft kann stattfinden:

- 1) ohne jedes Zwischenmittel (Kaminheizung);
- 2) unter Vermittlung einer festen Wand (Ofenheizung), und
- 3) unter Vermittlung fester Wände und von Wasser oder Dampf (Wasser- und Dampfheizung).

<sup>231)</sup> PRECHTEL, J. J. v. Technologische Encyclopädie. Supplementband 3. Stuttgart 1861. S. 275.

Ein BUNSEN'Scher Brenner ohne Rückschlag. *Scientif. American*, Bd. 30, S. 387. *Polyt. Journ.*, Bd. 219, S. 408.

MUENCKE, R. Gaslampe für kohlenwasserstoffreiche Leuchtgase, Fettgas, Oelgas etc. *Polyt. Journ.*, Bd. 225, S. 83.

FISCHER, H. Ausstellung in Cassel. Feuerungen für flüssige Brennstoffe. *Polyt. Journ.*, Bd. 226, S. 15.

GODEFROY'S Brenner. *Polyt. Journ.*, Bd. 228, S. 279.

MUENCKE, R. Gaslampe mit Luftregulierungsvorrichtung für gewöhnliches und für an Kohlenwasserstoff reiches Leuchtgas. *Polyt. Journ.*, Bd. 233, S. 227.

FISCHER, F. Ueber die Verwendung des Leuchtgases zur Wärmeentwicklung. *Polyt. Journ.*, Bd. 249, S. 374.

<sup>232)</sup> Siehe auch: REICHARD. Heizung mit Leuchtgas und der Karlsruher Schulföfen. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1890, S. 2 — ferner: Fortschritte auf dem Gebiete der Architektur. Nr. 1: Die Gasofen-Heizung für Schulen. Darmstadt 1894.

## 1) Wärmeabgabe ohne Zwischenmittel (Kamine).

Der reine Kamin (vergl. Art. 342 u. Fig. 291, S. 307), sowie das offene Feuer bieten hierher gehörige Beispiele. Die Wärmeausnutzung ist aus früher angegebenen Gründen hierbei eine sehr geringe. Auch die Beheizung einiger Lockschornsteine (vergl. Art. 263, S. 223) gehört hierher. Diese nutzen jedoch die Wärme der Feuergase vollständig aus, indem die letzteren sich mit der zu erwärmenden Luft mischen.

355.  
Kamine.

## 2) Vermittelung durch eine feste Wand.

(Oefen für Einzel- und Sammelheizungen; Kanal- und Feuerluftheizung.)

Hierher gehören die Heizöfen der Einzel- und der Sammelheizungen, sowie mehr oder weniger die Halböfen oder verbesserten Kamine, auch Kamin- oder Cheminée-Oefen genannt.

356.  
Verbesserte  
Kamine.

Die letzteren entspringen den Versuchen, die äußere Erscheinung des für die heutigen Heizbedürfnisse ungenügenden eigentlichen Kamins beizubehalten, ihn aber derart umzubilden, daß einerseits die Annehmlichkeiten der offenen Feuerstelle und der damit zusammenhängenden reichlichen Luftabführung möglichst gewahrt bleiben, andererseits aber die Nachteile der Kaminheizung tunlichst gemildert werden, insbesondere eine bessere Ausnutzung des Brennstoffes, als die gewöhnlichen Kamine gewähren, erzielt wird. Obwohl ungeachtet dieser Verbesserungen der Kaminofen als wirtschaftlich gutes Heizmittel nicht bezeichnet werden kann, so findet er wegen seiner Gestalt und wegen der angedeuteten Annehmlichkeiten doch vielfache Anwendung, namentlich in solchen Fällen, wo man auf möglichst hohe Wärmeabgabe der Feuergase keinen großen Wert legt. (Vergl. die unten genannten Quellen<sup>233</sup>.)

Die Wände der Heizöfen, welche an einer Seite vom Rauche bespült werden und von dieser diejenige Wärme übernehmen, die der an der anderen Seite befindlichen Luft übermittelt wird, bestehen vorwiegend aus Eisen und Ton; nur selten werden sie aus anderen Stoffen hergestellt.

357.  
Heizöfen.

Der größeren Wärmeleitungsfähigkeit wegen verwendet man Eisen, und namentlich Gusseisen, vorwiegend zu solchen Ofenwänden, welche verhältnismäßig klein werden sollen, während tönerner, aus sog. Kacheln, Tonrohren oder Backsteinen gebildete Oefen für diejenigen Fälle Anwendung finden, in denen der größere Raumbedarf nicht lästig ist, zu gleicher Zeit aber großer Wert auf geringe Heizflächentemperatur (vergl. Art. 358, S. 319) gelegt wird. Dicke tönerner Wände vermögen eine größere Wärmemenge in sich aufzuspeichern, was sie befähigt, den Wechsel in der Wärmeentwicklung weniger fühlbar zu machen. (Vergl. Kap. 14, unter a.)

Eiserne Oefen haben vor tönernen immer den Vorzug, widerstandsfähiger gegen Erschütterungen u. a. zu sein. Man wählt das Eisen deshalb, sobald die Oefen Erschütterungen ausgesetzt sind (in Eisenbahnfahrzeugen, Fabriken, Tanzsälen u. f. w.) oder gar die Gefahr einer absichtlichen Zerstörung vorliegt (in Gefängnissen). Für die Zimmerheizung zieht man oft Kachelöfen den eisernen Oefen vor, indem erstere meistens durch anhaltendere Wärmeabgabe sich auszeichnen.

Die Heizung unserer Wohnräume mittels Oefen kann bis auf die frühmittelalterliche Zeit zurückgeführt werden und gehört dem Norden, hauptsächlich Deutschland und der Schweiz an; die ältesten uns erhaltenen Oefen sind große Kachelöfen aus dem XV. Jahrhundert. Derlei Oefen

<sup>233</sup>) Polyt. Journ., Bd. 226, S. 116; Bd. 231, S. 200.

wurden anfangs aus einfach geformten, später aus reicher gegliederten, meist mit plastischem Ornament, mit figürlichen Darstellungen, Inschriften u. s. w. versehenen Kacheln hergestellt, deren Wirkung durch schlichte, farbige Glafierung, insbesondere aber durch bunten Farbenschmelz gehoben wurde. Es kann auf diese äußerst charakteristischen, oft sehr reichen und schönen Arbeiten des späten Mittelalters und der Renaissancezeit hier nicht eingegangen werden; es mag auf die unten genannten Quellen<sup>234)</sup> verwiesen und nur erwähnt werden, daß die alten Vorbilder in neuerer Zeit nicht allein getreu und schön nachgeahmt (dabei mit verbesserten Feuerungseinrichtungen versehen) werden, sondern daß sie auch die Anregung zu freier formaler Weiterentwicklung und zur Wiederaufnahme des Farbenschmelzes für die neueren Kachelöfen gegeben haben.

Die alten (auch die reicher verzierten) Kacheln haben eine Breite von annähernd 20 cm und eine meist größere Höhe, bis zu 30 cm; die neueren Muster sind niedriger und zeigen vorwiegend grüne und braune Glafur; die bunte Farbenbehandlung ist jetzt weniger häufig als in früheren Zeiten. Neben diesen sind noch die modernen glatten Kacheln, die vor wenigen Jahren fast ausschließlich Verwendung fanden und als halbweisse, weisse und feine Schmelzkacheln unterschieden werden, zu

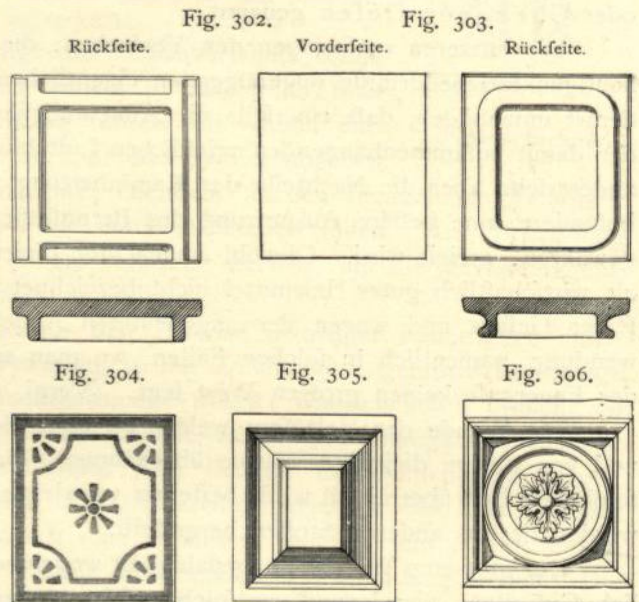
erwähnen; ferner die sog. Damastkacheln, bei denen auf der weissen oder farblich glasierten Aussenfläche mittels des Sandblaseverfahrens Muster hervorgebracht sind. (Siehe Fig. 302 bis 306.)

Solche Kacheln werden fast überall in der Grösse von 20 bis 22 cm Breite auf 24 bis 26 cm Höhe, oft auch quadratisch mit 17 bis 20 cm Seitenlänge und verzierten oder einfach abgefaßten Kanten hergestellt. Des Verbandes wegen sind Eckkacheln, welche einerseits die ganze, andererseits die halbe Breite haben, notwendig. Die Gefimse und Ornamente der weissen Kachelöfen, welche durch Glafur an Schärfe der Form verlieren, werden häufig als matte Terrakotten hergestellt.

Die formale Ausbildung der gusseisernen Öfen wurde, obwohl sie in gewissen Teilen Deutschlands

u. a. O. schon seit langer Zeit vorwiegend zur Heizung der Wohnräume benutzt werden, bis vor kurzem vernachlässigt; ziemlich sinnlose Ornamente, welche den Blechplatten des Gusmodells in geringer Stärke aufgenietet wurden, bildeten fast den einzigen Schmuck (?). Erst der Neuzeit war es vorbehalten, auch auf diesem Gebiete läuternd vorzugehen und Formen zu schaffen, welche künstlerische wie konstruktive Anforderungen befriedigen können. In letzterer Beziehung ist vor allem darauf zu achten, daß die Abmessungen der einzelnen Gussteile, die Lage ihrer Fugen und Stöße so gewählt werden, daß sie einerseits der Konstruktion des Ofens entsprechen, bezw. sie nicht stören, andererseits ein leichtes und bequemes Zusammenfügen der einzelnen Teile gestatten.

In Rücksicht auf die fabrikmässige Herstellung der gusseisernen Zimmeröfen ist darauf zu achten, daß ihr Aussenbau aus einer möglichst geringen Zahl lotrechter Platten bestehe, deren Modell sich beim Formen ohne weiteres aus dem Formsand herausheben läßt, sowie aus einer Folge von wagrecht liegenden Ringen, die in gleicher Weise ohne jede besondere, gekünstelte Verunstaltung geformt werden können. Deshalb darf das Modell der Platten nirgends unter-



Kacheln. —  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

<sup>234)</sup> ESSENWEIN, A. Buntglafirte Thonwaren des 15.—18. Jahrhunderts im germanischen Museum. Anzeiger für Kunde der deutschen Vorzeit 1875, S. 33, 65, 137 u. 169.

BÜHLER, CH. Die Kachelöfen in Graubünden aus dem 16.—17. Jahrhundert. Zürich 1881.

schnitten fein und dasjenige der Ringe keine Nut und keinen vorstehenden Stab aufweisen. Bei eckig gefalteten Öfen ist auch noch zu berücksichtigen, daß je zwei von den vier lotrechten Platten, welche ein Stockwerk des Ofens bilden, an den Kanten um ein bestimmtes Maß (etwa 1,5 mm) überstehen müssen<sup>235</sup>).

Auf den Heizflächen liegender Staub oder an ihnen haftender Schmutz zerfallen sich, soweit sie pflanzlichen oder tierischen Ursprungs sind, verhältnismäßig rasch; ja nicht selten ist die Heizflächentemperatur hoch genug, um die Schmutzteile zu verbrennen. Die entstehenden Gase verderben natürlich die sich an den Heizflächen erwärmende Luft. Daher ist das Reinhalten der Heizflächen von hohem Werte; man hat dafür zu sorgen, daß sie gut von Schmutz zu reinigen sind.

Dies bedingt zunächst entsprechende Zugänglichkeit, ferner aber einen Zustand der Flächen, welcher ihre Reinigung nicht erschwert.

Glatte, womöglich mit einem Glasfluß oder Schmelz überzogene Flächen sind von diesem Gesichtspunkte aus die zweckmäßigsten, rauhe Flächen dagegen im allgemeinen zu verwerfen.

In Rücksicht auf die Wärmeabgabe verhält sich aber die rauhe Fläche günstiger als die glatte. Dies geht deutlich aus folgender Ueberlegung hervor.

Fig. 307.



Der durch Fig. 307 dargestellte gußeiserne Wandquerschnitt wird einerseits von der glatten Fläche  $F$ , andererseits von einer geriefen Fläche, deren Größe durch die Riefung zu  $nF$  geworden ist, begrenzt.

Ist die Riefung unter 60 Grad Neigungswinkel ausgeführt, so wird  $n = 2$ , also die geriefte Fläche doppelt so groß als die glatte. Die geriefte Fläche gibt daher in derselben Zeit doppelt so viel

Wärme ab, als die glatte unter sonst gleichen Umständen abgeben würde; das  $k$  in Gleichung 18 (S. 127) wird also auf etwa das  $1\frac{1}{2}$ fache vergrößert.

Man ist mit der durch eine solche Riefung zu erzielenden Vergrößerung des  $k$  vielfach nicht zufrieden, sondern bildet — namentlich an der von der Luft be-

pülten Seite — hohe Rippen nach Fig. 308 u. 309 aus, welche hinsichtlich ihres Abstandes (von 0,02 m ab aufwärts), ihrer Länge (von 0,01 m bis 0,25 m) und ihrer Dicke sehr verschieden sind. Diese Rippen vergrößern die Oberfläche erheblich in dem Sinne, wie das vorige Beispiel dies erläuterte. Indes sind bei der Wertschätzung dieser Vergrößerung folgende Umstände nicht zu übersehen.

Fig. 308.

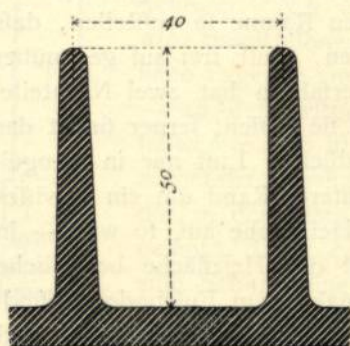
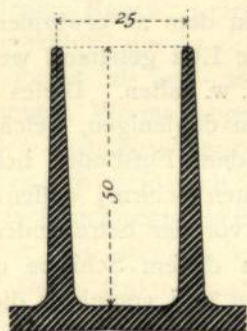


Fig. 309.



Zunächst geht ein Teil der Wärmestrahlung verloren, indem die sich gegenseitig bestrahlenden Flächen gleiche Temperaturen haben; gleiches tritt aber auch bei anderen zusammengesetzten Heizflächen ein. Ferner ist die Temperatur der Rippenoberfläche um so niedriger (wenn, wie fast immer, die gerippte Seite die wärmeabgebende ist), je weiter die betreffende Stelle von der Wurzel der Rippe entfernt liegt.

<sup>235</sup>) Siehe: Eiserne Zimmeröfen. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 2.

*Deny* fand <sup>286)</sup> bei 0,20 m hohen Rippen:

0,04 m	von der Wurzel	263 Grad
0,10 m	» » »	186 »
0,10 m	» » »	134 »

Andere, in derselben Quelle angegebene Versuche liefern ähnliche Ergebnisse. *Deny* versucht, die Ergebnisse in rechnerische Formen zu kleiden. Ich vermag einer solchen aber kein Vertrauen zu schenken, weil folgender Umstand nicht berücksichtigt worden ist.

Dieser meines Erachtens wichtige Umstand besteht in der Verschiedenheit der Temperaturen, welche dem wärmeaufnehmenden Mittel, das zwischen den Rippen sich fortbewegt, eigen ist. Solange man annehmen darf, daß dieses, z. B. Luft, den dann lotrechten Kanal zwischen den Rippen ohne erhebliche Seitenströmungen verfolgt, muß der längs der Sohle strömende Teil viel wärmer werden als der weiter aufsen fließende, weil ersterer eine verhältnismäßig größere Heizfläche bespült als letzterer. Der Kanal hindert natürlich Seitenströmungen an seiner offenen Seite viel weniger als in der Nähe der Sohle, so daß das wärmeabführend wirkende Mischen der im Kanal sich bewegenden Luft an ersterer Stelle viel lebhafter stattfindet als an letzterer. Hierdurch wird die Verschiedenheit der Temperaturen weiter gesteigert. Da endlich, wie bereits angegeben, die weiter nach aufsen gelegenen Flächen der Rippen weniger warm sind als die ihrer Wurzel benachbarten, so wird auch hierdurch die Temperaturverschiedenheit des wärmeaufnehmenden Mittels gesteigert. Für die Wärmeabgabe der Heizflächen ist aber wesentlich ihr Temperaturüberschuß gegenüber dem zu Erwärmenden maßgebend.

Aus den erwähnten vielseitigen Einflüssen dürfte nur ein äußerst verwickelter Ausdruck zur Bestimmung des Temperaturüberschusses allgemein zutreffende Ergebnisse liefern, so daß es, wenigstens zur Zeit, zweckmäßiger ist, den Nutzen der Rippen nach Erfahrungswerten zu schätzen.

Dies ist insbesondere hinsichtlich derjenigen Heizflächen richtig, die an einer Seite vom Rauche bespült werden, weil man selbst die Rauchttemperatur nicht mit Sicherheit zu bestimmen vermag. Weiter unten finden sich hierüber einige Angaben.

Man kann die Heizflächen in dem zu erwärmenden Raume so aufstellen, daß die Wärmestrahlen nur durch die Luft gehemmt werden, sonst frei auf gegenüber befindliche Menschen, Möbel u. f. w. fallen. Dieses Verfahren hat zwei Nachteile. Zunächst stören die Wärmestrahlen diejenigen, welchen sie treffen; ferner findet das Erwärmen der unmittelbar über dem Fußboden befindlichen Luft nur in mangelhafter Weise statt. Stellt man einen Schirm, dessen unterer Rand um ein gewisses Maß vom Fußboden entfernt ist, vor der betreffenden Heizfläche auf, so wird — in erster Linie — nur die zwischen diesem Schirme und der Heizfläche befindliche Luft erwärmt; sie steigt nach oben und veranlaßt die nahe dem Fußboden befindliche kälteste Luft durch den Spalt, welcher zwischen dem unteren Schirmrande und dem Fußboden vorhanden ist, zur Heizfläche zu strömen. Die kälteste Luft wird also beseitigt; an ihre Stelle tritt wärmere, von oben allmählich niedersinkende Luft, d. h. unmittelbar über dem Fußboden entsteht eine höhere Temperatur, als wenn der Schirm nicht vorhanden wäre. Der zu einem die Heizfläche ganz umgebenden Mantel ausgebildete Schirm wirkt offenbar vollkommener, so daß meistens die Anwendung solcher Ofenmäntel der freien Lage der Heizflächen vorzuziehen ist. So weit vorläufig über Ofenmäntel und nicht ummantelte Oefen.

359.  
Ofenmäntel.

<sup>286)</sup> Siehe: DENY, F. Die rationelle Heizung und Lüftung. Deutsch von E. HARBECHE. Berlin 1886. S. 46.



Die Wärme des Rauches wird an die Luft abgegeben, indem man den Rauch durch einen Kanal (den Rauchweg) führt, dessen Wände mit ihrer Außenfläche Luft berühren. Die Gestalt des Rauchweges ist von Einfluss auf die Leistung der Oefen. Man kann dem Rauchweg eine nahezu wagrecht liegende, langgestreckte gerade Gestalt geben<sup>237)</sup>. Diese Anordnung leidet zunächst an dem Mangel des schwierigen Dichthaltens der Verbindungen, indem die große ununterbrochene Länge des Rauchweges entsprechend große Dehnungen verursacht, denen der Kanal, seines großen Gewichtes halber, nicht genügend zu folgen vermag. Außerdem bietet diese Kanalheizung erhebliche Schwierigkeiten beim Anheizen (vergl. Art. 229, S. 185), welches meistens zuvoriges Anwärmen des Schornsteines verlangt.

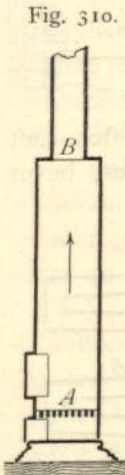
360.  
Erwärmung  
mittels  
Kanalheizung.

Man begegnet nicht selten der Auffassung, dass durch die Kanalheizung, deren Rauchweg die ganze Länge des zu heizenden Raumes durchschneidet, letzterer besonders gleichförmig erwärmt werde. Diese Ansicht ist eine irrthümliche, indem notwendigerweise in der Nähe der Feuerstelle der Rauch eine weit höhere Temperatur haben muss als in der Nähe des ihn abführenden, zugerzeugenden Schornsteines. Der Versuch, der hieraus entstehenden Ungleichheit der Heizflächentemperaturen durch Anordnung verschieden dicker oder doch verschieden gut leitender Kanalwände entgegenzutreten, ist bisher nicht gelungen; man muss daher die Ausgleichung der Temperaturen innerhalb des zu heizenden Raumes seinem Luftinhalt überlassen.

Dies sind schon genug gegen die Anwendung der Kanalheizung sprechende Gründe; sie kommt deshalb nur noch selten zur Anwendung. Der lange wagrechte Rauchweg kann auch in mehrere kürzere nebeneinander liegende Stücke zerlegt werden, von denen jedes einen Teil des Rauches erhält<sup>238)</sup>. Die Schwierigkeit, den Rauch auf die einzelnen Rauchwege gleichmäßig zu verteilen, macht diese Anordnung indes wenig empfehlenswert.

Es ist ferner möglich, den Rauch lotrecht oder doch nahezu lotrecht nach oben strömen zu lassen. Fig. 310 veranschaulicht diese Einrichtung. Nur derjenige Rauch, welcher die Ofenwandungen berührt, wird unmittelbar abgekühlt, der in der Mitte des Rauchweges befindliche dagegen nur insoweit, als er — vielleicht infolge von Wirbelungen — an den erstgenannten Wärme abgibt. Der kühlere Rauch ist der schwerere; er ist den Reibungswiderständen der Wandung unmittelbar ausgesetzt, weshalb er sich wesentlich langsamer nach oben bewegt als der in der Mitte des Rauchweges befindliche wärmere Rauch. Dieser gelangt daher rascher und weniger entwärmt von der Feuerstelle *A* zum Schornsteine *B* als derjenige Rauch, welcher mit den Ofenwänden in Berührung steht. Die Leistung der Anordnung wird daher eine geringe sein, wie man von den fog. Kanonen- oder Säulenöfen weiß. Je weiter der Querschnitt des den Schornstein bildenden, bezw. zum Schornstein führenden (fog. Rauch-) Rohres *B* ist, umso rascher wird der wärmere Rauch entweichen, umso geringer die Wärmeabgabe des Ofens werden.

361.  
Erwärmung  
mittels  
Ofenheizung.



Säulenofen.

237) Vergl. das Kapitel über »Canalheizung« in: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunschweig 1880. S. 691 — ferner:

KNOBLAUCH, E. Der Umbau der Jerusalem-Kirche in Berlin. Deutsche Bauz. 1880, S. 216.  
Kirchenheizung. Mitth. d. Gwvver. f. Hannover 1869, S. 285.

BLANKENSTEIN. Ueber die WAGNER'sche Canalheizung in den Kirchen Leipzigs. Zeitschr. f. Bauw. 1872, S. 37.

238) Vergl. REDTENBACHER, F. Der Maschinenbau. Bd. 2. Mannheim 1863. S. 444.

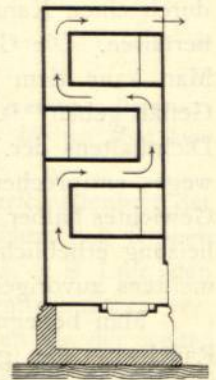
Der Zickzackofen (Fig. 311) ist vorteilhafter, indem an jeder scharfen Ablenkung des Rauchweges lebhaftere Wirbelungen entstehen, die Mischungen des kalten und wärmeren Rauches hervorrufen. Diese Mischungen gelingen jedoch nicht vollständig, so daß, namentlich bei weiten Rauchwegen, die wärmsten, am wenigsten ausgenutzten Rauchgase den anderen voreilen. Durch zweckmäßige Wahl der Querschnitte vermag man diesen Uebelstand sehr herabzudrücken; jedoch ist das vollständige Anpassen an die zu leitenden Rauchmengen nicht möglich, teils wegen des wechselnden Wärmebedarfes; teils wegen der Rufsamm- lung, welche die Querschnitte fortwährend ändert.

In der 1876er Hygieneausstellung zu Brüssel waren russische Säulenöfen vertreten, bei denen auf folgendem Wege das ein- seitige Voreilen der heißesten Gase verhütet wurde. In dem Schacht, dessen unterer Teil die Feuerstelle enthielt, waren mehrere wagrechte Platten angebracht, welche dem Rauche nur gestatteten, zwischen ihrem Rande und der Schachtwand emporzusteigen. Angesichts der ge- ringen Weite der betreffenden Oeffnungen kann man wohl erwarten, daß bei jeder Platte eine ziemlich voll- ständige Mischung der verschieden warmen Rauch- teile stattfindet.

Der durch Fig. 312 dargestellte Rauchwegverlauf, welcher bereits in Art. 275 (S. 236) besprochen wurde, erscheint als der vorteilhaftere, indem dieser nur den am meisten abgekühlten Rauch in den Schornstein ent- weichen läßt. Er vereinigt hiermit noch den Vorteil, daß, wenn der betreffende Ofen ummantelt oder in einer besonderen Heizkammer aufgestellt ist, der kälteste Rauch der kältesten Luft gegenüber sich befindet, also eine möglichst starke Abkühlung des Rauches, bevor er in den Schornstein entweicht, gestattet. Man führt die vorliegende Rauchweganordnung entweder getreu nach dem vorliegenden Bilde aus<sup>239)</sup>, wo- bei nach Umständen das Zerlegen des Kastens *B* (Fig. 312) in lotrechte, nebeneinander liegende Teile stattfindet, oder man läßt den Rauch in zickzack- förmig gestalteten Rohren *B*, nach der schematischen Figur 313, vom lotrechten Feuer- schacht *A* nach dem Schornsteine sich bewegen<sup>240)</sup>.

Gleichgültig, ob man den zweiten Teil des Ofens, in welchem der Rauch vorwiegend seine

Fig. 311.



Zickzackofen.

Fig. 312.

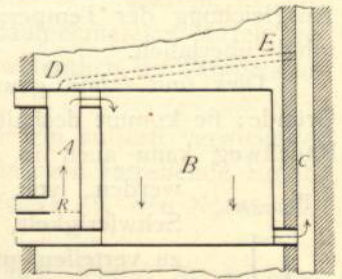
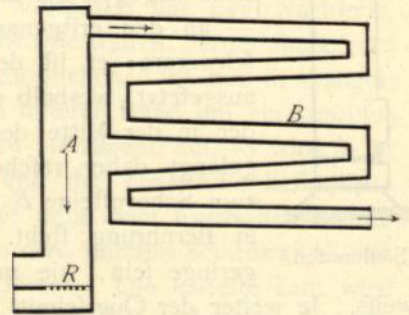


Fig. 313.



<sup>239)</sup> Vergl.: BOYER'S Luftheizungsöfen. Mitth. d. Gwilver. f. Hannover 1869, S. 282.

Öfen von CORDES & HERM. FISCHER. Mitth. d. Gwilver. f. Hannover 1872, S. 28.

Schachtofen Kaiserslautern. Art. 349 (S. 314) dieses Bandes.

CEDERBLUM. Beheizung mit warmer Luft. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 416.

KÄUPFER. Feuerluftheizungsöfen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 418.

GEBR. KÖRTING. Öfen mit Schrägrippen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1886, S. 746; 1888, S. 780.

<sup>240)</sup> Vergl.: FISCHER, H. Ausstellung in Caffel. Öfen von REINHARDT in Würzburg und von KELLING in Dresden. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 10 u. 11.

FISCHER, H. Weltausstellung in Paris. Halbofen von GAILLARD, HAILLOT & Co. in Paris. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 201.

Wärme abgeben soll, kastenförmig oder in der angegebenen Art aus Rohren bildet, ist die Weite der Querschnitte nur insofern zu beachten, als sie für das Durchströmen des Rauches weit genug sein müssen. Eine beliebige Vergrößerung der Querschnitte über das notwendige Bedürfnis hinaus stört die Nutzleistung des Ofens nicht.

Die Gestalt der Rauchwege ist mit Rücksicht auf ihre Entrufung zu wählen. Wenn auch die nach zuletzt genannter Art angeordneten Oefen eine Entrufung zu Gunsten des Freihaltens der Rauchwegquerschnitte nicht bedürfen, so ist doch das Beseitigen des Rufs geboten, um die innere Seite der Wandungen rein, sie also zur Wärmeleitung geeigneter zu erhalten. Die feine Zerteilung des Rufs befähigt diesen, geringem Luftzuge folgend, sich weit zu verbreiten, sobald er von den Rauchwegwänden abgelöst worden ist. Das Entrufen verursacht deshalb, trotz größter Vorficht, Verunreinigung der Luft. In den Zimmern stehende Oefen wird man, wenigstens in der Regel, nur so einrichten können, daß ihre Entrufung von diesem Zimmer aus erfolgt; Oefen, die in Heizkammern aufgestellt sind, können und sollen immer so eingerichtet werden, daß der Ruß nicht in die Heizkammern gelangen kann.

Die Temperatur in der Feuerstelle und des ihr zunächst liegenden Teiles des Rauchweges ist eine so hohe, daß die mit ihren Außenflächen in Berührung tretende Luft häufig zu sehr erwärmt wird. Der Luft sind fast immer zahlreiche Staubteilchen beigemischt, welche, soweit sie pflanzlichen oder tierischen Ursprunges sind, an den zu heißen Ofenwänden verfangt werden und hierdurch einen brenzlichen Geruch hervorbringen können.

Es ist daher Sorge zu tragen, daß die Aufsentemperatur der in Rede stehenden Ofenteile ein gewisses Maß nicht überschreitet. Dies wird auf verschiedenen Wegen erreicht: man führt die Wärme so entschieden aus der Wand ab, daß die Aufsentemperatur entsprechend sinkt, oder man erschwert den Durchgang der Wärme vom Feuer bis zur Außenfläche des Ofens.

Rasches Abführen der Wärme ist zunächst möglich durch Anbringen von Hohlräumen zwischen Außen- und Innenfläche der fraglichen Wand, durch welche Wasser geleitet wird; das Wasser gibt die aufgenommene Wärme an einem anderen Orte an die Luft ab<sup>241)</sup>.

Es kann ferner erreicht werden durch Vergrößern der wärmeabgebenden Oberfläche. Dicke, kugel- oder trommelförmige Wände haben eine weit größere Außen- als Innenfläche und können deshalb im vorliegenden Sinne verwendet werden<sup>242)</sup>. In gleichem Sinne findet die Riefung der Oberflächen oder deren Besetzung mit Rippen statt; letztere sind zuweilen ungemein hoch und dick<sup>243)</sup>. Wenn sie auch die Wärmeabfuhr in ziemlichem Grade fördern, so vermögen sie doch nicht zu verhüten, daß die Sohle der von den Rippen gebildeten Kanäle fast so heiß wird, wie die Wandfläche ohne die Rippen werden würde. Statt der Rippen kommen auch spitzen- und knopfförmige Auswüchse zur Verwendung.

Das Erschweren des Wärmedurchganges vom Rauch zur Außenfläche des Ofens wird zunächst durch Anwendung dicker, aus nicht gut leitenden Stoffen hergestellter Wände erreicht. Namentlich ist das Auskleiden der Feuerstelle mit feuer-

362.  
Entrufung  
der  
Rauchwege.

363.  
Verhütung  
zu hoher  
Temperatur.

364.  
Vergrößerung  
der wärme-  
abgebenden  
Fläche.

365.  
Erschwerung  
des Wärme-  
durchganges.

<sup>241)</sup> Siehe: Ofen von KELLING. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 122.

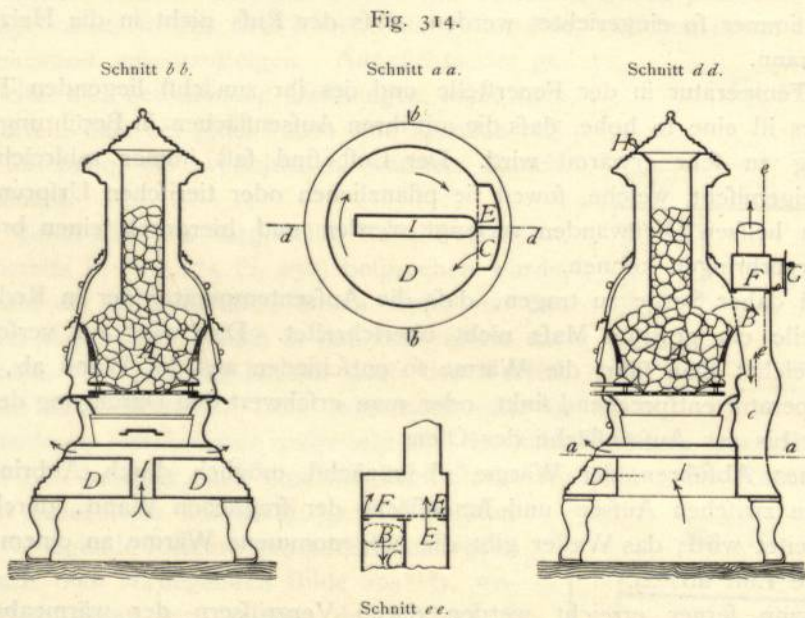
<sup>242)</sup> Siehe: Ofen der »Schweizerischen Industrie-Gesellschaft«. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 117.

<sup>243)</sup> Siehe: Luftheizungsöfen von THIERRY, VIOTTE & DEROSNE. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 289.

festen Steinen oder feuerfestem Mörtel beliebt und zweckmäßig. Die weiter unten beschriebenen Öfen bieten mehrfach Beispiele dieses Verfahrens. Hier ist des irischen Ofens (siehe Fig. 294, S. 308) und des sog. Germanen (in Fig. 295, S. 309) zu gedenken. Es ist jedoch nicht zu verkennen, daß dieses Verfahren zu häufigeren Ausbesserungsarbeiten Veranlassung gibt, da die Asche der Brennstoffe mit der Ausfütterung der Feuerstelle sich verschlackt.

Durch Einschalten einer Luftschicht zwischen Feuer und Außenwand ist ebenso der Wärmedurchgang zu erschweren. Fig. 314 stellt den Perry'schen, nur für Anthrazit oder wenig schlackende Koke verwendbaren amerikanischen Ofen (*Crown-jewel*) in zwei lotrechten, einem wagrechten und einem Nebenschnitt dar.

Die Feuerstelle *A* ist ein sich nach unten verjüngender gußeiserner Topf, dessen Boden eine durchlöcherichte Platte bildet. Dieser Topf wird durch eine weiterabliegende Wand umschlossen, die nur vermöge der Strahlung und vermöge der am Topf erwärmten, sich jedenfalls rasch bewegenden Luft erwärmt wird. Die Rauchgase verlassen den Feuerraum bei *B* (Schnitt *dd*).



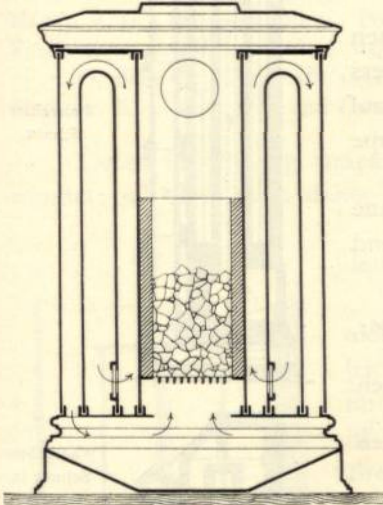
*Perry's* amerikanischer Ofen.

Vorher machen sie eine Nebenströmung in dem ringförmigen Hohlraum zwischen dem Vorratsbehälter des Brennstoffes und der oberen Außenwand des Ofens. Ersterer wird viel wärmer sein als letztere; folglich strömen die Gase vorwiegend an jenem empor, während der kältere Rauch, unterwegs mit dem aufsteigenden Rauche vielfach Mischungen eingehend, an der Innenfläche der Außenwand niederfinkt, so daß diese nicht im Uebermaße erwärmt wird. Bei dieser Gelegenheit sei die übrige Ofeneinrichtung kurz erwähnt. Der Rauch soll in der Regel von *B* (Schnitt *dd*) aus durch den Kanal *C* nach unten strömen, den im Fuße des Ofens befindlichen Raum *D* durchfließen (Schnitt *aa*), um dann durch den neben *C* liegenden Kanal *E* zum Schornsteine zu gelangen. Die Rauchführung ist hiernach im Sinne früherer Erörterungen als zweckmäßig zu bezeichnen. Um während des Anfeuerns dem wenig warmen Rauche das Erwärmen des Schornsteines zu erleichtern, kann man die Klappe *F* (Schnitt *ee*) in die punktierte Lage *F*<sub>1</sub> bringen, indem man sie mit Hilfe des Hebels *G* (Schnitt *dd*) um 180 Grad dreht.

Die kalte Luft des Fußbodens steigt durch den Spalt *I* des Ofenfußes empor, erwärmt sich an den betreffenden Wandungen des Kanals *D* und entweicht seitwärts in das Zimmer.

*Wehrenbold* in Lühnen an der Lippe erwärmt, wie aus Fig. 315 zu erkennen ist, mittels der schon durch Mauerwerk geringleitend gemachten Wände der Feuerstelle Luft, welche, zwei Kanäle durchströmend, ihre Wärme an die Zimmerluft abgibt und hierauf zur Nahrung des Feuers dient. Dieser Gedanke würde, wenn zweckmäÙig ausgebildet, im vorliegenden Sinne sehr gut zu verwenden sein; leider ist der Ofen im übrigen nicht zu loben.

Fig. 315.

Ofen von *Wehrenbold* in Lühnen  
a. d. Lippe.

Endlich ist noch das Verfahren zu nennen, welches die übergroÙe Erwärmung der Heizflächen dadurch verhindert, daß die Feuerstelle in einen größeren Raum eingebaut ist, so daß die Wände des letzteren vom niedersteigenden Rauche befüllt werden, während dem Rauch beim Verlassen der Feuerstelle sofort eine große Heizfläche dargeboten wird.

Die betreffende Feuerstelle ist derjenigen des oben beschriebenen *Perry'schen* Ofens ähnlich, indem die Außenwandung von dem Topfe, welcher das Feuer enthält, lediglich weiter absteht als bei diesem.

Am vollständigsten ist der in Rede stehende Gedanke im Ofen von *Weibel* (siehe Fig. 319, S. 329) durchgebildet.

Wenn schon der in der Luft schwebende Staub die Gefahr einer Luftverschlechterung bietet, so ist das gleiche in viel höherem Maße der Fall seitens desjenigen Staubes, welcher sich auf den Heizflächen ablagert. Deshalb sind, wie in Art. 358 (S. 319) schon erwähnt wurde, die Heizflächen regelmäÙig reinzuhalten, also an jeden Ofen und auch an seine Aufstellungsart die Forderung zu stellen, daß die Heizflächen, auf welchen Staub sich ablagern kann, möglichst klein und von Staub möglichst bequem zu säubern sind. Da an lotrechten Flächen die Staubablagerung sehr gering ist und diese, wie an anderem Orte besprochen wurde, für die Wärmeabgabe sehr günstig sind, so ist das Ueberwiegen der lotrechten Flächen eines Heizkörpers regelmäÙig als Vorzug aufzufassen.

Die lebhaften Temperaturschwankungen, denen die Ofenwände unterworfen sind, bedingen wechselnde und verschiedenartige Dehnungen. Diesen ist namentlich deshalb Rechnung zu tragen, weil sie — durch Zerspringen oder allmähliches Zerflören der Wände — Undichtheiten hervorrufen. Diese veranlassen einen Wärmeverlust, indem durch sie Luft eingefogen wird; sie lassen aber auch Rauch ausströmen, sobald durch irgend einen Zufall der Druck in den Rauchwegen größer wird als auÙerhalb ihrer. Das Verdichten der Fugen mittels Sand (vergl. Art. 276, S. 237) dient in vielen Fällen, eine genügende Dichtheit hervorzubringen, während die freie Beweglichkeit der Wandteile nicht gestört wird. In anderen Fällen muß die Anordnung der Ofenteile so getroffen werden, daß sie ihrem Dehnungsbestreben, ohne zu große Spannungen hervorzubringen, nachzugeben vermögen. Bemerkenswert ist in dieser Beziehung der Kachelofen von *Wiman* (Fig. 316).

Von der Feuerstelle *A* steigt der Rauch im gemauerten Schachte *a* empor und sinkt alsdann, seine Wärme abgebend, allmählich in dem den genannten Schacht ringförmig umgebenden

366.  
Verhütung  
der Staub-  
ablagerung.

367.  
Einfluss  
der  
Temperatur-  
schwankungen.

Hohlraume bis in den Rauchweg *b*, von wo aus er mittels des tönernen Rohres *c* zum Schornsteine gelangt. In derselben wagrechten Ebene haben ferner die zusammenhängenden Teile des Ofens annähernd gleiche Temperaturen, so daß sie sich gleichmäßig zu dehnen vermögen. Der Ofen ist für Holzfeuerung bestimmt und deshalb ohne Rost; Rufs und Flugasche werden durch die einzige Reinigungsöffnung *d* abgezogen<sup>244</sup>).

Nach den gegebenen, vorwiegend allgemeinen Erörterungen will ich noch einige Heizöfen besonders beschreiben, wenn auch die Auswahl, mit Rücksicht auf den Rahmen dieses »Handbuches«, nur eine sehr knappe sein darf.

In jeder Beziehung empfehlenswerte Gasöfen kenne ich nicht, verweise deshalb lediglich auf die nachstehend verzeichneten Quellen.

368.  
Öfen für  
Gas und präpa-  
rierte Kohle.

SCHNUHR. Gas-Heiz- und Koch-Apparate. *Zeitschr. f. Bauw.* 1861, S. 641.

SCHNUHR. Gasheizungen für große und hohe Räume, resp. Kirchen. *Zeitschr. f. Bauw.* 1861, S. 649.

Ueber Verwendung des Leuchtgas zum Heizen der Kirchen. *Polyt. Journ.*, Bd. 164, S. 32.

HENNEBERG. Neuer Gasofen. *Maschin.-Confr.* 1871, S. 87.

BLACKHAM. Verbesserter Gasofen. *Polyt. Journ.*, Bd. 212, S. 79.

Ueber Gasheizung. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1874, S. 616.

MÜLLER & EICHELBRENNER. *Nouveau système de chauffage des fours à gaz. Nouv. annales de la const.* 1874, S. 6.

KIDD's Gasofen für Haushaltzwecke. *Polyt. Journ.*, Bd. 217, S. 105.

MARLIN, Ph. Heizung von Zimmern mit Leuchtgas. *Journ. de l'éclairage* 1875, S. 341.

KUHLMANN, F. *De l'éclairage et du chauffage par le gaz au point de vue de l'hygiène.* Paris 1876.

GERMINET, G. *Chauffage et éclairage par le gaz.* Paris 1876.

TASKIN, BICHEROUX' Gasofen. *Polyt. Journ.*, Bd. 219, S. 220.

Gasofen von L. VANDERKELEN. *Polyt. Journ.*, Bd. 222, S. 3.

WALLACE, J. Die Anwendung des Steinkohlengases zum Heizen. *Eng. and mining journ.*, Bd. 21, S. 37.

Bericht über die Weltausstellung von Philadelphia 1876. Herausgegeben von der österreichischen Commission. 17. Heft: Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877. S. 16.

VANDERKELEN. Gasofen. *Maschinenb.* 1877, S. 317.

Gasheizung der Wohnhäuser und Küchen. *Rohrleger* 1879, S. 160.

FISCHER, H. Feuerungen für Gas. *Polyt. Journ.*, Bd. 231, S. 197.

BOHE, A. Kochen und Heizen mit Leuchtgas. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1880, S. 542.

Zur Anwendung des Gases für Heizzwecke. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1880, S. 741.

DENNY, W. *Cooking and heating by gas.* Dumbarton 1881.

Gasheizungen für Kirchen, insbesondere die Kosten derselben. *Deutsche Bauz.* 1881, S. 445.

*Schönheyder's sanitary stove. Engng.*, Bd. 32, S. 360.

*Gas cooking and heating apparatus. Sanit. record*, Bd. 12, S. 336, 370.

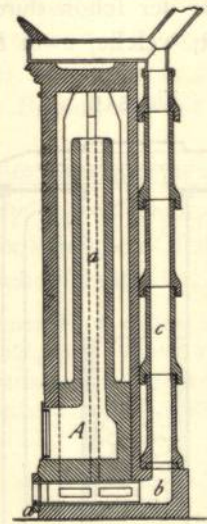
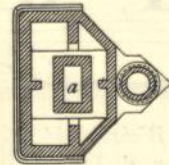
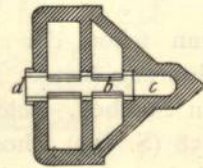
WOBBE. Ueber Gaskoch- und Heizapparate. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1882, S. 619.

FISCHER, F. Verwendung des Leuchtgas zur Wärmeentwicklung. *Polyt. Journ.*, Bd. 249, S. 374.

WOBBE. Mittheilung über Gas-Koch- und -Heizapparate. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1883, S. 638.

WOBBE, G. Ueber Gasheiz-Öfen und Gas-Herde. *Journ. f. Gasb. u. Waff.* 1884, S. 740.

Fig. 316.

Lotrechter  
Schnitt.Wagrechtter  
Schnitt in  
mittlerer  
Höhe.Wagrechtter  
Schnitt  
durch den  
Rauchweg *b*.

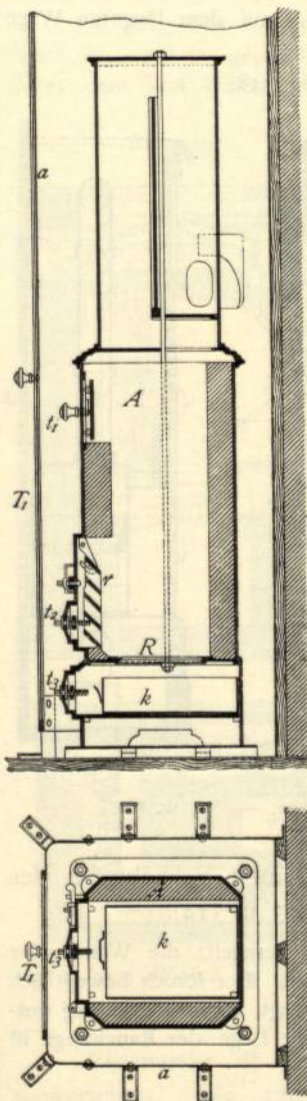
Kachelofen von Wiman.

<sup>244</sup>) Eingehendere Beschreibung in: *Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1880, S. 7.

- WOBBE, J. G. Die Verwendung des Gases zum Kochen, Heizen etc. München 1885.  
 RAMDOHR, L. Das Leuchtgas als Heizstoff in Küche und Haus. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1887, S. 46, 49, 57, 67, 75, 81, 89, 100, 110.  
 REICHARD, Heizung mit Leuchtgas und der Karlsruher Schuloefen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1890, S. 2. Die neuen Gasheizapparate der Deutschen Continental-Gas-Gesellschaft zu Delfau. Polyt. Journ., Bd. 275, S. 270.  
 SCHRADER, O. Die Gasheizung. Zeitschr. f. Lüftg. u. Heizg. 1895, S. 150, 165, 183, 196, 227, 261.  
 HAASE, F. H. Die Gasheizung. Polyt. Journ., Bd. 293, S. 193.  
 Fortschritte auf dem Gebiete der Architektur. 1: Die Gasofen-Heizung für Schulen. Von G. BEHNKE. Darmstadt 1894.  
 SCHMIDT, K. Gasheizung und Gasöfen. Gefundh.-Ing. 1895, S. 43, 60, 76.

Oefen für die fog. präparierte Kohle werden fast nur für Eisenbahnwagen verwendet; ich darf mich daher begnügen, die untenstehenden Quellen zu nennen<sup>245)</sup>,

Fig. 317.



Halbfüllofen.

Von Zimmeröfen mit Mantel erwähne ich zunächst den *Meidinger*-Ofen (vergl. Art. 343 u. Fig. 293, S. 308).

Stark backende Kohle vermag man in diesem Ofen nicht zu verbrennen. Bei Verwendung von Koke ist es leicht möglich, den Ofen mehrere Tage ununterbrochen im Betriebe zu erhalten. Der Verlauf des Rauchweges ist nicht günstig; jedoch zwingt der hochaufgeschichtete Brennstoff den Rauch, vorwiegend den Wänden entlang zu strömen. Die zu große Erwärmung der Außenflächen soll verhütet werden durch Rippen, welche in großer Zahl daran angebracht sind. Der Ofenschacht ist zunächst von einem Blechmantel *I* und ferner von einem zweiten, eben solchen Mantel *K* umgeben, so dass die Außenfläche genügend kalt gehalten wird, um einen Anstrich erhalten zu können. Der vorliegende Ofen erwärmt die im Zimmer befindliche Luft; es ist leicht, den unteren Teil des Ofens so anzuordnen, dass dem Ofen nur oder doch teilweise frische Luft zugeführt wird.

Der irische Ofen (vergl. Art. 343 u. Fig. 294, S. 308) ist dem *Meidinger*-Ofen bezüglich der Feuerung sehr nahe verwandt. Die Rauchwärme wird aber durch ihn besser ausgenutzt, indem der Rauch vom Feuerschachte ab noch einmal niederfinken und steigen muss, bevor er zum Schornsteine gelangt. Das Beschicken des Ofens erfolgt von oben, nachdem sowohl die obere Deckelplatte als auch der Deckel *c*, welcher zwischen Leisten *d* Führung findet, zur Seite geschoben sind. Man vermag dem Ofen frische kalte Luft zuzuführen; auch ist durch Anbringen des Wasserbeckens *V* für Anfeuchtung der Luft gesorgt.

Sehr gebräuchlich ist der Halbfüllofen (Fig. 317).

Die durch einen eisernen Kasten gebildete Feuerstelle *A* ist mit feuerfesten Steinen ausgekleidet. Das Zuführen der Verbrennungsluft erfolgt zum Teile durch den wagrechten Rost *R*, zum

<sup>245)</sup> Mith. d. Gewbver. f. Hannover 1871, S. 316.

Teile durch den lotrecht angeordneten Roß  $r$ . Letzterer vermag das Feuer auch bei hoher Füllung der Feuerstelle noch mit Luft zu versorgen; alsdann wird die Luftklappe  $t_3$  geschlossen und die Klappe  $t_2$  entsprechend geöffnet. Nach entsprechendem Verringern der Brennstoffschicht schließt man die Klappe  $t_2$  und öffnet statt ihrer die Klappe  $t_3$ . Offenbar ist es möglich, den Ofen sowohl mit dünner Brennstoffschicht als auch so zu verwenden, daß zur Zeit eine sehr große Brennstoffmenge eingeworfen wird. Behufs Reinigens ist der lotrechte Roß  $r$  auszuheben; das Einfüllen des Brennstoffes geschieht durch die Tür  $t_1$ . Von der Feuerstelle aus steigt der Rauch in der einen Hälfte des trommelförmigen Ofenauffatzes empor, überschreitet seine Querwand und sinkt nunmehr nach unten, um in den Schornstein abzufließen. Durch Einhüllen des Ofens mittels eines Blechmantels vermag man die lästigen Wärmestrahlen zu vermindern, auch die Anordnung zu treffen, vermöge deren nach Bedarf den Heizflächen frische Luft zugeführt werden kann.

Fig. 318 stellt einen zweckmäßigen, von *Rafsch*<sup>246)</sup> angegebenen eisernen Ofen in zwei lotrechten Schnitten dar.

Vom Planroß  $A$  steigt der Rauch im Rohr  $B$  empor und entweicht entweder — bei geöffneter Drosselklappe  $C$ , während des Anheizens — auf kürzestem Wege in das zum Schornsteine führende Rohr  $D$  oder — während des eigentlichen Heizens — auf dem längeren Wege

durch die Rohre  $E$ ,  $F$ ,  $G$  nach derselben Stelle. Das Erglühen der Feuerstellenwände wird durch den topfförmigen eisernen Einfaß  $a$  verhütet.  $H$  bezeichnet die vier Putzöffnungen. Der Ofen ist an drei Seiten von einem aus Kacheln gebildeten Mantel  $I$  umgeben, der durch die Wand  $K$  abgeschlossen ist. Der Mantel ist oben offen, unten jedoch bis auf die beiden Oeffnungen  $L$  geschlossen. Unter dem Ofen befinden sich zwei Luftzuführungsöffnungen; je nachdem man nun mittels der Klappen  $N$  die Oeffnungen  $L$  oder  $M$  schließt, führt man dem Ofen frische Luft oder Luft des Zimmers zum Erwärmen zu.

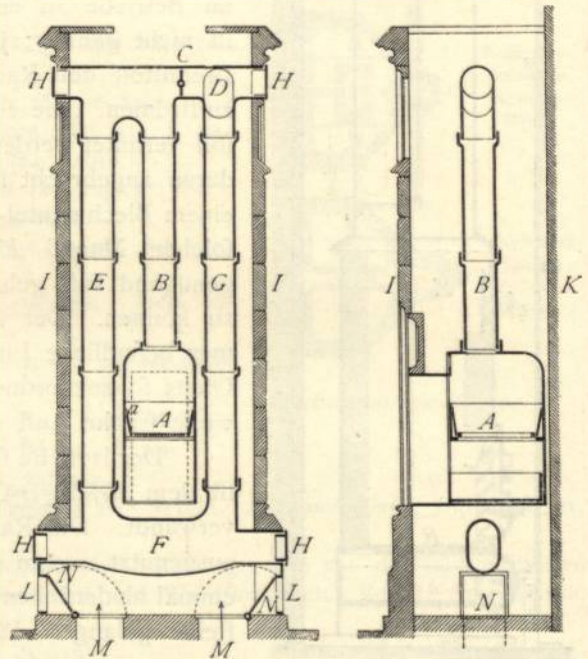
Oefen, wie der eben beschriebene, führen häufig den wenig zu treffenden Namen »Ventilationsofen«. Mehrere solcher, sowie zahlreiche andere Zimmeröfen sind in den unten genannten Quellen<sup>247)</sup> beschrieben; auch sei auf das auf S. 332 aufgenommene Literaturverzeichnis hingewiesen.

Von den Oefen für Sammelheizungen, die früher den Namen

Calorifären führten, nenne ich zunächst den schon erwähnten Schachtofen des Eisenwerkes Kaiserslautern (vergl. Art. 349 u. Fig. 300, S. 313 u. 314).

Der Zutritt der Verbrennungsluft wird durch den Schieber  $S$  geregelt; die Wände der Feuerstelle sind durch Ausmauerung vor übergroßer Erhitzung geschützt. Der Rauch bewegt sich im Schachte  $D$  zunächst nach oben, durchströmt die Kanäle  $G$  und gelangt, seiner Abkühlung entsprechend, allmählich sinkend durch den Hals  $F$  zum Schornstein. Die Lage der Rauchwege ist

Fig. 318.



Ofen nach *Rafsch*. —  $\frac{1}{35}$  w. Gr.

370.  
Oefen für  
Feuerluft-  
heizungen.

<sup>246)</sup> Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 399.

<sup>247)</sup> SCHOTT, E. Ueber Zimmerheizung. Hannover 1854.

Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 521.

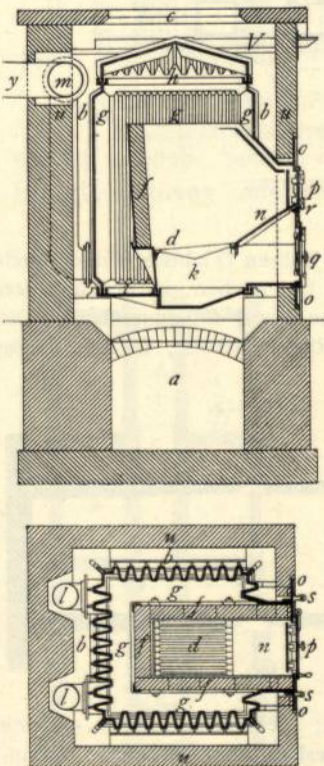


fonach in Bezug auf Wärmeausnutzung sehr zweckmässig; sie ist es nicht weniger in Bezug auf Entrufung. Nach dem Lösen der hinter der Tür *P* befindlichen Kopfplatte vermag man mittels einer Bürste mit langem Stiel die Rauchwege *G* zu putzen und Rufs nebst Flugasche in den Raum *F* zu stofsen; von *Q* aus wird der angefammelte Schmutz entfernt. Man vermag ferner, wenn in den Raum *F* ein Licht gehalten wird, von der Oeffnung *P* aus die Innenwände der Rauchwege deutlich zu übersehen und auf ihre Reinheit zu prüfen. Der Ausdehnung der Ofenteile ist dadurch Rechnung getragen, dass der Schacht *AD* nur an seinem unteren Ende gestützt ist, in der Vorderwand der Heizkammer aber sich frei bewegen kann, dass ferner der Hals *F* auf einer Rolle ruht, die auf der Bahn *H* ein bequemes Verschieben des Ofenhintertheiles vermittelt. Die fast ausschliesslich lotrechten Heizflächen sind sowohl in Bezug auf Wärmeabgabe als auch bezüglich der Ablagerung des Staubes sehr günstig angelegt; der etwa abgelagerte Staub kann leicht entfernt werden. Die im unteren Teile der Heizkammer eintretende Luft vermag fast ausschliesslich in lotrechter Richtung nach oben zu strömen; überall sind reichliche Querschnitte für den Durchlass der Luft. *E* bezeichnet die Einsteigtür der Heizkammer.

Bemerkenswert ist der Ofen von *Weibel* in Genf, welchen Fig. 319 im lotrechten und wagrechten Schnitt wiedergibt.

Die Feuerstelle befindet sich etwa in der Mitte des Ofens; *d* bezeichnet den Planrost, dessen Stäbe sich einerseits gegen die Rostplatte *n*, andererseits auf eine Leiste des Unterfasses *k* stützen. Unter dem Rost befindet sich ein Becken, welches bestimmt ist, Wasser aufzunehmen (vergl. Art. 344, S. 310). Die Feuerstelle ist von gemauerten, mit eisernem Gerüst versehenen Wänden *f* umgeben, deren Aussenfläche seitens der zu erwärmenden Luft nicht bespült wird. Der Rauch erhebt sich von der Feuerstelle lotrecht nach oben und sinkt dann an drei Seiten der Feuerstelle nach unten, um durch die Blechrohre *l* in das Sammelrohr *m* und von diesem in das zum Schornstein führende Rohr *y* zu gelangen. Der Rauchweg ist in Bezug auf Wärmeabgabe recht zweckmässig, wenn auch die Blechrohranordnung *lmy* nicht zu loben ist. Um die nötige Heizfläche zu schaffen, sind der Deckel *h* des Ofens und die Wandungen *g* sowohl gefaltet, als auch an der Aussenseite mit Rippen versehen. Das Beseitigen des Ruses und der Flugasche erfolgt nach Wegnahme der Feuertür *p*, der Aschenfalltür *q* und der Zwischenplatte *r*, welche an den Rahmen *o* geschraubt sind, sowie der Rostplatte *n* nebst den Roststäben, indem ein Arbeiter auf den Boden des Aschenfalles tritt und mittels eines Besens sowohl die Wände abkehrt, als auch den Boden *i* reinigt, Rufs wie Flugasche aus den beiden, links und rechts von der Aschenfalltür angebrachten Putzöffnungen *s* hinauswerfend. Das Rauchfammelrohr *m* wird von seinen Enden aus gereinigt. Deckel und Boden sind gegen den Mantel durch mit Sand gefüllte Rillen abgedichtet (vergl. Art. 276, S. 236), so dass eine gegenseitige Beweglichkeit dieser Teile gesichert ist. Ob jedoch der der stärksten Hitze ausgesetzte Deckel, welcher verschiedenartig erwärmt werden wird, durch die verlangten Dehnungen nicht teilweise gesprengt wird, ist mir zweifelhaft. Die Falten des ausgedehnten Deckels werden viel Staub anfammeln, welcher, da man die Falten nicht zu reinigen vermag, recht unangenehme Gerüche entwickeln dürfte. Ueberhaupt ist das enge Einschliessen des Ofens seitens der Heizkammerwände *u* nicht zu loben.

Fig. 319.



Ofen von *Weibel* zu Genf.  
1/50 w. Gr.

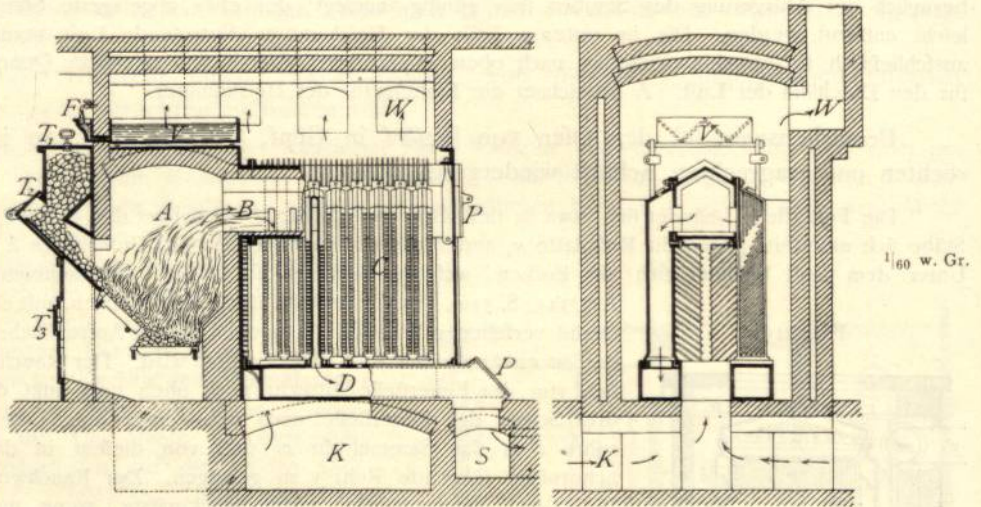
Die zu erwärmende Luft tritt bei *a* ein und verlässt die Heizkammer bei *c*.

Eigenartig ist ein Feuerluftheizungs-ofen von *Gebr. Körting* in Hannover eingerichtet. Fig. 320 ist ein teilweiser Längenschnitt, Fig. 321 ein Querschnitt davon.

In der vorliegenden Abbildung ist der Ofen mit Füllfeuerung versehen. Dies ist nebenfächlich; man kann ihn ebenfowohl — wenn folches vorgezogen wird — mit einem Planroft ausstatten. Immer befindet sich die Feuerstelle in einem gut ausgemauerten eisernen Schachte *A*, aus welchem der Rauch durch den Kanal *B* zunächst sich wagrecht fortbewegt. An den mit Steinen ausgefüllten, außen mit Rippen besetzten Kanal *B* schliessen sich links und rechts winkelförmig gebogene, platte Rohre, welche den Rauch in die Sammelrohre *D* führen; von hier ab gelangt er in den Rauchkanal *S*. Die zu erwärmende Luft tritt durch *K* unter einen in der

Fig. 320.

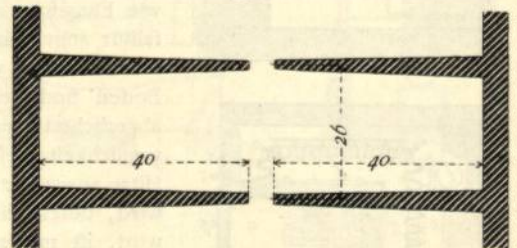
Fig. 321.



Luftheizungsöfen von Gebr. Körting zu Hannover.

Heizkammerfohle befindlichen Schlitz, von diesem aus zwischen den Rohren *D* hindurch und durch die Spielräume, welche zwischen je zwei benachbarten Rohren *C* frei bleiben, in den äußeren Teil der Heizkammer, von wo sie zu den Zimmern, z. B. durch den Kanal *W*, emporsteigt. Die breiten Seitenflächen der platten Rohre *C* sind nun mit schrägen Rippen besetzt, so dass schräg nach oben gerichtete, fast ringsum geschlossene kurze Kanäle (Fig. 322) entstehen, welche zu durchströmen die Luft gezwungen wird. Hierdurch erreicht man einerseits, dass die Luft nur einen kurzen Weg längs der Heizflächen zurückzulegen hat, also die Temperaturzunahme der Luft eine mäßige ist, ferner dass die Luft ziemlich gleichmäßig an die Heizflächen verteilt wird.

Fig. 322.



Seitens der Verfertiger wird noch behauptet, dass die Luftströmung innerhalb der Kanäle eine Staubablagerung verhüte. Das Ent-rufen des Ofens findet durch die Putzöffnungen *P*<sub>1</sub> und *P* statt; die winkelförmigen, platten Rohre können nicht mittels einer Bürste durchfahren werden, weshalb stark rufsender Brennstoff für den Ofen unbrauchbar ist. Durch die Seitenkanäle gelangt kalte Luft zu den Seitenflächen des Ofenteiles, in welchem sich die Feuerstelle befindet. *V* bezeichnet eine Wasser-erdungschale, *F* den Hahn für diese, *T*<sub>1</sub> und *T*<sub>2</sub> die Einwurftüren für den Brennstoff, von denen je nach Umständen die eine oder die andere gebraucht wird, *T*<sub>3</sub> die Aschenfalltür mit einem Schieber zum Regeln des Luftzutrittes.

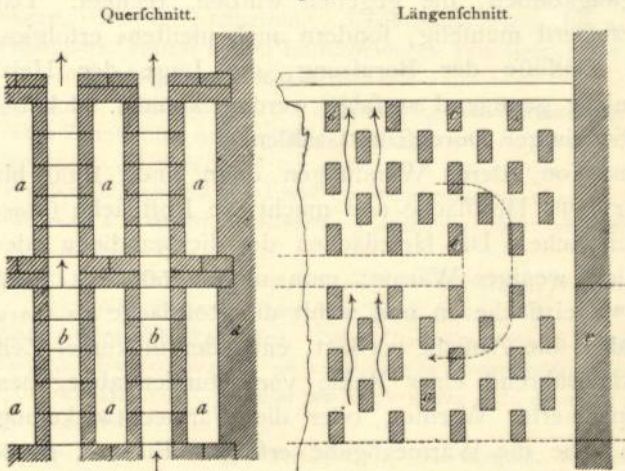
Es sei noch bemerkt, dass es zweckmäßig ist, die Heizkammer weiter als in Fig. 321 zu machen, um an beide Außen-seiten des Ofens gelangen zu können.

Später ist diese Ofenart auch in anderer Weise durchgebildet<sup>248)</sup> und dadurch für kleinere Verhältnisse brauchbar gemacht.

Teils um die Temperatur der Heizflächen gering, teils um sie von der wechselnden Wärmeentwicklung unabhängiger zu machen, verfertigen einige Heiztechniker die Oefen ganz aus Steinen. Hier mögen zwei derartige Oefen kurz besprochen werden. Beide besitzen ihre Feuerstelle im Fusse eines lotrechten Schachtes. Der Rauch tritt an seinem obersten Ende in mehrere nebeneinanderliegende Kanäle

und strömt in diesen bis nahe an das hintere Ende der Heizkammer, sinkt dann in eine zweite Reihe solcher Kanäle, in denen er sich nach vorn bewegt u. s. w., bis er endlich aus den unteren Kanälen unter Vermittelung eines Sammelkanals in den Schornstein gelangt (vergl. Fig. 313, S. 322). Die Kanäle sind durch die Hinterwand der Heizkammer verlängert und dort mit Deckeln versehen, nach deren Entfernen sie bequem geputzt werden können.

Fig. 323.

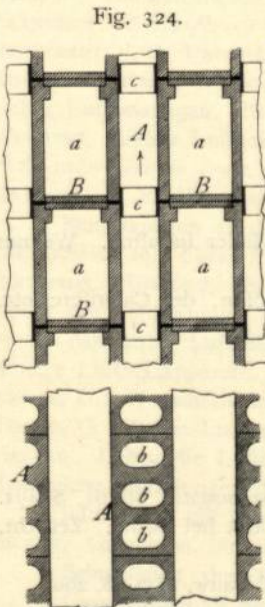
Luftheizungsöfen von Wiman.<sup>249)</sup> — 1/30 w. Gr.

Sonach ist der Verlauf der Rauchwege recht günstig. In Bezug auf die Einzelausbildung unterscheiden sich beide in Rede stehende Oefen. — Der Ofen von Wiman<sup>249)</sup> ist teils aus feuerfesten, teils aus gewöhnlichen Ziegeln hergestellt. Die Konstruktion der Rauch- und Luftkanäle ist aus den beiden lotrechten Schnitten in Fig. 323 erkennbar.

Der Querschnitt läßt die gegenseitige Lage der Rauchkanäle *a* deutlich erkennen, während die lotrechten Luftwege *b* durch die Versteifungssteine *c* teilweise verdeckt sind. Die Rauchkanäle liegen auch dicht an der Heizkammerwand *d*, was wohl nicht zu loben ist. Der Längenschnitt ist durch die Luftkanäle geführt. Grundsätzliche Mängel dieses Ofens sind nur das schwierige, bzw. unmögliche Beseitigen des Staubes von den oberen Flächen der Versteifungssteine *c*, sowie die vielen, nur durch Mörtel gedichteten Fugen, welche den Eintritt erheblicher Luftmengen in die Rauchkanäle gestatten und dadurch die Nutzleistung des Ofens herabdrücken dürften.

Gaillard, Haillet & Co. haben die Mängel des vorhergehenden Ofens teilweise beseitigt<sup>250)</sup>. Fig. 324 gibt oben einen lotrechten, unten einen wagrechten Schnitt eines Teiles des betreffenden Ofens.

Durch Aufeinandersetzen der Hohlsteine *A* sind die lotrechten Luftkanäle *b* gebildet; vorpringende Leisten der Steine *A* tragen die Platten *B*, wodurch die wagrechten Rauchwege *a* entstehen. Behufs möglichsten Abdichtens der Luftkanäle *b* gegen die Rauchkanäle *a* sind erstere an den Fugen der Steine *A* mit eisernen Büchsen *c* versehen.



Luftheizungsöfen von Gaillard, Haillet &amp; Co. zu Paris.

1/20 w. Gr.

248) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888, S. 780.

249) Nach: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871, S. 383.

250) Nach: Polyt. Journ., Bd. 331, S. 294.

Die oben beschriebenen Oefen haben, wie schon erwähnt, noch den Zweck der Wärmeeinlagerung, so dass auch bei weniger gleichförmigem Feuer eine gleichförmige Wärmeabgabe vermittelt wird. In welchem Maße diese Wärmeeinlagerung gelingt, ist rechnungsmäßig nicht zu bestimmen.

371.  
Erforderliche  
Heiz- und  
Rostfläche.

Die für eine bestimmte Wärmeabgabe erforderliche Heizfläche könnte man bestimmen, indem man die wechselnde Temperatur des Rauches und auch die Temperatur der Luft, welche die Heizflächen zu bespülen hat, zu bestimmen sucht und mit Hilfe der Wärmedurchgangszahlen, die gegeben wurden, rechnet. Das Verfahren ist jedoch nicht allein äußerst mühselig, sondern auch meistens erfolglos, da die Rauchtemperaturen, die Einflüsse der Berufung, die Lage der Heizflächen u. s. w. bis jetzt noch nicht genügend verfolgt werden können. Ich begnüge mich daher mit der Angabe einiger Durchschnittszahlen.

Man rechnet für Oefen aus Ton, deren Wandungen dünn sind, 1000 bis 1500 Wärmeeinheiten stündlich für 1 qm Heizfläche und macht die Rostfläche 0,005- bis 0,010mal so groß als die Heizfläche. Die Heizflächen der dickwandigen oder Massenöfen liefern selbstverständlich weniger Wärme; man nimmt 500 bis 1000 Wärmeeinheiten stündlich für 1 qm Heizfläche an und wählt die Rostfläche zu 0,016 bis 0,003 der Heizfläche, je nachdem die Absicht vorliegt, entweder in kurzer Zeit so viel Wärme zu entwickeln, wie während einer Reihe von Stunden abgegeben werden soll (Heizung mit aufgespeicherter Wärme), oder die Wärmeentwicklung etwa ebenso stattfinden zu lassen, wie die Wärmeabgabe erfolgt. Eisernen, glattwandigen Oefen liefern für 1 qm stündlich 1500 bis 2500 Wärmeeinheiten, bei besonders günstiger Einrichtung bis 3000 Wärmeeinheiten. Jedes Quadr.-Meter der Rippenoberfläche vermehrt die Wärmeabgabe um 500 bis 1000 Wärmeeinheiten; die Rostfläche pflegt zwischen dem 0,006- bis 0,010fachen der Heizfläche gewählt zu werden.

#### Literatur.

Bücher über »Oefen für Einzelheizungen«.

- SCHÖTT, E. Ueber Zimmerheizung. Hannover 1854.  
 MORLOK, G. Die Heizung durch Zimmeröfen. Stuttgart 1870.  
 ZWICK, H. Die Zimmer-Oefen der letzten 10 Jahre. Leipzig 1874.  
 BRÜMSE, F. Die Ofen- und Glasfabrikation nach dem jetzigen Stande dieser Industrie. Weimar 1884. — 2. Aufl. 1896.  
 HAASE, F. H. Der Ofenbau. Einrichtung und Ausführung der Zimmeröfen, der Calorifere etc. 1. Abth.: Die Kachelöfen. Berlin 1902.

#### Literatur

über »Feuerluftheizung«.

- BRÜCKMANN, J. A. v. Beitrag zu der Luftheizung. Mergentheim 1829.  
 WILLIAMS. Ueber den Gebrauch heißer Luft bei Heizungsanlagen. *Mechan. magaz.*, Bd. 61, S. 491.  
 Ofen zur Luftheizung von Chamottesteinen in der Ulanen-Cafeterie zu Moabit bei Berlin. *Zeitschr. f. Bauw.* 1851, S. 258.  
 Ofen zur Luftheizung von Eisen nach FELD'Scher Construction. *Zeitschr. f. Bauw.* 1851, S. 260.  
 JANNIARD, H. *Des appareils calorifères en général et de celui de M. FONDET en particulier.* *Revue gén. de l'arch.* 1853, S. 166 u. Pl. 18.  
 JOHANNY. Erfahrungen in Betreff der Luftheizung. *Allg. Bauz.* 1855, S. 235.  
 VINEY. *Calorifère.* *Allg. Bauz.* 1855, S. 389.  
 BARTLETT. Luftheizungsofen. *Scientific American*, Bd. 4, S. 113.

- LÜBKE. Praktische Bemerkungen über Luftheizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1857, S. 509.
- HENNICKE. Ueber Luftheizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1859, S. 5.
- Ueber Luftheizung. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1859, S. 49.
- Ueber Luftheizungsanlagen. *Pract. mech. journ.*, 2. Folge, Bd. 3, S. 88.
- Chauffage général d'une maison à loyer économique par un appareil à air chaud du système*  
GROUVELLE. *Nouv. annales de la const.* 1860, S. 42.
- Heizungs-Canäle für Luft und Dampf. *Zeitschr. f. Bauw.* 1861, S. 303.
- Heizapparat mit erwärmter Luft. *Allg. Bauz.* 1861, S. 247.
- Luftheizungsöfen, construiert von SCHWATLO. *Zeitschr. f. Bauw.* 1863, S. 652.
- CAMPF. Ofen für Luftheizung. *Scientific American*, Bd. 5, S. 216.
- Heizapparat mittels heißer Luftströmungen zum Heizen der Wohnzimmer, der Verwaltungsbureaux  
etc. *Allg. Bauz.* 1864, S. 6.
- BÖCKMANN. Erfahrungen bei Anwendung von Luftheizung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1867, S. 433.
- Ueber Zimmeröfen und Luftheizungs-Apparate. ROMBERG'S *Zeitschr. f. prakt. Bauk.* 1867, S. 141, 263.
- CERBELAUD. *Calorifère à air chaud et à eau chaude.* *Nouv. annales de la const.* 1867, S. 147.
- GAILLARD & HAILLOT. *Calorifère vertical entièrement en fonte.* *Nouv. annales de la const.* 1868, S. 51.
- GAILLARD & HAILLOT. *Calorifère à lames ondulées entièrement en fonte.* *Nouv. annales de la const.*  
1868, S. 52.
- TRESCA. *Expériences exécutées sur un calorifère, présenté par M. M. WEIBEL & Cie.* *Annales du*  
*conserv. des arts et métiers*, Bd. 8, S. 225.
- BROC. Central-Luftheizöfen. *Polyt. Centralbl.* 1869, S. 1544.
- TRESCA. *Expériences sur un calorifère en briques réfractaires creuses construit par M. M. GAILLARD*  
*ET HAILLOT.* *Annales du conserv. des arts et métiers*, Bd. 8, S. 392. *Maschin.-Constr.* 1870,  
S. 216.
- WIMAN, E. A. Luftheizungs-Calorifère aus Ziegeln. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1871, S. 383.
- INTZE. Centralheizöfen. *Polyt. Centralbl.* 1874, S. 1068.
- REINHARDT. *Air-heating apparatus.* *Engng.*, Bd. 18, S. 253.
- MEISSNER'S Luftheizung. *Maschin.-Constr.* 1875, S. 291, 309.
- FISCHER & STIEHL. Neuer Luftheizapparat. *Maschinenb.* 1875, S. 201. *Polyt. Centralbl.* 1875, S. 1009.
- Verbesserter Luftheizapparat. *Maschin.-Constr.* 1875, S. 190.
- KELLING. Luftheizungsöfen. *Maschin.-Constr.* 1875, S. 345.
- FRANCIOT. *Calorifère à air chaud.* *Revue gén. de l'arch.* 1875, S. 157.
- REINHARDT, J. H. Ueber Luftheizungen. *Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öff. Gesundheitspfl.* 1876, S. 49.
- FISCHER & STIEHL. Neue Luftheizung. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1876, S. 24, 39.
- Ueber Luftheizungen. *Eisenb.*, Bd. 6, S. 7, 15, 29, 38, 79.
- WOLPERT. Ueber Luftheizung. *Maschinenb.* 1877, S. 329.
- Poêle-calorifère en fonte. Système* CHIACOMETTI. *Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 235.
- GOTTSCHALK, F. Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxydes in sehr kleinen Mengen und einige  
Bemerkungen zu der sog. Luftheizungsfrage. Leipzig 1878.
- DIETRICH & Cie. *Calorifères.* *Revue industr.* 1878, S. 44.
- RIETSCHEL. Ueber Luftheizung. *Deutsche Zeitschr. f. prakt. Med.* 1878, S. 595.
- Ueber die Luftheizung. *Rohrleger* 1878, S. 177, 195, 213, 229, 247, 267, 285.
- PAUL'S patentirter Luftheizapparat. *Maschinenb.* 1879, S. 147.
- Neuere Luftheizapparate. *Maschinenb.* 1879, S. 327.
- LASIUS, G. Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung. *Eisenb.*, Bd. 11, S. 145, 151.
- THOMS, G. Ueber Luftheizung. *Rigafche Ind.-Ztg.* 1879, S. 89.
- HELLER. Ueber die Luftheizung. *Viert. f. ger. Medicin* 1879, S. 160.
- Technische Mittheilungen des schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Heft 17: Warm-  
luftheizung mit continuirlicher Feuerung. Von G. LASIUS. Zürich 1880.
- ZIUREK. Gutachten, betreffend die Beschaffenheit der Zimmerluft in den mit Luftheizung versehenen  
Schulclassen des französischen Gymnasiums und der Vorschule des Friedrich-Wilhelms-  
Gymnasiums zu Berlin in gesundheitlicher Beziehung. *Zeitschr. f. Bauw.* 1880, S. 237.
- SCHWATLO'S Luftheizungs-Apparat. *Deutsche Bauz.* 1880, S. 125.
- FISCHER & STIEHL. Verbesserungen an Luftheizungs-Einrichtungen. *Deutsche Bauz.* 1880, S. 459.
- WUTTKE, O. Central-Luftheizungs-Anlagen ohne Beiordnung von Centrifugal-Ventilatoren. *Rohr-  
leger u. Gesundh.-Ing.* 1880, S. 66.

- Calorifère à air chaud* de M. NICORA. *Revue industr.* 1880, S. 23.  
 Das neue Luftheizungs-system des Professors PINZGER, *Wochbl. f. Arch. u. Ing.* 1881, S. 211.  
 FISCHER & STIEHL. Verbeffertes Luftheizungs-system. HAARMANN'S *Zeitschr. f. Bauhdw.* 1881, S. 150, 158.  
 Circular-Erlafs des preufs. Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 28. Jan. 1882, betreffend das Reinigen der Luftzuführungs-Canäle und Heizkammern bei Luftheizungen. *Centralbl. d. Bauverw.* 1882, S. 45.  
 Luftheizofen (*Calorifère*) von HECKMANN, ZEHENDER & KÄUFFER, Mainz. *Wochbl. f. Arch. u. Ing.* 1882, S. 241.  
 LENZNER. Das WUTKE'sche System der Pulsions-Central-Luftheizung und Ventilation etc. Danzig 1884.  
 KEIDEL'S Luftheizung für Schulen, Krankenhäuser, Säle, Theater u. dergl. *Gefundh.-Ing.* 1887, S. 579.  
 DUBOIS, E. *Chauffage et ventilation des casernes par l'air chaud.* Nancy 1891.  
 PÉRISSÉ, R. *Le chauffage des habitations par calorifères.* Paris 1906.

### 3) Vermittelung durch feste Wände und Wasser oder durch Dampf. (Wasser- und Dampfheizung.)

372.  
 Erzeugung  
 des  
 Dampfes.

Es kann nicht die Aufgabe der nachfolgenden Erörterungen sein, eine Beschreibung und Erörterung der verschiedenen Dampfkeffelarten zu liefern. Ich begnüge mich, hinsichtlich der gröfseren Dampfentwickler zu bemerken, dafs unter bewohnten Räumen nur solche zulässig sind, welche einen sehr kleinen Wasserraum besitzen, und füge hinzu, dafs 1 qm Heizfläche durchschnittlich 10 bis höchstens 15 kg Dampf stündlich liefert.

Den Dampfentwicklern für Niederdruck-Dampfheizungen gebührt hier ein breiterer Raum, seitdem die letzteren in gröfserem Umfange zur Anwendung kommen. Sie fallen unter § 22, Absatz 3 der »Polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkeffeln« (Erlafs des Reichskanzlers vom 5. August 1890, wonach solche Dampfentwickler, deren Wasserraum mittels eines mindestens 0,08 m weiten, höchstens 5 m hohen Rohres, des sog. Standrohres, mit der Atmosphäre in freier Verbindung steht, einer polizeilichen Beaufsichtigung nicht unterliegen, und dem Erlafs des Ministers für Handel und Gewerbe vom 14. April 1898, B. 1794, welcher befagt, dafs das Standrohr nicht mehr bis in den Wasserraum zu reichen braucht und die Weite des Standrohres von der Heizflächengröfse abhängig gemacht wird, wobei 0,08 m als gröfster Wert gilt.

Kennzeichnend für die gebräuchlichen Niederdruck-Dampfkeffel ist ferner, dafs man bei ihnen die Dampf-, also die Wärmeentwicklung durch selbsttätige Regelung des Luftzutrittes zum Brennstoff dem jederzeitigen Bedarfe anzupassen sucht. Deshalb sind von den festen Brennstoffen nur nichtbackende und schwer vergasende (also nur Koke und Anthrazit) verwendbar. Aber selbst diese würden bei Beschränkung des Luftzutrittes unvollkommen verbrennen (zu Kohlenoxydgas umgewandelt werden), wenn nicht durch entsprechend rasche Wärmeabfuhr das Glühen zu großer Brennstoffmengen verhütet würde. Daher sind stets die Wände der Feuerstelle durch die vom Wasser gespülten Wände des Kessels gebildet.

Als Beispiele dieser Dampfkeffel mögen folgende dienen.

Niederdruck-Dampfkeffel von *Bechem & Post* in Hagen (Fig. 325<sup>251</sup>). In der Mitte des lotrecht aufgestellten Kessels befindet sich ein Füllschacht zur Aufnahme einer gröfseren Brennstoffmenge. Er mündet unten in ein den Kessel quer durchschneidendes wagrechtes Rohr *G*; der auf zwei eisernen Trägern ruhende Kessel kommt nur mit seinem oberen Rande in der Nähe

<sup>251</sup>) Siehe: *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1887, S. 392.

der Feuertür *B* und längs einer Zunge *H*, die an den hinteren Rand von *G* sich anschließt, mit dem Mauerwerk in Berührung. Die Verbrennungsluft, deren Menge durch einen vor dem Kesselmauerwerk aufgestellten Regler (vergl. weiter unten in Kap. 18) beschränkt wird, tritt bei *F* ein,

Fig. 325.

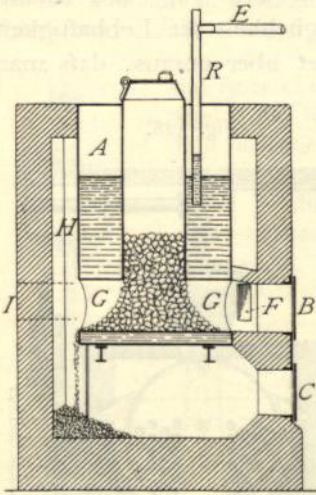
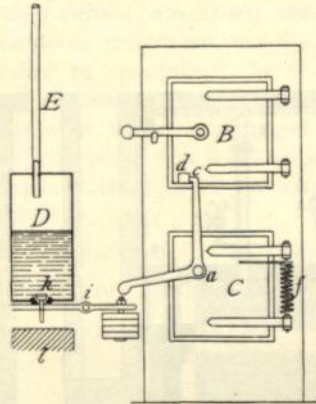
Niederdruck-Dampfkessel von *Bechem & Post* in Hagen.

Fig. 326.



jenseits des Kokehaufens — links in Bezug auf die Abbildung — aus dem Rohr *G* in den den Kessel umgebenden Hohlraum, wendet sich nach oben und vorn, überschreitet den Hals, welcher wegen der Feuertür gegen den Kessel gemauert ist, in der Richtung nach hinten, bespült die hintere Hälfte des Kessels und entweicht schließlich dicht hinter der Zunge *H* in den zum Schornsteine führenden (punktirt gezeichneten) Rauchkanal *I*. Diese Rauchführung gestattet die im Feuer sich bildenden Schlacken einfach nach hinten zu stofsen; fallen dabei auch einige noch brauchbare Kokestücke in den Aschenraum, so können sie bei dem wöchentlich ein- oder zweimal vorzunehmenden Leeren leicht

wiedergewonnen werden. Die Einrichtung gestattet ferner — nach Verlöschen des Feuers —, vom Aschenraume aus die Außenfläche des Kessels zu reinigen und zu besichtigen.

Bei größerer Weite des Rohres *G* wird der Fuß der Kokefüllung recht breit, so daß das eigenmächtige Herausfallen der Koke zu befürchten steht. Um dies zu verhüten, werden einige lotrechte Stäbe angebracht, welche an der Kante des Rohres *G* und des Füllrohres befestigt sind. Im Direktionsgebäude der Lagerhausgesellschaft im Freihafen zu Hamburg, welches *R. O. Meyer* dafelbst mit der Heizungsanlage versehen hat, sah ich zu gleichem Zwecke *Field*-Rohre angewendet.

Mit dem Kessel ist eine Sicherheitsvorrichtung verbunden, welche Fig. 326 darstellt. Die Feuertür *B* wird mittels einer gewöhnlichen Klinke geschlossen, die Aschenfalltür *C* mittels eines Winkelhebels, der sich bei *a* um einen in *C* befestigten Bolzen dreht und bei *c* mit einer Nafe in eine an *B* befestigte Oese *d* greift. Somit kann zwar die Tür *C* für sich geöffnet werden, nicht aber die Tür *B*. Werden aber beide Türen gemeinsam geöffnet, so zieht der Schornstein die Luft nicht durch das Feuer, sondern auf dem bequemeren Wege unter dem Kessel hindurch heran, wodurch eine Steigerung der Dampfentwicklung infolge unvorsichtigen Türenöffnens unmöglich gemacht wird.

*R* in Fig. 325 bezeichnet das Standrohr, von welchem das Rohr *E* in solcher Höhe sich abzweigt, daß die Wasserfäule zwischen *E* und dem Wasserpiegel im Dampfentwickler dem höchsten Dampfüberdrucke entspricht. Sobald nun, trotz des Verbrennungsreglers, der in Aussicht genommene höchste Dampfdruck überschritten wird, fließt Wasser durch *E* ab, und zwar in das an einem belafteten — nicht gezeichneten — Hebel hängende Gefäß *D* (Fig. 326). Dieses fenkt sich, stößt gegen den Hebel *i*, welcher gegen den links liegenden Arm des an *C* befestigten Winkelhebels wirkt, schiebt dadurch *c* aus *d* und gestattet der gespannten Feder *f*, die Tür *C* zu öffnen, wodurch die kalte Luft freien Zutritt zum Schornsteine erhält. Wenn man die Nafe *c* von links in die Oese *d* greifen läßt, so kann man den Zwischenhebel *i* sparen. Das Ventil *k* bewirkt, indem sein Stiel auf *l* fließt, das selbsttätige Entleeren des Gefäßes *D*.

Wenn man auch auf das selbsttätige Öffnen der Tür *C* verzichtet, so wird doch stets die Einrichtung getroffen, daß *B* nicht ohne *C* geöffnet werden kann, was man durch eine an *C* befestigte Schiene erreicht, welche fest auf den Rand der Tür *B* drückt.

Der Deckel des Füllschachtes muß dicht schließsen. Läßt er Luft durch, so wird letztere durch das Feuer gefaßt und facht dieses an, so daß die Regelung des Luftzutrittes unwirksam wird.

Mit dem Kessel verbindet man, behufs Beobachtens des Wasserinhaltes, ein Wasserstandglas. Das regelmässige Speifen des Kessels erfolgt durch das selbsttätig zurückfliessende Wasser; nur zum Ersatz durch Undichtheiten verlorenen Wassers ist besonderes Speifen erforderlich, das meistens unmittelbar durch die Wasserleitung des Hauses bewirkt wird.

Die Niederdruck-Dampfheizungen sind besonders für den Tag- und Nachtbetrieb, also für stetiges Heizen geeignet, wegen der Möglichkeit die Lebhaftigkeit des Feuers selbsttätig zu regeln. Das stetige Heizen setzt aber voraus, dass man

Fig. 327.

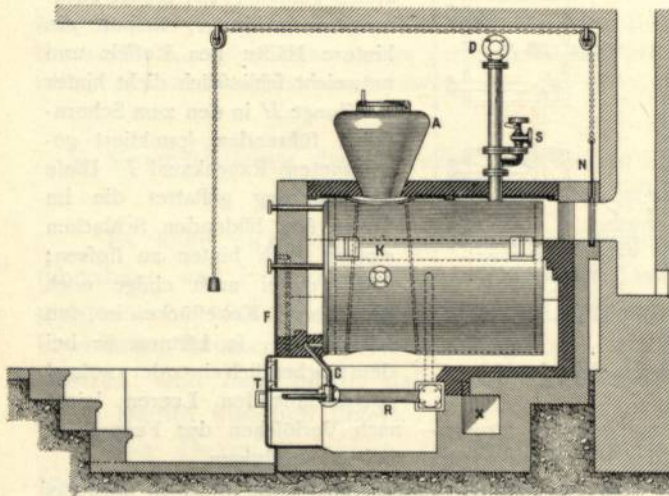


Fig. 328.

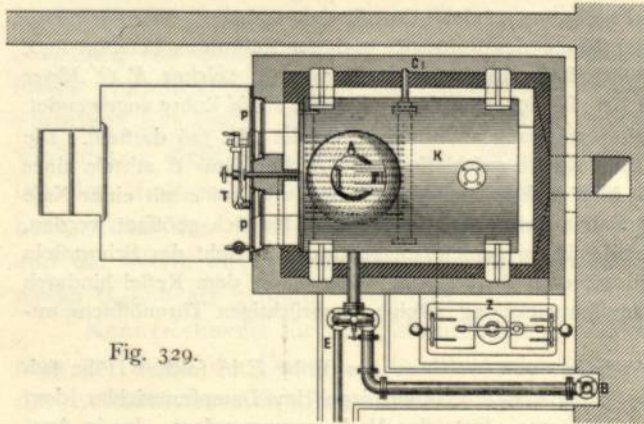
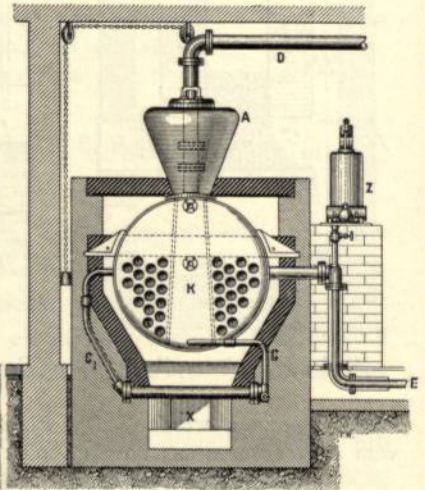


Fig. 329.

Niederdruck-Dampfkeffel

von

*Fritz Kaeferle*

zu Hannover.

den Dampfwickler 7 bis 8 Stunden lang ohne jede Bedienung lassen kann, und bedingt demnach grosse Räume, welche für jene Zeit genügenden Brennstoff aufnehmen können und diesen dem Feuer nach Bedarf selbsttätig zuführen. Einen solchen Füllraum bietet nun der *Bechem & Poff'sche* Kessel (Fig. 325) in Gestalt seines Mittelrohres. *Gebr. Körting* legen einen solchen Füllraum vor den liegenden Kessel<sup>252)</sup> und erzielen hierdurch manche Vorteile. *Kaeferle* in Hannover bringt den Füllraum für seinen liegenden Kessel zum Teil in diesem selbst unter, Fig. 327 zeigt diese Anordnung im Längsschnitt, Fig. 328 im Querschnitt und Fig. 329 im Grundriss.

<sup>252)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1869, S. 562.

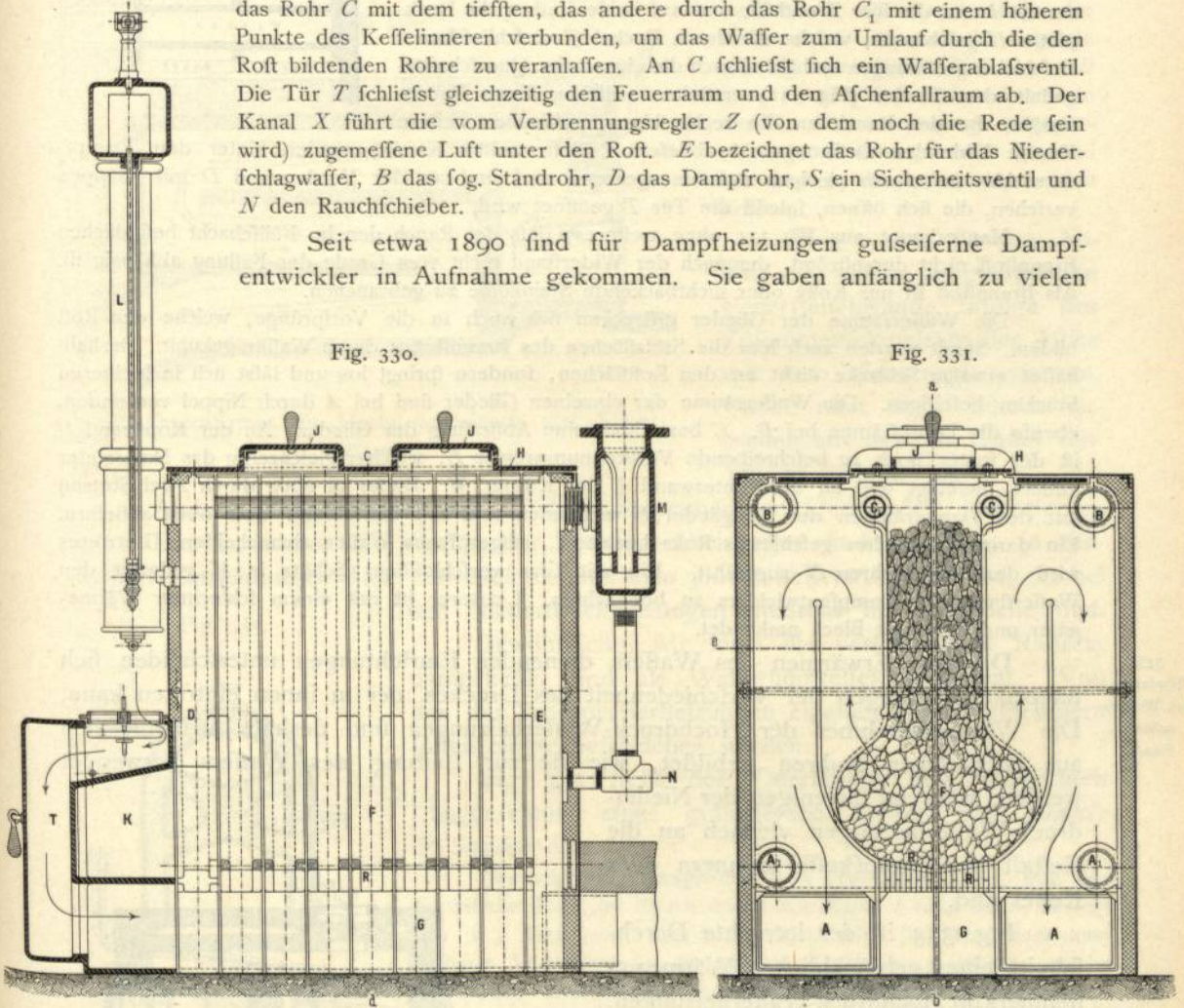


Der gusseiserne Trichter *A* ist an den oberen Rand eines nach unten sich erweiternden Rohres genietet, welches von oben bis unten durch den Kessel reicht und den Brennstoff (Koke) auf den Roß *R* führt. Der Rauch bespült die Unterseite des Kessels, indem er (siehe Fig. 327) von links nach rechts sich bewegt, durchfrömt dann eine Anzahl durch den Kessel gelegter Rauchrohre (siehe Fig. 328) in entgegengesetzter Richtung, steigt in zwei über dem Kessel liegende Kanäle und entweicht alsdann in den Schornstein. Vor den Rauchrohren befinden sich zwei Putzöffnungen *P* (Fig. 329). Der Roß *R* besteht aus nebeneinander liegenden Rohren, die durch Querrohre miteinander verbunden sind. Das eine dieser Querrohre ist durch das Rohr *C* mit dem tiefsten, das andere durch das Rohr *C*<sub>1</sub> mit einem höheren Punkte des Kessellinneren verbunden, um das Wasser zum Umlauf durch die den Roß bildenden Rohre zu veranlassen. An *C* schließt sich ein Wasserablaßventil. Die Tür *T* schließt gleichzeitig den Feuerraum und den Aschenfallraum ab. Der Kanal *X* führt die vom Verbrennungsregler *Z* (von dem noch die Rede sein wird) zugemessene Luft unter den Roß. *E* bezeichnet das Rohr für das Niederschlagwasser, *B* das sog. Standrohr, *D* das Dampfrohr, *S* ein Sicherheitsventil und *N* den Rauchschieber.

Seit etwa 1890 sind für Dampfheizungen gusseiserne Dampfentwickler in Aufnahme gekommen. Sie gaben anfänglich zu vielen

Fig. 330.

Fig. 331.



Dampfentwickler von Gebr. Körting zu Hannover.

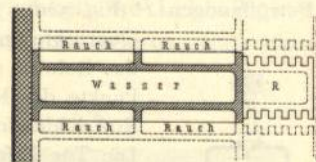
Auständen Anlaß, indem das spröde Gufseisen durch Temperaturwechsel leicht zerfrang. Man hat im Gießen Fortschritte gemacht und insbesondere die Formen der Glieder, aus denen die Dampfentwickler zusammengesetzt sind, verbessert<sup>253)</sup>, so daß jetzt diese gufseisernen Dampfentwickler den aus Eifenblech angefertigten vorgezogen werden.

Als Beispiel sei der Dampfentwickler von Gebr. Körting in Hannover (Fig. 330 bis 332) angeführt.

<sup>253)</sup> Vergl.: MEYER, R. O. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1896, S. 900.

Die Glieder *A, B, C, R*, deren Querschnitt Fig. 332 darstellt, sind in einiger Zahl aneinandergesetzt; jede Reihe schliesen zwei Endglieder *D* und *E* ab. Beide Reihen sind einander gegenübergestellt und miteinander verschraubt. Die Endglieder *D* bilden sodann die Vorderwand; sie enthalten Oeffnungen vor den Rechtecken *A* und Ausschnitte, welche den Feuerraum *F* und den Afchenraum *G* zugänglich machen. Die beiden Endglieder *E* bilden die Hinterwand und sind nur mit den den Rechtecken *A* entsprechenden Durchbrechungen versehen. An der Vorderplatte *D* ist ein kastenartiger Vorbau *K* befestigt, welcher die Lufterlafventile *i* und die Tür *T* enthält, und auf beide Reihen die Deckplatte *H* geschraubt, welche die durch Deckel *F* verschließbaren Beschickungsöffnungen enthält. Durch die eigenartige Querschnittsgestalt der Glieder (Fig. 332) entstehen zwischen ihnen Rauchkanäle, die den Rauch an die rechteckigen, zusammen weitere Kanäle bildenden Oeffnungen *A* abliefern. Diese weiten Kanäle werden hinter dem Dampfentwickler zu einem einzigen zusammengezogen und sind an der Vorderwand *D* mit Klappen versehen, die sich öffnen, sobald die Tür *T* geöffnet wird.

Fig. 332.



Man erkennt aus Fig. 331 ohne weiteres, daß der Rauch den im Füllschacht befindlichen Brennstoff nicht durchströmt, demnach der Widerstand nicht vom Grade der Füllung abhängig ist. Als Brennstoff ist nur Koke oder nichtbackende Steinkohle zu gebrauchen.

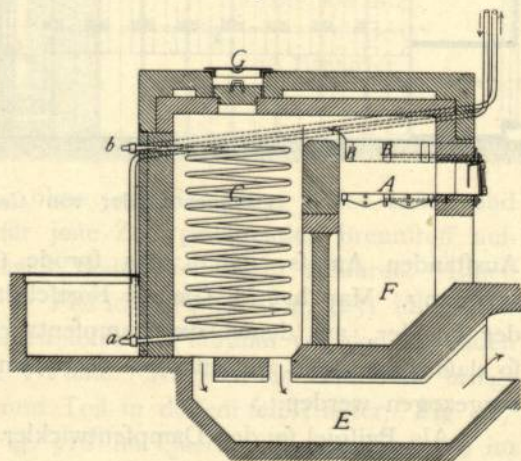
Die Wafferräume der Glieder erstrecken sich auch in die Vorfprünge, welche den Rost bilden. Somit werden auch hier die Stützflächen des Brennstoffes durch Wasser gekühlt. Deshalb haftet etwaige Schlacke nicht an den Rostflächen, sondern springt los und läßt sich in kleineren Stücken beseitigen. Die Wafferräume der einzelnen Glieder sind bei *A* durch Nippel verbunden, ebenso die Dampf Räume bei *B, C* bezeichnet eine Absteifung der Glieder. An der Kopfwand *D* ist der später noch zu beschreibende Verbrennungsregler *L*, welcher gleichzeitig das Manometer enthält, befestigt und an der Hinterwand *E* der Körper *M*. Dieser ist oben durch zwei Stützen mit den Dampf räumen der Endglieder *E* verbunden und soll den Dampf nach oben abliefern. Ein darin befindliches gefchlitztes Rohr bezweckt, mitgerissenes Wasser abzufcheiden. Letzteres wird den Speiseröhren *N* zugeführt. Ein mit Glas verschlossener Schlitz in *M* gestattet den Wasserstand des Dampfentwicklers zu beobachten. Letzterer ist mit einem schlechten Wärmeleiter und dann mit Blech umkleidet.

Die zum Erwärmen des Wassers dienenden Einrichtungen unterscheiden sich hauptsächlich wegen der Verschiedenheit des Druckes, der in ihnen eintreten kann. Die Wärmeaufnehmer der Hochdruck-Wasserheizungen sind deshalb ausschließlich aus ebenfolchen Rohren gebildet, wie sie zur Leitung des Wassers verwendet werden, während diejenigen der Niederdruck-Wasserheizungen vielfach an die Gestalt der Dampfessel erinnern oder Kessel sind.

Fig. 333 ist der lotrechte Durchschnitt eines gebräuchlichen Wärmeaufnehmers für Hochdruck-Wasserheizungen.

*A* bezeichnet die Feuerstelle. Die Luftzufuhr erfolgt teils durch die Rostspalte, teils durch seitlich der Feuerstelle liegende Kanäle *B*, welche über dem Rost in den Feuerraum münden. Der Rauch übersteigt die Feuerbrücke, bespült niedersteigend die schraubenförmig gebogenen Rohre *C* und entweicht in den Rauchkanal *E*. Das zu erwärmende Wasser tritt bei *a* ein und verläßt die Schlange bei *b*. Die Hinterwand des Afchenfalles *F* ist verloren gemauert, so daß sie ohne große Umstände entfernt, somit die Feuerchlange

Fig. 333.



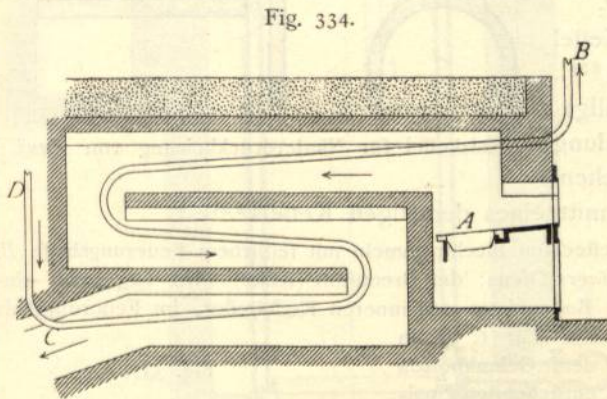
Feuerchlange für Hochdruckheizung.

1/100 w. Gr.

zugänglich gemacht werden kann. Der Deckel *G* gestattet das Reinigen der Rohrchlange von Flugafche.

Nach Umständen legt man in den Schacht, in welchem die Feuergase niedersteigen, mehrere Schlangen, welche jede für sich mit ihren Leitungs- und wärmeabgebenden Rohren eine besondere Heizung bilden.

Wegen der ungünstigen Bepflügelung der Rohroberfläche der vorliegenden Anordnung empfiehlt *Schinz* die Rohranlage, welche Fig. 334 verfinnlicht.



Wassererwärmer für Hochdruckheizung von *Schinz*.

$\frac{1}{150}$  w. Gr.

Von der Feuerstelle *A* aus durchflömt der Rauch längs der Rohre *B*, *C* übereinander liegende Kanäle; das Wasser fließt von *D* über *C* allmählich steigend und in der der Raumbewegung entgegengesetzten Richtung nach *B* und von dort zu den wärmeabgebenden Rohren.

Wegen der starken Abnutzung, welche die gemauerten Feuerstellenwände infolge des Zusammenschmelzens der Afche mit dem Mauerwerk erfahren, bildet man diese Wände zuweilen aus den das Wasser führenden Rohren<sup>254</sup>.

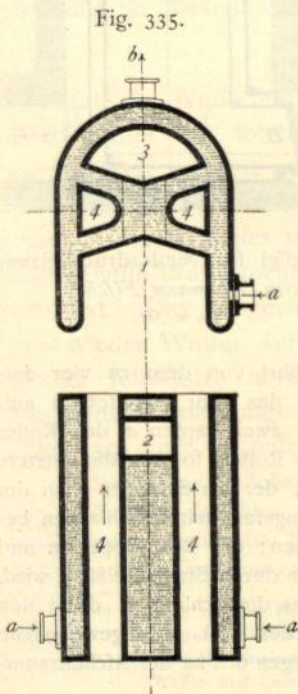
Andere Anordnungen sind in den unten genannten Quellen<sup>255</sup>) beschrieben. Das Erwärmen des Wassers der Mitteldruckheizungen findet meistens in ähnlichen Einrichtungen statt; zuweilen benutzt man jedoch kesselartige Gefäße, die bei den Niederdruckheizungen meistens im Gebrauche sind.

Gewöhnliche, wie auch die verschiedenen Röhrendampfkessel sind als Wasserheizkessel brauchbar. Von den den Warmwasserheizungen eigenen Wärmeaufnehmern sollen einige beschrieben werden.

Fig. 335 stellt den Querschnitt und wagrechten Längenschnitt eines gusseisernen Kessels von *Hartly & Sugden* dar.

Der zugehörige wagrechte Rost liegt im Kanal *1*; von der Feuerstelle steigt der Rauch durch den Kanal *2* nach oben, bewegt sich in *3* nach vorn und wird, durch eine im Mauerwerk ausgeparte Vertiefung, in die beiden Kanäle *4*, *4* geleitet, welche den Rauch wieder nach hinten führen. Nach Umständen wird er noch weiter, mit Hilfe gemauerter Kanäle, um den Kessel geleitet.

*Zani* hat einen kupfernen Kessel in der Weise angeordnet, wie Fig. 336 im Längens- und Querschnitt erkennen läßt.



Heizkessel für Niederdruckheizung von *Hartly & Sugden*.

<sup>254</sup>) Siehe: HAUSDING, A. Die Heizungs-, Ventilations- u. f. w. Anlagen der Aktiengesellschaft *Schäffer & Walcker*. Berlin 1884.

<sup>255</sup>) Heizapparat für Heißwasserheizung von R. O. MEYER in Hamburg. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 103.

Feuerung für Heißwasserheizung von FISCHER & STIEHL in Essen a. d. Ruhr. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 372.

FISCHER. Das Gymnasium Andreaneum zu Hildesheim. Beschreibung der Heiz- und Ventilations-Einrichtungen. *Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1870, S. 172.

Hier ist im Raume *A* ebenfalls ein waagrecht angebracht, dessen Feuergase zunächst die gewölbte Decke des Raumes *A*, dann, den Spalt *B* durchströmend, die gewellte Fläche *C*, hierauf, im Raume *D* sich wendend, die trommelförmige Fläche *E* bespülen. Von *E* aus kann der Rauch noch um den Kessel geführt werden. Das Wasser tritt bei *F* ein und verläßt den Kessel bei *H*.

Bezüglich anderer derartiger Kessel siehe die unten genannten Quellen <sup>256)</sup>.

Lotrechte Kessel sind im allgemeinen beliebter, da sie die Anwendung einer Füllfeuerung bequemer machen.

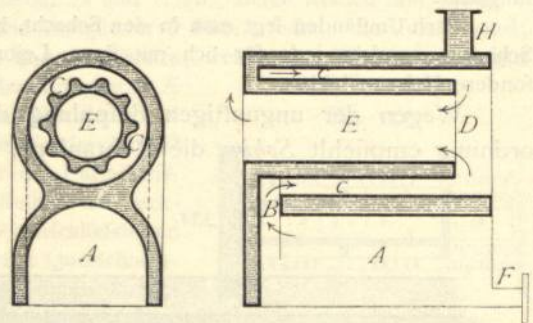
Fig. 337 ist der lotrechte Schnitt eines derartigen Kessels <sup>257)</sup>.

Er besteht aus zwei ineinander gesteckten Blechtrommeln mit seitlichem Feuerungshalbe *B*. Die Feuerung ist so wie die des *Meidinger*-Ofens; der Brennstoff (Koke) wird von oben eingeworfen und stützt sich auf die ebene Bodenplatte des inneren Kesselteiles, im Feuerungshalbe eine entsprechende Böschung bildend. Die Tür *C* ist in der Mitte geteilt und jede Hälfte auf dem Gelenkbolzen verschiebbar, so daß man die Weite des entstehenden Spaltes, der die Luft zum Feuer treten läßt, bequem regeln kann. Nach dem Niederklappen der Tür *C* vermag man Asche und Schlacke herauszuziehen; bei gehöriger Vorrichtung kann man das Feuer während des ganzen Winters ununterbrochen erhalten. Der Kessel *A* ist in einem gemauerten Schachte aufgestellt, so daß zwischen ihm und der inneren Schachtwand ein Kanal ringförmigen Querschnittes entsteht, in welchem der im Kessel emporgestiegene Rauch sich weiter abkühlend nach dem Rauchabfuhrkanal *E* niederfinkt. Der gemauerte Schacht ist mittels des Deckels *D* geschlossen und das Mauerwerk mit einer eisernen Platte abgedeckt. Durch das Rohr *F* gelangt das Wasser in das Innere des Kessels, steigt von hier aus, sich erwärmend, empor und verläßt den Kessel durch das Rohr *H*, welches seitwärts am Kessel befestigt ist.

Die Einrichtung eines größeren derartigen Kessels stellt Fig. 338 in lotrechtem Schnitt dar <sup>258)</sup>.

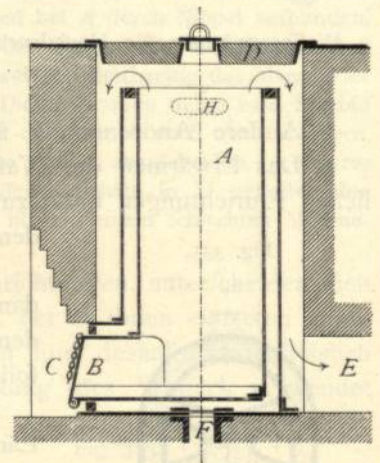
Der Kessel *A* selbst besteht aus zwei ineinander gesteckten Blechrohren, die oben und unten mit Hilfe eingelegter Flacheisenringe miteinander vernietet sind. Das Rohr *B* führt von dem zu vier derartigen Kesseln gehörigen Sammelrohr *C* das Wasser in den Kessel; das Rohr *D* leitet es aufwärts. Der Kessel *A* steht auf einer eisernen Platte *H*, in welcher zwei Zapfen *a* des Rostes gelagert sind; die Achse dieser Zapfen geht nicht durch die Mitte des Rostes, so daß der letztere durch einen dritten Stützpunkt am Kippen gehindert werden muß, der als Schieber *d* an der Platte *H* befestigt ist. Will man nun, nach längerem Heizen, die angefallenen Schlacken beseitigen, so ist nur der Schieber bei geschlossener Tür *I* zurückzuziehen; der Rost kippt um und läßt Schlacken u. f. w. niederfallen, ohne daß der bedienende Arbeiter durch Staub belästigt wird. Nachdem der Staub sich gelegt hat, erfährt man mittels eines Hakens die Schleife *e*, dreht den Rost in die richtige Lage und bewegt den Schieber *d* wieder unter den Rost. Das gewöhnliche Afchenentfernen geschieht, indem man einen Haken durch die Oeffnungen des an der Afchenraum-

Fig. 336.



Heizkessel für Niederdruckheizung von Zani.

Fig. 337.



Heizkessel für Niederdruckheizung von Hermann Fischer.

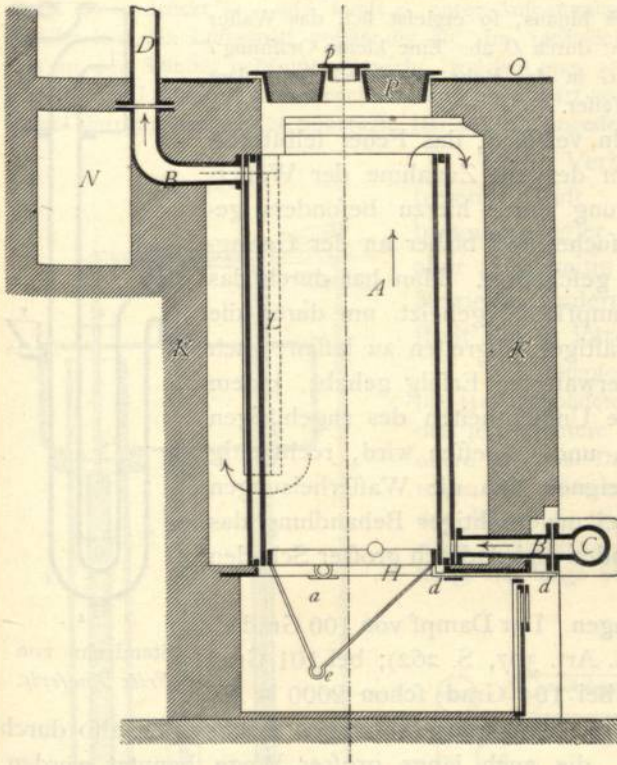
1/30 w. Gr.

<sup>256)</sup> Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 532; 1885, S. 891.

<sup>257)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 221, S. 423.

<sup>258)</sup> Siehe ebendaf.

Fig. 338.



Heizkessel für Niederdruckheizung von Hermann Fischer.

1/30 w. Gr.

erschreitet die Wassertemperatur 100 Grad, so tritt Dampfbildung ein, und es wird Wasser mit solchem Getöse in das Ausdehnungsgefäß geworfen, daß Aufmerksamkeit erreicht wird. Weiter reicht dieses Schutzmittel nicht.

Ähnlich ist es mit dem für Niederdruck-Dampfkegel vorgeschriebenen Standrohr. Taucht dieses mit seinem unteren Ende in das Wasser des Kessels, so wird eine gewisse Wassermenge hinausgeschleudert, so daß nunmehr der Dampf freien Austritt hat. Das ausgeworfene Wasser fehlt dann dem Kessel; man muß letzterem also wieder Wasser zuführen. Dies wird vermieden, wenn man das ausgeworfene Wasser selbsttätig in den Kessel zurückfließen läßt. Diefem Zweck dienen verschiedene Einrichtungen; ich beschränke mich darauf, die von *Kaeflerle* angewendete (Fig. 339) kurz zu beschreiben.

Das in das Kesselwasser tauchende Rohr ist über den Kessel hinausgeführt, und außerhalb des Kessels ist das hier zu beschreibende Rohr mittels des Flanches *F* befestigt. Es bildet zunächst eine nach unten hängende Schleife und endigt in einem Gefäß *G*. Ein genügend hohes Luftröhre *L* hindert eine etwaige Heberwirkung, und das heiße Kesselwasser ist vom kalten Stand-

tür *I* befindlichen geschlitzten Schiebers — der sonst zur Regelung des Luftzutrittes dient — steck und von unten in die Rostspalte führt. Rings um den Kessel ist durch das Mauerwerk *K* ein ringförmiger Raum gebildet, welchen die diagonal liegenden (punktirten) Zungen *L* in zwei gleiche Teile zerlegen. Der Rauch bewegt sich, nachdem er im Kessel emporgestiegen ist, in dem einen Teile nach unten, in dem anderen Teile nach oben zu dem mehreren Kesseln gemeinsamen Rauchkanal *N*.

Andere Heizkessel findet man in den unten genannten Quellen <sup>259)</sup> beschrieben.

Die Heizkessel der Wasser- und Dampfheizungen werden häufig von Dienftboten bedient. Deshalb sind die Mittel, welche gegen die durch Ueberheizen entstehenden Gefahren schützen, von einiger Bedeutung.

Bei den Warmwasserheizungen sind die Ausdehnungsgefäße (siehe Art. 330, S. 295) neben ihrem eigentlichen Zweck solche Sicherheitsmittel: über-

<sup>259)</sup> FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege und Rettungswesen in Brüssel 1876. *Polyt. Journ.*, Bd. 222, S. 6.

FISCHER, H. Feuerung des Wassererwärmungskörpers von der Berliner Actiengesellschaft für Central-Heizungs-Wasser- und Gasanlagen, vormals SCHÄFFER & WALCKER. *Polyt. Journ.*, Bd. 226, S. 12.

FISCHER, H. Oefen für Wasser- und Dampfheizungen. *Polyt. Journ.*, Bd. 231, S. 295.

Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der österreichischen Commission.

Heft 17: Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877. S. 41.

Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 532; 1893, S. 1482; 1896, S. 898.

rohrwasser insofern getrennt, als ersteres, soweit es in den linksseitigen Schenkel der Schleife gelangt, als das heißere Wasser über dem kälteren bleibt. Steigt der Kesseldruck über das erlaubte Maß hinaus, so ergießt sich das Wasser in das Gefäß, und etwaiger Dampf strömt durch *D* ab. Eine kleine Oeffnung *l* gestattet dem Wasser aus dem Gefäß *G* in das Rohr zurückzufließen. Der Trichter *T* dient zum Nachfüllen von Wasser.

Man hat bei Wasserheizkesseln versucht, das Feuer selbsttätig dämpfen zu lassen, und zwar unter der mit Zunahme der Wassertemperatur sich steigenden Dehnung eines hierzu besonders geeigneten Rohres; allein diese Versuche sind bisher an der Geringfügigkeit der genannten Dehnung gescheitert. Man hat durch das Wasser einen kleinen Weingeist-Dampfkessel geheizt, um durch die Spannung der Weingeistdämpfe kräftiger eingreifen zu lassen; auch diese Versuche haben nicht den erwarteten Erfolg gehabt, indem die Weingeistdämpfe durch geringe Undichtheiten des zugehörigen Rohrwerkes allmählich entweichen und vergehen wird, rechtzeitig den Verlust zu ersetzen. Daher eignen sich die Wasserheizungen wenig zu stetigem Betrieb, weil bei unvorsichtiger Behandlung das »Ueberkochen« in der Nacht stattfinden und dadurch großer Schaden eintreten kann.

Anders ist es bei Dampfheizungen. Der Dampf von 100 Grad C. hat 0 kg für 1 qm Ueberdruck (vergl. Art. 307, S. 262); bei 101 Grad sind schon 500 kg für 1 qm und bei 104 Grad schon 2000 kg für 1 qm Ueberdruck verfügbar. Geringe Temperaturerhöhungen machen sich also durch ziemlich große Kräfte bemerkbar, die auch längs großer Wege benutzt werden, also zu größerer Arbeitsleistung verwendet werden können.

Man benutzt diese Kräfte, um mittels Klappen oder Ventile den Zutritt der Luft zum Feuer zu beschränken. Hiermit kommt man jedoch nicht immer aus, indem durch Zufälligkeiten (z. B. Wind) der Schornsteinzug derart gesteigert werden kann, daß, trotz geschlossenen Luftventils, vermöge kleiner Undichtheiten noch reichlich Luft eingefogen wird. Man droffelt deshalb zuweilen auch den Rauch oder führt kalte Luft in den Schornstein, um seine Saugkraft zu schwächen oder gar kalte Luft in die Rauchzüge, um kühlend auf die Kesselflächen zu wirken.

Zuerst führte sich der Verbrennungs- oder Zugregler von *Bechem & Poff* ein; Fig. 340 stellt eine Ausführungsform in zwei lotrechten Schnitten dar.

Der Kanal *f* führt die durch Schlitze des Ständerfußes eingetretene Luft dem Feuer zu; die Ventilplatte *e* hat den Zweck, den Luftzutritt bei steigender Dampfspannung zu verengen. Zu diesem Zwecke hängt sie an dem oben offenen, zum Teile mit Quecksilber gefüllten Rohre *c*, das feinerseits mittels zweier Hängeeisen an die lange Schraubenfeder *d* gehängt ist. In das Quecksilber

Fig. 339.

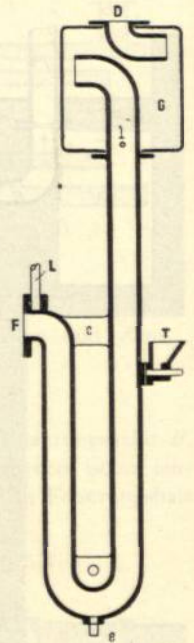
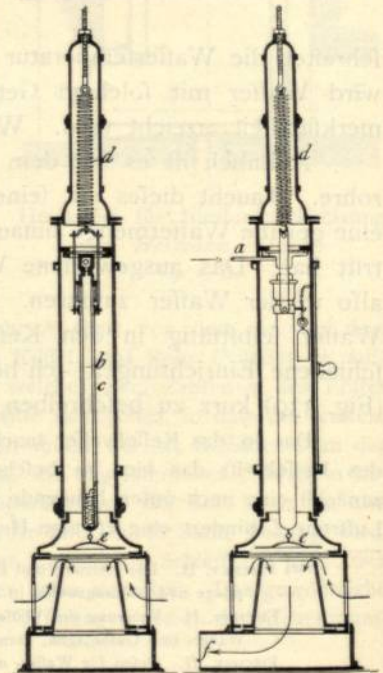
Standrohr von  
*Fritz Kaeferle*.

Fig. 340.

Selbsttätiger Regler von *Bechem & Poff*.



ventile *i*. Steigt der Dampfdruck, so steigt auch das Wasser im Rohre *b*, das vermöge einer Verlängerung fast bis zum Boden von *a* hinabreicht. Somit wird *d* leichter, während *g* mit dem früheren Druck auf den Wagbalken wirkt. Dieser senkt sich daher rechts, und die Ventile nähern sich ihren Sitzen, bei weiterem Steigen des Dampfdruckes bis zum Ventilschluss. Steigt der Dampfdruck noch weiter, so schließt eine am unteren Ende von *d* hängende Kugel den Zutritt des Wassers nach dem linksseitigen Hohlkörper *a* ab; das in *b* befindliche Wasser kann durch den Dampfdruck in den Kasten *c* geworfen werden, worauf der Dampf abzufließen vermag. Nunmehr würden, da *d* nicht mehr vom Wasser emporgedrückt wird, die Luftventile *i* wieder geöffnet werden. Dem wirkt der Schwimmer *g* entgegen. Durch den Verlust des ausgeworfenen Wassers ist der Wasserpiegel im Dampfentwickler und demnach auch im rechtsseitigen Hohlkörper *a* gesunken, der Schwimmer *g* also schwerer geworden. Der Hebel *h* ist mit einem Laufgewicht *k* ausgestattet, durch dessen Verschieben der Luftabschluss für andere Dampfdrücke eingestellt werden kann. Zwischen den beiden Hohlkörpern *a* und mit diesen verbunden ist ein Glasrohr angebracht, welches den Dampfüberdruck erkennen lässt. Auf der in Fig. 341 dargestellten Gradleiter ist der Dampfdruck in Atmosphären angegeben.

*Käuffer & Co.* in Mainz benutzen das aufsteigende Wasser des Standrohres unmittelbar zum Beschränken des Luftzutrittes; sie pflegen die gleiche Einrichtung auch für den Rauchabzug anzuwenden. Fig. 342 stellt den Zugregler in seiner paarweisen Anordnung dar.

Die beiden Regler *d* und *e* sind mittels der Rohre *b* und *c*, bzw. *a* mit dem Wasserraum des Kessels in freier Verbindung. Sie bestehen aus zwei Gefäßen, deren Hohlräume indessen nur oben durch eine Scheidewand voneinander getrennt sind, während in den unteren Hohlräumen auf etwa  $\frac{1}{5}$  der Höhe ein 5 cm weiter Schlitz dieser Wand eine freie Verbindung herstellt, durch welche — beim Regler *d* — die zum Feuer zu leitende Luft, bzw. — beim Regler *e* — der vom Kessel kommende Rauch strömt. Sobald jedoch der Dampfdruck größer wird, steigt das Wasser in den Reglern empor, verengt den Schlitzquerschnitt und hemmt dadurch den Zug. Ueber dem Regler für den abziehenden Rauch ist eine Drosselklappe angebracht, um diesen nach Umständen unbehindert in den Schornstein gelangen zu lassen.

Als Beispiel eines Verbrennungsreglers, der kalte Luft in den Schornstein treten lässt, sobald der Dampfdruck zu hoch steigt, führe ich hier den zu Fig. 327 bis 329 (S. 336) gehörigen *Kaeferle'schen* Zugregler an. Fig. 343 u. 344 stellen ihn in lotrechtem Schnitt und Grundriß dar.

Auf das Mauerwerk, welches die Kanäle *Y* für die Abkühlungsluft und *X* für die Verbrennungsluft enthält, ist ein gut eingehülltes Gefäß *Z* gesetzt. Sein oberliegender Boden trägt ein Bockchen, das als Stützpunkt für den Wagbalken *H* dient. Gleichachsig mit *Z* ragt in dieses Gefäß das Rohr *C*, wodurch zwischen der Wand von *Z* und *C* ein Raum ringförmigen Querschnitts entsteht; er ist zum Teil mit Quecksilber gefüllt. Eine

Fig. 343.

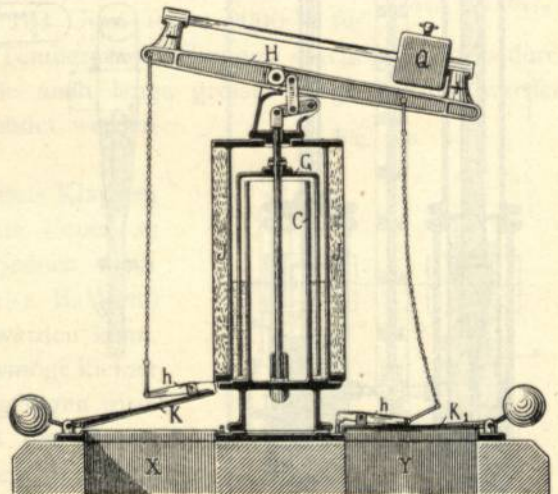
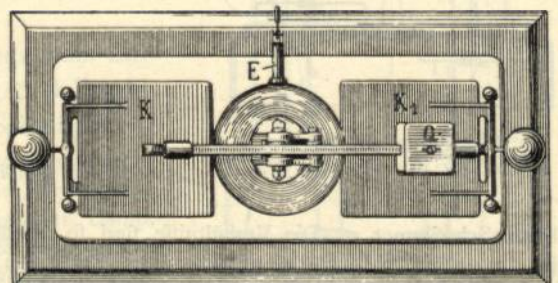


Fig. 344.

Verbrennungsregler von *Fritz Kaeflerle*.



Glocke *G*, die, unter Vermittelung von Hebelwerk, am Wagbalken *H* hängt, taucht mit ihrem unteren Ende in das Quecksilber. Vermöge des Röhrchens *E*, welches so verlegt ist, das das in ihm und in *C* sich bildende Niederchlagwasser nach dem Kessel zurückfließt, ist der Innenraum von *C* mit dem Dampfraum des Kessels in freie Verbindung gesetzt. Der Dampfdruck wirkt auf die Glocke *G*, hebt diese, wenn er steigt, und bewirkt dadurch Sinken des linksseitigen Endes des Wagbalkens *H* und damit der am Wagbalken hängenden Klappe *K*. Ist bei weiterem Steigen des Dampfdruckes die Klappe *K* geschlossen, und steigt der Dampfdruck trotzdem noch, so beginnt der rechtsseitige Arm des Wagbalkens die Klappe *K*<sub>1</sub> zu heben, so das durch *Y* kalte Luft in den Schornstein gelangt. Da auf die geschlossene Klappe der Schornsteinzug drückt, so erfordert ihr Anheben größere Kraft. Deshalb ist die zum Heben dienende Kette nicht unmittelbar, sondern unter Vermittelung eines Hebels *h* mit der Klappe verbunden. Bei geschlossener Klappe legt sich das kürzere Ende von *h* auf eine Nafe, so das für das Anheben der Klappe die Zugkraft der Kette etwa dreimal so stark wirkt als nach dem Anheben. Das Laufgewicht *Q* wird verschoben, wenn man einen höheren oder geringeren Dampfdruck haben will.

Ueber zahlreiche, außerdem teils im Gebrauch befindliche, teils vorgeschlagene Zugregler, welche den Dampfdruckwechsel benutzen, geben die unten genannten Quellen <sup>260)</sup> Auskunft.

Die nötigen Heizflächen werden wie folgt berechnet.

Bei Heißwasserheizungen wird fast immer Gegenstrom angewendet, so das die Heizfläche nach Formel 30 (S. 131) ist:

374.  
Berechnung  
der Heiz- und  
Rostflächen.

$$F = \frac{W}{k} \frac{\log. \text{ nat. } \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)}$$

Die Temperatur des Feuers *T*<sub>1</sub> nimmt man zu 1200 Grad, diejenige des abziehenden Rauchs *T*<sub>2</sub> zu 300 Grad, die Temperatur des heißeren Wassers *t*<sub>2</sub> zu 200 Grad, jene des zurückkehrenden Wassers *t*<sub>1</sub> zu 50 Grad an. Alsdann wird

$$F = \frac{W}{k} 0,0017.$$

Der äußere Rohrdurchmesser ist 0,025 m, also die äußere Rohrfläche — welche wegen der großen Wärmeleitungsfähigkeit von Wasser in Metall hier als maßgebend angenommen werden muß — eines  $\mathcal{L}_1$  langen Rohres

$$F = 0,025 \pi \mathcal{L}_1, \text{ bzw. } = 0,033 \pi \mathcal{L}_1.$$

Wegen der großen Verschiedenheit der Rohrweite und des äußeren Rohrdurchmessers darf man *k* nicht größer als 13 nehmen, so das durch Einsetzen dieses Wertes und Gleichsetzen beider für *F* genannten Ausdrücke entsteht:

$$\text{für } 0,025 \text{ m dicke Rohre: } \mathcal{L}_1 = 0,0017 W = \frac{W}{590}; \dots \dots \dots 160.$$

$$\text{für } 0,033 \text{ m dicke Rohre: } \mathcal{L}_1 = 0,00125 W = \frac{W}{800} \dots \dots \dots 161.$$

*Redtenbacher* gibt für die erstere Rohrart den Wert  $\mathcal{L}_1 = \frac{W}{425}$  an, was wegen des früher gebräuchlichen Zusammendrängens der Rohre als berechtigt bezeichnet werden kann.

Die Rostfläche für Kohlen- und Kokeheizung wählt man gewöhnlich zu

$$R = \frac{W}{200\,000} \text{ bis } \frac{W}{300\,000} \text{ Quadr.-Met.} \dots \dots \dots 162.$$

<sup>260)</sup> Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1866, S. 670; 1888, S. 777. — Gefundh.-Ing. 1888, S. 221.

Wärmeaufnahme der Niederdruck-Wasserheizungen sind selten für Gegenstrom eingerichtet. Da der Wert  $t_2 - t_1$ , d. h. die Temperaturzunahme des Wassers gering ist, so rechnet man nach Formel 31 (S. 131):

$$F = \frac{W}{k} \frac{1}{\frac{T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)}{2}}$$

setzt  $k = 15$  bis  $18$ , je nach der mehr oder weniger günstigen Lage der Heizflächen,  $T_1 = 1200$ ,  $T_2 = 200$ ,  $t_1 = 60$ ,  $t_2 = 90$  Grad und erhält alsdann

$$F = \frac{W}{11150} \text{ bis } \frac{W}{9290} \text{ Quadr.-Met.}, \dots \dots \dots 163.$$

wofür im Mittel genommen zu werden pflegt:

$$F = \frac{W}{10000} \text{ Quadr.-Met.} \dots \dots \dots 164.$$

Die Rostfläche macht man im Durchschnitt

$$R = \frac{F}{20} \text{ bis } \frac{F}{25} \dots \dots \dots 165.$$

Die Wärmeaufnahme der Mitteldruck-Wasserheizungen werden, je nach ihrer Konstruktion, nach Formel 161 u. 162 oder 163 u. 165 berechnet.

Das Wasser wird auch mittels Dampfes erwärmt. Wegen des großen Wärmeüberleitungsvermögens aus Dampf in Wasser (siehe Art. 153, S. 124) genügen hierfür kleine Heizflächen. In manchen Fällen ist lediglich ein Rohr in den Wasserbehälter gesteckt, in anderen dieses Rohr zu einer Schlange gebogen. Beispiele hierfür findet man in den unten genannten Quellen<sup>261)</sup>. Man kann im Mittel für 1 Grad Temperaturunterschied zwischen Wasser und Dampf 1 qm Heizfläche und 1 Stunde auf die Ueberführung von 1000 Wärmeeinheiten rechnen.

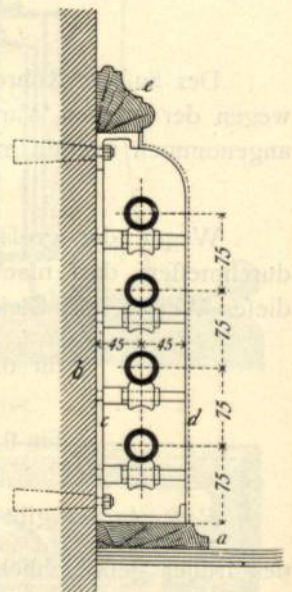
Die Wärmestrahlener der Hochdruck-Wasserheizungen bestehen aus längs den Wänden liegenden Rohren, aus Schlangen oder aus schmiedeeisernen Rohren, welche mit gußeisernen Rippen versehen sind<sup>262)</sup>.

Fig. 345 stellt beispielsweise den Querschnitt einer Rohranordnung längs einer Wand dar.

Auf dem Fußboden ist eine Fußleiste *a* befestigt; über sie erheben sich die an die Wand *b* geschraubten Rohrträger *c*, welche die Rohre mittels Rollen unterstützen. An *c* sind dünne eiserne Bügel und die Ziervergitterung *d* geschraubt, und eine Leiste *e* schließt das Ganze oben ab. Die Befestigung der Bügel mit dem Ziergitter *d* ist derart gewählt, daß letzteres, behufs Reinigens der Heizrohre von anhaftendem Schmutz, leicht gelöst werden kann.

Den Rohren ist selbstverständlich freie Ausdehnbarkeit zu gewähren. Dies bedingt, entweder jedes Rohr gewisser-

Fig. 345.



Rohranordnung für eine Hochdruck-Wasserheizung.

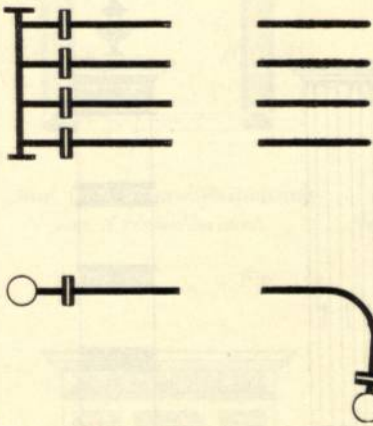
375-  
Erwärmen  
des Wassers  
mittels  
Dampf.

376.  
Wärmestrahlener  
der  
Hochdruck-  
heizungen.

261) Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882, S. 439; 1883, S. 537; 1884, S. 737.

262) Siehe: FISCHER, H. Dampf- und Warmwasser-Heizungskörper des Eifenwerkes Kaiserslautern. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 225.

Fig. 346.



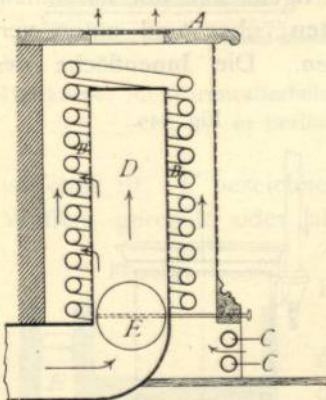
müssen selbständig zu machen, oder — nach der Aufriss- und Grundrisszeichnung in Fig. 346 — jedes der Rohre mit einer besonderen Biegung zu versehen, da nicht anzunehmen ist, daß sämtliche Rohre jederzeit gleich warm sind.

Eine gebräuchliche Einrichtung einzelner Heizkörper läßt der lotrechte Durchschnitt in Fig. 347 erkennen. Unterhalb der Fensterbank *A* liegen die Windungen *B* der Heizschlange, welcher eines der Rohre *C* das Wasser zuleitet, während das andere zu dessen Zurückführung dient. Die Rohre *C* dienen gewöhnlich mehreren derartigen Schlangen (vergl. Art. 310, S. 273) und sind selbst Heizrohre, da sie hinter einem Gitter den Wänden entlang laufen. Eine Ventilanordnung (vergl. Art. 334, S. 300)

gestattet, daß man das Heizwasser ganz oder teilweise durch die Schlange *B* strömen läßt oder ganz von dieser absperrt. Die Luft, welche sich an den Rohren *B* erwärmt, steigt nach oben und veranlaßt die kältere Zimmerluft, von unten einzutreten.

In der Mitte der Heizschlange befindet sich ein Blechkasten, dessen Wände durchbrochen sind. Er steht mit einer Leitung, die frische Luft führt — und vielleicht unmittelbar in das Freie mündet — in Verbindung, sobald die Drosselklappe *E* geöffnet ist. Man vermag deshalb frische Luft an den Rohren *B* sich erwärmen und im erwärmten Zustande in das Zimmer treten zu lassen.

Fig. 347.



Wärmestrahler für Hochdruck-  
heizung. —  $\frac{1}{20}$  w. Gr.

Die Lage des Warmluftgitters in der Fensterbank, wie überhaupt in der wagrechten Abdeckplatte ist nicht zweckmäßig, weil durch die Oeffnungen des Gitters leicht Schmutz niederfällt und auf den Heizflächen sich ablagert. Man zieht daher neuerdings vor, sowohl die Warmluftöffnung als auch die Zutrittsöffnung für die zu erwärmende Luft in die Vorderwand des Mantels zu legen.

Aehnliche Rohrerschlangen finden in Wandchränken und besonderen Heizkammern Aufftellung; sie werden auch zu Mitteldruck- und Niederdruck-Wasserheizungen, sowie zu Dampfheizungen verwendet und haben gemeinlich — da man es versteht, die Rohre durch Zusammenschweißen einzelner Stücke sehr lang zu machen — den Vorzug, daß sie mit weniger Verbindungsstellen behaftet sind und, da sie geringe Weite haben, den notwendigen Dehnungen leicht nachgeben.

Für Warmwasser- und Dampfheizungen sind außerdem vielfache Formen der Wärmestrahler oder Oefen gebräuchlich; hier soll eine kleine Auslese gegeben werden. Ein beliebter Ofen <sup>263)</sup> ist durch Fig. 348 im lotrechten Durchschnitt und in der Ansicht dargestellt.

Man bemerkt, daß auf einen Sockel eine Blechtrommel gestellt ist, durch deren Böden eine Zahl oben und unten offener Rohre führt. Den Raum zwischen

377.  
Oefen für  
Warmwasser-  
und  
Dampfheizung.

<sup>263)</sup> Die Abbildung ist von *Aird & Marc* in Berlin.

der Außenwand und den soeben genannten Rohren füllt das warme Wasser oder der Dampf aus. Die Außenfläche des Ofens steht mit der Zimmerluft in Berührung, während den Innenwänden der Rohre entweder die Zimmerluft (nach Öffnen zweier im Sockel liegender Klappen) oder frische Luft (nach Öffnen der Droffelklappe im Luftzuführungskanal) zur Erwärmung dargeboten wird.

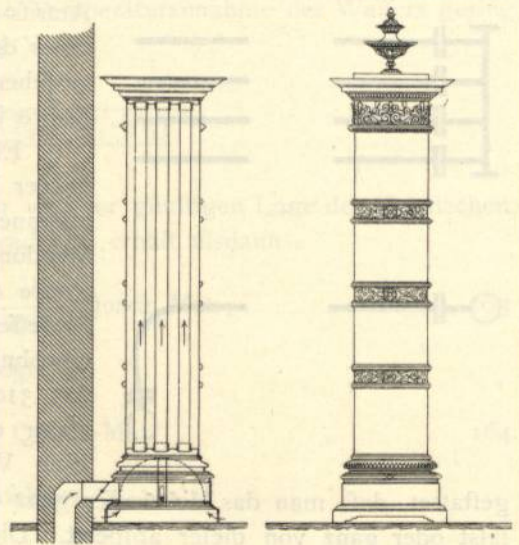
Die Rohre dieses Ofens sind im Vergleich zu ihrer Länge sehr eng, so daß in einiger Höhe der Temperaturunterschied zwischen Wasser und Luft ein geringer wird, also die Wärmeabgabe für jedes Quadr.-Meter der Fläche von der durchschnittlichen Wärmeabgabe weit entfernt bleibt (vergl. Art. 378, S. 354). Es ist deshalb vorzuziehen, wenige, aber

weitere Rohre zu verwenden. Fig. 349 zeigt einen derartigen Ofen mit nur einem inneren Rohre; er besteht aus zwei ineinander gesteckten, oben und unten verbundenen Blechtrommeln, die auf einem Sockel ruhen. Die Innenfläche des Rohres dient entweder zum Wiedererwärmen der Zimmerluft oder zum Erwärmen der frischen Luft, welche der Schieber *A* aus dem Blechrohre *B* zuströmen läßt.

Hinter Mänteln oder in Heizkammern verwendet man ähnliche Ofen einfacherer Gestalt. Fig. 350 zeigt z. B. den teilweisen lotrechten Schnitt eines Ofens von *d'Hamelin-court*. Beide Trommeln *A* und *B* sind aus Gusseisen angefertigt, die äußere *A* auch mit Rippen versehen. Die Verbindung beider ist oben und unten durch je einen Ring *C* bewirkt.

Des geringeren Raumbedarfes halber gestaltet man die Ofen häufig plattenförmig. Man nietet z. B. zwischen die Ränder ebener Blechtafeln einen Flacheisenring und steift die Platten in der nötigen Zahl von Punkten mittels Stehbolzen ab. Beliebte sind die gusseisernen Heizkasten mit Rippen (Fig. 351 in teilweiser Aufsicht und teilweisem wagrechten Schnitt), von welchen oft mehrere zusammengebaut werden. Man stellt sie unter den Fensterbänken, in Wandchränken und in Heizkammern auf. Das Aufstellen in einem Wandschrank zeigt Fig. 352 (*Aird & Marc* in Berlin) in Querschnitt und Vorderansicht. *A* bezeichnet den gusseisernen, mit Rippen versehenen Heizkasten; *C* den Mantel, welcher teils aus gestanztem Blech, teils aus Zinkguß besteht; *a* eine Klappe, welche gestattet, entweder den Luftzufluß aus dem Zimmer oder denjenigen aus dem Frischluftkanal *B* abzusperren,

Fig. 348.



Ofen für Warmwasserheizung.

Fig. 349.

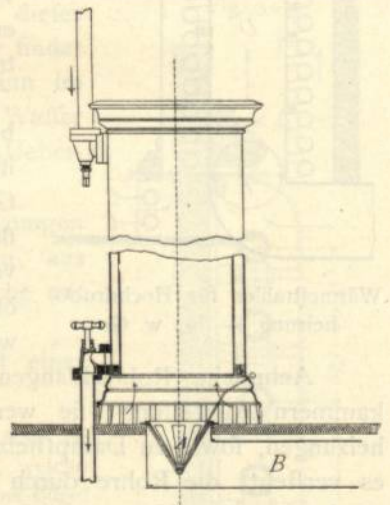
Ofen für Warmwasserheizung.  
1/20 w. Gr.

Fig. 350.

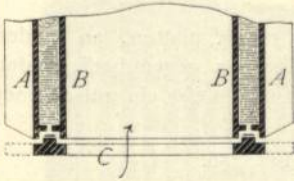
Ofen für Warmwasserheizung  
von *d'Hamelin-court*.

Fig. 351.

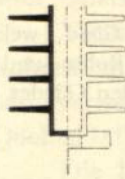
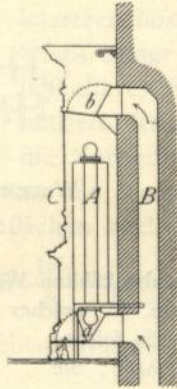
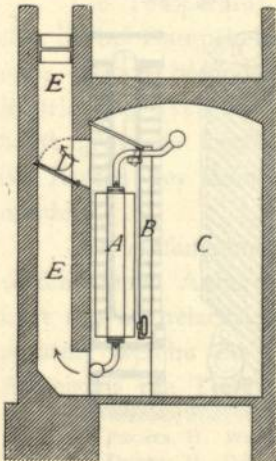
Heizkasten für  
Warmwasserheizung.

Fig. 352.

Heizkörper für Warmwasserheizung von *Aird & Marc*  
in Berlin.

verfehen ist. *C* bezeichnet den Knopf des Ventils, mittels dessen der Umlauf des Wassers geregelt oder abgesperrt werden kann. Die Platte *B* erwärmt die im Zimmer befindliche Luft unmittelbar; an die Rückseite des Kastens *A* wird die Luft besonders geleitet.

Fig. 353.

Warmwasserofen für Heiz-  
kammern.

Einen eigenartigen Wärmestrahler, welchen *Käuffer & Co.* in Mainz für Niederdruck-Dampfheizungen verwenden, stellt Fig. 355 in Ansicht dar.

Der Dampf tritt in den Fuß eines gusseisernen Mittelkörpers und wird in einer darin vorhandenen rohrartigen Ausparung zu dem an seinem Kopfe befindlichen Regelungsventil geführt. Von dort tritt der Dampf in die Haupthöhlung des gusseisernen Körpers, in den die schmiedeeisernen, hufeisenförmigen Rohre frei münden, so daß der Dampf in sie einzutreten und das Wasser abzufließen vermag. Das Niederchlagwasser entweicht aus dem Fuß des gusseisernen Ständers.

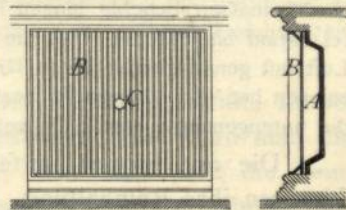
Um den Wärmestrahler billig und doch gut herstellen zu können, haben *Gebr. Körting* in Hannover seit dem Jahre 1876 Glieder-

bezw. beide teilweise freizuhalten; *b* eine Klappe, welche entweder der erwärmten Luft oder der unerwärmten frischen Luft oder beiden gleichzeitig den Eintritt in das Zimmer gestattet.

Fig. 353 ist der lotrechte Durchschnitt einer Aufstellung dieses Ofens in der Heizkammer. *A* bezeichnet den Ofen, *B* die verschiebbare Vorderwand der Heizkammer, *C* den Frischluftkanal. Je nach der Stellung der Mischklappe *D* muß die frische Luft entweder den Ofen *A* bespülen oder gelangt durch den Kanal *E* in unerwärmtem Zustande nach dem Orte ihrer Bestimmung oder strömt endlich teilweise durch die Heizkammer, teilweise durch den Kanal *E*.

Recht niedlich sind die Heizkasten, welche Fig. 354 veranschaulicht<sup>264</sup>). Unter der Fensterbank ist ein gusseiserner Kasten *A* eingelegt, dessen Deckel *B* aus Messing angefertigt und mit zahlreichen Rippen

Fig. 354.



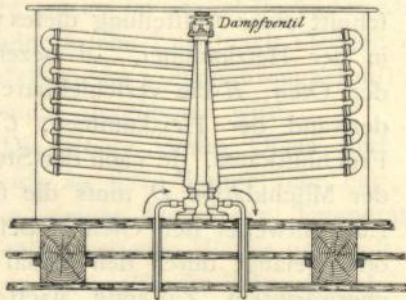
Heizkasten für Warmwasserheizung.

<sup>264</sup>) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 9.

öfen eingeführt. Diese werden jetzt von zahlreichen Fabriken gefertigt und haben die älteren Einrichtungen fast verdrängt.

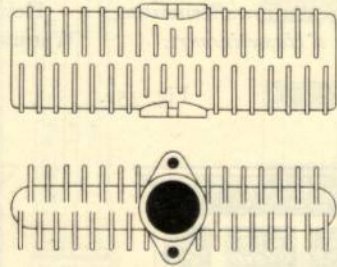
Fig. 356 zeigt ein einfaches stabförmiges Glied, welches aus einem platten, an beiden Enden verschlossenen, mit Rippen versehenen Rohre und zwei einander gegenüberliegenden Stützen besteht. Den unteren Stützen des untersten Gliedes eines Ofens schließt ein gußeiserner

Fig. 355.



Warmwasserofen von *Käuffer & Co.*  
in Mainz.

Fig. 356.



Warmwasserofen von *Gebr. Körting*  
in Hannover.

Fufs, der zum Ableiten des Niederschlag- oder abgekühlten Waffers geeignet eingerichtet ist, den oberen Stützen des oberen Gliedes eine Platte, in welcher die Dampf-, bezw. Wasserleitung mündet; im übrigen legt sich Glied auf Glied. Ein solches etwa 0,60 m langes Glied hat etwa 0,9 qm Heizfläche, die Rippenfläche eingeschlossen.

Die doppelten stabförmigen Glieder (Fig. 357) haben grössere Länge und grössere Höhe und sind mit einer Mittelwand versehen, welche die wärmeabgebende Flüssigkeit zwingt, die Enden des Gliedes aufzsuchen.

Die Glieder werden auch kranzförmig ausgeführt.

Die Schrägrippen (siehe Art. 370, S. 330), auf welche weiter unten noch einmal zurückgekommen werden wird, sind besonders wirksam für Wasser- und Dampfheizöfen. Sie sind denn auch für die Gliederöfen verwertet.

Fig. 358 verfinnlicht eines dieser Glieder in Ansicht und Schnitt, von denen eine Anzahl mittels der angegebenen Flansche miteinander verbunden werden, um einen gewissermassen beliebig langen Heizkörper zu bilden. Es sei darauf hingewiesen, dafs die am Ofen zu erwärmende Luft fast genau gleiche Wege längs feiner Flächen zurückzulegen hat. Im übrigen sei bezüglich der Gliederöfen auf die untenenannte Quelle<sup>265)</sup> verwiesen.

Die mit Rippen versehenen Heizflächen erschweren ihre Reinhaltung. Deshalb haben, etwa vom Jahre 1893 ab, die von Amerika zu uns gekommenen glattwandigen Gliederöfen<sup>266)</sup>, welche auch wohl Radiatoren genannt werden — trotz ihres höheren Preises — die gerippten Gliederöfen zum Teile verdrängt. Sie sind glattwandig oder mit flachen Verzierungen versehen (Fig. 359) und oft mit Schmelzfarben reich geschmückt, so dafs sie auch in fein ausgestatteten Räumen frei auf-

Fig. 357.

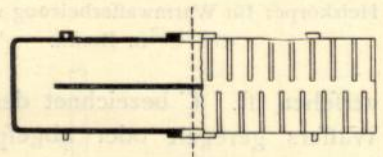
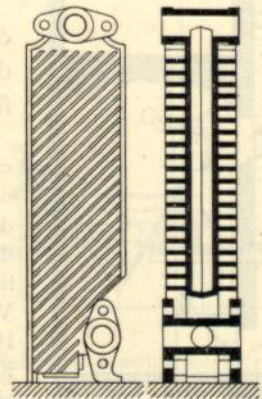


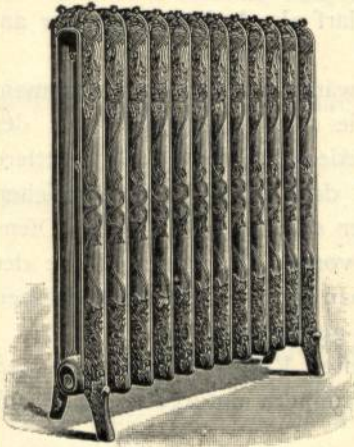
Fig. 358.



<sup>265)</sup> Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 533; 1885, S. 892; 1893, S. 1485.

<sup>266)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 1486.

Fig. 359.



Glattwandiger Gliederofen.

geringer wird; bei ersteren sind die Temperaturen eng begrenzt.

Man berechnet die Heizflächen nach der Gleichung 31 (S. 131):

$$F = \frac{W}{k} \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)},$$

mufs aber, oft auf umständlichem Wege, die Temperaturen  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $t_1$  und  $t_2$  bestimmen.

Die Anfangstemperatur  $T_1$  des wärmeabgebenden Mittels ist am leichtesten zu bestimmen. Die Temperatur des Dampfes entspricht immer seiner Spannung und ist der Tabelle auf S. 262 zu entnehmen. Für Wasser ist die Temperatur, mit welcher es in den Heizofen tritt, in der Regel ebenfalls leicht zu bestimmen, da der Temperaturverlust vom Wassererwärmer bis zum Wärmestraher nötigenfalls berechnet, in den gewöhnlichen Fällen auch genügend genau geschätzt werden kann.

Die Temperatur des Dampfes bleibt bis zu seiner Verdichtung unverändert; also ist bei Dampfheizungen  $T_1 = T_2$  anzunehmen. Die Temperatur  $T_2$  des Wassers mufs jedoch besonders bestimmt werden, und zwar auf Grund der verwendeten Rohrleitung (vergl. Art. 309, S. 267). Man wird in vielen Fällen, um  $T_2$  möglichst grofs zu erhalten, verhältnismäfsig weite Rohre anwenden, hierdurch zwar die Kosten der Rohrleitungen vermehren, aber die Kosten der Wärmestraher vermindern.

Die Anfangstemperatur  $t_1$ , mit welcher die Luft den Heizkörper trifft, ist bei verschiedenen Anlagen sehr verschieden. Für Umlaufheizungen, also wenn man die Luft des zu heizenden Raumes den Heizflächen zuführt, setzt man für  $t_1$  die Temperatur, welche die Luft nach der Erwärmung des Raumes hat; da während des Anheizens die Temperatur  $t_1$  geringer ist, so ist die Wärmeabgabe eine gröfsere,

gestellt werden können, also auch für das Reinigen ihrer Oberflächen bequem zugänglich sind.

Vielfach verschiedene Zusammenstellungen von Rohren mit und ohne Rippen erwähne ich nur und verweise im übrigen auf die unten genannten Quellen<sup>267)</sup>.

Die Berechnung der wärmeabgebenden Flächen der Dampf- und Wasserheizkörper mufs der niedrigen Temperaturen halber mit gröfserer Vorsicht vorgenommen werden als diejenige der gewöhnlichen, unmittelbar vom Rauche berührten Heizflächen. Bei letzteren läfst sich, sofern die Leistung eines solchen Ofens hinter den Anforderungen zurückbleibt, durch lebhafteres Schüren und Anfachen des Feuers die mittlere Rauchttemperatur erhöhen, wobei allerdings die Nutzleistung der Gewichtseinheit des Brennstoffes

378.  
Berechnung  
der  
Heizkörper.

<sup>267)</sup> FISCHER, H. Warmwasseröfen. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 9.

FISCHER, H. Öfen für Wasser- und Dampfheizungen. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 295.

WIMAN, E. A. Warmwasser-Heizung des Schulgebäudes in Westerwik. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871, S. 679.

MEYER, F. Die Warmwasser-Heizung von FRANZ SAN GALLI in St. Petersburg. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1872, S. 239.

RÖSICKE, H. Warmwasser-Heizung für kleine Anlagen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1876, S. 31.

RÖSICKE, H. Heizkörper-Ummantelung für Centralheizungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 323; 1883, S. 533; 1885, S. 892.

Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 1485.

was nicht stört. Entnimmt man die zu erwärmende Luft dem Freien, so setzt man für  $t_1$  diejenige Temperatur, welche für den Wärmebedarf als Außentemperatur angenommen wurde.

Am schwersten ist die Endtemperatur  $t_2$  der erwärmten Luft zu bestimmen. Sofern man die Heizflächen frei im Raume aufstellt, sie also unbehindert von der Zimmerluft bespült werden können, so wird man unbedenklich für  $t_2$  die mittlere Zimmertemperatur, also  $t_2 = t_1$  setzen können. Hierbei darf jedoch nicht übersehen werden, daß bei hohen Heizflächen die Temperatur der die oberen Teile des Ofens bespülenden Luft oft erheblich höher ist, indem diese vorher die unteren Teile der Heizflächen bespült hat. In Rücksicht hierauf wählt man geringe Heizflächenhöhen oder für hohe Heizflächen die Wertziffer  $k$  kleiner als gewöhnlich.

Bestehen die Heizflächen aus von außen erwärmten Rohren (vergl. Fig. 348 bis 350) oder sind die Öfen ummantelt oder in Heizkammern untergebracht, so ist anders zu verfahren.

In einigen Fällen treibt man die Luft mittels besonderer Kraft, Gebläse u. f. w., den Heizflächen entlang. Alsdann ist die Wärmemenge  $W$ , welche von der Luft aufgenommen wird, wenn  $\mathcal{Q}$  die stündlich gelieferte Luftmenge (in Kilogr.) bezeichnet,

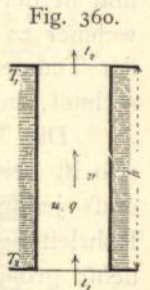
$$W = \mathcal{Q} \cdot 0,24 (t_2 - t_1) \dots \dots \dots 166.$$

oder

$$t_2 = \frac{W}{\mathcal{Q} \cdot 0,24} + t_1 \dots \dots \dots 167.$$

In der Mehrzahl der Fälle soll jedoch der durch die Erwärmung hervorgerufene Auftrieb die Luft an den Heizflächen entlang führen. Alsdann ist die Frage, welche Endtemperatur  $t_2$  die Luft hat, während sie die verschiedenen Stellen des Ofens verläßt, nur auf Umwegen zu bestimmen.

Fig. 360 stelle ein Rohr dar, das von außen durch warmes Wasser der Anfangstemperatur  $T_1$  und Endtemperatur  $T_2$  berührt wird. Die Luft durchströme das Innere des Rohres und werde in diesem von  $t_1$  auf  $t_2$  erwärmt. Der Querschnitt des Rohres sei  $q$  Quadr.-Met., sein Umfang  $U$  Met., und die mittlere sekundliche Luftgeschwindigkeit  $v$  Met.; der Auftrieb werde nur durch die Höhe  $h$  gebildet. Alsdann ist nach Gleichung 31 (S. 131):



$$F = U h = \frac{W}{k} \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} \dots \dots \dots 168.$$

Ferner ist nach Gleichung 166, wenn für  $\mathcal{Q}$  gesetzt wird

$$\mathcal{Q} = q v \cdot 3600 \gamma, \dots \dots \dots 169.$$

$$W = \mathcal{Q} (t_2 - t_1) 0,24 = 0,24 \cdot 3600 \gamma q v (t_2 - t_1) \dots \dots \dots 170.$$

Der verfügbare Auftrieb beträgt

$$\mathfrak{A} = h \left( 1,3 - 0,004 t_1 - 1,3 + 0,004 \frac{t_1 + t_2}{2} \right) = 0,002 (t_2 - t_1) h, \dots \dots \dots 171.$$

und die Widerstände sind

$$\mathfrak{B} = \gamma \left[ \kappa \frac{u}{q} h \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 172.$$



In letzterer Gleichung mag behufs ihrer Vereinfachung

$$\alpha \left( \frac{1}{v} + 20 \right) = 0,009$$

gesetzt werden, so daß durch Gleichsetzung des Auftriebes und der Widerstände

$$0,002 (t_2 - t_1) h = \gamma \left( 0,009 \frac{u}{q} h + \Sigma \xi \right) \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots 173.$$

wird, und hieraus

$$v = \sqrt{\frac{0,002 (t_2 - t_1) 2gh}{\gamma \left( 0,009 \frac{u}{q} h + \Sigma \xi \right)}} \dots \dots \dots 174.$$

Es sei darauf hingewiesen, daß der Umfang einmal mit  $U$  (Gleichung 168), bei den Widerständen aber mit  $u$  bezeichnet ist. Dies ist geschehen, weil nicht immer der gesamte, die Widerstände bedingende Umfang auch wärmeabgebend ist. Weiter unten ist die Benutzung der verschiedenen Bezeichnungsweise zu finden.

Durch Vereinigung der beiden Gleichungen 168 u. 170 entsteht ferner

$$\frac{Uh}{2} k [T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)] = 0,24 \cdot 3600 \gamma q v (t_2 - t_1); \dots \dots \dots 175.$$

folglich

$$v = \frac{U}{q} \frac{[T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)] h k}{2 \cdot 0,24 \cdot 3600 \gamma (t_2 - t_1)} \dots \dots \dots 176.$$

Setzt man nun die Werte in den Gleichungen 174 u. 176 für  $v$  einander gleich, so findet man, nach einigen Umgestaltungen,

$$\frac{q}{U} = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{342} k \sqrt{\frac{\left( 0,009 \frac{u}{q} h + \Sigma \xi \right) h}{\gamma (t_2 - t_1)^3}} \dots \dots \dots 177.$$

Man wird in dieser Gleichung für  $\gamma$ , zumal  $\gamma$  unter dem Wurzelzeichen steht, unbedenklich denjenigen Wert (1,18) setzen, welcher 30 Grad warmer Luft eigen ist, wodurch man endlich erhält

$$\frac{q}{U} = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{371} k \sqrt{\frac{\left( 0,009 \frac{u}{q} h + \Sigma \xi \right) h}{(t_2 - t_1)^3}} \dots \dots \dots 178.$$

In dem Falle, daß die Luft, nachdem sie die Heizflächen verlassen hat, noch in einem anschließenden Kanale von  $q_1$  Quadr.-Meter Querschnitt,  $u_1$  Meter Umfang und  $h_1$  Meter Höhe emporsteigt und dann erst in das zu heizende Zimmer sich ergießt, gewinnt man auf gleichem Wege

$$\frac{q}{U} = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{525} k \sqrt{\frac{0,009 \left( \frac{u}{q} h + \frac{u_1}{q_1} h_1 \right) + \Sigma \xi}{(t_2 - t_1)^3 \left( \frac{h}{2} + h_1 \right)}} \dots \dots \dots 179.$$

Dagegen entsteht aus Gleichung 178 für den besonderen Fall, daß  $q$  kreisförmig ist, wegen

$$\frac{q}{U} = \frac{D^2 \frac{\pi}{4}}{D\pi} = \frac{D}{4},$$

$$D = \frac{T_1 + T_2 - t_1 - t_2}{93} k \sqrt{\frac{\left( 0,036 \frac{h}{D} + \Sigma \xi \right) h}{(t_2 - t_1)^3}} \dots \dots \dots 180.$$

Man kann die Gleichungen 178 u. 179 auch so gestalten, daß aus ihnen unmittelbar  $h$ , bezw.  $h_1$  bei gegebenem  $\frac{q}{U}$  zu gewinnen ist.

Es wird

$$h = \sqrt{\left(55,5 \frac{q}{u} \Sigma \xi\right)^2 + \frac{[250 (t_2 - t_1)]^3 q^3}{u U^2 (T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2 k^2}} - 55,5 \frac{q}{u} \Sigma \xi \quad 181.$$

und

$$h_1 = \frac{-[65 (t_2 - t_1)]^3 q^2 \frac{h}{2} + \left(0,009 \frac{u}{q} + \Sigma \xi\right) U^2 h^2 k^2 (T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2}{+ [65 (t_2 - t_1)]^3 q^2 - 0,009 \frac{u_1}{q_1} U^2 h^2 k^2 (T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2} \quad 182.$$

Keine der hier aufgestellten Gleichungen ermöglicht nun,  $t_2$  unmittelbar zu bestimmen; vielmehr muß  $t_2$  nach Schätzung angenommen und versucht werden, ob der betreffende Wert mit den übrigen Größen im Einklange steht.

Regelmäßig pflegt man statt dessen von vornherein  $t_2$  anzunehmen, zumal ein hoher Wert des  $t_2$  ungünstig auf die Gleichmäßigkeit der Temperatur des zu heizenden Raumes in lotrechter Richtung einwirkt, und hiernach die anderen Werte zu bestimmen.  $t_2$  wird zwischen 30 und 40 Grad, fast niemals höher gewählt.

Behufs Erläuterung des Verfahrens seien einige Beispiele angeführt.

Gegeben sind:  $T_1 = 90$  Grad;  $T_2 = 50$  Grad;  $t_1 = 18$  Grad;  $t_2 = 38$  Grad und  $k = 16$ .

a) Es soll berechnet werden, welches Verhältnis  $\frac{q}{u}$  für ein glattwandiges Rohr nach Fig. 360, bezw. Fig. 348 bis 350 bei 1,00 m Höhe anzuwenden ist. Das obere Rohrende ist frei offen; unterhalb des Rohres kommt eine Vergitterung mit  $\xi = 0,8$ , eine gute Abrundung mit  $\xi = 0,8$  und das die Luftbewegung überhaupt erzeugende  $\xi = 1$ , also  $\Sigma \xi = 2,1$  in Frage.  $\frac{u}{q}$  ist zu 20 geschätzt. Alsdann ist nach Gleichung 178

$$\frac{q}{U} = \frac{90 + 50 - 18 - 38}{371} 16 \sqrt{\frac{(0,009 \cdot 20 \cdot 1 + 2,1) 1}{(38 - 18)^2}} = 0,06$$

oder

$$D = 0,24 \text{ m.}$$

Hiernach ist  $\frac{u}{q}$  zu groß geschätzt; angesichts des geringen Einflusses dieses Wertes innerhalb der Rechnung schadet dies nichts.

Den gleichen Wert für  $D$  gewinnt man natürlich auch aus Gleichung 180.

Man sieht, daß das Rohr, trotz der geringen Länge, eine erhebliche Weite haben muß, um  $t_2 = 38$  Grad werden zu lassen.

β) Es soll die Höhe  $h$  berechnet werden, wenn  $D = 0,05$  angenommen wird. Wie vorhin sei  $\Sigma \xi = 2,1$ ;  $\frac{u}{q}$  ist = 80. Alsdann wird nach Gleichung 181

$$h = \sqrt{\left(\frac{55,5 \cdot 2,1}{80}\right)^2 + \frac{[250 (38 - 18)]^3}{80^3 (90 + 50 - 18 - 38)^2 \cdot 16^2}} - \frac{55,5}{80} 2,1 = 0,044 \text{ m.}$$

So enge Rohre dürfen also, wenn nur der in ihnen wirksam werdende Auftrieb zur Luftbewegung dient und man  $t_2$  nicht sehr groß machen will, nur sehr kurz werden.

Selbst, wenn  $t_2 = 68$  Grad angenommen wird, ergibt sich  $h$  nur zu 0,60 m.

Etwas günstiger würden die Rechnungsergebnisse sein, wenn die Vergitterung am Fusse des Rohres hinwegfiel.

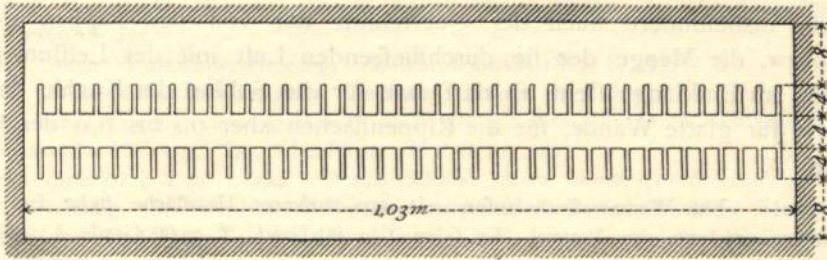
γ) Es sei mit Hilfe der Gleichung 181 die zulässige Höhe eines nach Fig. 361 ummantelten Gliederofens, der mittels Dampf von 10500 kg Spannung geheizt wird, zu berechnen.

Es ist  $T_1 = T_2 = 101$  Grad; ferner sei  $t_1 = + 18$  Grad,  $t_2 = + 40$  Grad und  $k = 8,5$ . Aus

Fig. 361 ergibt sich  $U = 8,4$ ,  $u = 11$ ,  $q = 0,25$  und  $\frac{q}{u} = 0,022$ . Der Luftzutritt, wie deren Austritt frei unbehindert, fönach  $\Sigma \xi = 1$  und

$$h = \sqrt{(55,5 \cdot 0,022 \cdot 1)^2 + \frac{[250(40 - 18) 0,25]^2}{11,8,4^2(101 + 101 - 40 - 18)^2 8,5^2}} - (55,5 \cdot 0,022 \cdot 1) = 0,71 \text{ m.}$$

Fig. 361.



2) Endlich frei, wegen Raummangels, die Weite des Mantels — statt  $0,28 \text{ m}$  — blofs  $0,24 \text{ m}$ ; die Ofenhöhe folle  $2 \text{ m}$  betragen, die fonstigen Verhältniffe unverändert bleiben; nur frei dem Mantel ein  $h_1$  hoher Schacht angeschlossen, dessen obere Oeffnung leicht vergittert ist ( $\xi = 0,5$ ); vor dieser befinde sich eine gut abgerundete Ablenkung ( $\xi = 0,3$ ), und die Querschnittsänderung nahe über dem Ofen verurfache den Widerftand  $\xi = 0,2$ , fo dafs  $\Sigma \xi = 2$  wird. Wie hoch ( $h_1 = ?$ ) mufs der Schacht vom Querschnitt  $q_1 = 1,03 \times 0,16 = 0,165 \text{ qm}$  und vom Umfange  $u_1 = 2(1,03 + 0,16) = 2,38 \text{ m}$  fein?

Aus Gleichung 182 ergibt sich

$$h_1 = \frac{-(65 \cdot 22)^3 0,2^2 \frac{2}{2} + (0,009 \cdot 54 + 2)(8,4 \cdot 2 \cdot 8,5 \cdot 144)^2}{(65 \cdot 22)^3 0,2^2 + 0,009 \cdot 14,4(8,4 \cdot 2 \cdot 8,5 \cdot 144)^2} = 12,90 \text{ m.}$$

Man wird nun nicht daran denken, beim Entwurfe einer Heizungsanlage für jeden einzelnen Heizkörper diese umftändlichen Rechnungen durchzuführen. Sie find vielmehr seitens des Verfertigers der Oefen und Ofenmäntel anzustellen, fo dafs dieser Auskunft zu geben im ftande ist, welche Werte aus den von ihm gewählten Verhältniffen sich ergeben. Nach Umständen wird man den einen oder anderen Fall einmal nachrechnen.

Die Rechnungen ergeben aber, wenn man fie auf vorliegende Ausführungen anwendet, dafs vielfach zu enge Querschnitte gegenüber der wärmeabgebenden Fläche gewählt werden; fie geben auch Auskunft darüber, welche Aenderungen vorzunehmen find, um günstige Werte der Temperaturen benutzen zu können; fie laffen endlich den Wert der in Art. 370 u. 377 (S. 330, bezw. 350) erwähnten Schrägrippen erkennen.

Man erfieht aber gleichzeitig aus dem Rechnungsverfahren, dafs die Luft auf etwa vorhandene, verschiedenartige Luftwegquerschnitte eines Wärmestrahlers, bezw. zwischen diesem und dem Mantel oder der Heizkammerwand liegende Luftwege, im Verhältnis zur Leistungsfähigkeit der betreffenden Heizflächen verteilt werden müffe<sup>268)</sup>.

Nach den gegebenen Erörterungen kann ich mich bezüglich der Heizflächenberechnung kurz faffen. Man versteht unter der Heizfläche der Dampf- und Wasser-

<sup>268)</sup> Diese Auffassung wurde in der »Zeitschr. f. techn. Hochschulen 1879, Heft 1« zuerst von mir veröffentlicht, hienach von Weis ausführlicher behandelt in: Kritische Bemerkungen über die für Wasserheiz-Anlagen angewendeten Berechnungsmethoden und die Minimalgröfse der Röhrenoberfläche einer Wasserheizung etc. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 150, 173.

heizungen immer diejenige, welche von der Luft bespült wird. Für glatte Heizflächen wählt man bei Wasserheizungen zwischen  $k = 13$  bis  $20$ , je nachdem die Heizflächengröße die vom Wasser berührte Flächengröße mehr oder weniger überwiegt und je nachdem die Heizflächen für die Luftbespülung weniger oder mehr günstig liegen. Ebenso wählt man bei Dampfheizungen  $k$  zwischen  $11$  bis  $18$ .

Die Wärmeabgabe gerippter Flächen ist, wie in Art. 358 (S. 319) bereits angedeutet, nur unsicher zu bestimmen. Wenn die Bepülung der betreffenden Flächen günstig ist, insbesondere auch der Querschnitt der von den Rippen gebildeten Kanäle, bezw. die Menge der sie durchfließenden Luft mit der Leistungsfähigkeit der Flächen im Einklange steht, so darf man für die Sohlen der Kanäle das gleiche rechnen wie für glatte Wände, für die Rippenflächen aber  $0,3$  bis  $0,45$  der betreffenden Werte.

Beispiele. Ein Warmwasserheizofen mit nur äußerer Heizfläche stehe frei in einem auf  $20$  Grad zu erwärmenden Raume. Es seien  $T_1 = 90$  Grad,  $T_2 = 60$  Grad,  $k = 16$ ; alsdann wird die Heizfläche

$$F = \frac{W}{k} \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} = \frac{W}{880}.$$

Der Ofen befinde sich in einem Mantel und werde von der Luft sehr günstig bespült, habe überhaupt fast gleiche Flächen für die Wasser- und Luftberührung, so dass  $k = 19$  gesetzt werden darf;  $t_2$  sei  $= 40$  Grad. Man erhält alsdann

$$F = \frac{W}{855}.$$

Dem Ofen werde nur frische Luft zugeführt; ihre niedrigste Temperatur sei  $t_1 = -20$  Grad; alsdann ist

$$F = \frac{W}{1235}.$$

Endlich befinde sich der Ofen in einem Mantel, welcher der Luftbewegung viele Widerstände bietet, und bestehe aus einer Rohrchlange, die ziemlich enge Windungen hat, so dass  $t_2 = 70$  Grad,  $k = 13$  genommen werden muss. Im übrigen sei wie immer  $T_1 = 90$  Grad,  $t_1 = 20$  Grad,  $T_2$  aber (wegen enger Rohrleitung)  $= 40$  Grad. Dann entsteht

$$F = \frac{W}{260}.$$

Diese wenigen Beispiele ergeben den ungemeinen Einfluss der Temperaturen auf die Leistungsfähigkeit, beweisen also, dass fog. Faustrechnungen für den vorliegenden Gegenstand nicht geeignet sind.

## Literatur

über »Wasserheizung und Wasserluftheizung«.

*The history of heating by hot water.* Builder, Bd. 3, S. 67.

Von der Wassercirculation als Mittel zur Heizung und Lüftung öffentlicher Gebäude. Allg. Bauz. 1853, S. 3.

TASKER. Sich selbst regulirender Wasserofen. *Civ. eng. and arch. journ.* 1855, S. 288.

BEYER. Ueber Anlage von Warmwasser-Heizungen. *Zeitschr. f. Bauw.* 1857, S. 11.

HAAG, J. Neues System für Heißwasser-Heizung und Ventilation in Wohngebäuden und öffentlichen Anstalten. *ROMBERG'S Zeitschr. f. prakt. Bauk.* 1858, S. 193.

LOHSE. Warmwasser-Heizung in Privatwohngebäuden. *Zeitschr. f. Bauw.* 1860, S. 624.

RIDDELL. Ofen und Kessel für Warmwasser-Heizung. *Polyt. Centralbl.* 1861, S. 1046.

HAAG. Ueber Heißwasser-Heizungen und Ventilation. *Polyt. Journ.*, Bd. 163, S. 50.

- HAAG. Der Brennmaterialverbrauch bei der Heißwasser-Heizung im Vergleich mit der Ofenheizung. *Polyt. Journ.*, Bd. 165, S. 425.
- SCHMIDT. PURNELL's neue Anordnung der Wasserheizungsanlagen. *Polyt. Journ.*, Bd. 166, S. 256.
- CLARKE. Kessel oder Apparat für Wasserheizung. *Engineer*, Bd. 14, S. 155.
- KLOTZBACH, J. Beschreibung eines Warmwasser-Heiz-Apparates in der Strafanstalt zu Brieg. *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1863, S. 285, 405.
- Die Anlage von Warmwasser-Heizungs-Apparaten in öffentlichen und Privat-Gebäuden. ROMBERG's *Zeitfchr. f. prakt. Bauk.* 1863, S. 115.
- SONNENSTEIN. Warmwasser-Heizung, Anlage, Kosten und Resultate. *Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1866, S. 283.
- BÖCKMANN. Ueber Warmwasser-Heizung. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1867, S. 433.
- BÖCKMANN. Ueber Heißwasser-Heizung. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1867, S. 434.
- Anwendung der Heißwasser-Heizung nach LONGBOTTOM & EASTWOOD. *Polyt. Centralbl.* 1867, S. 383.
- Ueber Warmwasser-Heizung. *Deutsche Bauz.* 1867, S. 415, 423.
- CERBELAUD. *Calorifère à air chaud et à eau chaude. Nouv. annales de la const.* 1867, S. 147.
- Warmwasser-Heizung. Brennmaterial-Bedarf im Rathhaufe zu Berlin. *Deutsche Bauz.* 1868, S. 124.
- WEISS. Die vorteilhaftesten Temperaturverhältniffe und Dimensionen der Wasserheizung. *Allg. Bauz.* 1868—69, S. 395.
- HAAG, J. Anlage für Heißwasser-Heizung der Lazarethbaracken. *Deutsche Viert. f. öff. Gefundheitspf.* 1869, S. 281.
- Vortheilhafte Temperatur-Verhältniffe und Dimensionen der Wasserheizung. *Deutsche Bauz.* 1870, S. 350.
- Ueber Heißwasser-Heizung. *Maschin.-Confr.* 1870, S. 210, 229.
- HENSE. GRANGER & HYAN's Röhrenkessel für Wasserheizungen. *Polyt. Centralbl.* 1870, S. 1667.
- Warmwasser-Heizung. Röhren-Kessel. *Deutsche Bauz.* 1870, S. 354.
- FISCHER, H. Ueber Warmwasser-Heizung. *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1872, S. 217.
- MEYER, F. Die Warmwasser-Heizung von SAN GALLI in St. Petersburg. *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1872, S. 239.
- GRANGER & HYAN's Wasserheizmethode. HAARMANN's *Zeitfchr. f. Bauhdw.* 1872, S. 23.
- GRANGER & HYAN. Wasserheizmethode mit Schüttkeffeln. HAARMANN's *Zeitfchr. f. Bauhdw.* 1872, S. 217.
- Heißwasser-Heizung mit Glycerinfüllung. *Deutsche Bauz.* 1873, S. 7.
- JÄGER. Ein neuer Heißwasser-Ofen. ROMBERG's *Zeitfchr. f. prakt. Bauk.* 1873, S. 243.
- DENNIS' Füllöfen für Heißwasserheizungen. *Polyt. Journ.*, Bd. 214, S. 287.
- LIEBELT. Wasserheizkessel. *Maschin.-Confr.* 1875, S. 345.
- RÖSICKE, H. Wasserheizung für kleine Anlagen. *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1876, S. 31.
- SCHINZ. Construction der PERKINS'schen Wasserheizung. *Polyt. Journ.*, Bd. 219, S. 68, 97, 210, 331, 439, 480.
- FISCHER, H. Heizkessel für Warmwasserheizungen. *Polyt. Journ.*, Bd. 221, S. 423.
- Ueber PERKINS' Hochdruckwasserheizung. *Maschinenb.* 1876, S. 349.
- BURR. *Heating building with hot water. Scientific American*, Bd. 32, S. 290.
- JASPER. Wasserheizapparat. *Polyt. Zeitg.* 1877, S. 5.
- BACON's Heißwasserapparat für Heizung und Ventilation. *Maschinenb.* 1877, S. 385. *Maschin.-Confr.* 1877, S. 355.
- LIEBAU. Combinirter Warmwasser-Heiz- und Kochapparat mit Contactfeuerung. *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1878, S. 314.
- WRIGHT's Heißwasserkessel. *Maschin.-Confr.* 1878, S. 293.
- Neuer Wasserheizkessel mit stehenden Röhren (Thermosiphon) und Schüttfeuerung von BERGER & BARILLOT zu Moulins. *Rohrleger* 1878, S. 193.
- LÜNING, F. Warmwasser-Heizapparat, genannt Kreuz-Mantel-Kessel. *Rohrleger* 1878, S. 252.
- Niederdruck-Wasserheizung. *Rohrleger* 1878, S. 305.
- Englische Heißwasserapparate. *Rohrleger* 1878, S. 313.
- Amerikanischer Heißwasser-Apparat. *Rohrleger* 1878, S. 314.
- Mitteldruckheizung. *Rohrleger* 1878, S. 324.
- Hochdruckheizung, Heißwasser-Heizung. *Rohrleger* 1878, S. 324.
- MEYER, R. O. Heizapparat für Heißwasser-Heizung. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 103.

- Feuerung für Heißwasser-Heizung von FISCHER & STIEHL. *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 372.  
 Warmwasser-Heizapparat. *Maschinenb.* 1879, S. 18.  
 MEYER, R. O. Neue Ofen-Construction für Heißwasser-Heizungen. *Deutsche Bauz.* 1880, S. 164.  
 LIEBAU. Combinirter Warmwasser-Heizapparat. *ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk.* 1880, S. 70.  
 PESCHLOW, L. Verbesserung an Heizkesseln für Warmwasser-Heizungen. *Rohrl. u. Gefundh.-Ing.* 1880, S. 52.  
*Water-heating apparatus.* *Iron*, Bd. 16, S. 129.  
 HAUSER. Zur Theorie der Heißwasser-Heizungen. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 61.  
*Improved mode of warming and ventilating.* *Builder*, Bd. 39, S. 54.  
 PLANAT, P. *Chauffage par l'eau chaude. La semaine des const.*, Jahrg. 4, S. 133, 193.  
 Einige Beobachtungsergebnisse über Heißwasserheizung. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 332.  
 FISCHER & STIEHL. Berechnung der Circulationsgeschwindigkeit bei Wasserheizungen, insbesondere bei PERKINS-Heizungen. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 373, 393.  
 MEYER, R. O. Neue Röhren-Heizapparate für Wasserheizung. *Deutsche Bauz.* 1881, S. 423.  
 FAWKES, F. A. *Hot water heating on the low pressure system etc.* London 1882.  
 MEYER, R. O. Verbesserter Heißwasserapparat. *Deutsches Bauwksbl.* 1882, S. 29.  
 LINDENHEIM, M. Ueber einige eigenthümliche Erscheinungen an Heißwasser-Heizungen. *Gefundh.-Ing.* 1883, S. 601.  
 Das PESCHLOW'sche Warmwasser-Heizungssystem. *Gefundh.-Ing.* 1884, S. 161.  
 EINBECK, J. Theorie der Heißwasserheizung. Stuttgart 1887.  
 BALDWIN, W. J. *Hot water, heating and fitting, or warming buildings by hot water etc.* London 1889.  
 HOOD, CH. *Practical treatise upon warming buildings by hot water.* London 1840. — Deutsche Uebers. von SCHMIDT. Weimar 1841. — 3. Aufl. von F. DYE. 1897.  
 Warmwasserheizung mit Rippen-Heizrohren und -Elementen in Gewächshäusern von C. TEUDLOFF & TH. DITTRICH. *UHLAND's Techn. Rundschau*, Jahrg. 4, S. 1.  
 MEYER, R. O. Heißwasser-Luftheizung für ein Bierhallen-Gebäude. *Gefundh.-Ing.* 1891, S. 13.  
*American steam and hot-water heating practice.* London 1896.  
 FISCHER, H. Warmwasserheizung von BECK. *Zeitfchr. d. Ver. d. Ing.* 1902, S. 1363.  
 EINBECK, J. Die Schnellstrom-Warmwasserheizung, System BRÜCKNER etc. Berlin 1904.  
 DYE, E. *Practical treatise upon warming buildings by hot water.* London 1905.

## Literatur

über »Dampf-, Dampfwasser- und Dampfheizung«.

- GLUCSAK, G. Dampfheizung. *Zeitfchr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1860, S. 225.  
 Dampfheizungen von verzinnem Eisenblech. *Polyt. Journ.*, Bd. 165, S. 75.  
 LEWIS & VAUX. Zimmerheizung durch Dampf. *Scientific American*, Bd. 4, S. 196.  
 Ueber Dampfheizungsanlagen. *Scientific American*, Bd. 4, S. 283.  
 WIEDENFELD. Dampfheizung. *Polyt. Centralbl.* 1865, S. 97.  
 WEISS. Die vortheilhaftesten Temperaturverhältnisse der Dampfheizung. *Allg. Bauz.* 1868—69, S. 410.  
 SULZER's combinirte Dampf- und Wasserheizung. *Maschin.-Constr.* 1869, S. 67.  
 KLEIN, J. Ueber Dampfheizungen. *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1872, S. 745. *Polyt. Centralbl.* 1873, S. 226. *HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw.* 1873, S. 155.  
 Das combinirte Dampf- und Warmwasser-Heizsystem. *Maschin.-Constr.* 1874, S. 322.  
*Les appareils de chauffage du nouveau collège Rollin.* *Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 155.  
 KIDD's method of heating buildings. *Iron*, Bd. 5, S. 73.  
 LAPORTE-MOTZ'scher Condensationsapparat für Dampfcentralheizungen. *Polyt. Journ.*, Bd. 221, S. 309.  
 KAUFER. DE LACY, verbesserter Dampfheizapparat für Wohnräume. *Maschinenb.* 1876, S. 203.  
 Dampf-Wasserheizung (System SULZER). *Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1877, S. 541.  
*Chauffage à la vapeur aux États-Unis.* *Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 152.  
 Luftheizung mittels Dampfrohren. *Maschinenb.* 1878, S. 324.  
 Dampfheizung. *Rohrleger* 1878, S. 340.  
 Dampf-Wasserheizung. *Rohrleger* 1878, S. 371.  
 Beschreibung eines Dampfwasser-Heizofens nach neuer Construction. Von Gebr. SULZER in Winterthur. *Bayer. Ind.- u. Gewbebl.* 1878, S. 290.

- KÄUFFER'S Dampf-Ofen mit veränderlicher Heizfläche. Deutsche Bauz. 1879, S. 266.
- FISCHER, H. Ueber Dampf-Wasseröfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 34.
- FISCHER, H. Ueber Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.
- INTZE. Größere Central-Dampfheizungen der Neuzeit. Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 377.
- FISCHER, H. Vorrichtungen zur Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Zeitfchr. des Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 177.
- FISCHER. Ueber Mittel zur Regelung der Temperaturen bei Dampföfen. Deutsche Bauz. 1880, S. 46.
- HOLLY'S System der Dampfheizung. Maschinenb. 1880, S. 35.
- Welche Vortheile ergeben sich aus der Bedeckung von Dampfleitungsrohren etc. mit Korkholz. Maschinenb. 1880, S. 379.
- Ist es besser ein Dampfheizungssystem, wenn kalt, luftleer oder luftvoll zu haben. Gefundh.-Ing. 1880, S. 246.
- Beschreibung der patentirten Niederdruck-Dampfheizung mittels Thermophoren. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 611.
- BALDWIN, W. J. *Steam heating for buildings etc.* London 1881. New York 1882.
- BRECHT. Dampfheiz-Anlagen in Kirchen. Deutsche Bauz. 1882, S. 607.
- Dampfwasseröfen der Univeritäts-Frauen-Klinik zu Berlin. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 317.
- Central-Niederdruck-Dampfheizung mit selbstthätiger Regulirung. System BECHEM & POST in Hagen i. W. Gefundh.-Ing. 1882, S. 381.
- BRIGGS, H. *Steam heating etc.* New York 1883.
- Die Ausführung von Dampfheizungen in Amerika. Gefundh.-Ing. 1883, S. 529.
- Niederdruck-Dampfheizung, System BECHEM & POST. Deutsche Bauz. 1884, S. 145.
- Patent-Niederdruck-Dampfheizung mit Selbstregulirung (System BECHEM & POST). Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 152.
- MARTINI, H. Ventilations-Heizung mit Central-Selbstregulirung etc. Chemnitz 1885.
- Chauffage à vapeur d'un grand établissement industriel. Portef. econom. des machines* 1885, S. 2.
- BÜCK, F. Die wirklichen Betriebskosten bei der Hoch- und Niederdruck-Dampfheizung etc. Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S. 77.
- EINBECK. Zentral-Niederdruck-Dampfheizung für Wohnhäuser. Gefundh.-Ing. 1886, S. 148.
- Neuerungen auf dem Gebiete der Dampf-niederdruck-(Niederdruckdampf-)heizungen. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 163; 1890, S. 37.
- FISCHER, H. Abdampfheizungen. Zeitfchr. d. Ver. d. Ing. 1899, S. 516.

### 13. Kapitel.

## Abkühlen der Luft.

### a) Mittel zum Abkühlen.

Das scheinbar am nächsten liegende Mittel zum Abkühlen der Luft besteht in der Benutzung der Erdtemperatur. Sie liegt zwischen der Sommertemperatur und derjenigen des Winters; sie ist wegen der Fähigkeit der Erde, des in ihr befindlichen Grundwassers u. s. w., große Wärmemengen aufzuspeichern, im Sommer niedriger, im Winter höher als im Freien. Führt man sonach die warme Sommerluft so tief und weit durch Erde oder Felsen, daß eine entsprechend große Berührungsfläche vorhanden ist, so gelingt das Kühlen ohne Schwierigkeit. Hierbei ist jedoch nicht zu übersehen, daß vermöge dieses Verfahrens die Erdtemperatur wesentlich rascher der Temperatur des Freien sich nähert, also im Sommer die niedrige mittlere Temperatur der Erde rascher einer höheren weicht, als wenn der

38a.  
Benutzung  
der  
Erdtemperatur.

Wärmeaustausch nur durch die Erdoberfläche stattfindet. Die betreffenden Erdflächen nehmen, wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Erde, wenn letztere trocken ist, verhältnismäßig rasch eine höhere Temperatur an, wodurch die Leistungsfähigkeit des Verfahrens sehr bald wesentlich beeinträchtigt wird.

Man benutzt Brunnen, Keller, ausgedehnte im Kellergeschofs befindliche Luftleitungskanäle in diesem Sinne, erreicht hierdurch aber im Durchschnitt nur eine geringe Kühlung, die außerdem sehr wenig gesichert, durch Rechnung nicht bestimmbar ist.

*Fischer & Stiehl* in Essen haben sich das Verfahren patentieren lassen<sup>269)</sup>, das Grundwasser durch Rohre zu leiten, längs deren Oberflächen die zu kühlende Luft streicht. Es hat gegenüber dem Verfahren, welches die kühleren Erdflächen, bezw. die Kellergeschofswände benutzt, offenbar den Vorteil, dass wesentlich größere Erd- und Grundwassermassen zum Wärmeaustausch herangezogen werden können. Beide Verfahren — das letztgenannte, wie das vorhin angeführte — können während des Winters zu einer teilweisen Vorwärmung der Luft benutzt werden.

Die Kühlung durch anderes, z. B. Leitungswasser, welches durch Rohre strömt, ist vom *Fischer & Stiehl'schen* Verfahren nur insoweit unterschieden, als die Temperatur des Wassers näher bekannt, das Wasser fast an jedem Orte verwendbar, dabei aber, in größeren Mengen benutzt, viel teurer ist.

Man hat das Kühlen durch Wasser in der Gestalt vorgeschlagen, dass die Luft ohne eine vermittelnde Zwischenwand, also unmittelbar, ihre Temperatur mit derjenigen des Wassers ausgleicht, und hierbei in zwei Richtungen eine Wirkung erwartet. Die Einen wollen lediglich durch Erwärmen des Wassers der Luft Wärme entziehen. Sie lassen daher das Wasser in mehreren übereinanderliegenden Kanälen allmählich nach unten fließen, während die Luft über dem Wasserpiegel und unter der nächst höheren Kanalsohle entlang allmählich nach oben getrieben wird, gerade entgegengesetzt, wie dies beim *Schinz'schen* Wassererwärmer (Fig. 334, S. 339) der Fall ist; oder sie drücken die Luft geradezu durch das Wasser (vergl. Art. 203, S. 166, *Lacy* und *Vogt*), oder endlich, sie lassen das Wasser in Gestalt eines feinen Regens in die Luft fallen. Die zuletztgenannten beiden Verfahren gestatten keinen Gegenstrom, verlangen somit große Wassermengen und sollen deshalb keine weitere Beachtung finden.

Die Anderen erwarten von der Verdunstung des Wassers die Kühlung der Luft. Sie machen sich hierbei des Irrtumes schuldig, dass die Luft immer geneigt sei, Wasser zu verdunsten, während doch mit zunehmendem Abkühlen der Sättigungsgrad der Luft zunimmt, so dass in vielen Fällen eine Verdichtung des Wassers eintreten muss, also ein Entbinden der Wärme eintritt. Für Länder, denen bei höherer Temperatur sehr trockene Luft eigen ist, kann vielleicht die Wasserverdunstung in bescheidenem Grade wirksame Hilfe gewähren; um die Wirkung zu sichern, wird man jedoch das künstliche Trocknen der Luft zu Hilfe nehmen müssen<sup>270)</sup>.

Das Kühlen durch Eis ist insofern mit der zu Eingang dieses Kapitels genannten Kühlung verwandt, als die Winterkälte im Eise aufgespeichert ist. Im übrigen ist das Kühlen durch Eis recht wohl verwendbar, da der Rohstoff Handelsware geworden ist. Durch Schmelzen zu Wasser von 0 Grad bindet das Eis 80 Wärme-

269) D. R.-P. Nr. 121.

270) Vergl.: *DESOLLIERS, H. Bau der Häuser warmer Länder. Paris 1883* — ferner: *Annales industr.* 1883, S. 559. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1884, S. 304.



einheiten; läßt man das Wasser der zu kühlenden Luft entgegenströmen, so kann man es in vielen Fällen durch diese auf 20 Grad sich erwärmen lassen, so daß auf Bindung von 100 Wärmeeinheiten durch 1 kg Eis gerechnet werden kann. Wenn noch bemerkt wird, daß 1 cbm aufgehäuften Eises etwa 800 kg wiegt, so ist ersichtlich, welche Eismengen und welcher Raum für eine größere Kühlanlage erforderlich sind. Die Eisstücke lassen im Haufen zahlreiche Oeffnungen frei, durch welche die Luft zu strömen vermag, so daß eine große, nicht von vornherein bestimmbare Kühlfläche entsteht. In den Eiskellern der Brauereien pflegt man daher das Eis zusammenfrieren zu lassen, um der Luft nur die Oberfläche des so gebildeten, gewaltigen Eisklumpens darzubieten<sup>271)</sup>. Des Preises halber dürfte für die Luftkühlung das künstliche Eis nicht in Frage kommen, wohl aber unter Umständen die Mittel, welche zum künstlichen Erzeugen des Eises dienen<sup>272)</sup>.

Von letzteren soll hier nur der Ausdehnung vorher verdichteter und hierauf gekühlter Luft gedacht werden.

Nach *Poiffon* ist, wenn  $t_1$  die Anfangs-,  $t_2$  die Endtemperatur trockener Luft bezeichnet, die von der Spannung  $p_1$  auf die Spannung  $p_2$  verdichtet wird,

$$\frac{273 + t_2}{273 + t_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,29} \dots \dots \dots 183.$$

Feuchte Luft verhält sich ein wenig anders; jedoch ist die Abweichung gering, weshalb sie hier vernachlässigt werden kann. Läßt man die Luft von der höheren Spannung  $p_2$  auf die kleinere  $p_1$  sich ausdehnen, so ist die entstehende Temperaturabnahme ebenfalls nach Formel 183 zu berechnen.

Beispielsweise werde Luft von 30 Grad Temperatur und atmosphärischer Spannung (etwa 10000 kg auf 1 qm) auf 15000 kg Spannung für 1 qm verdichtet, so daß nach Gleichung 183

$$\frac{273 + t_2}{273 + 30} = \left(\frac{15000}{10000}\right)^{0,29} \quad \text{oder} \quad t_2 = 67,8 \text{ Grad}$$

wird. Kühlt man diese verdichtete Luft durch irgend ein Mittel bis auf 40 Grad ab, ohne die Spannung zu ändern, und läßt man sie hierauf bis zur atmosphärischen Spannung sich ausdehnen, so erhält man, da nunmehr  $t_1 = 40$  Grad ist,

$$\frac{273 + t_2}{273 + 40} = \left(\frac{10000}{15000}\right)^{0,29} \quad \text{oder} \quad t_2 = 5,28 \text{ Grad.}$$

Offenbar ist es weit leichter, die Luft von 67,8 Grad auf 40 Grad als von 30 Grad auf 5,28 Grad abzukühlen; aus diesem Grunde dürfte das erwähnte Verfahren gut zu verwenden sein.

Für bescheidene Ansprüche läßt sich der innerhalb kürzerer Zeit stattfindende Temperaturwechsel des Freien, insbesondere der Temperaturunterschied der Nachtzeit gegenüber demjenigen des Tages, benutzen.

In diesem Sinne veranlaßt man während der Nacht einen lebhaften Luftwechsel innerhalb der betreffenden Räume, sucht aber am Tage den Wärmezutritt möglichst zu verhüten, so daß die Kälteauspeicherung in den Wänden zum Niedrighalten der Temperatur genügt, oder man bringt größere Speicher (die aus Mauerwerk oder auch ausgedehnten Wasserbehältern bestehen können) in den Luftkammern

<sup>271)</sup> Vergl. auch Theil III, Bd. 6 (Abth. V, Abfchn. 2, Kap. 3: Befondere Constructions für Kühlanlagen) dieses Handbuches.

<sup>272)</sup> SCHRÖTER, M. Vergleichende Versuche an Kältemaschinen etc. München 1890.

LORENZ, H. Neuere Kühlmachines, ihre Konstruktion etc. München 1896. — 3. Aufl. 1901.

STETTERFELD, R. Die Eis- und Kälteerzeugungs-Maschinen etc. Stuttgart 1901.

Ferner: Zeitschrift für die gefamte Kälte-Industrie (erscheint seit 1894) — und: Eis- und Kälte-Industrie (erscheint seit 1899).

und Luftkanälen an, so daß hier während der wärmeren Tagesstunden Wärme gebunden, in der Nacht aber durch möglichst lebhaft Luftströme die aufgespeicherte Wärme abgeführt wird.

386.  
Wärme-  
entbindung  
durch  
Dampf-  
verdichten.

In Art. 186 bis 193 (S. 153 bis 160) wurden die nötigen Unterlagen für das Verfolgen des Sättigungsgrades der Luft während einer Temperaturänderung gegeben, auch schon erwähnt, daß man beim Kühlen der Luft an ein Mittel zum Trocknen der letzteren denken müsse. Hierauf werde ich unten noch zurückkommen. Ein hiermit zusammenhängender Umstand, nämlich das Entbinden von Wärme beim Verdichten des Dampfes, erfordert sofort ein näheres Eingehen. Nach *Clausius* werden bei 10 Grad rund 600 Wärmeeinheiten gebunden, wenn 1 kg Wasser in Dampf gleicher Temperatur verwandelt wird. Dieselbe Wärmemenge wird selbstverständlich frei, sobald der Dampf wieder in Wasser verwandelt wird. Es muß daher nicht allein für das Kühlen der Luft Wärme gebunden werden, sondern auch für das Verdichten des Wasserdampfes. Der erstgenannte Teil der gesamten, durch das Kühlverfahren zu beseitigenden Wärme ist leicht zu bestimmen; er beträgt 0,24 Wärmeeinheiten für 1 kg Luft und für jeden Grad Temperaturerniedrigung. Der zweite Teil ist abhängig vom zufälligen Sättigungsgrade der zu kühlenden Luft.

Da eine Kühlanlage, insbesondere bei Sättigung der Luft, bei schwülem Wetter sicheren Erfolg haben soll, so wird man beim Berechnen der zu bindenden Wärmemenge regelmäßig diesen ungünstigsten Fall zu Grunde legen und nur in besonderen Fällen anders verfahren. Aus der Tabelle auf S. 154 ist die zu verdichtende Dampfmenge leicht zu entnehmen.

Beispielsweise möge eine gefättigte Luft, deren Temperatur 25 Grad beträgt, zur Verwendung kommen; sie solle auf 5 Grad abgekühlt werden. Alsdann ist für je 1 kg der Luft die Wärme zu binden:

$$20 \cdot 0,24 + (19,6 - 5,2) 0,6 = 4,8 + 8,64 = 13,44 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Somit ist die für das Verdichten des Dampfes zu bindende Wärmemenge nahezu doppelt so groß als diejenige, welche die eigentliche Luftkühlung erfordert.

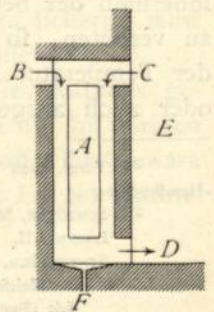
### b) Verwendung der Mittel.

387.  
Kühlkammern.

Der jedenfalls recht unangenehmen Kältestrahlung halber wird man die abzukühlenden Flächen meistens so anbringen, daß ihre Strahlen nicht auf Menschen treffen können. Daher wird in der Regel das Kühlen der Luft in besonderen Kammern erfolgen müssen. Das erforderliche Bewegen der Luft kann wieder durch den Auftrieb — der hier negativ wirkt — erfolgen, welchen die Temperaturänderung hervorruft, oder durch Gebläse und Lockschornsteine. Bei Verwendung kalten Wassers bewirkt der Auftrieb auch das Emporsteigen des Wassers.

Fig. 362 verfinnlicht die Anordnung einer Kühlkammer, in welcher der Körper *A* entweder einen mit Eis gefüllten Korb oder ein Gefäß oder eine Rohrflange bezeichnet, durch welche das Kühlwasser von unten nach oben fließt. Die Luft des Freien strömt bei *B* ein (Kühlen mit Lüftung), oder die Luft des zu kühlenden Raumes *E* gelangt durch *C* in die Kühlkammer (Kühlung mit Umlauf) und strömt durch *D* in den Raum. Bei *F* entweicht das in einer Vertiefung sich sammelnde Niedererschlagwasser.

Fig. 362.



Die Berechnung der Abmessungen einer solchen Anordnung findet nach denselben Grundfätzen statt, welche für die Berechnung der Heizung genannt sind.

Beispielsweise werde die Aufgabe gestellt, die Temperatur des Raumes  $E$  gleich derjenigen des Freien = 25 Grad zu halten, während 100 Männer in  $E$  sich befinden. Die Einschließungsflächen mögen dieselbe Temperatur haben, also ein Beharrungszustand eingetreten sein. Die 100 Menschen entwickeln stündlich (nach Art. 150, S. 122)  $100 \cdot 100 = 10000$  Wärmeeinheiten und verdunsten (nach Art. 175, S. 146)  $100 \cdot 100 = 10000 \text{ g} = 10 \text{ kg}$  Wasser. Für jeden Mann sollen stündlich 30 kg, also zusammen 3000 kg Luft zugeführt werden. Damit diese Luftmenge die von den Menschen abgegebene Wärmemenge bindet, muß ihre Anfangstemperatur  $t_1 = 25$  Grad auf die Temperatur  $t_2$  gebracht werden, wobei

$$(t_1 - t_2) 0,24 \cdot 3000 = 10000$$

oder

$$t_2 = 11,1 = \infty 11 \text{ Grad.}$$

Die als gefättigt angenommene Luft verliert hierbei (nach Art. 156, S. 154)  $(19,0 - 7,9) 3000 = 32100 \text{ g}$  oder  $32,1 \text{ kg}$  Wasser, wodurch  $32,1 \cdot 600 = 19260$  Wärmeeinheiten frei werden. Die Kühlvorrichtung hat somit  $10000 + 19260 = 29260$  Wärmeeinheiten stündlich zu binden. Wird  $k = 15$  und ferner angenommen, daß das Kühlwasser die Anfangstemperatur 10 Grad und die Endtemperatur 20 Grad hat, so berechnet man die erforderliche Kühlfläche in gewöhnlicher Weise zu

$$F = \frac{29260}{15} \frac{2}{(11 + 25) - (10 + 20)} = 650 \text{ qm.}$$

Man sieht also, daß trotz der Verwendung sehr kalten Wassers außerordentlich große Kühlflächen erforderlich sind.

Jedes Kilogramm der gekühlten Luft enthält  $7,9 \text{ g}$  Wasserdampf, somit die gefamte, stündlich einströmende Luft  $23700 \text{ g}$ . Hierzu kommen die  $10000 \text{ g}$ , welche die Menschen verdunsten, so daß je  $1 \text{ kg}$  der im Raume auf 25 Grad wieder erwärmten Luft  $11,2 \text{ g}$  enthält, d. h. zu 57 Vohundert gefättigt ist.

Würde man von einer Lufterneuerung absehen, so würden nur die  $10 \text{ kg}$  von den Menschen abgegebenen Wasserdampfes zu verdichten, also hierfür nur  $600 \cdot 10 = 6000$  Wärmeeinheiten erforderlich sein, so daß die Kühlfläche nur etwa halb so groß, als vorhin berechnet, zu sein brauchte. Die zum Kühlen erforderliche Wassermenge ist im ersten Falle  $\frac{29260}{10} = 2926 \text{ kg}$  oder Liter, im anderen Falle  $600$  Liter stündlich.

Gelegentlich der Preisbewerbung, betr. die Heizungs- und Lüftungsanlage für das neue Reichstagshaus zu Berlin, wurde von zwei Bewerbern angegeben<sup>273)</sup>, daß die Wärmebindung nasser Kühlflächen erheblich größer sei als diejenige trockener, ja geradezu ausgesprochen, daß die gleiche Luftmenge von einer und derselben Kühlfläche in gleichem Grade gekühlt werde, wenn aus ihr Wasser niedergefchlagen werde oder nicht. Die Richtigkeit dieser Angabe ist wahrscheinlich; bestätigt sie sich, so darf man die Kühlflächen entsprechend kleiner wählen. Die erforderliche Kühlwassermenge wird natürlich hierdurch nicht beeinflusst.

In Art. 218 (S. 176) wurde bereits auf die Schwierigkeiten hingewiesen, welche entstehen, wenn man einem Raume Luft zuführt, welche kälter ist als die in ihm befindliche Luft. Sie treten natürlich auch ein, wenn man die Luft des Raumes durch Kühlflächen kälter macht. Der Umstand, daß die kühlere Luft aus der Kühlkammer (Fig. 362) über den Fußboden, also gegen die im gekühlten Raume befindlichen Menschen, fließt und diese dabei belästigt, zwingt, wenn die Luftkühlung eine weitergehende ist, zur Anwendung besonderer Mittel, welche dahin zielen, die betreffenden Luftströmungen tunlichst hoch zu legen und möglichst zu verteilen.

Dahin gehört das Verteilen der eine kalte Flüssigkeit (Wasser oder mittels Kältemaschine gekühlte Chlorcalciumlösung oder dergl.) führenden Rohre unter

<sup>273)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 762.

der Decke. Sie erfordert das Anbringen von zur Aufnahme des Tropfwassers geeigneten Rinnen. Das Tropfwasser ist leichter unschädlich zu machen, wenn man die Rohrverteilung an den Wänden vornimmt. Endlich wird diesem Zwecke durch Verteilen der Oeffnungen, durch welche die gekühlte Luft in den betreffenden Raum tritt, gedient.

Den Ausstellungsraum, welchen das französische Ministerium für öffentliche Arbeiten gelegentlich der 1878er Weltausstellung zu Paris für feine Zwecke errichten liefs, lüftete man, indem verhältnismässig kühle Luft mittels Gebläses unter den Fußboden gedrückt wurde, die sich unter diesem verbreitete, hinter der ringsum laufenden Holzschalung nach oben stieg und über deren oberen Rand in den Raum floß. Auf diese Art wurde ein Teil der im Raume entwickelten Wärme durch Vermittelung des Fußbodens und der Holzschalung an die kühle Luft abgegeben, so dafs diese mit höherer Temperatur in den Raum trat<sup>274</sup>).

### Literatur

über »Abkühlen der Luft«.

- MORIN. *Procédés à employer pour rafraîchir l'air destiné à la ventilation. Nouv. annales de la const.* 1865, S. 125.
- GENESTE. *De la ventilation dans les pays chauds au moyen d'air refroidi.* Paris 1873.
- FISCHER & STIEHL. Verfahren zur Kühlung und Vorwärmung der Luft mit Hilfe der Erdwärme. *Polyt. Journ.*, Bd. 230, S. 187.
- FISCHER. Zimmer-Kühlapparat. *Wochschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1878, S. 411.
- Ventilation. Abkühlung der zuzuleitenden Luft. *Eisenb.*, Bd. 9, S. 182.
- FISCHER, H. Ueber die Kühlung geschlossener Räume. *Deutsche Bauz.* 1880, S. 198.
- FISCHER, H. Ueber Kühlung geschlossener Räume, in welchen Menschen sich aufhalten. *Polyt. Journ.*, Bd. 235, S. I. *Rohrl. u. Gefundh.-Ing.* 1880, S. 46.
- Luft-Kühlapparat von OSCAR KROPPF in Nordhausen. *Gefundh.-Ing.* 1880, S. 261.
- LIGHTFOOT, T. B. *On machines for producing cold air. Engng.*, Bd. 31, S. 194.
- Lüftung unter Benutzung der Erdtemperatur. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 249.
- Installation d'appareils réfrigérants à la morgue. Revue industr.* 1881, S. 33.
- KILBOURN, J. K. *Mechanical refrigeration. Engng.*, Bd. 32, S. 403, 427, 465.
- SUFFIT, J. *Ventilation par refroidissement. Monit. des arch.* 1881, S. 67, 82, 100, 113, 129, 146, 161, 177. — Auch als Sonderabdruck erschienen: Paris 1882.
- Das Leichenchauhaus in Paris. *Centralbl. d. Bauverw.* 1884, S. 399.
- Die Kühlung geschlossener Räume. *Gefundh.-Ing.* 1885, S. 507.
- Das Leichenchauhaus in Berlin. *Centralbl. d. Bauverw.* 1886, S. 101. *Baugwks.-Zeitg.* 1886, S. 482.

## 14. Kapitel.

### Regelung der Wärme-Zufuhr, bezw. -Abfuhr.

#### a) Mittel zur Regelung.

Der gewöhnliche Stubenofen gewährt das roheste Bild der Regelung: man bedient das Feuer so, dafs durch seine Wärmeentwicklung die gewünschte, diejenige des Freien überragende Temperatur erhalten wird.

Der Vollständigkeit halber mag angeführt werden, dafs Vorschläge gemacht sind, hinsichtlich des Kühlens ähnlich zu verfahren. Zu diesem Zwecke legt man Eis in folcher Menge in einen Korb, dafs die gewünschte Kühlung eintritt. Das

<sup>274</sup>) Vergl. auch das in Fußnote 271 bereits genannte Kapitel dieses »Handbuches«, sowie auch in der 2. u. 3. Auflage des gleichen Bandes das Kapitel über »Kühlanlagen«.

Schmelzwasser kann noch durch eine Rohrleitung geführt werden, um auch dessen fühlbare Kälte für den vorliegenden Zweck auszunutzen<sup>275)</sup>.

Die Umständlichkeit, die mit folchem Verfahren, nach welchem die Bedienung jederzeit die Wärmeentwicklung, bezw. Wärmebindung durch Bemessen des einzuführenden Brennstoffes, bezw. aufzulegenden Eifes zu regeln hat, führte zunächst zur Heizung mit aufgespeicherter Wärme<sup>276)</sup>, d. h. Wärmeentwicklung innerhalb verhältnismäßig kurzer Zeit, Aufspeichern der im Ueberschufs entwickelten Wärme und Abgabe letzterer an den betreffenden Raum innerhalb längerer Zeit. Man erreichte damit gleichzeitig — vielleicht unabsichtlich —, dass die Feuerstelle für diejenige stündliche Brennstoffmenge benutzt werden konnte, welche ihren Abmessungen entsprach.

Als erster Vertreter des Heizens mit aufgespeicherter Wärme tritt uns der gemauerte Ofen und sein hübscherer Bruder, der Kachelofen, entgegen. Es ändert nichts an dem an diesem Orte in Frage kommenden Vorgange, ob der Ofen als gewaltiger Schacht mehrere Geschosse des Hauses durchbricht und dort Teile der Zimmerwände bildet — wie in Rufsland heute noch gebräuchlich — oder ob er im betreffenden Raume eine selbständige Stelle einnimmt oder in einer besonderen Heizkammer untergebracht ist; immer werden feine Steinmassen von innen durch das Feuer oder durch den Rauch erwärmt und geben die aufgenommene Wärme, wegen der geringen Leitungsfähigkeit des Stoffes, nur allmählich an die umgebende Luft ab, so dass mehr oder weniger lange nach Aufhören der Wärmeentwicklung die Wärmeabgabe stattfindet. Dieser Vorgang ist zu vergleichen mit einer Talsperre, welche die gewaltigen Wassermassen eines starken Gewitters hindert, sofort in das Land sich zu ergießen, vielmehr den Abfluss des Wassers auf eine längere Zeitdauer verteilt. Beim Sammelteiche finden sich aber Schütze, durch welche der Abfluss geregelt wird, während die Oberfläche des Ofens, durch welche die Wärme ausströmt, frei in der Luft des Zimmers sich befindet. Die Wärmeabgabe steht im geraden Verhältnis zum Unterschiede der Ofen- und Lufttemperatur, so dass die Wärmeabgabe in ähnlicher Weise sich ändert, wie der Wasserabfluss sich ändern würde, wenn man in jene Talsperre einen lotrechten, von unten bis zur Krone reichenden unveränderlichen Schlitz behufs Wasserabflusses anbrächte. Bisher ist es nicht gelungen, das Gesetz, nach welchem die Aenderung der Wärmeabgabe seitens des Kachelofens oder eines anderen dicken Körpers stattfindet, durch Rechnung zu gewinnen; indessen lässt sich durch Ueberlegen die Art des Verlaufes mit Sicherheit feststellen. Die punktierte krumme Linie  $ABC_1$  in Fig. 363 dürfte feine Wärmeabgabe von  $B$  bis  $C_1$  zutreffend wiedergeben. Sie lässt genügend erkennen, wie wenig gleichförmig die Wärmeabgabe sein muss, in welchem geringem Masse das Heizen mittels eines recht dickwandigen Kachelofens, worin nur während verhältnismäßig kurzer Zeit ein lebhaftes Feuer unterhalten wird, der Forderung eines gleichmäßigen Warmhaltens zu genügen vermag. Diese Tatsache tritt umso mehr hervor, wenn man auch den punktierten Kurventeil  $AB$ , welcher die Erwärmung des Ofens darstellt, mit in Betracht zieht.

Beachtet man, dass die Temperatur des Freien wechselt, so kann man unter Umständen zu dem Schlusse gelangen, dass bei rechtzeitigem Anheizen der ungünstige Verlauf der Linie  $ABC_1$  weniger fühlbar wird. Man hat die niedrigste

390.  
Heizung  
mit auf-  
gespeicherter  
Wärme.

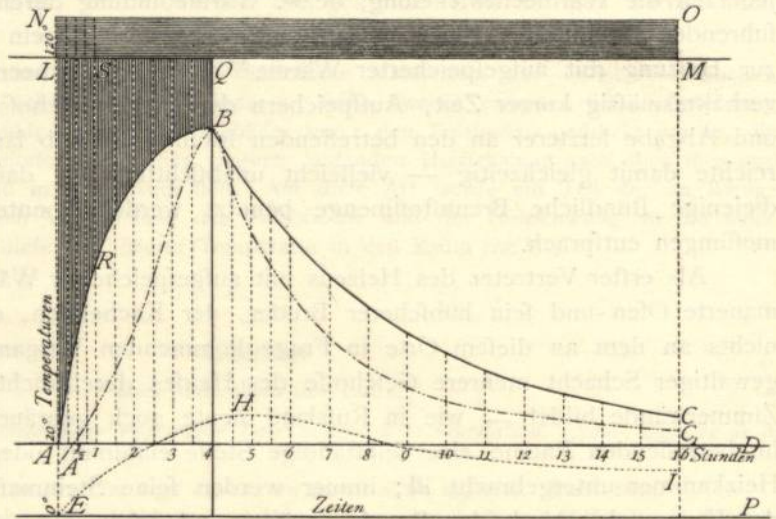
391.  
Gemauerte  
und  
Kachelöfen.

<sup>275)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 759.

<sup>276)</sup> Vergl.: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 35.

Temperatur des Freien, welche in der Regel frühmorgens eintritt, der höchsten Temperatur des Ofens gegenüberzustellen, d. h. das Entzünden des Feuers so zeitig stattfinden zu lassen, daß die höchste Temperatur des Ofens mit der niedrigsten Temperatur des Freien zusammenfällt. Als dann nimmt die Temperatur des Ofens wenigstens in demselben Sinne ab wie der Wärmebedarf. Durch geschickte Benutzung dieses Umstandes, durch zweckmäßige Wahl der Verhältnisse würde man eine befriedigend gleichmäßige Zimmertemperatur erhalten können.

Fig. 363.



Man kennt jedoch die eintretende Temperatur des Freien vorher nicht; man erzeugt deshalb in Wirklichkeit, trotz aller Sorgfalt, fast immer eine zu niedrige oder eine zu hohe Zimmertemperatur, so daß man im ersten Falle früher als beabsichtigt das Feuern wiederholen, im letzteren Falle aber das Fenster öffnen muß, um den Aufenthalt im Zimmer erträglich zu machen.

Die Niederdruck-Wasserheizungen enthalten oft so große Wassermengen, daß sie lange nach Verlöschten des wärmeentwickelnden Feuers noch zu heizen vermögen. Gleiches hat man durch die Dampfwasserheizung zu erreichen gesucht<sup>277)</sup>.

Man muß vier verschiedene Arten dieser Dampfwateröfen unterscheiden, nämlich:

1) Solche, die nur zum Teile mit Wasser gefüllt sind, während der übrige Raum des Ofens vom zugeleiteten Dampf eingenommen wird und das Niederfallwasser des letzteren zum Wasservorrat fließt<sup>278)</sup>.

2) Solche, welche nur zum Teile mit Wasser gefüllt sind, während ihr übriger Raum leer, und zwar möglichst luftleer ist; der aus der Leitung entnommene Dampf tritt nicht mit dem Wasser in unmittelbare Berührung und dient größtenteils dazu, um Dampf aus dem Wasser zu erzeugen, welcher nunmehr seine Wärme an die Luft abgibt<sup>279)</sup>.

Beide genannte Ofenarten können hier nicht weiter in Betracht kommen, da ihr Auffpeicherungsvermögen meistens klein, ihr Verhalten aber der weiter unten genannten vierten Art gleich ist.

3) Solche Dampfwateröfen, bei welchen die Wärme des Leitungsdampfes in einem besonderen Gefäße, welches mit dem eigentlichen, ganz mit Wasser gefüllten

<sup>277)</sup> Zuerst 1843 von GROUVELLE vorgeschlagen und 1849 ausgeführt nach: PÉCLET, E. *Traité de la chaleur*. 3. Aufl. Bd. III. Paris 1861. S. 182.

<sup>278)</sup> Siehe: *Zeitfchr. f. Bauw.* 1873, S. 449. — *Polyt. Journ.*, Bd. 222, S. 8. — *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 611, 13. — *Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1882, S. 436.

<sup>279)</sup> Siehe: *Polyt. Journ.*, Bd. 234, S. 36, 39; Bd. 239, S. 412. — *Wochbl. f. Arch. u. Ing.* 1882, S. 317.

Ofen oben und unten in Verbindung steht, an das Wasser abgegeben wird, so das das Wasser aus dem eigentlichen Ofen in das Erwärmungsgefäß und von diesem wieder in den Ofen zurücktritt<sup>280)</sup>.

Diese Oefen sind für viele Zwecke sehr gut zu verwenden; sie sind aber wesentlich in der Absicht entworfen, die Regelung der Wärmeabgabe zu erleichtern.

4) Endlich sind besonders zu betrachten solche Oefen, die mit Wasser, welches seitens des Leitungsdampfes erwärmt wird, ganz gefüllt sind<sup>281)</sup>.

Sie können ein nennenswertes Auffspeicherungsvermögen erhalten, weshalb sie ihrer Wirkung nach näher besprochen werden sollen.

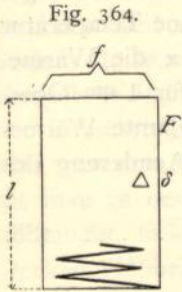


Fig. 364 mag einen prismatischen Dampfwaserofen dieser Art darstellen. Es sei sein Querschnitt  $f$  (in Quadr.-Met.); seine Höhe  $l$  (in Met.); seine Außenfläche  $F$  (in Quadr.-Met.); die Temperatur des Wasserinhaltes  $\Delta$  (in Grad C.); die Zeit  $z$  (in Stunden), und zwar für  $z_1$ :  $\Delta = \Delta_1$ ; für  $z_2$ :  $\Delta = \Delta_2$ ; die als unveränderlich angenommene Temperatur der umgebenden Luft  $\delta$  (in Grad C.); der Wärmeübergang vom Ofen in die Luft für jeden Grad Temperaturunterschied  $(\Delta - \delta)$  für 1 qm Heizfläche und 1 Stunde  $k$ ; die stündlich vom Ofen abgegebene Wärme =  $W$ ; der Wasserinhalt des Ofens =  $fl \cdot 1000$  kg. Alsdann ist

$$dW = Fk(\Delta - \delta) dz, \dots \dots \dots 184.$$

$$dW = -fl \cdot 1000 d\Delta; \dots \dots \dots 185.$$

also  $Fk(\Delta - \delta) dz = -fl \cdot 1000 d\Delta,$

d. i.

$$-\frac{1000 fl}{Fk} \int \frac{d\Delta}{\Delta - \delta} = \int dz,$$

oder

$$-\frac{1000 fl}{Fk} [\log. \text{nat.} (\Delta - \delta) = \text{Const.}] = z + \text{Const.}$$

Durch Einsetzen der zusammengehörigen Werte  $z_2$  und  $\Delta_2$ , bzw.  $z_1$  und  $\Delta_1$ , und Abziehen der beiden Gleichungen erhält man hieraus einen Ausdruck für  $z_2 - z_1$ , wie folgt:

$$-\frac{1000 fl}{Fk} [\log. \text{nat.} (\Delta_2 - \delta) + \text{Const.}] = z_2 + \text{Const.},$$

$$-\frac{1000 fl}{Fk} [\log. \text{nat.} (\Delta_1 - \delta) + \text{Const.}] = z_1 + \text{Const.},$$

$$\frac{1000 fl}{Fk} \log. \text{nat.} \frac{\Delta_2 - \delta}{\Delta_1 - \delta} = z_2 - z_1, \dots \dots \dots 186.$$

und durch Umwandlung der Gleichung 186 ohne Schwierigkeiten

$$\Delta_2 - \delta = \frac{\Delta_1 - \delta}{e^{\frac{kF(z_2 - z_1)}{1000 fl}}} \dots \dots \dots 187.$$

<sup>280)</sup> Siehe: Bayer. Ind.- u. Gwbebl. 1878, S. 290. — Polyt. Journ., Bd. 234, S. 35.

<sup>281)</sup> MORIN, A. *Études sur la ventilation*. Paris 1863. Bd. I, S. 551 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 227, S. 355 — Deutsche Bauz. 1877, S. 487 — Deutsche Industrie-Ztg. 1878, S. 42 — endlich die (meines Wissens nicht veröffentlichten) Oefen von Schäffer & Walker, M. & H. Magnus u. a.

Mit Hilfe dieser Gleichung sind die Temperaturunterschiede  $\Delta, - \delta$  für jede Zeit nach dem Beginne der Abkühlung zu berechnen. Sie sind berechnet worden für  $f = 0,2 \text{ m}$ ,  $l = 2 \text{ m}$ ,  $F = 3,53 \text{ qm}$ ,  $\Delta_0 = 100,6 \text{ Grad}$ ,  $z_0 = 4 \text{ Stunden}$ ,  $z_1 = 4^{1/2}$ ,  $5$ ,  $5^{1/2}$ ,  $6$  u. f. w. bis  $16 \text{ Stunden}$ ,  $k = 15$ , und die Werte  $\Delta,$  sind von der Abziffenachse  $EP$  (Fig. 363) als lotrechte Ordinaten aufgetragen worden, so das ihre Endpunkte die krumme Linie  $BC$  bilden.

393.  
Warmwasser-  
öfen.

Der Verlauf der Erwärmung des Wassers kann in ähnlicher Weise verfolgt werden. Sie erfolge durch eine mit Dampf gefüllte Rohrschlange, welche im unteren Teile des Ofens (vergl. Fig. 364) angebracht ist. Aufser den früher genannten Bezeichnungen bedeute:  $\tau$  die als unveränderlich angenommene Temperatur des Dampfes,  $\varphi$  die Oberfläche der Rohrschlange (in Quadr.-Met.),  $\kappa$  die Wärmemenge, welche für jeden Grad des Temperaturunterschiedes  $\tau - \Delta$  für  $1 \text{ qm}$  Oberfläche stündlich vom Dampf an das Wasser übergeht, und  $w$  die gesamte Wärmemenge, welche der Dampf an das Wasser abliefern. Alsdann ist die Aenderung des Wärmegehaltes im Ofen

$$dw - dW = fl \cdot 1000 d\Delta \dots \dots \dots 188.$$

Da aber

$$dW = Fk (\Delta - \delta) dz \text{ und } dw = \varphi \kappa (\tau - \Delta) dz$$

ist, so entsteht durch Einsetzen

$$fl \cdot 1000 d\Delta = [\varphi \kappa (\tau - \Delta) - Fk (\Delta - \delta)] dz,$$

oder

$$\int \frac{1000 fl}{\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa + Fk) \Delta} d\Delta = \int dz;$$

also

$$- \frac{1000 fl}{\varphi \kappa + Fk} \log. \text{ nat. } [\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa + Fk) \Delta] + \text{Const.} = z + \text{Const.}$$

Durch Einsetzen des Wertes  $\Delta_0$  statt  $\Delta$  für  $z = 0$  erhält man hieraus leicht

$$\frac{1000 fl}{\varphi \kappa + Fk} \log. \text{ nat. } \frac{\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa \delta + Fk) \Delta_0}{\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa + Fk) \Delta} = z, \dots \dots 189.$$

und ferner durch Umgestaltung dieser Gleichung

$$\Delta = \frac{\varphi \kappa \tau + Fk \delta}{\varphi \kappa + Fk} - \frac{\varphi \kappa \tau + Fk \delta - (\varphi \kappa + Fk) \Delta_0}{\varphi \kappa + Fk} e^{-\frac{\varphi \kappa + Fk}{1000 fl} z} \dots \dots 190.$$

Gleichung 190 liefert nun, wenn man  $\tau = 120 \text{ Grad}$ ,  $\varphi$ , wie tatsächlich meistens der Fall, zu etwa  $\frac{F}{10}$ , genau  $= 0,35 \text{ qm}$ ,  $\kappa = 800$  setzt, die Ordinaten des Schaulinienteiles  $AB$  in Fig. 363, so das diese Linie das Gesetz der Wassererwärmung darstellt.

Bevor ich auf die Besprechung der Gesamtlinie  $ABC$  eingehe, muß ich noch rechtfertigen, warum in der Rechnung  $\delta$ , d. i. die Temperatur der den Ofen umgebenden Luft, als unveränderlich angenommen worden ist, obgleich sich  $\delta$  tatsächlich wegen der Verschiedenheit der Ofentemperatur fortwährend ändert. Die Bewegung des  $\delta$  unterliegt zahlreichen Einflüssen, die rechnungsmäsig nicht verfolgt werden können, so das ohne jene Annahme eine rechnungsmäsig Behandlung überhaupt unmöglich sein würde. Andererseits werden die Schwankungen der Lufttemperatur durch das Vermögen der Wände u. f. w., erhebliche Wärmemengen in



sich aufzuspeichern, innerhalb solcher Grenzen gehalten, daß sie auf die Größe des  $\Delta$  nur gering einzuwirken vermögen. Die punktierte Linie  $EH\mathcal{F}$  dürfte den Verlauf der Aenderung in der Temperatur der Zimmerluft richtig wiedergeben. Würden die zugehörigen Werte der Ordinaten dieser Linie statt des unveränderlichen  $\delta$  in die Rechnung eingeführt, so würden  $AB$  sowohl als  $BC$  weniger krumm ausfallen, die ungleichmäßige Wärmeabgabe des Ofens aber nicht günstiger erscheinen.

Diese Wärmeabgabe steht in geradem Verhältnisse zum Temperaturunterschiede  $\Delta - \delta$ , sonach zu den Teilen der Ordinaten der Linie  $ABC$ , welche über  $EH\mathcal{F}$  oder, bei unveränderlichem  $\delta = 20$  Grad, über  $AD$  liegen. Sie schwankt sonach, zwischen weit voneinander liegenden Grenzen, in dem Sinne, wenn auch nicht ganz in dem Maße, wie die Wärmeabgabe des Kachelofens, welche durch die Linie  $A_1BC_1$  dargestellt ist. Daraus ergibt sich zunächst eine entsprechende Ungleichmäßigkeit der Zimmertemperatur, welche leicht über die Grenzen des Erträglichen hinausgeht. Hat man dem Ofen beispielsweise während 4 Anheizstunden so viel Wärme zugeführt, als man in den folgenden 12 Stunden zum Warmhalten des betreffenden Zimmers gebraucht, so kann durch Eingreifen des Wärmespeicherungsvermögens der Wände, Decken, Möbel u. s. w. die Schwankung der Zimmertemperatur einigermaßen gemildert werden; erwärmt man den Ofen mehr, so muß man sich durch Oeffnen der Fenster und Türen (wie beim Kachelofen) gegen die eintretende zu hohe Temperatur schützen, ein Verfahren, welches recht lästig, wenn nicht gesundheitschädlich ist. Für den Fall aber, daß man den Wärmebedarf des Tages unterschätzte, ist ein erneutes Anheizen viel weniger einfach als beim Kachelofen. Die Tatsache, daß zu wenig Wärme aufgespeichert worden ist, erkennt man erst beim Eintreten einer zu niedrigen Temperatur der Zimmerluft; man wird deshalb längere Zeit frieren müssen, bis der begangene Fehler ausgeglichen ist.

Diejenigen Warmwasserheizungen, welche in den warmzuhaltenden Räumen große Wassermengen enthalten — man findet sie häufig, namentlich in Gewächshäusern —, verhalten sich genau so wie die soeben besprochene Dampfwasserheizung; die Wärmeabgabe der Wärmflaschen erfolgt nach der Linie  $BC$  in Fig. 363, da deren Erwärmung außerhalb des zu heizenden Raumes stattfindet.

Kann man denn die für einen gewissen Zeitabschnitt erforderliche Wärmemenge vorher genau genug bestimmen, um hiernach die Wärmespeicherung zu bemessen? Leider nein. In unserem Klima sind Temperaturwechsel des Freien um 10 Grad innerhalb 24 Stunden nicht selten; fühlbarer ist noch der Einfluß der die Fenster eines Zimmers treffenden Sonnenstrahlen, und zu beachten ist ferner die Richtung und Stärke des Windes. Diese von vornherein nicht zu berechnenden Umstände können innerhalb weniger Stunden den Wärmebedarf in weitgehendem Maße ändern.

Hieraus geht hervor, daß die Heizung mittels Wärmespeicherung nur dann eine begehrenswürdige sein kann, wenn man jederzeit entsprechend dem Wärmeabfluß aus dem zu heizenden Raume den Wärmezufuß aus dem vorher aufgespeicherten Vorrat regeln kann, d. h. das Heizen mit aufgespeicherter Wärme kann nur das Regeln der Wärmeentwicklung erleichtern; die Wärmeabgabe erfordert besonderes Regeln.

Die Regelung für die Wärmeabgabe der Heizkörper kann stattfinden<sup>282</sup>):

<sup>282</sup>) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.

1) durch Aendern des Temperaturunterschiedes der Heizflächen und der sie bispülenden Luft oder

2) durch Aendern der Heizflächengröfse.

Das Aendern des genannten Temperaturunterschiedes ist zu bewirken durch Aendern der Heizflächentemperatur oder der Lufttemperatur oder endlich durch Aendern beider.

395.  
Regelung  
bei Wasser-  
heizungen.

Das erstere Verfahren tritt besonders deutlich hervor bei den Wasserheizungen. Die Temperatur des im Wärmestrahler befindlichen Wassers wird durch verschieden lebhaftes Feuern — vielleicht unter Vermittelung eines besonderen Reglers — oder verschieden grofse Umlaufgeschwindigkeit geändert. Nur das letztgenannte Verfahren gibt zunächst Veranlassung zu eingehender Erörterung, und zwar in Rücksicht darauf, ob der Wärmestrahler eine gröfsere oder geringere Wassermenge enthalten soll.

Die erste und, wie ich gleich hinzufügen will, schlechteste der betreffenden Anordnungen wird durch Fig. 365 wiedergegeben. *A* sei der wärmeaufnehmende Körper, kurzweg Heizkessel genannt, *B* der wärmeabgebende Körper oder Wärmestrahler. *A* ist so eingerichtet, dafs er nur wenig Wasser enthält; ich habe dies dadurch anzuzeigen gesucht, dafs ich in Fig. 365 *A* als Rohrchlange zeichnete. *B* enthält dagegen sehr viel Wasser. Wegen der geringen Wassermenge in *A* erwärmt sich diese (nach Entzünden des Feuers) sehr rasch, steigt empor und wird durch kälteres Wasser, das aus *B* niederfließt, ersetzt. *B* wird dagegen nur sehr langsam erwärmt, in dem Sinne wie beim Dampfwaserofen, aber langsamer als dort. Nach Erlöschen des Feuers hört die Wärmezufuhr auch nach *B* sofort auf, so dafs der Wärmestrahler sich nunmehr fast genau so verhält wie der früher besprochene Dampfwaserofen und ihm die gleichen Mängel wie jenem eigen sind. Selbst das völlige Absperren des Wasserumlaufes schwächt die Wärmeabgabe des Ofens nicht, wie das völlige Freilassen ihn nicht merklich fördert.

An der entgegengesetzten äußeren Grenze steht die Anordnung, welche Fig. 366 verfinnlicht. Hier enthält der Wärmestrahler *B* möglichst wenig Wasser, was wieder durch Andeuten der Rohrchlange leicht erkennbar gemacht worden ist, während im Heizkessel *A* sehr viel Wasser vorhanden ist. Nach dem Entzünden des Feuers erwärmt sich *A* nur langsam, immerhin etwa ebenso rasch wie *B* in Fig. 365; das in *A* erwärmte Wasser steigt in bekannter Weise zu *B* empor und gibt hier Wärme ab.

Durch Einschalten eines Ventils oder Hahnes in die Leitung zwischen *A* und *B*, vielleicht bei *H* (Fig. 366), läfst sich nun die Wassermenge, welche in der Zeiteinheit die Schlange *B* durchströmt — innerhalb gewisser Grenzen, aber bis zum Aufhören des Wasserumlaufes — regeln, so dafs dementsprechend verschiedene Wärmemengen von dem in *A* aufgespeicherten Vorrat in die Schlange *B* gelangen, also deren mittlere Oberflächentemperatur sich hiernach ändert und damit der beab-

Fig. 365.

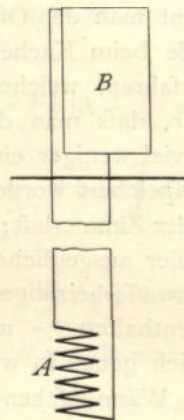
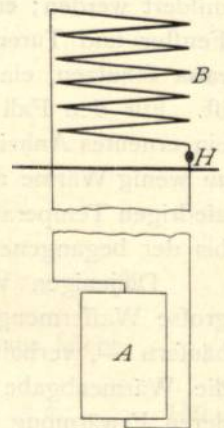


Fig. 366.



sichtigte Zweck ohne weiteres erreicht wird. Je größer der Wasserinhalt des Wärmestrahlers  $B$  ist, umso später folgt indes seine mittlere Ofentemperatur der vorgenommenen Hahnstellung.

Der Wasserinhalt der Wärmestrahler verdient aus diesem Grunde besondere Aufmerksamkeit. Deshalb mögen einige Angaben über den Wasserinhalt gegenüber  $1\text{qm}$  Heizfläche eingehandelt werden. Es entfallen:

bei $0,022\text{ m}$ weiten Heizrohren . . . . .	0,38 Liter,
» $0,02\text{ m}$ weiten Plattenöfen . . . . .	1,00 »
» den Gliederöfen . . . . .	5,00 bis 8,00 »
» den Öfen von <i>Pflaum &amp; Gerlach</i> <sup>283)</sup>	17,25 »
» » » » <i>H. Rößcke</i> . . . . .	35,00 »
» » » » <i>Joh. Haag</i> . . . . .	37,50 »
» » » » <i>Titel &amp; Wolde</i> . . . . .	48,00 »

Rechnet man nun 300 Wärmeeinheiten als durchschnittliche Wärmeabgabe, so findet man, daß nach völligem Ab Sperren des Wasserumlaufes der Ofen von *Titel & Wolde* rund 10 Minuten bedarf, um nur 1 Grad kälter zu werden! Eine so träge wirkende Regelung ist fast ohne jeden Wert.

Die weniger Wasser enthaltenden Öfen sind denn auch mehr und mehr beliebt geworden; will man mit ihnen die Wärmespeicherung verbinden, so ist nur nötig, dem Wasserwärmer  $A$  (Fig. 366) einen entsprechend großen Wasserraum zu geben. Von diesem läßt sich durch Regelung des Wasserumlaufes die Wärme dem Bedarfe gemäß auf angegebenem Wege entnehmen. In gleicher Weise wirkt die Dampf-Warmwasserheizung<sup>284)</sup>.

Bei beiden darf aber nicht übersehen werden, daß die Feuerungs-, bezw. die der Dampfentwicklung dienende Anlage im Stande sein muß, genügend rasch die große Wassermenge zu erwärmen.

Folgendes Beispiel möge dies noch erläutern.

Es werde in das Auge gefaßt, behufs bequemer Bedienung auch bei größter Kälte die für einen Tag erforderliche Wärme innerhalb weniger Stunden zu entwickeln; zu diesem Zwecke sei Dampf-Wasserheizung in Aussicht genommen. Das Beispiel, welches Fig. 363 darstellt, kann alsdann der Erörterung zu Grunde gelegt werden. Zunächst ist erkennbar, daß das erforderliche Speichervermögen ohne Schwierigkeit gewonnen werden kann. Zu untersuchen ist noch, welche Dampfmenge gefordert werden. Man wird geneigt sein, anzunehmen, daß der bei gleichmäßigem Heizen in der Zeiteinheit erforderliche Dampf nur viermal zu nehmen sei, wenn man in 4 Stunden dem Wasser so viel Wärme zuführen will, wie in 16 Stunden gebraucht wird. Diese Anschauung beruht jedoch auf einem Irrtum, indem während des Wassererwärmens bedeutend wechselnde Dampfmen gen zur Verdichtung gelangen.

Die Gleichung 190 (S. 368) gewährt einen Einblick in das Gesetz des Dampfverbrauches des Ofens. Die Wärmeüberführung vom Dampf in das Wasser, somit der Dampfverbrauch, steht in geradem Verhältnis zum Temperaturunterschied  $\tau - \Delta$ . In der krummen Linie  $AB$  (Fig. 363) liegen die Endpunkte derjenigen Ordinaten, welche, von der Nulllinie  $EP$  ab gemessen, die Temperaturen  $\Delta$  des Wassers  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1 u. s. w. Stunden nach Beginn des Anheizens darstellen, in der geraden Linie  $LQ$  diejenigen, welche die unveränderliche Temperatur des Dampfes wiedergeben. Die zwischen  $AB$  und  $LQ$  liegenden Teile der Ordinaten bestimmen daher die Temperaturunterschiede zwischen Dampf und Wasser und damit den Dampfverbrauch, z. B.  $RS$  den Dampfverbrauch eine Stunde nach Beginn des Anheizens. Die Fläche  $ABQL$  entspricht dem Dampfverbrauche während der ganzen Dauer des Anheizens, welcher in folgender Weise zu berechnen ist. Heißt diese Dampfmenge  $q$  (in Kilogr.) und wird angenommen, daß  $1\text{ kg}$  Dampf 522 Wärmeeinheiten abzugeben vermag, so ist

<sup>283)</sup> Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 738.

<sup>284)</sup> Vergl. ebendaf. 1882, S. 439.

$$q = \int_0^{z'} \frac{(\tau - \Delta) \varphi \times dz}{522} \dots \dots \dots 191.$$

In diese Gleichung ist der Wert für  $\Delta$  aus Gleichung 190 einzusetzen, um eine verwendbare Formel für  $q$  zu gewinnen.

Für das vorliegende Beispiel liefert die letztere  $\approx 77$  kg, welche Dampfmenge, auf die Heizzeit von 16 Stunden gleichmäÙig verteilt, in Fig. 363 durch das Rechteck  $LMNO$  dargestellt wird. Vergleicht man nun die Ordinaten dieser Fläche mit denjenigen der Fläche  $ABQL$ , so erkennt man sofort, dass bei Beginn des Anheizens mehr als das 11fache, und  $\frac{1}{2}$  Stunde nach dieser Zeit noch das 8fache desjenigen Dampfes verbraucht wird, welcher bei gleichmäÙiger Dampfzufuhr während der 16stündigen Heizdauer nötig sein würde. Eine geringere Dampfzufuhr als die verlangte führt zu Mifslichkeiten, welche ich hier nicht weiter erörtern will; nur sei erwähnt, dass durch sie fogar die Dampfchlange zerstört werden kann. Für das in Rede stehende Verfahren sind sonach ungemein groÙe DampfkeÙel, weite Dampfrohre und sehr leistungsfähige Ableiter für das Niederschlagwasser nötig. Ich will gestehen, dass die Uebelstände, welche aus dem Nichtbeachten dieser Tatsache bei einer sehr groÙen Anlage, die ungenannt bleiben möge, entstanden sind, mich zu der Aufnahme des gegenwärtigen Themas veranlasst haben.

397.  
Regelung  
bei Dampf-  
heizungen.

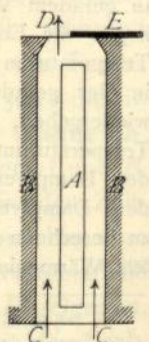
Bei Dampfheizungen kann man durch teilweises Schließen des Zuflörmungsventils die Spannung des im Ofen befindlichen Dampfes vermindern, womit eine Verminderung der Heizflächentemperatur im Zusammenhange steht. Die Dampfspannung muÙ, behufs wirkfamer Regelung der Wärmeabgabe, oft weit unter diejenige der Atmosphäre sinken, so dass das gebildete Wasser nicht mehr selbsttätig den Ofen verläÙt, ja, wenn die Wasserableitungsrohre mehrerer Oefen sich in einem gemeinschaftlichen Rohre sammeln, das Wasser dieses Rohres, bezw. benachbarter Oefen unter polterndem Geräusch in den in Rede stehenden Ofen strömt. Man kann letzteres durch Einschalten eines fog. Rückschlagventils verhindern, welches das Wasser so lange abfließen lässt, wie vor ihm eine gröÙere Spannung herrscht als hinter ihm, dagegen sich schließt, sobald die Spannungen gleich oder vor dem Ventil niedriger als hinter ihm sind. Ein solches Ventil verÙagt jedoch zuweilen und gibt sonst Veranlassung zu Störungen, weshalb man es zu vermeiden sucht.

398.  
Regelung  
mittels  
Aenderung  
der Luft-  
temperatur.

Man kann ferner den Wärmeaustausch regeln, indem man die GröÙe des gewünschten Temperaturunterschiedes der Heizflächen, bezw. der Kühlflächen und der Luft durch Aenderung der Lufttemperatur gewinnt.

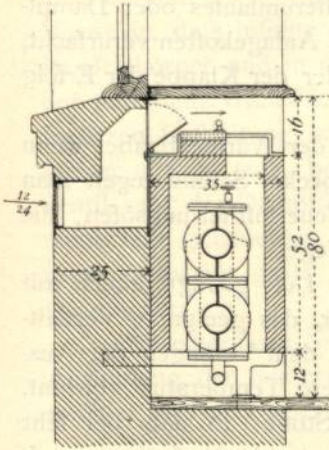
In Fig. 367 bezeichne  $A$  den Heizofen,  $B$  die möglichst wenig leitenden Wände der Heizkammer,  $C$  die Einströms- und  $D$  die Ausströmsöffnung der Luft, welche letztere vermöge des Schiebers  $E$  verengt werden kann. Je mehr man mit Hilfe des Schiebers  $E$  die Ausströmsöffnung  $D$  verkleinert, je weniger Luft aus  $D$  zu entweichen und bei  $C$  einzutreten vermag, umso höher wird die Temperatur der Luft, umso kleiner der Temperaturunterschied des Körpers  $A$  und der umgebenden Luft. Durch völliges Schließen der Oeffnung  $D$  hört jeder Luftwechsel auf; die Temperatur der Luft nähert sich mehr und mehr der Heizflächentemperatur, bis zuletzt eine Wärmeabgabe der Heizflächen nicht mehr stattfindet. Ist  $A$  nicht ein Heiz-, sondern ein Kühlkörper, so ist der Schieber  $E$  oder eine sonstige ebenso wirkende Einrichtung an die nunmehr unten befindliche Ausströmsöffnung anzubringen. Man findet diese Art der Regelung allgemein in den fog. Eiskellern, d. h. gewerblichen Zwecken dienenden Räumen, welche durch mit Eis gefüllte Kühlkammern eine regelmäÙige Kühlung erhalten. Die Kühlfläche ist dann immer sehr

Fig. 367.



grofs; durch Hemmen des Luftwechsels vermag man den Wärmeaustausch trotzdem so zu regeln, dafs die einmalige Eisfüllung von Winter zu Winter genügt.

Fig. 368.

Regelungseinrichtung von  
*Bechem & Post*.

beträchtlich wird, auch die von der heißen Luft getroffenen schmückenden Teile des Zimmers eine Schädigung erleiden.

*Bechem & Post* hindern dies durch über die Regelmäntel gefüllte Ziermäntel, indem innerhalb der letzteren, über den ersteren, das Mischen der sehr warmen Luft mit kälterer Luft des Zimmers stattfindet.

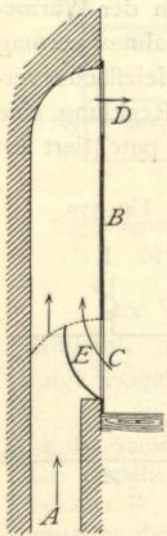
*E. Kelling*<sup>286)</sup> hat zu gleichem Zwecke die durch Fig. 369 abgebildete, für Luftheizungen bestimmte Klappenanordnung verwendet.

*A* ist der von der Heizkammer emporsteigende Schacht. Er ist in dem zu heizenden Zimmer zum Schlitz ausgebildet, letzterer aber durch die eiserne Platte *B* wieder geschlossen. In *B* befinden sich zwei vergitterte Oeffnungen, von denen die obere *D* dem Austritt warmer Luft dient, während die untere *C* den Eintritt der Zimmerluft vermitteln soll. *C* gegenüber befindet sich eine Klappe *E*, welche zunächst dazu dient, den Lufteintritt in *C* zu regeln, bei weiterem Zurücklegen aber den Querschnitt für die durch *A* emporsteigende warme Luft verengt, d. h. die dem Zimmer zugeführte Wärmemenge regelt. Ueber der Klappe *E* mischt sich nun die warme Luft mit der kälteren Zimmerluft, so dafs die Oeffnung *D* mäfsig erwärmte Luft dem Zimmer zuführt.

Es sei darauf hingewiesen, dafs durch diese Klappenanordnung bei unbefränktem Querschnitt für die Heizluft eine nennenswerte Menge kälterer Luft der ersteren beigemischt, also die Temperatur der Heizluft auch bei voller Inanspruchnahme der Heizung ermäfsigt werden kann.

Die sog. Mischklappen der Luftheizungen (siehe Art. 306, S. 260) gestatten das Hemmen der Luftbewegung längs der Heizflächen, eine Steigerung der Lufttemperatur und damit eine Regelung der Wärmeabgabe. Sie vermitteln gleichzeitig das Beimischen kälterer Luft zu derjenigen, welche von

Fig. 369.

Klappenanordnung von  
*E. Kelling*.

<sup>285)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 167.

<sup>286)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 612.

den Heizflächen kommt, verengen hierbei aber den Gesamtquerschnitt für die frische Luft nicht. Auch für örtlich aufgestellte Heizkörper werden solche Mischklappen<sup>287)</sup> oder nach Umständen Mischschieber<sup>288)</sup> mit Vorteil angewendet.

Das vorliegende Regelungsverfahren muß hiernach als zweckmäßig bezeichnet werden, da es Ventile oder Hähne zur Regelung des Wasserumlaufes oder Dampfeintrittes entbehrlich macht, sonach verhältnismäßig geringe Anlagekosten verursacht, außerdem aber sofort nach dem Einstellen des Schiebers oder der Klappe der Erfolg merkbar wird.

Es ist auch mit Vorteil angewendet für die Regelung der Wärmeabgabe, wenn mit aufgespeicherter Wärme geheizt wird<sup>289)</sup>. In einer Lübecker Schule regelt man z. B. die Wärmeabgabe gemauerter, sehr dickwandiger Feuerluftheizungsöfen, die täglich nur wenige Stunden geheizt werden, auf diesem Wege.

Eine genügende Mischung der warmen und kälteren Luft gelingt jedoch mit Sicherheit nur in einem längeren Kanal; auch ist es schwer, das geeignete Verhältnis beider Luftarten zu treffen, da die erwärmte Luft nach dem Verengen der Ausströmungsöffnung *D* in Fig. 367 erst allmählich die höhere Temperatur gewinnt. Endlich fehlt es an einem völlig wärmeundurchlässigen Stoffe, so daß bei sehr mildem Wetter die Wärmeabgabe zuweilen auch bei gesperrter Luftbepflung noch zu groß ausfällt.

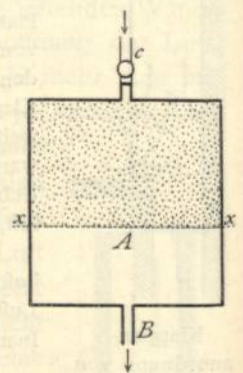
Dies ist Ursache, die Möglichkeit des Verkleinerns der Heizfläche näher in das Auge zu fassen.

399.  
Regelung  
mittels  
Verkleinerung  
der  
Heizfläche.

Bei Dampfheizungen ist die Heizfläche auf folgendem Wege zu verkleinern. Man schließt den Wasserabfluß; alsdann staut das Wasser mehr und mehr an und sperrt die von ihm berührten Heizflächen vom Dampf ab. Nachdem die Wärme des Wassers diesem entzogen ist, sind die betreffenden Heizflächen von der Wärmeabgabe ausgeschlossen. Durch sorgfältiges Einstellen des Wasserabflusshahnes vermag man nun nur so viel Wasser abfließen zu lassen, als die verkleinerte Heizfläche verdichtet. Ohne weiteres ist jedoch zu übersehen, daß diese Art der Regelung eine besondere Geschicklichkeit verlangt. *Käuffer* hat einen Dampföfen patentiert erhalten<sup>290)</sup>, in welchem in verschiedenen Höhen Wasserabflußöffnungen vorhanden sind, so daß man einen bestimmten Teil der Heizfläche mit Sicherheit auszuschalten vermag. Die Anordnung beseitigt jedoch die träge Wirkung dieses Regelungsverfahrens nicht. Wenn man stundenlang warten soll, bevor die Regelung fühlbar oder ihr Grad schätzbar ist, so wird man nicht befriedigt werden. Daß die Wirkung erst sehr allmählich eintritt, habe ich durch Rechnung nachgewiesen<sup>291)</sup>.

Für Niederdruck-Dampfheizungen hat *Käuffer* später<sup>292)</sup> folgenden hübschen Gedanken verwirklicht. Der Wärmestrahler *A* (Fig. 370) steht vermöge des Wasserabflußrohres *B* mit der Atmosphäre in freier Verbindung, während das Dampfzufuhrrohr *c* mittels Ventils abstellbar ist. Regelt man nun den Dampf-

Fig. 370.



Regler von Käuffer.

287) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 323.

288) Siehe ebendaf. 1882, S. 440; 1885, S. 892.

289) Vergl.: JUNGFER, H. R. Verbeßerte Anlage für Luftheizungen. Görlitz 1883 — ferner: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 892.

290) D. R.-P. Nr. 6320.

291) In: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 163.

292) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, S. 672.

zuflufs so, dafs die über der Linie  $xx$  befindliche Heizfläche die einströmende Dampfmenge niederzuschlagen vermag, so füllt sich, wegen des geringeren Dampfgewichtes gegenüber dem Luftgewichte, der Heizkörper überhaupt nur bis zur Linie  $xx$  mit Dampf, während fein unter dieser Linie gelegener Raum mit Luft gefüllt ist, d. h. nur die oberhalb  $xx$  gelegene Heizfläche vermag Wärme abzugeben. Dem erhobenen Vorwurfe, dafs infolge der vorliegenden Regelungsart ein fortwährender Luftwechsel im Heizkörper und in den Niedererschlagwasserrohren stattfindet, welcher das Verrosten der (eisernen) Wandflächen fördert, begegnet *Käuffer* durch die Anlage einer besonderen Luftleitung mit Luftbehälter, so dafs eine und dieselbe Luft in die Heizkörper u. f. w. tritt, bzw. aus ihnen verdrängt wird<sup>293)</sup>. Auf dem Dampftrittsventil ruht der Dampfdruck der Leitung, hinter ihm derjenige der Atmosphäre. Bei nicht fehr geschickter Anlage kann der auf das Dampfventil wirkende Dampfüberdruck zeitweise grofs genug werden, um ein unangenehm pfeifendes Geräusch zu verursachen.

Bei einer von *Schweer* erdachten Regelungsart<sup>294)</sup>, welche als eine weitere Ausbildung der letzterwähnten *Käuffer'schen* betrachtet werden muß, fehlt der Luftwechsel im Heizkörper und ist der Druck auf das Ventil kleiner. Unter den Wärmestrahler *A* (Fig. 371) ist ein Wassergefäß *D* gestellt, an welches sich das Niedererschlagwasserrohr *B* schließt. Aus *A* fließt das Wasser in *D* vermöge eines Rohres, welches bis nahe an den Boden des letzteren Gefäßes reicht; der Rauminhalt des Gefäßes *D* ist gröfser als derjenige des Heizkörpers *A*. Den Dampftritt zu *A* vermittelt das Rohr *C*, welches mit einem Ventil versehen ist; *C* steht in freier Verbindung mit dem oberen Teile des Gefäßes *D*, so dafs über dem Wasserspiegel des letzteren der volle Dampfdruck herrscht. Regelt man nun den Dampfzutritt so, dafs die über  $xx$  befindliche Heizfläche den Dampf niederzuschlagen im stande ist, so wird aus *D* das Wasser nach *A* gedrückt, und zwar bis zur Linie  $xx$ . Auf dem Dampfventil lastet der Druck der Wasserfäulenhöhe  $xy$ , also ein vom Dampfdrucke in der Leitung unabhängiger. Weitere Einzelheiten siehe in der angezogenen Quelle<sup>294)</sup>.

Der Wasserbehälter *D* unter dem Heizkörper *A* stört nun in mehr als einer Hinsicht. *Gebr. Körting* haben deshalb das *Schweer'sche* Regelungsverfahren wie folgt ausgebildet<sup>295)</sup>.

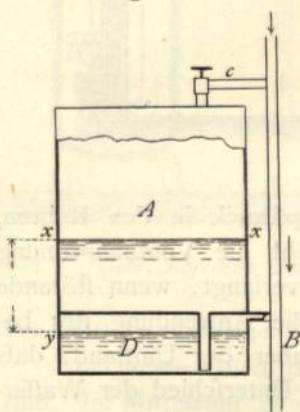
In der schematischen Fig. 372 bezeichnet *R* eine Feuerung mit Korbrost, *K* den Kessel, *St* das Standrohr. Von *K* aus führt das Rohrwerk *D* den Dampf zu den Heizkörpern *H*. Das hier entstehende Niedererschlagwasser fließt durch das Rohrnetz  $r_1$  und  $r_2$  in die offenen Wasserbehälter *W*<sub>1</sub> und *W*<sub>2</sub>, von wo ab es in den Kessel *K* hinabfällt. Die Wassergefäße *W*<sub>1</sub> und *W*<sub>2</sub> vertreten die Wassergefäße *D* (Fig. 371) der ursprünglichen *Schweer'schen* Anordnung; sie sind so grofs und so hoch aufgestellt, dafs sie das Wasser sämtlicher zugehöriger Heizkörper *H* aufzunehmen, aber auch diese Heizkörper vollständig zu füllen vermögen. Insbesondere münden die Ueberlaufrohre *C* in solcher Höhe in die Gefäße *W*<sub>1</sub> und *W*<sub>2</sub>, dafs letztere unter allen Umständen die zum Füllen der Heizkörper erforderliche Wassermenge zurückhalten. Oeffnet man nun das über einem der Heizkörper befindliche Dampfventil, so verdrängt der eintretende Dampf

<sup>293)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsh. Ing. 1888, S. 779.

<sup>294)</sup> Siehe ebendaf., S. 778.

<sup>295)</sup> Siehe ebendaf., 1889, S. 565.

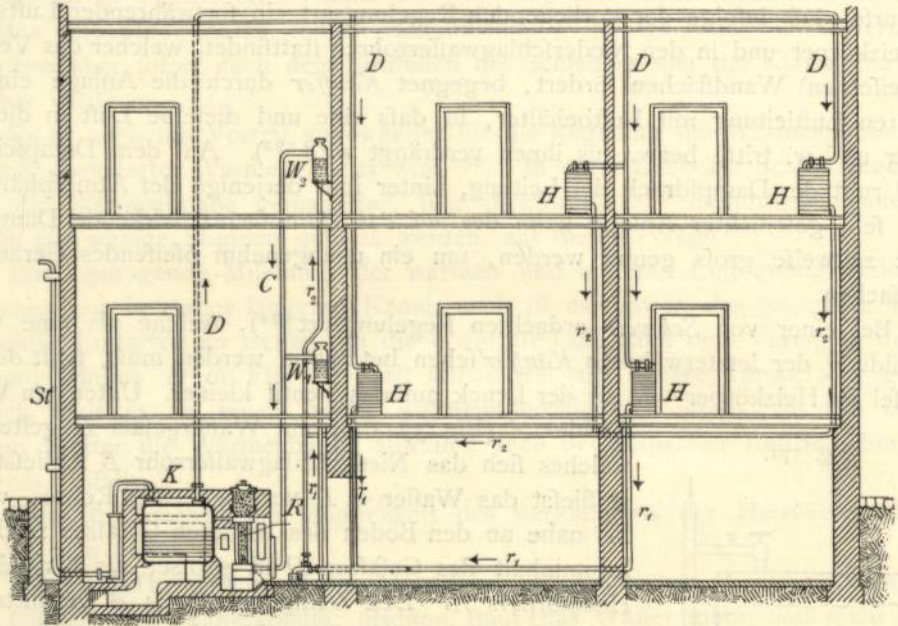
Fig. 371.



Regelungseinrichtung von *Schweer*.

so viel Wasser nach dem betreffenden Gefäße  $W$ , dafs die frei werdende Heizfläche den nachströmenden Dampf niederzuschlagen vermag; verengt man den Zuflufsquerschnitt des Dampfventils, so staut von dem betreffenden  $W$  aus Wasser in den Heizkörper und verkleinert die Heizfläche des letzteren.

Fig. 372.



Der Dampfdruckunterschied am Ventil ist vom Dampfdruck in den Rohren, wie bei *Käuffer* (siehe S. 375) abhängig, weshalb fowohl die Ventilanordnung als auch diejenige des Rohrnetzes eine geschickte Hand verlangt, wenn störende Geräusche vermieden werden sollen. Erschwerend für die Anwendung des beschriebenen *Geb. Körting'schen* Regelungsverfahrens ist aber der Umstand, dafs der Dampfdruck am Heizkörper gröfser sein mufs als der Unterschied der Wasserspiegelhöhen im Heizkörper und im zugehörigen Gefäße  $W$ , und der fernere, dafs das Niederschlagwasser einen viele Widerstände bietenden Weg zurückzulegen hat. Man wird deshalb in der Regel im Dampfentwickler gegen 0,3 Atmosphären (3000 kg für 1 qm) Dampfüberdruck haben müssen, um die vollen Heizflächen ausnutzen zu können.

Wegen weiterer hierher gehörender Vorschläge vergl. die Quellen<sup>296)</sup>.

Wie Fig. 370 u. 371 ohne weiteres erkennen lassen, wird der untere Teil der Heizfläche der Oefen kaltgestellt, sobald man eine geringere als die volle Leistung in Anspruch nimmt. Dies hat bei freistehenden Heizkörpern zur Folge, dafs die nahe über dem Fußboden liegende Luft nur zufällig erwärmt wird. Dieser Umstand reifte um das Jahr 1890 bei *Käuffer & Co.* in Mainz den Gedanken, den Dampf mit Luft zu mischen, um bei unveränderter Heizflächengröße eine geringere Wärmeabgabe zu erzielen. Das Gemisch von Dampf und Luft ist weniger warm als der reine Dampf, so dafs die vorliegende Regelungsart in ihrer Wirkung der bei Wasserheizung gebräuchlichen gleicht und demnach schon an einer früheren Stelle

<sup>296)</sup> FISCHER, H. Ueber Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161. — D. R.-P. Nr. 10711.



hätte besprochen sein sollen. Die geschichtliche Entwicklung hat mich veranlaßt, sie erst hier anzuschließen.

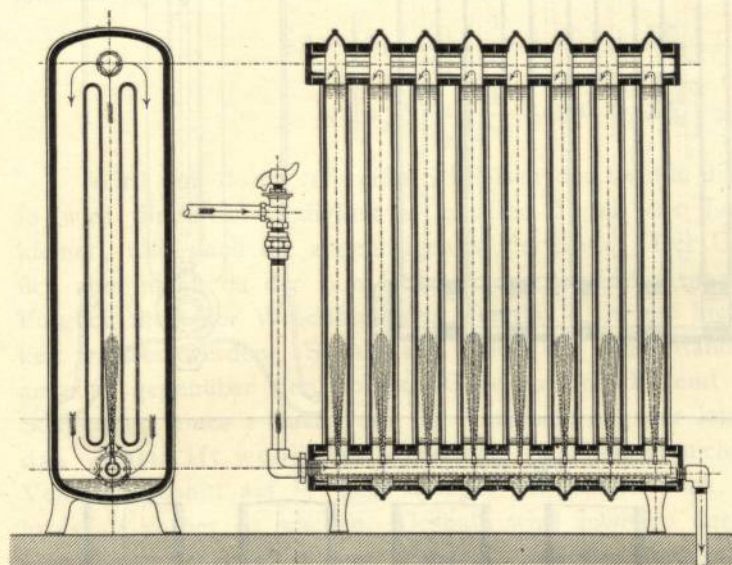
Um das Jahr 1894<sup>297)</sup> traten *Gebr. Körting* mit einem vervollkommeneten Mischungsverfahren von Dampf und Luft in die Öffentlichkeit.

Fig. 373 u. 374 sind zwei lotrechte Schnitte eines glattwandigen Gliederofens. Jedes Glied (Fig. 373) besteht aus drei lotrechten Rohren, die oben und unten miteinander in freier Verbindung stehen. Die Glieder sind unter sich oben und unten durch Nippel verbunden. Der Dampf wird unten in den

Ofen eingeführt, und zwar durch ein Rohr, welches unter dem mittleren Rohr jedes Gliedes eine Düse enthält. Der Dampfstrahl reißt die ihn umgebende Luft mit sich fort und treibt das Gemisch durch das mittlere Rohr jedes Gliedes empor. Oben angekommen, verteilt sich das Gemisch in die beiden seitlichen Rohre und sinkt in ihnen nach unten. Das in Fig. 374, rechts unten, angegebene Rohr läßt Wasser und Luft abfließen, aber auch Luft zufließen. Läßt man weniger Dampf eintreten, so sinkt der Dampfdruck im Ofen, wodurch Luft eingesaugt wird; öffnet man das Dampfventil mehr, so wird Luft verdrängt.

Fig. 373.

Fig. 374.



*Gebr. Körting's* Dampföfen mit fog. Luftumwälzung.

Der Druck im Heizkörper ist von demjenigen der äußeren Atmosphäre nur sehr wenig verschieden.

In jedem Glied des Ofens findet, wie angegeben, ein Umlauf des Gemisches statt. Im Mittelrohr ist das Gemisch dampfreicher als in den beiden äußeren Rohren, also hier auch leichter als dort. Daher sind die Düsen nicht erforderlich, um durch die lebendige Kraft des von ihnen gelieferten Dampfstrahles den Umlauf zu bewirken. Sie erleichtern aber das Anpassen der an jedes Glied abzuliefernden Dampfmenge und bieten Gelegenheit, um zu reichliches Eintreten des Dampfes bei ganz geöffnetem Dampfventil zu verhüten.

*Kaeferle* ordnet die Mischeinrichtung nach Fig. 375 bis 377 an.

Die einzelnen Glieder bilden — nach Fig. 376 — einen Rohrring, enthalten also nur zwei lotrechte Rohre. Der Umlauf wird dadurch bewirkt, daß das Gemisch auf der einen Seite dampfreicher, also leichter ist als auf der anderen Seite. Es hängt von Nebenumständen ab, ob das Gemisch in Bezug auf Fig. 376 rechts oder links emporsteigt; nachdem aber in einem der lotrechten Schenkel die Bewegung nach oben begonnen hat, wird sie in gleichem Sinne fortgesetzt.

Der Dampf wird durch das Ventil *V* und die angeetzte Düse *d* eingelassen. Die Öffnung der letzteren ist so bemessen, daß selbst bei ganz geöffnetem Ventil kein Dampf im Ueberflusse eintreten kann. Durch die lebendige Kraft des aus *d* tretenden Dampfstrahles wird die umgebende Luft in lebhaftere Bewegung versetzt und in die unteren Enden sämtlicher Glieder getrieben.

Ist der Dampfdruck sehr gering oder die Zahl der zusammengesetzten Ofenglieder sehr groß, so fügt *Kaeferle*, nach Fig. 377, der Düse einen Sauger *S* mit dem Rohre *D* an. Beide fördern

<sup>297)</sup> Vergl.: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1895, S. 477.

das Mischen, und das Rohr leitet das Gemisch weiter in den Ofen hinein, so daß auch die entferntest liegenden Glieder gut versorgt werden. Im Ventilkörper *V* befindet sich unter dem

Fig. 375.

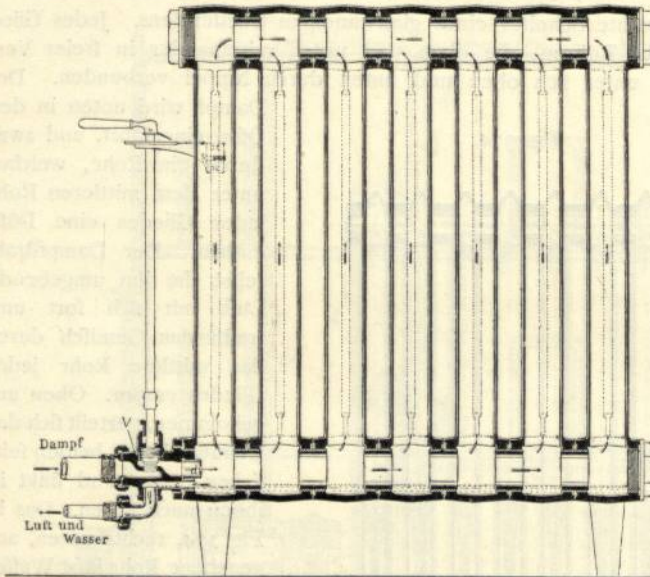


Fig. 376.

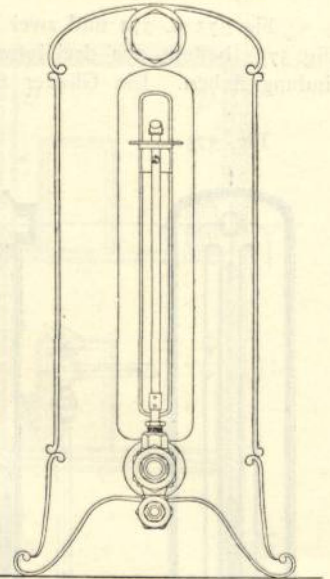
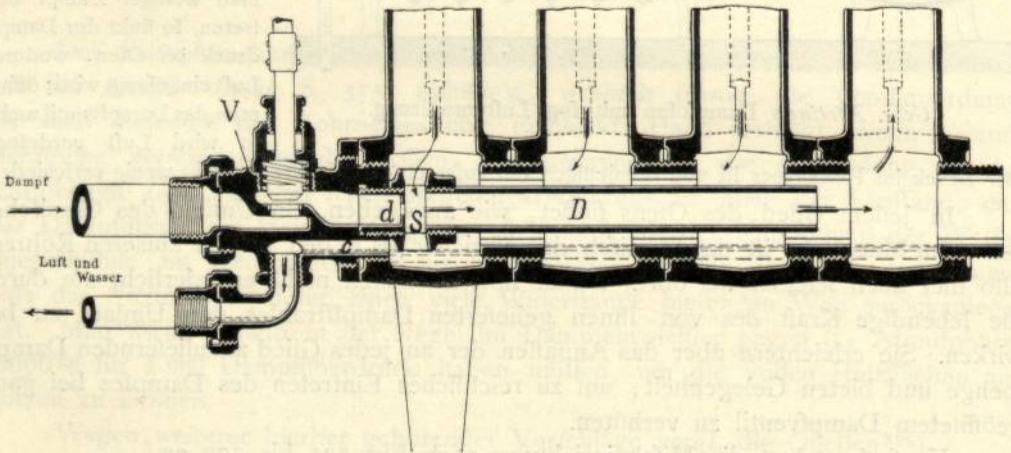


Fig. 377.



*Fr. Kaeferle's* Dampföfen mit Luftmischung.

Dampfwege eine Bohrung *c*, die zum Ableiten von Wasser und Luft dient, aber auch der Luft freien Eintritt gewährt. Dieses Zusammenführen der Ein- und Austrittswege in einem einzigen Körper *V* erleichtert das Aufstellen des Ofens.

Im vorhergehenden sind wiederholt Ventile und Klappen als Hilfsmittel des Regels genannt. Sie wirken durch Verengen des Durchflußquerschnittes. Es würde nun ein folgenschwerer Irrtum sein, wenn man annehmen wollte, daß die durchfließende Flüssigkeitsmenge im geraden Verhältnis zum Durchflußquerschnitt stehe, d. h. daß z. B. durch Schließen des Ventils auf die Hälfte die Durchflußmenge auf die Hälfte vermindert werde.

Nach Gleichung 71 (S. 183) betragen die Widerstände einer Leitung

$$\Sigma p = \left[ \kappa l \frac{u}{q} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \gamma \frac{v^2}{2g}.$$

Diese Gleichung setzt voraus, dass innerhalb der Leitung, für welche das  $\Sigma p$  gilt, überall daselbe  $v$ ,  $\kappa$ ,  $\frac{u}{q}$  und  $\gamma$  gilt. Ändert sich eine oder ändern sich mehrere dieser Größen, so setzen sich die Widerstände aus mehreren Gliedern zusammen nach der Form

$$\begin{aligned} \Sigma p = & \left[ \kappa_1 l_1 \frac{u_1}{q_1} \left( \frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi_1 \right] \gamma_1 \frac{v_1^2}{2g} \\ & + \left[ \kappa_2 l_2 \frac{u_2}{q_2} \left( \frac{1}{v_2} + 20 \right) + \Sigma \xi_2 \right] \gamma_2 \frac{v_2^2}{2g} + \text{u. f. w.} \end{aligned}$$

Wird nun durch teilweises Schließen des Ventils die Flüssigkeitsmenge kleiner, so wird die Geschwindigkeit  $v$  in allen Teilen der Leitung, ausser dem Ventil, kleiner, also auch die zugehörigen Widerstände. Der Gesamtwiderstand  $\Sigma p$  ändert sich aber nicht, da der zum Ueberwinden von  $\Sigma p$  dienende Druck sich nicht ändert. Folglich muss der Widerstand des Ventils, d. h. die hier herrschende Geschwindigkeit grösser werden. Sobald das Glied der Widerstandsreihe, welche das Ventil angeht, gegenüber den übrigen Gliedern unbedeutend ist, so gehört eine starke Steigerung seines  $v$  dazu, um die Verkleinerung der letzteren auszugleichen, d. h. das Ventil ist wenig empfindlich. Es kommt nicht selten vor, dass man den Ventilquerschnitt auf  $\frac{1}{10}$  und weniger verkleinern muss, um die Flüssigkeit halb so gross als vorher zu machen. Deshalb wird zuweilen der volle Ventil- oder Klappenquerschnitt erheblich kleiner gemacht, als die übrigen Querschnitte der Leitung sind, lediglich um die Geschwindigkeit im Ventil gross, also das zugehörige Widerstandsglied in der Reihe überwiegend zu machen.

Die geforderte Regelung der Wärmeabgabe bedingt, dass entweder die überschüssig entwickelte Wärme in einen Speicher übergeht oder die Wärmeentwicklung mit dem jederzeitigen Wärmeverbrauch in Einklang gebracht wird.

Wie die Wärmeeinspeicherung stattfindet, ist in den früheren Erörterungen genügend angegeben; es handelt sich also hier noch um die Regelung des Feuers gegenüber dem Wärmeverbrauch.

Sie kann auf Grund der Temperaturbeobachtung der Heizkammer, des Heizwassers oder der Dampfspannung stattfinden, und zwar mittels der Hand oder selbsttätig.

Da eine bestimmte Grösse der Feuerstelle nur unvollkommen in grösserem Masse wechselndem Brennstoffverbrauche dienen kann, so entschliesst man sich vielfach dazu, so lange sie unter Aufspeicherung der überschüssigen Wärme ihren Abmessungen entsprechend zu benutzen, bis die für einen bestimmten Zeitabschnitt, z. B. 24 Stunden, erforderliche Wärme entwickelt ist, und darauf das Feuer verlöschen zu lassen. Dies ist die wesentlichste Veranlassung für das Heizen mit aufgespeicherter Wärme. Hat man sich für dieses einmal entschieden, so werden wohl Feuerstelle und Wärmespeicher so viel erweitert, dass das Feuer überhaupt höchstens vom frühen Morgen bis zum späten Abend im Betrieb zu sein braucht.

Innerhalb mässiger Grenzen lässt sich jedoch jede Feuerstelle für verschiedene Brennstoffmengen bei guter Brennstoffausnutzung verwenden. Um diese Grenzen nicht

400.  
Regelung  
bei Wärme-  
aufspeicherung.

401.  
Selbsttätige  
Regelung.

überfchreiten zu müffen, zerlegt man die Feuerftelle, bezw. die mit ihr verbundenen Feuerluftheizungsöfen oder Waffererwärmer, auch Dampfentwickler, in mehrere Teile und benutzt zur Zeit nur fo viel davon, wie dem Wärmebedarf etwa angemefsen ift. Die gebräuchlichfte Zerlegung ift diejenige in zwei Teile, im Verhältnis 1 : 2, fo dafs die einzelnen Feuerftellen  $\frac{1}{3}$ , bezw.  $\frac{2}{3}$  und beide zufammen  $\frac{3}{3}$  des höchften Wärmebedarfes zu liefern im ftande find. Auch wird die Zerlegung im Verhältnis 1 : 2 : 4, welche  $\frac{1}{7}$ ,  $\frac{2}{7}$ ,  $\frac{3}{7}$ ,  $\frac{4}{7}$ ,  $\frac{5}{7}$ ,  $\frac{6}{7}$  und  $\frac{7}{7}$  zu benutzen gefattet, angewendet. Bei Anlagen, welche aus anderen Gründen eine gröfsere Zahl Feuerftellen verlangen, werden diefe unter fich gleich gemacht.

Neuerdings find nun zahlreiche Einrichtungen erdacht, welche eine felbfttätige Regelung des Feuers auf Grund der oben angegebenen Umftände: Temperatur der Heizkammer, des Heizwaffers oder der Dampfspannung, ermöglichen. Die Regelung wird bisher ausfchließlich durch Befchränken des Luftzutrittes bewirkt, bedingt alfo schwer vergafenden Brennstoff (Koke) und rafche Abfuhr der Wärme, weil anderenfalls zeitweife unvollständige Verbrennung (Kohlenoxydgasbildung) in erheblichem Grade eintreten würde. Hierüber ift das Nötige in Art. 338 (S. 303 ff.) gefagt.

#### b) Erkennen der Zuftände.

Soweit die Regelung im geheizten (oder gekühlten) Zimmer stattfindet, bedient man fich zur Beobachtung der Temperaturen der gewöhnlichen Thermometer. Der Feuchtigkeitszuftand kann — es ift dies wenig gebräuchlich — unter Benutzung eines der in Art. 180 (S. 148 u. 149) beschriebenen Feuchtigkeitsmesser erkannt werden. Den Luftwechfel beobachtet man, fowohl wenn die Regelung im zu lüftenden Zimmer als auch wenn er aufserhalb des letzteren stattfindet, durch ftatische Luftgefchwindigkeitsmesser (fiche Art. 248 u. 251, S. 206 u. 208) oder auch gar nicht.

Soll die Temperatur an einem aufserhalb des zu heizenden (oder zu kühlenden) Raumes gelegenen Orte geregelt werden, fo find Fernthermometer anzuwenden.

Man bringt z. B., wenn die Bedienung vom Vorraume aus stattfindet — vielleicht an der Tür — ein Queckfilberthermometer fo an, dafs es von der Zimmerluft frei befpült und von aufsen beobachtet werden kann, ohne dafs der draufsen ftehende Wärter in das Zimmer zu blicken vermag. Liegt aber die Bedienungsftelle entfernter, fo verurfacht die Beobachtung derartiger Thermometer zu viel Zeitaufwand.

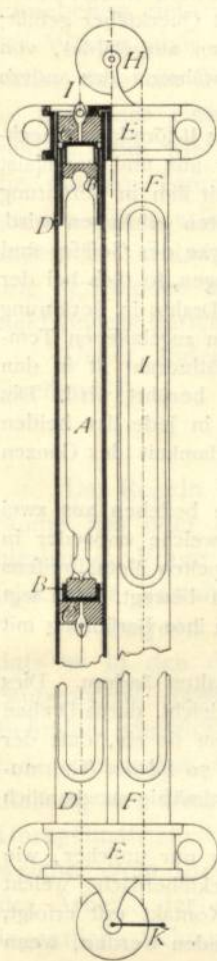
Recht zweckmäfsig ift für die vorliegende Aufgabe die durch Fig. 378 wiedergegebene Thermometeranordnung.

*A* bezeichnet ein gewöhnliches Queckfilberthermometer, welches, unter Vermittelung zweier Korkftücke, in der Faffung *B* ruht. Die Faffung hängt an einer Kette *I*, die über eine obere Rolle *H* gelegt ift, an der rechten Seite der Abbildung ein das Gewicht des gefafsten Thermometers ausgleichendes Gegengewicht trägt, um eine untere Rolle mit Handkurbel *K* fich legt und fchließlich am unteren Ende der Thermometerfassung *B* befestigt ift. Die Kette, das Thermometer und das Gegengewicht befinden fich in zwei schmiedeeisernen Rohren *F*, welche durch die Köpfe *E* untereinander und mit der Wand des Gebäudes verbunden find; fie find oben und unten durchbrochen, teils um das Thermometer oben und unten beobachten zu können, teils um ein besseres Ausfehen zu gewähren. Mit Hilfe der unteren Rolle *K* vermag nun der Heizer das regelmäfsig im Zimmer befindliche Thermometer bequem und rafch nach unten zu bewegen,

402.  
Mittel  
zur  
Erkennung.

403.  
Bewegliche  
Thermometer.

Fig. 378.



Thermometer.

1/5 w. Gr.

um die oben herrschende Temperatur abzulesen. Teils um das Thermometer vor gefährlichen Erschütterungen zu schützen, teils um Geräusch zu vermeiden, teils um zu verhüten, daß die Gerüche des Raumes, in welchem der Wärter beobachtet, nach oben gelangen, sind Gummipuffer *C* sowohl an der Thermometerfassung, als auch am Gegengewicht angebracht. Die schmiedeeisernen Rohre *F* sind nur 25 mm weit und können daher ohne Schwierigkeit untergebracht werden; in der Regel gelingt es auch, das Ganze so aufzustellen, daß sowohl fein oberes Ende an geeigneter Stelle des betreffenden Zimmers, als auch das untere Ende sich an einem vom Wärter bequem zu erreichenden Orte befinden.

Man wirft dieser Anordnung vor, daß die beobachtete Temperatur eine andere sei als die wirklich vorhandene. Wenn dies auch zugegeben werden muß, so ist doch dagegen zu bemerken, daß der Unterschied sehr gering ist, sonach unbedenklich vernachlässigt werden kann.

*Fischer & Stiehl* haben ein Patent<sup>298)</sup> genommen, welches die Beobachtung des im Zimmer hängenden Thermometers seitens eines in einem tieferliegenden Geschoss befindlichen Wärters unter Vermittelung zweier im Luftleitungs kanal oder einem besonderen Schacht angebrachten Spiegel zum Gegenstande hat. Neben dem Thermometer haben die Patentinhaber ein *Auguff'sches* Psychrometer angebracht, so daß gleichzeitig der Feuchtigkeitsgehalt beobachtet und hiernach seitens des Wärters geregelt werden kann. Bedenken gegen die Benutzung des *Auguff'schen* Psychrometers seitens ungeübter Personen habe ich schon in Art. 180 (S. 148) genannt; man würde jedoch ein anderes Hygroskop anbringen können, ohne an der grundsätzlichen Anordnung zu ändern. Gegen diese ist das Bedenken geltend zu machen, daß die Spiegel verstauben werden und alsdann ein undeutliches Bild liefern, daß ferner die Beobachtung nur dann möglich ist, solange eine gute Beleuchtung des betreffenden Zimmers stattfindet.

Vielversprechend ist das Fernthermometer, welches den Temperaturwechsel durch Aenderung des Druckes eingeschlossener Luft oder eines anderen Gases anzeigt. In dem Raume, dessen Temperatur man beobachten will, wird ein Gefäß, vielleicht eine entsprechend verzierte Hohlkugel, angebracht, welche mittels einer engen Rohrleitung mit einem am Beobachtungsorte befindlichen Druckmesser in Verbindung steht<sup>299)</sup>.

Endlich ist der galvanische Strom als Uebermittler der Temperaturanzeigen zu nennen. Zu diesem Ende befindet sich in dem betreffenden Zimmer ein Thermometer, welches einen Strom schließt, sobald die Temperatur ein gewisses Maß überschritten hat, und einen anderen Strom schließt, sobald die zulässig niedrigste Temperatur unterschritten wird. Jede Leitung steht mit je einer Drahtspule in Verbindung, welche auf die beiden Enden eines doppelarmigen Hebels wirken, so daß nach dem Schließen des einen Stromes (zu warm) der Hebel an dem einen, nach dem Schließen des anderen Stromes (zu kalt) er am anderen Ende sich senkt.

404.  
Anwendung  
von  
Spiegeln.

405.  
Aenderung  
des  
Luftdruckes  
u. f. w.

406.  
Benutzung  
des  
galvanischen  
Stromes.

298) D. R.-P. Nr. 8118.

299) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 718.

Zu diesem Zwecke sind mehrere Thermometerarten im Gebrauch.

Die eine benutzt die Ausdehnung des Weingeistes; sie wird vom Eisenwerk Kaiserslautern vertrieben. Ein U-förmig gebogenes Glasrohr ist in seinem unteren Ende mit Quecksilber gefüllt; die beiden lotrechten Schenkel sind an feinen Enden zu länglichen Gefäßen ausgebildet, von denen das eine oben dicht geschlossene mit Weingeist vollständig gefüllt ist, während das andere weniger Weingeist enthält.

Bei entsprechend niedriger Temperatur befinden sich die Endflächen des U-förmigen Quecksilberfadens in gleicher Höhe; wachsende Temperatur dehnt den Weingeist aus und veranlaßt hierdurch den im ganz gefüllten Gefäß eingeschlossenen Weingeist auf die mit ihm in Berührung stehende Fläche zu drücken, wodurch diese auf ein gewisses Maß nach unten geschoben wird, während das Ende des anderen Schenkels steigt. In die oberen Abschlußstücke der Gefäße sind Platindrähte geschmolzen, deren Enden bis zu einer bestimmten Tiefe herabragen, so daß bei der als niedrigst bezeichneten Temperatur der Quecksilberpiegel mit demjenigen Drahte in Berührung tritt, welcher im ganz gefüllten Gefäß sich befindet, während bei der höchsten zugelassenen Temperatur der andere Draht das andere Quecksilber berührt. Ein dritter Platindraht ist in den unteren Teil des Rohres so eingeschmolzen, daß er immer vom Quecksilber berührt wird. Die beiden oberen Drähte stehen nun mit dem unteren in Verbindung; auch ist in jede der beiden so entstehenden Leitungen eine galvanische Batterie eingeschaltet. Die Wirksamkeit des Ganzen ist sonach leicht zu übersehen.

Statt dieses Thermometers werden Metallthermometer verwendet. Sie bestehen aus zwei aufeinander gelöteten Metallstreifen, die sich verschieden ausdehnen und welche entweder in Spiralgestalt oder einfacher U-förmig gebogen sind. Das eine Ende des doppelten Metallstreifens wird befestigt, so daß das andere Ende infolge des Temperaturwechsels sich bewegt. Man legt es zwischen die Spitzen zweier Schrauben, welche so eingestellt werden, daß ihre Berührung mit dem Metallstreifen bei der niedrigsten und höchsten Temperatur eintritt.

Man wirft den Metallthermometern vor, daß sie sich in ihrem Verhalten ändern. Dies muß zugegeben werden; jedoch ist dagegen geltend zu machen, daß sie sehr leicht, durch Drehen der Kontaktschraubchen, geregelt werden können. Man wendet ferner gegen sie ein, daß der Kontakt nicht immer eintrete. In der Hannoverischen Hochschule sind gegen 70 solcher Thermometer (von Pfaff dafelbst) im Gebrauche; nachdem die Kontaktflächen regelmäßig wöchentlich abgestäubt werden, versagen die Thermometer nicht mehr.

Dagegen gelingt der Kontakt beim vorgenannten Weingeistthermometer nur unsicher, wie ich durch vielfache Versuche mit einem solchen gefunden habe; die Quecksilberfläche weicht zuweilen, eine Höhlung bildend, von der Platinspitze zurück, so daß der Kontakt erst erfolgt, nachdem die Temperaturgrenzen längst überschritten sind. Dies kann vermieden werden, wenn man den Strom für jede Beobachtung einschaltet.

Oben wurde erwähnt, daß in jede der beiden Leitungen jedes Thermometers eine galvanische Batterie einzuschalten sei. Man braucht jedoch nicht doppelt so viele Batterien als Thermometer; vielmehr können fäktliche galvanische Uebermittler der Temperaturanzeige eines ziemlich großen Haufes sehr wohl durch zwei kleine Batterien gespeist werden. Die einzelnen Galvanometer sind nämlich in der Regel ausgeschaltet; sobald der Wärter erfahren will, ob die Temperatur in einem bestimmten Raume zwischen den festgestellten Grenzen sich befindet, so schaltet er das betreffende Galvanometer durch einen der bekannten Stromeinschalter ein, benutzt also für dieses allein die vorhandene Stromstärke.

Seitens einiger Fachleute wird dieses Verfahren nicht beliebt, vielmehr durch entsprechend starke Batterien die Möglichkeit gegeben, daß nicht allein jedes Galvanometer fortwährend mit der Batterie in Verbindung steht, sondern auch eine Lärmglocke sich hören läßt, sobald irgendwo die vorgeschriebenen Temperaturgrenzen überschritten werden. Abgesehen davon, daß hierdurch die Anlage- und Unterhaltungskosten wesentlich vermehrt werden, ist noch gegen dieses Verfahren einzuwenden, daß der Wärter notwendig verwirrt werden muß, sobald gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Haufes Lärmglocken ertönen. Man verwendet auch farbige elektrische Glühlampen, welche leuchten, sobald die eine oder andere Temperaturgrenze erreicht oder überschritten ist.

Gewöhnliche Thermometer, denen Platindrähte in verschiedener Höhe eingeschmolzen sind, erstatten den Bericht über ebensoviele Temperaturen<sup>300)</sup>.

300) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, S. 700.

Das Beobachten der Temperaturen unter Vermittelung der soeben kurz beschriebenen elektrischen Leitungen ist nicht von dem Uebelstande freizumachen, daß der Wärter über die tatsächlich herrschenden Temperaturen im unklaren ist. Er weiß, daß die Temperaturen zwischen den vorgeschriebenen Grenzen liegen oder sie nach der einen oder anderen Seite überschritten haben; es ist ihm jedoch unbekannt, um wie viel der betreffende Raum zu warm oder zu kalt ist, oder ob er die mittlere Temperatur besitzt, oder im Begriffe steht, zu warm oder zu kalt zu werden. Dies erschwert die nach den erhaltenen Berichten vorzunehmende Regelung ungemein. Solange es möglich ist, das zuerst genannte wandernde Thermometer (Fig. 378) oder das Luftthermometer anzuwenden, so lange sollte man von der elektrischen Berichterstattung absehen.

Ueber andere Mittel zum Beobachten der Zustände siehe die unten genannten Quellen<sup>301)</sup>.

### c) Ausführen der Regelung.

Das Regeln kann vom zu heizenden oder zu kühlenden Raume aus, vom Vorraume aus oder aus größerer Entfernung stattfinden. Im folgenden mögen die hierbei in Frage kommenden Umstände und die Vorteile und Nachteile der verschiedenen Verfahren kurz erörtert werden.

407.  
Regelung  
im  
zu heizenden  
Raume.

1) Regeln im zu heizenden Raume selbst. Hierzu erwähne ich zunächst, daß es in den Augen vieler Menschen als ein großer Vorteil des gewöhnlichen Stubenofens angesehen wird, daß man ihn nach Laune oder nach persönlichem Befinden, vielleicht auch nach Gewohnheit, beliebig anzustrengen vermag, entweder, indem man dem Dienstuenden für den Zweck Anweisungen gibt oder sich der Bedienung des Ofens selbst unterzieht. Die schweren Nachteile des Stubenofens, die Unregelmäßigkeit der Temperatur, der ungenügende Luftwechsel, der Schmutz, welcher vom Brennstoff, von der Asche und vom Ruß herrührt, die Störungen in der Arbeit, der Aerger über nicht nach Befehl ausgeführte Bedienung, ja der gelegentliche Schnupfen verschwinden gegen das Hochgefühl, auch über den Zustand der Temperatur des Zimmers frei verfügen zu können.

Man wird in vielen Fällen diesen Ansichten Rechnung tragen müssen, indem man die Regelung der Wärmeabgabe der besseren Heizungsanlage ebenso in die Hand jeder Person legt, welche im betreffenden Raume Herr ist, d. h. man wird sie häufig im Raume selbst stattfinden lassen müssen. Man legt die betreffenden Heizflächen zu diesem Ende in den zu heizenden Raum selbst — örtliche Heizung —, in Fensternischen, Wandnischen, an die Paneele oder in besondere Heizschränke. Alsdann ist die Regelung auf jedem der vorhin genannten Wege möglich. Der Heizer hat nur dafür zu sorgen, daß die Spannung des Dampfes oder die Temperatur des Wassers innerhalb bestimmter Grenzen bleiben.

Da die selbsttätigen Zugregler (siehe S. 342 bis 345) die letztgenannte Tätigkeit übernehmen, so findet bei örtlichen Heizungen, welche mit selbsttätigen Zugreglern ausgerüstet sind, tatsächlich die gefamte willkürliche Regelung vom zu heizenden Raume aus statt. Dieser Umstand dürfte vorwiegend die ungewöhnlich rasche Einführung der Niederdruck-Dampfheizungen herbeigeführt haben.

<sup>301)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 718 — ferner:

BÖTTGER, P. Der Fernmessinductor. Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 21.

Ein elektrischer Temperatur- und Feuermelder. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 196.

Selbstthätiger Temperatur- und Feuermelder. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 296.

Man vermag aber auch die Heizflächen in Kammern zu legen, welche sich in einem anderen Geschofs befinden. Das Regeln der Wärmeabgabe findet dann meistens statt, indem man die Bewegung der Luft längs der Heizflächen beschränkt, namentlich durch Mischklappen. Das Regeln durch Beschränken des Wasserumlaufes oder des Dampfeintrittes ist in diesem Falle nahezu unmöglich; aber auch die anderen Regelungsverfahren bieten nicht selten Schwierigkeiten, da die Luftklappen, welche in Zimmerhöhe angebracht sind, eine die Temperatur des Raumes regelnde Wirkung, aus leicht zu übersehenden Gründen, nicht sofort hervorbringen, die tieferliegenden Mischklappen und ähnliche Einrichtungen aber zusammengesetzte Kettenzüge u. f. w. verlangen, welche leicht in Unordnung kommen. Meistens ist daher das Aufstellen der Heizflächen im Inneren der Räume zu empfehlen, sobald man das Regeln der Wärmeabgabe hier vornehmen will.

408.  
Regelung  
vom  
Vorraume.

2) Regeln von einem Vorraume aus. Dieses muß dem erstgenannten Verfahren vorgezogen werden, soweit die Bewohner der Räume sich der Arbeit des Regels nicht unterziehen wollen oder können. Unterrichtsräume, Sitzungssäle, Gesellschaftszimmer, Gefängnisse u. f. w. gehören zu denjenigen Räumen, welche sich zum Regeln der Wärme von außen eignen. Die Heizflächen müssen alsdann ihren Ort an derjenigen Wand erhalten, welche den zu heizenden Raum gegen den Vorraum abgrenzt. Im übrigen zerlegt sich das Regeln in dieselben beiden Teile, welche früher genannt wurden: man muß, wenn selbsttätige Zug- oder Verbrennungsregler verschmährt werden, besondere Mannschaften für die Entwicklung der Wärme, oder deren Ueberführung an Wasser, sowie für die Bedienung der etwaigen Kraftquellen der Lüftung haben und — räumlich hiervon getrennt — besondere Wärter für das Regeln der Wärmeabgabe anstellen.

409.  
Regelung  
im Keller-  
geschofs.

Um bei größeren Anlagen die Wartung der Heizung und Lüftung gleichsam in eine Hand zu legen, wählt man das

3) Regeln vom Kellergeschofs aus. Hier befinden sich die Feuerstellen; von hier kann eine und dieselbe Person sowohl die Bedienung des Feuers, das Erwärmen des Wassers oder das Entwickeln des Dampfes und auch das Regeln der Wärmeabgabe, wie dasjenige der Lüftung handhaben oder doch überwachen. Alsdann ist das Aufstellen der Heizflächen in demselben Geschofs selbstverständlich, so daß hier unten die Luft erwärmt wird, welche die Wärme in die oberen Geschosse trägt.

Insbesondere ist das Regeln vom Kellergeschofs aus das empfehlenswerteste für Luftheizungen im allgemeinen und Feuerluftheizungen im besonderen.

410.  
Regelung  
bei größeren  
Anlagen.

Man findet nun bei manchen besonders umfangreichen Anlagen die Einrichtung, daß die Temperaturen, der Luftwechsel, wohl auch der Feuchtigkeitszustand, nach einem Zimmer gemeldet werden, in welchem der leitende Beamte sich aufhält und von wo aus er die erforderlichen Befehle an die entsprechend aufgestellten Diener sendet. Ich halte eine derartige Gliederung des Dienstes, weil zu umständlich, für verfehlt und bin durch den Umstand, daß ich nirgends die betreffende Einrichtung in tatsächlicher Benutzung gesehen habe, in meiner Ansicht bestärkt. Die Wärter sollen unterrichtet genug sein, um auf Grund der eingehenden Zeichen, welche die Zustände des betreffenden Raumes kundgeben, die geeignete Regelung auszuführen. Alsdann ist es allein zweckmäßig, das Erkennen der in Frage kommenden Zustände an dem Orte zu ermöglichen, an welchem das Regeln stattzufinden hat, so daß der Wärter ohne weiteren Aufenthalt nach den eingegangenen Nachrichten



handeln kann. Will man behufs Ueberwachung die fämtlichen Zustände auch im Zimmer des Leiters erkennbar machen, so ist dem nur der Hinweis auf die Kosten entgegenzuhalten.

Man hat vorgeschlagen, die Gesamtregelung der Temperatur, des Luftwechsels, auch der Feuchtigkeit<sup>302)</sup>, selbsttätig zu machen. Bisher ist über Erfolge solcher Verfahren noch wenig zu sagen.

## 15. Kapitel.

### Heizungs- und Lüftungsanlagen.

Jede Heizungs-, sowie jede Lüftungsanlage ist nach dem Grundsätze anzuordnen, daß der Zweck unter Aufwand der geringsten Mittel erreicht werden soll. Das Erreichen dieses Zieles ist jedoch nicht leicht, da verschiedenartige Mittel gleichzeitig zur Verwendung kommen und oft, wenn an dem einen gespart wird, das andere in verschwenderischer Weise herangezogen werden muß.

411.  
Grundsätze.

Die in Frage kommenden Mittel sind:

- 1) die Anlagekosten,
- 2) die Zinsen und Abschreibungen,
- 3) die Kosten der Unterhaltung und der notwendigen Ausbesserung,
- 4) der Brennstoff,
- 5) nach Umständen die Kosten für Eis, Wasser u. f. w.,
- 6) die Bedienung durch Heizer oder Wärter,
- 7) die Leitung und Beaufsichtigung der Bedienung seitens eines besonderen Beamten oder seitens des Hausbesitzers.

Diese einzelnen Mittel sind zwar durchgehends in Geld auszudrücken; es dürfte jedoch schwer sein, ihren Einfluß in eine Gleichung zusammenzufassen, aus der man auf dem gewöhnlichen Wege die Bedingungen gewinnen kann, unter denen die Summe der Kosten am kleinsten ausfällt.

Den Kosten würde das zu Erreichende, welches die Erhaltung und die Förderung der Gesundheit, Arbeitsfähigkeit und die Annehmlichkeit der Menschen umfaßt, gegenüberzusetzen sein, so daß man, vermöchte man auch dieses nicht allein in Geld auszudrücken, sondern auch in eine solche Form zusammenzustellen, die eine rechnerische Behandlung zuläßt, die denkbar zweckmäßigste Anlage durch Rechnung festzustellen wäre.

Es ist wenig Aussicht vorhanden, jemals zu diesem Ziele zu gelangen; immerhin ist es von hohem Werte, wenn beim Entwurf derartiger Anlagen die einzelnen genannten Punkte jederzeit im Auge behalten werden. In den folgenden Einzelbesprechungen wird auf sie hingewiesen werden.

#### a) Lüftungsanlagen.

Es ist die Frage angeregt worden, ob es nicht zweckmäßig sei, die Lüftung von der Heizung zu trennen<sup>303)</sup>; namentlich ist hierfür die größere Sicherheit des Betriebes geltend gemacht. In erster Linie möchte ich die Kostenfrage beleuchten.

412.  
Trennung  
der  
Lüftung von  
der Heizung.

<sup>302)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 235, S. 113.

<sup>303)</sup> Siehe: RIETSCHEL, H. Ueber Schulheizung. Berlin 1880.

Wenn die Temperatur der eintretenden Luft nicht höher als 40 Grad werden soll, so gebraucht man bei  $-20$  Grad Temperatur des Freien und  $+20$  Grad im Inneren des Raumes je 40 Wärmeeinheiten zur Erwärmung der Luft bis zur Zimmertemperatur, so oft 20 Wärmeeinheiten zum Ersatz für die durch die Einschließungsflächen des Zimmers verlorengelassene Wärme benutzt werden. In sehr vielen Fällen erfordert nun die Reinhaltung der Luft keine so große Luftmenge, als nötig ist, um auf dem vorliegenden Wege die durch die Einschließungsflächen verlorengelassene Wärme heranzuschaffen. Man spart daher an Brennstoff, wenn letztere durch Umlaufheizung geliefert wird, während nur so viel frische Luft bis zur Zimmertemperatur erwärmt wird, wie zur Lüftung in Aussicht genommen ist. In diesen Fällen ist daher mit der Trennung der Lüftung von der Heizung eine Ersparnis an Brennstoff verbunden. Die Zahl der Tage, an welchen die freie Luft sehr kalt oder doch so kalt ist, daß eine solche Brennstoffersparnis eintritt, bildet nur einen kleinen Teil der Tage, an welchen überhaupt geheizt wird. Um ein sicheres Urteil über die Höhe der Ersparnis zu haben, muß man daher, auf Grund der Temperaturschätzung der in Frage kommenden Tage für den besonderen Ort, die Gesamtersparnis feststellen und diese den etwaigen Mehrkosten der Anlage und den hieraus erwachsenden Zinsen, Abschreibungssummen und Ausbesserungskosten gegenüberhalten und endlich die oben unter 6 und 7 genannten Kosten berücksichtigen. Die Heizflächengröße ist dieselbe bei Trennung der Lüftung von der Heizung wie bei der Nichttrennung, sofern gleiche Luftmengen nötig sind. Die Einrichtungen für das Regeln werden jedoch vermehrt und sonach die hierher gehörenden Kosten größer, wenn die Lüftung von der Heizung getrennt wird. Was nun endlich die Bedienung betrifft, so ist nicht zu leugnen, daß der Wärter sich leichter ein Urteil über das richtige Einstellen der Klappen, Schieber, Hähne u. s. w. bilden kann, wenn das eine nur dem einen, das andere nur dem anderen Zwecke dient. Jedoch ist die Wärmemenge, welche die frische Luft erfordert, ebenso wechselnd wie die Wärmemenge, welche zur Erhaltung der Temperatur im zu heizenden Raume erforderlich ist. Man wird daher aus der Trennung der Lüftung von der Heizung sehr selten eine Ersparnis an Bedienungskosten zu gewinnen vermögen.

In dem eingangs genannten Falle, daß die zur Reinhaltung der Luft erforderliche Menge an frischer Luft erheblich kleiner ist als diejenige, welche an kältesten Tagen für die reine Lüftungsheizung nötig ist, wird — soviel mir bekannt seit 1894 — oft der folgende Weg eingeschlagen. Man versorgt die Räume mit reiner Lüftungsheizung solange das Wetter mild ist, solange die für den Luftwechsel erforderliche Luftmenge für das Heizen genügt. Neben dieser Lüftungsheizung befindet sich eine besondere örtliche Heizung, die mit in Betrieb genommen wird, sobald infolge großer Kälte die Lüftungsheizung allein nicht mehr genügt.

Alles zusammengefaßt, dürfte die Entscheidung über die vorliegende Frage lauten: sie ist in jedem einzelnen Falle besonders zu erörtern<sup>304)</sup>.

In Kap. 9 u. 10 wurden die verschiedenen Mittel zum Heranbefördern und Fortschaffen der Luft besprochen; sie bestehen in deren Eindrücken — Drucklüftung — und Abfaugen — Sauglüftung. Die richtigste Anordnung der Lüftungsanlagen besteht zweifellos darin, daß man durch das eine Mittel diejenigen Widerstände überwindet, welche in den Einführungsleitungen, und mit dem anderen diejenigen, welche in den Abfuhrkanälen auftreten, so daß die Luftspannung

473.  
Saug-  
und Druck-  
lüftung.

<sup>304)</sup> Vergl.: WEISS. Die Trennung der Ventilation von der Heizung. Gesundh.-Ing. 1881, S. 1.

in den Zimmern gleich derjenigen des Freien ist. Sie wird denn auch häufig verwendet. Kleinere Anlagen verurfachen wegen geringer Kanallänge geringe Widerstände, so daß der Druckunterschied zwischen dem Freien und dem zu lüftenden Raume ein geringer wird, selbst wenn man beide in Frage kommende Widerstandsummen entweder durch Drucklüftung oder durch Sauglüftung allein überwindet. Dies wird umso lieber benutzt, als die doppelte Anlage die Kosten des Baues und Betriebes erheblich vermehrt. Ja selbst bei umfangreicheren Anlagen entscheidet man sich nicht selten aus Sparsamkeitsgründen für reine Drucklüftung (Pulsionsventilation) oder reine Sauglüftung (Aspirationsventilation). Dies ist unter Umständen recht wohl zu rechtfertigen. Beispielsweise finde die Luftzufuhr auf kurzem, wenig Widerstände bietendem Wege statt, während die Sammlungs- oder Ableitungskanäle, also die Abfuhr der Luft nach einem gemeinschaftlichen Orte große Widerstände hervorbringt. Alsdann wird man unbedenklich die Luft an diesem Orte absaugen, d. h. einen solchen Unterdruck erzeugen können, daß der Druck der freien Luft deren Einfuhr veranlaßt. Die reine Drucklüftung ist dagegen am Orte, wenn die Ableitungskanäle kurz sind oder aus anderen Gründen wenig Widerstand bieten. Da letzteres leichter zu erreichen ist als ersteres, indem die Einrichtungen für die Reinigung der Luft erhebliche Widerstände hervorbringen, so ist im allgemeinen die Drucklüftung häufiger zu verwenden als die Sauglüftung. Jene erfordert aber, wenigstens während der wärmeren Jahreszeit, eine Betriebsmaschine und wird aus diesem Grunde häufig durch die Sauglüftung ersetzt, wenn auch die angegebenen Vorbedingungen für diese nicht vorhanden sind. Alsdann müssen selbstredend Unannehmlichkeiten zu Tage treten.

Im Winter ergibt sich das gleichzeitige Saugen und Drücken durch den Auftrieb der Luft von selbst, keineswegs aber im richtigen Verhältnis zueinander, weshalb sorgfältige Regelung erforderlich ist, um zu verhindern, daß die Luft in mehr oder weniger unangenehmer Weise durch die Poren der Wände, Undichtheiten der Fenster und Türen u. s. w. strömt. Diese Regelung ist selten so vollständig durchzuführen, daß jeder Druckunterschied in benachbarten Räumen aufhört. Ein solcher Druckunterschied veranlaßt aber das Ueberströmen der Luft des einen Raumes in den benachbarten.

Man soll daher bei Drucklüftung diejenigen Räume, in welchen besonders viele oder besonders gefährliche Luftverunreinigungen entwickelt werden (Aborte, Bedientenzimmer, Rauchzimmer, gewisse Krankenzimmer u. s. w.), mit verhältnismäßig weniger Luft versorgen, damit in ihnen ein geringerer Druck herrscht als in den benachbarten Räumen; man soll dagegen aus demselben Grunde bei Sauglüftung diese auf die genannten Räume besonders kräftig wirken lassen. Dies wird leider sehr häufig übersehen.

Handelt es sich um den Schutz solcher Räume, in welchen nur gutartige Luft vorkommt, gegen das Eindringen belästigender Luft aus benachbarten Räumen, so liegt die sicherste Lösung der Aufgabe in der Anwendung der Drucklüftung für erstere, der Sauglüftung für letztere.

In diesem Sinne ist es allgemein gebräuchlich geworden, die Aborte durch besondere Saugfornsteine zu lüften, die — da es sich um kleine Luftmengen handelt — mittels Leuchtgas oder auch Erdöl geheizt werden. Man geht in der Verfolgung des vorliegenden Gedankens so weit, daß man das Absaugen nur unter dem Sitzbrett oder am Rande des Beckens stattfinden läßt, um die riechenden Gase an ihrer Quelle zu fassen<sup>305</sup>).

<sup>305</sup>) Siehe: Zeitchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, S. 808.

Soll dagegen das Ueberfrömen der Gase von einem Raume zum anderen überhaupt verhindert werden, so bleibt nur übrig, luftdichte Einschließungsflächen anzuwenden oder die gegeneinander zu schützenden Räume in besondere voneinander getrennte Gebäude zu legen. Neuere Krankenhäuser bieten hierfür bemerkenswerte Beispiele.

Früher machte man der Luftheizung den Vorwurf, Lufttrockenheit in den geheizten Räumen hervorzubringen. Später gelangte die richtige Anschauung zum Durchbruch, daß der Luftwechsel die verhältnismäßige Lufttrockenheit herbeiführe (vergl. Art. 191, S. 159). Die Freunde verhältnismäßig feuchter Luft haben seitdem die künstliche Lüftung bekämpft, übersehen aber, daß die zufällige Lüftung (siehe Art. 208, S. 171) notwendigerweise genau dieselbe Austrocknung veranlaßt wie die künstliche. Bedingt jene eine künstliche Luftanfeuchtung, so ist auch bei der zufälligen Lüftung eine besondere Luftbereuchtung unentbehrlich.

Dieser Umstand veranlaßt mich noch zu folgenden Bemerkungen über die Frage, ob überhaupt die künstliche Luftbefeuchtung sich empfiehlt.

Man ist in der angenehmen Lage, in hohen, weiten Räumen wohnen zu können. Der Beruf zwingt dazu, während der Geschäftszeit in der niedrigen, von zahlreichen Beamten besetzten, durch mehrere Gasflammen erleuchteten Geschäftsstube zuzubringen oder die engen Räume ärmerer Leute zu besuchen, in welchen — hier wie dort infolge geringen Luftwechsels — die Luftfeuchtigkeit durch den massenhaft auftretenden Fensterschweiß bewiesen wird. Die Hausfrau läßt vor der Heimkehr des Herrn dessen Zimmer gut heizen, auch die Fenster einige Zeit öffnen: man tritt in das eigene Zimmer und schlürft mit vollem Behagen die trockene, höchst ungefundne (?) Luft! Aber, da der zufällige Luftwechsel gegenüber den gasförmigen Erzeugnissen des Stoffwechsels der einen Person, angesichts der Größe des Raumes, bedeutend ist, so bleibt auch die Luft verhältnismäßig trocken; trotzdem äußert niemand den Wunsch, sein Zimmer mit einem dumpfen, verhältnismäßig feuchte Luft enthaltenden zu vertauschen.

### b) Heizungsanlagen.

Die Heizungsanlagen unterscheiden sich zunächst in Bezug auf den Ort der Heizflächen; je nachdem diese sich in dem zu heizenden Raume oder außerhalb dieses Raumes befinden, spricht man von örtlicher Heizung und von Luftheizung.

Bei den örtlichen Heizungen ist die Frage zu erörtern, an welcher Stelle des zu heizenden Raumes die Heizflächen, bezw. die Öfen Platz finden sollen. Befindet sich ein Ofen in der Mitte des Raumes, so steigt die von ihm erwärmte Luft auf kürzestem Wege nach oben, breitet sich unter der Decke aus und fließt an den Wänden nieder, und zwar an den kältesten Teilen der Einschließungsflächen am entschiedensten. In der Nähe hoher, einfacher Fenster ist das hierdurch entstehende Gefühl des »Zuges« zuweilen unerträglich, an kalten Wänden mindestens recht unangenehm. Legt man statt dessen die Heizflächen, z. B. Wasserrohre, längs der kalten Wände, so tritt die aufsteigende warme der niederfließenden kalten Luft entgegen und mildert mindestens deren Einfluß. Zweckmäßiger ist es z. B., die an den Fensterflächen nieder sinkende kalte Luft durch die Fensterbänke hindurchfließen und von unten an die in den Fensternischen untergebrachten Heizflächen strömen zu lassen (vergl. Fig. 83, S. 171). Es ist auch vorgeschlagen worden, um das Unangenehme der an den Wänden auftretenden Luftströmungen zu verhüten, am Fusse dieser Wände schlitzzartige Abluftöffnungen anzubringen, welche die kalte Luft aufnehmen. Die Kosten dieser letzteren an sich zweifellos recht guten Anordnung dürften jedoch zu groß ausfallen.

Meistens entscheidet man sich hinsichtlich der Heizflächenlage, wegen bequemeren Unterbringens der Dampf-, Wasser- und Rauchrohre, für die Mittel- oder Scheidewände zum Aufstellen der Oefen. Die Rauchrohre können bündelweise angeordnet werden, enthalten die Entrufsungsöffnungen im Keller an einer und derselben Stelle, verursachen weniger Auswechslungen des Gebälkes und Durchbrechungen des Daches, als wenn sie einzeln liegen, und münden ohne weiteres an höchster Stelle des Daches oder in deren Nähe. Die Dampf- und Wasserrohre können für mehrere Oefen gemeinschaftlich sein, mindestens aber nebeneinander laufen.

Gut ummantelte örtliche Heizungen vermögen auch gröfsere Räume von einem Ofen aus gleichmäfsig zu erwärmen; sobald jedoch der Luftquerschnitt innerhalb des Mantels zu klein ist (vergl. Art. 379, S. 354), so wird die Luft auf eine sehr hohe Temperatur erwärmt, und demzufolge ist die Lufttemperatur in gröfserer Höhe des Zimmers wesentlich höher als in geringerer Höhe. Nicht ummantelte Heizflächen bringen auch in einer und derselben wagrechten Ebene sehr verschiedene Temperaturen hervor; sie sollten deshalb, wenn sie nicht sehr gleichmäfsig verteilt sind, nur in solchen Räumen benutzt werden, in denen blofs wenige Menschen sich aufhalten, die ihren Platz beliebig wählen können. Sie haben aber gegenüber den ummantelten den Vorzug, dafs sie leichter zu reinigen sind und etwaiges Beschmutzen der Heizflächen sofort erkannt wird.

Bei Luftheizungen benutzt man zuweilen eine und dieselbe Heizkammer für mehrere Räume; zuweilen gibt man jedem Raume eine besondere Heizkammer, und recht grofse Räume werden auch wohl mit mehreren Heizkammern versehen. Das erstere Verfahren ist, vorsichtig ausgeführt, unbedenklich, kann aber oft zu recht ärgerlichen Uebelständen führen. Ich erinnere an das in Art. 289 (S. 247) über den Einflufs des Windes auf den Druck der Luft in den Zimmern Gefagte. Werden zwei Zimmer von einer gemeinschaftlichen Heizkammer versorgt, von denen das eine hinter, das andere vor dem Winde liegt, so wird das vor dem Winde liegende Zimmer, bei entsprechend porösen Wänden und undichten Fenstern, weit schwerer erwärmt werden als das hinter dem Winde befindliche. Nur durch gute Klappenanordnung und möglichst unmittelbar von der Heizkammer aufsteigende Kanäle ist man im stande, dem Einflufs des verschiedenen Druckes wirksam zu begegnen. Auch verschieden hoch liegende Zimmer, bezw. Luftausströmungsöffnungen können die regelmäfsige Heizung stören, wie bereits in Art. 256 (S. 217) erörtert wurde. Hier kann man jedoch helfen, indem man die Mündungen der Zuluftkanäle in den Heizkammern verschieden hoch legt, also für das Erdgeschofs an höchster Stelle der Heizkammer anbringt, während für jedes höhere Geschofs eine tiefere Lage, nach anzustellenden Versuchen, gewählt wird. Die höhergelegenen Räume werden alsdann mit geringer erwärmter, die Erdgeschofsräume mit wärmerer Luft geheizt. Die erwähnten Uebelstände treten umso fühlbarer auf, je gröfser der wagrechte Weg ist, welchen man der Luft zumutet. Man zieht daher vor, nur solche Räume von einer gemeinschaftlichen Kammer zu heizen, welche durch lediglich lotrechte Kanäle erreicht werden können.

Am zweckmäfsigsten ist es jedenfalls, jedem Raume eine besondere Heizkammer zu geben. Man vermeidet hierdurch nicht allein die genannten Uebelstände, sondern schützt sich auch gegen Schalleitungen, deren Vermittler die Kanäle und Heizkammern werden können.

416.  
Heizungs-  
arten.

Die Heizungsanlagen werden ferner eingeteilt in Einzelheizungen (Stubenofenheizungen, auch Lokalheizungen genannt) und in Sammelheizungen (Zentralheizungen). Erstere bedürfen für jedes Zimmer einer oder mehrerer Feuerstellen; letztere beforgen von einer Feuerstelle aus die Heizung einer Zahl von Räumen. Durch diese fernere Einteilung entstehen folgende Heizungsarten:

1) Oertliche Heizung.

α) Einzelheizung: durch Stubenöfen, Gasöfen u. f. w.;

β) Sammelheizung: durch Wasser-, Dampf-, Dampfwasseröfen;

2) Luftheizung, mit wenigen Ausnahmen Sammelheizung.

γ) Feuerluftheizung: durch unmittelbar vom Feuer erwärmte Öfen;

δ) Wasserluftheizung;

ε) Dampf- und Wasserluftheizung.

Die Heizungsarten zerlegen sich ferner in:

1) Umlaufheizungen (Zirkulationsheizungen) und

2) Lüftungsheizungen (Ventilationsheizungen), je nachdem, wie wiederholt erwähnt, frische Luft oder Luft des zu heizenden Raumes den Heizflächen zur Erwärmung dargeboten wird.

417.  
Einzel-  
(Lokal-)  
heizung.

Die Einzelheizung mit ihrer großen Zahl von Feuerstellen erfordert viel Arbeit zu ihrer Bedienung, verursacht durch Heranschaffen des Brennstoffes, Fortschaffen der Asche und das Entrufen viel Schmutz, gestattet nur eine geringe Ausnutzung des Brennstoffes und erhöht die Feuergefährlichkeit. Sie ist jedoch ohne viele Ueberlegung anzubringen und zu bedienen, in der Anlage verhältnismäßig billig und verursacht geringe Umänderungskosten, wenn man sich in der Wahl der Ofengröße geirrt hat.

418.  
Sammel-  
heizung.

Die Sammelheizungen werden von einer oder doch von nur wenigen Feuerstellen aus mit Wärme versorgt; sie ermöglichen das Anbringen zweier Roste, so daß die Rostfläche dem Wärmebedarf besser angepaßt werden kann; sie gestatten eine bessere Ausnutzung des Brennstoffes, beanspruchen weniger Bedienung als die Einzelheizungen, und geben keine Veranlassung zur Verschmutzung der zu heizenden Räume. Die Feuergefahr ist mindestens in demselben Verhältnis gemindert, wie die Zahl der Feuerstellen geringer ist. Sofern die Sammelheizungen als örtliche Heizungen ausgeführt werden, haben sie mit der Einzelheizung die Beschränkung der Zimmergröße und, wenn die betreffenden Heizflächen nicht ummantelt sind, auch die unangenehme Strahlung gemein.

419.  
Feuer-, Wasser-  
und Dampf-  
Luftheizung.

Die Luftheizungen vermeiden beide Nachteile, indem die Heizkammern in weniger wertvollen Räumen untergebracht werden. Die Feuerluftheizung kann als Sammelheizung nur insofern dienen, als von einer und derselben Heizkammer mehrere Räume erwärmt werden; sie ist in ihrer Verwendung als Sammelheizung schon beschränkt. Die Wasserluftheizungen gestatten die Anordnung einer beliebigen Zahl von Heizkammern für eine Feuerstelle; da jedoch, bei geringer Auftriebshöhe, die Rohrlänge der Wasserheizung beschränkt ist, so eignet sie sich nicht zur Heizung umfangreicher Gebäude von einer Feuerstelle aus. Die Dampfheizung ist weder in der Zahl der zu ihr gehörenden Heizkammern noch in dem Umfange ihrer Ausdehnung beschränkt; sie ist deshalb im Stande, die umfangreichsten Gebäude, Gebäudegruppen, ja ganze Stadtteile von einer Feuerstelle aus mit Wärme zu speisen.

Die Entwicklung des Dampfes für einen Stadtteil oder doch eine Gebäudegruppe<sup>306)</sup> in einem Dampfkesselhause und seine Verteilung ist durch zahlreiche Anlagen diesseits und jenseits des Ozeans dermaßen geklärt, daß man in sicherer Weise vorzugehen vermag. Sie gewährt gegenüber dem Unterbringen der Feuerstellen in den einzelnen Häusern den Vorteil, daß nicht allein Arbeit — für die Bedienung der zahlreichen kleinen Feuer — gespart wird, sondern auch zahlreiche Quellen für Schmutz — innerhalb der Häuser wie auf den Straßen — verstopft werden. Der Dampf ist zur Zeit der geeignetste Wärmeüberträger der sog. Fernheizungen. Vielleicht ist das gleiche Ziel noch vollkommener durch die Gasheizung zu erreichen, über welche indeffen bisher nur sehr wenig Erfahrungen vorliegen<sup>307)</sup>.

Die Anlagekosten der Sammelheizungen sind, wenn beim Entwurf der Gebäude auf sie gebührend Rücksicht genommen und überall auf gleich gute Lüftung gerechnet wird, im allgemeinen keineswegs höher als die Anlagekosten der Einzelheizungen. Die Feuerluftheizungen dürften sogar, wenn alle Umstände gebührend berücksichtigt werden, in vielen Fällen nicht unbedeutend billiger, die Anlagekosten der Heißwasserheizungen denen der Einzelheizungen etwa gleich sein, die Warmwasserheizungen etwas teurer werden. Die Niederdruck-Dampfheizungen erfordern im allgemeinen etwas geringere Anlagekosten als die Warmwasserheizungen, während die Hochdruck-Dampfheizungen, wenn sie einer besonderen Dampfkesselanlage bedürfen, der für sie geforderten Sicherheitsvorrichtungen halber und wegen der Vorrichtungen zum selbsttätigen Ableiten des Wassers oft wesentlich teurer werden als die Einzelheizungen. Allerdings gilt dies nur unter der Voraussetzung, daß die Anlagen mit allem Verständnis ausgeführt werden.

Mir gegenüber lobte ein Hausinspektor eine gröfsere Heizanlage aus dem Grunde, weil 9 Kessel vorhanden waren, aber bisher höchstens 4 Kessel nötig gewesen wären. Ähnliche Fälle habe ich häufig beobachten können und mir hieraus das Urteil gebildet, daß ein großer Teil unserer Heiztechniker nicht rechnet, wozu wohl vielfach die Faustregeln beitragen mögen, welche in den verschiedenen Handbüchern zu finden sind.

Noch ist der seit einigen Jahren in Aufnahme gekommenen Abdampfheizung zu gedenken<sup>308)</sup>. Die Verwendung des von einer Dampfmaschine ausgestoßenen Dampfes für Heizungszwecke, z. B. in Werkstätten oder Trockenanlagen, ist alt. Die zugehörigen Einrichtungen sind so einfach, daß sie einer besonderen Erläuterung nicht bedürfen. Nach Einführen der Niederdruckheizung hat man den Abdampf der Dampfmaschinen, welche die Bläser oder Sauger der Lüftungen, die Pumpen und Aufzüge, die Stromerzeuger für die elektrische Beleuchtung betreiben, gleichfalls zum Speisen geschlossener Heizungen der Gasthöfe, Theater, Schulen, Krankenhäuser u. s. w. in Benutzung genommen, oft mit dem Erfolge, daß weitere Dampfentwickler entbehrlich sind. Diese Heizungen gleichen den Niederdruckheizungen. Nur ist für das Abscheiden des vom Abdampf mitgerissenen Oeles zu sorgen und — durch ein selbsttätiges Ventil — dem Dampf freier Austritt zu gewähren, soweit er nicht verbraucht wird. Genügt der Dampf für den Bedarf der Heizung nicht, so ergänzt man ihn durch frischen Dampf, dessen Spannung durch Druckregler (siehe Art. 335, S. 301) entsprechend vermindert wird. Ueber die Anlagekosten solcher Abdampfheizungen sind allgemeine Angaben nicht zu machen; ihre Betriebskosten sind, da sie keinen Brennstoff gebrauchen, gering.

<sup>306)</sup> Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 276. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 169; 1888, S. 823; 1889, S. 538.

<sup>307)</sup> Siehe: Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspl. 1881, S. 95.

SIEMENS, W. Einige wissenschaftlich-technische Fragen der Gegenwart. 2. Folge. Berlin 1883, S. 36.

<sup>308)</sup> Vergl.: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1899, S. 516.

422.  
Sonstige  
Kosten.

Die Höhe der Zinsen und Abschreibungen fällt und steigt etwa mit den Anlagekosten. Die Kosten der Ausbesserungen und des Ersatzes schadhafte gewordener Teile dürften bei der Feuerluftheizung am geringsten sein, da die der größten Abnutzung unterworfenen Oefen ohne jede Rücksicht auf gutes Aussehen hergestellt werden, während die Zimmeröfen fast immer mehr oder weniger schmückende Außenflächen erhalten. Sie sind bei Warmwasser- oder Niederdruck-Dampfheizungen sehr gering, größer bei Heißwasserheizungen und dürften bei Hochdruck-Dampfheizungen für dieselbe Wärmemenge denjenigen, welche die Einzelheizungen verursachen, gleich sein.

Der größte Brennstoffverbrauch ist zweifellos der Einzelheizung zuzusprechen. Gebraucht eine solche weniger als eine gleichwertige Sammelheizung, so ist dies entweder darauf zurückzuführen, daß erstere gut, letztere schlecht ausgeführt ist und bedient wird, oder es hat als Ursache, daß man bei Einzelheizungen, der größeren Mühe halber, weniger Räume heizt, als zu geschehen pflegt, wenn von einer Feuerstelle aus, ohne nennenswerte Steigerung der Arbeit, sämtliche Räume des Gebäudes erwärmt werden können.

Nächst dieser braucht die Dampfheizung den meisten Brennstoff, wegen des Dampfverlustes der Leitungen. Bei einer von mir eingehend beobachteten großen Dampfheizanlage wurde — wegen viel zu weiter Leitungsrohre — in diesen durchschnittlich ebensoviele Dampf verdichtet als in sämtlichen Heizkörpern. Die Anlage galt trotzdem als Muster!

Der Dampfheizung schließen sich die Heißwasser- und Warmwasserheizung an.

Die Bedienungskosten sind ebenfalls bei Einzelheizungen am größten, sobald eine dienftuende Person die Heizung zu warten hat.

423.  
Zusammen-  
fassung.

Aus alledem geht hervor, daß, vom Standpunkte der Geldfrage aus betrachtet, eine vernünftig angelegte Sammelheizung im Durchschnitt billiger ist als die Einzelheizung, daß man für kleinere Anlagen die Feuerluftheizung, die Niederdruck-Dampfheizung oder die Wasserheizung — letztere beiden entweder als örtliche oder als Luftheizungen —, für Gebäude großen Umfanges aber die Dampfheizung verwenden soll, übrigens in jedem besonderen Falle die näheren Umstände berücksichtigen muß.

Die Frage, ob die Wasser- und Dampfheizung als örtliche oder als Luftheizung auszuführen ist, beantwortet sich auf Grund folgender Erwägungen. Das Unterbringen der Dampf- und Wasserrohre in den Geschossen verursacht wegen der in ihnen auftretenden wechselnden Temperaturen gewisse Unbequemlichkeiten; sie birgt die Gefahr in sich, daß durch Undichtwerden der Rohre, durch Gefrieren während längeren Aufserbetriebsetzens Wände und Decken durchnäßt werden. Die Luftleitung zwischen den einzelnen Räumen und den Heizkammern ist dagegen zuweilen schwer unterzubringen, zuweilen gar unmöglich. Je nach den örtlichen Verhältnissen wird man unter den einander gegenüberstehenden Uebeln das kleinste wählen.

Räume, welche häufig längere Zeit ohne Heizung bleiben, z. B. Kirchen, sind unter Vermittelung von Dampf — wegen Frostgefahr — nur dann zu heizen, wenn man den Dampfentwickler frostoffrei unterbringt und das Rohrwerk so anordnet, daß beim Aufhören des Heizens sämtliches Wasser in den Dampfkeffel oder in ein frostoffrei gelegenes Gefäß fließt. Bei Wasserheizungen begegnet man zuweilen der Frostgefahr dadurch, daß man sie nicht mit reinem Wasser, sondern mit weniger leicht gefrierenden Gemischen füllt. Dahin gehört ein Gemisch von Wasser mit Weingeist,



Lösungen von Chlorcalcium in Wasser (die gefättigte Lösung gefriert erst bei — 40 Grad) oder auch von Chlorcalcium in Glyzerin<sup>309)</sup> (welche erst bei 300 bis 330 Grad fieden und bei den vorkommenden niedrigsten Temperaturen nicht gefrieren soll). Da derartige Flüssigkeiten felten angewendet werden, fo habe ich sie bei den Rechnungen unbeachtet gelassen.

### Literatur

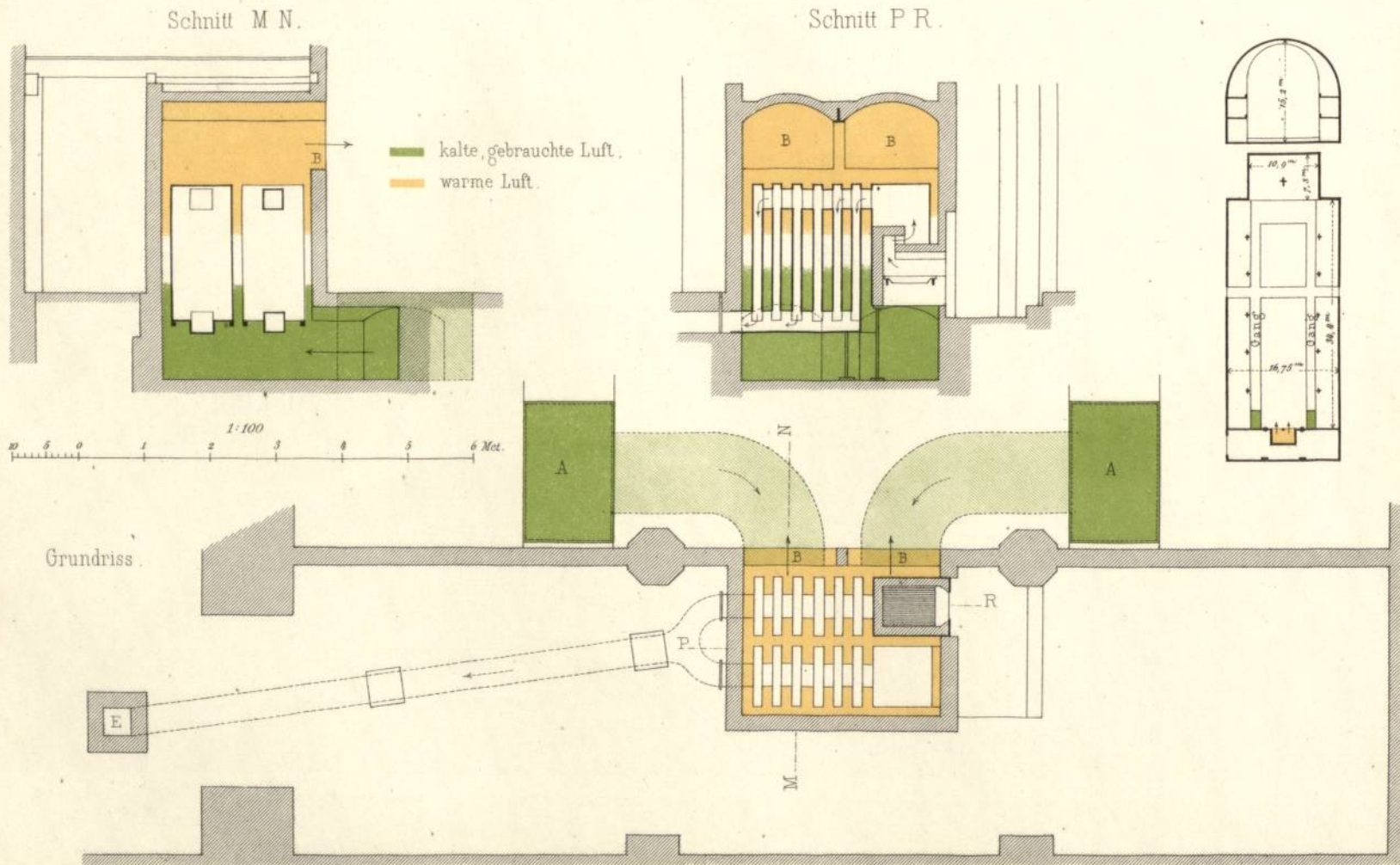
über »Heizungs- und Lüftungsanlagen«.

- Système de chauffage des prisons cellulaires. Revue gén. de l'arch.* 1842, S. 19.  
*Note relative au chauffage des prisons cellulaires. Revue gén. de l'arch.* 1844, S. 192.  
*Ventilation des écoles, sans chauffage. Revue gén. de l'arch.* 1844, S. 443.  
*Chauffage et ventilation des écoles et des asiles. Revue gén. de l'arch.* 1844, S. 440, 442.  
*Chauffage des églises. Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 208.  
*Chauffage des ferres. Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 362.  
 Vergleichung der verschiedenen Heizungen unter einander. ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1856, S. 35.  
*Ventilation of hospitals. Builder, Bd. 14, S. 581, 624.*  
*Ventilation des hôpitaux et des établissements publics. Nouv. annales de la const.* 1859, S. 40.  
*Ventilation des salles d'asile. Revue gén. de l'arch.* 1860, S. 257.  
 Der Civilingenieur auf der Londoner Welt-Ausstellung im Jahre 1862. e: Heiz- und Ventilations-Apparate. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1863, S. 201.  
*Ventilation et aérage des hôpitaux. Revue gén. de l'arch.* 1864, S. 196; 1865, S. 16.  
*Chauffage des asiles d'aliénés. Revue gén. de l'arch.* 1865, S. 114.  
 HERRMANN. Welche Art der Heizung empfiehlt sich für einen großen Saal, der nur fehr wenig benutzt wird? Zeitschr. f. Bauw. 1866, S. 560.  
 RASCH. Heizungs- und Ventilations-Anlagen für große Zimmer, Schulen etc. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 391.  
 MÖDER, K. Die Ventilation landwirthschaftlicher Gebäude. Auf Veranlassung des landwirthschaftlichen Hauptvereins des Neufüädter Kreifes im Großherzogth. Sachfen-Weimar hrsg. Weimar 1867.  
 BLANKENSTEIN. Ueber die zweckmäßsigste Heizmethode für Kirchen. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 283.  
 Ventilation in Tanzräumen. Zeitschr. f. Bauw. 1867, S. 554.  
 Heizung und Ventilation für Tanzsäle. Deutsche Bauz. 1867, S. 143.  
 Ueber den Bau von Schulen, die Ventilation und die Einrichtung von Schulzimmern. ROMBERG's Zeitschr. f. pract. Bauk. 1867, S. 29.  
 Heizung in öffentlichen Gebäuden. Deutsche Bauz. 1868, S. 263.  
 BLANKENSTEIN. Ventilation in Theatern mittels des Kronleuchters. Zeitschr. f. Bauw. 1869, S. 574.  
 Die Anwendungen der verschiedenen Einrichtungen für Heizung und Ventilation. Deutsche Viert. f. öff. Gefundheispfl. 1869, S. 286.  
 BERGAU, R. Die mittelalterlichen Heizvorrichtungen im Ordenshauptaufe Marienburg. Zeitschr. f. Bauw. 1870, S. 105.  
 SCHÄRRATH. Ueber Ventilation mit besonderer Berücksichtigung der Einrichtung in Krankenhäufern. ROMBERG's Zeitschr. f. pract. Bauk. 1870, S. 295.  
*Chauffage de salles d'asile. Revue gén. de l'arch.* 1870—71, S. 235.  
 Erfahrungen über die Heizung von Gefängniszellen. Deutsche Bauz. 1871, S. 96.  
*Ventilation of hospitals for the sick by open fireplaces. Builder, Bd. 29, S. 31.*  
 Heizung und Ventilation von Schulen. Deutsche Bauz. 1867, S. 243; 1868, S. 214; 1871, S. 407; 1872, S. 97.  
 Heizung von Schulgebäuden. HAARMANN's Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 78.  
*Ventilating double fireplace for provisional hospitals. Builder, Bd. 30, S. 367.*

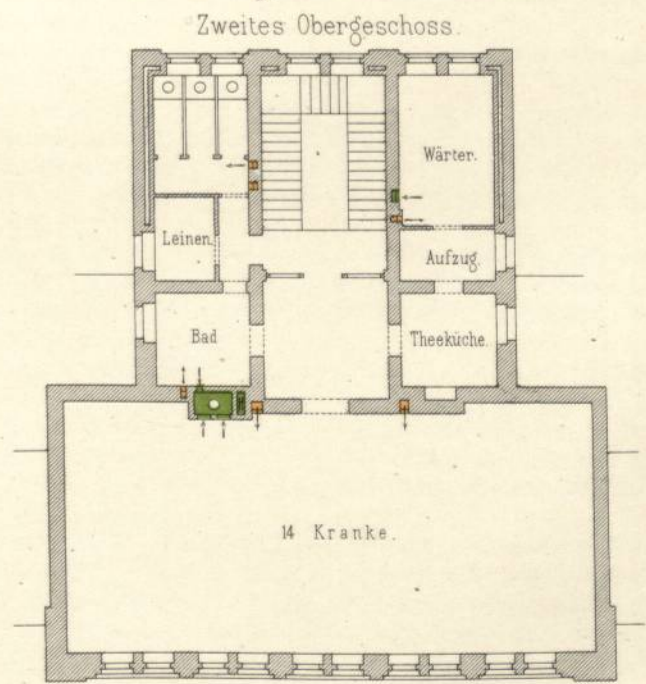
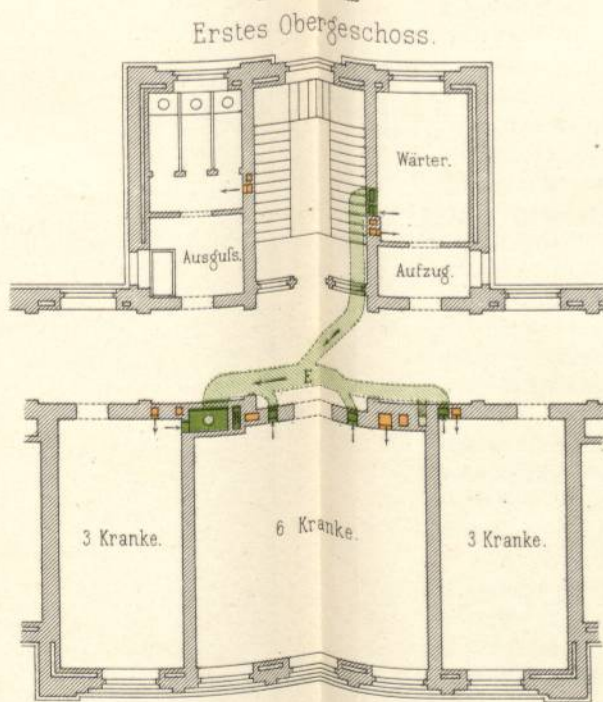
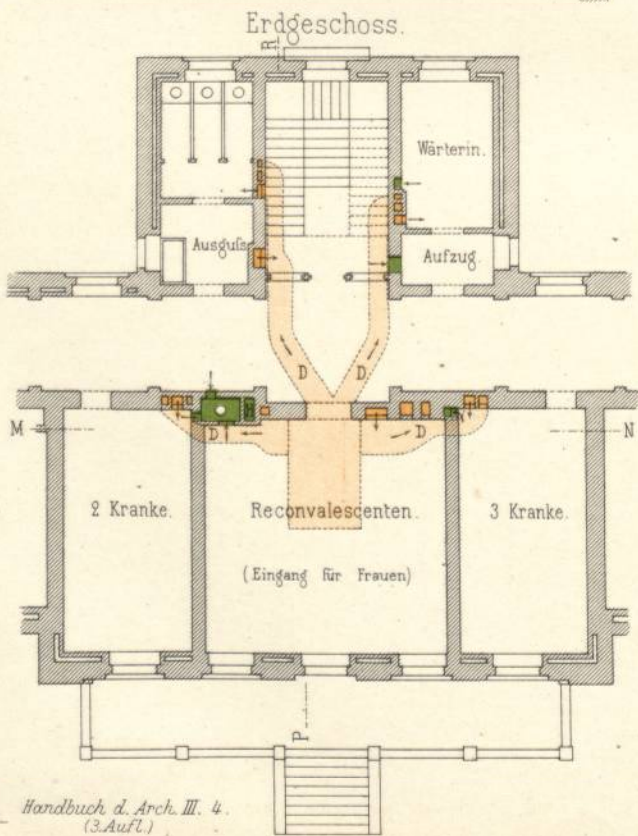
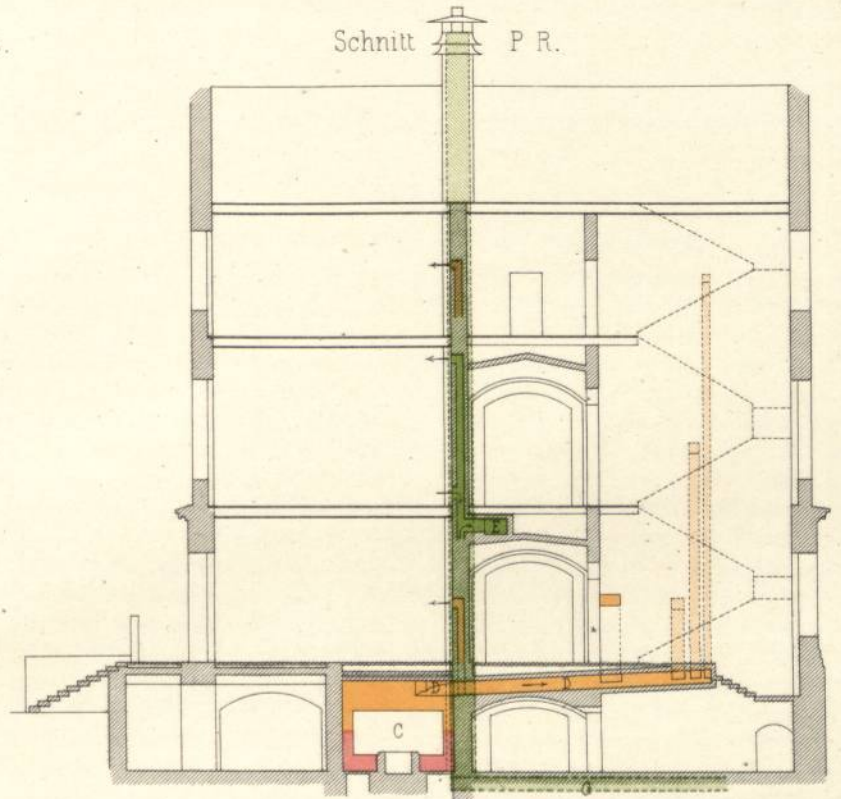
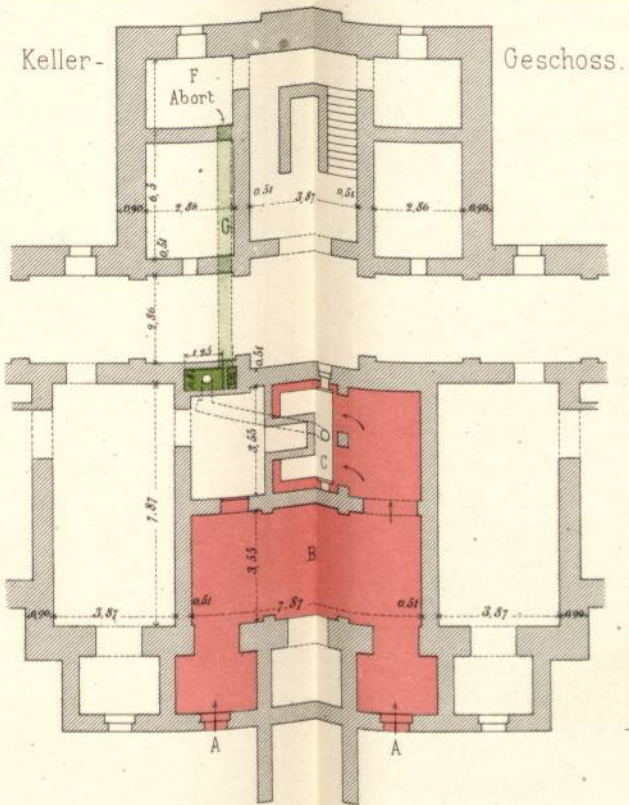
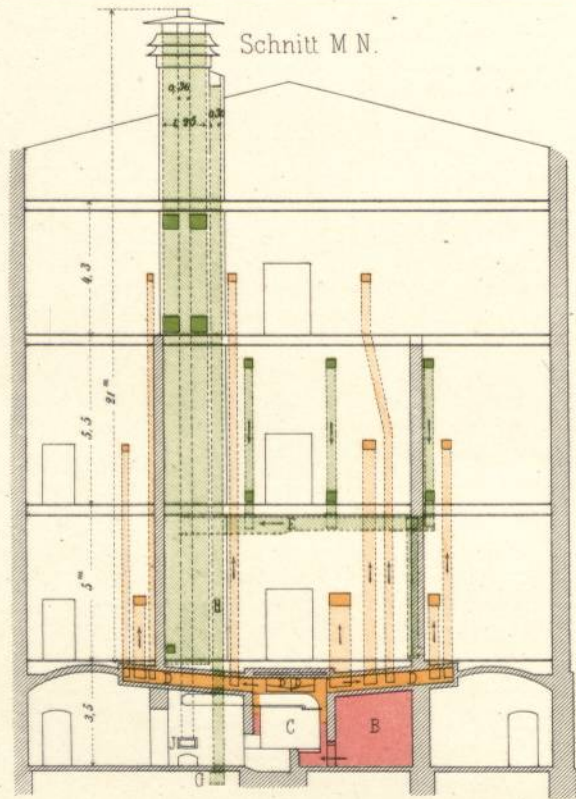
<sup>309)</sup> Siehe: Bayer. Ind.- u. Gewebel. 1875, S. 330.

- Ueber die Wahl von Heizungen. Deutsche Bauz. 1873, S. 135.
- Ventilation des théâtres. Revue gén. de l'arch.* 1872, S. 218; 1873, S. 133.
- HERTER, G. Ueber die Ventilation öffentlicher Gebäude. Viert. f. gerichtl. Med. u. öff. Sanit., Bd. 21, S. 257.
- Du chauffage et de la ventilation dans les hôpitaux. Gaz. des arch. et du bât.* 1874, S. 11.
- De la ventilation des monuments publics. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 114.
- Chauffage des édifices publics. Encyclopédie d'arch.* 1875, S. 38, 81, 111 u. Pl. 293.
- Ventilation of improved industrial dwellings. Building news*, Bd. 28, S. 107.
- WIESNEGG, V. *Notice sur les appareils de chauffage employés dans les laboratoires.* Paris 1876.
- FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume auf der internationalen Ausstellung für Gesundheitspflege und Rettungswesen in Brüssel. *Polyt. Journ.*, Bd. 222, S. 1.
- FISCHER, H. Bericht über die Ausstellung von Heizungs- und Lüftungsanlagen in Caffel. *Polyt. Journ.*, Bd. 225, S. 521; Bd. 226, S. 1, 113, 217.
- Ventilation für Landschulstuben. Deutsche Bauz. 1877, S. 187.
- Ventilation auf der Kaffeler Ausstellung. Deutsche Bauz. 1877, S. 333, 357, 376, 386, 396.
- Ventilation der Krankenhäuser. Rohrleger 1878, S. 37.
- Ventilation der Schulen. Rohrleger 1878, S. 53.
- Ventilation der Theater. Rohrleger 1878, S. 70, 86, 103.
- Ventilation der Kasernen. Rohrleger 1878, S. 119.
- Ventilation der Gefängnisse. Rohrleger 1878, S. 120.
- FISCHER. Ausstellung für Ventilations- und Heizungsanlagen in Kaffel. *Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1878, S. 17.
- Die richtige Wahl der Heizung. *Maschin.-Constr.* 1878, S. 273.
- PAUL, F. Ueber Heizung und Ventilation in Unterrichtsanstalten. *Zeitfchr. d. öff. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1878, S. 135, 151.
- Ventilation of public buildings. Builder*, Bd. 36, S. 359.
- Bericht über die Heizungs- und Ventilations-Anlagen in den städtischen Schulgebäuden in Bezug auf ihre sanitären Einflüsse, erstattet im Auftrage des Magistrats zu Berlin. Berlin 1879.
- Heizung von Gemäldegalerie-Gebäuden. *Zeitfchr. f. Bauw.* 1879, S. 29.
- FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung geschlossener Räume auf der Pariser Weltausstellung. *Polyt. Journ.*, Bd. 231, S. 193, 289, 385.
- PÜRZL, J. Ueber die Ventilation öffentlicher Locale. *Wochfchr. d. öff. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1879, S. 131.
- JOLY, CH. *De la ventilation des salons. Gaz. des arch. et du bât.* 1879, S. 74.
- HENDERSON. *Heating and ventilating of churches and other buildings. Iron*, Bd. 13, S. 233.
- School ventilation. Plumber*, Bd. 2, S. 370.
- EASSIE, W. Ueber Ventilationseinrichtungen. *Sanit. record*, Bd. 10, S. 62, 78, 94, 97, 126, 142, 159, 174, 190, 207, 223, 238, 254, 270, 287, 302, 319, 334, 349, 365, 382, 399, 414; neue Folge, Bd. 1, S. 1, 35, 77, 117, 158, 238.
- Untersuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen in den städtischen Schulgebäuden von Darmstadt. Darmstadt 1880.
- KÄUFFER, P. Streifzüge durch neuere Feuerungs- und Heiz-Anlagen. *Rohrl. u. Gefundh.-Ing.* 1880, S. 158.
- SCHERRER, J. Aphorismen über Heizung und Ventilation der Schulhäuser. Schaffhausen 1881.
- RUPPERT, O. Sachliche Würdigung der in Deutschland erteilten Patente. Klasse 27: Lüftungs-Vorrichtungen. Berlin 1881.
- WEISS. Die Trennung der Ventilation von der Heizung in finanzieller Beziehung. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 1, 30, 57.
- PLOSS. Sammlung von Urtheilen über Heizung und Ventilation in Schulen. *Gefundh.-Ing.* 1881, S. 566.
- Warming and ventilation of hospitals, and heated shafts. Building news*, Bd. 42, S. 709.
- KÄUFFER, P. Beheizung und Ventilation von Schulen. *Gefundh.-Ing.* 1883, S. 313.
- The ventilation of theatres. Builder*, Bd. 46, S. 225.
- RIETSCHEL, H. Lüftung und Heizung von Schulen. Ergebnisse im amtlichen Auftrage ausgeführter Untersuchungen etc. Berlin 1886.
- SEDDON, J. P. *Theatre ventilation. Building news*, Bd. 46, S. 239.

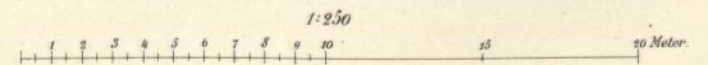
# ST JOHANNES-KIRCHE IN HANNOVER.



# KLINIK ZU BONN.



- frische, kalte Luft,
- warme Luft,
- gebrauchte Luft,





Heizungs- und Ventilations-Anlagen. Prakt. Masch.-Confr. 1892, S. 59, 65.

FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung der Schauspielhäuser. Zeitfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 1499.

GROVE, D. Ausgeführte Heizungs- und Lüftungs-Anlagen etc. Berlin 1896.

Fortschritte auf dem Gebiete centraler Heizungs- und Lüftungsanlagen für Wohnhäuser und öffentliche Gebäude im letzten Jahrzehnt. Deutsche Viert. f. öff. Gefundheitspf. 1902, S. 89.

### c) Beispiele bewährter Heizungs- und Lüftungsanlagen.

1) Feuerluftheizung mit Umlauf der St. Johanniskirche zu Hannover. Diese Heizanlage wurde im Laufe des Jahres 1871 ausgeführt. Die nicht schöne Kirche ist auf der nebenstehenden Tafel (bei S. 394) im Grundriss und Querschnitt skizziert; auch sind dort die wesentlichsten Maße eingeschrieben. In den 1,40 m dicken Seitenwänden befinden sich an jeder Langseite je 6 Stück 1,50 m breite, 5,00 m hohe und 6 Stück 1,50 m breite, 2,00 m hohe einfache Fenster; in der Wand hinter dem Altare sind zwei Fenster vorhanden. Das Gewölbe ist aus Schalbrettern gebildet, welche an der Unterfläche gerohrt und geputzt sind.

Wegen der großen Gesamtlänge der Kirche — 46,67 m im Lichten — konnte der am westlichen Ende, unter der Orgel befindliche Raum von dem den Zwecken des Gottesdienstes gewidmeten Schiff abgetrennt werden, wodurch ein geeigneter Aufstellungsort für die Heizkammer gewonnen wurde. Die Heizanlage wurde nur wenig in den Boden verfenkt, was wünschenswert erschien, da einerseits an den für die Heizanlage möglichen Stellen mit Gebeinen gefüllte Gewölbe sich befanden — selbst die vorliegende Anlage erforderte das teilweise Ausräumen eines Grabgewölbes —, andererseits der Grundwasserstand wegen der tiefen Lage der Kirche der vollständig verfenkten Heizkammer gefährlich geworden wäre. Für die Schornsteinanlage bot sich ein geeigneter Platz in dem an der nordwestlichen Ecke befindlichen, nahezu unbenutzten Flügelbau. Die Höhe des Schornsteines, welcher im First dieses Flügelbaues mündet, ist 16,00 m über dem Fußboden der Kirche; wenn schon hierdurch ein sehr kräftiger Zug gesichert ist, so ist doch durch eine Windkappe die Mündung des Schornsteines gegen die Einflüsse der aus der Nähe des Turmes erwachsenden Luftwirbel geschützt worden.

Von einem künstlichen Luftwechsel der Kirchen kann im allgemeinen abgesehen werden, so daß auch hier lediglich Umlaufheizung in Anwendung gekommen ist.

Am Boden der zwischen den Kirchenfüßen befindlichen Gänge, und zwar bei *AA*, sind mittels durchbrochener Platten Schächte verdeckt, welche die kälteste Luft der Kirche in den unteren Teil der Heizkammer treten lassen. In dieser befinden sich zwei Oefen<sup>310)</sup>, deren Heizfläche je 26,6 qm, deren Rostfläche je 0,4 qm beträgt. Die erwärmte Luft gelangt durch die leicht vergitterten Öffnungen *B* in die Kirche.

Der Rauch der Oefen sammelt sich neben der Heizkammer in einem unter dem Fußboden liegenden Kanal, welcher ihn dem Schornsteine *E* zuführt. Behufs Anlockens des Rauches ist über dem Fußboden im Schornstein eine Tür angebracht; es ist jedoch selten erforderlich, von einem vorherigen Erwärmen des Schornsteines Gebrauch zu machen.

Bei 10 Grad Kälte (während der vorhergehenden Tage schwankte die Temperatur zwischen — 4 und — 10 Grad) wurden durch 6stündiges Heizen + 11 Grad im Schiff, + 12 Grad auf der unteren Empore erzielt; unterhalb der Ausströmungsöffnungen *B* zeigte das Thermometer 12 Grad, während ein auf den Altar gesetztes Thermometer wenig unter 11 Grad zeigte. Außer dem Brennstoff für das Anfeuern wurden 490 kg Steinkohle gebraucht. Die Kosten der Anlage, einschl. aller Maurer- u. f. w. Arbeiten, betragen 3600 Mark.

2) Feuerluftheizung mit Sauglüftung der medizinischen Klinik zu Bonn. Das umfangreiche Gebäude der medizinischen Klinik in Bonn wird durch 9 Feuerluftheizungen erwärmt und durch ebensoviele Lockschornsteine gelüftet; die betreffende Anlage wurde von *J. H. Reinhardt* in Würzburg ausgeführt. Auf der nebenstehenden Tafel ist eine der erwähnten 9 Anlagen, nämlich diejenige für den Mittelbau, in vier Grundrissen und zwei lotrechten Schnitten wiedergegeben. Zwei Kellerfenster *A* lassen die frische Luft in die geräumige Luftkammer *B* gelangen, in welcher sie sowohl ihre Geschwindigkeit, als auch einen Teil des mitgeführten Staubes

424.  
Beispiel  
I.

425.  
Beispiel  
II.

<sup>310)</sup> Siehe: Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1872, S. 37.

verlieren foll. Von hier aus tritt sie, durch zwei am Boden befindliche Oeffnungen, in die Heizkammer, erwärmt sich am Ofen *C* und steigt in die Verteilungskanäle *D* für warme Luft, welche zwischen dem Kellergewölbe und dem Fußboden des Erdgefchoffes untergebracht sind, 16 lotrechte Kanäle führen die erwärmte Luft in die betreffenden Räume, wofelbst sie über Kopfhöhe austritt.

Die gebrauchte Luft kann entweder in der Nähe der Decke oder dicht über dem Fußboden abgefaugt werden; sie foll von den hier in Frage kommenden Zimmern in den gemeinfamen Lockfchornstein gelangen, weshalb ein wagrechter Sammelkanal *E* notwendig wird. Man hat letzteren über die Gewölbe des Ganges im Erdgefchofs gelegt, weil der verfügbare Raum neben den Verteilungskanälen *D* weniger bequem erschien. Ein Teil der gebrauchten Luft des Erdgefchoffes muß daher steigen, bevor sie zum Sammelkanal *E* gelangt, während diejenige der höheren Gefchoffe zu ihm herabfällt; teilweise sind auch Oeffnungen angebracht, welche die Zimmer unmittelbar mit dem Inneren des Lockfchornsteines in Verbindung bringen.

Die Luft der Aborte wird abweichend von derjenigen der übrigen Räume behandelt. Sie wird nämlich durch die Abfallrohre nach unten, in einen befonderen Raum *F* des Kellergefchoffes, geleitet und aus diesem vermöge des unter dem Fußboden des Kellers liegenden Kanals *G* zur befonderen Lockfchornsteinabteilung *H* geleitet.

Im Winter erfolgt das Erwärmen des Schornsteines durch den Rauch des Heizofens, im Sommer und sobald es sonst nötig wird, durch eine befondere Feuerung *I*, welche vom gewöhnlichen Heizerraume aus im Kellergefchofs bedient wird.

Das Regeln der Wärmeabgabe wie auch des Luftwechsels erfolgt in den betreffenden Räumen, indem die Mündungen der Kanäle mit geeigneten Klappen versehen sind.

Bemerkenswert ist die Größe der Luftkammer *B*; sie ist in hohem Maße geeignet, eine ruhige Luft, die für eine angenehme Wirkung der Heizungs- und Lüftungsanlage nötig ist, zu vermitteln. Ich muß jedoch bemerken, daß ich es für zweckmäßiger halten würde, die Luftkammer nicht allein mit einer, sondern auch mit der entgegengesetzten Seite des Hauses in freie Verbindung zu setzen, um die Einwirkung des Windes möglichst anzugleichen. Die steigende Lage der Warmluft-Verteilungskanäle *D* sichert rasches Inbetriebsetzen der Anlage.

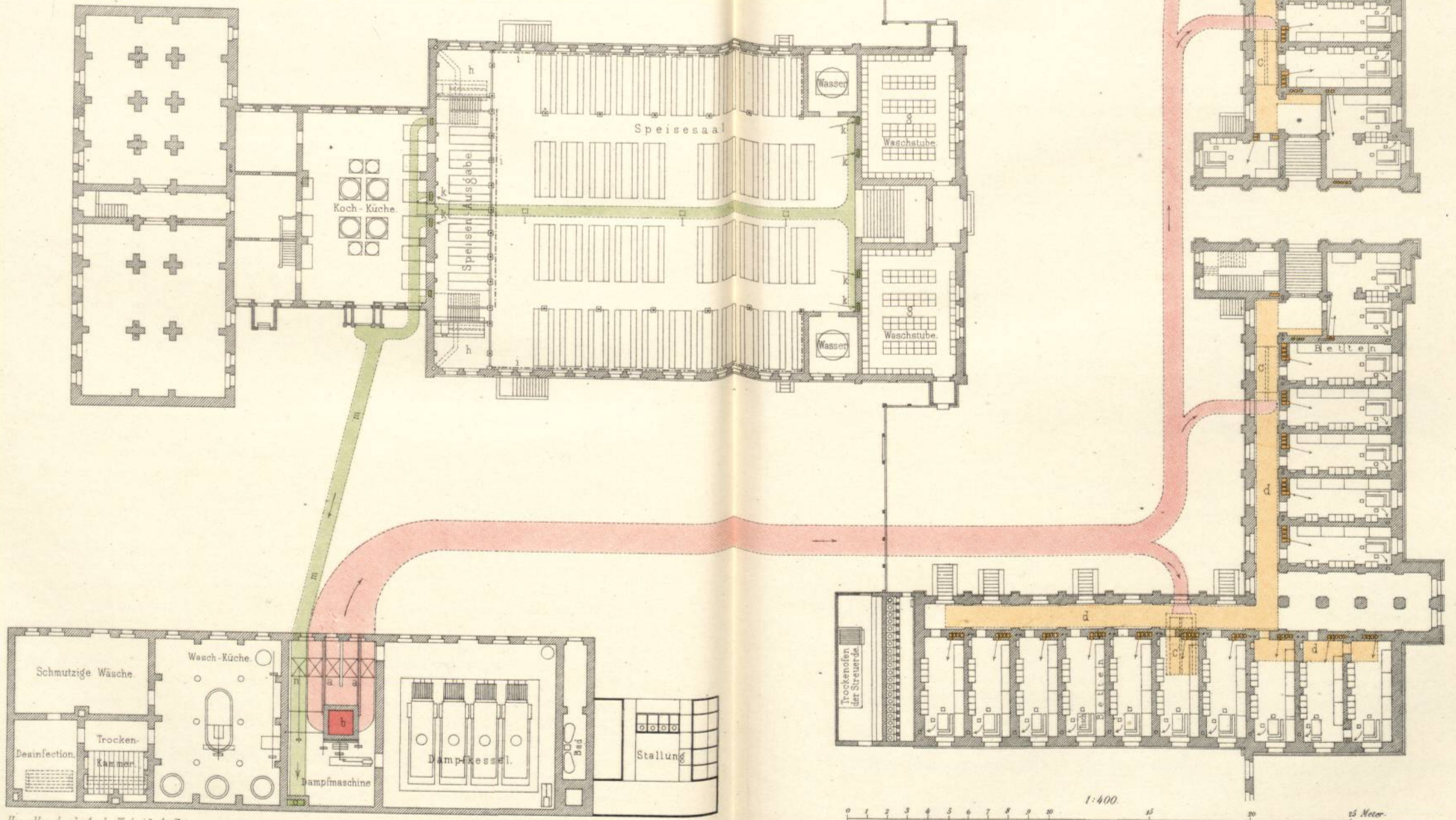
Weniger zweckmäßig finde ich die Lockfchornsteinanlage. Würde man die gebrauchte Luft im Kellergefchofs gesammelt haben, so würde die wirkfame Höhe des Schornsteines ohne Schwierigkeit auf 24<sup>m</sup> gebracht worden sein, während sie bei der vorliegenden Anordnung im Mittel nur 16<sup>m</sup> beträgt. Der untere Teil des Schornsteines, in welchem die Wärmeabgabe der Rauchrohre, wegen der hier herrschenden höheren Rauchttemperatur, am vorteilhaftesten stattfindet, wird nur zur Führung der gebrauchten Luft des Ganges, eines Zimmers für 2 Kranke und des Rekonvaleszentenraumes (vergl. den Grundriß des Erdgefchoffes) benutzt, während der bei weitem größte Teil der gebrauchten Luft des II. Obergefchoffes erst in dessen Höhe in den Schornstein gelangt und hier vorwiegend zur Abkühlung, also zur Verminderung des Auftriebes der im Schornstein vorhandenen Luft dient.

Das Erwärmen der Schornsteinabteilung für die Aborte dürfte nicht immer in genügendem Maße erfolgen, da sie unter Vermittelung einer gemauerten Wand und durch die aus den Zimmern gefaugte Luft erfolgt. Sauglüftungen erfordern aber, wie in Art. 413 (S. 387) bereits erörtert worden ist, für diejenigen Räume, in welchen übelriechende Gase in größerer Menge entwickelt werden, eine besonders kräftige Wirkung, damit unter allen Umständen das Austreten der Gase in benachbarte Räume verhindert wird.

Was nun endlich die Frage anbelängt, ob für den vorliegenden Fall die Feuerluftheizung zweckmäßig ist oder nicht, so bemerke ich, daß durch das Zerlegen der Anlage in 9 Teile verhältnismäßig kurze Kanäle, die wenig Widerstand leisten und wenig Raum beanspruchen, gewonnen sind. Die Anwendung der 9 Heizkammern und 9 Lockfchornsteine ist daher nur zu billigen. Würde man statt der unmittelbar durch Feuer erwärmten Oefen Dampf- oder Heißwasser-Heizkörper benutzt haben, so würde man im stande gewesen sein, sowohl die Zahl der Lockfchornsteine als auch diejenige der Heizkammern zu vermehren, also das liegende Kanalnetz weiter zu vereinfachen; man würde auch für das ganze Gebäude nur eine Feuerstelle nötig gehabt haben, also an Bedienungskosten sparen. Dagegen würden die Anlagekosten erheblich höher geworden sein. Die oben angeregte Frage ist daher nur auf Grund der Kostenanschläge verschiedener Pläne, welche die erforderlichen Zinsen, Abschreibungen und Unterhaltungskosten erkennen lassen, fachgemäß zu beantworten.

# ARBEITER-KOST- UND LOGIRHAUS DES BOCHUMER VEREINS FÜR BERGBAU u. GUSSTAHLFABRIKATION.

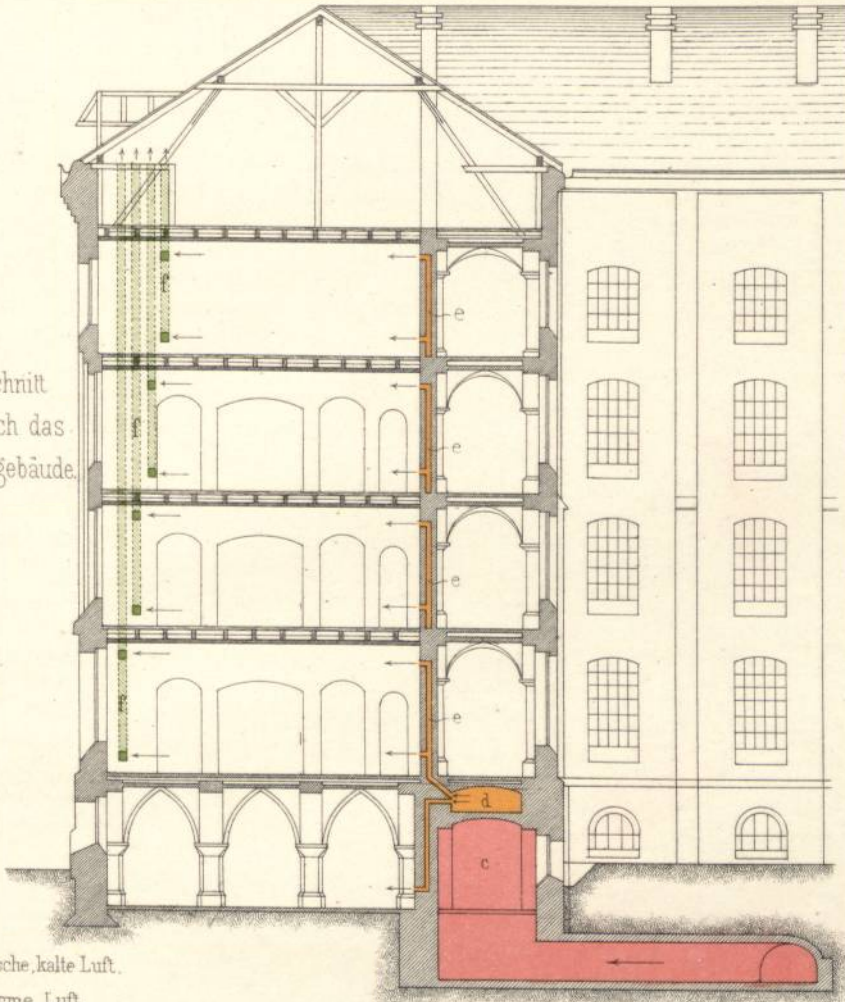
— frische kalte Luft. — warme Luft. — gebrauchte Luft.





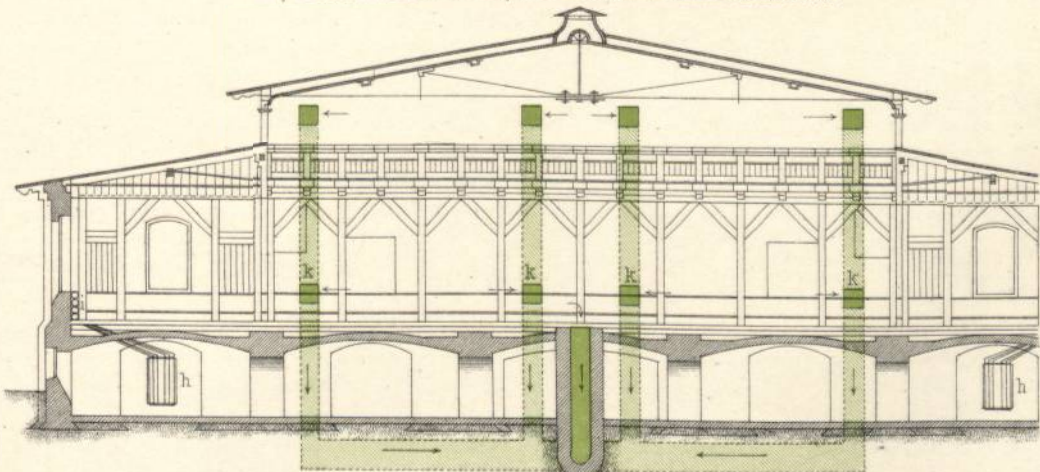
ARBEITER-KOST-UND LOGIRHAUS DES BOCHUMER VEREINS FÜR BERGBAU UND GUSSTAHLFABRIKATION.

Schnitt durch das Hauptgebäude.



- frische, kalte Luft.
- warme Luft.
- gebrauchte Luft.

Schnitt durch den Speise- bzw. Gesellschaftssaal.





3) Feuerluftheizung mit Drucklüftung und Warmwasserheizung mit Sauglüftung im Arbeiter-Kost- und Logierhaus des Bochumer Vereins für Bergbau und Gußstahlfabrikation. In den Jahren 1873–74 wurde, nach Plänen *Spetzler's*<sup>311)</sup>, die auf den nebenstehenden Tafeln dargestellte Anlage ausgeführt. Die Doppeltafel enthält den Grundriß des Erdgeschosses, welcher insofern unvollständig wiedergegeben ist, als der eine Flügelbau, welcher dem anderen gleicht, nur teilweise Platz gefunden hat. Das vordere oder Hauptgebäude enthält in 4 Gefchoffen etwa 150 Stuben mit je 2, 4 oder 6 Betten; jedes der Betten soll doppelt belegt werden, wegen des Wechfels der Tag- und Nachtschicht, so dafs das Gebäude 1500 unverheirateten Arbeitern Unterkunft gewährt. Aufser diesen Logierzimmern befinden sich die Wohnung des Inspektors, die Leinenzimmer u. f. w. in diesem Hauptgebäude. Hinter letzterem ist ein eingefchoffiges Haus errichtet, welches die Wafchräume, den grofsen Speise-, bezw. Unterhaltungsfaal, die Küche und andere Wirtschaftsräumlichkeiten enthält. Die kleinere Tafel zeigt Querschnitte der beiden genannten Gebäude.

Endlich ist ein besonderes Gebäude vorhanden, in welchem sich Badezimmer, Dampfkessel, Maschinenanlage, Wafchküche u. f. w. befinden.

In letzterem Gebäude bewegt eine Dampfmaschine zwei Schraubenbläfer *a*, die durch den über Dach mündenden Schacht *b* frische Luft zugeführt erhalten und solche durch einen unter der Erde liegenden Kanal und seine Zweige in die 4 Heizkammern *c* drücken. Die Heizkammern liegen in der Höhe des Kellergeschosses; sie enthalten je zwei unmittelbar durch das Feuer oder feinen Rauch erwärmte Oefen. Nach entsprechendem Erwärmen der Luft gelangt diese in unter dem Fußboden des Erdgeschosses befindliche Kanäle *d* (vergl. die kleinere Tafel), welche sie den lotrecht zu den Stuben aufsteigenden Kanälen *e* übergeben. Wie aus dem Querschnitt des Hauptgebäudes erkannt werden kann, sind auch lotrecht absteigende Kanäle vorhanden, welche das Kellergeschoss von den Kanälen *d* aus mit frischer, nach Umständen warmer Luft versorgen.

Jede Stube steht nun, vermöge eines der Kanäle *f*, mit dem Dachraume in Verbindung, so dafs aus dem Zimmer die Luft in dem Masse nach dem Dachraume abgeführt wird, als frische Luft einströmt.

Die Einströmungsöffnungen der Luft befinden sich in den Zimmern in zwei verschiedenen Höhen (vergl. die kleinere Tafel); welchen Zweck diese Anordnung verfolgt, vermag ich nicht zu erkennen. Vielleicht ist der Verfasser des Entwurfes noch unsicher gewesen, ob das Einführen der Luft im unteren oder dasjenige im oberen Teile jedes Zimmers vorteilhafter ist, so dafs er vorzog, beide Wege sich offen zu halten. Die Abströmungsöffnungen liegen ebenfalls in zwei verschiedenen Höhen; im Winter ist regelmäfsig die untere frei, während die obere Oeffnung geschlossen ist. Nur bei zufälliger Ueberheizung soll die obere Oeffnung zum Abführen der Luft dienen.

Der Querschnitt der vier zu den Heizkammern führenden Zuluftkanäle ist je 1,10 m im Geviert, also, unter Berücksichtigung der Gewölbe, rund 1,2 qm. Jedem Bett sollen stündlich 30 cbm frische Luft geliefert werden; sonach ist die Luftgeschwindigkeit in den erwähnten Kanälen durch-

$$\text{schnittlich } \frac{30 \cdot 750}{4 \cdot 1,2 \cdot 3600} = 1,30 \text{ m.}$$

Ebenso grofs ist die Luftgeschwindigkeit im Hauptkanal, während im Saugschachte *b*, welcher die Schraubenbläfer *a* speist, weil sein Querschnitt 2,00 m im Geviert misst, bei vollem gleichzeitigen Betriebe der vier Heizkammern eine etwas gröfsere Geschwindigkeit herrscht. Der Querschnitt jedes der lotrechten, zu den Zimmern mit je 4 Betten führenden Kanäle ist etwa 320 qcm, so dafs die Luftgeschwindigkeit darin ungefähr 1 m betragen dürfte.

Die Sommerlüftung erfolgt durch dieselben Mittel, welche der Winterlüftung dienen; jedoch sind in den eisernen Fenster der Stuben je zwei grofse fog. Luftscheiben angebracht, welche nach Belieben benutzt werden können.

Die beiden Wafchstuben *g* werden durch gewöhnliche Oefen erwärmt; sie enthalten je 56 Wafchbecken, denen kaltes und warmes Wasser zugeführt wird.

Der Speise-, bezw. Gefellschaftsfaal, welcher sich an die Wafchstuben anschliesst, enthält 1000 Plätze. Sein Erwärmen erfolgt durch zwei Warmwasserheizungen, deren Heizkessel im Kellergeschoss bei *h* untergebracht sind. Die Rohre *i*, welche die Wärme an die Luft des Saales abzugeben haben, liegen längs der Wände und der Speisenausgabestelle. Im Grundriß sind diese Rohre *i* durch strichpunktierte Linien, im Querschnitt durch Kreise angedeutet. Der in Rede

<sup>311)</sup> Siehe: Correspondenzbl. des niederrhein. Ver. für öffentl. Gesundheitspf. 1878, S. 144.

stehende Saal ist mit einer Sauglüftung versehen. Bei  $k$  befinden sich in den Wänden, bei  $l$  im Fußboden Oeffnungen, welche mit dem Saugkanal  $m$  in Verbindung stehen. An den Wänden mündet jeder Saugkanal zweimal, nämlich in der Nähe des Fußbodens und in der Nähe der Decke; diese Einrichtung wird in bekannter Weise benutzt. Frische Zuluft tritt theils durch die Undichtheiten der Einschließungsflächen ein; theils gelangt sie vermöge geeigneter Oeffnungen zu den Heizungsrohren, um hier erwärmt zu werden, bevor sie in den Saal gelangt.

Der Saugkanal  $m$  dient auch zur Lüftung der Küche. Er enthält im Maschinenraume einen Schraubenbläser  $n$ , welcher die Luft einerseits ansaugt, andererseits durch den lotrechten Schacht  $o$  auswirft.

4) Heißwasser-Luftheizung des Hauses *Kahn* zu Mannheim. Die nebenstehende Tafel enthält zwei Grundrisse und zwei lotrechte Schnitte dieses Gebäudes, dessen Heizanlage durch das Eisenwerk Kaiserslautern ausgeführt worden ist.

Das Erdgeschoss wird durch die Sammelheizung erwärmt, während das andere Geschoss mit Ausnahme dreier Räume mit gewöhnlichen Öfen versehen ist.

Im Kellergeschoss bezeichnet  $A$  den Heizofen, in welchem die nötige Heizrohlänge nach Art von Fig. 334 (S. 339), und zwar in drei Abteilungen, eingelegt ist. Die eine Abteilung steht mit den Heizkammern  $1$  und  $2$  in Verbindung. Das heiße Wasser durchfließt in der Regel zunächst den Heizkörper in  $1$ , hierauf denjenigen in  $2$ , worauf das abgekühlte Wasser in den untersten Teil des Ofens  $A$  zurückkehrt. Vermöge der im Grundriss des Kellergeschosses vor den in Rede stehenden Heizkammern angedeuteten Ventile vermag man jedoch das Wasser, ganz oder teilweise, sowohl an der Heizkammer  $1$  als auch an der folgenden  $2$  vorüberfließen zu lassen, so daß hierdurch die Wärmezufuhr der in Frage stehenden Heizkammern geregelt werden kann. In derselben Weise verfährt die zweite Rohrabteilung die Heizkammern  $4$  und  $3$ . Die Heizkammer  $5$  hat ihre eigene, die dritte Rohrabteilung. Die Ausdehnungsgefäße haben im Abortraume des Erdgeschosses, bei  $E$ , Platz gefunden. Als Heizkörper dienen schmiedeeiserne, im Zickzack gebogene Rohre, welche, behufs Vergrößerung der Heizfläche, bezw. Verminderung der Oberflächentemperatur, von geripptem Gußeisen umschlossen sind.

Unter der Treppe des Seitenflügels (bei  $B$ ) und unter der Veranda (bei  $C$ ) mündet der Kanal  $D$ , welcher die frische Luft heranzuführen hat. Da dieser an zwei einander entgegengesetzten Seiten mit dem Freien in Verbindung steht, so werden die Einflüsse des Windes abgeschwächt. Uebrigens dienen zwei Droffelklappen  $E$  und  $F$  zum teilweisen oder vollständigen Ab sperren des Kanals  $D$  von den Mündungen  $B$  und  $C$ .

Vom Hauptkanal  $D$  aus wird die frische Luft unmittelbar oder durch geeignete Zweigkanäle den Heizkammern zugeführt und gelangt, nachdem sie erwärmt ist, durch lotrechte Kanäle auf kürzestem Wege in die betreffenden Räume.

Diejenigen Kanäle  $G$ , welche die gebrauchte Luft abzuführen haben, münden in der Nähe des Fußbodens und in der Nähe der Decke in den betreffenden Räumen und sammeln sich, unter Vermittelung wagrechter Teile, welche in der Decke zwischen Erd- und Obergeschoss liegen (in den Grundriss des Erdgeschosses eingetragen), in einem gemeinschaftlichen, über das Dach führenden Schachte  $H$ . In diesem Schachte befindet sich das eiserne Rauchrohr der Feuerung, so daß ein Erwärmen der abgelaugten Luft stattfindet, also deren Auftrieb vergrößert wird.

Die oberen Abzugsöffnungen der Kanäle  $G$  sollen geöffnet werden, sobald durch irgend einen Umstand eine Ueberheizung eingetreten ist, und auch im Sommer, um die wärmste Luft der Zimmer abzuführen. Da eine besondere Feuerung für den Lockschornstein nicht vorgesehen ist, so dürfte die Sommerlüftung wenig Erfolg haben.

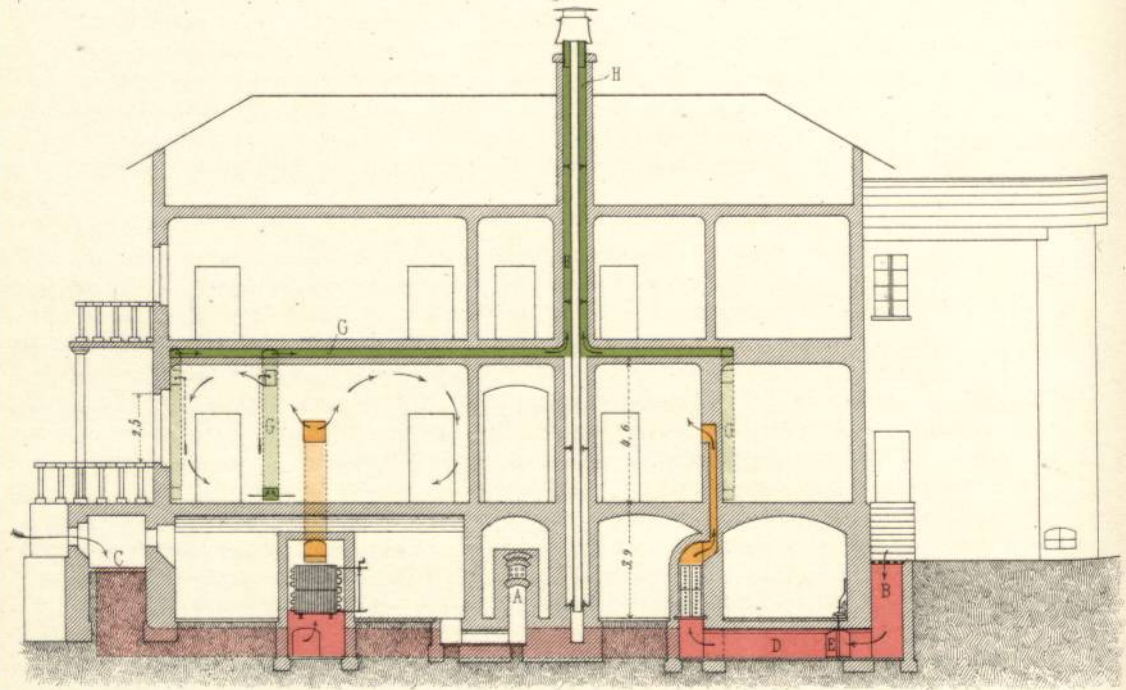
Die befriedigend wirkende Anlage gibt mir zu folgenden Aussetzungen Veranlassung.

Zunächst kann ich nicht billigen, daß der wagrechte Teil der Abfugungskanäle  $G$  über das Erdgeschoss gelegt worden ist. Er würde zwischen Kellergewölbe und Erdgeschoss-Fußboden bequemer Platz gefunden haben, und durch letztere Anordnung würde die Auftriebshöhe des Lockschornsteines wesentlich vergrößert worden sein.

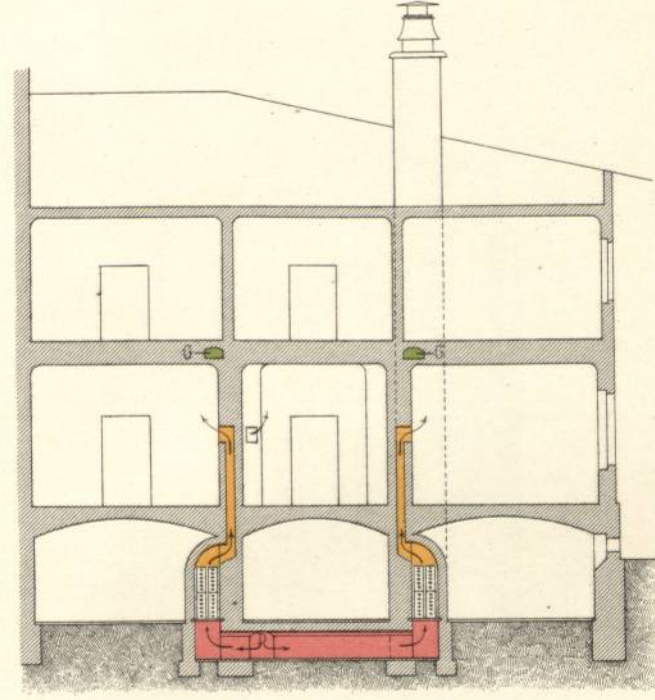
Ferner kann ich die Anordnung der Ventile und Droffelklappen nicht billigen. Sie bedingt, daß dem Heizer sämtliche Kellerräume zugänglich sind, was mindestens recht lästig ist. Man erzieht aus dem Kellergrundriss leicht, daß die Ventile der Heizkammern  $1$ ,  $2$  und  $4$  ohne Schwierigkeit auf den Kellervorplatz gelegt werden konnten. Die Droffelklappen  $E$  und  $F$  vermochte man, nach geringen Aenderungen der Kanäle für frische Luft, ebenfalls vom Vorplatz aus regelbar anzubringen.

# HAUS KAHN IN MANNHEIM.

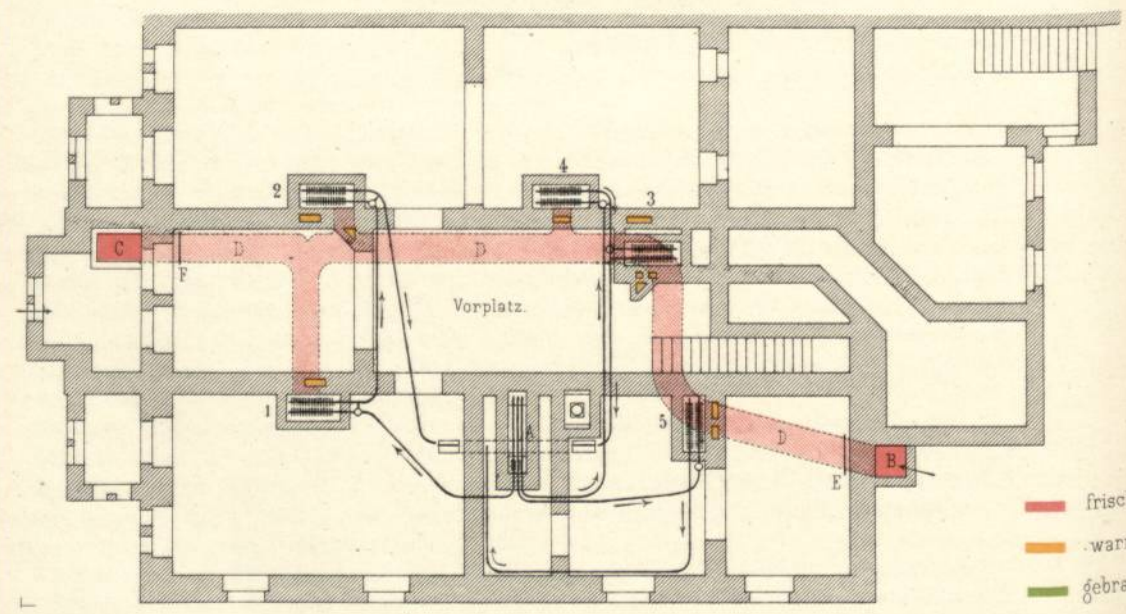
Längenschnitt.



Querschnitt.

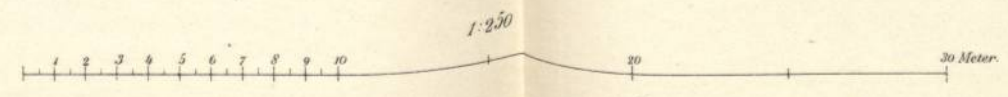
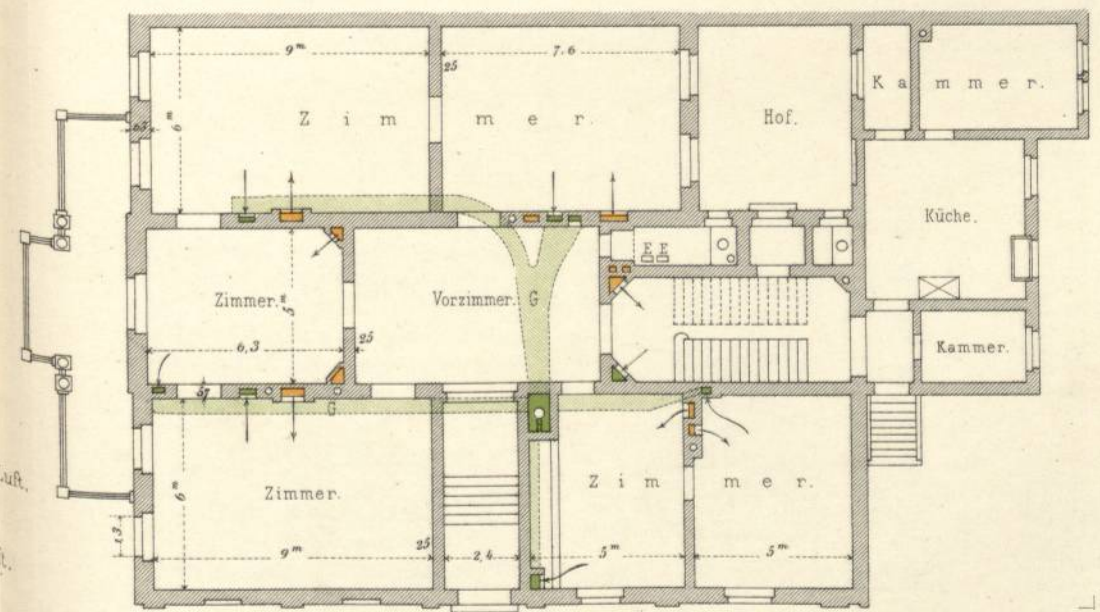


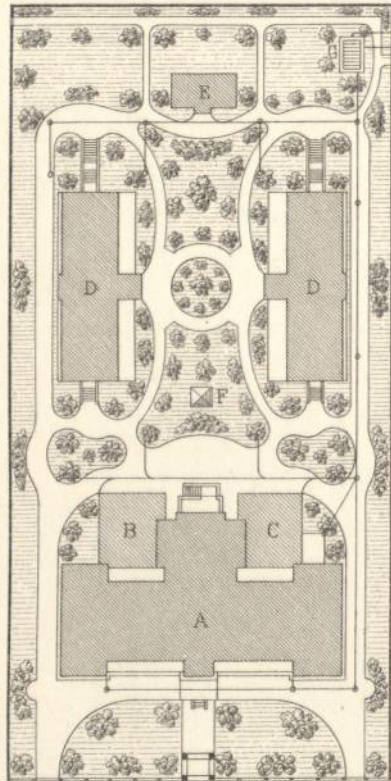
Keller - Geschoss.



— frische kalte Luft.  
— warme Luft.  
— gebrauchte Luft.

Erd - Geschoss.



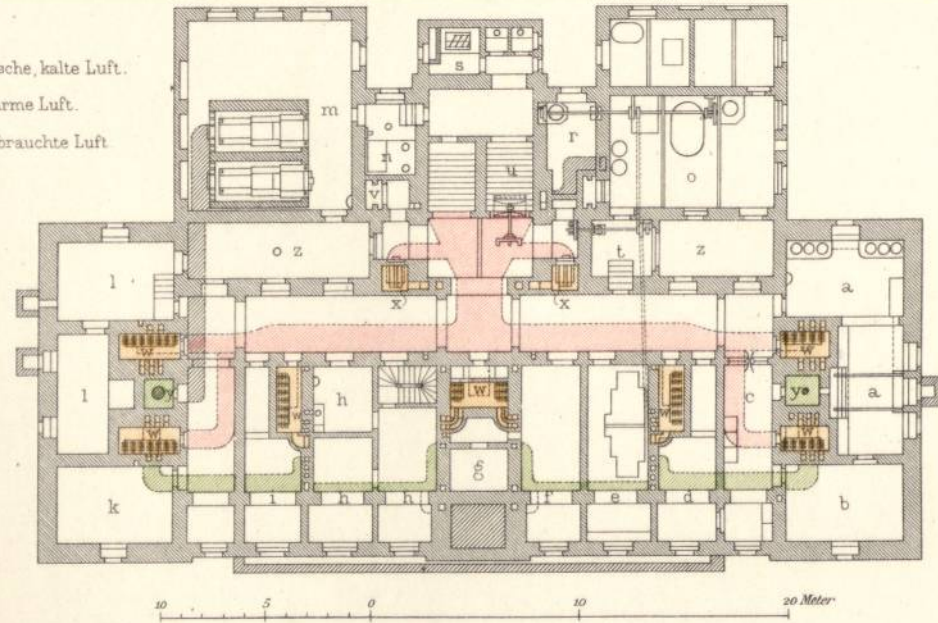


10 5 0 10 20 30 40 Meter

Lageplan.

- |                  |                 |
|------------------|-----------------|
| A. Hauptgebäude. | E. Leichenhaus. |
| C. Waschhaus.    | F. Luftschacht. |
| D. Baracken.     | G. Grube.       |

- frische, kalte Luft.
- warme Luft.
- gebrauchte Luft.



10 5 0 10 20 Meter

Kellergeschoss.

- |                                       |   |   |
|---------------------------------------|---|---|
| a. Küche.                             | m Kesselhaus  | t. Maschinenraum.                                   |
| b. Speisegewölbe.                     | n. Raum f. d. Selbstleerer u. f. d. Dampfmaschine zur Speisung d. Kessel. | u. Bläser.  |
| c. Aufwaschraum.                      | o. Waschhaus  | v. Speiseaufzug und Waschaufzug.                    |
| d. Keller f. trockene Gemüse etc.     | p. Dampftrockenraum   | w. Heizkammern f. d. Krankenzimmer.                 |
| e. Mangel- u. Plattstube.             | q. Desinfektionswascherei   | x. Heizkammern f. d. Treppenhaus u. die Flurgänge.  |
| f. Speisezimmer f. d. Dienstpersonal. | r. Raum zur Desinfektion der Kleidungsstücke                              | y. Lockschornsteine mit den eisernen Schornsteinen. |
| g. Keller f. d. Apotheke.             | s. Raum zur Bereitung der Suvern'schen Desinfektionsmasse.                | z. Hofe.  |
| h. Wohnung des Hausmannes.            |   |   |
| i. Zimmer f. d. Küchenpersonal.       |   |   |
| k. Keller.                            |   |   |
| l. Keller f. Holz u. Kohle.           |   |   |



Das hier angewendete Verfahren, nur mittels frischer Luft zu heizen, ist für Anlagen wie die vorliegende zu empfehlen, wenn der Wärmebedarf nicht zu groß ist. Der etwaige Wärmeverlust dürfte aufgehoben werden durch die weitgehende Einfachheit der Anlage und die Sicherheit, dass im Winter regelmäßig gelüftet wird.

5) Dampfheizung mit Druck- und Sauglüftung der Kinderheilanstalt zu Dresden. Auf einem 56,60 m breiten und 113,20 m langen Grundstück (siehe den Lageplan auf der nebenstehenden Tafel) wurde 1876—77 das aus Kellergeschofs und 3 weiteren Geschossen bestehende Hauptgebäude nebst Kesselhaus und Waschhaus erbaut. Die frische Zuluft wird durch ein Türmchen *F* im Garten geschöpft und mittels eines unterirdischen Kanals in das Gebäude geführt. Sie wird gefiltert und entweder durch einen Bläser *n* (unter der Treppe) oder, unter Umgehen des Bläfers, durch den Auftrieb der erwärmten Luft zu den 9 Heizkammern *w* geführt. Sie wird hier an Dampfheizkörpern erwärmt und gelangt durch lotrechte Schlotte auf kürzestem Wege in die zu verförgenden Räume. Aus diesen entweicht die gebrauchte Abluft entweder nahe über dem Fußboden oder nahe der Decke, um durch lotrechte Schlotte nach unten zu fallen. Die einzelnen Schlotte stehen mit unter dem Kellerfußboden angebrachten Kanalnetzen in Verbindung, von denen je eines einem der beiden Lockschornsteine *y* angeschlossen ist. Der eine, der südliche, dieser Lockschornsteine wird durch den in ihm befindlichen eisernen Schornstein der Dampfkeffelfeuerung, der andere durch den Schornstein der Küche geheizt. Beide Lockschornsteine können, was im Sommer in Frage kommt, durch besondere Feuer erwärmt werden. Die Regelung liegt zum Teile in den Krankenzimmern, zum Teile im Kellergeschofs.

Die Fenster der Krankenzimmer sind so eingerichtet, dass nach Umständen durch sie der Luftwechsel ganz oder teilweise bewirkt wird. Die Luftkanäle sind ohne Putz; ihre Innenflächen sind sorgfältig gemauert und gefügt. Das Reinigen der Kanäle und Schlotte ist durch bequeme Zugänglichkeit erleichtert.

6) Dampfheizung mit Drucklüftung der Allen-Schule zu Akron (Vereinigte Staaten<sup>312)</sup>). Auf der umflehenden Tafel sind das Kellergeschofs, das Erdgeschofs und das Obergeschofs abgebildet. Im Kellergeschofs ist eine sehr einfache Dampfmaschine aufgestellt, welche den Bläser *A* antreibt. Der benutzte Dampf durchströmt den aus engen Rohren zusammengesetzten Heizkörper, welchem nach Bedarf auch frischer, entspannter Dampf zugeführt werden kann. Da die Wärme des Maschinendampfes auf diese Weise zur Heizung verwendet wird, so ist eine sehr einfache, leicht zu bedienende, allerdings auch ziemlich viel Dampf verbrauchende Dampfmaschine zulässig. Die vom Bläser *A* gelieferte Luft kann nun den Heizkörper *B* umgehen, um in das unter der Kellerdecke hängende, aus verzinktem Eisenblech angefertigte, flache Kanalnetz *C* zu gelangen und durch letzteres an die einzelnen, lotrecht nach oben geföhrten Schlotte abgegeben zu werden, oder die Luft kann die Heizrohre bespülen und durch ein Kanalnetz, welches dem mit *C* bezeichneten gleicht und dicht unter *C* hängt, zu den Schloten gelangen. Da wo die beiden übereinander liegenden Kanäle in einen Schlot münden, sind sie mit einer Mischklappe nach Fig. 217 (siehe Art. 306, S. 261) versehen, die von dem betreffenden Unterrichtszimmer aus eingestellt wird. Je nachdem nun mehr Luft aus dem oberen oder aus dem unteren Kanal entnommen wird, strömt die vom Bläser herantriebene Luft dem einen oder anderen in stärkerem Grade zu; der Heizkörper wird sonach von einer gröfseren oder geringeren Luftmenge umgangen. Daher kann die Regelung der Wärmeabgabe dieses Heizkörpers eine rohe sein, durch Ab Sperren von Rohrgruppen erfolgen. Aus den Unterrichtszimmern *U* entweicht die Luft durch nach oben föhrende Schlotte in das Freie. Die Kleiderablagen *K* erhalten mit wenigen Ausnahmen nur warme Luft zugeführt, und die Regelung findet durch in diesen Räumen einstellbare Klappen statt. Den Vorräumen *V* des Erdgeschoffes wird im Winter ebenfalls nur warme Luft zugeführt, und zwar durch im Fußboden liegende Gitter. In den Abluftschloten befinden sich Drosselklappen, welche zur Regelung dienen, im besonderen aber zum völligen Ab Sperren am Abend, da sonst durch die Saugkraft der Schlotte während der Nacht sehr viel kalte Luft gesaugt werden würde.

Es bedarf kaum des Hinweises, dass die Anlage auch im Sommer eine reichliche und sichere Lüftung herbeizuföhren vermag; der Abdampf der Betriebsmaschine entweicht dann einfach in das Freie. Die vorliegende Anlage ist für sehr starken Luftwechsel eingerichtet, wodurch selbstverständlich die Betriebskosten sehr hoch ausfallen.

428.  
Beispiel  
V.

429.  
Beispiel  
VI.

<sup>312)</sup> Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 184.



Das nunmehr folgende Beispiel ist einer weit geringeren Lüftungsmenge angepaßt und gestattet im Sommer nur das Lüften durch Öffnen der Fenster.

430.  
Beispiel  
VII.

7) Dampfheizung, gepaart mit örtlicher Dampfheizung, der Volksschule zu Hannover-Hainholz. In Art. 412 (S. 386) wurde erwähnt, daß wenn die Temperatur der warmen Luft mäsig fein soll, an kalten Tagen in vielen Fällen weit mehr Luft eingeführt werden müsse, als für den Zweck des Lüftens in Aussicht genommen ist. Um die hiermit verbundene Vergeudung zu vermeiden, ist die Anlage der Hainholzer Schule so eingerichtet, daß sie so lange als reine Dampfheizung betrieben wird, als das Wärmebedürfnis durch höchstens 40 Grad Lufttemperatur gedeckt wird. Bei weiterfeigender Kälte wird eine örtliche Dampfheizung zu Hilfe genommen.

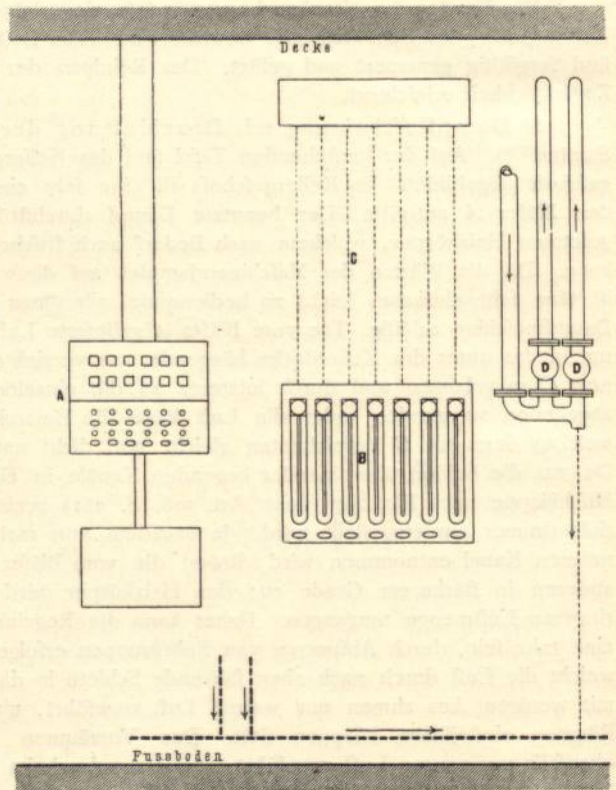
Die nebenstehende Tafel (bei S. 401) enthält die Grundrisse des Keller- und des Erdgeschosses. Zwei weitere Geschosse sind im wesentlichen ebenso beschaffen wie das Erdgeschoss.

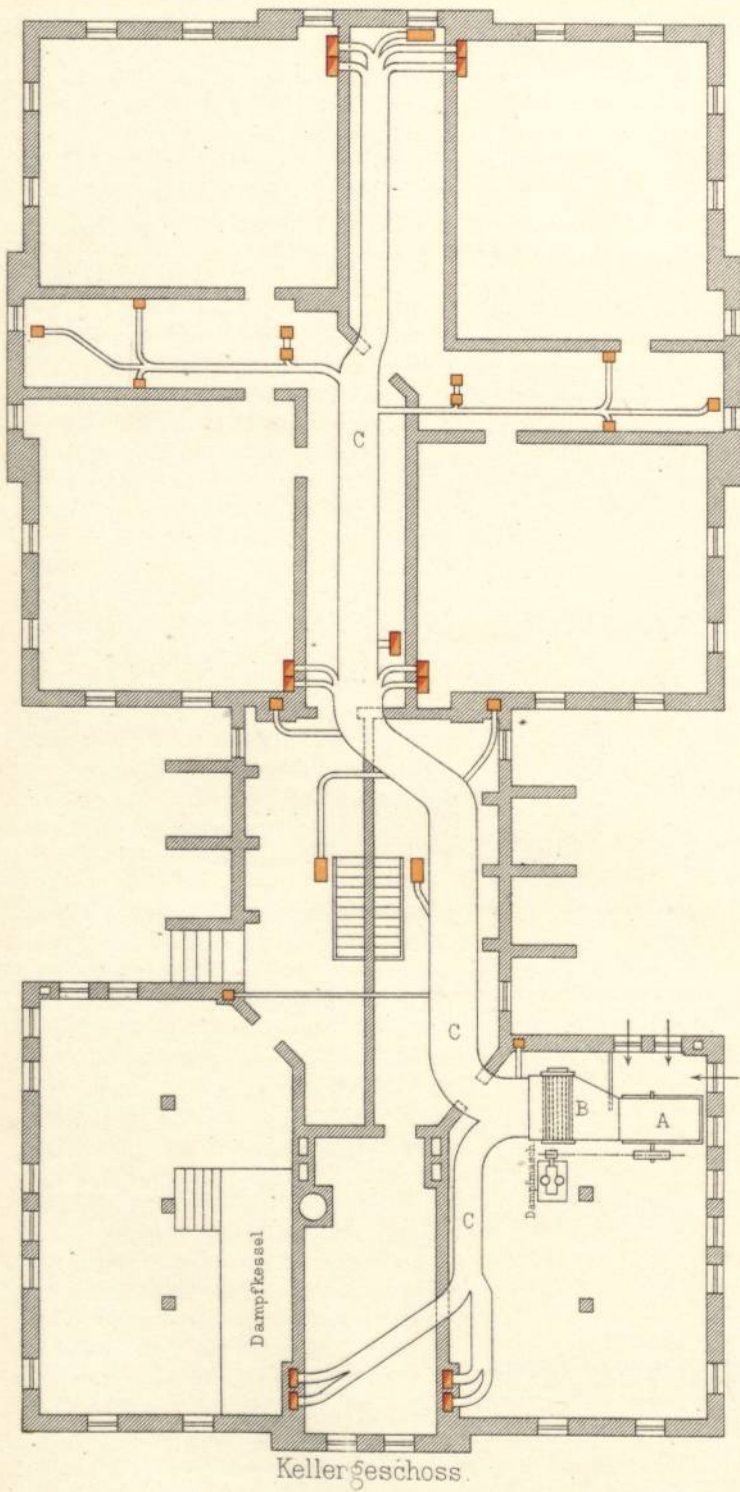
Im Kellergeschoss befinden sich zwei Niederdruck-Dampfkessel, an die sich ein gemeinsames Dampfrohr anschließt. Von letzterem zweigen sich zwei getrennte Dampfleitungen ab. Die eine dieser Leitungen verfortgt die drei im Kellergechofs-Grundrifs ohne weiteres als solche erkennbaren Heizkammern und ferner diejenigen Räume (Zimmer des Rektors, des Schulvogts, Sammlungen u. f. w.), die mit künstlicher Lüftung nicht versehen sind und deshalb von vornherein durch örtlich aufgestellte Heizkörper erwärmt werden. Die zweite Leitung verfortgt die in jedem Unterrichtszimmer aufgestellten Heizkörper; ihr Hauptventil wird erst dann geöffnet, wenn das Erwärmen der Schulräume durch die Luftheizung nicht mehr genügt.

Die Fensteröffnungen der Kellergechofsräume, in welchen die Heizkammern sich befinden, sind nur vergittert, so daß die frische Luft frei eintreten kann. Sie tritt in den unteren Teil der Heizkammern, erwärmt sich an den darüber befindlichen Rohrbündeln und steigt in lotrechten Schloten zu den Unterrichtsräumen empor, wo sie, etwa 2,50 m über dem Fußboden, austritt. Die Abluftschlote münden durchweg in der Nähe des Fußbodens und andererseits in einem im Dachgechofs befindlichen, aus Holz angefertigten Kanalnetz, welches die Abluft zu einem Dachreiter führt. Die Luftheizung wird im Kellergechofs bedient. Jede Heizkammer enthält zwei Heizkörper, deren Gröfse sich wie 1 : 2 verhält, so daß man für sie drei verschiedene Heizflächengrößen in Gebrauch nehmen kann. Die feinere Regelung geschieht durch die am Fußende jedes Warmluftchlotes angebrachte Klappe. Im Kellergrundrifs sind die zugehörigen Kettenzüge angedeutet. Im Kellergechofs, unmittelbar an der Heizkammerwand, befinden sich die Vorrichtungen A (Fig. 379) zum Erkennen der Temperaturen, die Stelltafel B für die Kettenzüge C und die zwei Dampfventile D, welche zu den beiden ungleichen Teilen des Heizkammer-Heizkörpers gehören.

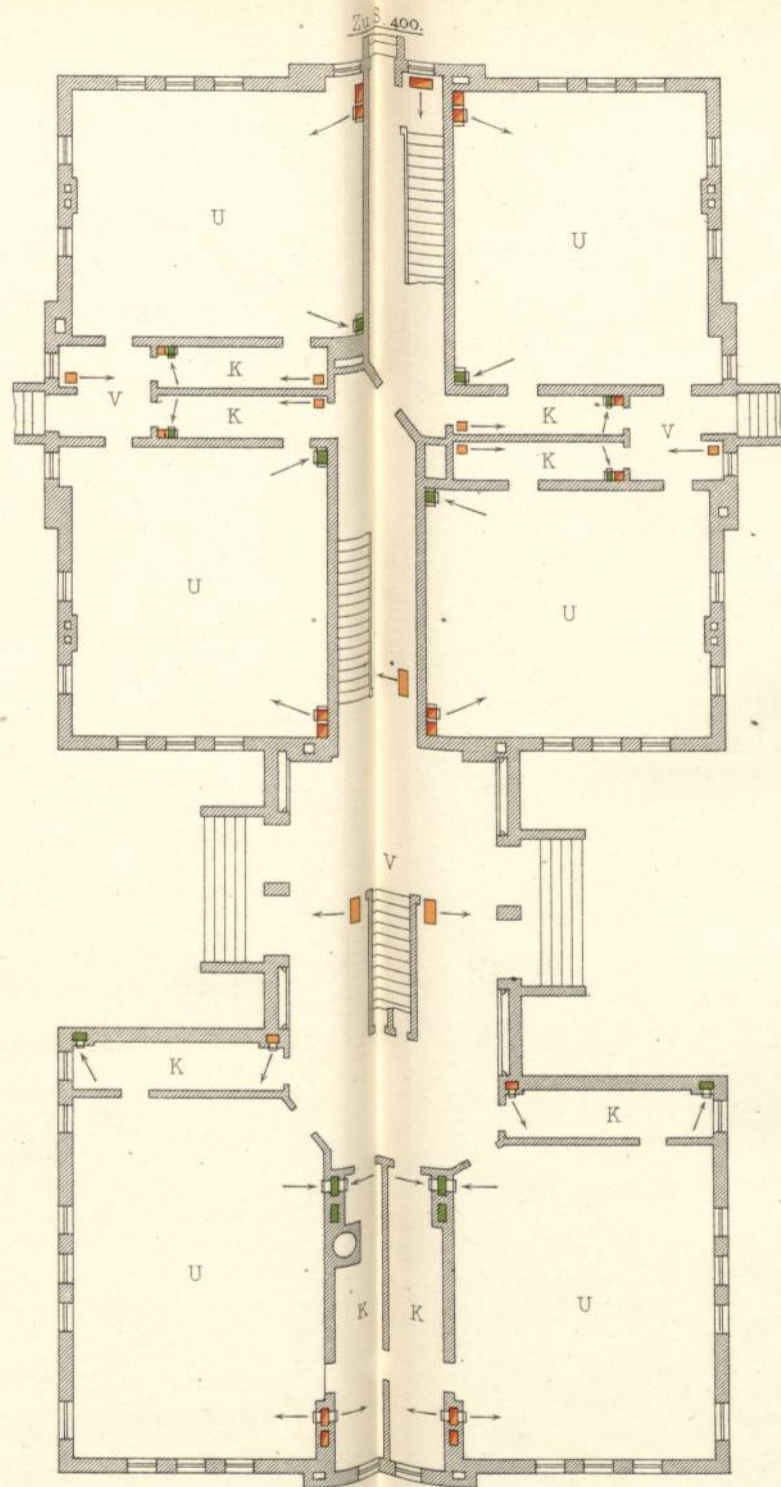
Genügt die Luftheizung allein nicht mehr, so wird, wie schon erwähnt, auch die zweite Hauptdampfleitung in Betrieb gesetzt. — Wie aus dem Grundrifs des Erdgechofs hervorgeht, sind in jedem Unterrichtszimmer zwei Heizkörper aufgestellt. Derjenige, welcher an der Außenwand steht, kann vom Lehrer eingestellt werden, der andere nur vom Heizer.

Fig. 379.

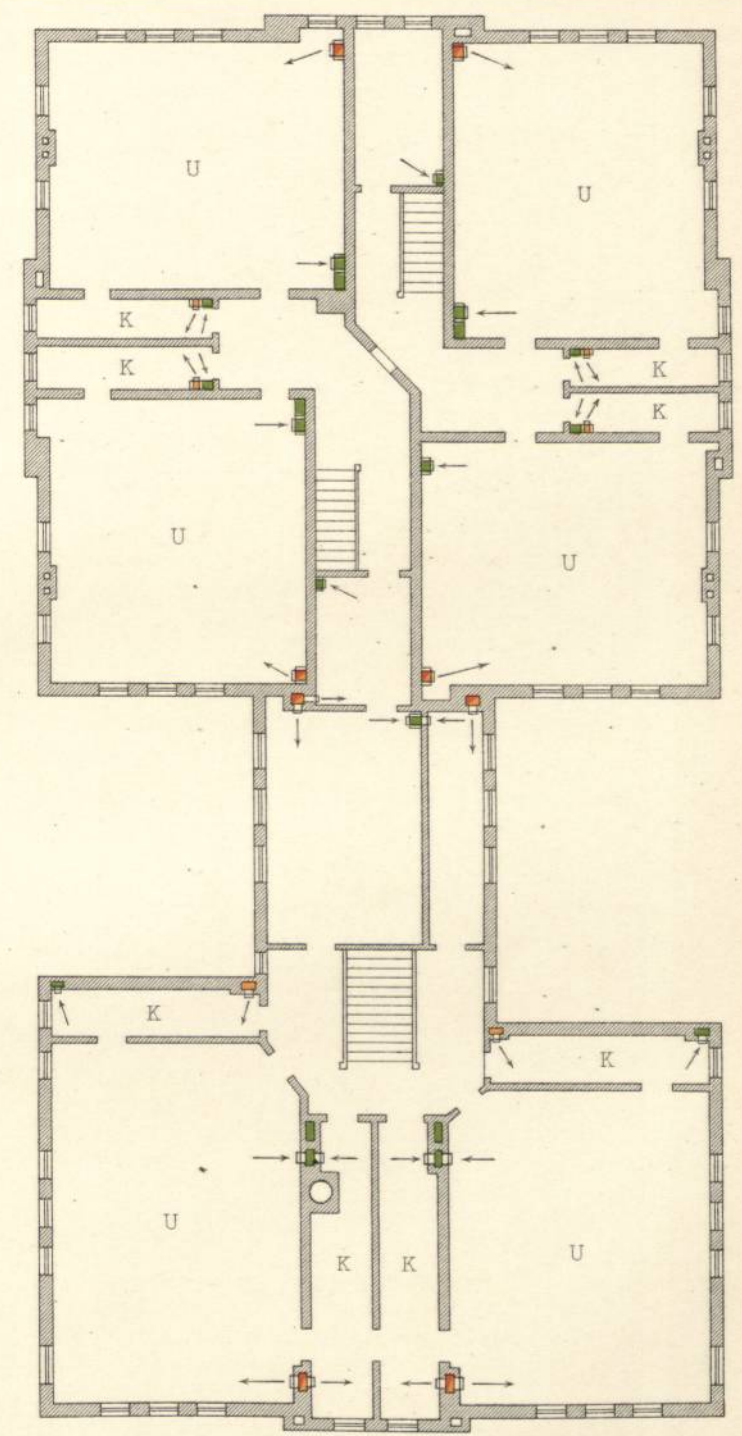




Kellergeschoss.



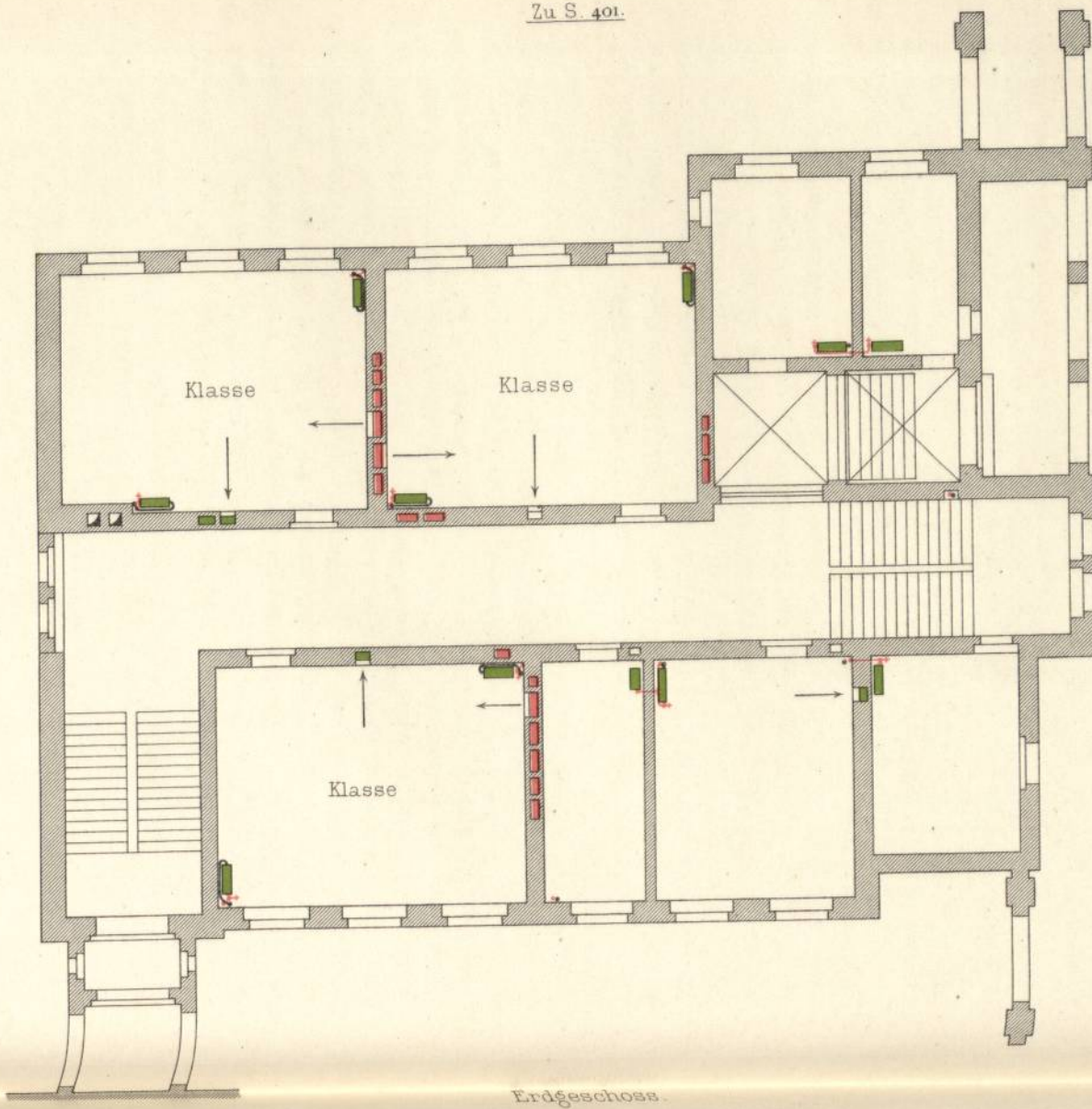
Erdgeschoss.



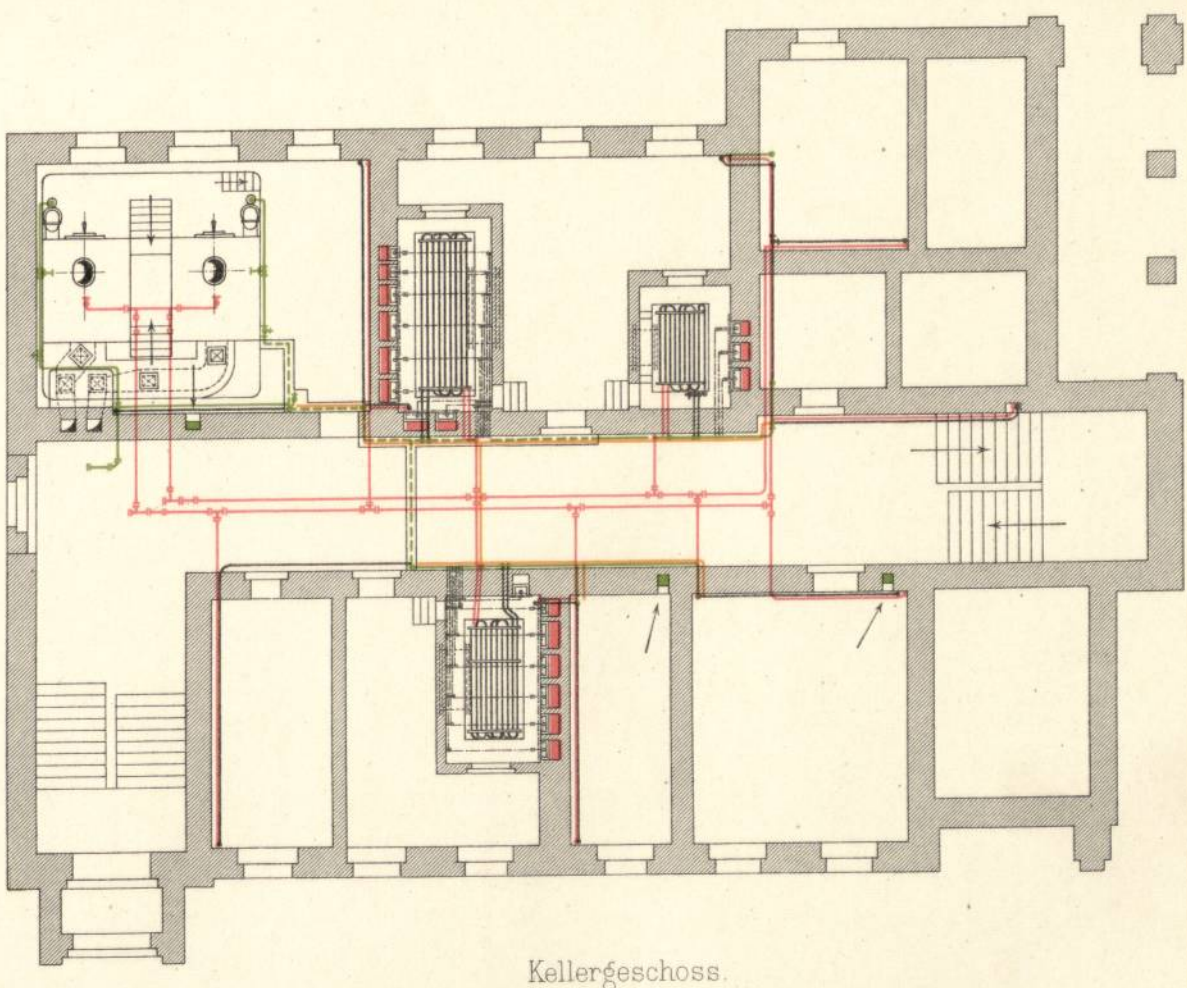
Obergeschoss.

ALLEN-SCHULE zu AKRON, O.  
Vereinigte Staaten.

frische kalte Luft.    warme Luft.    gebrauchte Luft.



Wasserföhre  
Luftröhre



Dampföhre

VOLKSSCHULE ZU HANNOVER-HAINHOLZ.

## D. Wasserverforgung der Gebäude.

In 1. Auflage bearbeitet von † B. SALBACH, in 2. Auflage von Dr. OTTO LUEGER.

Für die vorliegende 3. Auflage umgearbeitet und ergänzt durch die Redaktion.

Die Beschaffung von Trink- und Nutzwasser in ausreichender Menge und guter Beschaffenheit ist ohne Ausnahme für jede menschliche Wohnung Bedürfnis. Wird das Wasser zum Trinken benutzt, so muß es nicht bloß wohlschmeckend, sondern auch gesund sein. Die letztere Eigenschaft kommt in der Regel nicht jenen — wenn auch wohlschmeckenden — Wässern zu, welche aus dem verdorbenen Boden alter Städte oder gut bebauter Ländereien stammen; auch nicht unbedingt jenen, welche aus scheinbar unverdorbenem Boden geschöpft werden. Es ist deshalb erstes Erfordernis, vor Benutzung einer vorhandenen Wasserbezugsquelle von zuständiger Seite — Lebensmittel-Prüfungsstation, Gesundheitsamt u. f. w. — auf Grund chemischer und mikroskopischer Untersuchung entscheiden zu lassen, ob das Wasser sich für den häuslichen Gebrauch eignet und ob nach Maßgabe der Verhältnisse am Entnahmeort auf die Dauer Gewähr für eine gleichbleibend gute Beschaffenheit geboten ist.

431.  
Allgemeines

Man hat vielfach festzustellen gesucht, welche Ergebnisse der chemischen und hygienischen Analyse (Grenzzahlen) von vornherein vorhanden sein sollen, um ein Wasser als gesund (gutes Trinkwasser) bezeichnen zu können. In vielen Fällen wird man jedoch, auch wenn diese Grenzzahlen überschritten sein sollten, zunächst die gesundheitsliche Bedeutung einer solchen Ueberschreitung zu prüfen und dann erst für Annahme oder Verwerfung des Wassers sich zu entscheiden haben. Manchmal muß man sich auch aus äußeren Gründen — weil kein anderes zu haben ist — mit weniger gutem Wasser begnügen.

Die chemische und hygienische Analyse läßt sich nicht gut in eine Schablone zwängen; es ist vielmehr von hohem Werte, wenn Urfachen und Wirkungen etwaiger unerwünschter, über die üblichen Grenzen hinausgehender Eigenschaften vom Untersuchenden im besonderen Falle erforscht und klargelegt werden<sup>313)</sup>. Man wird auf diese Weise manchmal den Gebrauch eines Wassers noch zulässig finden, wenn es auch der bestehenden Norm nicht entspricht. So kann z. B. Wasser aus städtischen Verforgungen (bei Entnahme aus Flüssen mit künstlicher Filtration) oder aus Zisternen u. f. w. durch Trübung äußerlich den Eindruck eines unzuträglichen Wassers hervorrufen, während es tatsächlich keineswegs ungefund und unter Umständen einem Quellwasser oder Grundwasser von tadelloser äußerer Erscheinung vorzuziehen ist u. f. w. Nach Kubel<sup>314)</sup> muß ein gutes Trinkwasser folgenden Anforderungen entsprechen:

- 1) Das Wasser muß klar, farblos und geruchlos sein.
- 2) Seine Temperatur darf in verschiedenen Jahreszeiten nur um 4 bis 6 Grad schwanken.

<sup>313)</sup> Siehe: WOLFFHÜGEL & TIEMANN. Ueber die hygienische Bedeutung des Trink- und Nutzwassers. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1883, S. 841.

<sup>314)</sup> Siehe: KUBEL, W. Anleitung zur Untersuchung von Wasser etc. 2. Aufl. von F. TIEMANN. Braunschweig 1874. — Vergl. auch: BONTON & BOUDET. *Hydrotimétrie etc.* 7. Aufl. Paris 1882.

- 3) Das Wasser darf nur wenig Kaliumpermanganat und wenig Silber reduzieren und durchaus keine organische Materie (mikroskopische Pilze u. f. w.) enthalten.
- 4) Das Wasser darf kein Ammoniak, keine salpetrige Säure und nur geringe Mengen Salpetersäure enthalten.
- 5) Das Wasser darf nicht grössere Mengen von Chloriden und Sulfaten, namentlich nicht von Kaliumsulfat, enthalten.
- 6) Das Wasser darf nicht zu hart sein und namentlich nicht grössere Mengen von Magnesiumsalzen enthalten.
- 7) Das Wasser muss wohlgeschmeckend sein, d. h. es muss gelöst, sich beim Erhitzen entwickelnde Gase, besonders Sauerstoff und Kohlensäure, enthalten.

Als Grenzwerte für die Güte gelten in 100000 Teilen Wasser nach *Kubel*:

50 Teile fester Rückstand,	0,5 bis 1,5 Teile Salpetersäure,
18 bis 20 deutsche Härtegrade,	2 bis 3 Teile Chlor,
3 bis 4 Teile organische Substanz,	8 bis 10 Teile Schwefelsäure.

Ein Teil Kalk auf 100000 Teile Wasser wird als ein deutscher Härtegrad bezeichnet. Wasser, dessen Härte nicht über 20 Grad ist, kann noch zu allen technischen Zwecken verwendet werden; Wasser mit weniger als 10 Härtegraden gilt als weich.

Die Temperatur ist für ein Genusswasser von hoher Bedeutung, während sie für Nutzwasser wenig oder gar nicht in Betracht kommt. Unseren Empfindungen entspricht im allgemeinen beim Trinkwasser am besten die mittlere Jahrestemperatur, wie sie guten Quellwassern und Grundwassern eigentümlich ist; die letzteren eignen sich auch schon aus diesem Grunde in hervorragender Weise zu Trinkwasserverföhrungen.

Als Nutzwasser darf jedes reine, farb- und geruchlose und von Krankheits-erregern freie Wasser Verwendung finden; je geringer sein Härtegrad ist, umso besser wird es seinem Zwecke entsprechen.

Es ist in allen Fällen am angenehmsten, wenn sowohl Trinkwasser als Nutzwasser einer einzigen Bezugsquelle entnommen werden; unbedingt erforderlich ist dies jedoch nicht. Man findet im Gegenteile sehr häufig sowohl in einzelnen Gebäuden und Gebäudegruppen, als auch bei grossen städtischen Wasserverföhrungen gefönderte Trinkwasser- und Brauchwasseranlagen.

Alles Wasser hat in mehr oder weniger hohem Grade die Eigenschaft, Körper, mit welchen es in Beröhrung kommt (besonders Gase), aufzulösen. Sonach wird das in der Natur vorkommende, dem Boden oder der Atmosphäre entstammende Wasser nirgends chemisch rein sein, sondern vielmehr an seinen Beimischungen erkennen lassen, mit welchen Körpern es sich vor seinem Zutagetreten in Beröhrung befunden hat. Wasser, welche in Kalkgebirgen gesammelt sind, werden hart sein; Wasser aus Gneis, Granit u. f. w. werden geringen Härtegrad, dagegen andere chemische Beimengungen zeigen u. f. w.<sup>315)</sup> Auch die Leitungen, in welchen das Wasser geföhrt wird, werden zerfetzt, bezw. angegriffen, besonders metallische Leitungen und unter diesen vorzugsweise die eisernen.

Unter Umständen lagert das Wasser einen Teil der von ihm aufgenommenen Stoffe bei längerem Verweilen auf anderen mit ihm in Beröhrung befindlichen Körpern wieder ab. Die Ablagerungen erfolgen immer, wenn das flüssige Wasser sich in Wasserdampf verwandelt, da die mineralischen Beimengungen von der Ver-

<sup>315)</sup> Vergl.: DAUBRÉE. *Les eaux souterraines à l'époque actuelle*. Bd. II, Buch 3. Paris 1887.

BELHOUBEK, A. Ueber den Einfluss der geologischen Verhältnisse auf die chemische Beschaffenheit des Quell- und Brunnenwassers. Prag 1880.

LUDWIG, H. Die natürlichen Wasser in ihren chemischen Beziehungen zu Luft und Gesteinen. Erlangen 1872.

dampfung ausgeschlossen sind. In den Rohrleitungen bezeichnet man solche Ablagerungen als Inkrustationen; sie sind bei Metallrohren am grössten, weniger gross bei hölzernen Leitungen, Tonrohren, Zementrohren u. f. w.

Wenn das flüssige Wasser die feste Aggregatform erlangt (gefriert), so vergrössert es seinen Rauminhalt; befindet es sich während dieser Zustandsänderung in allseits geschlossenen Gefässen (Rohren u. f. w.), so müssen entweder die Wände dieser Gefässe nachgeben (z. B. Auftreiben bei Bleirohren u. f. w.), oder die Gefässe zerreißen.

Die Wasserverforgung einer Gebäudegruppe oder eines Gebäudes wird im allgemeinen entweder eine selbständige sein oder durch Anschluß an eine bestehende Wasserverforgungsanlage erfolgen. Im ersten Falle bilden die Arten der Wassergewinnung und -Zuleitung sehr wichtige Teile des ganzen Entwurfes; einfacher und bequemer wird der letztere, wenn eine das Wasser unter Druck abliefernde Anlage zur Verfügung steht.

Wir werden im folgenden Wassergewinnung und -Zuleitung nur im allgemeinen und in Rücksicht auf kleinere Anlagen in Betracht ziehen; auf einige grössere Anlagen soll durch Literaturangaben u. f. w. hingewiesen werden.

### Literatur

#### über »Hauswasserleitungen im allgemeinen«.

- FROMMANN. Gründlicher Unterricht zur Anlegung von Wasserleitungen. Coblenz 1840.  
*Distribution de l'eau dans les habitations. Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 241, 289.  
*Distribution d'eau dans une maison contenant environ cent locataires. Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 300.
- KÜMMEL. Beiträge zur Construction von Wasseranlagen, insbesondere zu häuslichen Zwecken. Mitth. d. Gwbver. für Hannover 1860, S. 255; 1861, S. 6, 71.
- GILL. Abbildungen und Erläuterungen von Wasserleitungs-Apparaten im Innern der Häuser und Wohnungen. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1860, S. 217.
- STEGMANN, C. Die Wasserleitungen für das Haus, im Zusammenhang mit den durch sie ermöglichten Anlagen etc. Weimar 1861.
- SCHMIDT, E. H. Die Anlage von Kalt- und Warmwasserleitungen in Wohngebäuden. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1863, S. 47.
- Ueber die Anlage der Wasserleitungen für das Haus. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1866, S. 12, 26.
- HERMANN. Apparate zur Vertheilung des Wassers in den Städten und zwar auf den Strassen wie in Wohnungen. Allg. Bauz. 1867, S. 373.
- GIRARD, L. D. *Élévations d'eau. Alimentation des villes et distribution de force à domicile.* Paris 1868.
- JOLY, V. CH. *Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la distribution de l'eau dans les habitations particulières.* Paris 1868.
- SALBACH, B. Die Wasserleitung in ihrem Bau und ihrer Verwendung in Wohngebäuden, zu Wafch-, Bade-, Clofet- und Feuerlöfcheinrichtungen, zur Gartenbewässerung und zu Springbrunnen. Halle 1870. — 2. Aufl. 1870.
- STUMPF. Zur Anlage unserer Haus-Wasserleitungen. Deutsche Bauz. 1871, S. 61. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1871, S. 649.
- BLUM. Einrichtung von Wasserleitungen in Häusern mit Anwendung der Gasmaschine von LANGEN und OTTO. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 166.
- PÜTSCH. Privat-Wasserleitungen. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 308.  
*Distribution d'eaux dans les maisons particulières. Revue gén. de l'arch.* 1872, S. 61, 115, 151, 217.
- Bericht über die Weltausstellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der österr. Commission. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wasserleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877.  
*Sanitary science and practice. Iron*, Bd. 10, S. 616.

- LÜDICKE, A. Praktisches Håndbuch für Kunst-, Bau- und Maschinenfchlosser. Weimar 1878.  
 Eine Hauswasserleitung, wie sie nicht fein foll. Rohrleger 1878, S. 124.  
 Eine Hauswasserleitung, wie sie fein foll. Rohrleger 1878, S. 163, 185.  
*Distribution des eaux dans l'intérieur des propriétés particulières. La semaine des const.*, Jahrg. 2, S. 618.
- DENTON, J. B. *House sanitation, water supply, and domestic filtration etc.* London 1879.  
*Affainissement des habitations. Écoulement des eaux ménagères. Revue gén. de l'arch.* 1879, S. 257 u. Pl. 11—12.
- FATH. *Distribution des eaux dans les maisons particulières. La semaine des const.*, Jahrg. 3, S. 8, 618.
- WHITE, W. *Domestic plumbing and water service.* London 1880.
- OELRICHS, B. Wasserleitungsapparate auf der Berliner Gewerbeausstellung. Wochfchr. d. Ver. deutsch. Ing. 1880, S. 201, 227, 234.  
*L'eau à volonté. Moniteur des arch.* 1880, S. 49, 65, 81.
- PARRY, J. *Water: its composition, collection, and distribution.* London 1880.
- SCHOLTZ, A. Construction und Anlage der Gas- und Wasserleitungen in Gebäuden etc. Stuttgart 1881.
- DAVIES, P. J. *Practical notes on plumbing. Building news*, Bd. 41, S. 822; Bd. 43, S. 504, 532, 584, 614, 629, 660, 690, 810; Bd. 44, S. 8, 38, 96, 124, 315, 377, 392, 525, 566, 583, 626, 726, 805, 866, 904; Bd. 45, S. 13, 48, 104, 146, 225, 265, 307, 344, 364, 441, 506, 546, 627, 683.
- KÖNIG, F. Hauswasserleitungen etc. Leipzig 1882. — 3. Aufl.: Anlage und Ausführung von Wasserleitungen und Wasserwerken etc. 1901.
- BENHAM, R. F. *The supply of water to our homes.* London 1882.
- Die Wasserabgabe aus der städtischen Wasserleitung in der königl. Haupt- und Residenzstadt München. München 1883.  
*Alimentation d'eau des maisons de campagne et de leurs dépendances. Revue gén. de l'arch.* 1883, S. 4, 54; 1885, S. 8; 1886, S. 34.
- Unfere Privat-Wasserleitungen. Gefundh.-Ing. 1884, S. 583.
- RICH, W. E. *Water supply to country houses and isolated public buildings. The Architect*, Bd. 31, S. 221.
- BEIESTEIN, W. Die Wasserleitung im Wohngebäude etc. Weimar 1885. — 2. Aufl. 1894.
- PUTNAM, J. P. *The water-supply of buildings. American architect*, Bd. 21, S. 39, 99, 123, 183.
- Wünschenswerthe Verbesserungen an unseren Hauswasser-Leitungen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 547.
- BORNE, L. *Études pratiques sur la distribution des eaux. La construction moderne*, Jahrg. 7, S. 331.
- ASSMANN, G. Die Bewässerung und Entwässerung von Grundstücken im Anschluß an öffentliche Anlagen dieser Art. München u. Leipzig 1893.
- ROEHLING, H. A. Technische Einrichtungen für Wasserverforgung und Canalifation in Wohnhäusern. Braunschweig 1895.
- OESTEN, G. Ueber Haus-Wasserverforgung. Deutsche Bauz. 1895, S. 2.  
 Technische Einrichtungen für Wasserverforgung und Canalifation in Wohnhäusern. Deutsche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1895, S. 35.
- KRASCHUTZKY, F. Die Verforgung von kleineren Städten, Landgemeinden und einzelnen Grundstücken mit gefundem Wasser etc. Hamburg 1896.
- DENTON, E. B. *Water supply and sewerage of country mansions and estates.* London 1902.
- HOPP, A. Haus-Kanalifations- und Haus-Wasserleitungs-Anlagen amerikanischen Systems. Leipzig 1903.
- KÖNIG, O. Die Wasserverforgung innerhalb der Gebäude und ihrer Grundstücke. Leipzig 1905.
- SCHLOTTHAUER, F. Ueber Wasserkraft- und Wasserverforgungsanlagen. Berlin 1906.
- Ferner die auf S. 3 namhaft gemachten Zeitschriften, sowie:  
 Zeitschrift für Heizungs-, Lüftungs- und Wasserleitungstechnik. Bearb. von M. KRETSCHMER u. J. H. KLINGER. Halle. Erscheint seit 1896.  
 Fachblatt für Gas-, Wasser-, sowie für das gefammte Beleuchtungswesen und Maschinen-Industrie. Herausg. von L. CHIBA. Wien. Erscheint seit 1898.

## 16. Kapitel.

## Wasserbeschaffung.

Kann die zur Verforgung einer Gebäudegruppe oder eines Gebäudes erforderliche Wassermenge einer öffentlichen Leitung entnommen werden, so beschränkt sich die ganze Anlage zur Wassergewinnung auf die Herstellung eines Anschlusses von genügender Weite; sofern genug Wasser und ausreichende Pressung in der öffentlichen Leitung vorhanden ist, wird es dadurch möglich, nach Gutfinden jede Wassermenge an beliebiger Stelle abzuzapfen. Reicht die Pressung in der öffentlichen Leitung nicht aus, um das zu verforgende Gebäude unmittelbar zu speisen, so ist es in manchen Fällen möglich, diese Pressung durch geeignete Einrichtungen, von denen noch später die Rede sein wird, zu vergrößern. Meist muß aber zu künstlicher Hebung des Wassers gegriffen werden. In der Regel wird in diesem Falle zwischen der Hebeeinrichtung und der öffentlichen Leitung ein Wasserbehälter eingeschaltet, in den zunächst das Wasser der letzteren einfließt; seltener wird der Bedarf durch die Pumpe ohne weiteres aus den Rohren der öffentlichen Leitung abgefaugt.

432.  
Wasserbedarf.

Vor allem hängt die Größe des Wasserbedarfes davon ab:

- 1) ob das verbrauchte Wasser mit Leichtigkeit vom Grundstück abgeleitet werden kann;
- 2) ob — bei Entnahme aus vorhandenen Anlagen — der zu bezahlende Preis für das Wasser im Verhältnis zum Verbrauch wächst oder ob eine Pauschalsumme bezahlt wird, für welche eine beliebige Wasserbenutzung erlaubt ist;
- 3) ob — bei eigener Wassergewinnung — größere Wassermengen leicht erhältlich sind oder ob die Lage des Grundstückes nur eine beschränkte Zufuhr gestattet.

Je nach dem Zutreffen der einen oder anderen dieser Vorbedingungen läßt sich, wenn im übrigen die mit Wasser zu versorgenden Personen und Gegenstände bekannt sind, unter Zugrundelegung der Normalzahlen oder durch unmittelbare Auswertung der Wasserbedarf ermitteln. Zunächst ist anzunehmen, daß bei unbeschränkter Abgabe des Wassers und bei bestehender Entwässerung in dem zu versorgenden Grundstück die verbrauchte Gesamtwassermenge das Anderthalbfache bis Dreifache beträgt derjenigen gegenüber, wenn die Bezahlung des Wassers nach den Angaben eines Wassermessers stattfindet.

Ohne Rücksicht hierauf hat eine vom »Deutschen Verein der Gas- und Wasserfachmänner« niedergesetzte Kommission im Jahre 1884 folgende Einheiten vorgeschlagen:

## a) Privatgebrauch.

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1) Gebrauchswasser in Wohnstätten für den Kopf der Bevölkerung und für den Tag: |                  |
| α) zum Trinken, Kochen, Reinigen u. f. w. . . . .                               | 20 bis 30 Liter, |
| β) zur Wäsche . . . . .   | 10 bis 15    "   |
| 2) Abortspülung, einmalig . . . . .   | 5 bis 6    "     |
| 3) Pissoirspülung:  |                  |
| α) unterbrochen (intermittierend) für den Stand und die Stunde                  | 30    "          |
| β) ständig (kontinuierlich) für 1 <sup>m</sup> Spülrohr und 1 Stunde . . .      | 200    "         |
| 4) Bäder:   |                  |
| α) ein Wannenbad . . . . .  | 350    "         |
| β) ein Sitzbad . . . . .  | 30    "          |
| γ) einmalige Brause oder Strahldusche . . . . .                                 | 20 bis 30    "   |



5) Gartenbepflanzung an einem trockenen Tage für 1 <sup>qm</sup> einmal be- pflanzter Fläche . . . . .	1,5	Liter
6) Hofbegießung desgl. für 1 <sup>qm</sup> . . . . .	1,5	"
7) Bürgersteig-(Trottoir-)Begießung desgl. für 1 <sup>qm</sup> . . . . .	1,5	"
8) Ein Pferd tränken und reinigen, ohne Stallreinigung, für 1 Tag . . . . .	50	"
9) Ein Stück Hornvieh tränken und reinigen ohne Stallreinigung, für 1 Tag:		
α) Großvieh . . . . .	50	"
β) Kleinvieh . . . . .	10	"
(ein Kalb 8 <sup>l</sup> , ein Schaf 8 <sup>l</sup> , ein Schwein 13 <sup>l</sup> )		
10) Ein Wagen zur Personenbeförderung, Reinigung für 1 Tag . . . . .	200	"

## b) Verbrauch öffentlicher Anstalten.

1) Schulen für den Schüler und den Schultag, ohne Zerftäubung für Luftbefeuchtung . . . . .	2	"
2) Kafernen:		
α) für den Mann und den Verpflegungstag . . . . .	20	"
β) für ein Pferd . . . . .	40	"
3) Kranken- und Verpflegungshäuser für den Kopf und den Ver- pflegungstag . . . . .	100 bis 150	"
4) Gafthöfe für den Kopf und den Verpflegungstag . . . . .	100	"
5) Badeanstalten mit nur Wannen- und Brausebädern für ein ab- gegebenes Bad . . . . .	500	"
6) Waschanstalten für 100 kg Wäsche . . . . .	400	"
7) Schlachthäuser für 1 Jahr und für 1 Stück geschlachtetes Vieh . . . . .	300 bis 400	"
8) Markthallen für 1 <sup>qm</sup> überbaute Fläche und 1 Markttag . . . . .	5	"
9) Eichamt für 1 Jahr und für 1 <sup>cbm</sup> geeichten Holzgefäßes . . . . .	1100	"
10) Bahnhöfe, Speisewasser für Lokomotiven für 1 Stück und 1 Tag	6000 bis 8000	"

## c) Gemeindegewerke.

1) Straßensanierung für 1 <sup>qm</sup> einmal sanierter Fläche:		
α) gepflasterte Straßen . . . . .	1	"
β) chauffierte Straßen . . . . .	1,5	"
2) Öffentliche Gartenanlagen an einem trockenen Tage für 1 <sup>qm</sup> ein- mal begossener Fläche . . . . .	1,5	"
3) Öffentliche Brunnen ohne ständigen Auslauf für 1 Auslauftag . . . . .	3000	"
4) Öffentliche Piffoire:		
α) unterbrochene (intermittierende) Spülung für den Stand und die Stunde . . . . .	60	"
β) ständige (kontinuierliche) Spülung für 1 m Spülrohr und für 1 Stunde . . . . .	200	"

Zugefügt mag hier werden, daß ständiglaufende Brunnen, wie sie in Gebirgsgegenden noch sehr häufig angewendet werden, in der Regel für jedes Auslaufrohr 10000 bis 15000<sup>l</sup> Wasser in 24 Stunden verbrauchen und dabei einen gewöhnlichen Wasserkübel in ca. 5 Minuten füllen.

## d) Gewerbe.

Brauereien, Gesamtverbrauch während eines Jahres für 1 <sup>hl</sup> gebrauten Bieres ohne Eisbereitung . . . . .	500	"
Zuzufügen wäre hier:		
Verbrauch an Kesselspeisewasser für stehende Dampfmaschinen ohne Kondensation für 1 Stunde und 1 Pferdestärke . . . . .	20 bis 30	"

Ermittelt man bei umfangreicheren Wasserverföhrungen (unter Anwendung von Wassermessern verforgt) den mittleren Tagesverbrauch für 1 Einwohner, so erhält man folgende Zahlen:

- a) auf dem Lande . . . . . 45 bis 50 Liter,  
 b) in Städten bis zu 5000 Einwohnern . 50 » 60 » ,  
 c) in größeren Städten . . . . . 60 » 100 » ,

wobei nicht nur das dem gewöhnlichen Hausverbrauch entsprechende Wasser, sondern auch das Wasser für Begießen von Strafen und Gärten, das Spülen der Kanäle, die Kleingewerbe u. f. w. inbegriffen ist. Nicht inbegriffen in den angegebenen Zahlen ist dagegen ein etwaiger Verbrauch für Springbrunnen und Zierbrunnen aller Art, sowie für ständiglaufende öffentliche Brunnen, größere Fabriken und sonstige in großen Mengen wasserverzehrende Anlagen.

Die vorstehend genannten Zahlen (von welchen bei unbefränkter Wasserabgabe das  $1\frac{1}{2}$ - bis 3fache zu nehmen ist) sind dadurch erhalten, daß der gefamte Jahresverbrauch  $V$  durch 365 dividiert wurde. Unter den 365 Tagen des Jahres ist jedoch einer, an welchem mehr Wasser verbraucht wird als an allen übrigen Tagen des Jahres, und unter den 24 Stunden, welche dieser Tag des größten Tagesverbrauches hat, ist wieder eine, innerhalb welcher mehr verbraucht wird als in jeder der übrigen 23 Stunden. Es gibt also einen größten Tagesverbrauch und einen größten Stundenverbrauch. Nach vielfach gemachten Erfahrungen pflegt man den größten Tagesverbrauch gleich dem anderthalbfachen durchschnittlichen Tagesverbrauche zu setzen; der größte Stundenverbrauch an dem Tage, an welchem der größte Wasserverbrauch stattfindet, beträgt sodann ca. 8 Vomhundert des letzteren.

Nimmt man an, daß innerhalb dieser Stunde der Verbrauch gleichmäßig statfinde, so muß bei einer Wasserleitung ohne Ausgleichbehälter der Zufluß allein diesen Verbrauch decken können. Bezeichnet daher  $V$  den Gesamtverbrauch an Wasser in einem ganzen Jahre, so ist

- 1) der mittlere Tagesverbrauch  $V_t = \frac{V}{365} = 0,0027 V$  ;  
 2) der größte Tagesverbrauch  $V_t \max = 1,5 V_t = 0,0041 V$ , und  
 3) der größte Stundenverbrauch am Tage des größten Tagesverbrauches:  
 $V_s \max = 0,08 \cdot 1,5 V_t \max = 0,00032 V$ .

Wird die Zuleitung unmittelbar von den Quellen oder von einem öffentlichen Rohrtrange gespeist, so muß sie den unter 3 bestimmten Verbrauch befriedigen können; sie muß deshalb für die Zufuhr einer sekundlichen Wassermenge von

$$Q_{\max} = \frac{V_s \max}{60 \cdot 60} = 0,00000091 V$$

berechnet werden.

Ist in der zu versorgenden Anlage ein Wasserbehälter vorhanden, welcher die Verbrauchschwankungen während eines Tages ausgleicht, so genügt es, wenn am Tage des größten Verbrauches die Zuleitung eine sekundliche Wassermenge liefert von

$$Q_r = \frac{1,5 V_t}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,00000048 V.$$

Diese Maße sind bestimmend für die Lichtweiten der Zuleitungen.

Nimmt man ferner, wie üblich, die Durchflusgeschwindigkeiten in den Rohren nicht größer als  $1 \text{ m}$  in der Sekunde an, so berechnet sich, wenn  $V$  (in Kub.-Meter) und die Lichtweite des Rohres  $D$  (in Metern) ausgedrückt wird, die letztere

a) bei einer Zuleitung ohne Wasserbehälter:

$$D_{\max} = 0,00034 V^{\frac{1}{3}} ;$$

β) bei einer Zuleitung mit Wasserbehälter:

$$D_r = 0,00025 V^{\frac{1}{3}} .$$

Muß das Wasser künstlich gehoben werden, so ist den Verbrauchschwankungen während eines Tages Rechnung zu tragen. Ein Ausgleichbehälter (Reservoir) ist

alsdann unerläßlich. Der Wasserverbrauch in Hundertfätzen des täglichen Gesamtbedarfes beträgt:

6—7 Uhr Morgens . . . . .	3,73	Vomhundert	3—4 Uhr Nachmittags . . . . .	7,86	Vomhundert
7—8 „ „ . . . . .	5,21	„	4—5 „ „ . . . . .	5,21	„
8—9 „ „ . . . . .	6,19	„	5—6 „ „ . . . . .	6,29	„
9—10 „ „ . . . . .	6,44	„	6—7 „ Abends . . . . .	3,68	„
10—11 „ „ . . . . .	7,98	„	7—8 „ „ . . . . .	5,01	„
11—12 „ „ . . . . .	7,76	„	8—9 „ „ . . . . .	3,05	„
12—1 „ Nachmittags . . . . .	5,99	„	9 „ „ } . . . . .	14,15	„
1—2 „ „ . . . . .	5,95	„	bis		
2—3 „ „ . . . . .	6,39	„	6 „ Morgens		

Wenn nur etwa 10 Stunden oder noch weniger im Tage Wasser gefördert wird, so muß der Wasserbehälter so groß sein, um in den Stunden, in welchen die Förderung unterbrochen ist, die Verforgung übernehmen zu können. Mindestens sollte ein derartiger Wasserbehälter so groß gemacht werden, daß er den vierten Teil des größten Tagesverbrauches aufzunehmen vermag.

Selbstverständlich sollen die seither angegebenen Zahlen nur allgemeine Anhaltspunkte liefern; im einzelnen Falle werden besondere Erwägungen nicht zu umgehen sein; auch ist bei der Bedarfsrechnung das Ueberwasser in Betracht zu ziehen. Wird das Wasser nicht einer öffentlichen Leitung entnommen oder durch künstliche Hebung gefördert, sondern von Quellen bezogen, so müssen die letzteren den Verbrauch am Tage des größten Bedarfes befriedigen können; an allen übrigen Tagen des Jahres wird sich sodann Ueberwasser ergeben, und man muß sich deshalb hüten, das Quellenergebnis mit dem Werte  $V$  unserer Rechnung zu verwechseln<sup>316)</sup>. Nennt man das Quellenergebnis  $M$ , die Menge des Ueberlaufwassers während eines Jahres  $U$ , so ist

$$M = V + U \quad \text{und} \quad V = M - U,$$

d. h. ein Quellenergebnis ist unzureichend, wenn es nur den Jahresbedarf  $V$  liefert. Nach anderwärts gemachten Erfahrungen ist  $U$  ungefähr  $0,3 M$ , also

$$M = V + 0,3 M = 1,43 V,$$

d. h. die Quellen müssen etwa 40 Vomhundert mehr liefern als den Jahresbedarf, wenn nicht am Tage des größten Verbrauches Wassermangel eintreten soll; vorausgesetzt ist, daß ein Wasserbehälter vorhanden ist, welcher die Verbrauchschwankungen während 24 Stunden ausgleicht.

Zum Schlusse sei noch hervorgehoben, daß eine zu hohe Schätzung des Wasserverbrauches zwar wirtschaftliche Nachteile im Gefolge hat, daß aber diese Nachteile ganz außer Verhältnis stehen zu den nachteiligen Folgen einer zu geringen Verbrauchsabschätzung und daraus hervorgehenden unbefriedigenden Verforgung. Bis zu einem gewissen Grade wird man auch der Zukunft Rechnung tragen, bezw. auf bevorstehende Erweiterungen der Verforgungsanlage, der Einwohnerzahl u. f. w. Rücksicht nehmen müssen. Nach dieser Richtung hin genügt es indessen, wenn für ein Jahrzehnt vorgeforgt wird.

Die auf die Erdoberfläche gelangenden meteorischen Niederschläge versickern teilweise in den Boden; teils verdunsten sie, oder sie bewegen sich über dem Boden weg nach den offenen Ablaufgerinnen — den Bächen, Flüssen, Strömen und Seen. Die in den Boden versickernden Wasser setzen darin, soweit sie flüßig bleiben, ihre Bewegung fort; als solche heißt man sie Grundwasserströmungen, und den Boden, welchen sie durchströmen, Grundwasserträger.

<sup>316)</sup> Siehe: LUEGER, O. Die Wasserverforgung der Stadt Lehr. Lehr 1884.

Dieser Boden muß notwendigerweise gröfsere oder kleinere kapillare und nichtkapillare Zwischenräume haben, welche mit Wasser erfüllt sind. Je gröfser die Zahl der nichtkapillaren Zwischenräume und ihr Ausmafs, umso leichter bewegt sich das Wasser und umgekehrt; je nach Beschaffenheit des Grundwasserträgers wird deshalb — unter sonst gleichen Umständen — der eine viel, der andere wenig Grundwasser zu führen vermögen. Bodenarten, welche wenig oder gar kein Grundwasser durchlassen, heifsen undurchläffig. Sind undurchläffige Bodenarten von leicht durchläffigen überlagert, so bilden die ersteren eine unterirdische Wafferfcheide, und die allgemeine Neigung dieser Wafferfcheide bestimmt die Richtung des Grundwasserstromes; an jenen Stellen, an welchen die Wafferfcheide zu Tage steht und eine tieflte Lage zeigt, treten die Grundwasser als Quellen hervor.

Da sich diese Wasser vor ihrem Zutagetreten meist sehr lange unter dem Boden aufgehalten haben und sich auferordentlich langsam bewegen, so ist das zu Tage tretende Wasser meist glanzhell und hat die mittlere Wärme der Bodentiefe, aus welcher es hervorkommt.

Durch Zwischenlagerungen, Klüfte und Gebirgspalten wird im übrigen der unterirdische Lauf des Wassers sehr erheblich beeinflusst. Ist die undurchläffige Gebirgsart zerrissen, so versinkt ein Teil oder alles bis zum Riffe gelangte Wasser nach anderen Richtungen u. f. w., und auf diese Weise können die mannigfachsten Ausflufsverhältnisse auf gleicher Grundlage entstehen<sup>317)</sup>.

Die wenigsten Grundwasserströmungen verlaufen derart, dafs wir ihren Wiederaustritt aus dem Boden als Quellen ohne weiteres zu sehen vermögen; weitaus der gröfste Teil aller Grundwasser ergiefst sich unbemerkt in die Flüffe, die Seen und das Meer. Die Tatsache des Vorhandenseins solcher Strömungen ist daran erkennbar, dafs die von ihnen gespeisten offenen Wasserläufe auch nach langer Trockenheit noch Wasser führen, d. h. nie versiegen; umgekehrt ist ein nie versiegender offener Wasserlauf stets ein Beweis für das Vorhandensein von Grundwasserströmungen.

Nimmt in trockenen Zeiten ein Wasserlauf zwischen zwei Stellen um eine nachweisbare Menge zu, ohne dafs zwischen diesen Stellen Tagwasser eintreten, so kann die Zunahme nur durch den Eintritt von Grundwasser bewirkt sein. In diesem Umfande liegt deshalb ein sehr beachtenswerter Fingerzeig für die zum Aufschliessen von Grundwasser geeigneten Orte.

Es ist selbstverständlich, dafs ein Grundwasserstrom nie mehr Wasser führen kann, als die meteorischen Niederfchläge in seinem Infiltrationsgebiete liefern. Das Infiltrationsgebiet ist nicht zu verwechseln mit dem topographischen Niederfchlagsgebiete; das erstere ist von der oberirdischen, das letztere von der unterirdischen Wafferfcheide umrahmt. Die wagrechte Projektion der Oberfläche des Infiltrationsgebietes und die darauf stehende Kultur sind neben der Durchläffigkeit des Gebirges für die Gröfse der in den Boden gelangenden Versickerung ausschlaggebend, welche stets nur ein Bruchteil der auf das Gebiet fallenden Regenmenge ist. Man darf es als eine ziemlich sichere Erfahrung ansehen, dafs unter den günstigsten Verhältnissen im Quadr.-Kilometer Infiltrationsgebiet und im süddeutschen Gebirgslande höchstens ca. 7 Sekundenliter Grundwasser erzeugt werden; in Mitteldeutschland und Norddeutschland, entsprechend den geringeren meteorischen Niederfchlägen, erheblich weniger. Im allgemeinen wird man gut tun, etwaige Annäherungsrechnungen höchstens mit der Hälfte oder dem dritten Teile dieser Ziffer anzustellen.

Ist das Infiltrationsgebiet undurchläffig (Gneis, Granit, Porphy, Ton, Konglomerate u. f. w.), so kann weder ein irgendwie belangreicher Grundwasserstrom, noch eine gröfsere Quelle entstehen, mag das Flächenmafs des Gebietes auch noch so grofs sein; in solchen Gebieten sind es meistens zerstreute kleinere oder gröfsere Fetzen von Alluvialabdeckungen des Gebirges, aus welchen sich wenige, spärlich fliefsende Quellen ernähren. Bäche und Flüffe — sofern sie in diesen Gebieten ihren Ursprung haben — versiegen in der trockenen Jahreszeit nahezu oder ganz.

<sup>317)</sup> Siehe: LURGER. Vertheilung des Wassers, insbesondere des Quellwassers auf dem Festlande. Journ. f. Gasb u. Wass. 1881, S. 427.

*hoffe genug in die  
Beschreibung d. d.  
Anf. d. Wasser- u.  
Höhenmeter des  
in den Wärdern  
die ganz lauffen  
jedoch nicht  
bedeutend. (1) I  
in Talgerann h.  
meist bnt.)*

Die einem Grundwasserstrom zuzießende Wassermenge hängt also von der Niederschlagshöhe und der Gebirgsbeschaffenheit ab. Die Nachhaltigkeit, mit welcher ein derartiger Strom Wasser abgeben kann, ist wesentlich bestimmt durch die Größe des vorhandenen Grundwasserbehälters — durch den Rauminhalt aller kapillaren und nichtkapillaren Zwischenräume im Grundwasserträger, soweit diese mit Wasser erfüllt sind. Ist dieser Rauminhalt sehr groß, so vermag die aufgespeicherte Wassermenge ohne Zufluss von außen den Abfluss umso länger und umso gleichmäßiger zu erhalten, je geringer die sekundliche Abflussmenge ist; der Vorrat an Wasser wird deshalb hier in trockenen Zeiten niemals erschöpft; die Ungleichheiten zwischen Zufluss und Abfluss werden stets ausgeglichen werden. Ist der Grundwasserbehälter klein, oder ist ein verhältnismäßig großer Abfluss vorhanden, so werden sich die im Boden verwahrten Vorräte rasch erschöpfen; die Ergiebigkeit des Abflusses wird deshalb nach langer Trockenheit bedeutend nachlassen.

Dieser Umstand ist für das Verfahren bei Quellenfassungen außerordentlich wichtig. Man kann durch Störungen in den Abflussverhältnissen hier sehr unerwünschte Änderungen hervorrufen. Vermehrt man z. B. durch Vergrößern der Ausflussöffnung einer Quelle ihre Ergiebigkeit, so entleert sich der Grundwasserbehälter leichter und rascher als vorher. Ist er also nicht sehr groß, so erhält man zwar zunächst viel mehr, dagegen später und insbesondere in trockenen Zeiten erheblich weniger Wasser und kann durch fortgesetzte Erweiterungen die Quelle so weit bringen, daß sie nur noch mit dem Regen geht. Derartige Erfahrungen rechtfertigen das bekannte Mißtrauen der Landbevölkerung gegen manche »quellenauffschließende Ingenieure«.

Da die Abflussverhältnisse des Grundwassers ähnliche sind wie jene des Oberflächenwassers, so werden im allgemeinen die erhältlichen Wassermengen aus Grundwasser (Quellen) gegen die Täler hin zunehmen.

Der scheinbar größere Wasserreichtum an den Gebirgshängen verführt sehr häufig zu falschen Schlüssen; man muß umso vorsichtiger in der Annahme größerer Quellenergiebigkeit sein, je höher man im Gebirge aufsteigt; denn es vermindert sich nicht bloß das Infiltrationsgebiet und die Größe des Grundwasserbehälters mit zunehmender Höhe sehr wesentlich, sondern es erleichtern sich auch die Abflussverhältnisse für das Grundwasser durch das vorhandene stärkere Gefälle in den die Bodenoberfläche bedeckenden Trümmern der Gebirge. In den Tälern, insbesondere in den Alluvionen der Flußgebiete, ist stets Grundwasser erhältlich, wenn die daselbst fließenden Bäche und Flüsse nie austrocknen und vorausgesetzt, daß ihr Wasser nicht lediglich aus weiter oben gelegenen Gebieten stammt; versiegen dagegen in den flachen Tälern die offenen Wasserläufe, so ist zunächst die Ursache dieses Versiegens zu erforschen. Meistens erfolgt das Versiegen, weil undurchlässiges Gebirge vorliegt, also kein größerer Grundwasserbehälter vorhanden ist; in solchen Fällen findet man, wenn überhaupt, nur ganz wenig fog. Sickerwasser durch Brunnengrabungen. Man muß sich in diesen Gebieten mit Zisternen behelfen. Das Versiegen kann aber auch erfolgen, wenn das Gebirge sehr viele nichtkapillare Zwischenräume enthält und die undurchlässige Schicht sehr tief unter der Bodenoberfläche liegt; in diesen Fällen ist ein nur zeitweise verdeckter Grundwasserstrom vorhanden, welcher durch Anlage von Tiefbrunnen erschlossen werden kann.

Die Beurteilung eines Gebietes hinsichtlich seiner Fähigkeit, Wasser zu liefern, ist insbesondere dann, wenn es sich um größere Mengen handelt, keineswegs einfach, und Ungeübte können hier sehr schwere Mißgriffe begehen. Es empfiehlt sich daher in allen nicht ganz klar liegenden Fällen zunächst, neben einer gründlichen geognostischen Geländeuntersuchung, der Beirat eines tüchtigen Sachverständigen — wozu selbstverständlich die auf Wasserfuchen reisenden Männer mit der Wünschelrute nicht gehören.

Auch sei noch davor gewarnt, sich ohne gründliche eigene Untersuchung auf das Urteil von fog. Geländekundigen über Quellen und ihre Ergiebigkeit zu verlassen; wenn man sich nicht schweren Enttäuschungen aussetzen will, darf man solchen

Angaben höchstens als allgemeine Orientierung Wert beilegen — dagegen niemals als quantitative Orientierung.

Das einfachste Mittel zur Wasserbeschaffung ist das Auffangen von Regenwasser. Es wird in allen Fällen angewendet werden müssen, in welchen weder offene Wasserläufe, noch Grundwasser (Quellen) zur Verfügung stehen. Das Regenwasser leitet man in der Regel von Dächern, Höfen oder sonstigen begrenzten Flächen in offene Gefäße oder Teiche oder nach geschlossenen Behältern, den sog. Zisternen; diese Gefäße dienen als Klärbecken, aus welchen das Wasser entnommen wird. Vervollkommen sind sodann jene Anordnungen, bei welchen das vom Regen gelieferte und über Dachflächen oder Geländestreifen u. f. w. gefammelte Wasser zunächst über eine Filterschicht geführt und, nachdem es in diese eingedrungen, ihr durch Drainage wieder in geklärtem Zustande entzogen wird.

435.  
Auffangen  
von  
Regenwasser.

Die Regenfässer, welche auch in manchen sonst gut mit Wasser versehenen Grundstücken häufig angetroffen werden, sind hölzerne Tonnen von der bekannten Konstruktion eines gewöhnlichen Weinfasses; das darin gefammelte Wasser ist meist weniger zum Trinken, als zum Waschen (wegen seines geringen Härtegrades) bestimmt. Können Regenfässer oder flache hölzerne Wasserbehälter auf dem Dachboden aufgestellt werden, so fällt für den Gebrauch die künstliche Hebung weg, und die Verteilung innerhalb des Grundstückes kann nach Belieben durch Rohrleitungen erfolgen. Ueberlauf und Leerlauf werden hier in einfachster Weise angebracht; auch werden selten Pumpen aufgestellt; die Hebung erfolgt von Hand.

Ueberwölbte Zisternen werden am besten in den Höfen der Gebäude untergebracht; manchmal findet man sie auch im Kellergeschoß der Gebäude angeordnet, welche Lage sich jedoch für die Beschaffenheit des Wassers als unvorteilhaft erweist. Die dumpfe Kellerluft verbessert die Güte des Wassers nicht, und es ist stets Gefahr vorhanden, daß die Grundmauern der Gebäude durch die Zisternen feucht werden. Gestattet es die Lage, so wird eine Zisterne vorteilhaft auf einer benachbarten Anhöhe untergebracht und von dort her das Wasser unter natürlichem Drucke beigeleitet<sup>318)</sup>.

436.  
Zisternen.

In Fig. 380 ist die gewöhnliche Einrichtung einer gemauerten Zisterne dargestellt.

Auf der Sohle der Zisterne befindet sich, nach Art eines Filters geordnet, Kies und Sand, so daß die grobe Kieschicht zuunterst liegt, nach oben gefolgt von aufsgroßen bis erbsengroßen Geröllen, welche von Sand bedeckt sind. Die Zisterne soll so tief unter der Erdoberfläche liegen, daß die Temperatur des darin aufgespeicherten Wassers weder durch den Frost, noch durch die Sonnenwärme nachteilig verändert wird; deshalb ist eine Erdüberschüttung von mindestens 60<sup>cm</sup> über dem Scheitel des Deckengewölbes erforderlich. Die äußere Wölbfläche soll eine Mörtel- oder Asphaltdecke erhalten, um das Eindringen von Sickerwasser zu verhindern.

Nach Erfahrungszahlen kommen von der auf die der Zisternenspeifung dienbare Fläche  $F$  fallenden Regenmenge ca. 70 Vomhundert in die Zisterne. Ist  $h$  die jährliche Regenhöhe, so ist das zur Speifung verfügbare Wasser

$$R = 0,7 F h$$

(in Kub.-Meter, wenn  $F$  in Quadr.-Meter und  $h$  in Meter ausgedrückt wird).

Nimmt man gleichmäßigen Wasserverbrauch während des ganzen Jahres an und setzt den ungünstigen Fall zweimonatlicher Trockenheit voraus, so muß der Rauminhalt der Zisterne mindestens

$$V = \frac{2 Q}{12} = 0,12 F h$$

<sup>318)</sup> Siehe: FINETTI, J. v. Cisternen. Studien über deren rationelle Anlage etc. Zeitschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1884, S. 59; 1885, S. 62. (Mit ziemlich vollständigen Literaturangaben.)

betragen, wenn während der Trockenperiode kein Wassermangel eintreten soll. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Zisterne bei Beginn der Trockenperiode gefüllt war. In Rücksicht darauf, daß dies meist sehr unwahrscheinlich ist, ist ratfam,  $V = 0,2 Fh$  anzunehmen.

Der Wasserstand innerhalb der Zisterne darf die Kämpferhöhe des Deckengewölbes nicht übersteigen, was durch ein Ueberlaufrohr verhindert wird.

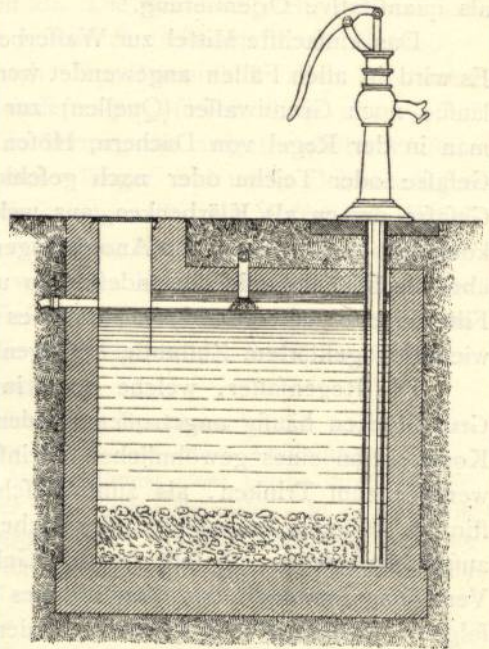
Das Niederschlagwasser gelangt von den Dachflächen durch die Regenfallrohre nach abwärts und alsdann entweder unmittelbar oder mittels einer gusseisernen Rohrleitung in die Zisterne. Da das Wasser die von den Dachflächen, in den Dachrinnen u. f. w. fortgeschwemmten Staub- und Schmutzteile mit sich führt, so schalte man entweder am Fußpunkte der Abfallrohre oder am Eintritt des Wassers in die Zisterne oder an einer geeigneten Stelle der Rohrleitung einen Schlammfang ein, worin das Wasser zur Ruhe kommen und einen großen Teil feiner Verunreinigungen ablagern kann. Es sind auch schon Vorrichtungen erfunden worden, durch welche auf mechanischem Wege das unreine Wasser, welches während der ersten Zeit eines Regenfalles vom Dache herabfließt, vom später folgenden reinen Wasser getrennt wird. Roberts' fog. »Separator« ist in England viel in Anwendung<sup>319)</sup>.

Tunlichste Wasserdichtheit ist bei einer Zisterne das konstruktive Hauptfordernis; deshalb ist eine wasserdichte Herstellung der Umfassungsmauern (am besten scharfgebrannte Backsteine in Zementmörtel oder Zementbeton) und der Sohle (Betonfschicht mit doppelter, in Zementmörtel gelegter Backsteinflachschicht) unbedingt notwendig. Ein hartgeschliffener Zementputz der Innenwandungen und das Ausfügen der inneren Wölbfläche mit Zementmörtel sollen niemals fehlen; die Außenwandungen sind, um das Einsickern fremden Wassers zu verhüten, sorgfältig zu verfugen und mit einem Bestich zu versehen<sup>320)</sup>.

In der fog. venezianischen Zisterne wird das Meteorwasser im Sande aufbewahrt und ist sodann reiner und frischer als jenes aus Zisternen der eben beschriebenen Art; in Fig. 381 ist eine derartige Zisterne dargestellt.

An geeigneter Stelle wird in Form einer auf ihrer Spitze stehenden Pyramide eine Baugrube angelegt, welche an ihrer tiefsten Stelle ca. 3 m unter Bodenfläche mißt. Die Grundfläche der Pyramide kann eine beliebige Form haben; ein Quadrat wird sich jedoch hierfür am besten eignen. An der Pyramidenpitze wird ein großer Steinblock (Betonklotz) eingelassen, der, in der Mitte keffelförmig ausgehöhlt, dazu dient, das Fundament für einen Brunnen zu bilden, welcher darauf aufgemauert und etwa 70 bis 80 cm über Bodenhöhe hochgeführt wird. An der Stelle, an welcher der Brunnen auf dem Unterlagsteine ruht, wird im Mauerwerk des Brunnens eine Reihe enger Schlitze von ca. 20 bis 30 cm Höhe ausgespart. Die Seitenflächen der in den Boden eingegrabenen Pyramide werden durch eine Lage von hölzernen Rippen verpannt; auf diese Rippen wird eine raue Bretterschalung genagelt, letztere fest hinterstampft und hierauf ein gutgekneteter, mit ca. 40 Vomhundert Sand vermischter Tonschlag in einer Stärke von 15 bis 30 cm aufgebracht (besser, aber teurer, ist eine Lage guten Betons). Zwischen diesem Tonschlage und dem über dem Unterlagsteine gemauerten Zylinder befindet sich nun ein freier Raum, welcher in der

Fig. 380.

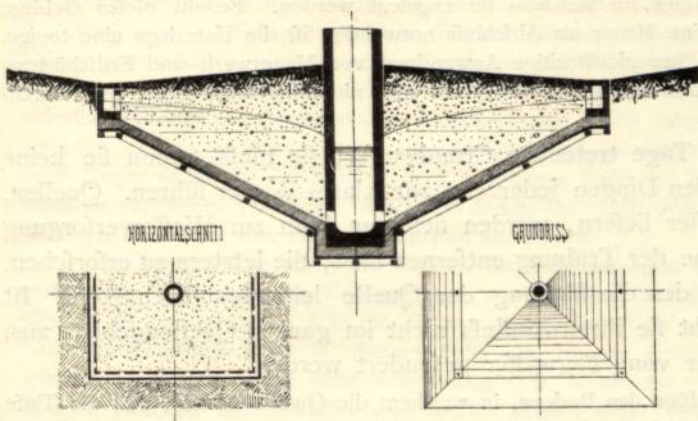
Zisterne. —  $\frac{1}{60}$  w. Gr.

437.  
Venezianische  
Zisternen.

<sup>319)</sup> Siehe über diese Vorrichtung: *Builder*, Bd. 47, S. 774; Bd. 50, S. 559; Bd. 52, S. 884. — *Building news*, Bd. 46, S. 202; Bd. 50, S. 452; Bd. 52, S. 635. — *Gefundh.-Ing.* 1885, S. 203.

<sup>320)</sup> Siehe auch: HERZBERG, A. Zur Verwendung des Regenwassers. *Deutsche Bauz.* 1896, S. 418.

Fig. 381.



Venezianische Zisterne.

 $\frac{1}{150}$ , bezw.  $\frac{1}{450}$  w. Gr.

fangefläche. Das Sandbett wird sich nun durch die meteorischen Niederflüge nach und nach mit Wasser anfüllen; es werden etwa 25 bis 40 Vomhundert (bezogen auf die ganze Sandmenge) Wasser in den nichtkapillaren Zwischenräumen des Sandes Platz haben. Die Kanäle sind mit wegnehmbaren Steinplatten abzudecken, erhalten an den Einfallschächten Sturzgitter und solche Größenabmessungen, daß sie einen während 24 Stunden fallenden größten Niederflug von der ganzen dienstbar gemachten Auffangefläche zu bergen vermögen. Die Kanäle müssen von Zeit zu Zeit leicht gereinigt werden können.

Das Wasser der Zisterne kann aus dem Brunnenfchachte entweder durch Abpumpen entnommen oder mit einer dafelbst beginnenden Leitung nach irgend einer tiefergelegenen Stelle geführt und dort abgezapt werden.

Bei einer geringsten jährlichen Regenhöhe von ca. 60 cm liefert im deutschen und ähnlichen Klima:

- eine Sandpyramide von 5 m Seitenlänge der quadratischen Grundfläche  
365 Tage lang täglich 30<sup>l</sup>,
- eine Sandpyramide von 10 m Seitenlänge der quadratischen Grundfläche  
365 Tage lang täglich 110<sup>l</sup> u. f. w.

Gebraucht man die Anlage nur die Hälfte des Jahres, so liefert sie das Doppelte u. f. w.

Derartige Anlagen schützen das eindringende Meteorwasser vor Verderbnis und sind sehr zweckmäßig bei hochgelegenen Wohnplätzen, zu welchen die Wasserzufuhr große Kosten bereiten würde<sup>321)</sup>.

In größerem Maßstabe kann durch das Aufbringen von Sanden und Geröllen über einer allseitig geschlossenen undurchlässigen Schicht der Regen unterirdisch gesammelt werden, indem man künstlich die gleichen Verhältnisse herstellt, welche dem Entstehen der Quellen zu Grunde liegen. Solche unterirdische Wasseransammlungen werden sodann durch eine auf der undurchlässigen Schicht aufliegende Drainage für den Gebrauch dienstbar gemacht.

Außer den vorggeführten Verfahren der Wassergewinnung ist noch jenes mit Hilfe von Sammelteichen zu gedenken, eines Versorgungssystems, welches sich namentlich in England ausgebildet und deshalb auch die Bezeichnung »englisches System« erhalten hat. Durch Abschließen eines hierzu geeigneten Tales mittels eines quergestellten Damms oder einer Mauer wird ein Behälter gebildet, in welchem sich der oberflächlich abfließende Teil der auf das betreffende Gebiet niederfallenden meteorischen Niederschläge, das Tauwasser des Schnees, das Wasser aus natürlichen Quellen u. f. w. ansammeln.

<sup>321)</sup> Siehe auch: Ueber die Anlage von Cisternen. Baugwks.-Ztg. 1883, S. 816.

DETAİN, C. *Construction des citernes. La semaine des const.*, Jahrg. 10, S. 424, 434.

CITERNAUX. *La semaine des const.*, Jahrg. 10, S. 460.

unterften Lage, soweit die Schlitze im Mauerwerk reichen, mit größerem Kies und von dort ab aufwärts (nach Art eines Filters im Korn allmählich abnehmend) mit Sand gefüllt wird. Längs der vier Seiten der Grundfläche wird ein Kanal geführt, welcher gegen das Innere der Pyramide durch Schlitze Verbindung erhält; der Kanal ist gedeckt und hat an den vier Ecken der Pyramide Einfallschächte (bei großen Pyramiden mehr). Vom Brunnen aus stellt man gegen die Kanäle eine Abdachung her, ebenso vom Aufsenrande der Auf-

438.  
Nachahmung  
natürlicher  
Quellen.

439-  
Sammel-  
teiche.



Grundbedingungen für derartige Wasserbehälter sind undurchlässige Sohle und Seitenwände, d. h. Undurchlässigkeit des Gebirges, in welchem sie angelegt werden. Besteht dieses Gebirge aus festem Gestein, so ist stets eine Mauer als Abschluss notwendig; ist die Unterlage eine tonige, so ist ein Erddamm angezeigt. Eine gleichzeitige Anwendung von Mauerwerk und Erdschüttung ist in allen Fällen bedenklich, weil ein inniger Verband sich nicht herstellen lässt, also Durchfickerungen unvermeidlich sind.

440.  
Fassung  
sichtbarer  
Quellen.

Eine Quelle liefert zu Tage tretendes Grundwasser; sie muss, wenn sie keine Tagwasserzuflüsse hat, vor allen Dingen jederzeit ganz klares Wasser führen. Quellen, welche zeitweise trübes Wasser liefern, werden sich nur dann zur Wasserversorgung eignen, wenn sich die Ursache der Trübung entfernen lässt; die letztere zu erforschen, ist daher die erste Aufgabe des die Fassung der Quelle leitenden Technikers. Ist diese Ursache erkannt und übt sie ihren Einfluss nicht im ganzen Quellengebiet aus, so kann das gute Quellwasser vom Tagwasser gesondert werden.

Wesentlich ist hier das Gefüge des Bodens, in welchem die Quelle entsteht, und die Tiefe unter der Bodenoberfläche, in welcher sich die Versickerungen zu Quellenfäden sammeln. Im Sandboden wird das eingefickerte Wasser, wenn es nur einen ganz kurzen Weg bis zur undurchlässigen Schicht durchläuft, alsbald von allen Unreinigkeiten befreit. Besteht der Boden aus Fels, so hat er Spalten und Klüfte; das in diese Zwischenräume rasch hinabsinkende Meteorwasser wird deshalb nur dann klar über der undurchlässigen Schicht zu Tage treten, wenn es über letzterer einen sehr langsamen Lauf hat und lange verweilt. Der auf der Bodenoberfläche vorhandene Pflanzenwuchs übt ferner einen sehr wesentlichen Einfluss aus. Bemooste Waldflächen, Wiesen mit guter Grasnarbe u. s. w. lassen das Meteorwasser nahezu ganz hell in den Boden absinken; auf Böden ohne jeglichen Pflanzenwuchs werden die Regenfälle Erde auflösen, trübe in die Unterlage sinken und, besonders bei lange anhaltenden Einfickerungen, auch trübe Quellwasser erzeugen, sofern sie während des Durchlaufens durch den Untergrund nicht ausreichend Gelegenheit hatten, alle aufgenommenen Bestandteile abzulagern.

Eine gute Quelle darf in der Temperatur des gelieferten Wassers keine grossen Schwankungen zeigen und muss nachhaltig sein, d. h. sie darf nach langer Trockenheit nicht versiegen. Vollkommen gleichmässige Quellen gibt es nicht; nicht einmal die aus sehr grossen Tiefen kommenden Thermalquellen zeigen eine gleichmässige Ergiebigkeit. Man darf deshalb bei Beurteilung einer Quelle die auf Anfrage bei den Ortskundigen meist mit gutem Gewissen gegebene Antwort: »Die Quelle läuft das ganze Jahr über gleichmässig«, nie so benutzen, dass man eine gleichbleibende Ergiebigkeit voraussetzt. Diese schwankt vielmehr, je nach Höhenlage und dienstbarem Grundwasserbehälter der Quelle, meist sehr bedeutend; auch bei guten Gebirgsquellen sinkt die Ergiebigkeit in ganz trockenen Zeiten und in einem dem süddeutschen entsprechenden Klima auf die Hälfte bis ein Drittel der Mittelwassermenge<sup>322)</sup>.

Die Grundwasserausläufe zeigen umso grössere Schwankungen, je leichter das Wasser aus dem die undurchlässige Schicht überlagernden porösen Gebirge abfliessen kann und umgekehrt. Wenn nämlich die aus anhaltender Bodenbenetzung eindringenden Wasser rasch zu dem mit den Ausläufen in Verbindung stehenden Spaltensystem gelangen, so werden sie auch in kurzer Zeit nach Aufhören der Oberflächenbenetzung ablaufen, und bei eintretender Trockenheit wird der im Boden angeammelte Vorrat nur gering sein, weil sich das Wasser im Spaltensystem nicht angestaut hat und infolgedessen nur geringe Massen des Gebirges mit Wasser gefüllt werden konnten. Dieses rasche Vorwärtsfliessen ist aber nur bei einem verhältnismässig weiten Spaltensystem möglich. Sind dagegen die Wege, welche zu den Quellen führen und die Grundwasserausläufe ermöglichen, eng, so wird jener Teil der im Boden verbleibenden Einfickerung, welcher bei reichlichem Zustosse von oben nicht abzulaufen vermochte, die porösen Gebirgsmassen (sowohl in den kapillaren, wie in den nichtkapillaren Zwischenräumen) mit Wasser sättigen und so die Vorräte ansammeln, deren allmählicher Abfluss in trockenen Zeiten das Fortbestehen der Quellen sichert.

<sup>322)</sup> Siehe: DAUBRÉE, A. *Les eaux souterraines à l'époque actuelle*. Bd. 1. Paris 1887.

Unter sonst gleichen Umständen nimmt die Nachhaltigkeit der Grundwasserausläufe zu, je tiefer die Grundwasserwelle unter der Bodenoberfläche liegt und je schwieriger die Verficke- rung den Weg von der Geländeoberfläche bis zur Grundwasserwelle zurückzulegen vermag. Berücksichtigt man nämlich, daß unter Nachhaltigkeit das Verhalten der Grundwasserausläufe nach eingetretener Trockenheit verstanden werden muß, so wird es begreiflich, daß die von der letzten Oberflächenbenetzung herrührenden Einfickerungen umso langsamer an der Quelle wieder erscheinen werden, je mehr Zeit sie zum Abfinken auf die Grundwasserwelle gebraucht haben; eine auch länger dauernde Trockenheit wird in folchem Falle das Ergebnis der Quelle nicht mehr so rasch zu verringern vermögen, weil noch lange Zeit nach dem letzten Regenfalle Verficke- rungen unterwegs sind, um den Grundwasserstrom zu speisen.

Selbstverständlich üben im übrigen die Schwankungen des Oberflächenstandes der Grund- wasserwelle im Inneren des Gebirges auch einen Einfluß auf das Ergebnis der Quelle aus. Dieser Einfluß ist gering, wenn sich die Schwankungen innerhalb enger Grenzen bewegen, und der Grundwasserausfluß kann in diesem Falle als nahezu gleichbleibend angesehen werden; der Einfluß wird auch dann nicht sehr belangreich, wenn die Grundwasserwelle erhebliche Unter- schiede zwischen dem höchsten und tiefsten Stande zeigt. Während in umgekehrter Weise sich der Einfluß der Länge des Ablaufkanals geltend macht, wächst die Größe der Ausflußmenge, bezw. das rasche Entleeren des Grundwasserbehälters außerordentlich mit dem Erweitern des Ablaufkanals.

Nur in ganz seltenen Fällen gelingt es, bei einer Quelle durch die vorzunehmenden Fassungsarbeiten die Wassermenge dauernd zu erhöhen; immerhin ist dies jedoch möglich. Wenn z. B. eine Quelle in einer Schutthalde zu Tage tritt, durch welche ihr eigentlicher Ursprung an der Steinscheide verdeckt ist, so geht in der Regel nicht alles Wasser mit dem Quellenlaufe; sondern es versinkt auch ein Teil in die Halde, welcher durch Vortreiben der Aufschlußarbeiten bis zur Steinscheide dienstbar ge- macht werden kann. Speist ein mächtiger Quellwasserstrom mehrere Quellen, wie dies nicht gerade selten ist, so kann das Vortreiben und Tieferlegen eines einzelnen Auslaufes sein Ergebnis auf Kosten der anderen dauernd vermehren u. f. w.

Hat dagegen eine Quelle ein für sich abgegrenztes Infiltrationsgebiet und einen besonderen Grundwasserbehälter, so muß eine Störung des Gleichgewichtes durch Erweitern der Auslauföffnung tunlichst vermieden werden<sup>323)</sup>. Sie wird nicht gerade schädlich wirken, wenn die Auslaufkanäle vom Ursprunge auf eine große Strecke rückwärts eng sind und auch bleiben. Geradezu vernichtend dagegen können die sog. Aufschlußarbeiten auf das Ergebnis der Quelle wirken, wenn ihr stetiger Auslauf einer aufstauenden Gebirgsvorlage zu verdanken war, die durch diese Arbeiten weggeräumt wird.

Man hat in diesem Falle künstlich einen weiten Auslauf geschaffen; die von der Boden- oberfläche eindringenden Verficke- rungen erreichen den neuen Auslauf mit verhältnismäßig großer Geschwindigkeit; das Füllen des Grundwasserbehälters tritt nicht mehr oder nur noch in ge- ringem Maße ein; die Quelle liegt bei längerdauerndem Regenmangel trocken und trübt sich nach anhaltend großen Niedererschlägen; auch wird sie sich in der rauhen Jahreszeit kalt, in der warmen warm zeigen u. f. w.

In solchen Fällen liefert meistens einige Zeit nach dem Fertigstellen der Arbeiten (bis der Grundwasserbehälter ausgelaufen ist) die Quelle erheblich mehr wie früher; erst später zeigen sich die obenangeführten Mifsstände und verderben dann sehr die Freude an der erhofften Wasser- vermehrung. Da es auch sehr schwer fällt, den früheren Zustand durch Abtragen der Bauten u. f. w. wieder herzustellen, so ist dringend anzuraten, die Herkunft jeder Quelle und ihre geognostische Umrahmung, sowie ihren Zusammenhang mit benachbarten Quellen zu studieren, ehe man »Auf- schlußarbeiten« vornimmt.

Will man eine Quelle für die Versorgung eines Gebäudes oder einer Gebäude- gruppe benutzen, so hat man zwei Hauptbedingungen zu erfüllen:

<sup>323)</sup> Siehe: Wiens Wasserversorgung. Wochschr. d. niederöf. Gwbe.-Vereins 1885, S. 172.

- 1) man muß die Quelle vor Trübungen und vor äußerlichen Verunreinigungen schützen, ebenso vor Frost und Hitze;
- 2) man muß ihren Ursprung zugänglich machen.

Beiden Bedingungen entspricht man mit den fog. Brunnenstuben, bei großartigen Anlagen auch Wasserflösser<sup>324)</sup> genannt.

Befindet sich die Quelle an einem Abhänge, so ist es meist möglich, eine Zugänglichkeit in der in Fig. 382 u. 383 dargestellten Weise zu ermöglichen. Erfüllt man dabei die Bedingungen, über dem Scheitel des Brunnenstubengewölbes noch ca. 1,20 m Deckung zu geben und eine bequeme Einsteigöffnung zu schaffen, so ist damit den Bedingungen 1 und 2 Genüge geleistet.

In Fig. 382 ist eine einfache Brunnenstube dargestellt.

Zugänglich ist sie durch eine schrägliegende, zweiflügelige Tür. Man gelangt durch die letztere in einen Einsteigschacht und kann von hier aus den Wasserbehälter und die Quelle erreichen. Der besondere Einsteigschacht ist entwässert und nötig, um alle von außen beigetragenen Unreinigkeiten, Tagwasser u. f. w. abzuhalten;

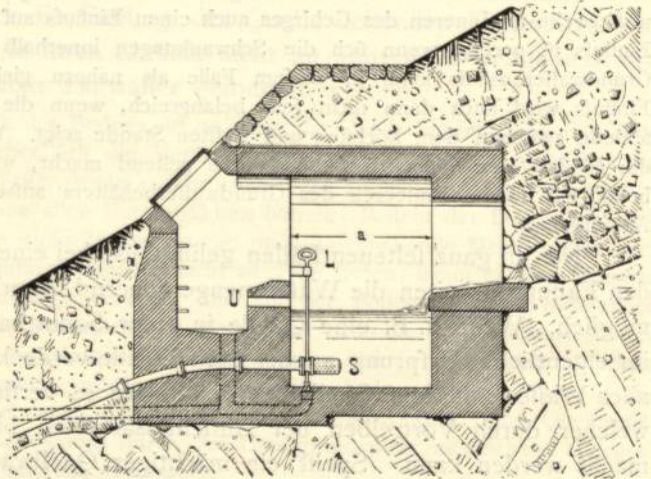
in ihn mündet auch der Ueberlauf *U* von der Quelle. Ein vom Einsteigschacht, bzw. von der zwischen diesem und der Brunnenkammer liegenden Brücke aus ziehbarer Leerlauf *L* gestattet eine Entwässerung und Reinigung; die Zuleitung beginnt in der Brunnenkammer mit dem Seiher *S*. Ueberläufe und Leerläufe sind in Rohren zusammengeführt. Zwischen Einsteigschacht und Brunnenkammer kann nach Bedarf eine zweite Tür eingeschaltet werden. Die Lüftung erfolgt durch die schrägen Falltüren in genügend wirksamer Weise.

Führt das Wasser der Quelle Sand (was insbesondere bei Quellen aus Buntandstein oder aus Alluvionen häufig der Fall), so ist ein genügend großer Behälter zum Ablagern dieses Sandes erforderlich. Man entspricht dieser Bedingung durch Vergrößerung der Abmessung *a* in Fig. 382.

Gestatten es die Verhältnisse nicht, diese Brunnenstuben einzuschneiden, so kann durch etwas größere Anschüttung die zum Schutze gegen Frost und Hitze erforderliche Deckung erreicht werden (Fig. 383).

Sehr zu beachten ist in allen Fällen, daß die zur Abdeckung verwendete Erde so dicht fein muß, um alles unmittelbare Eindringen von Tagwasser zur Quelle zu hindern. Der hierzu am meisten geeignete Boden ist bindiger (toniger) Grubenkies und Grubenfand; gänzlich ungeeignet ist Schotter.

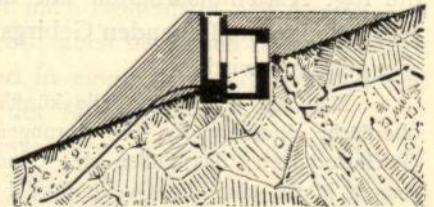
Fig. 382.



Einfache Brunnenstube.

 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Fig. 383.

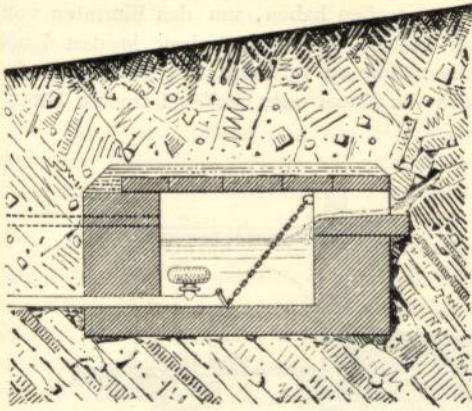


Einfache Brunnenstube.

 $\frac{1}{250}$  w. Gr.

<sup>324)</sup> Siehe: STADLER, R. Die Wasserversorgung der Stadt Wien. Wien 1873. S. 242, 244.

Fig. 384.



Einfachste Brunnenstube.

 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

durch das Ueberlaufrohr; die Kosten einer solchen Anlage sind verhältnismässig klein.

Bei diesen Bauwerken ist angenommen, dass die Quelle, so wie sie ist, gefasst wird, also ohne Aufschlufsarbeiten. Man hat in diesem Falle den Quellenort fauber von allem Pflanzenwuchs u. f. w. zu räumen und muss, soweit der Schlitz für den Quelleneinlauf reicht, groben Kies und Schotter auflegen; von diesem wird dann allmählich (wie bei einem Filter) der Uebergang zur bündigen Abdeckung hergestellt.

Von der Herstellung von Aufschlufsarbeiten soll in Art. 443 ff. abgehandelt werden.

Intermittierende Quellen, d. h. solche, welche zeitweise versiegen, sind nur dann für eine Wasserverforgung brauchbar, wenn ein genügend grosser Ausgleichbehälter hergestellt wird, der in der Zeit, in welcher der Zufluss ausbleibt, die Bedürfnisse befriedigt. Solche Behälter sind entweder als Sandanhäufungen (wie bei den venezianischen Brunnen) oder, wenn das Wasser rein ist, wie gewöhnliche Wasserbehälter (siehe Art. 463 ff.) zu behandeln.

Jede Quelle sollte vor ihrer Benutzung mindestens ein Jahr lang genauen Messungen unterzogen werden, wenn nicht von vornherein feststeht, dass ihre Ergiebigkeit in allen Fällen ausreichend ist.

Für einzelne Gebäude und für Gebäudegruppen wird das Wasser bisweilen auch aus dem nächstgelegenen Flusse oder einem anderen offenen Wasserlaufe bezogen. Man kann in einem solchen Falle das Saugrohr der Wasserhebe-*ma*schine unmittelbar in den Fluss setzen; alsdann wird es an der Mündung mit einem siebartigen, am besten aus Kupfer angefertigten Saugkorb versehen. Besser ist es, die Saugrohrmündung durch einen gemauerten, oben offenen Kasten vor Beschädigungen zu schützen. Indes ist es in den meisten Fällen vorzuziehen, im Gebäude selbst oder auf dem dazu gehörigen Grundstück einen brunnenartigen Schacht herzustellen und diesen durch eine Rohrleitung, einen gemauerten Kanal oder einen Stollen mit dem Fluss in Verbindung zu setzen; das Wasser ist alsdann aus diesem Schacht zu pumpen (Fig. 385).

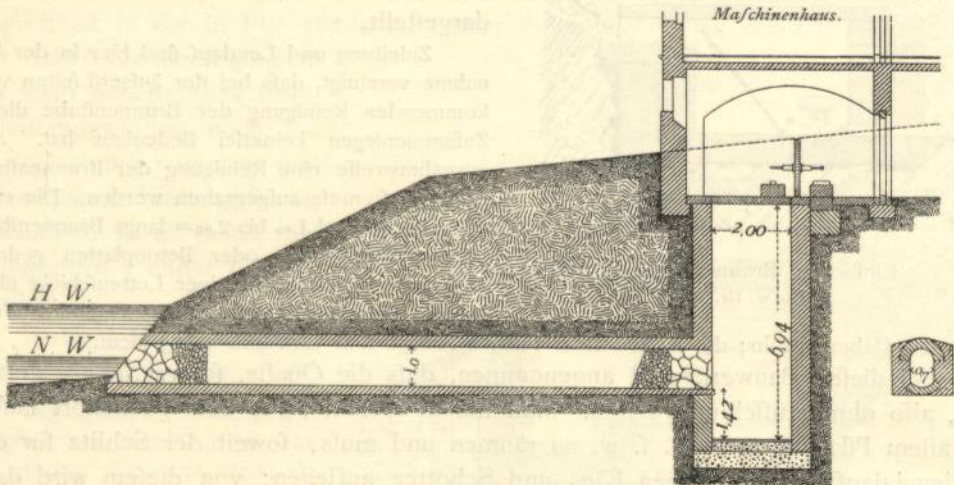
Die Rohrleitung, bezw. der Kanal oder der Stollen muss so tief angelegt werden, dass auch bei niedrigstem Wasserstande der Brunnen-schacht noch mit Wasser versehen wird. Man gibt dieser Zuleitung ein Gefälle von etwa  $\frac{1}{100}$  nach dem Schacht hin und legt die Sohle des letzteren um 1,50 bis 3,00 m tiefer als die Einmündung der ersteren; der untere Teil des Schachtes dient dann als Schlammfang und muss von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Mantel und Sohle des Brunnen-schachtes müssen wasserundurchlässig sein; die Sohle wird deshalb am besten durch eine Schicht Beton gebildet.

Ist eine Quelle derart rein, dass weder das Einschwemmen von Sand, noch das Ablagern von Schlamm zu befürchten ist, und will man mit dem geringsten Aufwande von Kosten die Quellenfassung vollziehen, so geschieht es, wie in Fig. 384 dargestellt.

Zuleitung und Leerlauf sind hier in der Annahme vereinigt, dass bei der äusserst selten vorkommenden Reinigung der Brunnenstube dieses Zusammenlegen keinerlei Bedenken hat. Soll ausnahmsweise eine Reinigung der Brunnenstube erfolgen, so muss aufgegraben werden. Die etwa 0,70 m breite und 1,80 bis 2,00 m lange Brunnenstube ist mit Steinplatten oder Betonplatten gedeckt und diese Deckung mit einer Lettenschicht überzogen. Die Lüftung erfolgt in genügender Weise

Obwohl man immer bemüht sein wird, das Wasser an einer Stelle zu entnehmen, wo es möglichst rein ist, so wird man doch stets Vorkehrungen zu treffen haben, um das Eintreten von festen Stoffen in die Zuleitung zu verhüten; man hat deshalb ihre Ausmündung in den Fluss zum mindesten mit einem engmaschigen Gitter oder einem Sieb zu verwahren. Führt das Flusswasser viele feine Sinkstoffe mit sich, so empfiehlt es sich, im Kanal oder Stollen lotrechte Filter-

Fig. 385.



Wasserverforgung der Männerstrafanstalt zu Pillen aus dem Radbuza-Fluss.

1/200 w. Gr.

schichten, aus groberem Stein- und feinerem Kiesmaterial bestehend, anzuordnen (Fig. 385). In manchen Fällen genügt eine derartige Reinigung nicht; man muss besondere Filterbecken anlegen und in diesen das Wasser von den feinen, mechanisch beigemengten Stoffen befreien; erforderlichenfalls kann auch eine chemische Reinigung stattfinden.

Bei Wasserentnahme aus größeren Flüssen, welche während ihres Laufes schon viele menschliche Wohnstätten berührt und dabei allerlei Verunreinigungen erfahren haben, ist zur Erreichung eines reinen Wassers künstliche Filtration unerlässlich. Dabei kann es sich selbstverständlich nur um das Entfernen der mechanischen Beimengungen handeln; insbesondere sei hier erwähnt, dass nach eingehenden Versuchen die Sandfiltration keineswegs die kleinen krankheitsregenden Mikroben zurückzuhalten im Stande ist.

Das Entfernen der mechanischen Beimengungen kann auf zwei Arten geschehen:

a) entweder durch längeres ruhiges Stehenlassen des Wassers in besonderen Becken (Bassins), Ablagerungs- oder Klärbecken genannt, wodurch die größeren Verunreinigungen auf dem Boden des Beckens sich ablagern, oder

b) mittels Filtration des Wassers durch Sandschichten, welche letztere die Beimengungen auf ihrer Oberfläche zurückhalten und auf diese Weise eine vollständige Klärung des Wassers herbeiführen.

Je nach der Beschaffenheit des Wassers und seinen Verwendungszwecken wird man das eine oder das andere Reinigungsverfahren oder auch beide vereinigt zur Anwendung bringen<sup>325)</sup>. Die Dauer der Klärung richtet sich wiederum nach der Menge und Beschaffenheit der Verunreinigungen, hauptsächlich nach ihrem Vermögen, sich schneller oder langsamer als Bodensatz abzuscheiden.

<sup>325)</sup> Siehe: KIRKWOOD, J. P. Filtration des Flusswassers. Hamburg 1876.

GRAHN, E. & F. A. MEYER. Reisebericht über künstliche und centrale Sandfiltration. Hamburg 1877.

Die Ablagerungsbecken können gleichzeitig den Zweck von Vorratsbehältern erfüllen und erhalten dann eine diesem Zwecke entsprechende Gröfse. Ihre Herstellung kann in einfacher Teichform mit Erdböfchungen geschehen; sie können jedoch auch mit gemauerten Seitenwänden oder gepflasterter Sohle und ebenfolchen Seitenböfchungen ausgeführt werden, was von den Geländeverhältnissen und der Bodenbeschaffenheit abhängt.

Die Filter bestehen in der Hauptsache aus gemauerten oder mit abgepflastertem Boden und ebenfolchen Böfchungen versehenen Becken, welche mit Filtermaterial bis etwa zur halben Höhe angefüllt sind. Das Filterbett besteht in feiner obersten Lage aus einer 0,60 bis 1,00 m starken Sandschicht (von  $\frac{1}{3}$  bis höchstens 1 mm Korn), welche die eigentliche Abklärung bewirkt und in deren oberstem Teile nahezu alle mechanischen Beimengungen des Waffers beim Durchflufs zurückbleiben. Die unter dem Sande in zunehmender Korngröfse lagernden Kiesfichten haben hauptsächlich den Zweck, der Sandschicht eine gute Unterlage zu schaffen und dem filtrierten Waffer den Eintritt in die darunter befindlichen Sammelkanäle zu erleichtern. Das Reinigen eines Filters geschieht durch Entfernen der obersten verunreinigten Sandschicht in der Stärke von 20 bis 40 mm, welche dann entweder gewaschen und wieder aufgebracht oder durch neues Material ersetzt wird; die tiefergehenden Verunreinigungen machen erst nach einer Reihe von Jahren das Erneuern, bezw. Reinigen des ganzen Filters nötig.

Die Wassermenge, welche man in einem Tage wirksam zu filtrieren im stande ist, wird von der Menge und Beschaffenheit der im Waffer enthaltenen Verunreinigungen, von der Länge der Betriebsdauer des Filters und von der Feinheit (dem Korn) des Filterfandes abhängen. Für mittlere Verhältnisse rechnet man 1,50 bis 3,00 cbm filtriertes Waffer für 1 qm Filterfläche und für 24 Stunden; dabei ist zu beachten, dafs eine langsamere Filtration die wirksamere ist. Die durch fortgesetzten Betrieb auf der Sandfläche abgelagerten Rückstände erschweren mit der Zeit das Durchsickern derart, dafs selbst beim höchsten zulässigen Ueberdrucke von 1 m (Höhenunterschied der Wafferpiegel vor und nach der Filtration) die erforderliche Wassermenge nicht mehr zum Durchflufs gelangt. Alsdann mufs das Filter entweder entleert und gereinigt oder, indem man Waffer durch das Filter in entgegengesetzter Richtung aufsteigen läfst, die Schmutzdecke gehoben und wieder durchlässiger gemacht werden. Letzteres Verfahren empfiehlt sich dann, wenn infolge der Feinheit des Filterfandes die Verchlämmung des Filters schon nach kurzer Betriebszeit eintritt. Sämtliche Klär- und Filteranlagen sind aufser dem Zu- und Ablauf mit Ueberlauf- und Entleerungsleitungen zu versehen.

Die Filtration mittels Sand in dazu bestimmten Behältern kommt nicht nur für städtische Wafferverforgungen im grofsen zur Anwendung, sondern wird auch in kleinerem Mafsstabe für einzelne Gebäude und Gebäudegruppen durchgeführt, welche, wie z. B. häufig Badeanstalten u. f. w., ihr Waffer unmittelbar aus dem nächstgelegenen Flusse beziehen.

Bei günstiger Beschaffenheit der Ufer an offenen Gewässern, insbesondere, wenn der Untergrund aus Kies und Sand besteht, gelingt es sehr häufig, durch Anlage von Filtergalerien dem Ufer entlang das Waffer durch natürliche Filtration zu reinigen. Man wählt in folchem Falle die zur Flufsachse konvexen Ufer, weil an diesen bei hohen Wasserständen etwa von früher aufgelagerter Schlamm ab gespült, vom Flusse weggeführt und durch reineres Material ersetzt wird.

Eine chemische Reinigung des Waffers zu Wasserleitungszwecken an feiner Bezugsquelle wird nur in ganz besonderen Fällen vorgenommen werden, z. B. bei Färbung des Waffers durch organische Stoffe, wie dies bei Waffern aus Torfgegenden häufig der Fall. Hier genügt — nachdem das Waffer genügend filtriert ist — ein geringer Alaunzusatz, um die Farbstoffe auszufcheiden. Andere Mittel für chemische Reinigung, als da sind: plastische Kohle, Eifenschwamm u. f. w., kommen meist nur bei der Hausfiltration zur Anwendung und werden in Art. 481 abgehandelt.

Waffer aus Seen und gröfseren Teichen kann, wenn in genügender Tiefe unter dem Wafferpiegel (10 bis 20 m) entnommen, ohne künstliche Filtration unmittelbar verwendet werden; es ist in der Regel sehr gut, auch hell und zeigt in der angegebenen Tiefenlage keine erheblichen Temperaturschwankungen.

Die Städte Zürich und Genf beziehen schon lange (die letztere Stadt seit mehreren Jahrhunderten) Trink- und Brauchwasser aus den nahegelegenen Seen. Genaue chemische und mikroskopische Untersuchungen von Seewaffer, welche in beiden Städten vorgenommen wurden,

haben erwiesen, daß das Wasser vor allen anderen in der Nähe und in genügenden Mengen erhältlichen den Vorzug verdient<sup>326)</sup>.

443-  
Fassung  
verdeckter  
Wasserläufe.

Handelt es sich darum, einen nicht zutage tretenden, aber durch verschiedene Kennzeichen ermittelten Grundwasserstrom für die Wasserversorgung von Gebäuden oder Gebäudegruppen dienstbar zu machen<sup>327)</sup>, so bedient man sich zu diesem Zwecke entweder der lotrechten Brunnen oder der wagrechten Sammelanlagen, unter Umständen auch einer gemeinsamen Verwendung beider. Bei Entnahme aus Grundwasserströmungen, wie sie in den Alluvionen der deutschen Flußgebiete sehr häufig angetroffen werden<sup>328)</sup>, ist die Anwendung lotrechter Brunnen fast ausnahmslos üblich. Handelt es sich dagegen um Fassung ausgedehnter Wasserströmungen über undurchlässigen Schichten im festen Gebirge, so ist das Abfassen der verfügbaren Grundwasser meist vollkommener und leichter mit wagrechten, bezw. der Lage der undurchlässigen Schicht folgenden Sammelanlagen durchführbar.

444-  
Brunnen.

Unter den lotrechten Brunnen sind die bekanntesten jene kreisrunden gemauerten Schächte, welche auf ca. 1,50 bis 2,00 m Tiefe in das Grundwasser abgesenkt werden. Die innere Weite dieser Brunnen beträgt meistens 1 m und darüber; keinesfalls sollte sie weniger als 0,80 m betragen. Sie werden entweder auf einem hölzernen, am unteren Ende mit schmiedeeisernem Schuh versehenen Kranze oder Rofte (Schling) oder, bei größeren Lichtweiten, auf schmiedeeisernem, mit Beton ausgegossenem Rofte (Fig. 386) wasserdicht oder mit offenen Fugen aufgemauert, je nachdem man das Untergrundwasser nur aus der Sohle oder aus Sohle und Umfassungswand in den Schacht eintreten lassen will.

Die Lichtweite des Brunnens übt einen geringeren Einfluß auf die Wasserergiebigkeit aus, als man in der Regel annimmt<sup>329)</sup>. Wenn z. B. in bekanntem Grundwasserträger ein Brunnen von 3 m Weite 40 Sekundenliter Wasser bei 2 m Abenkung des Wasserpiegels ergibt, so liefert im gleichen Träger bei gleicher Abenkung und unter sonst gleichen Umständen ein 1 m weiter Brunnen nach theoretischen Ermittlungen 33 Sekundenliter, also nur ca. 18 Vomhundert weniger u. f. w. Innerhalb enger Grenzen wird man deshalb mit Vergrößerung der Lichtweite meist wenig erreichen; dagegen vermehren sich die Kosten der Ausführung mit Zunahme der Lichtweite sehr bedeutend, und dies ist der Grund, weshalb in neuerer Zeit, insbesondere wenn es sich um Wasserentnahme aus großen Tiefen handelt, größere gemauerte Brunnen wenig mehr zur Anwendung gelangen. Sie werden durch eine Reihe im Kreise gestellter kleiner Brunnen ersetzt. Bei geringen Abenkungstiefen sind sie dagegen heute noch das einfachste und dauerhafteste Mittel zur Wassergewinnung.

Die Verfenkung dieser Brunnen erfolgt entweder durch Ausgraben unter dem Rofte, wobei das Brunnenmauerwerk beschwert und dadurch das Einsinken des Brunnens bewirkt wird (während des Ausgrabens muß in diesem Falle das Wasser fortgepumpt werden); oder man bewirkt eine Unterhöhlung unter dem Rofte mit der Baggerfchaufel, der Sandpumpe, dem Sackbohrer u. f. w.<sup>330)</sup>.

In den Brunnen mündet das Saugrohr der Pumpenanlage.

326) Siehe: HAHN, CH. *Études sur les principales eaux potables du canton de Genève*. Genf 1883.

Die Wasserversorgung von Zürich und ihr Zusammenhang mit der Typhus-Epidemie des Jahres 1884. Zürich 1885.

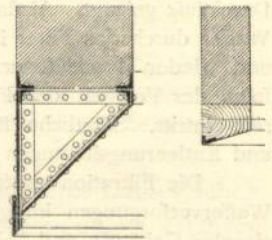
327) Siehe: DUPUIT, J. *Traité de la conduite et de la distribution des eaux* 2. Aufl. Paris 1865. S. 27.

328) Siehe: LUEGER, O. *Theorie der Bewegung des Grundwassers in den Alluvionen der Flußgebiete*. Stuttgart 1883.

329) Siehe: FORCHHEIMER, PH. Ueber die Ergiebigkeit von Brunnen-Anlagen und Sickerfchlitzen, *Zeitschr. d. Arch.-u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1886, S. 539.

330) Siehe hierüber das in Teil III, Bd. I (Abt. II: Fundamente) dieses »Handbuches« Gefagte.

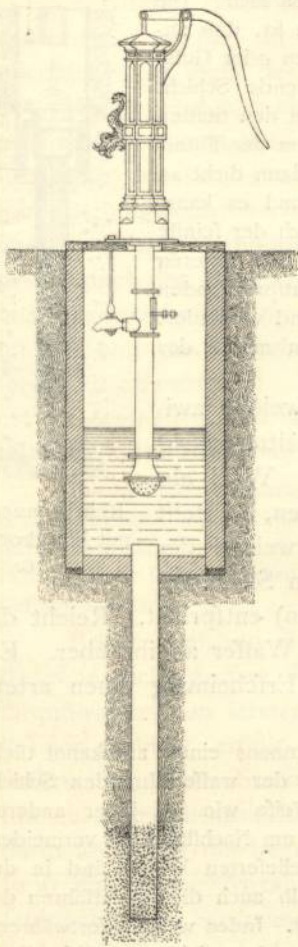
Fig. 386.



Brunnenkränze.

1/40 w. Gr.

Fig. 387.

Rohrbrunnen mit Saugschacht.  
1/60 w. Gr.

Bedingungen der Wasserentnahme erfüllt (Fig. 388). Durch einen angeschraubten Schlauch, bezw. eine Rohrleitung, kann das Weiterfördern oder das Heben des Wassers bewerkstelligt werden. Ist die Ergiebigkeit des Brunnenrohres eine große, so kann dieses ohne weiteres als Saugrohr einer größeren, durch mechanische Kräfte bewegten Pumpenvorrichtung dienen.

Solche abessinische Brunnen können ganz besonders leicht in kiefigen und lehmigen Untergrund geschlagen, bezw. eingedreht werden, vorausgesetzt daß im letzteren keine sehr große Steine (Wacken, Findlinge) vorhanden sind. In sehr feinem Sande (Triebfand, Flugfand) eignen sie sich nicht, weil dieser Sand durch die Löcher des Rohres zur Pumpe gelangt; in solchem Material und wenn es sich um Entnahme aus großen Tiefen handelt (Abessinier kann man bis zu 30<sup>m</sup> abtreiben), werden Rohrbrunnen mit Filterkörben angewendet.

Bei den Rohrbrunnen mit am unteren Ende angebrachten Filterkörben besteht ein wesentlicher Unterschied darin, ob unmittelbar aus dem Rohrbrunnen von den Pumpen aus angefaugt wird oder ob man in den fertigen Rohrbrunnen noch ein besonderes Saugrohr einhängt wie in einen gewöhnlichen gemauerten Brunnen schacht.

In neuerer Zeit wird häufig von einer Mauerung des Brunnen ganz abgesehen oder doch fein gemauerter Teil auf einen kleinen, unmittelbar unter der Erdoberfläche gelegenen, wenig tiefen Kessel beschränkt, der eigentliche Brunnen schacht jedoch durch eiserne Rohre verwahrt (Fig. 387). Derartige Rohrbrunnen finden eine immer größere Verbreitung und spielen für größere Tiefen in nicht zu steinigem Boden, ferner in Fällen, in welchen man das Wasser der oberen stark verunreinigten Bodenschichten abhalten will, eine nicht unwichtige Rolle. An richtiger Stelle angewendet, bilden Rohrbrunnen den gemauerten Brunnen gegenüber eine einfachere, rationellere und meist auch billigere Wassergewinnungsanlage, so daß ihre Verwendung empfohlen werden kann.

Zu den einfachsten und schon seit längerer Zeit in Anwendung befindlichen Rohrbrunnen gehören die abessinischen. Je nach der Art des Eintreibens des Rohres solcher Brunnen unterscheidet man Schraubbrunnen und Rammbrunnen.

Bei den Schraubbrunnen wird ein schmiedeeisernes Rohr von 30 bis 80 mm Weite, welches an feiner Spitze mit Schraubengängen und einer Anzahl Löcher zum Eintritt des Wassers versehen ist, bis in die wasserführende Schicht eingeschraubt. Gestattet die Bodenbeschaffenheit das Eindrehen eines solchen Rohres nicht, so wird es in den Boden eingerammt; das unterste Rohrstück ist alsdann mit einer kulpigen Stahlspitze und oberhalb letzterer mit Löchern versehen; wenn man auch mit derartigen Rohren Felsen oder gewachsene feste Steinschichten nicht durchdringen kann, so gelingt dies doch in sehr festen Bodenarten. Befestigt man auf diesem Rohre eine kleine Handpumpe, so sind alle

Fig. 388.



Abessinierbrunnen.

1/60 w. Gr.



Bei Rohrbrunnen der ersteren Art ist ein Saugwindkeffel unentbehrlich, um gleichmäßigen Zufluss zu erzielen; im anderen Falle bedarf es dessen nicht. Die Herstellung solcher Rohrbrunnen (Fig. 389) geschieht im allgemeinen so, daß zunächst eine Bohrschale, welche je nach ihrer Weite aus Schmiedeeisen oder Gußeisen ist (gußeiserne von 400 mm aufwärts), durch die wasserführende Schicht getrieben wird. Ist sie bis an die Stelle abgetrieben, an welche man den tiefsten Teil des Filterkorbes versetzen will, so wird die Bohrschale, nachdem der Filterkorb abgelassen worden, wieder aufgezogen; der Sand legt sich alsdann dicht an die Metallgaze, mit welcher der Filterkorb übersponnen ist, an, und es kann, sofern die Fäden der Metallgaze nahe genug aneinander liegen, auch der feinste Flugsand vom Eintritt in den Brunnen abgehalten werden. Ein am unteren Teile der Bohrschale angebrachter Bund *B*, angepaßt an einen entsprechenden Rand unterhalb des Bügels am Filterkorb, hält den letzteren fest und verhindert das Eintreten von Sand in den eigentlichen Brunnen, aus welchem mittels des Saugrohres *S* Wasser entnommen werden kann<sup>331</sup>).

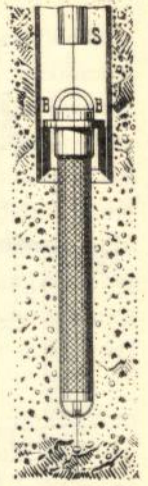
In manchen Fällen stehen Grundwasserströmungen, welche zwischen zwei undurchlässigen Schichten verlaufen, unter verhältnismäßig hohem Drucke und heißen dann artesischen Strömungen. Wird ein Bohrloch in den Träger einer solchen Strömung eingetrieben, so stellt sich das Wasser in der Bohrschale genau auf jene Höhe, welche der Pressung an der von ihr berührten Stelle in der artesischen Strömung (als Ueberdruck über den atmosphärischen Druck gemessen) entspricht. Reicht die Bohrschale nicht bis zu dieser Höhe hinan, so fließt das Wasser an ihr über. Erfolgt der Ueberlauf über Erdgleiche, so pflegt man die Erscheinung einen artesischen Brunnen zu nennen.

Es ist stets ratsam, vor Inangriffnahme eines artesischen Brunnens einen anerkannt tüchtigen Geologen zu beraten, welcher wenigstens ungefähr die Lage der wasserführenden Schicht kennt. Das Erbohren des Wassers geschieht in ganz gleicher Weise wie bei jeder anderen Bohrung; eine Verrohrung des Bohrloches ist in allen Fällen gut, um Nachstürze zu vermeiden. Die von den artesischen Brunnen, besonders aus großen Tiefen, gelieferten Wasser sind in der Regel als Nutzwasser zu hart und als Trinkwasser zu warm, weshalb auch dieses Verfahren der Wasserversorgung in der neueren Zeit weniger beliebt geworden ist. Indes werden fortwährend noch artesischen Brunnen erbohrt, und es gibt sehr viele Gegenden, in welchen artesischen Strömungen wahrscheinlich, bezw. nachgewiesen sind.

Zur Bestimmung der dauernden Ergiebigkeit eines Brunnens, gleichviel welcher Art, ist die unausgesetzte Entnahme größerer Wassermengen und das Beobachten der Wirkung dieser Entnahme auf den Wasserstand im Brunnen notwendig; gleichzeitig soll der Grundwasserstand in der Nähe des Brunnens, sofern er von der Entnahme nicht mehr beeinflusst ist, beobachtet werden. Findet fortwährendes Sinken des Wasserstandes im Brunnen statt, welches rascher als das Sinken des unabhängigen Grundwasserstandes vor sich geht, oder zeigt sich dieses Sinken, während sich der unabhängige Grundwasserstand hebt, so vermag der Brunnen die ihm versuchsweise entnommene Wassermenge auf die Dauer nicht zu liefern. Senkt sich dagegen der Wasserstand im Brunnen auf eine bestimmte Tiefe und schwankt er alsdann bei fortwährender Entnahme wenig und überhaupt nur übereinstimmend mit dem unabhängigen Grundwasserstande, so darf die Möglichkeit einer dauernden Entnahme dieser Art und Größe als wahrscheinlich angenommen werden. Sicherheit darüber erhält man erst nach Ablauf einer längeren Reihe von Jahren.

In der Regel soll der Wasserstand eines Brunnens höchstens 2 bis 3 m unter die Gleichgewichtslage abgefenkt werden.

Fig. 389.

Rohrbrunnen  
mit Filterkorb.

1/50 w. Gr.

446.  
Artefische  
Brunnen.447.  
Ergiebigkeit  
der  
Brunnen.<sup>331</sup>) Ueber Saugkörbe für Rohrbrunnen siehe: D. R.-P. Nr. 16394, 23245, 33824.

Soll der Brunnen nur eine Gebäudeanlage verfordern, so achte man darauf, daß er weder durch Abwasser, noch durch Aborte, Abort- und Kehrtrichtergruben u. f. w. verunreinigt werde. Ist die wasserführende Schicht nicht sehr tief unter der Bodenoberfläche, so muß der Brunnen möglichst entfernt von diesen Anstalten an einen Ort verlegt werden, welcher voraussichtlich auch in späteren Zeiten von jeder Verunreinigung ausgeschlossen bleibt; auch muß diese Stelle so gelegen sein, daß die Richtung des Grundwasserstromes nicht von den genannten Anstalten gegen sie, sondern umgekehrt verläuft. In der Regel werden die Brunnen in dem zum betreffenden Gebäude gehörigen Hofraume, Garten u. f. w. angeordnet; bisweilen legt man jedoch den Brunnen im Gebäude selbst an, an einer passenden Stelle des Keller- oder Erdgeschosses, wodurch man das Brunnenrohr gleichzeitig gegen Einfrieren schützt und das Eindringen von Tagwasser und unreinem Wasser der oberen Erdschichten abwehrt<sup>332)</sup>.

448.  
Lage der  
Brunnen.

Gegen Frost und Hitze, sowie gegen das Eindringen von Licht sind die Brunnen- schächte oder Brunnenrohre sorgfältig zu verwahren.

Die Strömungsrichtung des Grundwassers ermittelt man durch eine Reihe von Probegruben und Bohrungen (mindestens drei); man verbindet die erhaltenen Wasserstände auf der Karte durch Horizontalkurven, d. h. man sucht die Wasserstände gleicher Höhe auf. Die Strömungsrichtung steht sodann senkrecht gegen diese Kurven, und ihr Zeiger geht von der höher- nach der tiefergelegenen.

Brunnenanlagen sind unvorteilhaft, sobald der aufzuschließende Grundwasserstrom in nicht großer Tiefe unter der Bodenoberfläche verläuft und der Träger des Grundwassers von letzterem auf nur verhältnismäßig geringe Höhe über der undurchlässigen Schicht erfüllt wird (bei im übrigen größerer Ausdehnung des Stromes senkrecht zu seiner Strömungsrichtung). Da man in solchem Falle gegen den Brunnen hin einen verhältnismäßig kleinen Durchflußquerschnitt hat und die Geschwindigkeit darin anlässlich der begrenzten Absenkungsmöglichkeit nicht erheblich steigern kann, so ist eine große Anzahl von Brunnen erforderlich, um dasselbe zu leisten, was eine senkrecht zur Strömungsrichtung angelegte, unmittelbar wirkende und auf der undurchlässigen Schicht gegründete Sammelanlage vollbringt. Die Wirkung der letzteren ist unbedingt sicher und in diesem Falle, wie auf Grund von Kostenvergleichen sich jederzeit nachweisen lassen dürfte, auch wirtschaftlich vorteilhafter als die Herstellung einer Reihe von Brunnen. Stollen, Sammelgalerien, Sammelrohre, Dohlen, Drains und Sickerungen werden in solchem Falle Brunnen vorzuziehen sein.

449.  
Sammelschlitz  
und  
-Galerien.

Sehr häufig kommt es vor — und zwar nicht nur im festen Gebirge, sondern ebenfowohl in den Alluvionen der Flußgebiete —, daß der Grundwasserstrom nicht gleichmäßig, sondern vorzugsweise in einzelnen, teils miteinander in Verbindung stehenden, teils voneinander getrennten Adern verläuft, welche gewissermaßen die von der Natur angelegte Drainage der Alluvion oder des Gebirges vorstellen. Ausnahmslos ist dies bei Felsgebirgen der Fall, in welchen das Grundwasser über der undurchlässigen Schicht in den Spalten und Klüften des überlagernden Gebirges fließt; die verschiedenen Stränge vereinigen sich dann entweder an einer oder mehreren Stellen, gegen welche die undurchlässige Schicht von allen Seiten Gefälle hat, oder sie bilden eine Reihe von Quellen, wenn die undurchlässige Schicht ganz oder nahezu eben und wagrecht verläuft (Spaltenquellen und Schichtenquellen). Der gleiche Fall tritt auch häufig bei Alluvionen ein, insbesondere wenn die Geschiebe

<sup>332)</sup> Siehe: ROLLET, J. *Influence des filtres naturels sur les eaux potables.* Lyon 1882.

und Gerölle der letzteren mehr oder weniger tonige Beimengungen enthalten, in welchen einzelne Stränge oder langgestreckte Nester reineren Materials (Kiesadern) eingelagert sind. In diesen Kiesadern bewegt sich das Grundwasser leichter als im übrigen Teile der Alluvion, und da die einzelnen Adern durch weniger durchlässige Zwischenlagerungen getrennt sind, so wird ein an beliebiger Stelle eingelassener Brunnen stets einen kleinen Wirkungskreis haben; überdies ist man nie sicher, ob nicht bei einer größeren Zahl von Brunnen zwischen zweien davon Grundwasser durch eine Kiesader, welche weder von dem einen, noch vom anderen Brunnen einbezogen wird, entweicht. In solchen Fällen wird man nur durch das Aufschlitzen eines Grabens, senkrecht zur Strömungsrichtung und abgetrieben bis zur undurchlässigen Schicht, alles vorhandene Wasser gewinnen können.

Dies sind die wesentlichsten Gründe, welche zur Wahl von wagrechten Wassergewinnungsanlagen bestimmen; selbstverständlich können wir, bei den der Ausdehnung dieses Kapitels gesetzten Grenzen, hier den ganzen Gegenstand nicht so ausführlich behandeln, um alle Fälle aufzuzählen, in welchen lotrechte Brunnen nicht ratsam sind und in welchen Fällen man zu einer Verbindung beider Fassungsmöglichkeiten greifen muß.

Die einfachsten Sammelanlagen sind auf der undurchlässigen Schicht lose aneinander gelegte kurze Tonrohre (fog. Drains). Das Wasser tritt durch die Stoszfugen zwischen je zwei Rohren ein. Solche Drains sind sodann bei besseren Anlagen durch ineinander gefügte Sammelrohre aus Ton, Zement oder Gufseifen ersetzt, deren Wandungen durchlocht sind, wie in Fig. 390 u. 391, oder durch solche, deren oberer Teil *A* (Fig. 392) eine Reihe von Zwischenräumen enthält, durch welche Wasser eindringen kann. Rohre letzterer Art werden nur aus Beton und so hergestellt, daß über einen wasserdichten Sarg *B* eine Haube aus Kieselsteinen, welche in einen feinen Zementmörtel eingetaucht waren und noch so viel Ueberzug hiervon bewahrten, um nach dem Trocknen aneinander zu haften, gesetzt wird. Auch legt man manchmal kleine Dohlen aus Backsteinen mit 18 bis 20 cm Breite und von ca. 30 bis 40 cm Höhe an, welche an der gegen die Strömung stehenden Wand Schlitzöffnungen haben und durch Backsteine abgedeckt sind. In Gegenden, in welchen man mehr Bruchsteinmauerwerk anwendet, werden ähnliche Dohlen aus Bruchsteinen mit Bruchstein-Deckplatten hergestellt; ihre Konstruktion ist allgemein bekannt, und die Abmessungen richten sich nach dem zur Verfügung stehenden Material und den Bedingungen für die Durchleitungsfähigkeit der Dohle.

Alle diese Anlagen werden nach dem Fertigstellen zugedeckt und sind ungangbar, auch nicht schlupfbar. Um nachsehen zu können, ob sich darin alles in Ordnung befindet, empfiehlt es sich, Einsteigegehächte anzulegen, zwischen welchen der Sammelstrang eine geradlinige Achse hat. Man kann alsdann durch Vorhalten eines Lichtes den Strang durchsehen und erforderlichenfalls mit Hilfe einer Rohrbürste reinigen oder, wenn er eingebrochen sein sollte, wenigstens leicht die Stelle ermitteln, an welcher eine Ausbesserung vorgenommen werden muß.

Besser, aber teurer ist es, statt dieser Drainagen durch Rohre begehbare Sammelgalerien oder Stollen anzulegen. Solche Galerien werden stets am Platze sein, wenn man durch bergmännischen Vortrieb das Wasser zu gewinnen veranlaßt ist oder wenn es die Vorsicht erheischt, eine allerwärts zugängliche Anlage zu errichten.

Eine begehbare Sammelgalerie sollte eine lichte Höhe von 1,60 bis 2,00 m und eine lichte Breite von mindestens 0,70 m haben; anderenfalls ist sie sehr unbequem. Auf ihrer Sohle bleiben entweder zwei Bankette stehen, und der Wasserlauf ist in der Mitte, oder man legt ein breiteres Bankett an der Seite der Galerie an, welche dem Eintritte des Grundwassers gegenüber liegt; die erstere Anordnung ist für die Befichtigung bequemer. Noch besser ist jene Anordnung, bei welcher die abgeleiteten Quellwasser in besonderer Führung laufen, wie dies bei der ca. 2 km langen Quellenfassung der Stadt Baden-Baden der Fall ist. Die Galerien (Fig. 393) sind 0,70 m breit und 1,60 m hoch. An jeder Stelle, bei welcher eine stärkere Quelle hervortritt, ist in die

Fig. 390. Fig. 391. Fig. 392.



Wagrechte Sammelanlagen.

 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Fig. 393.



Begehbare Sammelgalerie.

 $\frac{1}{150}$  w. Gr.

füdicke Stollenwand eine Nische eingelegt und das zum Sammeln des Quellwassers dienende Zementrohr gegen diese Nische von Wasserpiegelhöhe an geöffnet. Kleinere Quellenfäden sind in Tonrohren entlang der füdlichen Stollenwand gefammelt und der nächsten Nische zugeführt. Die Sohle der Sammelgalerie ist inofern ganz aufser Verbindung mit der eigentlichen Quellensammelfassung, als fämtliche im Stollen selbst abtropfende Gewässer sich auf ihr gegen die Einsteigekammern fortbewegen und dort verinken, nirgends aber eine Verbindung mit dem gefammelten Quellwasser erreichen können. An den Nischen liegt zur Erreichung der Ifolierung ein gußeiserner Winkel, der genau in die Stollenfohle eingepafst und an der Stollenwand befestigt ist. Da die Gebirgsformation ein gleichmäßiges Gefälle der Stollenfohle nicht zulieft, entstanden im Längenprofil Gefällbrüche, zwischen welchen selbstverständlich die Weite der Sammelrohre wechselt; an allen solchen Gefällbrüchen befinden sich Einsteigekammern mit kleinen Behältern, in welchen der Uebergang von einer Gefällstrecke zur anderen vermittelt wird. Die Behälter bilden Sandfänge für das von den Felsen gelöste und vom Wasser beigeschwemmte Gestein. Diese Einsteigekammern sind in Fig. 394 u. 395 dargestellt. Als Zugangsstellen zur Sammelgalerie erfüllen

Fig. 394.

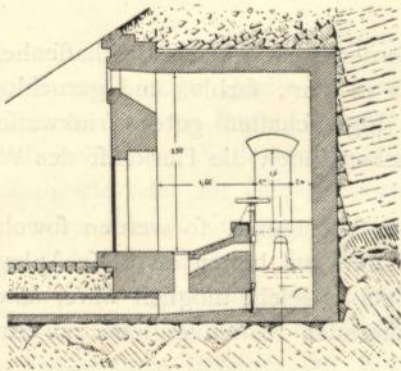
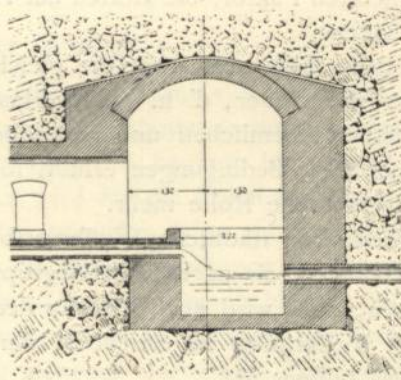


Fig. 395.

Einsteigekammern. —  $\frac{1}{150}$  w. Gr.

sie noch den weiteren Zweck gründlicher Lüftung der letzteren. In der Höhe der Oberkante des unteren Abflusrohres befindet sich in jeder Kammer der Ueberlauf für den Wasserbehälter; der Leerlaufkanal ist durch einen Schieber vom Wasserbehälter abgeperrt und mündet in den Wald aus. In denselben Leerlauf müssen sich alle auf der Stollenfohle beigetragenen Wasser durch das im Vorplatz angebrachte Sturzloch *S* ergießen. Der Leerlauffchieber kann mit einem Handrad in der Kammer gestellt werden, so daß das Reinigen des Behälters jederzeit leicht erfolgen kann; Spindel und Sitzflächen sind aus Bronze hergestellt. Jede Kammer ist durch eine Doppeltür verschlossen und durch eine Rosette gelüftet; die Lüftungen wirken gleichzeitig für die ganze Sammelanlage und erhalten die Luft in den Galerien stets rein. Die Gewölbe sind überall mit Ifolierschichten überzogen, wodurch das Eintropfen von Wasser tunlichst verhindert wurde. Die größte Länge einer Galeriestrecke zwischen zwei Zugängen beträgt etwa 200 m. Zu den Eingängen der Kammern, deren Bodenfläche 6 bis 8 m unter Erdgleiche gelegen ist, führt von aussen ein in den Felsen gesprengter Einschnitt mit abgepflasterter Sohle, in welchem auch das Leerlaufrohr liegt.

Bei der Anlage von Sammelgalerien u. f. w. wird sehr häufig der Fehler gemacht, daß man die Einsteigefächte unmittelbar über dem offenen Reinwasserkanal anbringt; durch die Schachtdeckel, welche nie dicht abschließen und in der Regel für das Einstecken des Schlüssels durchlocht sind, können in folchem Falle Unreinigkeiten aller Art, insbesondere aber Schmutzwasser, zum Quellwasser gelangen. Die Einsteigefächte sollten daher stets seitlich des Reinwasserkanals gelegt, besonders entwässert und durch Zwischenwände vom Reinwasserkanal geschieden werden.

Befindet sich in einem wasserführenden Boden das Grundwasser sehr nahe unter der Bodenoberfläche und sind besonders lange Gräben zur Auffchließung erforderlich, so werden die letzteren auch häufig offen angelegt oder als Sickerungen

behandelt, in welchem letzterem Falle man durch Einlage von Steinen u. f. w. künstlich eine Einrichtung schafft, die ähnlich wirkt wie eine in toniger Alluvion eingelagerte Kiesader. In allen diesen Fällen hat man mit großer Sorgfalt darauf zu achten, daß die Sammelanlage allen äußeren Einflüssen (Verunreinigungen u. f. w.) entzogen wird.

Die Gewinnung von Dünenwasser ist ein besonderer, hierher gehöriger Fall, hinsichtlich dessen wir auf die unten genannte Quelle<sup>333)</sup> verweisen.

451.  
Wahl  
der  
Faßungsorte.

In vielen Fällen hat man die Wahl zwischen Seewasser, Flusswasser, Grundwasser und Wasser aus Quellen; alsdann entsteht die Frage, welche Art der Verforgung man wählen soll. Eine Zeitlang wurden auch von fachverständiger Seite in erste Reihe Quellwasser, in zweite Grundwasser und in dritte Reihe die übrigen Wasserarten gestellt und die Regel befolgt: erst dann, wenn nachgewiesen ist, daß Quellwasser nicht oder nicht in genügender Menge zu haben, ist auf Grundwasser und erst mangels an Grundwasser auf andere Wasserarten zu greifen<sup>334)</sup>. Man hat dabei den wesentlichsten Faktor, die Kosten der Anlage, nicht vergessen, aber doch sehr zurücktreten lassen.

Heute stellt man zwar die gleichen Anforderungen an die Beschaffenheit des Wassers wie früher, d. h. man verlangt, daß es klar, farblos und geruchlos und nach feinen chemischen und gesundheitlichen Eigenschaften gutes Trinkwasser sei; sind aber diese Bedingungen erfüllt, so spielt neben ihnen die Herkunft des Wassers keine wesentliche Rolle mehr.

Steht eine städtische Wasserverforgung zur Verfügung, so werden sowohl einzelne Gebäude, als auch Gebäudegruppen sich stets am besten an diese Anlage anschließen; doch wird auch hier für den Fall, daß es leicht möglich wäre, eine selbständige Verforgung zu errichten, durch annähernden Kostenvergleich zu ermitteln sein, was billiger ist.

Ist eine selbständige Verforgung die einzige Möglichkeit, so wird in vielen Fällen zu erwägen sein, ob künstliche Wasserhebung oder Wasserbezug aus Zisternen, Quellen u. f. w. billiger ist. Bei der künstlichen Wasserhebung spielt der Betriebsaufwand die Hauptrolle; die jährlichen Kosten für diesen Aufwand sind zu kapitalisieren und zum Bauaufwand für die Leitung zuzuschlagen, um eine Vergleichssumme zu erhalten. Kann die Wasserhebung durch Personal erfolgen, welches für andere Zwecke ohnehin gehalten werden muß, so daß für solche Leute die Wasserförderung eine Art Nebenbeschäftigung bildet, so werden als Betriebsaufwand nur die Unterhaltungskosten für die Pumpen u. f. w. in der Rechnung erscheinen.

Bei der künstlichen Wasserhebung (insbesondere mit Wasser- und Dampfkraft) ist zu beachten, daß mit der gleichen Betriebsmaschine auch andere im Haushalte nötige Geschäfte unter Umständen verrichtet werden; in solchen Fällen dürften die aus dem Betrieb der Kraftmaschine für die Wasserverforgung entstehenden Kosten meist sehr geringfügiger Natur sein.

Steht es in Frage, ob aus demselben Lieferungsgebiete künstliche Hebung oder Zuleitung unter natürlichem Drucke zweckmäßiger ist, was manchmal vorkommt, z. B. bei Entnahme aus Alluvionen in stark fallenden Flusstälern, so ist, wie folgt, zu verfahren. Man legt durch die Höhe des Ueberlaufwasserspiegels im Behälter, von welchem aus die Wasserverteilung für die Gebäudegruppe erfolgt, eine Wagrechte und sucht ihren Schnitt im Flusstale mit dem daselbst vorhandenen Grundwasserspiegel. Ist die Entfernung dieses Schnittpunktes vom Behälter gleich  $\varrho$ , so liegt

<sup>333)</sup> SCHMITT, E. Ueber Dünen-Wasserverforgung einiger holländischen Städte. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879, S. 515.

<sup>334)</sup> Siehe: GRAHN, E. Berechtigte Ansprüche an Wasserverforgungen. Journ. f. Gasb. u. Wassf. 1876, S. 501.

in der weiteren Entfernung  $\frac{8}{5}$  flussaufwärts eine Stelle, an welcher die Wasserfassung angelegt werden muss, wenn die Zuleitungskosten tunlichst gering werden sollen. Sind dann diese Kosten grösser als der kapitalisierte Betriebsaufwand und die Einrichtungskosten für künstliche Hebung, so ist die letztere vorzuziehen und umgekehrt. Selbstverständliche Voraussetzung ist, dass die Wassergewinnung ebenso einfach oberhalb der Versorgungsstelle im Flusstale als in unmittelbarer Nähe (bei Anlage einer Pumpstation) eingerichtet werden kann.

## 17. Kapitel.

### Zuleitung und Verteilung des Wassers.

#### a) Zuleitung des Wassers.

Ist eine einzige Quelle vorhanden oder ist das Wasser von mehreren Quellen nach einem einzigen Punkte geführt oder kann die Entnahme von der Abzweigung einer bestehenden Wasserversorgung aus erfolgen, so beginnt hier die Zuleitung zum Gebäude oder zur Gebäudegruppe. Man wird für die Zuleitung entweder eine offene oder eine geschlossene Leitung und den kürzesten Weg zur Versorgungsstelle wählen. Aus Rücksichten für die Sicherheit der ununterbrochenen Wasserversorgung statt einer einzigen Zuleitung eine doppelte zu nehmen, empfiehlt sich nicht, insbesondere dann nicht, wenn bei etwaigen Störungen an der Zuleitung der Versorgungsstelle durch einen Behälter der Wasserbezug dennoch für einige Zeit gesichert ist.

452.  
Haupt-  
zuleitung.

Verbindet man den Punkt der Wasserentnahme mit dem an der Versorgungsstelle anzulegenden Wasserbehälter oder, wenn ein solcher überflüssig ist, mit dem Beginn der Hausleitung durch eine gerade Linie, so würde dies der kürzeste Weg für die Zuleitung sein. Deshalb ist vor allen Dingen zu untersuchen, ob man nicht in der Lage ist, diese kürzeste Linie zu verfolgen. In den meisten Fällen wird dies nicht möglich sein; alsdann muss der richtige Weg entweder rechts oder links dieser Linie liegen. Die Untersuchung hat sich deshalb in zweiter Reihe mit der Beantwortung der Frage zu befassen, ob die Lage der Leitung rechts oder links der genannten Geraden zu wählen sei. Für diese Wahl können außer dem Kostenpunkte besondere Rücksichten entscheidend sein, welche sich einer allgemeinen Besprechung entziehen, z. B. das Verbot der Benutzung fremder Grundstücke, die Schwierigkeit fachgemässen Rohrlegens in sumpfigem oder felsigem Boden, das Umgehen von Ueberbrückungen oder Unterfahrungen von Flüssen u. s. w.

Hat man bei Zuleitung von Quellen, überhaupt bei selbständiger Versorgung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe, eine Trace festgestellt, so entscheidet ihr Längenprofil, ob eine Druckleitung oder eine offene Leitung angelegt werden muss. Meistens sind beide Arten von Leitungen möglich; nur ist manchmal die eine zweckmäßiger als die andere. Man legt die offene Leitung, wenn die Gefällsline im Abtrage geht, in einen Einschnitt; geht sie im Auftrage, so muss sie auf einen Unterbau gelegt werden. Die Druckleitung dagegen kann man ganz beliebig legen, wenn man die höchsten Punkte entlüftet und vermeidet, dass die Preßung innerhalb des Druckrohres unter die atmosphärische sinkt. (Vergl. auch Art. 475.)

Gerinne aus Mauerwerk, Zementrohren, Tonrohren u. s. w., in denen das Wasser ohne innere Preßung fließt, haben im allgemeinen vor den meist gusseisernen, jedenfalls aus Metallrohren hergestellten Druckleitungen den Vorzug, dass das darin fließende Wasser reiner bleibt, dass man sie leichter zugänglich machen und reinigen, sowie dass man sie mit sehr wenig Gefälle und meist mit geringerem Herstellungsaufwande bauen kann und dass für die Haltbarkeit solcher Anlagen Erfahrungen

von Jahrtausenden vorliegen, während man bei Metallrohren aus verschiedenen Gründen annehmen muß, daß ihre Dauer nur eine beschränkte sein wird.

Ein Gerinne (Zementrohrleitung, Tonrohrleitung) kann jedoch nur dort mit Vorteil hergestellt werden, wo die Gefällslinie auf der ganzen Erstreckung der Leitung im Abtrage liegt; die Erfüllung dieser Bedingung wird unter Umständen eine ganz außerordentliche Länge der Entwicklung verlangen und dadurch im Vergleiche zu einer Druckleitung, welche an das Befolgen einer gleichmäßigen Gefällslinie nicht gebunden ist, größere Kosten verursachen. Auch in jenen Fällen, in welchen die Gefällslinie auf sehr erhebliche Tiefen in den Einschnitt zu liegen kommt, ist der Kostenaufwand sehr häufig so groß, daß man billiger eine Druckleitung herstellt. Befindet sich die Gefällslinie im Auftrag, so würde an diesen Stellen die offene Leitung durch Unterbauung (Aquädukt) zu stützen sein, und es ist hier von vornherein billiger und besser, dies nicht zu tun, sondern eine Druckleitung anzulegen.

Eine Zuleitung im Freien (zwischen freistehenden Gebäuden oder Gebäudeteilen, über Wasserläufe, Gräben, Schluchten u. s. w.) ist nur dann statthaft, wenn für eine ständige Wasserbewegung in den Rohren geforgt wird. Außerdem sind in solchem Falle Stopfbüchsen oder U-förmig gefaltete Krümmer aus Kupferrohren in die Leitung einzufachalten, damit diese ohne Gefahr die Ausdehnungen und Zusammenziehungen mitmachen kann, welche der Wärmewechsel im Freien veranlaßt.

Bei Bestimmung der Lichtweiten von Zuleitungen hat man in erster Linie zu untersuchen, welche größte sekundliche Wassermenge beizuführen ist; die letztere berechnet sich in der in Art. 433 (S. 407) dargestellten Weise. Bezeichnet man sodann mit  $H$  das Gefälle (in Met.) einer Zuleitung (die wirkame Druckhöhe, d. h. den Höhenunterschied zwischen Quellwasserspiegel und Wasserbehälterpiegel oder Auslauf),  $F$  den Querschnitt der Zuleitung (in Quadr.-Met.),  $p$  den benetzten Umfang der letzteren (in Met.),  $L$  die Länge der Zuleitung (in Met.) und  $Q$  die von ihr zu befördernde Wassermenge (in Kub.-Met.), so muß sein

$$H = \frac{Q^2 L p}{k^2 F^3}.$$

Hat die Leitung ein kreisrundes Profil, d. h. ist sie ein mit Wasser ganz erfülltes Rohr, so wird, da  $p = \pi D$  und  $F = \pi D^2/4$  ist,

$$H = \frac{4 Q^2 L \pi D}{k^2 \pi^3 D^6} = \frac{\lambda Q^2 L}{D^5}.$$

Setzt man, wie üblich, für Annäherungsrechnungen  $k = 50,93$ , so wird  $\lambda = 0,0025$ ; diese Zahlenwerte sind bekannt unter dem Namen der *Eytelwein'schen*, bzw. *Dupuit'schen* Koeffizienten<sup>325</sup>.

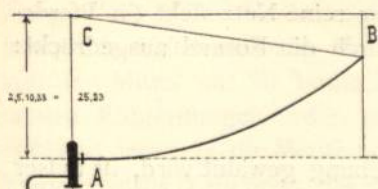
Es empfiehlt sich, wegen der unvermeidlichen Inkrustration von Metallrohren, die nach der Formel erhaltenen Lichtweiten etwas zu vergrößern; ebenso sind bei offenen Leitungen die erhaltenen Maße auf etwas größere Ziffern abzurunden, um den Unvollkommenheiten der Ausführung Rechnung zu tragen.

Man ersieht leicht aus den angegebenen Formeln, daß der Einfluß des Wasserquerschnittes und der Wassermenge viel bedeutender ist als jener des Gefälles  $H$  oder der Leitungslänge  $L$ . Es ist daher unnütz, bei einer Zuleitung große Kosten aufzuwenden, um das Gefälle (die Druckhöhe) zu vermehren; man wird in den hieraus sich ergebenden Ersparnissen an dem für die Leitung anzuwendenden Querschnitt keinen entsprechenden Gleichwert finden.

Alle seither behandelten Grundsätze für die Zuleitung des Wassers bleiben auch bei künstlicher Wasserhebung unverändert bestehen; die Lage des Quellwasserspiegels, von welchem wir ausgegangen sind, wird in diesem Falle durch das Maß der dem Ueberdruck im Druckwindkessel entsprechenden Wassertäulenhöhe ersetzt. Das gleiche gilt auch für eine Entnahme aus einem bestehenden Rohrnetze.

<sup>325</sup> Zugehörige Tabellen finden sich in *Dupuit's* bereits (in Fußnote 327, S. 420) genanntem Werke (S. 474), neuere von *Lueger* auf Grundlage der *Kutter'schen* Formel aufgestellte im »Tafelencatalog der Kalberger Hütte« (Saarbrücken), S. 13.

Fig. 396.



Ist z. B. an der Stelle *A* (Fig. 396) ein Pumpwerk aufgestellt und zeigt die Preßung im Druckwindkessel  $2\frac{1}{2}$  Atmosphären Ueberdruck, so läuft am Ende *B* der Rohrleitung *AB* ebensoviel Wasser heraus, als wenn das letztere vom Punkte *C*, welcher  $2,5 \cdot 10,33 = 25,83$  m über dem Manometer am Druckwindkessel liegt, unter natürlichem Drucke nach *B* abgeleitet würde. Das gleiche gilt, wenn statt des Druckwindkessels in *A* ein Rohr mit  $2\frac{1}{2}$  Atmosphären Ueberdruck des Wassers in ihm vorhanden gedacht wird.

Bei künstlicher Wasserhebung mit Dampfkraft werden in der Regel die geringsten Gesamtkosten (also des Jahresaufwandes für Betrieb und Verzinsung des Anlagekapitals u. f. w.) erzielt, wenn die Lichtweite des Druckrohres so bemessen ist, daß die Geschwindigkeit darin ca.  $0,50$  m in der Sekunde beträgt. Bei Zuleitungen von bestehenden Wasserwerken aus bestimmt man in der Regel die Rohrweite so, daß die sekundliche Geschwindigkeit  $1$  m nicht übersteigt.

Bei Geschwindigkeiten von  $1$  m in der Sekunde vermögen die nachstehend aufgeführten Rohrweiten folgende Wassermengen zu tragen:

Rohrweiten	25	30	40	50	75	100	125	150	175	200	300	400	500	Millim.
Wassermenge	0,5	0,7	1,3	2,0	4,4	7,9	12,3	17,7	24,1	31,4	70,7	125,7	196,4	Sekundenliter.

Für Geschwindigkeiten von  $0,50$  m in der Sekunde die Hälfte.

Bei Verwendung von Zementrohren, Tonrohren u. f. w. ist es nicht ratsam, (auch bei vorhandenem großem Gefälle) die sekundliche Geschwindigkeit auf mehr als  $1,00$  bis  $1,50$  m ansteigen zu lassen, weil erfahrungsgemäß auch bei gutem Rohrmaterial durch Anwendung größerer Geschwindigkeiten ein Angriff auf die Rohrwände erfolgt. Auch in Metallrohren sollte die sekundliche Geschwindigkeit  $2$  m nicht übersteigen, wenn Angriffe auf die Wandungen vermieden werden wollen.

Hinsichtlich des zu verwendenden Rohrmaterials sei bemerkt, daß gusseiserne Rohre bis auf die Lichtweite von  $25$  mm als kleinste in den besseren Gießereien hergestellt werden; kleinere Lichtweiten als  $25$  mm pflegt man bei Zuleitungen nicht zu verwenden. Nach den Erfahrungen, welche man seit einer Reihe von Jahren an Rohrleitungen aus Gufseifen gemacht hat, scheint dieses Metall, besonders bei Anwendung von Muffendichtung, sich bestens zu bewähren; doch muß der Boden, in welchem die Rohre verlegt werden, frei von Humusäure und von jedem Salzgehalte sein. Sie eignen sich also nicht zur Verwendung in moorigem Boden oder in der Nähe eines solchen und ebenfowenig in der Nähe des Meeres oder in einem mit Asche und Schlacken vermischten Untergrunde. Auch ist zu beachten, daß harte Wasser bei ihrer Durchleitung durch gusseiserne Rohre die Wandungen zwar gleichmäßig langsam inkrustieren, daß sie aber das Eisen wenig angreifen, während sehr weiche Wasser und namentlich solche, welche viel organische Stoffe führen, im Inneren der gusseisernen Leitungen große Rostknollen erzeugen, durch welche die Rohre nach und nach zuwachsen.

Solange es in Rücksicht auf die Gefällsverhältnisse durchführbar ist, d. h. für alle Leitungen ohne innere Preßung, eignen sich am besten Tonrohre und Zementrohre, nicht allein ihrer größeren Dauerhaftigkeit, sondern auch ihres wesentlich billigeren Preises wegen.

Die Eigenschaften der verschiedenen Rohrarten werden bei Besprechung der Anschlußleitung (unter b, 1, vor allem in Art. 459) besonders berührt werden.

Wenn am Ursprunge des einer Verforgung dienenden Wassers nicht schon die nötige Höhenlage vorliegt, welche eine unmittelbare Zuleitung zur Verforgungsstelle gestattet, so muß zunächst eine künstliche Hebung erfolgen. Die hierzu dienlichen Hilfsmittel sind sehr mannigfaltig, und die Anwendung des einen oder des anderen ist von den besonderen Verhältnissen der Anlage abhängig.

Bezeichnet  $T_{max}$  den größten Tagesverbrauch (in Lit.),  $n$  die Anzahl der Arbeitsstunden, während welcher das Wasserhebwerk arbeitet,  $h$  (in Met.) die absolute

453.  
Geschwindigkeit  
in den  
Leitungen.

454.  
Rohr-  
material.

455.  
Erzielung  
der nötigen  
Druckhöhe.



Höhe, auf welche das Wasser gehoben werden muß,  $\delta$  die mit der Leitung, Hebung u. f. w. verbundene Druckverlusthöhe (in Met.), so ist der reine Nutzeffekt (in Pferdestärken), welchen die Hebungsmaschine leisten muß, durch die Formel ausgedrückt:

$$N_r = \frac{T_{max} (h + \delta)}{3600 n \cdot 75}.$$

Je nachdem nun eine besondere Art von Wasserhebung gewählt wird, ist außer diesem reinen Nutzeffekt noch ein Nebeneffekt zu vollbringen, entsprechend den bei der Hebung sich ergebenden verlorenen Arbeiten; der letztere ist umso geringer, je vollkommener die Hebananlage ist.

Im allgemeinen wird man bei Kostenanschlägen und allgemeinen Schätzungen guttun, die erforderliche maschinelle Kraft  $N$  zum Vollbringen des vorhin berechneten Effektes  $N_r$  nie geringer als 1,25 bis 1,50  $N_r$  in Rechnung zu ziehen.

Ueber diese allgemeine Angabe hinaus wird der Architekt die nähere Bearbeitung der Hebananlage selten ohne Mithilfe eines Maschinentechnikers vollziehen, und wir geben deshalb im folgenden nur einen gedrängten Ueberblick über die verschiedenen zur künstlichen Förderung des Wassers gebotenen Möglichkeiten.

Die Maschinen zur Wasserhebung lassen sich in zwei Hauptabteilungen bringen: in Schöpfmaschinen und Pumpen. Zu den letzteren zählt man auch die Strahlvorrichtungen (Wasserstrahlpumpen).

Mit Handeimern kann ein Mann in der Minute etwa 100<sup>l</sup> Wasser schöpfen; ebenso mit gestielten Eimern (Wasserschöpfen).

Ketteneimer an Winden sind sehr häufig gebrauchte Wasserhebemaschinen. Um den Eimer auf den Wasserpiegel abzulassen, ist an einem über der Quelle oder dem Brunnen angebrachten Träger eine einfache Leitrolle oder Radwelle befestigt, um welche die Kette sich schlingt, die den leeren Eimer auf den Wasserpiegel abläßt und zum Aufziehen des gefüllten Eimers dient. In der Regel befinden sich an der über die Leitrolle gehenden Kette zwei Eimer, so daß einer davon niedergeht, während der andere aufsteigt.

Durch Drehen einer Welle setzt man zum Schöpfen größerer Wassermengen Räder mit beweglichen und festen Eimern an ihrem Umfange, sodann solche mit Zellen und Spiralgängen, endlich Paternofterwerke und Wasserfchrauben (Schlangen) in Bewegung.

Pumpen werden entweder mittels eines Hebels, wie bei den gewöhnlichen Pumpbrunnen (Handpumpen), Feuerspritzen, Balancierpumpen, getrieben oder von einer Welle mit Umdrehung, von welcher aus die Kolbenstange durch Kurbel und Pleuellstange hin und her bewegt wird. Der luftverdünnte Raum im Saugrohre, in welches sodann die atmosphärische Pressung das Wasser nachtreibt, wird durch Abfaugen von Luft mittels eines gewöhnlichen Lederkolbens oder eines Taucherkolbens hergestellt; bei Strahlvorrichtungen (Wasserstrahlpumpen) geschieht das Abfaugen der Luft durch die Wirkung der Adhäsion zwischen Luft und Wasserstrahl.

Außer den Kolbenpumpen und Strahlvorrichtungen stellen auch die Zentrifugalpumpen, Würgelpumpen und Pulfometer den luftverdünnten Raum im Saugrohre her.

Bei größerem Wasserbedarfe und insbesondere dann, wenn maschinelle Kraft ohne bedeutenden Aufwand verfügbar ist, werden fast ausschließlich Kolben-, bzw. Taucherkolbenpumpen zum Wasserheben benutzt. Zentrifugalpumpen und Würgelpumpen dienen mehr für das Heben unreinen Wassers (behufs nachheriger Filtration). Pulfometer erwärmen das durch sie geförderte Wasser, weil bei ihnen der Dampf unmittelbar auf die Ventile, bzw. die zu hebende Wasserfäule wirkt; sie finden deshalb bei der Wasserverforgung nur ganz ausnahmsweise Verwendung.

Steht zur Speifung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe eine mächtige, aber tiefliegende Quelle zur Verfügung, von welcher ein Teil genügt, um hinreichend Wasser zu liefern, so kann der andere Teil als bewegende Wasserkraft verwendet und das Wasser gehoben werden. Man benutzt hierzu den hydraulischen Widder

als die einfachste und billigste Hebemaschine; dem gleichen Zwecke dienen der *Schmid'sche* Motor (Kolbenmaschine), der *Kröber'sche* Motor mit seinen Abänderungen, sowie der *Hillebrand'sche* Motor u. a. Alle diese Maschinen geben einen Nutzeffekt von im Mittel ca. 70 Vomhundert, d. h. vernachlässigt man die Reibungsverluste in den Rohrleitungen (oder führt sie durch Addition zur absoluten Förderhöhe  $H$  ein) und wenn  $Q$  die Wassermenge der Quelle,  $q$  den Wasserbedarf in der Gebäudegruppe,  $h$  die Erhebung der Quelle,  $H$  die Erhebung des Wasserbehälters im Gebäude über der Pumpe bedeuten; so findet die Beziehung statt:

$$0,70 Q h = q H.$$

Man wird, besonders bei etwas entlegenen Gebäuden und Gebäudegruppen, möglichst auf einfache, leicht zu bedienende und geringen Unterhaltungsaufwand erfordernde Maschinen zu sehen haben. Der letztere wird, wenn Ausbesserungen schwer auszuführen sind, weil geeignete Fabriken sich nicht in der Nähe befinden, die Hauptrolle spielen. Liegt die Quelle etwas entfernt, so daß die Bedienung der Maschinen sehr viele Zeit erfordert, wenn der Wärter zum Anlassen und Abstellen zwischen Gebäude und Maschinenhaufe hin- und hergehen muß, so empfehlen sich am besten die *Hillebrand'schen* Motoren, welche sich von jeder Stellung aus selbsttätig in Bewegung setzen, sobald dem Steigrohr an der Verforgungsstelle Wasser entnommen oder der Spiegel im Wasserbehälter gesenkt wird (Schwimmerventil vorausgesetzt), und welche alsbald zu arbeiten aufhören, wenn der Wasserbehälter gefüllt ist oder keine Wasserentnahme mehr stattfindet.

Ist bei einer Wasserverforgung Wasser unter überschüssig hohem Drucke, aber in ungenügender Menge oder von zu hohem Preise vorhanden, während geeignetes tief liegendes Wasser in genügendem Maße oder umsonst zu haben wäre, so kann das Heben des tiefgelegenen Wassers durch eine Strahlvorrichtung (Anfaugen) mittels des Hochdruckwassers erfolgen. In gleicher Weise vollzieht sich die Wasserhebung, wenn statt des Hochdruckwassers Luft unter hohem Drucke zur Verfügung steht. Auch mittels Wasserdampfes kann das Heben in der Strahlvorrichtung erfolgen, wobei aber selbstverständlich das gehobene Wasser wesentlich erwärmt wird, was sich nur für vereinzelte Fälle eignet.

Als Kraftmaschinen für den Betrieb von Pumpen werden in neuerer Zeit auch vielfach Elektromotoren, in manchen Gegenden mit regelmässigen Windströmungen auch Windräder benutzt; die besseren Konstruktionen arbeiten sowohl bezüglich der Richtung, als auch der Stärke des Windes selbstregelnd. Der unvermeidliche Uebelstand der Windräder, bei zu starker oder zu geringer Windgeschwindigkeit nicht arbeiten zu können, beschränkt ihre Anwendung auf Wasserverforgungen mit grösseren Ausgleichbehältern, deren Inhalt nach der bekannten grössten Windstille zu bemessen ist, wenn nicht für Ersatz in solchen Zeiträumen geforgt zu werden vermag. Für mittlere Verhältnisse kann man den nötigen Durchmesser eines Windrades, welches eine reine Nutzarbeit von  $N$  Pferdestärken leisten soll, annähernd setzen:

$$D = 10 \sqrt{N}.$$

Möglichst hohes und freies Aufstellen der Windräder erhöht ihre Leistungsfähigkeit sehr wesentlich<sup>336)</sup>.

Selbstverständlich kann jede Kraftmaschine für den Betrieb von Pumpen geeignete Verwendung finden, insbesondere also auch die Gasmotoren, die Heißluftmaschinen, Dampf- und Wassermotoren aller Art; ferner Treträder, Göpelwerke u. f. w. und auch Menschenkraft.

<sup>336)</sup> Siehe auch: Privat-Wasserleitungen durch Windmotoren-Betrieb. Deutsche Bauz. 1882, S. 394.

PFEPFER, W. Windmotoren zum Betriebe von Wasserleitungen. Deutsche Bauz. 1883, S. 133.

Der Luftdruck oder, richtiger gefagt, der durch Prefsluft erzeugte Druck kann auch noch in anderer als der eben angedeuteten Weise für die Wasserverforgung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe Anwendung finden. Es bestehen hierfür verschiedene, meist patentierte Verfahren.

F. Daumann hat sich eine Einrichtung patentieren<sup>327)</sup> lassen, bei der in einem frostoffreien Kellerraum ein Wasserbehälter und eine Luftdruckpumpe aufgestellt sind. Eine Saugleitung führt vom Behälter in einen Brunnen (am besten Rohrbrunnen) oder in ein freies Wasser; durch Hervorbringen eines luftverdünnten Raumes wird das Wasser in den Behälter geschafft. Von diesem aus wird mittels der durch die Pumpe erzeugten Prefsluft das Wasser durch ein Steigrohr nach oben gehoben<sup>328)</sup>.

Für diejenigen Fälle, in denen Einzelanwesen oder Gebäudegruppen ohne eine öffentliche Wasserleitung mit Wasser zu versorgen sind, hat die »Luftdruck-Wasserhebungs-Gesellschaft Krause & Co.« zu Berlin die folgende Einrichtung konstruiert. Sie setzt das Vorhandensein eines entsprechenden Schachtbrunnens voraus, in den ein luftdichter eiserner Kessel eingelassen und darin an zwei an der Brunnenwandung befestigten Stangen geführt werden kann. Im Boden dieses Kessels befindet sich ein nach innen sich öffnendes Ventil, durch das sich der Kessel mit Wasser füllt, während er nach Maßgabe seiner Füllung in die Tiefe sinkt. An einer geeigneten Stelle des Gebäudes ist ein Luftkessel aufgestellt, worin die Luft durch eine Luftdruckpumpe verdichtet wird. Der Luftkessel ist durch eine Rohrleitung mit dem Wasserkegel in Verbindung gesetzt, und von letzterem führt eine zweite Leitung nach den Verbrauchstellen des Gebäudes. Ist der Kessel mit Wasser gefüllt, so läßt man Prefsluft zuströmen, und diese drückt das Wasser in die Wasserrohrleitung; dabei schließt sich infolge des Luftdruckes das Ventil im Boden des Wasserkegels<sup>329)</sup>.

Endlich sei noch der »pneumatische Wasserhebeapparat« von H. Hammelrath & Co. zu Cöln-Lindenthal erwähnt, der gleichen Zwecken zu dienen hat. Er besteht aus zwei in einem frostoffreien Raum aufgestellten Behältern: einem Wasser- und einem Luftkessel (Fig. 397 u. 398), die luftdicht verschlossen und durch eine Rohrleitung miteinander verbunden sind. Der Luftkessel ist mit einer Luftpumpe versehen, mit der nach Öffnen des in der Rohrleitung zwischen beiden Behältern angebrachten Hahnes die zur Hebung des Wassers aus dem Wasserbehälter zu den höhergelegenen Verbrauchstellen erforderliche Luftmenge zugeführt wird; meist genügt es, wenn die Luft im Windkessel auf 2 bis 3 Atmosphären zusammengedrückt wird.

Bei allen diesen und ähnlichen Vorrichtungen ist als vorteilhaft hervorzuheben, daß ein Wasserbehälter auf dem Dachbodenraum des betreffenden Gebäudes in Fortfall kommt und daß man bei zweckmäßigem Vorgang den Zapfstellen fast immer frisches Wasser entnehmen kann.

Fig. 397.

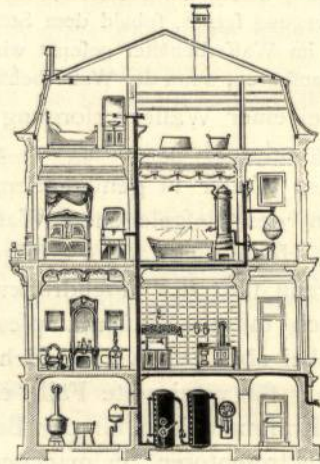
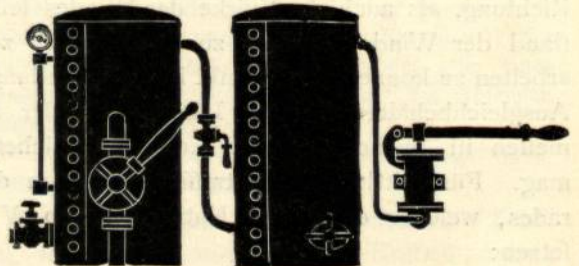


Fig. 398.



Pneumatische Wasserhebeeinrichtung  
von H. Hammelrath & Co. zu Cöln-Lindenthal.

<sup>327)</sup> D. R.-P. Nr. 72 844.

<sup>328)</sup> Näheres hierüber: Baugwks.-Ztg. 1894, S. 782.

<sup>329)</sup> Näheres hierüber: UHLAND's Techn. Rundschau, Gruppe II, 1895, S. 46.

## b) Verteilung des Wassers.

## 1) Anschlufsleitung.

Soll ein Gebäude, eine Gebäudegruppe, ein Grundstück u. f. w. an ein öffentliches städtisches Wasserwerk »angefchlossen« werden, so zweigt vom Wasserleitungsrohr der betreffenden Strafe nach dem zu verfordgenden Gebäude, bezw. Grundstück, die sog. Anschlufsleitung ab und reicht bis an die Grenze des letzteren. Für die Lichtweite dieser Zuleitung gilt das in Art. 452 (S. 428) Gefagte; man bestimmt übrigens diese Lichtweite auch nach der Anzahl der Zapfstellen. Da diese letzteren verschiedene Kaliber haben, legt man das kleinste Kaliber von 13 mm Weite zu Grunde; grössere Kaliber entsprechen dann mehreren Zapfstellen.

Im allgemeinen sollte die Weite einer Anschlufsleitung nicht weniger als 25 mm betragen; eine solche vermag bei 30 bis 50 m Wasserdruck in der Strafsenleitung noch ca. 10 bis 20 Zapfstellen reichlich zu verfordgen. Man rechnet ferner:

auf 20 bis 40 Zapfstellen ein Zuleitungsrohr von 30 mm Lichtweite,

» 40 bis 60	»	»	»	» 40	»
» 60 und mehr	»	»	»	» 50	»

Für Gewerbewasser und für Hydranten u. f. w. ist die Lichtweite des Zuleitungsrohres vorkommendenfalls grösser als 50 mm zu wählen und rechnungsmässig festzusetzen.

Fig. 399.

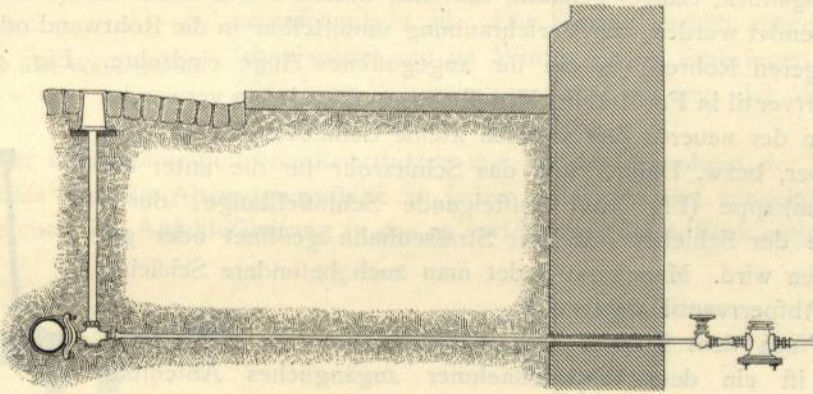
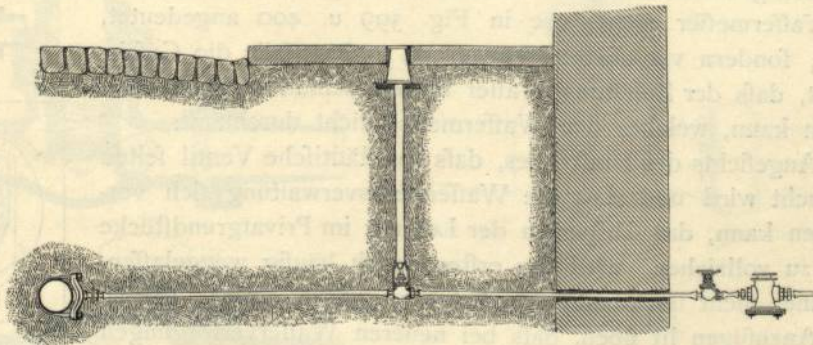


Fig. 400.



Abzweigungen von der Strafsenleitung.

$\frac{1}{50}$  w. Gr.

Die einfachste Ausführung der für die Anschlussleitung erforderlichen Abzweigung geschieht durch Anbohren des Strafsenrohres, indes meist nur für die am häufigsten angewendeten Lichtweiten der Zuleitung von 25 und 30 mm. Fig. 399 zeigt eine Anordnung, bei welcher das Zweigrohr mittels Rohrschelle an das Strafsenrohr angedichtet und unmittelbar hinter der Dichtung das städtische Absperrventil eingefaltet ist. Letzteres kommt hier in die Fahrbahn der Strafe zu liegen, während in Fig. 400 die Anordnung so getroffen ist, dass sich das städtische Absperrventil im Bürgersteig befindet.

Fig. 401 zeigt die zum Abdichten und Befestigen der Anschlussleitung erforderliche Rohrschelle in größerem Maßstabe, während Fig. 402 dasjenige Ver-

Fig. 401.

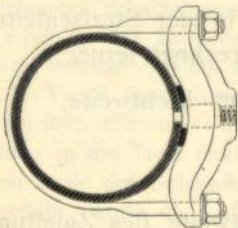
Rohrschelle.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Fig. 402.

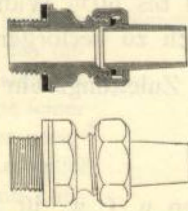
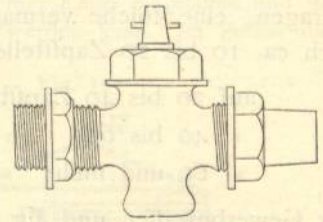
Sauger.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Fig. 403.

Strafsenhahn.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

bindungsstück, Sauger genannt, darstellt, mittels dessen man früher, ehe Rohrschellen angewendet wurden, die Verschraubung unmittelbar in die Rohrwand oder, bei dünnwandigeren Rohren, in ein ihr angeöffnertes Auge eindrehte. Fig. 403 zeigt das Absperrventil in Form eines Kegelhahnes; statt dessen verwendet man in der neueren Zeit vielfach kleine Schieber. Ueber dem Schieber, bezw. Hahn, steht das Schutzrohr für die unter die Strafsenkappe (Fig. 404) aufsteigende Schlüsselftange, durch welche der Schieber oder der Strafsenhahn geöffnet oder geschlossen wird. Manchmal findet man auch besondere Schächte zum Absperrventil angeordnet.

Nach dem Eintritte der Anschlussleitung in das Grundstück ist ein dem Wasserabnehmer zugängliches Abchlussventil angeordnet. Dient das letztere, wie meistens der Fall, gleichzeitig zum Entleeren der Hausleitung, so befindet sich der Wassermesser nicht, wie in Fig. 399 u. 400 angedeutet, hinter, sondern vor diesem Ventil, da anderenfalls die Gefahr besteht, dass der Zuleitung Wasser mittels Schlauch entnommen werden kann, welches den Wassermesser nicht durchläuft.

Angeichts des Umstandes, dass das städtische Ventil selten gebraucht wird und dass die Wasserwerksverwaltung sich vorbehalten kann, das Absperrn der Leitung im Privatgrundstücke selbst zu vollziehen, wird das erstere auch häufig weggelassen, was einer nicht unbedeutenden Ersparnis gleichkommt.

Anzufügen ist noch, dass bei neueren Wasserverfugungen das Abzweigen der Anschlussleitung nicht seitlich des Strafsenrohres, sondern nach oben gehend angeordnet wird, damit

Fig. 404.

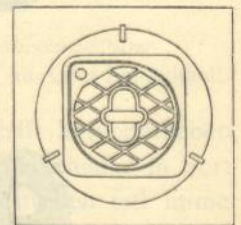
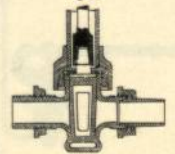
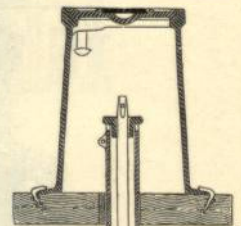
Strafsenhahn mit  
Kappe.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Fig. 405.



Fig. 406.

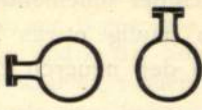
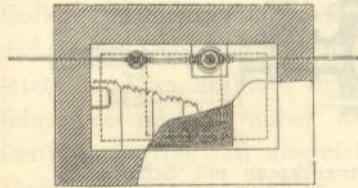
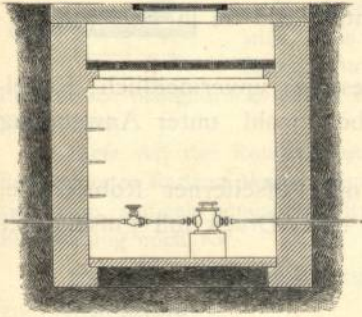


Fig. 407.



Privathauptventil und Wassermesser.

 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

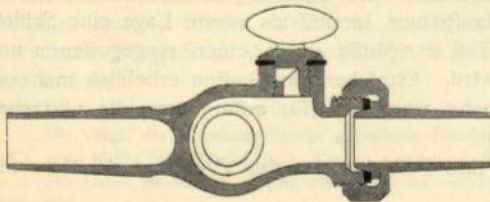
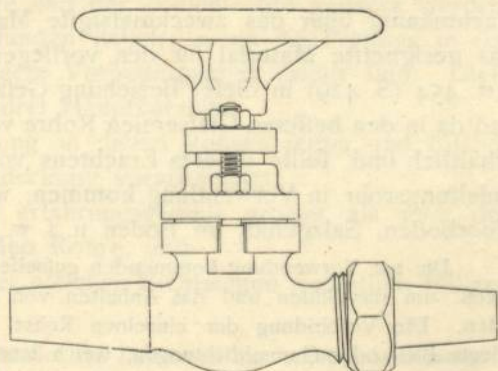
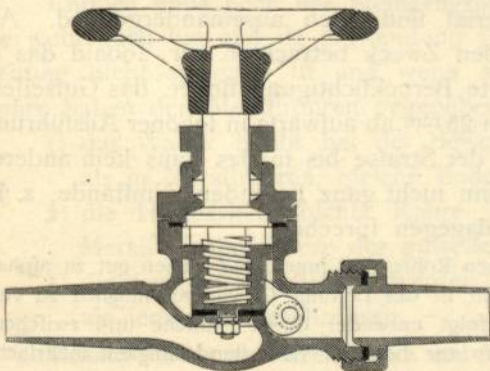
fämtliche Privatleitungen zusammen eine gründliche Entlüftung des Strafsenrohrnetzes bewirken. Das Strafsenrohrnetz liegt in diesem Falle etwas tiefer, und die Anschlußleitung erhält nach ihrer Abzweigung ein kurzes Bogenstück (Fig. 405).

An der dargestellten allgemeinen Anordnung wird nichts geändert, wenn statt des Anbohrens der Strafsenleitung, welche unter Druck ohne vorhergegangenes Entleeren des Rohrstranges erfolgen kann, die Abzweigung unter Benutzung eines in die Strafsenleitung eingeschalteten besonderen Stutzens geschieht. Vor der Benutzung ist der Stutzen durch einen Blindflanschdeckel geschlossen; nach Wegnehmen des Deckels, wobei das Strafsenrohr entleert werden muß, erfolgt der Anschluß mittels Flanschenrohr, was bei Verwendung gußeiserner Rohre sehr einfach (Fig. 406) zu bewerkstelligen ist.

Muß das Aufstellen des Privathauptventils und des Wassermessers außerhalb der Gebäude erfolgen, so werden beide Vorrichtungen in einem gemauerten, mit einer Eisenplatte oder einem Bohlenbelag abzudeckenden Schachte aufgestellt, wie er in Fig. 407 veranschaulicht ist. Der Schacht erhält einen Zwischenboden, um im Winter durch Einbringen eines schlechten Wärmeleiters das Einfrieren des Wassers in der Leitung zu verhindern.

Gegenüber dem Abzweigen von Rohrstützen aus hat das Anbohren der Rohre den Vorzug, daß man die Abzweigungsstelle an jeden beliebigen Ort zunächst dem Punkte, an welchem die Anschlußleitung in das zu versorgende Grundstück eingeführt

Fig. 408.

Privathauptventil.  
(Niedererschraubhahn.) $\frac{1}{8}$  w. Gr.

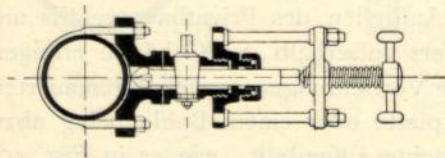
werden soll, verlegen kann. Die Stutzen können dagegen während des Rohrlegens nur annähernd an den später für die Abzweigung geeignet scheinenden Platz gebracht werden; die Anschlufsleitungen werden deshalb häufig etwas länger. Die letztere Anordnung ist indeffen folider und deshalb in der neueren Zeit fast ausschließlich im Gebrauche.

Hinsichtlich der Konstruktion der Absperrvorrichtungen ist zu bemerken, daß Hähne, sobald sie längere Zeit im Gebrauche waren, sich schwer drehen lassen und undicht werden. Sie werden deshalb meist durch Ventile, wie sie in Fig. 408 dargestellt sind, oder durch Schieber ersetzt.

Auch bei Anbohrungen unter Druck ist es keineswegs unvermeidlich, Kegelhähne anzuwenden; das Anbohren kann vielmehr ebenfowohl unter Anwendung eines Schiebers vollzogen werden.

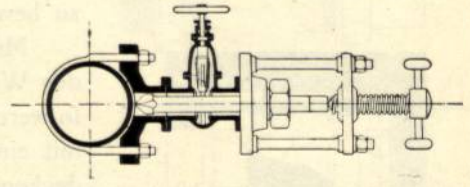
In Fig. 409 ist eine Anbohrung unter Druck mit gusseiserner Rohrfchelle, Kegelhahn und Zylinderbohrer, in Fig. 410 eine solche unter Druck mit gusseiserner

Fig. 409.



Anbohrwerkzeug mit Hahn.

Fig. 410.



Anbohrwerkzeug mit Schieber.

1/20 w. Gr.

Rohrfchelle, Schieber und Zylinderbohrer dargestellt. Ist das Rohr durchbohrt, so wird der Bohrer bis hinter den Verschluss zurückgezogen und sodann der Hahn oder Schieber zugedreht; nach dieser Verrichtung kann die Wegnahme des Bohrgerätes und der Leitungsanschlufs erfolgen.

Die Anschlufsleitungen werden aus Rohren von Gufseifen, von Schmiedeeifen und von Blei, bzw. Zinn mit Bleimantel hergestellt, und die Anflchten bewährter Fachmänner über das zweckmäßsigste Material sind noch auseinandergehend. Als das geeignetste Material für den vorliegenden Zweck betrachten wir, sobald das in Art. 454 (S. 429) in dieser Beziehung Gefagte Berücksichtigung findet, das Gufseifen, und da in den besseren Giefsereien Rohre von 25 mm ab aufwärts in schöner Ausführung erhältlich sind, sollte unferes Erachtens von der Strafe bis in das Haus kein anderes Zuleitungsrohr in Verwendung kommen, wenn nicht ganz besondere Umstände, z. B. Moorboden, Salzgehalt im Boden u. f. w., dagegen sprechen.

Die zur Verwendung kommenden gufseisernen Rohre sind innen und außen gut zu asphaltieren, um das Bilden und das Anhaften von Rost in der Leitung so viel als möglich zu verhüten. Die Verbindung der einzelnen Rohre erfolgt entweder durch Flansche und zwischengelegte Blei- oder Gummidichtungen, welche letztere zur besseren Widerstandsfähigkeit mehrfache Hanfeinlagen erhalten, oder durch Muffen mit Bleidichtung. Zur Dichtung dieser Muffen dient als unterste Lage eine Schicht mit Leinöl getränkten Hanfgarnes, hierauf als zweite Lage eine Schicht reinen geteerten Hanfgarnes, während der obere Teil der Muffe durch einen eingegoffenen und gut mit Meißeln verstemmten Bleiring ausgefüllt wird. Flanschenrohre kosten erheblich mehr als Muffenrohre. Man kommt der Wahrheit ziemlich nahe, wenn man für erstere etwa die 1 1/2fachen Preise der Muffenrohrleitung in Ansatz bringt.

Für die Einzelmasse der gufseisernen Rohre sind Festsetzungen des »Vereines der Gas- und

Wasserfachmänner Deutschlands«, sowie des »Vereins deutscher Ingenieure«<sup>340</sup>) maßgebend; auch die Formstücke, wie Bogenrohre (Krümmer), Anfangrohre, Uebergangrohre, Doppelmuffen (Ueberschieber) u. f. w. sind in der Normaltabelle dimensioniert. Es ist stets empfehlenswert, nicht allein aus Ersparnisrückichten, sondern auch wegen des später jederzeit möglichen leichten Erfatzes einzelner Bestandteile einer Rohrleitung, möglichst nur Normalformstücke zu verwenden.

Fig. 411.



Die Muffenrohre können auch mit Gummichtung versehen werden, in welchem Falle der ganze Zwischenraum zwischen Muffe und Schwanzende mit einem guten Gummiring, wie in Fig. 411 gezeichnet, ausgefüllt wird. Das Innere der Muffe muß etwas kegelförmig sein und erhält ringförmige Austiefungen, in welchen sich der Gummiring, nachdem er beim

Einschieben plattgedrückt wurde, festhält; die Muffentiefe  $t$  beträgt bei allen Lichtweiten in diesem Falle 95 mm.

Diese Art der Rohrverbindung ist sehr willkommen, wenn es sich um das Verlegen von Rohren unter starkem Wasserzudrange u. f. w. handelt; für die im Trockenen zu verlegenden Rohre zieht man, mangels genügender Erfahrungen über die Haltbarkeit, bezw. Dauer des Gummis, die Bleidichtung noch vor.

Für die Anschlußleitungen kommen wohl auch schmiedeeiserne und Bleirohre zur Anwendung.

Bezüglich der sog. galvanisierten, d. i. durch einen Zinküberzug gegen das Rosten geschützten schmiedeeisernen Rohre wird noch in Art. 468 gezeigt werden, daß dieser Ueberzug nur so lange gegen Rost sichert, als er nirgend äußerlich verletzt ist. Dies ist indes bei den Handhabungen mit den Rohren, beim Zusammen-schrauben mittels rauher Rohrzanzen, durch das Anschneiden der Gewinde und sonstige Angriffe fast ausgeschlossen. Deshalb ist das Verlegen solcher Rohre in den Boden nicht zu empfehlen.

Da Bleirohre äußerer mechanischen Einwirkungen wegen der Weichheit des Materials wenig Widerstand entgegensetzen, ist für ihre Anwendung zu Anschlußleitungen Vorsicht geboten.

Es ist vorgekommen, daß Ratten Bleirohre vollständig durchgefressen haben. Auch ist zu beachten, daß das Erdreich, durch welches die Leitung gelegt werden soll, außergewöhnlich kalkhaltig ist; Kalk in Begleitung von Feuchtigkeit greift Blei sehr kräftig an und würde es in kürzester Zeit vollständig zerstören<sup>341</sup>).

Endlich muß noch der Steinzeugrohre und der Zementrohre gedacht werden, die wohl auch hie und da Anwendung gefunden haben, wenn die Pressung in der Leitung nicht zu groß ist und wenn andere Vorbedingungen erfüllt sind. Diese Rohre haben den Metallrohren gegenüber drei Hauptvorzüge:

- 1) das Wasser bleibt bei der Bewegung in diesen Rohren reiner und frischer als in Metallrohren, gleiche Bodendeckung vorausgesetzt;
- 2) die Haltbarkeit solcher Rohre ist erfahrungsgemäß größer als jene der Metall-, insbesondere der gußeisernen Rohre, und
- 3) die fertigen Rohrstränge werden bei gleichen Lichtweiten wesentlich billiger als jene aus Metallrohren.

Vielfach werden auch Zementrohre und Tonrohre für Leitungen mit wesentlichem innerem Ueberdrucke verwendet; so sind z. B. zur Wasserversorgung für die Städte Barcelona, Nizza, Grenoble, Autun, Nimes, Vevey u. a. Zementrohre mit einer, bezw. mehreren Atmosphären Ueberdruck in großen Mengen verlegt worden, für eine große Zahl elsfässiger Städte Tonrohre u. f. w.

<sup>340</sup>) Vergl. die Normaltabelle für gußeiserne Flansche und Schieber, Ventile, Hähne und Muffenröhren in Teil I, Band 1, erste Hälfte (Abt. I, Abchn. 1, Kap. 6, unter b) dieses »Handbuches«.

<sup>341</sup>) Siehe: ROSSEL, A. Ueber die Einwirkung verschiedener Substanzen und Baumaterialien auf Bleirohren. Schweiz. Gewbl. 1880.



Indessen lehrt doch die Erfahrung, daß die hergestellten Leitungen bei den geringsten Bodenfeukungen platzen, und zwar bei gleichem Ueberdrucke umfo leichter, je größer ihre Lichtweiten find; fie bieten deshalb, abgesehen davon, daß Anschlüsse fehr fehrer fachgemäß eingefügt werden können, nicht die für jede Wafferverforgung in erfter Linie erforderliche Sicherheit des ununterbrochenen Wafferbezuges. Anders ift dies bei Leitungen ohne inneren Ueberdruck; diefe unterliegen der Gefahr des Platzens nicht und haben die obenerwähnten Vorzüge. Frifch bleibt das Waffer darin, weil die kapillare Feuchtigkeit in der Rohrwandung an der äußeren Oberfläche des Rohrfranges bei von außen zudringender Wärme ein Verdampfen von Waffer in die Grundluft erzeugt, wodurch im Sommer der Rohrwand Wärme entzogen wird. Dauerhaft haben fich Rohre aus Ton und zementierte Kanäle an den jahrtaufendealten Leitungen der Römer bis heute erwiefen, während alle Metallrohre, je nach der Befchaffenheit des Bodens, in welchen fie verlegt find, nur eine fehr begrenzte Dauer haben. Endlich betragen, den billigften Metallrohren gegenüber, die Kofien gleich weiter Rohrfränge aus Ton oder Zement — je nach Bezugsquelle und Verlegungsort — die Hälfte und noch weniger, fofern es fich nicht um ganz kleine Lichtweiten handelt.

Man muß bei Verwendung von Zementrohren fehr darauf achten, daß, wie bereits früher erwähnt, größere Gefchwindigkeiten des Waffers als 1,00 m in der Sekunde nicht vorkommen, da fonft die Rohrwandungen mechanifch angegriffen werden; auch bei Tonrohren follte die Gefchwindigkeit das Maß von 1,50 m nicht überfteigen. Sodann dürfen Rohrleitungen diefer Art nur in ganz gleichmäßiges Gefälle gelegt werden, weil fonft eine ftoßweife, das Zerftören der Rohrwandungen befördernde Bewegung des Waffers eintritt. Endlich dürfen die Rohre nur auf gewachsenem, unnachgiebigem Boden verlegt werden, da fie bei feifen Verbindungen und nachfolgendem Setzen des Untergrundes leicht brechen.

Bei größeren Lichtweiten werden Zementrohre billiger als Tonrohre, und es ift überhaupt nicht ratsam, Tonrohre von mehr als 600 mm Lichtweite zu verwenden.

Die Zuleitungen zu den Grundftücken müffen im deutfehen Klima mindeftens 1,20 bis 1,50 m Bodendeckung über fich haben, wenn fie vor den Einwirkungen des Froftes im Winter und der Hitze im Sommer gefchützt werden follten. Abweichungen von diefer Regel find nur dort zuläffig, wo eine ftändige Bewegung des Waffers in der Anfehlußleitung ftattfindet, wenn z. B. ein immer laufender Brunnen (Springbrunnen u. f. w.) oder ein fonftiger ununterbrochener Ablauf im Privatgrundstücke vorhanden ift.

Es kann ausnahmsweife vorkommen, daß man auf eine Hausleitung oder einen ihrer Teile nicht den vollen Druck der Straßenleitung einwirken laffen möchte. In diefem Falle pflegt man Druckverminderungs-(Druckreduktions-)Ventile, wie in Fig. 412 u. 413 dargeftellt, einzufchalten.

Fig. 412.

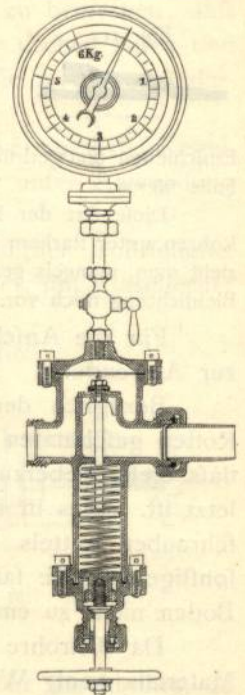
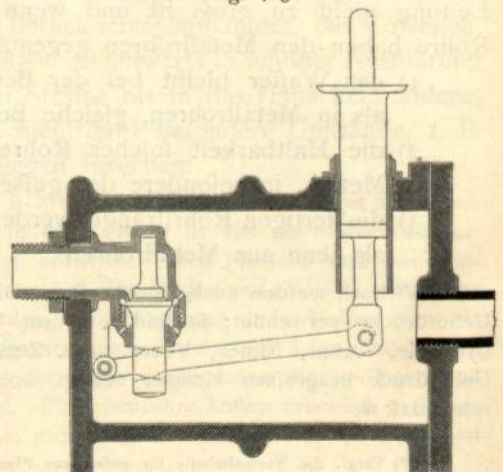
Druckverminderungsventil. —  $\frac{1}{6}$  w. Gr.

Fig. 413.



Druckverminderungsventil.

 $\frac{1}{6}$  w. Gr.

460.  
Tiefenlage  
der  
Leitung.

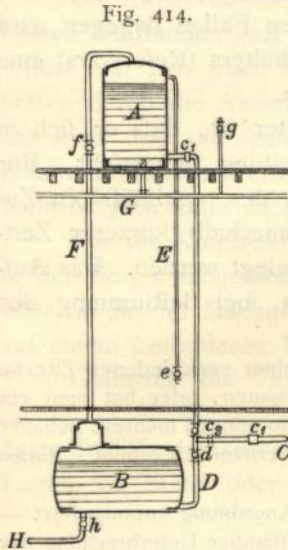
461.  
Einrichtungen  
zur Druck-  
verminderung.

Bei beiden Ventilen kann die Prefung in der Privatleitung nach Belieben geregelt werden: bei Fig. 412 durch Abspannen der Feder mittels des Handrades, bei Fig. 413 durch Beschweren der nach außen gerichteten Kolbenfange. Solche Einrichtungen sind jedoch sehr empfindlich, und wenn die Ventile undicht werden, kommt bei geschlossenen Ausläufen doch der ganze Druck der Hauptleitung zur Wirkung. Unter keinen Umständen sollte man im Vertrauen auf ihre Wirksamkeit die Hauseinrichtung für leichtere Prefungen, also in geringerer Konftruktion, herstellen.

Häufig genügt der Druck einer vorhandenen Wasserleitung nicht, um den höchsten Stellen des Gebäudes das Wasser mit folchem Druck zuzuführen, wie dies zum Spülen hochgelegener Spülaborte, für Feuerlöschzwecke und dergl. notwendig

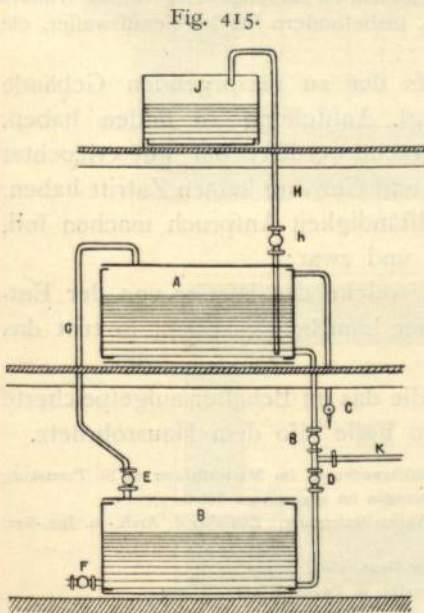
462.  
Einrichtungen  
zur Druck-  
erhöhung.

ist. In solchen Fällen muß man entweder das Wasser mittels eines Pumpwerkes empordrücken, oder man benutzt, geringeren Wasserverbrauch vorausgesetzt, die *Stumpf'sche* Einrichtung<sup>342)</sup>, wobei unter Benutzung der atmosphärischen Luft die Niederdruckwasserleitung selbst zum Uebertragen ihrer Prefung nach höhergelegenen Gebäudestellen verwendet wird. Dieses Verfahren, welches wohl auch als »pneumatisch« bezeichnet wird, beruht auf dem Grundgedanken des bekannten Heronsbrunnens.



In Fig. 414<sup>343)</sup> ist der obere Behälter *A* so gelegen, daß er mittels der vorhandenen Wasserleitung *c* noch gefüllt werden kann. Zu diesem Zwecke füllt man den Hahn *c*<sub>2</sub> (*c*<sub>1</sub>, *c*<sub>1</sub> sind Rückschlagventile) und läßt zugleich durch den Hahn *e* aus dem Behälter *A* Luft entweichen. Sobald aus letzterem Wasser abfließt, erkennt man, daß er gefüllt ist; infolgedessen schließt man die Hähne *c*<sub>2</sub> und *e*. Nunmehr läßt man das Leitungswasser durch den Hahn *d* in den unteren Behälter *B*, der mit Luft gefüllt ist, eintreten; mittels des Hahnes *f* stellt man alsdann zwischen den beiden Behältern die Verbindung her. Hierdurch wird die Luft im Behälter *B* auf denjenigen Druck zusammengeprefst, welcher dem Drucke der Wasserleitung und der Höhenlage dieses Behälters entspricht. Dieser Druck wird nun durch das Luftrohr *F* nahezu unvermindert auf den Wasserpiegel im Behälter *A*, der bisher unter dem gewöhnlichen Atmosphärendruck gestanden hat, übertragen. Infolgedessen ist es möglich, den Hähnen *g* des Verteilungsrohres *G* kräftige Wasserstrahlen entströmen zu lassen.

Auf dem flachen Lande hat man nicht selten eine Wasserleitung mit natürlichem Gefälle zur Verfügung, die zwar eine ausreichende Wassermenge liefert, deren Druck aber verhältnismäßig gering ist. Alsdann kann man unter Benutzung des gleichen Grundgedankens das Wasser in höhergelegene Behälter heben.



In Fig. 415<sup>343)</sup> sind 3 Behälter *B*, *A* und *F* vorhanden. Davon ist *A* in solcher Höhe angeordnet, daß er von der Leitung aus, durch Öffnen der Hähne *B* und *C*, gefüllt werden kann. Ist letzteres geschehen, was man daran erkennen kann, daß bei *C* Wasser ausfließt, so schließt man *B* und *C* und öffnet *D* und *E*; infolgedessen strömt das Leitungswasser in den tief-

<sup>342)</sup> D. R.-P. Nr. 22 593.

<sup>343)</sup> Nach: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 509 u. 510.

liegenden Hilfsbehälter *B* und verdichtet die in diesem befindliche Luft; der Druck der letzteren überträgt sich durch das Rohr *G* nahezu unvermindert auf den Wasserpiegel im Behälter *A*. Oeffnet man nun den Hahn *h* des Steigrohres *H*, so kann das Wasser — der hervorgebrachten Druckerhöhung entsprechend — in den höhergelegenen Behälter *J* gehoben werden; alsdann können aus letzterem Verbrauchsstellen mit Wasser gespeist werden, die durch die natürliche Leitung nicht zu erreichen waren<sup>344</sup>).

## 2) Wasserbehälter.

463.  
Wasserbehälter.

Werden einzelne Gebäude oder Gebäudegruppen aus einem öffentlichen Wasserwerke mit Wasser versehen, bei welchem die Wasserlieferung ununterbrochen und ohne Einschränkung der Entnahmemenge geschieht, so ist das Aufstellen eines Verteilungsbehälters nicht erforderlich. In den meisten anderen Fällen dagegen wird es vorteilhaft sein, durch Anlage eines besonderen Wasserbehälters (Reservoirs) eine jederzeitige beliebige Benutzung des Wassers zu ermöglichen.

Erste Bedingung für einen derartigen Verteilungsbehälter ist, daß er sich in einer Höhenlage befinde, welche sämtliche Ausläufe der Leitung beherrscht. Für den Rauminhalt ergibt sich als kleinstes Maß der Vergleich des regelmäßigen Zulaufes mit den hiervon abweichenden Verbrauchsmengen innerhalb kürzerer Zeiträume; im übrigen kann ein Wasserbehälter nie zu groß angelegt werden. Das Aufspeichern eines halben Tagesbedarfes sollte, wenn möglich, bei Bestimmung des Rauminhaltes als Kleinmaß festgehalten werden.

Ist es nicht möglich, in einem Gebäude ohne Beeinträchtigung seiner verschiedenen Zwecke einen einzigen Wasserbehälter von dem eben gedachten Inhalte zu erbauen, oder hat man ein Interesse daran, den Betrieb in Hochdruck und Niederdruck zu teilen, so können mehrere Behälter an die Stelle eines einzelnen treten. Die Kosten werden dabei selbstverständlich erhöht. Einige Vorteile dieser Anordnung sind:

- 1) Verfaßt einer der Wasserbehälter, so kann — entsprechende Anordnung vorausgesetzt — die Wasserverteilung durch die übrigen stattfinden; sonach tritt eine vollständige Unterbrechung der Wasserverförgung nicht ein, was in Rücksicht auf die nötige Reinigung der Behälter sehr wertvoll ist.
- 2) Große Behälter erfordern sehr kräftige Unterfützungen, also meist besondere Unterbauung.
- 3) Das Unterbringen kleinerer Behälter in frostfreien Räumen ist leichter durchführbar und ihre Unterhaltung einfacher als bei größeren Behältern.
- 4) Für gewisse Zwecke, z. B. für das Begießen der Gärten, ist ein langes Lagern des Wassers von erheblichem Nutzen, während dies für andere Zwecke, insbesondere für das Genußwasser, ein Nachteil ist.

Verteilungsbehälter, welche im Dachgeschofs der zu versorgenden Gebäude oder in besonderen turmartigen Bauten und dergl. Aufstellung zu finden haben, sollten immer in einem eigenen Raume untergebracht werden, der gut erleuchtet und gelüftet ist und zu dem Staub, Vögel, Katzen und Gewürm keinen Zutritt haben.

464.  
Zu- und  
Ableitungen.

Jeder Wasserbehälter muß, wenn er auf Vollständigkeit Anspruch machen soll, eine Zuleitung und dreierlei Ableitungen besitzen, und zwar:

- 1) Die Zuflußleitung, auch Einlauf genannt, welche das Wasser von der Entnahmestelle in den Behälter führt. Wird das Wasser künstlich gehoben, so tritt das Steig- oder Druckrohr an ihre Stelle.
- 2) Die Abflußleitung, auch Ablauf geheißten, die das im Behälter aufgespeicherte Wasser seiner Bestimmung zuführt, im vorliegenden Falle also dem Hausrohrnetz.

<sup>344</sup>) Eine derartige Schaffung von Hochdruckbehältern für Feuerlöschzwecke ist im Marientheater zu St. Petersburg zur Ausführung gekommen. Hierüber, sowie über die *Stumpf'schen* Einrichtungen im allgemeinen siehe:

HERHOLD. Ueber die Verwendung des Luftdruckes in der Wasser-Verförgung. Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 509.

HEROLD. Ueber Pneumatik in der Wasser-Verförgung. Deutsche Bauz. 1885, S. 222.

Verwendung des Luftdruckes in den Wasserverförgungen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 202.

STUMPF, G. Ueber Pneumatik bei Wasserverförgung. Gefundh.-Ing. 1885, S. 89.

3) Der Ueberlauf, auch Entlastungsleitung genannt, mittels deffen erzielt wird, dafs der Wasserspiegel im Behälter eine gewisse grösste Höhenlage nicht übersteigt, durch den also überschüssiges Wasser abgeleitet wird.

4) Die Entleerungsleitung, auch Leerlauf geheissen, mittels deren die gefamte im Behälter enthaltene Wassermenge zum Abflufs gebracht, der Behälter also vollständig entleert werden kann.

Bisweilen sind die Ableitungen vollständig voneinander getrennt. Nicht selten werden aber Ueberlauf und Entleerungsrohr zusammengeführt. Seltener ist die Vereinigung von Ablauf und Ueberlauf, bezw. Leerlauf.

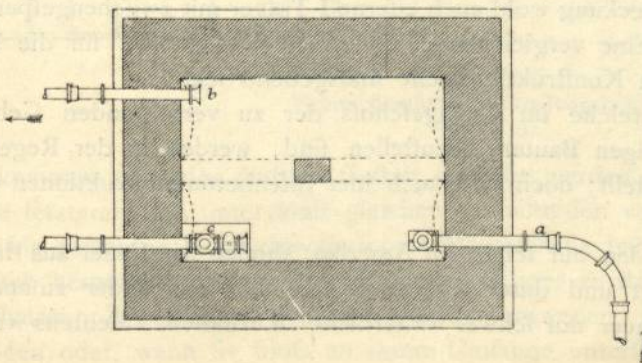
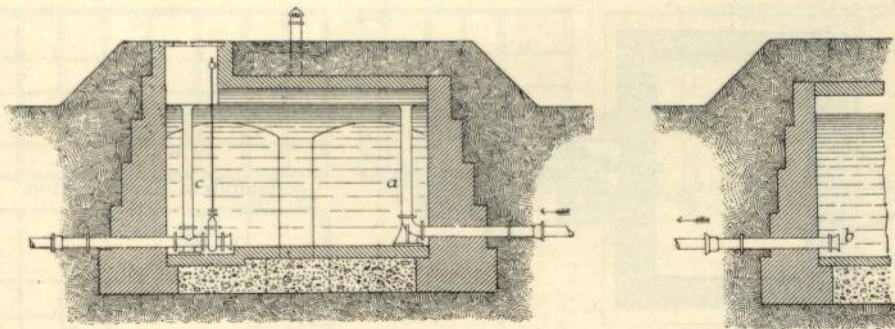
Die Entleerungsleitung und das Ueberlaufrohr folcher Hausbehälter dürfen unter keinen Umständen mit Aborten oder mit den Abortfallrohren verbunden werden; erstere soll sich über einem besonderen Ausgufs frei entleeren; letzteres wird am besten durch die Aussenmauer in das Freie geführt, wo seine Tätigkeit sofort sichtbar wird und die Aufmerksamkeit der Hausbewohner auf sich zieht. In rauheren Klimaten ist dieses Verfahren allerdings nicht zulässig, und man mufs alsdann das Ueberlaufrohr gleichfalls nach einem Ausgufs führen.

Für die Konstruktion der Verteilungsbehälter hat man zu unterscheiden, ob sie in den Boden eingebaut werden können (was übrigens nur selten vorkommen wird), oder ob sie im Dachgeschofs oder sonst einem hohen Punkte der Gebäude, bezw. auf einem besonderen Unterbau aufgestellt werden sollen.

Gestatten die Verhältnisse den Einbau des Wasserbehälters in den Boden, so genügt es für kleine Anlagen, einen wasserdichten Schacht, welcher innen mit einem hartgeschliffenen Zementputz zu versehen ist, herzustellen und ihn in doppelten Lagen mit Stein- oder Eisenplatten abzudecken.

465.  
Konstruktion:  
Gemauerte  
und betonierte  
Behälter.

Fig. 416.

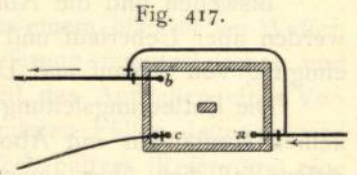


Gemauerter  
Verteilungsbehälter.

1/20 w. Gr.

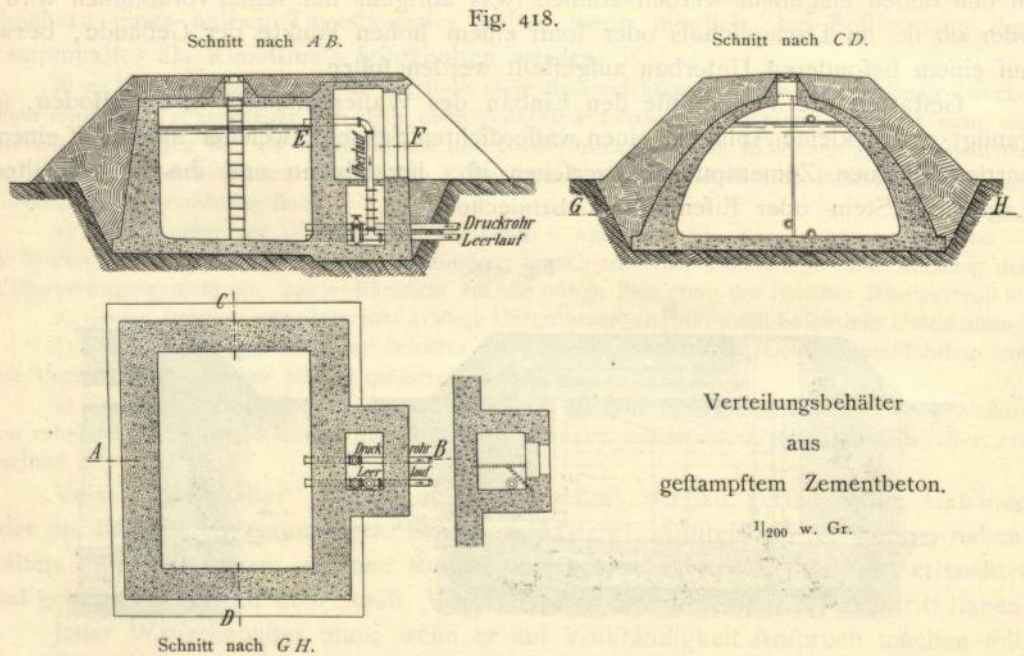
Größere Behälter werden überwölbt und zum Schutze gegen Temperatureinflüsse in einer Höhe von mindestens 1 m mit Erde überdeckt. Sie werden entweder gemauert, in den meisten Fällen aus Backsteinen, oder aus hydraulischem Beton hergestellt. Fig. 416 stellt einen kleinen gemauerten Wasserbehälter dar.

Seine Sohle ist aus Beton in einer Stärke von nicht unter 40 cm hergestellt, worauf 3 Steinflachschichten zu liegen kommen. Der Behälter besitzt einen Einlauf *a* als Ueberfall konstruiert, einen einfachen Ablauf *b* und eine Ueberlauf- und Entleerungsleitung *c*. Nach Fig. 417 ist die Zuleitung mit der Ableitung durch einen Rohrstrang verbunden, so dass man durch 2 Absperrschieber den Behälter aus der Leitung ausschalten kann. Der Wasserbehälter erhält eine Einsteigeöffnung. Zur Verhütung des Eindringens von unreinem Wasser und Schmutz ist der Schachtdeckel vollständig dicht einzusetzen. Sicherer, aber etwas teurer ist die Anordnung eines vom Wasserbehälter getrennten Einsteigechachtes.



Verteilungsbehälter mit Umlauf.

In neuerer Zeit werden die Wasserbehälter häufig in hydraulischem Beton, bisweilen auch in Eisenbeton ausgeführt. Umfassungswände und Deckengewölbe werden nicht selten zu einem gemeinschaftlichen Konstruktionssteil vereinigt, wodurch bei zweckmäßig gewählter Form nennenswerte Materialersparnis erzielt wird (Fig. 418).



Verteilungsbehälter  
aus  
gestampftem Zementbeton.

$\frac{1}{200}$  w. Gr.

Doch werden für die Ueberdeckung wohl auch eiserne I-Träger mit zwischengespannten Betonkappen verwendet. Eine vergleichende Kostenberechnung wird für die Wahl der einen oder der anderen Konstruktionsweise maßgebend sein.

Verteilungsbehälter, welche im Dachgeschoss der zu versorgenden Gebäude oder in besonderen turmartigen Bauten aufzustellen sind, werden in der Regel aus Holz oder aus Eisen hergestellt; doch sind auch hier Eisenbetonkonstruktionen nicht ausgeschlossen.

Hölzerne Behälter werden nur selten (in Amerika) ähnlich wie Fässer aus starken Holzdauben zusammengefügt und durch eiserne Reifen oder Zugbänder zusammengehalten; sie sind auf die Dauer nur schwer wasserdicht zu erhalten. Meistens werden

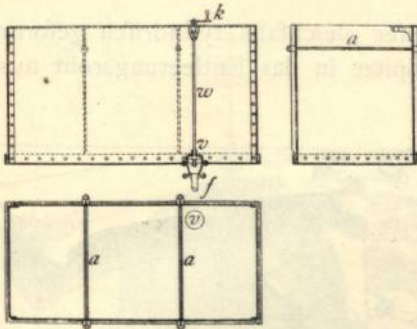
Holzbehälter als viereckige Kästen aus starken Brettern oder aus Bohlen zusammengefügt und innen, um die erforderliche Wasserdichtigkeit zu erzielen, mit Zinkblech verkleidet; die Zinkblechtafeln müssen sorgfältig aneinander gelötet werden. (Vergl. die Wasserverforgung einer Villa auf S. 484 und die beigegefügte Tafel.)

Gusseiserne Behälter werden häufig in prismatischer Form (mit rechteckigem Grundrifs, Fig. 419) ausgeführt; man findet jedoch auch grössere gusseiserne Wasserbehälter in runder Form aus Muffenringen oder verflanschten Segmentstücken hergestellt. Sie sind zwar schwerer als schmiedeeiserne Behälter von gleichem Fassungsraume, leiden aber weniger durch den Rost.

Prismatische gusseiserne Behälter werden aus einzelnen Platten (aus Herdguß) von 8 bis 15 mm Stärke zusammengefügt; die letzteren sind mit angegossenen Flanschen versehen, mit Hilfe deren sie zusammengeschaubt werden. Schmiedeeiserne Ankerstangen  $a, a$  (von 10 bis 20 mm Dicke) halten je zwei gegenüberliegende Wände zusammen. Die erforderliche Wasserdichtigkeit wird durch Gummi- oder sonstige Einlagen, die zwischen die Flansche gebracht werden, oder durch Eisenkitt erzielt.

Schmiedeeiserne Behälter, die in den Dachgeschossen der betreffenden Gebäude aufgestellt werden, erhalten in der Regel die gleiche Form wie die gusseisernen (Fig. 420); die in besonderen turmartigen Bauten untergebrachten Wasserbehälter

Fig. 419.



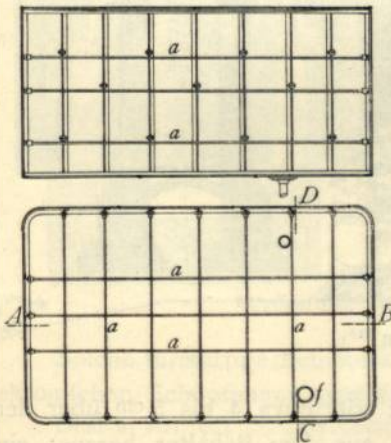
Gusseiserner Verteilungsbehälter.

 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Fig. 420.

Schnitt A.B.

Schnitt C.D.



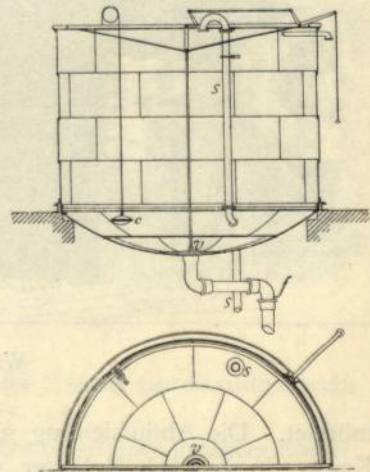
Grundrifs.

Schmiedeeiserne Verteilungsbehälter.

 $\frac{1}{100}$  w. Gr.

Fig. 421.

Schnitt.



Grundrifs.

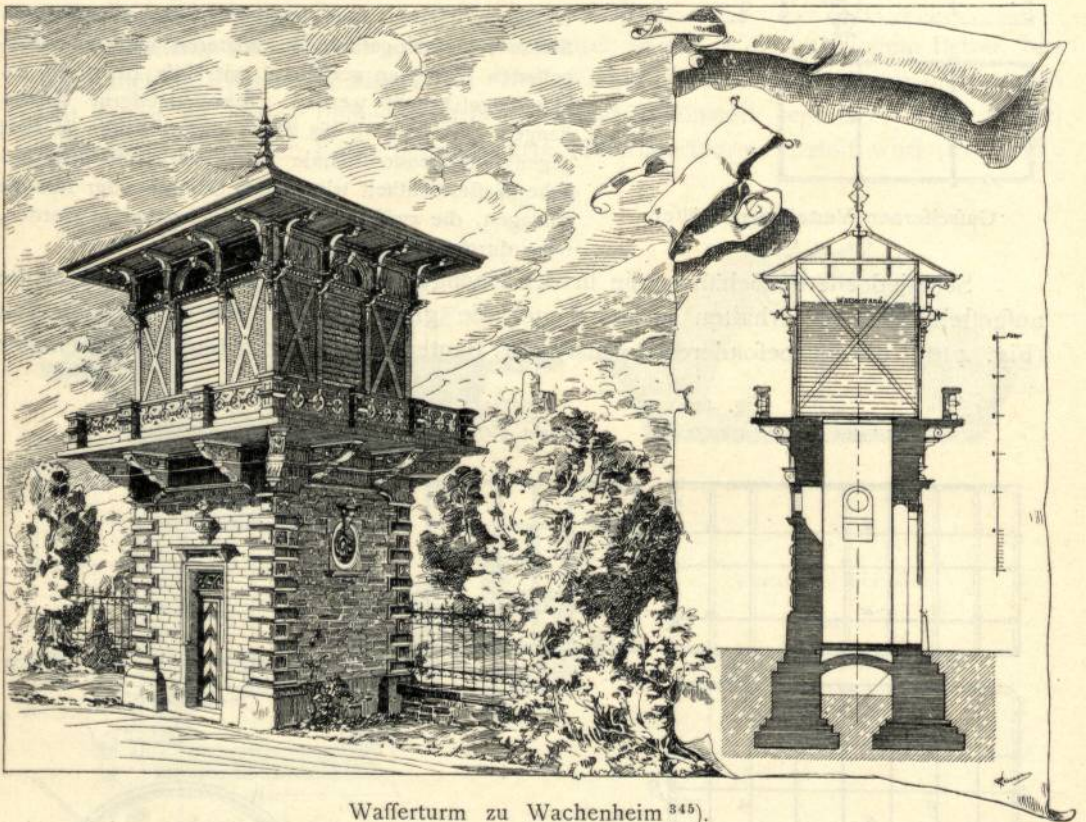
bekommen entweder dieselbe Gestalt oder sie werden zylindrisch geformt (Fig. 421). Die letzteren sind unter sonst gleichen Verhältnissen vorzuziehen, weil sie bei zweckmäßig gewählter Höhe eine geringere Mantelfläche haben und mit geringerer Wandstärke hergestellt werden können, sonach billiger zu stehen kommen wie prismatische Behälter. Zylindrische Behälter erhalten entweder, wie die prismatischen, ebene Böden oder, wenn sie bloß an ihrem Umfange unterstützt werden sollen, sphärische

(Fig. 421), bezw. konische Böden. Behälter mit *Intze'scher* Bodenform finden für so kleine Anlagen wohl nur wenig Anwendung; dagegen können die nach *Barkhausen-Klönne* gestellten Behälter wohl in Frage kommen.

Schmiedeeiserne Behälter werden aus einzelnen Blechtafeln (nach Art der Keffelnietungen) zusammengenietet. Bei den üblichen Wassertiefen von 1 bis 3 m genügt eine Blechdicke von 3 bis 6 mm; sie kann oben geringer wie unten gewählt werden. Die Seitenwände prismatischer Behälter werden durch L- und T-Eisen abgesteift und durch Ankerstangen *a* (Fig. 420) zusammengehalten. Die Wasserdichtheit wird in der Regel schon durch die Nietung allein erzielt; doch empfiehlt es sich, die genieteten Fugen zu verstemmen.

In England sind in der Regel die Hausbehälter gleichfalls zylindrisch geformt und besitzen einen kegelförmigen Boden, dessen Spitze in das Entleerungsrohr aus-

Fig. 422.

Wasserturm zu Wachenheim<sup>345)</sup>.

Arch.: Huber &amp; Berg.

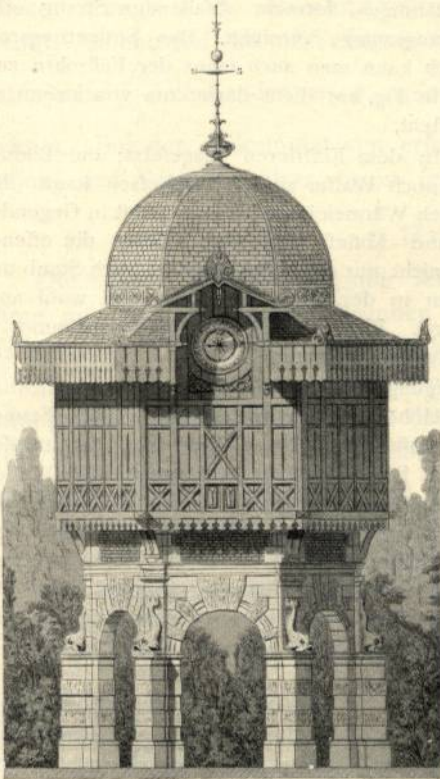
mündet. Die Abflusleitung nach dem Hausrohrnetz tritt etwa 4 bis 5 cm über der Kante, in der sich Zylinder und Kegel vereinigen, aus dem Behälter heraus; ein dichtschliessender Deckel fehlt niemals. Ein solcher Behälter soll sich nahezu selbsttätig reinigen, indem der Entleerungshahn rasch geöffnet wird.

Schmiedeeiserne, wie gusseiserne Wasserbehälter sind mit einem guten Anstrich zu versehen, der auch häufig zu erneuern ist; bei schmiedeeisernen Behältern ist dies der Gefahr des Durchrostens wegen von besonderer Wichtigkeit, weshalb man für kleinere Behälter auch verzinkte Eisenbleche in Anwendung bringt.

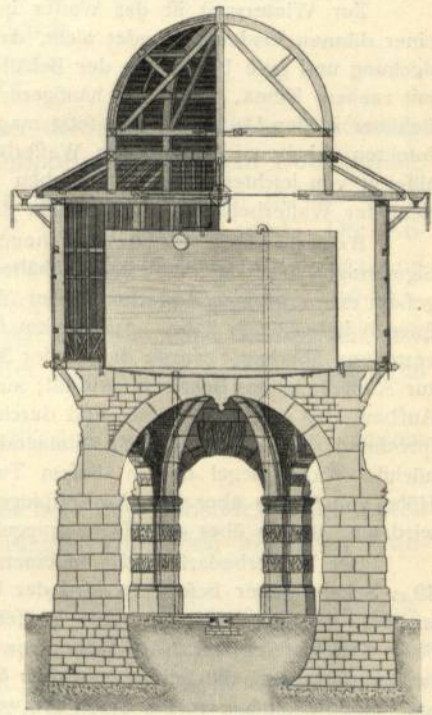
Wird ein Verteilungsbehälter in einem besonderen Bau untergebracht, so besteht der Unterbau entweder aus einem geeigneten Balkengerüst, oder er wird als allseitig durch Mauern (bezw. Fachwerkwände) abgeschlossener, prismatisch gestalteter

Baukörper — bei größeren Abmessungen auch Wasserturm genannt — hergestellt. Zylindrische Behälter mit sphärischem oder konischem Boden ruhen alsdann nur auf den Umfassungsmauern auf. Behälter mit ebenen Böden müssen durch kräftige Balkenlagen gestützt werden; häufig sind die das Dachgeschloß tragenden hölzernen Deckenbalken hierzu nicht stark genug und werden nicht selten durch eiserne I-Träger ersetzt. Besonderer Wert ist darauf zu legen, daß Boden und Seitenwände der Wasserbehälter leicht zugänglich sind; ihre Anordnung in Ecken ist deshalb zu vermeiden. Sie sollen möglichst frei stehen.

Fig. 423.



Ansicht.

1 : 166 $\frac{2}{3}$ .

Schnitt.

Wasserturm für den Besitz des Barons P...<sup>346)</sup>.

Solche turmartige Behälteranlagen sind mehrfach der Anlaß zu reizvollen architektonischen Schöpfungen gewesen (Fig. 422 u. 423<sup>345 u. 346)</sup>.

Dem in Art. 464 (S. 440) Gefagten entsprechend müssen auch bei eisernen Behältern Einlauf-, Ablauf-, Ueberlauf- und Entleerungsleitungen vorhanden sein. Das Einlaufrohr mündet oft seitlich ein; bisweilen (*s* in Fig. 421) durchsetzt es jedoch auch den Boden des Behälters. Findet das mechanische Heben des Wassers im Gebäude selbst statt, so ist das Einlaufrohr mit dem von der Wasserhebemaschine emporführenden Druck- oder Steigrohr identisch. Als Abschlußvorrichtung verwendet man bei Behältern, die durch die städtische Wasserversorgung gespeist werden, Schwimmkugelhähne. (Vergl. Art. 479, S. 473.)

Die Ablaufleitung besteht bei einfachen Anlagen in einem einzigen Fallrohre *f* (Fig. 419 bis 421), welches das Wasser in die unteren Geschosse führt; es mündet am tiefsten Punkte des

<sup>345)</sup> Fakf.-Repr. nach: Architektonische Rundschau 1889, Taf. 96.

<sup>346)</sup> Fakf.-Repr. nach: *Encyclopédie d'arch.* 1884, Pl. 938, 944.



Behälterbodens aus. Damit nicht zu viel von den Schmutzablagerungen in den Behälter gelange, läßt man einen Rohrstutzen über dem Boden hervorragen und bildet ihn als Seierkopf aus. In größeren Gebäuden wird auf dem Dachgeschoß eine wagrechte Verzweigung der Ablaufleitungen erforderlich, zu welchem Ende die entsprechenden wagrechten Rohre vom Behälter nahe an feinem Boden ausgehen; auch hier sind die Ausflußöffnungen mit Sieben zu versehen. Sämtliche Ablaufrohre müssen durch Ventile verschließbar sein. Oft wählt man Niedererschraubventile (vergl. Art. 458, S. 435), die mittels Welle *w* und Kurbel oder Handrad *k* (Fig. 419 u. 420) gehandhabt werden können; doch kommen auch Kegelventile mit Hebelvorrichtung (Fig. 421) vor. Am besten ist es indes, die Absperrvorrichtung außerhalb des Behälters in die betreffende Rohrleitung einzufachalten und Niedererschraubventile allen anderen Konstruktionen vorzuziehen.

Das Ueberlaufrohr bildet entweder einen selbständigen, lotrecht abfallenden Strang oder wird mit einem entsprechenden Rohre der Entwässerungsanlage vereinigt. Das Entleerungsrohr wird am besten mit dem Ueberlaufrohre vereinigt; doch kann man auch eines der Fallrohre zum Entleeren des Behälters benutzen. Der Schwimmer *c* in Fig. 421 dient dazu, um von außen erkennen zu können, wie hoch das Wasser im Behälter steht.

Zur Winterszeit ist das Wasser in den Behältern dem Einfrieren ausgesetzt; die Bildung einer dünnen Eisdecke schadet nicht, da unter dieser noch Wasser zu- und abfließen kann. Bedeckung und gute Umhüllung der Behälter mit schlechten Wärmeleitern schützen selbst in Gegenden mit rauhem Klima, wenn ein häufigerer Wasser-Zu- und -Abfluß stattfindet. Ueber die offenen Behälter in den Dachgeschoßen setzt man Deckel, die nicht nur die Kälte, sondern auch Staub und Infekten abhalten. Freistehende Wasserbehälter werden in der Regel überdacht und wohl auch allseitig von leichten Wänden umgeben (Fig. 422 u. 423). Bisweilen hat man in dem Raume, in dem der Wasserbehälter untergebracht ist, Heizvorrichtungen angeordnet.

Beispiele.  $\alpha$ ) Für die neue Wasserverforgung des fürstlichen Residenzschlosses zu Sigmaringen war der Verteilungsbehälter in solcher Höhe anzubringen, daß man bei Feuergefahr einen großen Teil der Dächer (der höchste Dachfirst liegt 62,50 m über dem Donauwasserspiegel) beherrschen kann. Aus diesem Grunde und mit Rücksicht auf eine zweckmäßige Wasser-Verteilung überhaupt wurde der in der Mitte der ganzen Gebäudegruppe gelegene sog. Römerturm zur Aufstellung des Behälters gewählt; auf seinem viereckigen Unterbau erhebt sich ein achteckiger Aufbau, der um 4,40 m erhöht und durch einen neuen achteckigen, 10,50 m hohen Helm, der entsprechend, mit der Umgebung stimmend, architektonisch ausgebildet wurde, abgeschlossen. Der höchste Wasserspiegel des in diesem Turme untergebrachten Verteilungsbehälters liegt in einer Höhe von 55,93 m über dem Wasserspiegel der herrschaftlichen Quelle, der das Wasser entnommen wird, und 61,97 m über dem Donauspiegel.

Der Wasserbedarf beträgt in einem Tage 160 cbm oder 1,85 l in der Sekunde; da die Quelle 49,35 Sekundenliter liefert, so wird der Ueberfluß zum Betriebe der Wasserfäulenmaschine verwendet, die das Wasser in den Wasserbehälter hebt. Der letztere ist zylindrisch gestaltet, hat 3,50 m Durchmesser und 6,00 m Höhe; von den 6 Blechringen der zylindrischen Wandung haben die beiden unteren 6, die beiden mittleren 5 und die beiden oberen 4 mm Dicke. Der Behälter ruht auf einer Balkenlage von 9 Stück 176 mm hohen I-Trägern, welche ihrerseits durch 2 Unterzüge (Zwillings-I-Träger von 396 mm Höhe) gestützt werden; im gefüllten Zustande faßt er 550 hl Wasser. Der achteckige Oberbau des Römerturmes hat eine lichte Weite von 5,10 m. Sämtliche Außenflächen des Behälters haben zum Schutze gegen Temperatureinflüsse eine doppelte Ummantelung aus Brettern mit Deckleisten erhalten, deren Zwischenraum mit Tierhaaren ausgestopft ist. Bei sehr strenger Kälte wird ein am Fusse des Turmes aufgestellter Wasserheizofen in Tätigkeit gesetzt<sup>347)</sup>.

$\beta$ ) Die Irrenanstalt bei Düren besitzt einen Wasserturm, worin 5 schmiedeeiserne Behälter, und zwar 2 im V. Obergeschoß mit einem Inhalt von je 22 cbm und 3 im IV. Obergeschoß von je 3,6 cbm Fassungsraum. Den beiden im V. Obergeschoß gelegenen Behältern wird durch eine Dampfmaschine mit Pumpwerk Brunnenwasser zugeführt; sie dienen zur Speisung der Wasserverforgungseinrichtungen in allen zur Anstalt gehörigen Gebäuden, das Wirtschaftsgebäude und die Kochanstalt ausgenommen.

Von den im IV. Obergeschoß des Wasserturmes aufgestellten Wasserbehältern dient je einer als Brunnenwasserbehälter für die Kochanstalt und für die Waschanstalt und einer für letztere als Regenwasserbehälter. Dieser wird mittels einer besonderen, im Maschinenraume aufgestellten

<sup>347)</sup> Nach: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1877, S. 35.

Dampfpumpe gefüllt; letztere faugt aus einer neben dem Maschinenraume liegenden unterirdischen Zisterne von ca. 260 cbm Fassungsraum das Wasser empor<sup>318)</sup>.

Anschließend an das in Art. 462 (S. 439) Vorgeführte, ist nochmals des Falles zu gedenken, daß für ein Gebäude oder eine Gebäudegruppe, z. B. für Bahnhofanlagen, Gasthöfe, Fabriken und dergl., Wasser unter hohem Drucke erforderlich und ein Wasserbehälter in entsprechender Höhenlage in der Herstellung zu kostspielig ist. Alsdann kann die höhere Pressung auch mit Hilfe von Windkesseln oder Akkumulatoren bewirkt werden. In den Windkesseln wird eine grössere Menge Luft zusammengedrückt und dadurch eine Pressung  $P$  für 1 qm erzeugt, welche auf das abfließende Wasser wirkt, wie wenn ein Behälter von der Wasserhöhe  $\frac{P}{\gamma}$  vorhanden wäre, wenn  $\gamma$  das Gewicht der Raumeinheit Wasser bezeichnet. Bei den Akkumulatoren ersetzt der Druck eines mit Gewichten belasteten Kolbens den Wasserbehälter, bezw. feinen Wasserdruck.

### 3) Hausrohrnetz.

Die neuere Wasserverforgung leidet gegenüber der früher üblichen Wasserentnahme aus ständiglaufenden Brunnen und aus Pumpbrunnen an dem Uebelstande, daß das zum Verbrauch kommende Wasser durch das Stehenbleiben in den Rohrleitungen im Sommer zu hoch erwärmt, im Winter zu tief gekühlt wird. Die Abkühlung geht manchmal so weit, daß das Wasser in den Leitungen gefriert und diese zersprengt, wodurch in den mit Wasser versorgten Gebäuden großer Schaden angerichtet werden kann. Deshalb ist für den Architekten von Wichtigkeit, sowohl bei der Wahl des Materials, als auch bei der Anordnung der Hausleitungen die genannten Vorkommnisse zu berücksichtigen.

Die Anordnung der Hausleitung kann grundsätzlich verschieden sein, indem man entweder:

α) sämtliches Wasser nach einem im Dachgeschoss des Gebäudes aufgestellten Verteilungsbehälter und von dort aus durch Leitungen nach den einzelnen Zapfstellen verteilt, oder

β) das Wasser unmittelbar durch Rohrleitungen nach den Verbrauchsstellen führt.

Die erstgedachte Anordnung ist notwendig, wenn die Wasserabgabe seitens des städtischen Wasserwerkes keine ununterbrochene ist und nur zu bestimmten Stunden des Tages erfolgt, oder meist auch dann, wenn das betreffende Gebäude, bezw. die Gebäudegruppe nicht an eine öffentliche Wasserleitung angeschlossen ist, sondern eine selbständige Wasserverforgungsanlage besitzt.

Bei städtischen Wasserwerksanlagen ist eine unterbrochene (intermittierende) Verförgung der angeflossenen Grundstücke nicht üblich, wenigstens in Deutschland nicht. Besitzt aber das Grundstück ein eigenes Wasserwerk mit Pumpenbetrieb, so wird der letztere, also auch die Wasserzuführung, in der Regel nur während einiger Stunden des Tages erfolgen.

In diesem Falle wird die Wasserverförgung von dem im Grundstück befindlichen unerläßlichen Wasserbehälter aus bewerkstelligt und geschieht von oben nach unten. Die Temperatur des zur Verteilung gelangenden Wassers hängt hier ganz wesentlich von jener der Umgebung des Behälters ab, wofelbst zunächst die wagrechte Verzweigung des Rohrnetzes stattfindet, an welche sich die lotrechten Fallrohre anschließen.

Bei der zweiten Anordnung, der unmittelbaren Verteilung des von einer öffentlichen Wasserleitung ununterbrochen und in beliebigen Mengen gelieferten Wassers,

467.  
Anordnung  
der  
Hausleitungen.

<sup>318)</sup> Nach: Rohrleger 1879, S. 84.

vollzieht sich die Verforgung des Hauses von unten nach oben. Die wagrechte Verzweigung des Rohrnetzes geschieht im Keller- oder Sockelgeschofs; an diese schliessen sich alsdann die lotrechten Steigrohre an.

Bei der unter  $\alpha$  gedachten Verforgungsart ist die Erwärmung des Wassers im Sommer ganz unvermeidlich; es bleibt nichts übrig, als das zum Trinken bestimmte Leitungswasser künstlich abzukühlen. Ebenso unvermeidlich ist das Einfrieren des Wassers im Winter, wenn nicht durch künstliche Erwärmung die Räume, in welchen sich Wasserbehälter und Leitungen befinden, geschützt oder die Leitungen entleert werden.

Bei der unter  $\beta$  gedachten Verforgungsweise kann bei ausreichender Wassermenge, bezw. genügendem Zuflusse in allen Rohren der Hausleitung eine ständige, mehr oder weniger starke Wasserbewegung erhalten werden. Geschieht dies, so werden die Leitungen im Sommer stets frisches Wasser geben und im Winter nicht einfrieren. Zu diesem Zwecke muß aber die ganze Hauseinrichtung derart verbunden sein, daß sich der Kreislauf auf jede Leitungstrecke ausdehnt, vielleicht mit Ausnahme der kurzen Zuleitungen zu Zapfhähnen.

Hiernach sind genügende Erwärmung aller Räume im Winter und besondere Kühlung des Trinkwassers im Sommer unter  $\alpha$ , ununterbrochener Auslauf behufs Herstellung eines Kreislaufes unter  $\beta$  die einzigen völlig ausreichenden Schutzmittel. Leider kommt ihre Anwendung stets sehr teuer zu stehen, und in dem unter  $\beta$  gedachten Falle ist dies auch nicht immer möglich. Man wird sich deshalb bestreben müssen, die erwähnten Uebelstände tunlichst zu mildern, und hierbei sind die folgenden Grundätze in das Auge zu fassen.

Leitungen außerhalb des Hauses sollen, wie bereits (in Art. 460, S. 438) erwähnt, mindestens 1,20 bis 1,50 m Bodendeckung erhalten.

Steigrohre und Fallrohre im Hause sind möglichst lotrecht und an solche Stellen zu legen, von welchen aus der seitliche Abzweig nach der Zapfstelle die geringste Länge erhält. Lassen sich mit einem Steigrohre oder Fallrohre mehrere Zapfstellen eines Geschosses leicht verbinden, z. B. dadurch, daß Küche und Badezimmer nebeneinander liegen oder durch eine kurze Rohrverbindung eine Waschtischeinrichtung im Nebenzimmer angeschlossen werden kann, so vermindert sich die Anzahl der lotrechten Rohrstränge und mithin auch die Gefahr im Betriebe.

Im allgemeinen gilt für Wohnhäuser, sowie für Gebäude, die anderen Zwecken dienen, die Regel, die wagrechte Verteilung der Hauptrohre im Kellergeschofs vorzunehmen, wo sie am bequemsten auszuführen ist und die Räumlichkeiten zugleich einen Schutz gegen das Einfrieren der Leitung bieten. Von diesen Kellerräumen steigen einzelne, passend gelegene Rohrstränge an denjenigen Stellen lotrecht aufwärts, welche gestatten, daß eine möglichst große Anzahl von Zapfstellen durch kurze Verbindungsrohre angeschlossen werden kann.

Längere wagrechte Rohrleitungen in den über Tag gelegenen Geschossen suche man tunlichst zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, so lege man sie gehörig unterstützt an der Decke entlang, jedoch so, daß man die Leitung ohne Schwierigkeiten vollständig entleeren kann. Einzelnen entfernt liegenden Zapfstellen gibt man ein besonderes, von unten aufsteigendes Rohr statt einer langen wagrechten Zweigleitung im oberen Geschofs.

Liegen die einzelnen Steigrohre in verschiedenen, voneinander weit entfernten Teilen eines ausgedehnten Gebäudes, und ist die Rohrleitung auf der Strafe leicht zu erreichen, so empfiehlt es sich, zur Vereinfachung des Verteilungsnetzes zwei

oder noch mehr Abzweigungen von der Strafsenleitung (Anschlußleitungen, siehe unter 1) anzuordnen.

Feuerlöschleitungen sind von den Leitungen für den Hausbedarf zu trennen und für sich als unabhängige Leitungen mit der Strafsenleitung unmittelbar zu verbinden. Dies hat seinen Grund in dem Umstande, daß diese Leitungen sich nicht immer in frostoffreien Räumen befinden können, sondern meist auf kalte Flurgänge gelegt werden müssen. Hierdurch tritt die Notwendigkeit ein, die Leitung während des Winters zu entleeren und sie nur bei Bedarf in Betrieb zu setzen. Zweigen Leitungen für den täglichen Gebrauch von einer Feuerlöschleitung ab, so werden sie entweder während des Winters nicht benutzt werden können, oder man läuft Gefahr, daß die Feuerlöschleitung einfriert und unbrauchbar wird. Einen zweiten Uebelstand bildet das längere Stehenbleiben des Wassers in solchen meist weiten Rohrleitungen, wodurch seine Güte geschädigt wird.

Im einzelnen ist noch folgendes zu beachten.

α) Die Leitungen und Zapfstellen sollen möglichst in Räume gelegt werden, in denen das Einfrieren des Wassers in der Leitung während des Winters nicht stattfinden kann. Die Leitungen dürfen daher weder an Stirnmauern, noch an solche Wände verlegt werden, welche der unmittelbaren Einwirkung des Frostes ausgesetzt sind. Am geeignetsten sind Kellerräume, Küchen- und Zwischenwände bewohnter Räume, niemals aber die Wände kalter Flurgänge und Treppenhäuser. Umhüllung der Rohre kann für längere Dauer als Schutz gegen Einfrieren nicht angesehen werden.

β) Leitungen, welche in einen Keller zu liegen kommen, legt man gern in den Fußboden, und zwar, wenn möglich, in einen aus Backsteinen hergestellten und leicht abgedeckten Kanal. Diese Anordnung hat den Vorteil, daß bei einem etwaigen Leck der Leitung an dieser Stelle eine Unterwäschung der Mauerfundamente nicht stattfinden, sondern das Wasser frei austreten kann.

γ) Hingegen vermeide man möglichst, die Rohrleitung unter Dielen zu legen, da sie alsdann schwer zugänglich ist, leckgewordene Stellen nicht sofort bemerkt werden und daher großen Schaden an den darunter befindlichen Decken anrichten können.

δ) Ist man genötigt, Blei- oder Mantelrohre an der Wand hinzuführen, so genügt es nicht, die Rohre mittels einzelner Rohrhaken an der Wand zu befestigen; denn das Rohr biegt sich an den freihängenden Stellen durch und bildet an den Befestigungen leicht Einknickungen, welche teils dem Durchfließen des Wassers hinderlich sind, teils das Entfernen des Wassers aus der Leitung erschweren und somit Veranlassung zum Einfrieren der Leitung geben. Man veräume daher nicht, den Rohrstrang in seiner ganzen Länge auf eine an der Mauer befestigte Holzleiste zu legen.

ε) Alle Absperr- und Entleerungsvorrichtungen sollen leicht zugänglich sein, um sich ihrer im Notfalle schnell bedienen zu können. Ebenso müssen Feuerhähne nur an möglichst bequem gelegenen Orten angebracht und nicht, wie dies so oft geschieht, in die Ecken versteckt werden. Unter jedem Zapfhahne soll sich ein Ausgufsbecken mit Ableitung befinden, welches die überschüssigen Wassermengen sofort abführt.

ς) Wo das Legen der Leitungen durch kalte Räume nicht zu umgehen ist, sollen die Rohrstränge an denjenigen Stellen, wo sie noch frostoffrei liegen, eine Abstell- und Entleerungsvorrichtung erhalten.

7) Jeder Abzweig vom Hauptrohr soll durch ein Absperrventil abgeschlossen und für sich entleert werden können; daher ist erforderlich, daß der Rohrstrang eine, wenn auch schwach steigende Richtung und keine Biegungen erhält, in denen trotz des Oeffnens der Entleerungsvorrichtung das Wasser stehen bleiben kann.

8) Zweigen in Räumen des Keller- oder Erdgeschosses mehrere Leitungen zugleich vom Hauptrohre ab, so empfiehlt es sich, die Absperr- und Entleerungsvorrichtungen in einen kleinen gemeinschaftlichen Schacht zu legen und ihn durch einen Eisen- oder Holzbelag abzudecken.

9) Die lotrechten Steigrohre, die das Wasser von unten in die oberen Geschosse führen, bezw. die Fallrohre, die vom Dachgeschofs das Wasser nach unten leiten, legt man entweder in eine rinnenförmige Ausparung der Wand, wie sie beim Neubau eines Hauses leicht herzustellen ist, oder unmittelbar an die Wand. Im ersteren Falle kann die Rinne auf zweierlei Weise ausgeführt sein: a) derart, daß die Zu- und unter Umständen auch die Ableitungsrohre in die Rinne eingelegt werden und die letztere durch ein Verkleidungsbrett von außen unsichtbar gemacht wird, oder b) daß die Rohre in diese Rinne eingelegt, hierauf aber die Rinne durch Mörtel bündig mit der Wand verputzt wird<sup>349)</sup>. Das letztere ist weniger empfehlenswert.

Legt man die Rohre an die Außenseite der Wand, so erhalten sie zum Schutze gegen äußere mechanische Einflüsse eine leichte Holzumkleidung, und es ist dann zweckmäßig, die Leitung in einer Ecke des Zimmers hochzuführen, um diese Umkleidung möglichst wenig hervortreten zu lassen. In allen Fällen wird aber das Rohr durch Rohrhalter an der Mauer befestigt.

Für Wasserleitungen im Inneren der Gebäude kommen hauptsächlich Bleirohre und schmiedeeiserne Rohre zur Anwendung, feltener gusseiserne Rohre.

Bleirohre werden vielfach benutzt und können auch für normale Pressungen im Rohrnetz (30 bis 50 m) und unter gewissen anderen Voraussetzungen empfohlen werden.

Die große Biegsamkeit des Materials, welche gestattet, sich allen Verhältnissen ohne Formstücke leicht anzupassen, die leichte Verbindungsfähigkeit der Rohre unter sich und mit den sonstigen Vorrichtungen machen dieses Material zu einem für Hausleitungseinrichtungen sehr wertvollen.

Gegen dieses Material sind vielfach Bedenken erhoben worden, und zwar von ärztlicher Seite, indem befürchtet wurde, daß das Blei sich im Wasser auflöse und hierdurch der Gesundheit schädlich werde. Zahlreiche Beobachtungen haben diese Tatsache bestätigt, andere hingegen widerlegt, ohne daß man bis jetzt im Stande gewesen wäre, die eigentlichen Gründe für beide Erscheinungen mit Sicherheit anzugeben. Im allgemeinen hat sich herausgestellt, daß weiches, luftreiches Wasser die Lösung des Bleies begünstigt, während härteres, an Bikarbonaten und Sulfaten reicheres Wasser nach kurzer Zeit bewirkt, daß sich auf der inneren Wandfläche des Rohres eine schwache schützende Lage von Blei- und Calciumkarbonat niederschlägt, welche jede weitere Lösung des Bleies verhindert<sup>350)</sup>. Aus diesen Gründen ist es in einigen Städten durch die Behörden verboten, für Leitungen, denen Wasser zu Genusszwecken entnommen werden soll, Bleirohre zu verwenden, in anderen Städten jedoch auf Grund der chemischen Beschaffenheit des Wassers gestattet, Bleirohre für alle Zwecke zur Anwendung zu bringen. Selbst für den Fall, daß eine geringe Lösung von Blei stattfände, ließe sich die Gefahr dadurch leicht umgehen, daß man

<sup>349)</sup> Ueber das Verfahren, Bleirohre unmittelbar in Zement zu verlegen, liegen zum Theile schlimme Erfahrungen vor; solche Leitungen wurden in vielen Fällen spröde und brüchig, ja zerfallen und durchlässig. Es ist deshalb Voricht in dieser Richtung geboten.

<sup>350)</sup> Siehe: HAMON, A. *Étude sur les eaux potables et le plomb*. Paris 1831 — und REICHARDT'S Referat über diese Schrift in: Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1885, S. 565 — ferner:

PULLMANN. Zur Frage der Verunreinigung des Wassers durch bleierne Leitungsröhren. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1887, S. 255.

RICHTER. Die Bleierkrankungen durch Leitungswasser in Dessau im Jahre 1886. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1887, S. 442.

nach dem Entleeren der Leitung oder nach längerem Stehenbleiben des Waffers darin die zuerst ausfliessenden Wassermengen unbenutzt ablaufen läßt und das Wasser erst dann benutzt, wenn man überzeugt ist, daß die Leitung vollständig mit frischzutretenem Wasser gefüllt ist.

Um sich gegen die Gefahr der Bleivergiftung zu schützen, hat man mehrfach das Innere der Rohre mit einem Ueberzuge von Sulfat versehen. Dieser Ueberzug hat sich jedoch nicht als dauernd erwiesen und ist nach kurzer Zeit verschwunden<sup>351)</sup>.

Von den Ersatzmitteln, welche an Stelle der Bleirohre getreten sind, verdienen die in neuerer Zeit in Gebrauch gekommenen Zinnrohre mit Bleimantel, kurzweg Mantelrohre genannt, Beachtung.

Diese Rohre vereinigen in sich die guten Eigenschaften des Zinnes, die Beschaffenheit des Waffers nicht zu schädigen, mit der leichten Behandlungsfähigkeit des Bleies beim Verlegen.

Die Mantelrohre zeigen in ihrem Querschnitte einen Zinnring von 0,5 mm Stärke, welcher sich vom Blei durch eine weisse Farbe deutlich abzeichnet.

Bleirohre und Zinnrohre mit Bleimantel würden in ihrer äusseren Erscheinung nicht zu unterscheiden fein, wenn die letzteren nicht dadurch gekennzeichnet würden, daß sie äusserlich eine Anzahl schwachrippenförmiger Erhöhungen enthalten, welche bei der Fabrikation als Erkennungszeichen mit erzeugt werden; die Bleirohre hingegen sind an ihrer Aussenwandung vollständig glatt.

Die Fabrikation der Mantelrohre besteht seit dem Jahre 1867. Die Neuheit und Schwierigkeit des Anfertigens waren anfangs Ursache, daß die Rohre den zu stellenden Anforderungen sowohl in Bezug auf die innige Verbindung des Bleies mit dem Zinn, als auch bezüglich der allseitig gleichmässigen Wandstärke nicht genügten. Andererseits aber glaubte man durch die Anwendung des gegenüber dem Blei viel härteren Zinnes in den Wandstärken bedeutend zurückgehen zu dürfen, um bezüglich des Preises mit den einfachen Bleirohren in Wettbewerb treten zu können. Durch diese Verminderung der Wandstärken trat aber ihre Ungleichmässigkeit in ungleich höherem Grade auf, und diese hat an vielen Orten das Platzen solcher Rohrleitungen zur Folge gehabt. Hierdurch hatte das an sich vortreffliche Material anfänglich etwas von seinem guten Rufe eingebüßt. Später kam man aber zu der Ansicht, dem Zinn eine grössere Haltbarkeit als dem Blei nicht zuzusprechen, sondern es lediglich als ein Schutzmittel gegen die Einwirkung des Waffers auf Blei zu betrachten. Man verwendet daher gegenwärtig Mantelrohre mit derselben Wandstärke, wie sie die gewöhnlichen Bleirohre haben; ihre Kosten sind demzufolge auch entsprechend höher geworden.

So viele Vorteile die Bleirohre wie die Mantelrohre haben, so besitzen beide auch ihre Nachteile. Sie haben zumeist ihren Grund in der Weichheit des Stoffes insofern, insofern deren eräusseren mechanischen Einwirkungen weniger Widerstand entgegenzusetzen als andere Materialien<sup>352)</sup>.

Beide Rohrforten werden bezüglich ihrer Wandstärke nach dem Gewichte für das laufende Meter angegeben. Diese Gewichte werden je nach dem in der Leitung herrschenden Drucke sehr verschieden fein können. Die Erfahrungen mit diesen Materialien beim Wasserwerke der Stadt Dresden haben, unter Voraussetzung eines Leitungsdruckes von 5 Atmosphären, zu folgenden Gewichten für die Längeneinheit geführt:

lichter Durchmesser:	10	13	16	20	25	30	Millim.
Gewicht { Bleirohr:	1,5	2,0	2,5	4,0	5,5	7,0	Kilogr.
für 1 m { Mantelrohr:	2,0	3,0	3,5	4,5	5,5	7,0	" <sup>353)</sup> .

Wenn in der Leitung hohe Pressungen vorkommen, sind selbst starkwandige Bleirohre nicht unbedenklich, weil nach und nach die Wandstärke geringer wird.

<sup>351)</sup> Siehe auch: Ueber die Ursachen der Lösung von Blei im Wasser und die Beseitigung derselben. Deutsche Bauz. 1889, S. 31, 42.

<sup>352)</sup> Siehe: ROSSEL, A. Ueber die Einwirkung verschiedener Substanzen und Baumaterialien auf Bleirohren. Schweiz. Gwbb. 1880, S. 58.

Die Zerkörung von Bleirohren durch Cementmörtel. Gesundh.-Ing. 1885, S. 607.

<sup>353)</sup> Ueber die verschiedenen in Anwendung kommenden Rohrarten siehe auch:

*Étude comparative des tuyaux de distribution des eaux.* Revue gén. de l'arch. 1862, S. 101.

Glasgefütterte Eisenrohre. Deutsche Bauz. 1873, S. 412.

*Les tuyaux de plomb.* Gaz. des arch. et du bât. 1873, S. 180.

*Tuyaux en plomb doublés d'étain système Hamon.* Revue gén. de l'arch. 1873, S. 104, 134.

Material und Dimensionen von Privatleitungsröhren. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1886, S. 602.

Für Druckhöhen über 50 m sollte man Bleirohre von 40 mm an und darüber, für mehr als 80 m Druck solche von 30 mm und darüber nicht mehr anwenden. In solchen Fällen sind galvanisierte schmiedeeiserne Rohre vorzuziehen.

Schmiedeeiserne (gezogene) Rohre in der Beschaffenheit, wie sie zu Gasleitungen Verwendung finden<sup>354</sup>), sind für Wasserleitungszwecke nicht zu empfehlen, in manchen Städten sogar verboten.

Sie sind, vornehmlich bei weichem Wasser, ungemein der Oxydation unterworfen und werden vom Roste nach kurzer Dauer zerstört und dadurch unbrauchbar. Außerdem veranlassen sie durch ihre Oxydation eine Gelbfärbung des Wassers, welche seine Verwendbarkeit sehr beeinträchtigt. Man hat diesen Uebelstand dadurch zu verhindern gesucht, daß man die Rohre innen und außen mit einem Ueberzuge von Zinn verfäh. Die Herstellung dieser alle Teile der Rohre gleichmäßig bedeckenden Zinnschicht ist aber technisch außerordentlich schwierig, und es ist daher kaum zu vermeiden, daß einzelne Stellen der Rohre unbedeckt bleiben. Diese Stellen sind erfahrungsgemäß einer viel stärkeren Oxydation als unverzinnete Rohre unterworfen; der Ueberzug wirkt sonach in diesem Falle mehr schädlich als nützlich.

Anders verhält es sich mit den sog. galvanisierten schmiedeeisernen Rohren<sup>355</sup>), die gegen das Verrosten von innen und außen in weitgehender Weise geschützt sind.

Als Rostschutzmittel kommt bei diesen Rohren Zink in Anwendung, und zwar neuerdings in solcher Weise, daß das Zink in ganz innige Verbindung mit dem metallischen Eisen gebracht ist und so fest am Eisenrohr haftet. Und doch ist letzteres nicht für immer gegen Rost und dergl. geschützt, namentlich dann nicht, wenn etwa das Zink nicht in zusammenhängender Oberfläche das Eisen deckt; denn alsdann sind die freien Eisenteile ungeschützt, und bei nasser Umgebung entsteht sofort ein galvanisches Element (Zink-Wasser-Eisen), das auf die rasche Zerstörung beider Metalle hinarbeitet.

Das Verzinken der Rohre hat noch den weiteren Vorteil, daß bei Wasserleitungen, die durch große Räume, durch Flurgänge, in Kellern und dergl. geführt werden, das Schwitzwasser, welches infolge des Temperaturunterschiedes zwischen dem Leitungswasser im Rohr und dem umgebenden Raume außen am Rohr durch Niederschlagen der im Raume vorhandenen Luftfeuchtigkeit entsteht und besonders stark zur Winterszeit in geheizten Räumen stattfindet, ungefärbt abtropft. Eine Färbung dieses Schwitzwassers durch Rost, wie sie bei den sog. schwarzen Schmiedeeisenrohren vorkommt, führt zu großen Unzuträglichkeiten.

Gutgalvanisierte schmiedeeiserne Rohre werden in den Fabriken in Längen von ca. 4 m mit Gewinde und Muffe hergestellt und haben bei ausreichender Widerstandsfähigkeit für 120 bis 150 m Wasserdruck folgende Gewichte  $G$  und Wandstärken  $\delta$ :

$d = 15$ mm		$d = 20$ mm		$d = 25$ mm		$d = 30$ mm		$d = 40$ mm		$d = 50$ mm	
$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$	$\delta$	$G$
3 mm	1,3 kg	3 mm	1,9 kg	3,5 mm	2,6 kg	3,5 mm	3,5 kg	3,5 mm	4,5 kg	4 mm	6,0 kg

für 1 lauf. Meter Baulänge.

Die Verbindung der schmiedeeisernen Rohre geschieht durch Zusammenschrauben, und zwar um eine Länge gleich dem Rohrdurchmesser. Vor dem Verschrauben wird zur Dichtung um das

<sup>354</sup>) Ueber die Abmessungen solcher Rohre siehe an der eben angezogenen Stelle dieses »Handbuchs«.

<sup>355</sup>) Siehe auch: Verzinkte Eisenrohre. Gefundh.-Ing. 1884, S. 67.

CLUSS, A. Noch einmal verzinkte Eisenrohre. Gefundh.-Ing. 1884, S. 191.

Erfahrungen und Versuche über die Verwendung von verzinkten Eisenrohren für Wasserleitungen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1887, S. 61.

Gewinde ein mit Mennige getränkter Flachsfaden gelegt. Die mannigfaltigsten Formstücke gestatten das Verfolgen jeder beliebigen Richtung mit schmiedeeisernen Rohren fast ebenso leicht als mit Bleirohren.

Auch für die Formstücke der schmiedeeisernen Rohre (*Fittings*) bestehen Normalien. Sie beziehen sich hauptsächlich auf Muffen, Kniestücke, T-Stücke, Kreuzstücke, S-Stücke, geschlossene und offene Rückkehrbogen, Verlängerungsstücke, Kappen, Pfropfen, Deckenscheiben, Deckenwinkel, Gegenmutter, Flansche, Verschraubungen, Nippel, Sauger u. f. w.

Kupfer- und Messingrohre werden verhältnismäßig selten angewendet, einerseits wegen der hohen Materialpreise, andererseits wegen der nicht immer von der Hand zu weifenden hygienischen Gefahr.

In Bädern, Aborten, Gasthöfen, Maschinenhäusern und dergl. findet man allerdings nicht selten blankgeputzte und glänzende Kupfer- und Messingrohre, auch vernickelte, selbst verfilberte Messingrohre; das Wasser solcher Rohre dient aber nicht Genusszwecken, und derartige Leitungen sind deshalb auch nicht zu beanstanden.

Aluminiumrohre sind bei Wasserverföhrungen noch wenig verwendet worden; doch verdienen sie wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Angriffe trockener und feuchter Luft, Kohlenäure, Schwefelwasserstoff und vieler organischer Säuren Beachtung.

Wenn in der Hauswasserleitung sehr hoher Druck vorhanden ist, so würden gusseiserne Rohre allen anderen Materialien vorzuziehen sein. Indes stellen diese bei Installationen innerhalb der Gebäude große Schwierigkeiten entgegen.

Da man erfahrungsgemäß bei den meisten Installationen erst dann, wenn Decken u. f. w. durchbrochen sind, genau bestimmen kann, wie die Steigleitungen u. f. w. angeordnet werden müssen, lassen sich die zu gusseisernen Leitungen erforderlichen Formstücke aller Art auch erst dann festsetzen, und es ist in nahezu allen Fällen nicht durchführbar, die durchbrochenen Stellen u. f. w. so lange offen zu lassen, bis die Formstücke modelliert und gegossen sind. Bei Verwendung von schmiedeeisernen und Bleirohren dagegen kann man sofort und ohne Schwierigkeit mit den Normalrohrstücken allen Windungen in den Häusern folgen.

Die Verbindung der einzelnen Rohrstücke miteinander geschieht in ziemlich verschiedener Weise; hauptsächlich ist dabei das Material, aus dem die Rohre hergestellt sind, ausschlaggebend.

Bleirohre und Mantelrohre werden durch Löten verbunden und durch Anschneiden mit Verlötung verzweigt. Bei Verlötung zweier Rohre wird das eine Rohrende mittels eines Dornes aufgetrieben, das andere zugespitzt und, nachdem es durch Schaben metallisch rein gemacht wurde, in das ausgeweitete Ende geschoben. Zwischen beide Enden kommt das Lot; etwas Kolophoniumpulver auf die zu lötenden Flächen zu streuen, ist zweckmäßig. Beim Löten mit der Lampe kommen 1 Teil Zinn und 1 Teil Blei, bei Anwendung des LötKolbens 2 Teile Zinn und 1 Teil Blei in Gebrauch, wenn es sich um Bleirohre handelt; bei Mantelrohren nimmt man ein Lot von 4 Teilen Zinn und 5 Teilen Blei, wendet nur den LötKolben an und bestreicht die Lötflächen vorher mit etwas Salzsäure. Beim Anlöten von Zweigleitungen sowohl, als auch bei Verbindungsstellen ist größte Sorgfalt darauf zu verwenden, daß kein Lot in das Innere der Rohre eintropft. Wie bereits erwähnt worden ist, sollten Flanschverbindungen mit Bleirohren tunlichst vermieden werden; beim Uebergang zu anderem Metall oder an Stellen, die öfter gelöst werden müssen, verwende man Verschraubungen.

Schmiedeeiserne (verzinnte und galvanisierte) Rohre werden nur durch Verschraubungen verbunden. Die letzteren können innere und äußere sein. Durch Abschneiden der geraden Rohre und Anschneiden des Normalgewindes, sowie durch Benutzung der für die verschiedenen Lichtweiten handelsüblichen Normalformstücke kann der Rohrleger jede beliebige Lage der Rohrleitungen, Abzweigungen u. f. w. rasch herstellen.

Bei Verwendung gusseiserner Rohre zu Hausleitungen wird sowohl die Flanschverbindung als auch die Muffenverbindung, meistens beide gleichzeitig, verwendet. Flanschverbindungen werden



durch Zwischenlage eines Bleiringes oder Gummiringes gedichtet, welcher zwischen den Arbeitsleifen zweier Flansche durch Anziehen der Schrauben festgeklemmt wird. Die bereits in Art. 459 (S. 436) beschriebene Muffenverbindung gefattet das Ablängen der zur Installation verwendeten Rohre nach Bedarf auf der Arbeitsstelle; Rohre, welche einerseits Flansch, andererseits Spitzende haben, vermitteln Muffenverbindung mit Flanschverbindung, an welcher letztere sodann die Auslaufhähne u. f. w. anzuschliessen sind.

470.  
Weite der  
Rohre.

Bezüglich der Rohrweiten wurden einige Anhaltspunkte bereits in Art. 453 u. 457 (S. 429 u. 433) gegeben. Die Verzweigungen von den Steig- und Fallrohren pflegt man im allgemeinen beim normalen Wasserdruck von 30 bis 40 m so zu bemessen, dafs:

- 1) für einen gewöhnlichen Zapfhahn in der Küche eine Zweigleitung von 15 mm Weite angeordnet wird; die gleiche Weite genügt auch für einen Auslaufhahn an der Waschtischeinrichtung, an einem Wandbrunnen, überhaupt für jeden kleineren einzelnen Auslauf.
- 2) Die Zuleitung zu einem Badezimmer, einem Spülabort oder einer Waschküche mit einem Auslaufe sollte nicht unter 20 mm Weite gewählt sein, weil man an diesen Orten rasch grosse Wassermengen entnehmen will.
- 3) Für Feuerpfeifen oder Hydranten in gewöhnlichen Wohnhäusern, sowie für Gießhähne in den Gärten beträgt das Mindestmafs der Lichtweite für die Zuleitung 25 mm; bei Fabrikgebäuden, Lagerhäusern, grossen Wohnhäusern u. f. w. sollten die Zuleitungsrohre zu Hydranten 50 bis 80 mm weit sein.

471.  
Schutz gegen  
Frost  
und Hitze.

Im vorhergehenden wurde bereits mehrfach mitgeteilt, wie das Leitungswasser im Winter gegen den Frost und im Sommer gegen die Erwärmung zu schützen ist. Dem Gefagten ist noch das nachstehende anzufügen.

Friert das Wasser in einem Teile eines Bleirohrstranges ein, so ist nicht unter allen Umständen das Platzen des Rohres die Folge; wegen der grossen Nachgiebigkeit des Materials wird vielmehr in den meisten Fällen das Auftauen des Eises durch Erwärmen den ganzen Uebelstand beseitigen. Ganz anders verhalten sich in dieser Hinsicht schmiedeeiserne und gusseiserne Leitungen; das Gefrieren des Wassers in derlei Leitungen hat fast ohne Ausnahme das Zer Sprengen des Rohres zur Folge.

Bei einiger Vorsicht kann im Winter durch rechtzeitiges Abstellen, bzw. Entleeren der Hausleitungen ihr Einfrieren vermieden werden. Diese Vorsicht wird jedoch nicht immer gehandhabt, und deshalb kommen in jedem strengen Winter eine grössere Zahl von Rohrbrüchen an Hausleitungen zu stande; durch das Ausströmen von Wasser an diesen Stellen kann grosser Schaden entstehen.

Wird eine Leitung abgestellt und entleert, so genügt es nicht, lediglich den Entleerungshahn an der tiefsten Stelle zu öffnen; vielmehr müssen gleichzeitig sämtliche Ausläufe an der Leitung geöffnet werden, da sich sonst mehr oder weniger lange Wasserfäulen an den geschlossenen Ausläufen festsaugen und diese Leitungsstellen dann trotz des Entleerens gefrieren würden. Selbstverständlich hat man vor dem Wiederanlassen der Leitung die Ausläufe, mit Ausnahme des obersten, durch welchen die Luft entweichen mufs, zu schliessen, wenn Ueberschwemmungen nicht eintreten sollen.

Ein sicheres Mittel, um alle Gefahr beim Platzen einer Leitung auszuschliessen, besteht in einer wasserabführenden Umhüllung des Rohres, welche im Abzugskanal des Hauses endigt. Dieses Mittel ist aber nicht nur mit bedeutenden Kosten verknüpft, sondern man bedarf bei seiner Anwendung auch eines grösseren Raumes für die Leitungen, so dafs es selten zur Anwendung kommt. Die Einlage eines Gummi-

schlauches in die Rohre, ihre Ausfütterung mit Gummi, selbsttätige Entleerungen bei starkem Froste, Erwärmung von Rohren u. f. w. sind weitere Auskunftsmittel<sup>356)</sup>.

Gegen das Erwärmen des Wassers in den Hausleitungen im Sommer gibt es kein anderes erprobtes Mittel als das bereits früher erwähnte Offenstehenlassen der Hähne, bis unmittelbar vom Strafsenrohre kommendes kühleres Wasser ausläuft. Dies ist jedoch, wenn das Wasser aus einer öffentlichen Leitung bezogen und nach Messern bezahlt werden muß, teuer, und wenn es ohne Beschränkung abgegeben wird, ungerecht gegen andere. Ueberdies kann bei unvorsichtiger Behandlung das Offenstehenlassen der Hähne sehr nachteilige Ueberschwemmungen veranlassen<sup>357)</sup>. Deshalb dürfte auch hier das unmittelbare Kühlen durch Eis oder die Entnahme des Trinkwassers aus ständiglaufenden öffentlichen Brunnen — wo solche vorhanden sind — die in vielen Fällen richtigste Abhilfe sein.

Außer den im Art. 467 (S. 447) erwähnten Rücksichten ist bei Anlage einer Hauswasserleitung in erster Linie zu beachten, daß alle Leitungstrecken mit Gegenfälle am höchsten Punkte entlüftet, an den tiefsten Stellen entleert werden können und daß jede einzelne Steigleitung zum Schutze gegen Widerstöße mit einem Windkessel endigt, sofern sie nicht von einem unter Dach liegenden Wasserbehälter ausgeht. Die Verzweigungen sollen derart erfolgen, daß in der Richtung des Wasserstromes Leitungen geringerer Lichtweite stets von solchen größerer Lichtweite abgehen. Unter Beachtung der zum Schutze der Leitungen gegen Erwärmung und Frost gegebenen Regeln soll jeder einzelne Strang auf dem kürzesten Wege vom Verteilungsrohre zur Zapfstelle geführt werden; dabei sind die Rohre tunlichst allerwärts an den Wänden zu befestigen, und insbesondere ist das Aufhängen wagrechter Leitungen an Decken u. f. w. auch im Keller- und Sockelgeschos zu vermeiden, weil eine derartige Anordnung Anlaß zu häufigeren Beschädigungen gibt. Beim Durchbrechen von Mauern u. f. w. ist es stets ratsam, die Wasserleitungsrohre mit einem Blech- oder Tonrohre zu umgeben, um sie jederzeit besichtigen und erforderlichenfalls auch herausnehmen zu können. Das Einputzen jeder Art von Rohrleitung in Mauern ist zu vermeiden; können die Leitungen nicht einfach an der Außenfläche angeordnet werden, so lege man sie in besondere, mit Holz gefütterte und bedeckte Ausparungen (Kanäle).

Das Befestigen aufsteigender Rohre in den Gebäuden geschieht in Entfernungen von 1,50 bis 2,00 m mittels Rohrhaken, welche in eingegipfte Holzpflocke geschlagen werden, oder durch Bandschellen, wenn das Steigrohr einige Centimeter von der Wand absteht; bei wagrechten Leitungen sind diese Abstände, je nachdem Bleirohre (Mantelrohre) oder eiserne Rohre verwendet werden, entsprechend zu verringern (etwa auf 0,50 bis 1,00 m). Bei Verwendung von Bleirohren (Mantelrohren) ist noch besonders darauf zu achten, daß sie bei wagrechter Lage schön gerade gestreckt werden, damit sich keine Luftblasen festsetzen können.

Bei Leitungen, durch welche zur Verhinderung des Erwärmens und Einfrierens ein ununterbrochener Wasserstrom gehen soll, ist zu unterscheiden, ob sie von einer

<sup>356)</sup> Die Zahl der Vorrichtungen zum Schutze gegen Ueberflutung beim Bersten der Leitung und infolge Einfrierens derselben ist eine große. Es sei in dieser Beziehung auf D. R.-P. 1716, 6242, 7854, 10399, 10520, 10994, 11302, 12023, 16394, 23246, 38948 u. 43536 verwiesen.

<sup>357)</sup> Alle Mittel zur Verhütung nachteiliger Folgen beim Offenstehenlassen der Hähne können selbstverständlich erst dann wirken, wenn der Hahn eine erheblich größere Zeit, als dies gewöhnlich üblich ist, offen blieb, da anderenfalls die normale Entnahme beeinträchtigt würde. Sonach werden mit Anwendung solcher Mittel nur größere Ueberschwemmungen verhütet. Aus den Veröffentlichungen des Deutschen Reichs-Patentamtes heben wir als Vorbeugungsmittel hervor: D. R.-P. Nr. 31996, 34340, 36257 mit Zusatz-Pat. 36983, 41747.

einzigem oder durch Verbindung von mehreren Abzweigstellen der Hauptleitung ausgehen. Entwickeln sich fämtliche Rohrleitungen von einer einzigen Abgangsstelle aus, so mufs der ständige Auslauf am äufsersten Zapfhahn ohne Rückficht auf seine Lage angebracht werden. Sind dagegen mehrere, unmittelbar von der Hauptleitung ausgehende Steigleitungen vorhanden, so müssen diese unter sich verbunden und der ständige Auslauf an die absolut höchstgelegene Zapfstelle verlegt werden.

Bei längeren gußeisernen Leitungen in Räumen mit verschiedener Temperatur müssen Ausgleichs- oder Kompensationsrohre (Stopfbüchsen) eingefaltet werden, um dem Ausdehnen und Zusammenziehen der Rohrfränge Rechnung zu tragen. Bei Anwendung von Bleirohren und schmiedeeisernen Leitungen fällt diese Vorichtsmafsregel weg.

Erfolgt die Zuleitung des Wassers zum zu versorgenden Gebäude, bezw. zur zu versorgenden Gebäudegruppe aus mehreren Bezugsquellen, so pflegt man in der Regel die Einrichtung der Verteilungsleitungen so anzuordnen, dafs eine Bezugsquelle die andere nötigenfalls zu ersetzen vermag. Besonders wichtig ist eine solche Anordnung bei Feuersgefahr, beim Wasserbezug aus Quellen, welche zeitweise aussetzen, aus Pumpwerken mit Windradbetrieb u. f. w. Man wird in solchen Fällen zwar Steigleitungen sowohl, als Abfalleitungen so konstruieren, wie sie der besonderen Bezugsquelle entsprechend sein müssen; gleichzeitig aber genügend weite, zu normalen Zeiten durch ein Zwischenventil geschlossene Verbindungsleitungen erbauen, um die eine Versorgung durch die andere ergänzen zu können.

Derartige Anordnungen erweisen sich auch als zweckmäfsig, wenn z. B. die öffentliche Wasserversorgung nur Nutzwasser liefert und aus einer privaten Versorgung Trinkwasser mit genügendem Drucke beigeführt werden kann, oder wenn bei künstlicher Wasserhebung der grösste Wasserverbrauch nur einen niedrigen Druck erheischt, gleichzeitig aber eine kleinere Anzahl Ausläufe unter höherem Drucke gespeist werden müssen.

Ein gröfseres Beispiel der letzteren Art ist die Wasserversorgung des grofsherzoglichen Residenzschlosses und seiner Anbauten, Gärten u. f. w. zu Karlsruhe. Im Schlosse selbst, dem Hoftheater, den Dienstwohnungen u. f. w. steht das Wasser unter Hochdruck; in den Leitungen zum Marfall, zum botanischen Garten, zu den Anlagen vor und hinter dem Schlosse und zur Fasanerie ist Niederdruck. Beide Leitungen sind voneinander getrennt, können aber jederzeit und an mehreren Orten miteinander in Verbindung gesetzt werden.

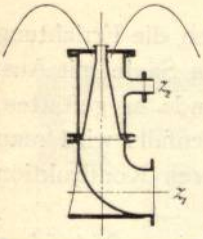
Es ist im übrigen — abgesehen von den ebenerwähnten besonderen Umständen — stets vorteilhaft, dafür zu sorgen, dafs sowohl in den Steigleitungen, als auch in den Verbindungsleitungen Zwischenventile eingesetzt werden, um bei stattfindenden Ausbesserungen an Auslaufhähnen u. f. w. nicht immer die ganze Hausleitung abstellen zu müssen. Je gröfser die Anzahl der Ausläufe ist, umso störender werden die durch unvermeidliche Ausbesserungen entstehenden Unterbrechungen, und umso angenehmer wird es sein, wenn in solchen Fällen wenigstens ein Teil der Ausläufe noch Dienste tut.

Als Nebenanlagen der Hauswasserleitungen lassen sich Gartensprengvorrichtungen, Springbrunnen und sonstige Wasserkünfte, Einrichtungen zur Ausnutzung der motorischen Kraft des Wassers u. f. w. betrachten.

Für Zuleitungen zu Springbrunnen und Wasserkünften aller Art lassen sich bezüglich der Abmessungen allgemeine Anhaltspunkte nicht geben; jeder einzelne Wasserstrahl mufs seine besondere Zweigleitung und getrennte Regelung erhalten, und man wird gut daran tun, den Zuleitungsquerschnitt von der Hauptleitung aus gleich der Summe aller Verzweigungsquerschnitte zu machen.

Sehr häufig werden bei Springbrunnenanlagen u. f. w. nicht blofs ein einziger Strahl, sondern Strahl und Garbe, sowie einzelne besondere Strahlen gewünscht. Sind, wie bei der Garbe

Fig. 424.

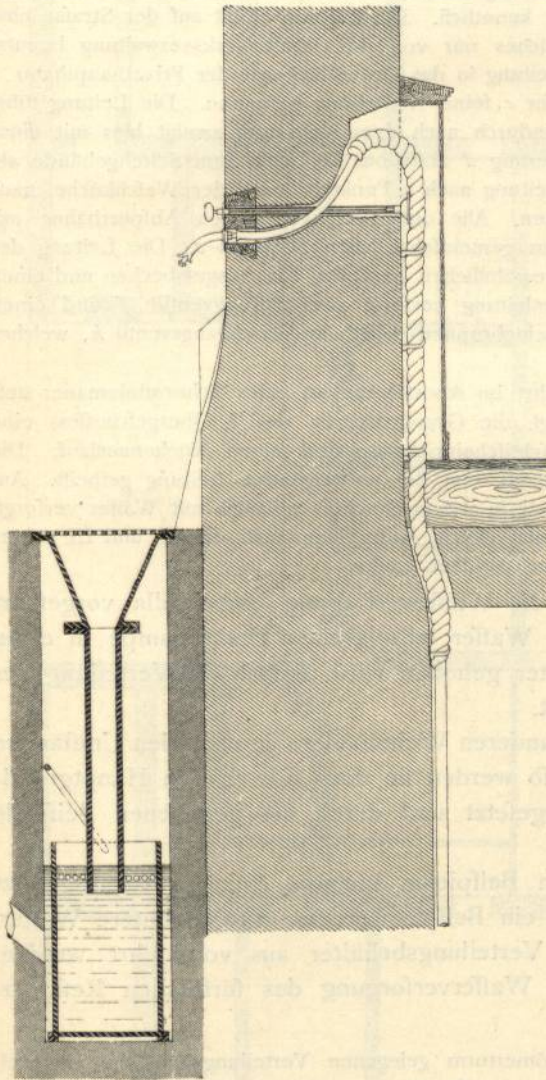


(Fig. 424), eine größere Zahl aus gleichen Mundstücken geworfener Strahlen unter völlig gleicher Preffung vor dem Auslaufe angeordnet, so können diese Strahlen von einer gemeinsamen Zuleitung  $Z_2$  aus gespeist werden. Während in diesem Falle der lotrecht aufsteigende Hauptstrahl von  $Z_1$  gespeist wird, mündet die Zuleitung  $Z_2$  in einen das Mundstück des Hauptstrahles umschließenden Kasten, von welchem die Strahlen der Garbe gemeinsam ausgehen.

Selbstverständlich müssen Leitungen, welche besonderen Anlagen, wie kleineren oder größeren Wassermotoren, größeren Spüleinrichtungen, Aufzügen, Kesselspeifungen u. f. w. dienen,

mit besonderer Rücksicht auf diese Zwecke angelegt werden; wie dies zu geschehen hat, wird, soweit es den Architekten berührt, im folgenden Bande dieses »Handbuches« (Abt. IV, Abchn. 5: Koch-, Entwässerungs- und Reinigungsanlagen) gezeigt

Fig. 425.



Wandbrunnen im Hofe.

1/25 w. Gr.

werden. Ebendafelbst finden sich auch jene Anordnungen, welche zur Ableitung des verbrauchten Wassers (Entwässerung) erforderlich sind.

Es dürfte nunmehr am Platze sein, durch einige Beispiele das vorstehende zu erläutern.

1) Die einfachste Anordnung einer Wasserversorgungsanlage eines Hauses wird diejenige sein, welche nur in einer Auslaufvorrichtung auf dem Hofe besteht. Diese Vorrichtungen bedürfen der sorgsamsten Ausführung, da sie im Winter durch ihre Lage den Einwirkungen des Frostes viel leichter ausgesetzt sind als alle anderen Einrichtungen. In Fig. 425 ist die Anordnung veranschaulicht.

Die Rohrleitung ist in Kellertiefe bis an die hintere Stirnwand des Gebäudes geführt worden und steigt längs dieser an der Innenseite bis ungefähr 1 m über dem Fußboden des Erdgeschosses empor. Hier findet sich ein Durchgangsventil eingeschaltet, dessen Schlüsselstange verlängert ist und bis außerhalb der Mauer hervorragt. Vom Ventil an steigt die Leitung nur noch ein kurzes Stück und führt dann in niederer Richtung nach der Außenseite der Mauer, in einem Mundstücke endigend. Das Rohr ist von feinem Austritt aus dem Keller an mit Filz oder Tuchleisten umwickelt, sowie mit einem Holzgehäuse umkleidet, welches mit einem schlechten Wärmeleiter (Schlackenwolle, Häckfel, Sägepäne u. f. w.) angefüllt wird. Unmittelbar nach Einmündung der Leitung in die Keller-

474-  
Beispiele  
einiger  
Gesamt-  
anordnungen.

räume soll sich das Privathauptventil befinden, mittels dessen Ab Sperren und Entleeren der ganzen Leitung möglich find.

Will man den Auslauf nicht an die Mauer legen, so macht sich die Errichtung eines Auslaufftänders notwendig. Dieser kann in einer einfachen Säule mit Auslaufhahn bestehen, wie in Fig. 441 dargestellt ist, sofern die Umstände es gestatten, die Leitung während des Winters außer Betrieb zu setzen. Anderenfalls wird man zu einer weniger einfachen, aber in ihrer Wirkung vollkommeneren Konstruktion greifen müssen, wie sie in Fig. 442 sich findet.

2) Auf der nebenstehenden Tafel ist die Wasserversorgung eines städtischen viergeschossigen Miethauses mit Seiten- und Hintergebäude — im Anschlusse an das öffentliche Wasserwerk — zur Veranschaulichung gebracht; außer der Wasserversorgung der einzelnen Gebäudeteile ist auch die Bewässerung des Gartens, sowie die Versorgung eines Springbrunnens vorgeföhren.

Der Ort der Einführung der Anschlusleitung vom Strafenrohre nach dem Grundstück ist aus dem Grundriß des Kellergeschosses sofort kenntlich. Die Leitung erhält auf der Strafe eine Abschlußvorrichtung, das Hauptventil *a*, welches nur von der Wasserwerksverwaltung benutzt werden darf. Unmittelbar nach Eintritt der Leitung in das Grundstück hat der Privathaupthahn *b* und vor oder hinter diesem der Wassermesser *c* seine Aufstellung gefunden. Die Leitung führt hierauf durch die Keller des Vorderhauses hindurch nach dem Hofe und zweigt hier mit einer Leitung, welche durch ein Ventil mit Entleerung *d* abstellbar ist, nach dem Seitengebäude ab.

Im Hintergebäude verzweigt sich die Leitung nach 3 Punkten: nach der Waschküche, nach den oberen Geschossen und nach dem Garten. Alle drei Leitungen haben Abperrhähne mit Entleerung erhalten; letztere befinden sich im gemeinschaftlichen Schachte *e*. Die Leitung der Waschküche versorgt 2 Auslauffstellen: einen gewöhnlichen Zapfhahn mit Ausgufsbecken und einen Zapfhahn über dem Waschkessel; die Gartenleitung versorgt zwei Sprengventile *f* und einen Springbrunnen *g*. Die Leitung nach dem Springbrunnen erhält ein Durchgangsventil *h*, welches zum Regeln und Abstellen dient.

Die Zweigleitung im Seitengebäude führt im Abortraume an einer Schornsteinmauer aufwärts und versorgt im I. Obergeschofs (vergl. die Grundrißpartie des I. Obergeschosses) eine Badeeinrichtung, einen Spülabort, eine Waschtischeinrichtung und einen Küchenauslauf. Die gleichen Vorrichtungen werden im Hintergebäude von der aufsteigenden Leitung gespeist. Auf diese Weise ist das ganze ausgedehnte Gebäude in jedem Geschofs reichlich mit Wasser versorgt, und es bliebe sich für die Anordnung vollständig gleich, wenn man auch das II. und III. Obergeschofs mit Bade- und Waschtischeinrichtungen versehen wollte.

3) In Kap. 19 wird als Beispiel die Wasserversorgung einer Villa vorgeführt werden, wobei im Gebäude selbst das Wasser mittels einer Dampfmaschine in einen im Dachgeschofs gelegenen Wasserbehälter gehoben wird, sonach die Verteilung des Wassers von oben nach unten geschieht.

Mögen auch die Anordnungen in anderen Wohnhäusern je nach den Umständen mehr oder weniger verschiedene sein, so werden sie doch alle in den Hauptgrundsätzen, wie sie vorstehend auseinandergesetzt und durch die gegebenen Beispiele erläutert worden sind, übereinstimmen.

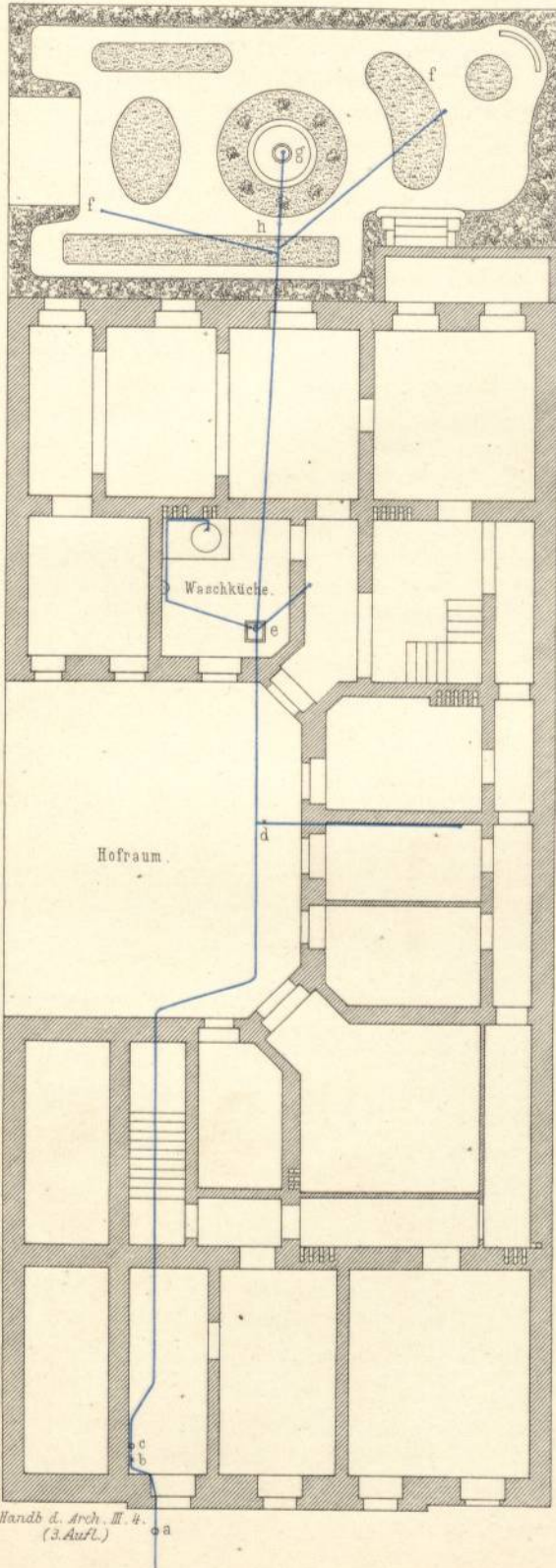
4) Während in den vorstehenden Beispielen kleinere Anlagen vorausgesetzt wurden, mag im nachstehenden noch ein Beispiel für eine ausgedehntere Wasserversorgung von einem hochgelegenen Verteilungsbehälter aus vorgeführt werden. Es wurde die von Kröber entworfene Wasserversorgung des fürstlichen Residenzschlosses zu Sigmaringen gewählt<sup>358)</sup>.

Lage und Anordnung des im sog. Römerturm gelegenen Verteilungsbehälters, in welchen das Wasser einer in der Nähe befindlichen Quelle gehoben wird, wurde bereits in Art. 466

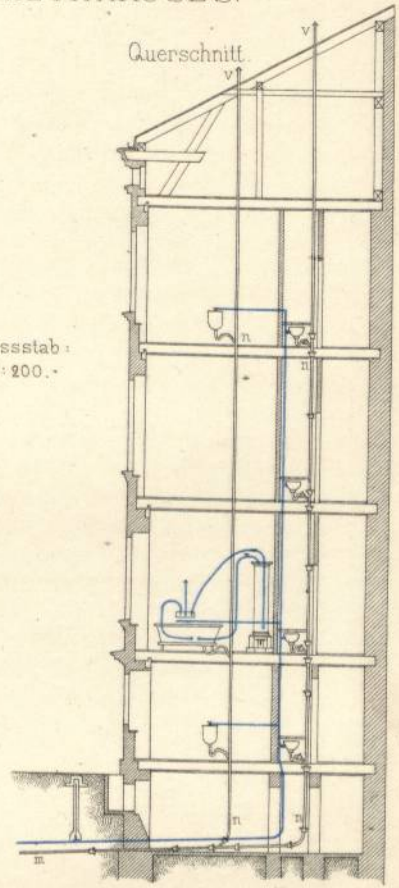
<sup>358)</sup> Nach: Journ. f. Gasb. u. Wassf. 1877, S. 35.

# WASSERVERSORGUNG EINES MIETHHAUSES.

Grundriss des Kellergeschosses.

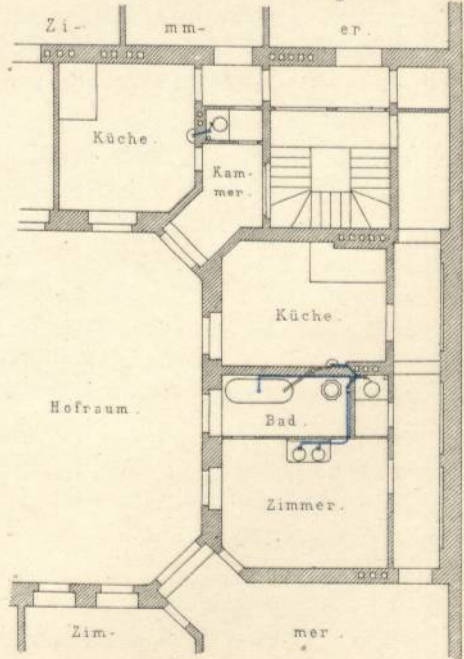


Querschnitt.



Massstab:  
1:200.

Grundrisspartie des 1. Obergeschosses.





(S. 446) beschrieben. Das Rohrnetz nimmt seinen Anfang in drei Hauptfallrohren, von welchen zwei über die Dachböden des Schlosses, der Kunftsammlung und der Nebengebäude sich hinziehen und dann abfallend in allen Gefchoffen sich verbreiten; das dritte fällt lotrecht bis zum Fusse des Turmes ab, wo es sich im Boden unter dem oberen und unteren Schlofshofe hinzieht und seine äußersten Zweige einerseits bis in den Marfall und das Theater fenDET, andererseits unter stetem Abfallen den großen Springbrunnen und den Kreislaufanfluß an eine der gedachten Dachleitungen erreicht, um endlich, ganz unten in der Stadt angekommen, noch das erprinzliche Palais zu verfor gen.

Alle Hauptrohrfränge sind in Gufseifen hergestellt worden. Um kräftige Strahlen für Feuerlöschzwecke zu erzielen, erhielten diese Stränge ziemlich große Durchmesser; sie fangen mit 120 mm an und gehen bis 60 mm herab. In allen Flurgängen, in möglicher Nähe der Treppenhäuser, sind Feuerventile mit 45 mm weiter Oeffnung unmittelbar in die Leitungen eingeschaltet. Im ganzen sind 31 Ventile mit einem Schlauchgewindeabgang und 6 Ventile mit doppelten Abgängen vorhanden. Unmittelbar neben diesen Ventilen, welche in Holzkasten mit Glastürchen eingeschlossen sind, ist je eine Schlauchrolle von 15 m Länge mit Gewinde und Mundstück von 16 bis 20 mm Ausgangsweite aufgehängt.

Von den unter den Höfen hinlaufenden Bodenleitungen sind in geeigneten Abständen 7 Feuerlöschhähne abgezweigt. Außer 4 laufenden Brunnen wird noch ein Ventilbrunnen von der Leitung gespeist. Die dem Froste ausgesetzten Teile der Rohrleitungen wurden durch Anwendung eines stetigen Wasserkreislaufes am wirksamsten vor dem Einfrieren geschützt; außerdem aber wurden fämtliche Rohre mit Strohzöpfen doppelt umwickelt und an besonders gefährdeten Orten noch mit Bretterverchalungen verwahrt und die Zwischenräume mit Stroh ausgestopft.

Von den Hauptfallrohren zweigen nach den verschiedenen Räumlichkeiten, als Küchen, Wafchküchen, Wagenfchuppen, Marfall, Spülaborten u. f. w., schmiedeeiserne Leitungen geringeren Kalibers ab, für welche als Hauptabsperrung nur Kegelhähne mit untengeschlossenem Gehäuf und Stopfbüchfen und an den Zapftellen Niederfchraubhähne zur Verwendung kamen.

## 18. Kapitel.

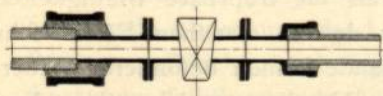
### Einzelbestandteile der Wasserleitungen.

Zu den Absperr- und Regelungsvorrichtungen einer Rohrleitung gehören die einfachen Schleufen, die Schieber, Ventile, Hähne und Klappen. Besteht die Rohrleitung aus Gufseifen, so werden diese Vorrichtungen mit Flanschen oder Muffenverband eingebaut; besteht sie aus Tonrohren oder Zementrohren, so werden die

letzteren auf kurze Strecken durch gufseiserne Zwischenleitung ersetzt und durch Ueberziehen von Doppelmuffen ein dichter Verband zwischen Tonrohr-(Zementrohr-)Leitung und gufseiserner Leitung hergestellt (Fig. 426). Hat man es — wie bei den Hausleitungen meistens der Fall — mit schmiedeeiserner oder Bleirohrleitung zu tun, so erfolgt das Einsetzen des Ventils (Schiebers,

475.  
Absperr-,  
Regelungs-  
und Spül-  
einrichtungen;  
Ablaffen  
der Luft.

Fig. 426.



Verbindung gufseiserner und Tonrohre.

Hahnes u. f. w.) in der in Art. 469 (S. 453) gedachten Weise.

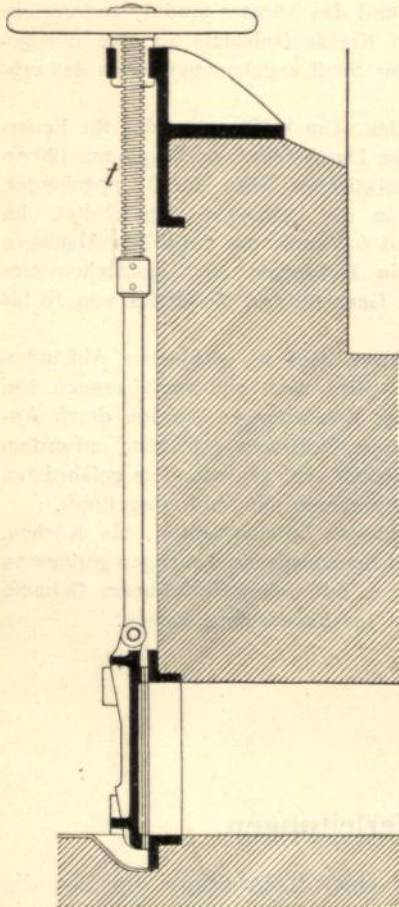
Einfache, hauptsächlich bei Brunnenstuben zur Anwendung gelangende Schleufen sind am Keil nur auf einer Seite abgefchrägt; die Schlufsfächen sind lotrecht (Fig. 427).

Eine bewegliche Schieberspindel aus Bronze, welche mittels eines an feststehender Mutter drehbaren Handrades auf- und abbewegt werden kann, gestattet das Oeffnen und Schließen von Hand. Die Ringe am Keil und an der Sitzfläche müssen aus Bronze hergestellt sein, um das An-



roften, bezw. Zusammenwachsen der Schlußflächen zu verhindern. Die Führung für den Keil ist in das Mauerwerk eingelassen und in gleicher Weise, wie der Keil, abgefrägt, so daß beim

Fig. 427.



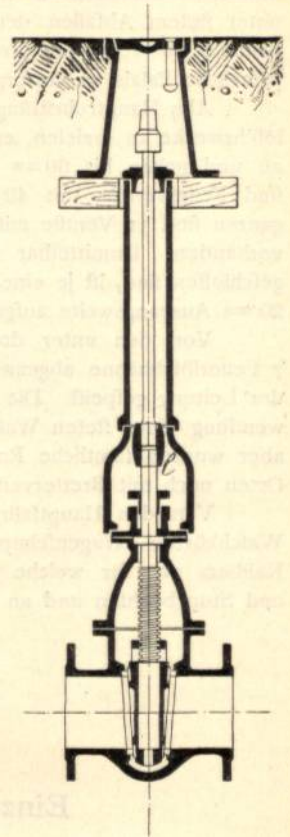
Einseitig schließender Schieber.  
1/25 w. Gr.

Zudrehen der Schleufe die Schlußflächen fest aufeinander gepreßt werden.

Bei Schiebern mit doppelt-schließenden Sitzflächen werden die Gehäuse aus Gußeisen angefertigt, während die Spindeln, Schraubenmutter, sowie die Dichtungsringe der Keile und der Gehäuse aus Bronze hergestellt sind.

Sollen diese Schieber in die Erde eingebaut werden, so erhalten sie eine mit Schutzrohren umgebene, in einem Vierkant unter der Straßenkappe endigende Schlüsselstange, mittels welcher das Öffnen und Schließen des Schiebers von der Straße aus bewirkt werden kann, wie Fig. 428 darstellt. Stehen die Schieber in besonders erbauten Zugangschächten, so wird am Ende der Bronzespindel bei *l* ein Handrad angebracht. Solche Schieber kommen bei Leitungsweiten von 40 mm aufwärts in Verwendung. Bei kleineren

Fig. 428.



Doppelt-schließender Schieber.  
1/25 w. Gr.

eren Lichtweiten (Hausleitungen u. f. w.) verwendet man entweder Ventile (siehe Art. 458, S. 435) oder *Peets*-Schieber (siehe Art. 479, S. 469 u. Fig. 452).

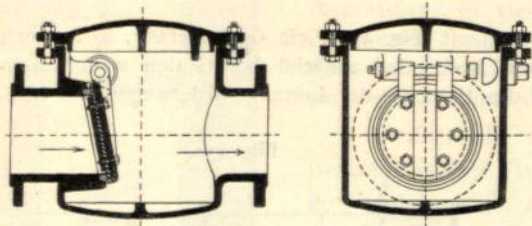
Ventile sind eigentlich mehr für gasförmige als für tropfbare Flüssigkeiten bestimmt. Die Schieber haben Ventilen gegenüber den in manchen Fällen sehr beachtenswerten Vorzug, daß sie in geöffnetem Zustande keinen besonderen Widerstand in der Rohrleitung erzeugen, während in den Ventilen, welche ohne Ausnahme wagrechte Schlußflächen haben, auch in ihrem geöffneten Zustande beim Wasserdurchflusse ein ganz bedeutender Reibungswiderstand entsteht.

Den eben gedachten Vorteil, Ventilen gegenüber, zeigen auch die Hähne, deren Konstruktion in Fig. 446 u. 447 dargestellt werden wird; die Nachteile der Hähne haben wir in Art. 458 (S. 436) erwähnt, und sie gelangen im allgemeinen bei der Wasserverforgung (siehe auch Art. 479) sehr selten mehr zur Anwendung.

Bei längeren Druckleitungen, insbesondere bei solchen, welche von Pumpwerken herkommen und unmittelbar zu Wasserbehältern führen, würde ein Rohrbruch in der Nähe der Pumpstation oder ein Offenlassen der Schieber oder eines Leerlaufes da-

selbst die Wasserversorgung rasch außer Betrieb setzen. Um sich gegen solche Vorkommnisse zu sichern, pflegt man ganz in der Nähe des mit Wasser zu versorgenden

Fig. 429.

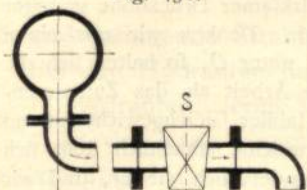
Klappenventil.  
 $\frac{1}{25}$  w. Gr.

Gebäudes oder der Gebäudegruppe Klappenventile (Fig. 429) anzuordnen, welche die Bewegung des Wassers nur in der Richtung der in Fig. 429 eingezeichneten Pfeile gestatten, sich aber sofort schließen, wenn eine rückgängige Bewegung beginnen will.

An keiner für sich bestehenden Rohrleitung dürfen die Vorrichtungen zum Entleeren fehlen. Bei den Hausleitungen werden sie in der Regel mit dem Privathauptahn vereinigt;

bei für sich bestehenden Zuleitungen sind besondere Einrichtungen erforderlich, welche so angeordnet werden müssen, daß mit dem Entleeren auch das Spülen der Leitung erfolgen kann. Zu diesem Zwecke wird (wenn tunlich am tiefsten Punkte des Längensprofils einer Leitung) an einem nach unten gerichteten Abzweige eine

Fig. 430.

Spülfchleufe.  
 $\frac{1}{25}$  w. Gr.

besondere Leitung angeschlossen, welche in das Freie, in einen Kanal, in einen Senkschacht u. f. w. ausmündet (Fig. 430). Man erzeugt sodann durch ganzes oder teilweises Oeffnen des Schiebers *S* einen lebhaften Wasserstrom in der Leitung, welcher sämtliche noch nicht angeheftete Niederschläge mitreißt und die Leitung säubert. Wird die Spülung regelmäsig und häufig genug vorgenommen, so kann dadurch das Ansetzen der Niederschläge an den Rohrwänden ganz verhindert werden,

was besonders bei gußeisernen, weiches und mit organischen Stoffen beladenes Wasser führenden Rohrleitungen von nicht zu unterschätzender Wirkung ist.

Von größter Wichtigkeit für den Betrieb einer Wasserversorgung ist das Entfernen der Luft aus den Rohrleitungen. Wir haben schon in Art. 452 (S. 428) gesagt, daß das Längensprofil einer Wasserzuleitung ganz beliebig gelegt werden kann, wenn man die höchsten Punkte entlüftet und vermeidet, daß die Pressung innerhalb der Leitung unter die atmosphärische sinkt. Die letztere Bedingung ist (sofern man von besonderem Auspumpen der Luft u. f. w. absehen will) nur durch zweckentsprechende Anordnung des Längensprofils zu erfüllen. Die Entlüftung an den höchsten Punkten geschieht durch Standrohre, laufende Brunnen, Strahlvorrichtungen, Luftschrauben, selbstwirkende Luftventile und dergl.

Ist in *O* (Fig. 431) der mit der Atmosphäre in Verbindung stehende Wasserbehälter (die Brunnenstube oder die auf einen Wasserbehälter zurückgeführte Pumpstation) für eine dafelbst abgehende Druckleitung und nennt man den bis zu irgend einer Stelle in der Entfernung *x* von *O* entstandenen Reibungswiderstand, als Wasserfäulenhöhe ausgedrückt, *y*, so bezeichnet die Linie *OO'* mit den Ordinaten *x* und *y* ziemlich genau jene Lage des Rohres, bei welcher die Pressung darin allerwärts gleich der atmosphärischen wäre. Erhebt sich das Rohr über diese Linie *OO'*, so sinkt entweder die Pressung unter die atmosphärische herab, und die Leitung muß als Heber wirken, worauf man sich nie verlassen kann, weil das Wasser stets mit Luft und Wasserdampf vermischt ist; oder die Bewegung des Wassers vollzieht sich so, als ob zwischen beiden Wasserbehältern, bzw. den Punkten *A* und *A'*, ein offenes Gerinne eingeschaltet wäre. Im letzteren Falle ergibt sodann die Leitung eine Menge *q*, d. h. nur so viel Wasser, als einer wirkfamen Druckhöhe *h* bei

einer Leitungslänge  $a$  entsprechen würde, während eine von  $O$  bis  $O'$  volllaufende Leitung eine Menge  $Q$  liefern müßte, entsprechend der wirkfamen Druckhöhe  $H$  auf die Entfernung  $l$ . Die Menge  $Q$  würde auch jede unterhalb oder in der Linie  $OO'$  mit stetigem Gefälle verlaufende Leitung liefern, die in Fig. 431 dargestellte Leitung jedoch nur dann, wenn durch Auspumpen der Luft in  $A$  der Querschnitt stets gefüllt erhalten wird und die Stelle  $A$  weniger als  $10,33\text{ m}$  über dem Punkte  $M$  der Linie  $OO'$  liegt.

Hat die Leitung, wenn sie unterhalb  $OO'$  verläuft (Fig. 432), ein Gegengefälle, so fammelt sich an dieser Stelle  $G$  eine Luftblase an. Diese Blase wird zunächst bei  $G$  den wasserdurchlassenden Querschnitt des Rohres verengen, und das Ergebnis der Leitung wird, wegen des hier-

Fig. 431.

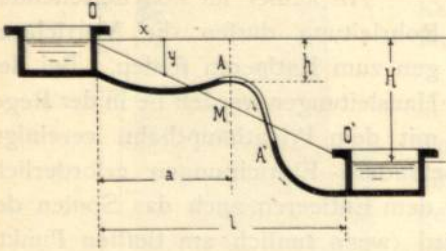
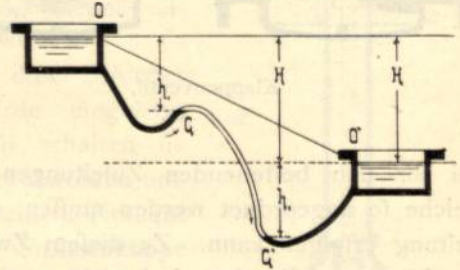


Fig. 432.



Längensprofile von Druckleitungen.

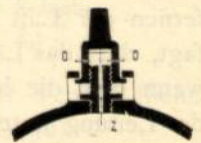
durch verursachten besonderen Widerstandes, bei gleichbleibender wirkfamer Druckhöhe geringer werden; unter Umständen kann die Bewegung auch ganz aufhören. Denken wir uns einen Punkt  $G_1$  um dieselbe Höhe  $h_1$  tiefer unter dem Behälter  $O'$  als  $G$  unter  $O$ , so halten sich die Wasserfäulen  $OG$  und  $O'G_1$  Gleichgewicht und leisten keine andere Arbeit als das Zusammenpressen der zwischen  $G$  und  $G_1$  gelegenen Luftblase. Ein derartiger labiler Gleichgewichtszustand wird nicht sehr lange andauern können, weil die Luft wieder entweicht; allmählich stellt sich dann Bewegung her; letztere wächst, erreicht ein Höchstmaß, vermindert sich wieder, und wir lernen mit ihrer Verfolgung jenen Zustand kennen, der uns im ungleichförmigen, gurgelnden Erguffe schlechtgelegter Leitungen so häufig in der Praxis entgegentritt.

Würde man bei der Anordnung in Fig. 432 an der Stelle  $G$  ein Standrohr errichten, welches das Ueberlaufen des Wassers verhindert, so könnte die Luft stets entweichen, also eine Luftblase bei  $G$  nicht entstehen. Das gleiche wird eintreten, wenn von  $G$ , d. h. vom Scheitel der Rohrleitung aus in stetiger Steigung ein Zweigrohr zu einem höhergelegenen, ständiglaufenden Brunnen abgeht. Diese Zweigleitung würde durch den gedachten Brunnen die Luft stets entweichen lassen. Der gleiche Zweck würde erreicht, wenn in  $G$  eine Strahlvorrichtung (siehe Art. 456, S. 430) angebracht wäre, welche unmittelbar von der Druckleitung betrieben werden kann.

Statt dieser Hilfsmittel verwendet man an solchen Stellen auch einfache, von Hand zeitweise zu öffnende Luftschrauben, wie in Fig. 433, oder selbstwirkende Luftventile, wie in Fig. 434 dargestellt.

Bei der Luftschraube werden durch Aufdrehen zwei Oeffnungen  $o$ ,  $o$  frei, durch welche die Luft entweicht; ist sie entfernt, so bringt das Zugschrauben die Dichtung  $d$  auf die Zuflrömung  $Z$ , so das weder Wasser noch Luft entweichen können. Bei den selbstwirkenden Luftventilen wird durch die Schwimmkugel  $G$  das Entweichen der Luft ermöglicht. Steht der Wasserstand unter der Schwimmkugel in der Wagrechten  $WW$ , so wird der Auftrieb genügen, um den Verschlusskolben  $V$  gegen die nach außen gehende Luftabflrömungsöffnung  $F$  anzupressen. Sinkt der Wasserstand auf  $W'W'$  ab,

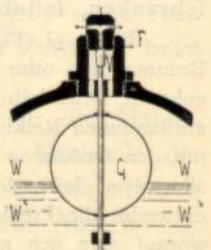
Fig. 433.



Luftschraube.

 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

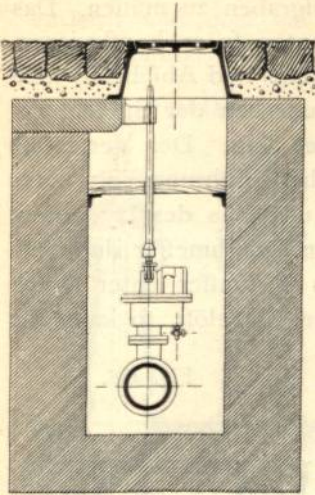
Fig. 434.



Selbsttätiges Luftventil.

 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Fig. 435.



Im Schachte eingebauter  
Hydrant.  
1/50 w. Gr.

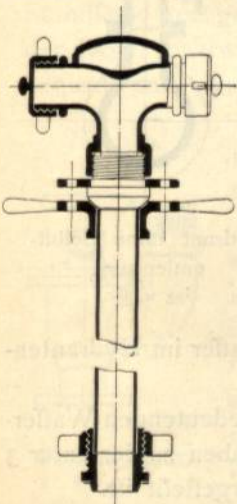
doch sind springende Strahlen am häufigsten im Gebrauche.

Bei den Hydranten sind grundsätzlich zu unterscheiden:

- 1) Hydranten, deren Verschluss in gemauerten Schächten liegt;
- 2) in die Erde eingebaute Hydranten mit Selbstentleerung, Schutzrohr und Strafsenkappe;
- 3) in die Erde eingebaute Hydranten ohne Selbstentleerung, mit Schutzrohr und Strafsenkappe, und
- 4) Ueberflurhydranten.

Die erstere Art von Hydranten (Fig. 435) ist die vollkommenste, aber auch die teuerste, indem der Schacht allein meistens wesentlich mehr kostet als die Gesamtherstellung der unter 2 u. 3 genannten Einrichtungen.

Fig. 436.



Standrohr.  
1/10 w. Gr.

Die Schächte müssen mindestens eine Lichtweite von 0,70 bis 0,80 m haben, wenn sie noch zugänglich sein sollen; besser ist es schon, die Lichtweite auf 1,00 m zu vergrößern. Der Hydrantenverschluss wird in eine Tiefe von mindestens 1,20 bis 1,50 m unter Bodenfläche gelegt, und es ist vorteilhaft, einen Zwischenboden im Schachte zur weiteren Schutzvorkehrung gegen sehr starken Frost einzuschalten, wie in Fig. 435 angedeutet.

Das über die Strafse reichende Standrohr (Fig. 436) wird mittels eines Bajonettverschlusses am Ventilkasten befestigt und das Ventil mit einem Steckschlüssel von der Strafse oder vom Hofe aus geöffnet, wenn Wasser abgelassen werden soll.

Diese sog. Berliner Hydranten werden, wie die folgenden, in der Regel für 4 Lichtweiten des Standrohres hergestellt: für 40, 50, 65 und 80 mm.

Ein in die Erde eingebauter Hydrant mit Schutzrohr, Strafsenkappe und selbsttätiger Entwässerung ist in Fig. 437 dargestellt. Bei allen diesen Hydranten, deren

fo hängt der Schwimmer *G* frei und wird selbsttätig herabfinken, wenn sein Gewicht größer ist als das Produkt aus dem Ueberdrucke in der Rohrleitung mit der Luftabflrömungsöffnung *F*. Mit diesem Ueberdrucke wird er nämlich auch nach dem Sinken des Wasserstandes nach oben festgehalten, und die Ursache des Nichtwirkens so vieler selbsttätiger Luftventile besteht lediglich darin, dass *F* zu groß, bzw. *G* zu klein gewählt wurde, in welchem Falle sich der Schwimmer festfaugt. Die ganze Einrichtung wird am höchsten Punkte der Rohrleitung in einen Teilkasten eingesetzt.

Außerhalb der Gebäude, in Höfen und Gärten, werden vielfach Ausläufe einer Wasserversorgung angeordnet, welche teils zum Schutze gegen Feuersgefahr, teils zu Zwecken der Bewässerung und Bepflanzung im Sommer, teils zur unmittelbaren Wasserentnahme für den häuslichen Gebrauch und endlich auch als Zierbrunnen dienen.

Die im Freien stehenden Hydranten erfüllen in der Regel die erstgenannten drei Zwecke; zur Wasserentnahme für den häuslichen Gebrauch pflegt man freistehende oder Wandbrunnen, und zwar ständiglaufende oder mit Selbstschlufshähnen versehene aufzustellen; Zierbrunnen können in allen möglichen Verwendungen in Erscheinung treten;

476.  
Auslauf-  
vorrichtungen  
außerhalb der  
Gebäude:  
Hydranten.

es von verschiedenartigster Konstruktion gibt, ist erstes Erfordernis, daß der Verschluss nachgesehen und ausgebeffert werden kann, ohne aufgraben zu müssen. Das Erfüllen dieser Bedingung macht es unmöglich, den Hydranten so zu konstruieren, daß er in der Zwischenstellung (zwischen vollständigem Öffnen und Abschluß) kein Wasser entweichen läßt; wenn das Ventil nach völligem Zudrehen der Spindel geschlossen ist, soll die Entwässerungsöffnung *O* ganz geöffnet sein. Der Verschluss dieser Oeffnung (welcher in Fig. 437 durch einen elastischen Führungsring unter Mitwirkung des Wasserdruckes erfolgt) kann somit beim Aufdrehen des Hydranten erst dann wieder vollständig sein, wenn die Spindel um den Durchmesser der Oeffnung *O* gehoben ist. In der Zwischenstellung wird durch *O* Wasser unter Druck entweichen. Wird bei dieser Art von Hydranten der Deckel *D* gelöst, so kann die ganze Verschlussvorrichtung herausgezogen werden; selbstverständlich muß vorher die Leitung abgestellt sein.

Verzichtet man auf den ebenbezeichneten Vorteil, so kann der Hydrant leicht so konstruiert werden, daß er in der Zwischenstellung kein Wasser entweichen läßt, sondern nur das Steigrohr sich entleert. Ein derart konstruierter Hydrant ist in dem unten genannten Werke <sup>359)</sup> dargestellt.

Hydranten der letzteren Art können in jedem Boden, solche mit Wasserverlusten in der Zwischenstellung in Bodenarten, welche sehr wenig Wasser aufnehmen, nicht aufgestellt werden.

In vielen Fällen vollzieht sich die Selbstentleerung nicht seitlich am Steigrohr, sondern durch die Spindel, welche den Verschluss bewirkt. Sehr zu beachten ist, daß die Oeffnungen *O* für die Entleerung mit Messing ausgebüchelt werden müssen, da sie anderenfalls rasch zurosten, worauf dann das Wasser im Hydrantensteigrohre stehen bleibt.

Der letztgenannte Uebelstand sowohl, als auch die nicht unbedeutenden Wasserverluste der eben genannten Hydranten in der Zwischenstellung haben zu der unter 3 gedachten Hydrantenkonstruktion geführt, wie sie in Fig. 438 dargestellt ist.

Bei dieser Konstruktion entleert sich nach gemachtem Gebrauche des Hydranten

Fig. 437.

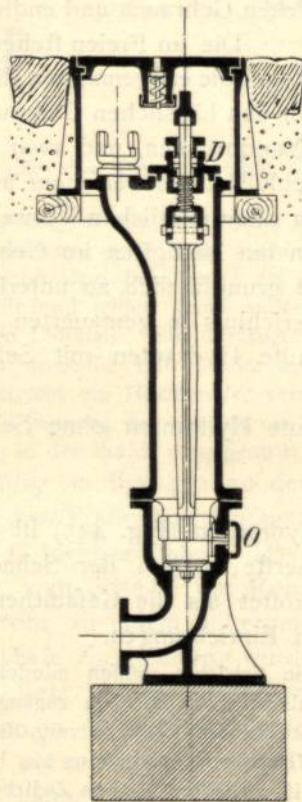
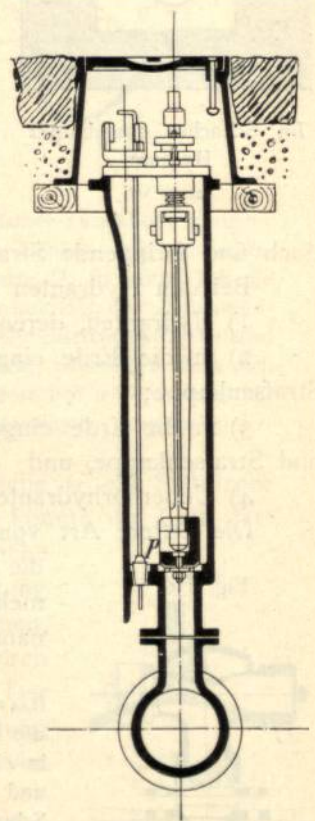
Hydrant mit Selbstentleerung.  
System Lueger. $\frac{1}{25}$  w. Gr.

Fig. 438.



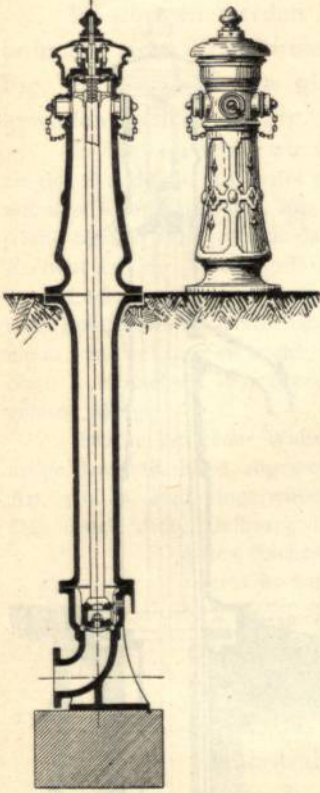
Hydrant ohne Selbstentleerung.

 $\frac{1}{25}$  w. Gr.

<sup>359)</sup> GERSTNER, E. Hofwasserwerk zu Karlsruhe. Karlsruhe 1871.

das Steigrohr nur dann, wenn durch Heben der darin stehenden Stange der Pfropfen *P* entfernt und dort ein Abfluss eröffnet wird. Da man die Hydranten im Winter wenig benutzt, im Sommer aber das Stehenbleiben des Wassers im Steigrohre keine

Fig. 439.



Ueberflurhydrant.  
ca.  $\frac{1}{10}$  w. Gr.

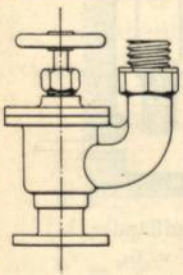
Nachteile hat, so ist diese höchst einfache Konstruktion in vielen Fällen, besonders bei Gartenhydranten, zu empfehlen. Allerdings ist zu beforgen, daß bei etwaiger Nichtentleerung oder bei undichtem Verschlusse der Hydrant im Winter einfriert; in einzelnen Gebäuden und selbst in größeren Gebäudegruppen hat man jedoch meistens die nötige Zeit, um diese Einrichtungen nachzusehen. Muß das verbrauchte Wasser nach Messern bezahlt werden, so gewährt der Umstand, daß sich jede Undichtheit des Wasserabschlusses gegen die Leitung in diesem Hydranten sofort durch das Ansteigen der Wasserfäule im Steigrohre kundgibt, auch eine angenehme Ueberwachung des Verschlusses, welche bei den unter 2 genannten Hydranten schwieriger ist, weil dort die Verluste durch die der Selbstentleerung dienende Oeffnung unbemerkt entweichen können.

Das Auffinden und Oeffnen der feither beschriebenen Hydranten bei Nacht und im Winter, wenn Schnee liegt, hat in manchen Fällen zu Unzuträglichkeiten geführt, welche man durch die in Fig. 439 dargestellte Anordnung der sog. Ueberflurhydranten zu vermeiden suchte. Die letzteren haben im wesentlichen die gleiche Konstruktion wie die unter 2 genannten mit selbsttätiger Entleerung des Steigrohres; jedoch ist die Handhabung des Ventils von oben eher möglich, indem die Spindel etwa 1 m über Bodenfläche in einer gußeisernen, über den Boden aufragenden und deshalb leicht auffindbaren

Standfäule hochgeführt ist, an welcher sich auch die Schlauchverschraubungen, die in der Regel paarweise angeordnet werden, befinden. Solche Anordnungen sind sehr bequem und eignen sich gut an allen jenen Stellen, welche nicht befahren werden;

sie lassen sich jedoch wegen Mangels an geeigneten Plätzen nicht überall durchführen und sind selbstverständlich, je nach Ausstattung, teurer als die in die Erde eingelassenen Hydrantenkonstruktionen.

Fig. 440.



Gartenhydrant.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

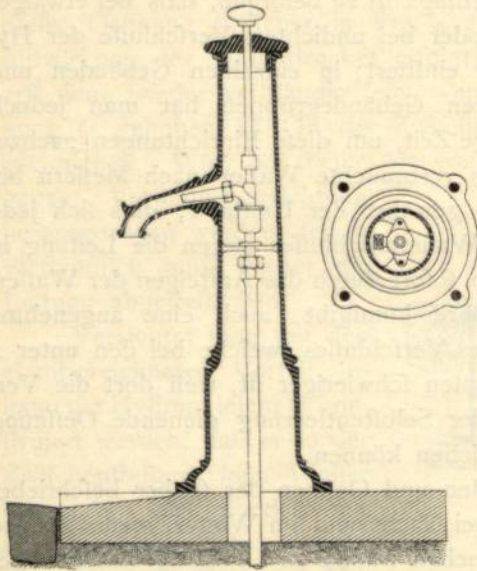
Hydranten mit kleineren Lichtweiten der Ausflusrohre werden auch vielfach in Gärten und im Inneren der Gebäude verwendet. Die letzteren finden in Art. 479 Erwähnung; die Gartenhydranten werden im Winter nicht benutzt, und deshalb sind bei ihnen besondere Einrichtungen zum Schutze gegen Frost nicht nötig. Die am häufigsten getroffene Anordnung für Gußeisenrohre ist in Fig. 440 dargestellt; doch gibt es, je nach Art ihrer Verbindung mit der Rohrleitung, welche letztere auch aus galvanisierten schmiedeeisernen Rohren oder Blei- rohren bestehen kann, gleichfalls hiervon abweichende Konstruktionen.

Man findet noch in vielen, besonders in Gebirgsgegenden, auferhalb der Gebäude zur Trinkwasserentnahme für Menschen und Haustiere ständiglaufende Brunnen

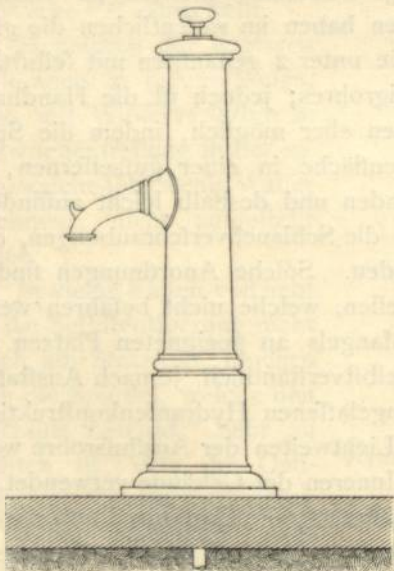
angeordnet. Ihre Einrichtung ist sehr einfach: ein mit Stellhahn versehenes Zu-  
leitungsrohr steigt in einem in der Regel aus Stein oder Eisen hergestellten Brunnen-  
stock in die Höhe und mündet etwa 1,20 bis 1,30 m über dem Boden in das Freie.

Fig. 441.

Lot- und wagrechter Schnitt.



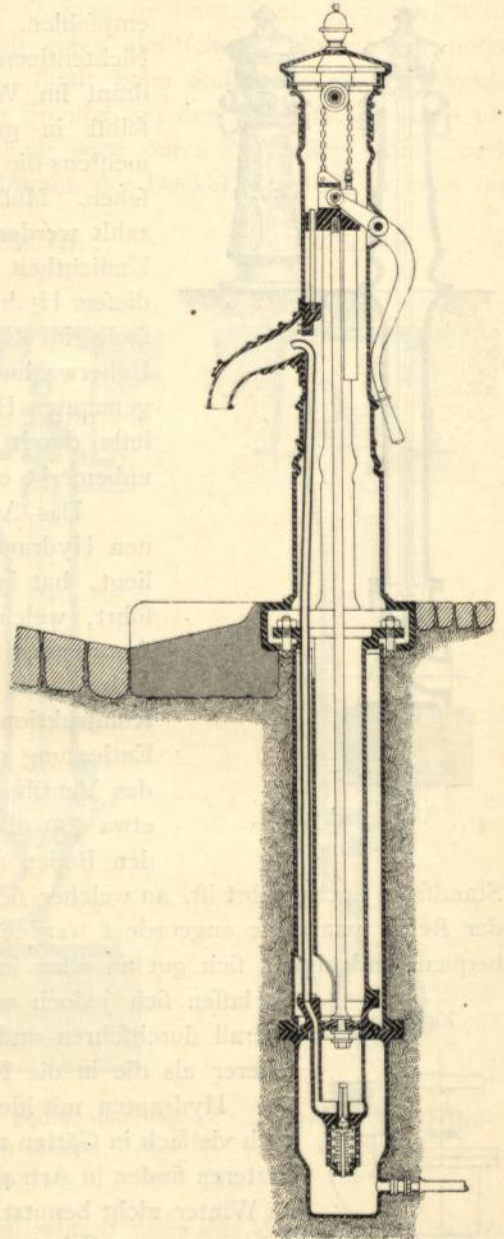
Ansicht.



Auslauftänder.

 $\frac{1}{16}$  w. Gr.

Fig. 442.



Auslauftänder.

 $\frac{1}{20}$  w. Gr.

Soweit das Rohr aus dem Brunnenstock heraustritt, wird es etwas verengt und er-  
gießt sodann das Wasser in lotrechtem oder parabolischem Strahle in eine Brunnen-  
schale, welche letztere mehr oder weniger groß angeordnet wird, je nachdem sie als  
Vorratsbehälter (zum Viehtränken, Schöpfen mit Gießkannen und Eimern u. f. w.)

dienen soll oder nicht. Das Wasser aus den Röhren solcher Brunnen ist im Sommer natürlich stets frischer als jenes aus den Hausleitungen, und das Einfrieren im Winter ist nicht zu beforgen. Bemerkt sei noch, daß es stets ratsam ist, ein besonderes Rohr im Brunnenstock hochzuführen; niemals sollte man den Brunnenstock selbst als Steigrohr benutzen, weil er dabei unvermeidlich zerstört wird.

Im übrigen werden häufig im Freien auch Zapfbrunnen angewendet. Die Anordnung eines Wandbrunnens im Hofe haben wir bereits in Art. 474 (S. 457) u. Fig. 425 gegeben; an gleicher Stelle haben wir auf freistehende Zapfbrunnen hingewiesen, welche in Fig. 441 u. 442 dargestellt sind.

In Fig. 441 sehen wir einen Brunnen, bei welchem durch Drücken auf den oberen Knopf an der Standfäule ein Ventil geöffnet wird; dieses Ventil schließt sich selbsttätig, sobald der Druck auf den Knopf aufhört. Fig. 442 stellt einen Zapfbrunnen dar, welcher auch im Winter im Betriebe bleiben kann; durch das Aufheben eines Hebels wird ein mit Gegengewicht ausbalancierter Kolben auf die Führungstange des Einlassventils gedrückt und dadurch der Auslauf bewirkt; beim Loslassen des Hebels heben das Gegengewicht und der Druck des Wassers im Auslaufrohre nach geschlossenem Ventil den Kolben wieder in die Höhe, und das Wasser sinkt auf eine Tiefe hinab, in welcher es nicht mehr einfrieren kann. Ausbesserungen an der Einrichtung können ohne Ausschachten des Brunnens erfolgen. Ähnliche Einrichtungen wie in Fig. 442 bestehen in großer Menge.

Stehen bei einer Wasserverforgung reichliche Wassermengen zur Verfügung, so werden derartige Brunnen selten angewendet; in der Regel wird an ihre Stelle ein einfacher Zapfhahn (siehe Art. 479, S. 468) eingerichtet, hinter dessen Ventil eine ca. 1 mm weite Oeffnung angebracht ist. Das durch diese Oeffnung ständig in die Brunnenchale entweichende Wasser verhindert durch stetes Nachziehen wärmeren Wassers aus der Zuleitung das Einfrieren des Steigrohres in wirksamster Weise.

Fig. 443.



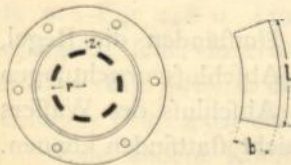
Mundstück für  
Springbrunnen.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

Als ganz besonders wirksame Zierde öffentlicher und privater Gebäude wurden von jeher die Springbrunnen und Wasserkünste aller Art betrachtet. Ueber Zuleitungen zu solchen Anlagen haben wir bereits in Art. 473 (S. 456) abgehandelt; es ist zur Erzielung schöner Wasserstrahlen angemessen, keine größere sekundliche Geschwindigkeit in der Zuleitung als 1 m eintreten zu lassen.

Als Mundstücke für den lotrecht aufsteigenden Strahl (welche ebenfalls als Mundstücke für Strahlrohre zu Hydranten passen) empfehlen sich erfahrungsgemäß solche am besten, welche auf eine Strecke  $h = 1,5$  bis  $2,0 d$  (Fig. 443) rein zylindrisch sind und sich gegen die Strahlrohre trompetenartig erweitern.

Da man für einen mächtigen geschlossenen Strahl sehr viel Wasser verbraucht, so hat man ihn bei größeren Springbrunnen durch eine sog. Sprungplatte (Fig. 444) geteilt. Diese Platte ist auf das beste für die Erreichung eines schönen Strahles geeignet, wenn die Oeffnungen in ihr durch Zwischen-

Fig. 444.



Sprungplatte für Springbrunnen.  
 $\frac{1}{10}$  w. Gr.

räume  $z$  unterbrochen sind, wobei  $z = \frac{3l}{4}$ ,  $b = \frac{2l}{7}$  und  $l = 0,55 r$ .

Stehen eine große Druckhöhe und verhältnismäßig wenig Wasser zur Verfügung, so pflegt man zur Erreichung eines schönen Strahles das Mundstück des Springbrunnens tiefer, als der Wasserspiegel im Becken ist, zu legen. In diesem Falle reißt der aufsteigende Strahl stets Wasser aus dem Becken mit empor und erscheint — allerdings auf Kosten feiner Höhe — viel reichlicher.

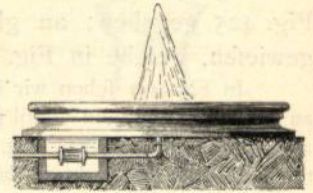
478.  
Springbrunnen  
u. f. w.



Je tiefer man das Mundstück fenkt, umfo niedriger wird der Strahl, bis er sich endlich zu einem Sprudel umformt<sup>360)</sup>.

Will man bei hohem Drucke einen oder mehrere Vollstrahlen reichlich mit Wasser speifen, aber nur auf geringe Höhen (Weiten) springen lassen, so kann man durch einen nach Art der Strahlvorrichtungen konstruierten Sauger (vergl. Art. 473, S. 457) Wasser aus dem Becken nachsaugen und, je nach dem verfügbaren Drucke, durch das Mundstück erheblich mehr Wasser auswerfen lassen, als von der Wasserversorgung her zufließt (Fig. 445). Die Strahlvorrichtung wird in die Zuleitung eingeschaltet und möglichst tief in das Becken gelegt, damit sie stets reichlich mit Wasser umgeben ist; von diesem Wasser saugt sie ab und wirft es von neuem wieder aus, und zwar umfomehr, je kleiner die Wurfweite und je größer im Verhältnis zu dieser der Wasserdruck im Zuleitungsrohre ist.

Fig. 445.



Springbrunnen mit Sauger.

1/300 w. Gr.

Sehr zu beachten ist bei allen Springbrunnen, daß die Größen der Becken im richtigen Verhältnisse zur Strahlhöhe stehen; für kleinere Schalen muß man alle hohen Strahlen vermeiden, weil sie vom Winde über die Beckeneinfassung hinaus geworfen werden, wodurch sich die Umgebung des Springbrunnens in einem Sumpf verwandelt. Umfo besser läßt sich aber bei kleinen Becken und niedrigem Strahle eine etwa vorhandene große Wasserdruckhöhe im Zuleitungsrohre zur Ersparnis von Wasser mit gutem Erfolg benutzen, was leider so selten geschieht.

Bei Anlage von sehr großen Springbrunnen mit vielerlei und verschieden hohen Strahlen empfiehlt es sich sehr, die Ventile oder Schieber, mittels welcher die einzelnen Strahlen gestellt werden, sämtlich in einen einzigen Schacht oder noch besser in einen Raum zu verlegen, von welchem aus man jeden Strahl übersehen kann. Nur auf diese Weise ist ohne große Umstände rasch ein gutes Zusammenwirken der einzelnen Strahlen zu erzielen.

Bezüglich der architektonischen Gestaltung der Springbrunnen, ebenso auch der Wandbrunnen, insbesondere wenn ein mehr monumentaler Charakter angestrebt wird, sei auf Teil IV, Halbbd. 8, Heft 3 dieses »Handbuches« verwiesen.

Innerhalb der Gebäude führen die einzelnen Leitungen das Wasser den für die mannigfaltigsten Zwecke angebrachten Zapfstellen zu, und hierzu werden Ventile und Zapfhähne der verschiedensten Konstruktion verwendet.

Man wird unterscheiden können:

- 1) einfache Entnahme durch Zapfhahn,
- 2) Entnahme durch ständigen Auslauf und
- 3) Entnahme mittels Schwimmkugelhahnes zum Füllen von Behältern.

Die Zapf- oder Ausflusshähne sollen einen kleineren Querschnitt haben als das Leitungsrohr, von dem sie gespeist werden.

Für die Konstruktion der Zapfhähne gilt unter allen Umständen die Regel, daß bei Leitungen, welche unter höherem Drucke stehen, nur Abschlußvorrichtungen zur Verwendung kommen dürfen, bei denen ein plötzlicher Abschluß des Wassers und eine hieraus sich ergebende Stosswirkung in der Leitung nicht stattfinden können. Daher sind, wie bereits früher erwähnt wurde, Kugelhähne nicht statthaft, sondern

479.  
Haus-  
einrichtungen:  
Zapfhähne.

<sup>360)</sup> Ueber BOECKMANN's patentierte Mündungsstücke siehe: Deutsche Bauz. 1881, S. 573. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 181.

nur Ventile, bei welchen durch mehrmaliges Umdrehen eines Handgriffes das Oeffnen und Abschliessen allmählich erfolgt. Sie werden am besten aus Messing oder Rotgufs hergestellt und wasserdicht geschliffen.

Die gebräuchlichsten Formen dieser Niederschraubhähne sind die Gummi-Niederschraubhähne (Fig. 446) und die Ventilhähne (Fig. 447). Ihre Ausführung kann je nach dem Zwecke eine mehr oder weniger reich ausgestattete sein,

Fig. 446.

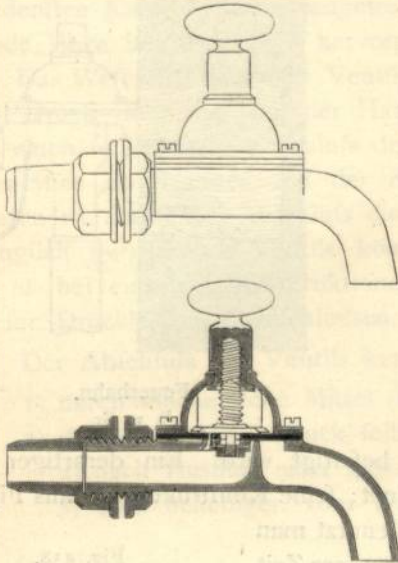


Fig. 447.

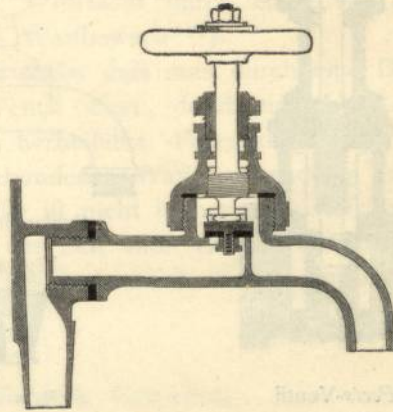


Fig. 448.

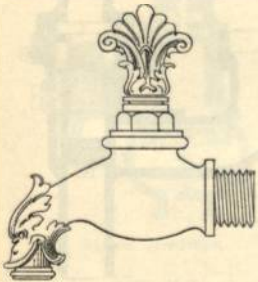


Fig. 449.

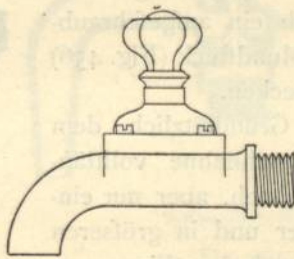
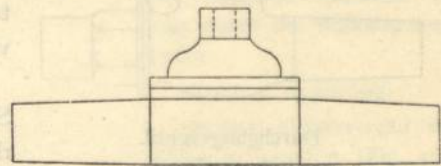


Fig. 450.



Fig. 451.



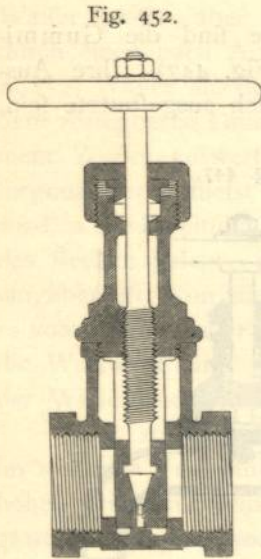
Niederschraubhähne.

$\frac{1}{8}$  w. Gr.

wie aus Fig. 448 u. 449 ersichtlich ist. Soll der Hahn nur bestimmten Personen zugänglich sein, so erhält er bloß ein von einer Blechhülle umgebenes Schlüsselvierkant (Fig. 451), so daß das Oeffnen und Schliessen nur mittels eines aufgesetzten Schlüssels (Fig. 450) erfolgen kann.

Eine andere Konstruktion eines Ventils, und zwar des sog. *Peets-Ventils*, ist aus Fig. 452 ersichtlich. Das Auf- und Abbewegen zweier Schieberplatten geschieht ebenfalls mittels einer Schraube; die Platten werden in ihrer richtigen Stellung durch einen als Keil wirkenden Kegel an ihre Sitzflächen angedrückt.

Beabsichtigt man das Wasser zeitweilig mittels eines Schlauches vom Hahne aus weiterzuleiten, so erhält der Auslauf des Hahnes ein Schraubengewinde, mittels



Peets-Ventil.  
 $\frac{1}{3}$  w. Gr.

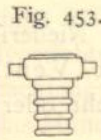
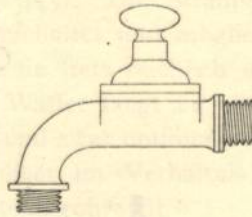


Fig. 455.



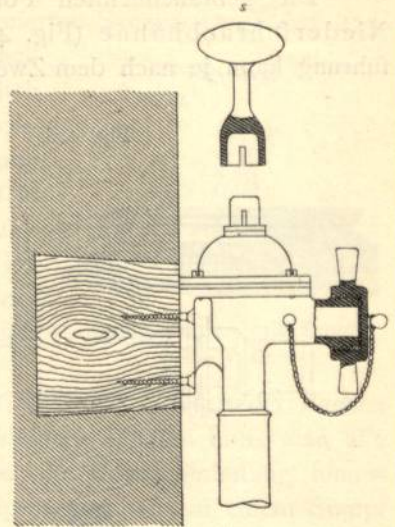
Schlauchhahn.

Fig. 456.



$\frac{1}{3}$  w. Gr.

Fig. 454.



Feuerhahn.  
 $\frac{1}{6}$  w. Gr.

deffen die Schlauchverschraubung (Fig. 453) befestigt wird. Ein derartiger Hahn wird mit dem Namen Schlauchhahn bezeichnet; seine Konstruktion ist aus Fig. 455

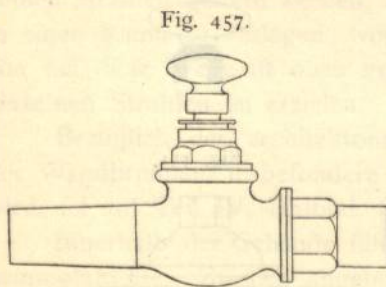
erfichtlich. Benutzt man diesen Hahn längere Zeit zur einfachen Wasserentnahme, so kann man das Schraubengewinde durch ein aufgeschraubtes Mundstück (Fig. 456) verdecken.

Grundsätzlich dem Schlauchhahne vollständig gleich, aber nur einfacher und in größeren

Abmessungen ausgeführt, ist der Feuerhahn (Fig. 454); dieser soll nicht zur gewöhnlichen Wasserentnahme benutzt werden und ist daher auch nicht ohne Schlüssel *s* zugänglich.

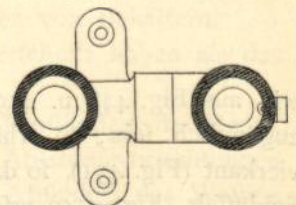
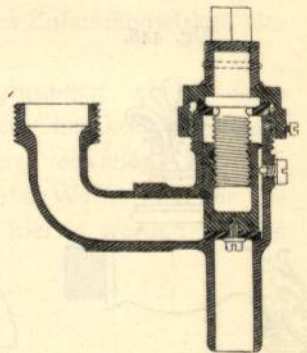
Beide Arten von Hähnen, die Gummi-Niederschraub- und die Ventilhähne, werden auch als Absperrvorrichtungen für einzelne Leitungen verwendet und führen in dieser Form den Namen Durchgangsventile. Sie erhalten dann beiderseitig Stutzen zum Einlöten und sind durch Fig. 452 u. 457 verdeutlicht.

Das Schlauchventil findet in etwas veränderter Form auch als Sprengventil für Gärten (Fig. 458) Verwendung, indem es auf eine Holzbohle geschraubt und, mit einer Schutzkappe



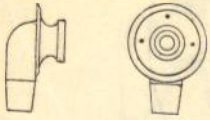
Durchgangsventil.  
 $\frac{1}{3}$  w. Gr.

Fig. 458.



Sprengventil.  
 $\frac{1}{3}$  w. Gr.

Fig. 459.



Wandfcheibe.

 $\frac{1}{8}$  w. Gr.

überdeckt, an die Ränder der Gartenwege gefetzt wird (siehe Art. 476, S. 465 u. Fig. 440).

Die Verbindung der Zuleitung mit dem Hahne erfolgt entweder durch eine Wandfcheibe (Fig. 459), welche auf einem in die Wand eingelassenen Holzdübel mittels Holzschrauben befestigt wird und daher zugleich zur soliden Befestigung des Hahnes an der Wand dient, oder unmittelbar durch Lötung.

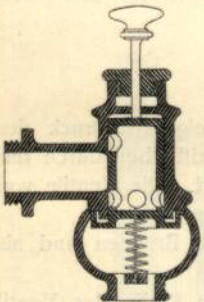
Hier muß noch einer Art von Ventilen Erwähnung gesehen, und zwar der Selbstschlußventile, welche feinerzeit in den verschiedensten Konstruktions aufgetreten sind, verursacht durch einen von der Gemeinde Wien im Jahre 1878 hervorgerufenen Wettbewerb<sup>361)</sup>.

Das Wesentlichste dieser Ventile besteht darin, daß man durch eine Drehung, einen Druck oder Zug mit der Hand das Ventil öffnet, durch einfaches Loslassen aber einen selbsttätigen Abschluß des Ventils herbeiführt. Hierdurch soll dem Offenstehenlassen des Hahnes und der damit verbundenen Wasservergeudung entgegengetreten werden. Der Abschluß dieser Ventile ist nicht immer ganz stoßfrei; selbst anfänglich gutwirkende Ventile können mit der Zeit unter Stößen abschließen, so daß es bei einzelnen Konstruktions immerhin bedenklich bleibt, sie unmittelbar an eine Druckleitung anzuschließen.

Der Abschluß des Ventils kann erfolgen:

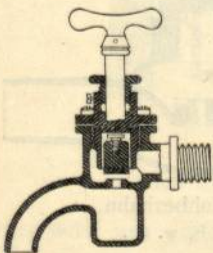
- 1) durch mechanische Mittel (Feder, Uhrwerk, Gewichte);
- 2) durch den Wasserdruck selbst, und zwar entweder
  - $\alpha$ ) nach Ausfluß einer gewissen Wassermenge, oder
  - $\beta$ ) nach beliebiger, vom Wasserabnehmer abhängiger Dauer.

Fig. 460.



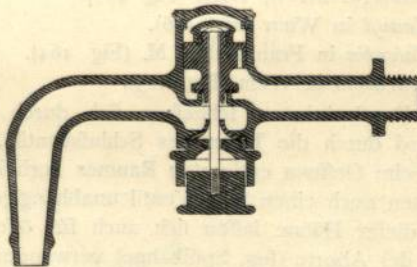
System Herdevin.

Fig. 462.



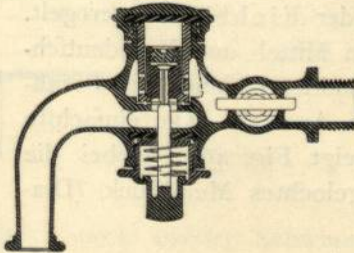
System Tylor.

Fig. 461.



System Leopolder.

Fig. 463.



System Baumgärtner.

Selbstschlußventile.

 $\frac{1}{8}$  w. Gr.

Die hervorragendsten Konstruktions der einzelnen Systeme sind die folgenden.

Unter 1 gehörig:

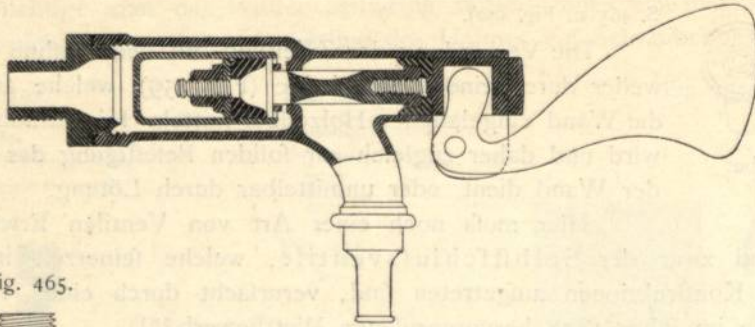
a) Das Abschlußventil von *Herdevin* in Paris (Fig. 460). Der doppelte Abschluß erfolgt durch die Wirkung einer Feder.

Unter 2,  $\alpha$  gehörig:

b) Das Absperrventil von *Tylor* in London (Fig. 462). Das Ventil muß vorher geschlossen gewesen sein, um nach dem Aufdrehen Wasser geben zu können. Die Behandlung ist die gleiche wie beim Niedererschraubventil, und es kann auch als ein solches wirken. Das Ventil schließt nach Durchfluß einer gewissen Wassermenge (10 bis 15 l) selbsttätig ab.

<sup>361)</sup> Bericht hierüber siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1879, S. 571.

Fig. 464.



System Valentin.

Fig. 465.

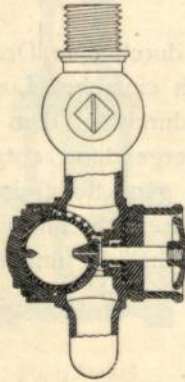
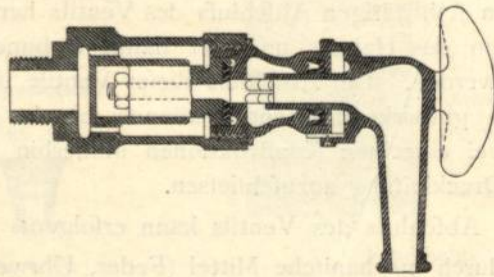
System Schrabetz.  
(Grundriss.)

Fig. 466.



System Knauff.

Selbstschlufsventile.  
 $\frac{1}{8}$  w. Gr.

Unter 2,  $\beta$  gehörig:

- c) Das Absperrventil von *Leopolder* in Wien (Fig. 461).
- d) » » » *Baumgärtner* in Wien (Fig. 463).
- e) » » » *Knauff* in Wien (Fig. 466).
- f) » » » *Valentin* in Frankfurt a. M. (Fig. 464).
- g) » » » *Schrabetz* in Wien (Fig. 465).

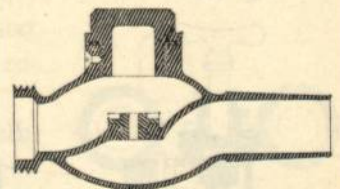
Diese letztgenannten fünf Konstruktionen schliessen sich durch den eigenen Druck des Waffers; der langsame Schluß wird durch die Form des Schlußventils, zumeist aber durch das langsame Füllen eines kleinen, beim Oeffnen entleerten Raumes herbeigeführt. Die Ventile von *Schrabetz* und *Baumgärtner* besitzen noch einen vom Ventil unabhängigen Kegelabshluß.

Die guten Konstruktionen dieser Hähne lassen sich auch für öffentliche Brunnen und als Ventile für die Spüleinrichtungen der Aborte (fog. Spülhähne) verwenden.

Prämiert wurden von der Wiener Prüfungskommission mit dem ersten Preise das Ventil von *Baumgärtner*, mit dem zweiten jenes von *Schrabetz*<sup>362</sup>.

Die Entnahme von Wasser als ständiger Auslauf wird durch fog. Kaliber- oder Eichhähne geregelt. Diese Art der Entnahme ist in Mittel- und Norddeutschland wenig üblich, mehr in Süddeutschland; die Bezahlung des Waffers erfolgt nach Ausmaß. Die einfachste Form eines Kaliberhahnes zeigt Fig. 467, wobei die Durchflusmenge durch ein gelochtes Mundstück (Diaphragma) bestimmt wird.

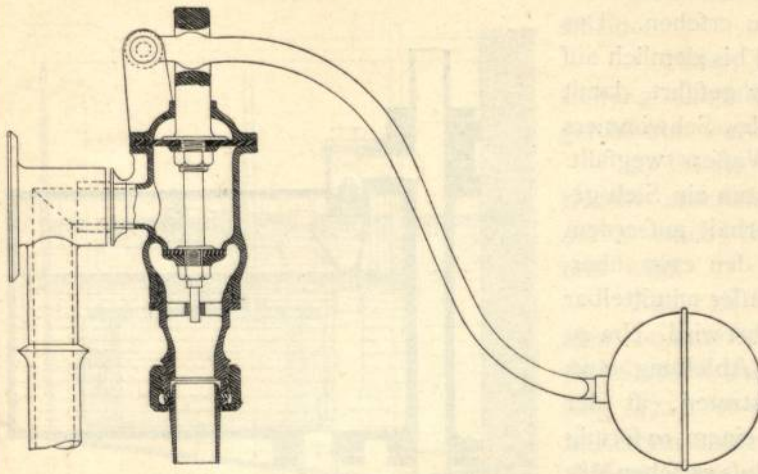
Fig. 467.

Kaliberhahn.  
 $\frac{1}{8}$  w. Gr.

<sup>362</sup>) Vergl.: BERKOWITSCH, A. Selbstabshluß-Ventile auf der Ausstellung in Paris 1878. Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, S. 183.

ROSENSTINGL, J. G. Vortrag über Selbstschlufs-Ventile. Wochschr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 125.

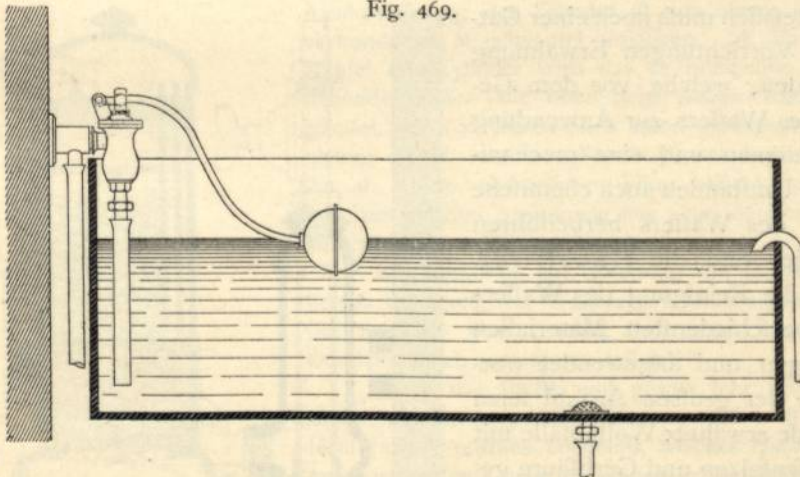
Fig. 468.

Schwimmkugelhahn.  
1/4 w. Gr.

Zum Füllen von Behältern dienen die Schwimmkugelhähne. Dies sind Ventilhähne, welche bei einem gewissen Wasserstande durch eine Schwimmervorrichtung zum Abschluß gebracht werden, bei niedrigerem Wasserstande durch dieselbe Vorrichtung sich öffnen und Wasser ausfließen lassen. Fig. 468 gibt ein derartiges Ventil im Querschnitt.

In einigen Städten, in welchen die Abgabe des Wassers nach Wassermessern erfolgt, ist es nicht statthaft, die Schwimmkugelhähne dieser einfachen Konstruktion zur Anwendung zu bringen. Bei geringer Entnahme aus dem Behälter oder bei großer Wasseroberfläche des letzteren sinkt der Wasserstand nur um ein geringes; der Schwimmkugelhahn wird daher auch nur sehr wenig geöffnet; er ergänzt das fehlende Wasser sehr langsam und in Mengen, welche vom Wassermesser, sofern dieser dem System der Flügelmesser angehört, nicht angezeigt werden. An diesen Orten dürfen nur solche Schwimmkugelhähne zur Anwendung kommen, welche sich erst plötzlich öffnen, sobald der Wasserstand bis auf ein gewisses Maß gefallen ist.

Fig. 469.

Dienstbehälter.  
1/20 w. Gr.

Dies wird am einfachsten durch einen zweiten Schwimmer erreicht, welcher den in seiner höchsten Lage festgehaltenen Schwimmer bei einem bestimmten Wasserstande auslöst. Beim Erreichen des höchsten Wasserstandes bleibt der Ventilschwimmer von selbst stehen.

480.  
Dienst-  
behälter.

Die Einrichtung eines Dienstbehälters ist aus Fig. 469 zu ersehen. Das zufließende Wasser wird bis ziemlich auf den Boden des Behälters geführt, damit die heftige Bewegung des Schwimmers beim Einströmen des Wassers wegfällt. Die Abflußöffnung ist durch ein Sieb geschützt. Der Behälter erhält außerdem einen Ueberlauf, durch den etwa überschüssig zufließendes Wasser unmittelbar nach der Ableitung geführt wird. Um zu verhüten, daß aus der Ableitung etwa übelriechende Gase austreten, ist der Ueberlauf entweder mit einem  $\infty$ -förmig gebogenen Geruchverschluss versehen<sup>363)</sup>, oder das Ueberlaufrohr mündet in einen vom Behälter abgetrennten, bis in die Höhe des Oberwasserpiegels reichenden Raum. Dieser Raum bleibt immer gefüllt, unabhängig von den Schwankungen des Wasserpiegels im Behälter.

Die Spülhähne der Aborte und die Selbstschlußhähne trenne man, zur Vermeidung von Stosswirkungen, durch Einschalten von kleineren Behältern (auch Dienstbüchsen, Spülreservoirs u. f. w. genannt) von der unmittelbaren Verbindung mit der Hauptleitung ab; Fig. 470 zeigt eine kleinere, von Fortin in Paris ausgeführte Einrichtung mit Schwimmer, die hauptsächlich für Selbstschlußventile bestimmt ist.

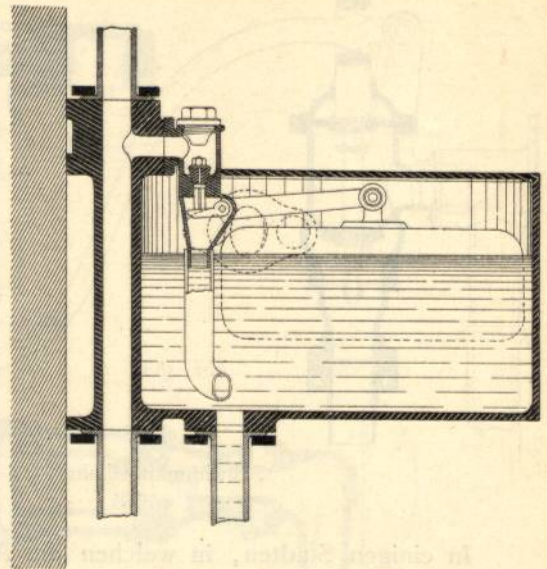
481.  
Hausfilter.

Schließlich muß noch einer Gattung von Vorrichtungen Erwähnung getan werden, welche vor dem Gebrauche des Wassers zur Anwendung kommen können und eine mechanische, unter Umständen auch chemische Reinigung des Wassers herbeiführen sollen. Dies sind die Hausfilter.

Für die Reinigung des Wassers sind die verschiedensten Materialien vorgeschlagen und angewendet worden. Von der großen Anzahl seien nur folgende erwähnt: Wollabfälle mit Alaun, Eisensalzen und Gerbsäure getränkt, Seeschwämme, Kohle, Wollgewebe, künstliche und natürliche poröse Steine (*Grès filtrant*), Eisenschwamm, Sand u. f. w.

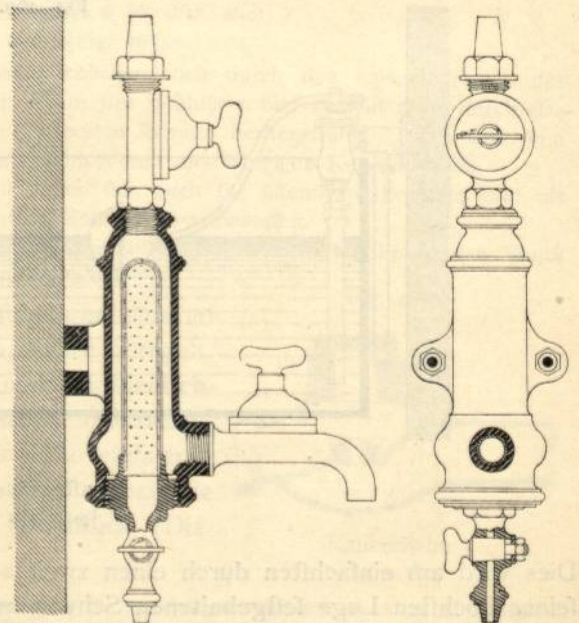
363) Vergl. das im nächsten Bande dieses »Handbuches« über »Entwässerung der Gebäude« Gefagte.

Fig. 470.



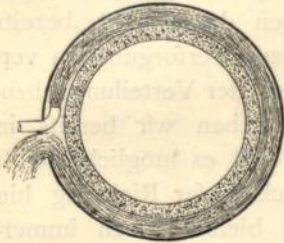
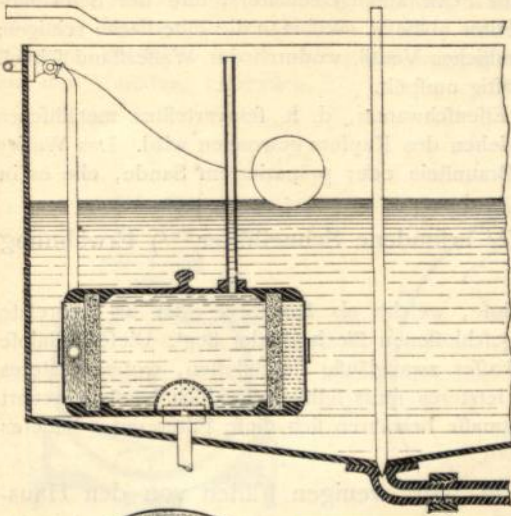
Behälter für Selbstschlußventile von Fortin.  
1/5 w. Gr.

Fig. 471.



Filter von Salbach.  
1/5 w. Gr.

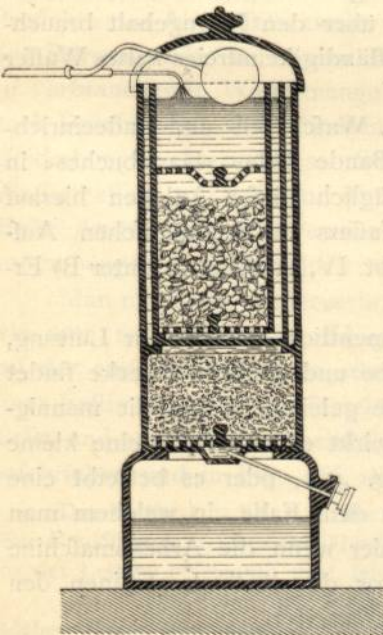
Fig. 472.



Londoner Filter.

 $\frac{1}{20}$  w. Gr.

Fig. 473.

Filter von *Bischof*. $\frac{1}{20}$  w. Gr.

Man kann zweierlei Filter unterscheiden:

1) Filter, welche unmittelbar in die Leitung eingeschlossen oder an sie angeschlossen werden können, und

2) Filter, welche nicht unter hohem Drucke arbeiten und denen das Wasser durch einen Schwimmkugelhahn zugeleitet wird.

Eine zu 1 gehörige Vorrichtung zum unmittelbaren Einschalten ist das von *Salbach* konstruierte kleine Hausfilter (Fig. 471); es dient zur Entnahme von filtriertem und unfiltriertem Wasser; die Filtration erfolgt durch ein mit Filz überzogenes Sieb. Beim Oeffnen des direkten Hahnes nimmt das ausströmende Wasser fämtliche Unreinigkeiten, welche sich auf dem Filzfilter abgelagert haben, mit hinweg. Mikroorganismen werden durch dieses Filter nicht zurückgehalten.

Von ähnlichen hierher gehörigen Filtern mag das von *Chamberland* nach *Pasteur's* Vorgang konstruierte und das Mikromembranfilter von *Breyer* erwähnt werden.

Das erstere besteht aus einem Zylinder von sehr hartgebrannter Kaolinmasse mit einer unten befindlichen, engeren Ausflußöffnung; der Zylinder ist von einem unten mit ihm verbundenen Metallmantel umgeben. Im Raume zwischen Mantel und Zylinder wird das zu reinigende, unter Druck stehende Wasser (wie oben beim *Salbach'schen* Filter) eingeleitet und von außen nach innen durchgepreßt. Zur Reinigung nimmt man den Kaolinzylinder heraus und bürstet ihn ab. Beim *Breyer'schen* Filter besteht der Filterkörper bei sonst gleicher Anordnung aus einer dünnen Lamelle von äußerst feingemahlenem Asbest.

Ein Verfahren zur Bereitung von Filtriereinrichtungen behufs Reinigung des Wassers von Mikroorganismen hat sich der Schwede *Olof Fredrik Oeberg* in Stockholm für das Deutsche Reich patentieren lassen<sup>364)</sup>.

Wohl das älteste und gewiss sehr brauchbare Filter dieser Art, das ägyptische Hausfilter (*Sihr*), ist ein einfaches, birnförmiges, poröses Tongefäß, welches *Huldermann* in der unten genannten Quelle<sup>365)</sup> eingehend beschrieben hat.

Von denjenigen Filtern, denen das Wasser mittels Schwimmkugelhahnes zufließt, mögen das sog. Londoner Filter (Fig. 472) und das *Bischof'sche* Filter (Fig. 473) erwähnt werden.

364) D. R.-P. Nr. 34 689.

365) Zeitchr. f. bild. Kunst 1886, Kunstgewebel., S. 218.



Der wirkfame Teil des Londoner Filters besteht aus einem Hohlzylinder von Filterkohle. Diefes befindet sich in einem Kasten innerhalb des Schwimmkugelbehälters, und der Schwimmkugelhahn führt fo viel Waffer zu, als durch das Filter abfließt. Will man die Filterfläche reinigen, fo öffnet man ein in der Mitte des Behälters befindliches Ventil, wodurch der Wafferstand schnell fällt, wobei dann die Zuleitung die Filterfläche kräftig umpült.

*Bifchof* verwendet als Filtermaterial fog. Eifenschwamm, d. h. feinverteiltes metallifches Eifen, welches aus Kiesabbränden nach dem Ausziehen des Kupfers gewonnen wird. Das Waffer durchzieht fodann eine zweite Filterschicht aus Braunstein oder präpariertem Sande, ehe es in das Reinwaffergefäß übertritt.

Schließlich mag noch das von *Piefke* erfundene Schnellfilter<sup>366)</sup> Erwähnung finden.

Das Filtriermaterial besteht hier aus Zellulose, welche als Faferbrei oder als gepresste Scheibe auf Sieben stufenförmig in einem allseits gefchlossenen Blechzylinder liegt. Diese Zellulose und das Sieb werden vom zugeleiteten trüben Waffer zwangsläufig durchfloffen, wobei letzteres feine Unreinigkeiten an das Filtermaterial abgibt; letzteres muß selbstverständlich häufig erneuert werden. Bei sorgfältigem Auflegen der Reinigungsmaffe bewähren sich diese Filter gut. Näheres darüber findet sich in der unten genannten Quelle<sup>367)</sup>.

In Deutschland wird man wohl nur in ganz wenigen Fällen von den Hausfiltern Gebrauch machen müssen, da das allgemeine Bestreben dahin geht, bereits gutes Waffer für die Wasserwerke zu gewinnen oder etwa zur Verforgung zu verwendendes Flufswaffer u. f. w. durch zentrale Sandfiltration vor der Verteilung abzuklären. Das bei der Sandfiltration angewandte Verfahren haben wir bereits in Art. 442 (S. 419) angegeben. Bei passend gewähltem Sande ist es möglich, selbst ganz schmutziges Waffer kristallhell herzustellen, fo dafs nach dieser Richtung hin die Filtration ihren Zweck vollständig erfüllt. Zu beachten bleibt jedoch immerhin, dafs alle bis heute bekannten Filtrationsverfahren, selbst die Mikro-Membranfilter, kein vollständig mikrobefreies Waffer zu beschaffen vermögen. Um festzustellen, wie groß im allgemeinen die Zahl entwickelungsfähiger Keime im Trinkwasser sein darf, hat *Wolffhügel* (in den Veröffentlichungen des kaiserl. deutschen Gesundheitsamtes vom Jahre 1886) Zusammenstellungen über den Keimgehalt brauchbarer Trinkwasser gegeben, worauf wir verweisen. Vollständig keimfreies kaltes Waffer wird in der Natur wohl schwerlich zu finden sein.

Ueber die in Gebäuden herzustellenden Wafch-, Wafchtisch- und Badeeinrichtungen, sowie über die Spülaborte wird im nächsten Bande dieses »Handbuches« in ausführlichster Weise abgehandelt, fo dafs wir bezüglich dieser Anlagen hierauf verweisen; ebenso hinsichtlich Verwendung des Waffers zu hydraulischen Aufzügen, welche im vorhergehenden Bande (Heft 2, Abt. IV, Abschn. 2, unter B) Erwähnung finden.

Für den Betrieb von Motoren aller Art, namentlich Motoren für Lüftung, insbesondere Sauglüftung, für kleinere Maschinenbetriebe und ähnliche Zwecke findet das von der Wasserleitung unter Druck in die Gebäude geleitete Waffer die mannigfaltigste Anwendung. Das Waffer der Wasserleitung wirkt entweder auf eine kleine Turbine, welche es in Umdrehung setzt, wie in Fig. 474, oder es betreibt eine Kolbenmaschine, wie in Fig. 475 dargestellt. Nur in dem Falle, in welchem man kein ganz reines Betriebswasser zur Verfügung hat oder wenn die Arbeitsmaschine große Geschwindigkeit erhält, verdienen Turbinen vor den Kolbenmaschinen den Vorzug; in anderen Fällen sind die letzteren empfehlenswerter.

482.  
Betrieb von  
Motoren.

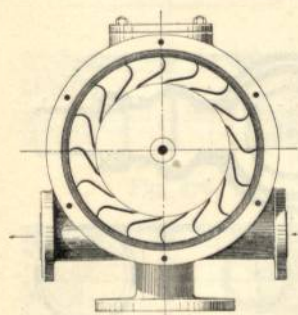
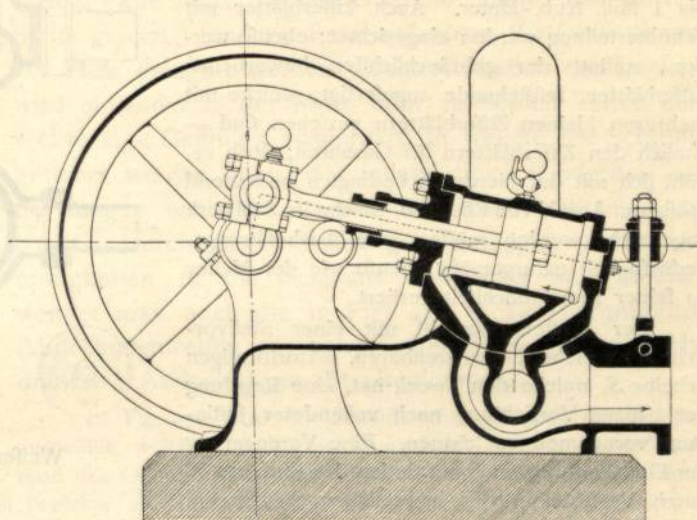
<sup>366)</sup> D. R.-P. Nr. 1571, mit Zusätzen Nr. 21702 u. 25740.

<sup>367)</sup> Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 298.

Wir haben in Fig. 475 den bekannten Schmid'schen Motor dargestellt. Die oszillierende Bewegung des Zylinders bewirkt, daß das Wasser abwechselnd von der einen und dann von der anderen Seite gegen den Kolben drückt, wodurch die etwa 80 Vomhundert Nutzeffekt gebende Maschine betrieben wird. Wie die Bewegung bei der Turbine erzeugt wird, ist ohne weiteres aus der Abbildung ersichtlich.

Fig. 475.

Fig. 474.

Turbine.  
1/10 w. Gr.

Schmid'scher Motor.

1/25 w. Gr.

Die Wassermesseinrichtungen beruhen auf dem gleichen Grundsatze wie die Motoren, d. h. es sind kleine Motoren, deren Nutzarbeit in der Bewegung eines Uhrwerkes oder Umdrehungszählers besteht. Zunächst ist einleuchtend, daß die in der durch Fig. 475 dargestellten Vorrichtung verbrauchte Wassermenge sich aus dem Produkte des Ausmaßes zweier Zylinderfüllungen mal der Anzahl von Umdrehungen des Schwungrades berechnen läßt. Würde man demgemäß die in einem Gebäude zu verbrauchende Wassermenge zunächst durch einen solchen Motor leiten und erst nach Durchfließen des letzteren benutzen, so wäre das Ausmaß durch die Zahl der Umdrehungen festzustellen. Solche und ähnliche Motoren sind deshalb zuverlässige Wassermesser, wenn sie mit Umdrehungszähler versehen sind, und man nennt sie in dieser Anwendung Kolbenmesser. Der hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten wegen sind sie jedoch wenig verbreitet.

483.  
Wassermess-  
einrichtungen.

Man mißt den Wasserverbrauch fast ausschließlich durch Turbinenmesser oder, wie man sie auch heißt, Flügelmesser. Das Grundätzliche der Messung beruht auf der einfachen Tatsache, daß, unter sonst gleichen Umständen, eine Turbine in einer bestimmten Zeit umsomehr Umdrehungen machen wird, je mehr Wasser durchfließt und umgekehrt. Nachstehend ist ein derartiger Wassermesser, System *Meinecke*, beschrieben und in Fig. 476 abgebildet.

Das Wasser tritt bei *A* in die Vorrichtung und muß ein durch Verschraubung festgehaltenes Sieb *B* passieren, welches zur Abhaltung grober Unreinigkeiten dient und, ohne daß der Messer aus der Leitung geschraubt wird, leicht ausgelöst und abgespült werden kann.

Von *C* aus strömt das Wasser durch die Oeffnungen *D* des Einfasses *N* auf das Flügelrädchen *T* und setzt dieses in Umdrehung. Die Anzahl der Umdrehungen bilden den Maßstab für die durch den Wassermesser geflossene Wassermenge, und letztere wird durch ein Zählwerk *Z* nach mehrfacher Räderüberetzung auf dem Zifferblatt registriert.

Aus dem Flügelradraume *E* tritt das Wasser durch die Oeffnungen *Y* in den Ringkanal *K* und von dort in den Abflufs *L*.

Das gebräuchlichste Zifferblatt gestattet das unmittelbare Ablefen der durchgeflossenen Wassermenge bis auf 2 Hundertteile genau von 100 l bis 1 Mill. Kub.-Meter. Auch Zifferblätter mit Zehnliterteilung werden eingerichtet; ebenso werden, anstatt der gebräuchlichsten beweglichen Zifferblätter, feststehende angefertigt, welche mit mehreren kleinen Zifferblättern versehen sind — ähnlich den Zifferblättern für Gasuhren; doch erhöht sich mit der hierdurch bedingten bedeutend grösseren Anzahl von Rädchen, welche im Zählwerk angebracht werden müssen, die Ausbesserungsbedürftigkeit naturgemäss, ebenso wie der Messer an feiner Empfindlichkeit verliert.

Der Wassermesser ist mit einer Stellvorrichtung versehen, der drehbaren, sektorförmigen Scheibe *S*, welche den Zweck hat, eine Regelung der ganzen Vorrichtung nach vollendeter Justierung vornehmen zu können. Eine Verengerung der Einflufsöffnungen *D* am Boden des Einfatzes *N* durch Verschieben der beweglichen Stellscheibe bewirkt eine Pressung des einströmenden Wassers und durchweg höhere Registrierung, eine Erweiterung umgekehrt eine durchgängig niedrigere Registrierung.

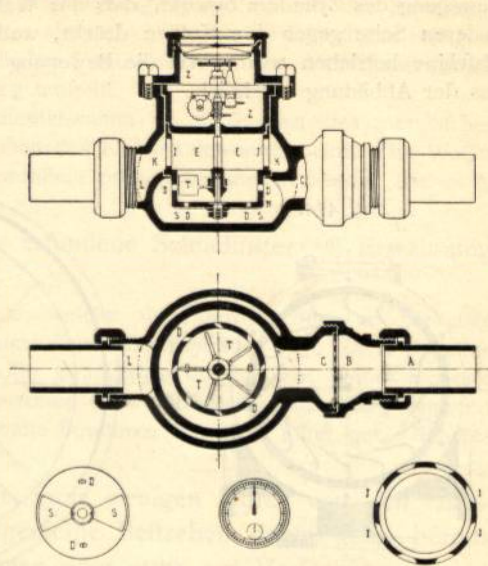
Bei den ebenbeschriebenen, sowie den gebräuchlicheren *Siemens'schen* und *Spanner'schen* Wassermessern besteht die Turbine aus Messing; zur Erleichterung der Bewegung sind jedoch auch Turbinen aus Hartgummi (von *Dreyer, Rosenkrans & Droop* in Hannover, *Lux* in Ludwigshafen) hergestellt worden.

Im allgemeinen sind die heute im Gebrauche befindlichen Turbinenwassermesser genaue, gute Instrumente, welche den Verbrauch auf 2 bis 3 Hundertteile annähernd richtig angeben, sofern das Durchströmen durch den Messer nicht so langsam vor sich geht, das die Arbeit der Reibung, welche bei der Bewegung der Rädchen entsteht, von der Energie des Wassers nicht überwunden werden kann. Für kleinen Verbrauch sollte ohne Rücksicht auf die Weite der Zuleitung auch ein kleiner Wassermesser gewählt werden; denn die Wassermenge, welche ungemessen durchläuft, steigt im Verhältnis zur Grösse des Messers. Laufen durch einen Wassermesser abwechselnd kleine, dann wieder sehr große Wassermengen, so werden zur möglichst genauen Registrierung zwei Wassermesser verschiedenen Kalibers vereinigt.

Um jederzeit sowohl zu den Sammelanlagen einer Wasserversorgung, als auch zu den Mechanismen der Rohrleitungen u. f. w. gelangen zu können, die ausserhalb der zu einer Gebäudegruppe gehörigen Gebäude etwa angebracht sind, müssen an entsprechenden Stellen Einsteigenschächte angeordnet werden. Diese Schächte werden nach oben durch gusseiserne Schachtdeckel verschlossen, welche entweder in Steineinfassungen oder — was stets besser ist — in besonderen gusseisernen Rahmen liegen und entweder mit besonderem Verschluss versehen oder mit einfachen Löchern u. f. w. zum Ausheben ausgestattet sind.

Die Einsteigenschächte müssen, um darin noch arbeiten zu können, mindestens 0,70 bis 0,80 m Lichtweite haben und werden in diesem Falle gewöhnlich in der durch Fig. 477 dargestellten Weise abgedeckt. Der Schachtdeckel ist stets kreisrund, nie eiförmig anzufertigen, weil er im

Fig. 476.

Wassermesser von *Meinecke*.

1/16 w. Gr.

Fig. 477.

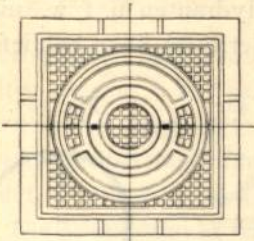
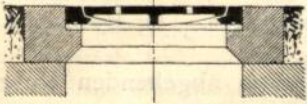


Fig. 478.

Deckel für Einsteige-  
schächte.  
 $\frac{1}{25}$  w. Gr.

Bei Fig. 480 packt der Schlüssel (welcher als Haken gestaltet ist) einen schmiedeeisernen Steg  $s$ ; der Deckel wird zunächst lotrecht gehoben und dann um die Achse  $a$  gedreht. Für schwere

Fig. 479.

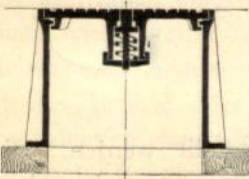
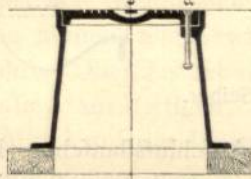


Fig. 480.

Deckel für Hydrantenrohre.  
 $\frac{1}{25}$  w. Gr.

Der Deckel ist die erstgenannte Konstruktion die bessere. Schachtanlagen, welche zu Reinwasserkanälen u. f. w. führen, sollten nie unmittelbar über die letzteren, sondern stets seitlich davon gelegt werden, weil die Schachtabdeckungen nie dicht abschließen, also Regenwasser, Staub u. f. w. leicht eindringen können und weil beim Besteigen der Schächte stets Unreinigkeiten von den Fußbekleidungen der Arbeiter u. f. w. in das reine Wasser gelangen würden. Man pflegt deshalb in solchen Fällen zwischen den wasserführenden Kanal und den Schacht eine Brücke zu setzen. Die Oeffnungen  $o$  (Fig. 481) der zu Rohrmechanismen führenden Einsteigschächte dürfen, wenn die letzteren groß sind, nie über die Mitte gelegt, sondern müssen stets an einer Seitenwand angeordnet werden, an welcher die Steigeisen für den Abflug des Wärters eingelassen werden können. Größere Schächte werden am besten mit Betongewölben versehen; bei diesen ist auch die Einsteigeöffnung in bequemer Weise auszufahren.

Fig. 481.

Anordnung  
der  
Einsteige-  
öffnung.

Wenn in ausgedehnten Höfen oder Anlagen einer Gebäudegruppe Schieber mit Schutzrohr und Strafsenkappe oder Hydranten angeordnet sind, so ist, abgesehen von etwa angewendeten Ueberflurhydranten, an passenden Stellen der Gebäude, an starken Bäumen u. f. w. oder an besonders errichteten Pfosten ein Zeichen anzubringen, welches die Lage der gedachten Gegenstände genau in den Ausmaßen anzeigt, damit man sie unter Schneedecken oder bei zufälligen Verschüttungen, Ueberwachen mit Gras u. f. w. im Notfall rasch und sicher findet. Die Masse pflegt man als rechtwinkelige Ordinate (in Met.) auf besonderen Täfelchen aus Metall oder Email in deutlicher Weise anzugeben.

letzteren Falle durch Unvorsichtigkeit in den Schacht hinabfallen kann. Der Rahmen ist aus Gufseisen und zum Anschluss von Pflasterung oder Strafsenschotter hergerichtet.

Manchmal legt man den Rahmen mit Deckel in eine Steinfassung, wie in Fig. 478 dargestellt ist. In diesem Falle sollte das Gufseisen nie unmittelbar auf den Stein gesetzt, sondern stets auf einen Zwischenrahmen von Holz gelagert werden. Zum Ausheben des Deckels wird entweder in der Mitte oder zu beiden Seiten eine rechteckige Oeffnung ausgespart, in welche der Schlüssel gefeckt werden kann, der sodann beim Umdrehen von der langen nach der kurzen Seite des Rechteckes anpackt. Durch diese Oeffnungen gelangen leicht Unreinigkeiten in die Schächte; um dies zu verhüten, wendet man auch die in Fig. 479 u. 480 dargestellten Abdeckungsweisen an, hauptsächlich bei kleineren (Hydranten-) Abdeckungen (Strafsenkappen).

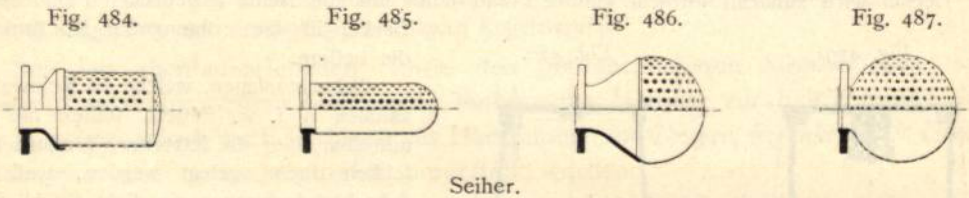
In Fig. 479 wird die Schlüsselöffnung durch ein Viereck ausgefüllt, welches durch eine Bronzefeder gehalten ist und während des Oeffnens mit dem Schlüssel tiefgedrückt werden muss.

Die bessere.

Schachtanlagen, welche zu Reinwasserkanälen u. f. w. führen, sollten nie unmittelbar über die letzteren, sondern stets seitlich davon gelegt werden, weil die Schachtabdeckungen nie dicht abschließen, also Regenwasser, Staub u. f. w. leicht eindringen können und weil beim Besteigen der Schächte stets Unreinigkeiten von den Fußbekleidungen der Arbeiter u. f. w. in das reine Wasser gelangen würden. Man

Steht eine Wasserleitung unter sehr hohem Drucke (8 bis 12 Atmosphären), so sind erfahrungsgemäß die gewöhnlichen Einrichtungen an Hydranten u. f. w. nicht ausreichend, um die Rohrleitungen vor den Wirkungen der Widderstöße beim Schließen der Hydranten zu bewahren. In solchen Fällen sind Windkessel vor die Hydranten zu setzen. Ebenso muß am obersten Ende einer Steigleitung im Inneren der Gebäude stets ein Windkessel angebracht werden. Die Windkessel vor den Hydranten erhalten einen Luftraum von ca. 0,03 bis 0,05 cbm, jene der Steigleitungen einen solchen von ca. 0,003 bis 0,005 cbm. Für Hausleitungen eignen sich solche, wie in Fig. 482, für Hydranten solche, wie in Fig. 483 dargestellt. Man stellt die letzteren stets aus Gufseisen her und gräbt sie, wie die Hydranten, in die Erde ein. Die ersteren erhalten Verschraubungsanschlüsse und werden sowohl aus Gufseisen, als auch aus Kupfer getrieben in Verwendung genommen.

Bei allen Sammelanlagen für Wasser müssen die hiervon abgehenden Rohrleitungen vor dem Einschweben sperriger Gegenstände, Holzstückchen u. f. w. behütet werden. Zu diesem Zwecke verwendet man Seiher, welche in gelochtem oder geschlitztem Kupferbleche, in der Regel verzinkt, in den in Fig. 484 bis 487



dargestellten Formen mit gufseisernen Anschlußflanschen hergestellt werden. Die Summe der Querschnitte aller Löcher im Seiher muß mindestens dem doppelten bis dreifachen Rohrquerschnitte entsprechen, wenn ein belangreicher Widerstand für die Einstromung vermieden werden will. In neuerer Zeit werden statt der durchlochten Kupferbleche mit gutem Erfolg Gewebe aus Kupferdraht angewendet.

Die zur Aufnahme von Widderstößen angeordneten Windkessel müssen mindestens auf den doppelten bis dreifachen Betriebsdruck geprüft sein.

Ist zur Wasserversorgung eines Gebäudes in diesem selbst oder in seiner Umgebung ein Wasserbehälter angeordnet, so ist es in den meisten Fällen sehr nützlich, den Wasserstand im Behälter an irgend einer Stelle des Erdgeschosses ablesen zu können; wichtig ist dies besonders in Fabrikgebäuden, in welchen als Feuerreserve oder für andere Zwecke stets ein bestimmter Wasservorrat vorhanden sein sollte. Die zweckmäßigste Einrichtung zum Uebertragen der Wasserstandshöhe ist das Ausbalancieren der Wasserfülle durch eine Quecksilberfülle (Fig. 488); die letztere übt bekanntlich auf denselben Querschnitt eine 13,6mal größere Pressung aus als Wasser. Schwankt mithin der Wasserstand im Wasserbehälter um 6 m, so wird die ihn anzeigende Quecksilberkala (wenn sie unmittelbar neben dem Behälter angeordnet ist) nur eine Länge von

Fig. 482.

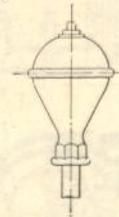
Windkessel  
für  
Hausleitungen.

Fig. 483.

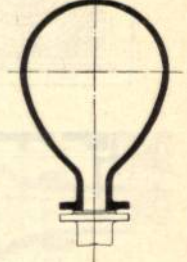
Windkessel  
für Hydranten.

Fig. 488.

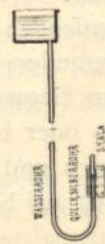


Fig. 489.



$\frac{6}{13,6} = 0,44 \text{ m}$  haben müssen und sich überall leicht anbringen lassen. Ist der Wasserbehälter im Gebäude selbst gelegen und sind die Schwankungen im Wasserbehälter gering, so kann der Wasserstand noch einfacher durch unmittelbare Uebertragung angezeigt werden (Fig. 489). Ein im Wasserbehälter befindlicher Schwimmer überträgt ihn mittels einer Schnur, an welcher sich ein Gegengewicht  $G$  befindet, durch Auf- und Abziehen eines Zeigers unmittelbar auf die Skala.

Die Wasserstände sehr entfernt liegender Wasserbehälter werden manchmal auch elektrisch übertragen. Dabei wird entweder in gewissen Zeiträumen ein Kontakt hergestellt, welcher sich am Beobachtungsorte zu erkennen gibt, oder aber der Kontakt erfolgt, wenn sich der Wasserstand um eine bestimmte Gröfse — 10 bis 30 cm — gefenkt hat. In der Regel ist fodann mit der Kontaktvorrichtung eine Registriervorrichtung, welche die Veränderungen des Wasserstandes selbsttätig aufzeichnet, verbunden.

Das Uebertragen durch ein einfaches Bleirohr oder Eisenrohr, dessen Inhalt auf eine Quecksilberfäule wirkt, ist dem elektrischen Wasserstandszeiger stets vorzuziehen; diese Einrichtung erfordert keine Unterhaltung und arbeitet sicher, während erfahrungsgemäfs die elektrischen Wasserstandszeiger ziemlich unsicher arbeiten und gröfsere Unterhaltungskosten verursachen. Es empfiehlt sich überdies, bei Einrichtung eines elektrischen Wasserstandszeigers seitens des Fabrikanten die bündigsten Garantien für eine mehrjährige Brauchbarkeit der Anlage zu verlangen.

Zum Schluffe wollen wir noch einige allgemeine Bemerkungen über Einzelbestandteile der Wasserverforgungen beifügen. Man sehe vor allem bei jeder Konstruktion auf gröfste Einfachheit; denn nur solche Konstruktionen sind dauerhaft im Betriebe. Alle Schlufsflächen und Gleitflächen der Schieber, alle Schraubenmuttern, welche häufig gelöst werden müssen, alle Gewindespindeln, überhaupt alle Teile, bei welchen eine Aenderung ihrer Oberflächenbeschaffenheit Nachteile bringen würde, sind aus Bronze oder Messing anzufertigen, weil Gufseisen und noch viel mehr Schmiedeeisen durch kein Mittel auf die Dauer vor Oxydation geschützt zu werden vermögen. Bei den Ventilabschlüssen, welche nicht in Metall hergestellt sind, sollten als Abdichtungsmaterial Lederseiben stets den Gummiseiben vorgezogen werden, weil die letzteren meist von geringer Haltbarkeit sind. Alle Einzelstücke, unbedingt aber die ganze Hauswasserleitung, sollten nach Fertigstellung einer Prüfung mit der hydraulischen Presse unterzogen werden, welche mindestens dem doppelten normalen Betriebsdrucke gleich ist. Endlich sollten in jedem Haufe, welches mehrere Ausläufe gleichen Systems hat, Ersatzstücke vorrätig gehalten werden.

485.  
Schlufswort.

## 19. Kapitel.

### Warmwasserleitungen.

In den drei vorhergehenden Kapiteln wurden (ohne dafs dies besonders bemerkt zu werden brauchte) nur diejenigen Anlagen berücksichtigt, welche zur Verforgung der Gebäude mit kaltem Wasser dienen. Die Bequemlichkeit und Annehmlichkeit einer ausreichenden Wasserverforgung läfst sich indes durch die Anlage von Warmwasserleitungen noch erhöhen, d. h. durch Leitungen, denen unmittelbar warmes Wasser zu den verschiedensten Zwecken entnommen werden kann. Ist die Anlage

486.  
Allgemeines.

einer Warmwasserleitung in Wohnhäusern als eine Annehmlichkeit zu betrachten, so wird sie in einzelnen Fällen, hauptsächlich in Gebäuden, welche gemeinfamen öffentlichen Zwecken dienen, z. B. Gasthöfen, Krankenhäusern, Kasernen, Schlachthallen u. s. w., zur Notwendigkeit, ganz abgesehen von den Warmwasserleitungen in Badeanstalten, welche eine Besonderheit bilden und von denen bei der Beschreibung dieser Gebäude (in Teil IV, Halbband 5, Heft 3 dieses »Handbuches«) noch gesprochen werden wird.

In Wohnhäusern bietet eine Warmwasserleitung den Hausbewohnern die Annehmlichkeit, warmes Wasser zu Wasch-, Bade-, Spül-, Reinigungs- und ähnlichen Zwecken schnell zur Hand zu haben, einestheils um die Mühe des Herbeiholens aus der entfernt, oft in einem anderen Geschloß liegenden Küche zu ersparen, anderenteils aber auch, um auf ein etwa erforderliches Erwärmen des Wassers nicht erst längere Zeit warten zu müssen. Je nach dem beabsichtigten Zwecke wird man das warme Wasser in der Regel nach folgenden Stellen führen können:

- 1) entweder nach einem einfachen Auslaufhahn, mit Hilfe dessen man das warme Wasser zu jedem beliebigen Zwecke entnehmen kann, oder
- 2) nach einer Waschtischeinrichtung, welche dann neben dem Ventil für kaltes Wasser ein zweites Ventil für warmes Wasser besitzt, oder
- 3) nach einer mit den Wohnräumen verbundenen Badeeinrichtung, in welche die Warmwasserleitung an derselben Stelle einmündet, wo man sonst das Zuleitungsrohr vom Badeofen einführt. (Vergl. den nächsten Band [3. Aufl.: Heft 1] dieses »Handbuches«.)

Die Verwendung des warmen Wassers zu Küchen- und Spülzwecken, in Waschküchen u. s. w. läßt sich fast immer auf seine Entnahme aus einer einfachen Zapfstelle zurückführen.

Die Anlage einer Warmwasserleitung wird sich auf solche Wohnhäuser beschränken, die nur von einer oder von zwei Familien bewohnt werden, z. B. Villen, kleine Miethäuser und herrschaftliche Wohnhäuser. Für mehrgeschossige Miethäuser, in denen jedes Stockwerk bis unter das Dach hinauf von mehreren Familien bewohnt wird, dürfte eine dem ganzen Gebäude dienende gemeinschaftliche Anlage nur in seltenen Fällen zur Ausführung kommen, da bei der großen Anzahl von Bewohnern der Wasserverbrauch sich sehr steigert und die Anlage, vor allem aber die Unterhaltung der Einrichtung bedeutende Unkosten und mancherlei Schwierigkeiten verursachen würden. Das Bedürfnis nach warmem Wasser wird in solchen Häusern meistens nur durch die jeder Wohnung angehörige Kocheinrichtung befriedigt; in besser ausgestatteten Wohnungen werden bisweilen mit den Kochherden besondere Einrichtungen zur Erzeugung und Fortleitung warmen Wassers (nach der Spül-, Badeeinrichtung u. s. w.) verbunden.

Dient hingegen ein Gebäude einem einzigen gemeinfamen Zwecke, wie dies bei großen Gasthöfen, Krankenhäusern, Schlachthallen, Pflege- und Verforgungsanstalten, Kasernen, Entbindungsanstalten u. s. w. der Fall ist, so ist die Anlage einer Warmwasserleitung im Interesse der Zwecke, welche die Tätigkeit innerhalb eines derartigen Gebäudes verfolgt, Bedürfnis. Ueberall dort, wo warmes Wasser zu jeder Zeit und in reichlichem Maße vorhanden sein muß und wo es gilt, Zeit, Mühe und Arbeitskräfte zu sparen, wird eine Warmwasserleitung zur unbedingten Notwendigkeit.

Bei der Wahl des Mittels zur Erzeugung des warmen Wassers wird man vor allem danach trachten, die Kosten des Erwärmens tunlichst herabzumindern, und deshalb darauf bedacht sein, eine bereits vorhandene Wärmequelle mitzubenutzen oder Abgänge einer solchen auf geeignete Weise nutzbar zu machen.

Zur Erzeugung des warmen Wassers werden daher, wenn Gelegenheit dazu vorhanden ist, benutzt:

- 1) die vorhandenen Koch- oder Heizeinrichtungen,
- 2) der unmittelbare Dampf eines für andere Zwecke errichteten Dampf-erzeugers oder

3) der abgehende Dampf einer vorhandenen motorischen Anlage.

Ist keine der vorgenannten Wärmequellen verfügbar oder ist die vorhandene für den gewünschten Zweck nicht ausreichend, so macht sich

- 4) die Errichtung von besonderen Wasserwärmeinrichtungen notwendig.

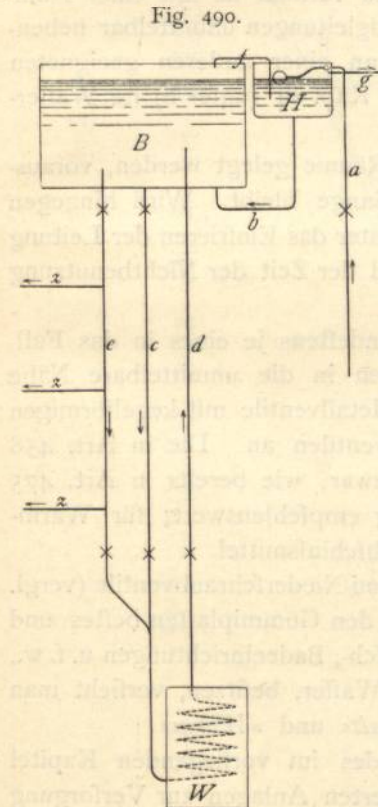
Unter Umständen können auch

- 5) Warmwasserleitungen, welche für Heizungszwecke angelegt sind, zur Wasserentnahme benutzt werden.

Mit diesen allgemeinen Andeutungen muß es an dieser Stelle genügen. In Heft 1 des nächsten Bandes (3. Aufl.: Abt. IV, Abschn. 5, Kap. 2, c: Einrichtungen zum Erwärmen von Wasser) dieses »Handbuches« werden die hier in Frage kommenden Einrichtungen eingehend besprochen werden, so daß auf jene Stelle hingewiesen werden muß.

Die vom Warmwasserbehälter nach den Verbrauchsstellen führende Verteilungsleitung besteht in der Regel aus dem lotrecht abfallenden Fallstrang ( $e$  in Fig. 490), von welchem die nach den Verbrauchsstellen führenden, wagrechten oder doch nur

wenig geneigten Zweigrohre ( $z$  in Fig. 490) abgehen. Ist eine Verteilungsleitung weit verzweigt, so kühlt das warme Wasser darin rasch ab, und es kann leicht der Fall eintreten, daß man an den Verbrauchsstellen zunächst kaltes Wasser abzapft; erst wenn man eine ziemlich große Menge kälteren Wassers unbenutzt abfließen läßt, kommt warmes Wasser zum Vorschein; ja es kann bei darauffolgendem stärkerem Wasserverbrauche vorkommen, daß im Warmwasserbehälter das Wasser gar nicht zur richtigen Erwärmung kommt. Um diesen Mißständen zu begegnen, schließt man nach Fig. 490 das untere Ende des Fallstranges  $e$  an das Fallrohr  $c$  der Kreislaufleitung an und erzeugt auf diese Weise in der Verteilungsleitung selbst einen Kreislauf des Wassers (auch »zweiter Kreislauf« genannt). Das die letztere durchfließende Wasser, welches darin abgekühlt wird, geht in den Wasserwärmer  $W$  zurück, wird in diesem wieder erwärmt und steigt in den Warmwasserbehälter  $B$  empor; an den Verbrauchsstellen ist alsdann stets warmes Wasser vorhanden. Bei größeren Anlagen kann man die Verteilungsleitung mit der Kreislaufleitung mehrere Male verbinden.



488.  
Verteilungs-  
leitung.

Die erwähnten Störungen im Kreislauf des Wassers treten bei feiner mittelbaren Erwärmung besonders leicht auf, weshalb bei derartigen Anlagen der »zweite Kreislauf« niemals fehlen darf. Im allgemeinen wird er in ähnlicher Weise, wie eben vorgeführt, angeordnet



und eingeleitet; Einzelheiten hierüber sind in dem unten genannten Aufsatz<sup>368)</sup> zu finden.

Die nach einzelnen Zapfstellen, nach Wasch- und Spüleinrichtungen führenden Rohre erhalten in der Regel 13 mm, solche nach Badeeinrichtungen 25 mm und diejenigen nach Waschküchen 20 bis 25 mm lichte Weite. Für die Berechnung der Zuleitungen gibt der unten angeführte Aufsatz<sup>369)</sup> geeignete Anhaltspunkte.

Für die Verteilungsleitungen kommen meist schmiedeeiserne Rohre zur Anwendung; die Verbindungen, Dichtungen, Abzweigungen, Kompensationsvorrichtungen u. f. w. sind die gleichen wie bei der Wasserheizung. Bleirohre kommen für Warmwasserleitungen seltener zur Anwendung und dann nur für den Fallstrang und für kurze Abzweige nach Zapfstellen; man gebe in solchen Fällen den Rohren eine möglichst große Wandstärke, da die wechselnde Temperatur des Wassers, welche bis auf 60 bis 75 Grad steigt, zu schwache Rohre bleibend ausdehnt und fortgesetzt erweitert, bis schliesslich ein Bruch erfolgt. Man bringt daher für kleine Zweigleitungen mit Vorteil auch Kupferrohre zur Anwendung. Die letzteren empfehlen sich in Rücksicht auf den Rost überhaupt mehr als eiserne Rohre; doch ist ihr hoher Preis der allgemeineren Anwendung hinderlich.

Die Rohrleitungen für warmes Wasser wird man in der gleichen Weise im Gebäude führen, wie dies mit Kaltwasserleitungen geschieht. Man legt sie am besten in eine Ausnischung der Wand oder an die Wand und verzieht sie mit einer Holzverkleidung. Selbstverständlich wird man Fall- und Steigleitungen unmittelbar nebeneinander legen, während man die Kaltwasserleitung an einer anderen geeigneten Stelle im Gebäude hochführt. Im übrigen gilt das in Kap. 11 (unter b) für Wasserheizungsrohre Gefagte.

Eine Warmwasserleitung darf auch durch kalte Räume gelegt werden, vorausgesetzt, dass sie den Winter über unausgesetzt im Gange bleibt. Wird hingegen zeitweilig der Betrieb unterbrochen und ist daher im Winter das Einfrieren der Leitung zu befürchten, so ist es notwendig, die Leitung während der Zeit der Nichtbenutzung zu entleeren.

489.  
Ventile.

Als Absperrventile der Leitungen, von denen mindestens je eines in das Fall- und Steigrohr einzuschalten ist und welche am besten in die unmittelbare Nähe des Warmwasserbehälters zu legen sind, wendet man Metallventile mit kegelförmigen Ventilflächen nach Art der Konstruktion von Dampfventilen an. Die in Art. 458 (S. 436) erwähnten Nachteile der Hähne machen sie zwar, wie bereits in Art. 475 (S. 460) gefagt wurde, für Kaltwasserleitungen wenig empfehlenswert; für Warmwasserleitungen bilden sie indes das zweckmässigste Abschlussmittel.

Als Zapfhähne empfehlen sich die einfachen Gummi-Niederschraubventile (vergl. Art. 479, S. 469); jedoch ist darauf zu achten, dass zu den Gummiplatten bestes und gut vulkanisiertes Material verwendet wird. Bei Waschtisch-, Badeeinrichtungen u. f. w., welche zwei Ventile, und zwar für kaltes und warmes Wasser, besitzen, verzieht man die Zapfhähne mit den deutlichen Bezeichnungen »Kalt« und »Warm«.

490.  
Wasser-  
versorgung  
einer Villa.

Schliesslich seien noch zur Veranschaulichung des im vorliegenden Kapitel Gefagten die von Ingenieur *Stumpf* in Berlin konstruierten Anlagen zur Versorgung einer Villa mit kaltem und warmem Wasser beschrieben<sup>370)</sup>.

<sup>368)</sup> RINGLER, E. Die indirekte Erwärmung von Wasser und die zweite Zirkulation bei Warmwasserleitungen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 361.

<sup>369)</sup> HOTTINGER, M. Zentrale Fern-Warmwasserversorgung. Gefundh.-Ing. 1907, S. 293.

<sup>370)</sup> Nach: Deutsche Bauz. 1870, S. 311.



## Literatur

über »Warmwasserleitungen«.

- SCHMIDT, E. H. Die Anlage von Kalt- und Warmwasserleitungen in Wohngebäuden. ROMBERG'S Zeitschr. f. pract. Baukunst 1863, S. 47.
- EASSIE, W. *The systems of heating water in basements of houses for supply of hot water there, and also hot water for upstairs purposes.* Sanit. record, Bd. 16, S. 293.
- DYE, E. *Hot-water-supply etc.* London 1887.
- BEIESTEIN, W. Die Installation der Warmwasseranlagen etc. Weimar 1889.
- RINGLER, E. Die indirekte Erwärmung von Wasser und die zweite Zirkulation bei Warmwasserleitungen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 361.
- BEIESTEIN, W. Eine Warmwasseranlage im kleinsten Maafsstabe. Gefundh.-Ing. 1890, S. 716.
- Hot-water supply for baths, lavatories, and other domestic and general purposes.* Builder, Bd. 59, S. 15, 32, 51, 71, 92.
- Hot-water engineering.* Building news, Bd. 60, S. 766.
- SCHÄFER, F. Die Warmwasser-Verförgung ganzer Häufer und einzelner Stockwerke durch selbsttätige Erhitzer mit Gasfeuerung. München u. Berlin 1906.
- HOTTINGER, M. Zentrale Fern-Warmwasserverförgung. Gefundh.-Ing. 1907, S. 293, 362.
- FÜSSHAHN, P. Warmwasserverförgung mit Gasfeuerung. Gefundh.-Ing. 1907, S. 295.



**Wichtigstes Werk für Architekten,**  
Bau-Ingenieure, Maurer- und Zimmermeister, Bauunternehmer, Baubehörden.

# Handbuch der Architektur.

Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von  
Dr. phil. u. Dr.-Ing. **Eduard Schmitt,**  
Geheimer Baurat und Professor in Darmstadt.

## ERSTER TEIL.

### ALLGEMEINE HOCHBAUKUNDE.

1. Band, Heft 1: **Einleitung.** (Theoretische und historische Uebersicht.) Von Geh.-Rat † Dr. A. v. ESSENWEIN, Nürnberg. — **Die Technik der wichtigeren Baustoffe.** Von Hofrat Prof. Dr. W. F. EXNER, Wien, Prof. † H. HAUENSCHILD, Berlin, Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin, Reg.-Rat Prof. Dr. G. LAUBOECK, Wien und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.  
Heft 2: **Die Statik der Hochbaukonstruktionen.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. TH. LANDSBERG, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: In Halbfranz gebunden 18 Mark.
2. Band: **Die Bauformenlehre.** Von Prof. J. BÜHLMANN, München. Zweite Auflage. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.
3. Band: **Die Formenlehre des Ornaments.** Von Prof. H. PFEIFER, Braunschweig. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.
4. Band: **Die Keramik in der Baukunst.** Von Prof. R. BORRMANN, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 9 Mark, in Halbfranz gebunden 12 Mark.
5. Band: **Die Bauführung.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Preis: 12 M., in Halbfrz. geb. 15 M.

## ZWEITER TEIL.

### DIE BAUSTILE.

Historische und technische Entwicklung.

1. Band: **Die Baukunst der Griechen.** Von Geh.-Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. Zweite Auflage. (Vergriffen.)
2. Band: **Die Baukunst der Etrusker und Römer.** Von Geh.-Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. Zweite Auflage. Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.
3. Band, Erste Hälfte: **Die althechristliche und byzantinische Baukunst.** Zweite Auflage. Von Prof. Dr. H. HOLTZINGER, Hannover. (Vergriffen.)  
Zweite Hälfte: **Die Baukunst des Islam.** Von Direktor Dr. J. FRANZ-PASCHA, Kairo. Zweite Auflage. (Vergriffen.) Dritte Auflage in Vorbereitung.
4. Band: **Die romanische und die gotische Baukunst.**  
Heft 1: **Die Kriegsbaukunst.** Von Geh.-Rat † Dr. A. v. ESSENWEIN, Nürnberg. (Vergriffen.)  
Zweite Auflage in Vorbereitung.  
Heft 2: **Der Wohnbau.** Von Geh.-Rat † Dr. A. v. ESSENWEIN, Nürnberg. (Vergriffen.)  
Zweite Auflage unter der Presse.  
Heft 3: **Der Kirchenbau.** Von Reg.- u. Baurat M. HASAK, Berlin. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.  
Heft 4: **Einzelheiten des Kirchenbaues.** Von Reg.- u. Baurat M. HASAK, Berlin. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.
5. Band: **Die Baukunst der Renaissance in Italien.** Von Geh.-Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.
6. Band: **Die Baukunst der Renaissance in Frankreich.** Von Architekt Dr. H. Baron v. GEYMÜLLER, Baden-Baden.  
Heft 1: **Historische Darstellung der Entwicklung des Baustils.** (Vergriffen.)  
Heft 2: **Struktive und ästhetische Stilrichtungen. — Kirchliche Baukunst.** (Vergriffen.)
7. Band: **Die Baukunst der Renaissance in Deutschland, Holland, Belgien und Dänemark.** Von Geh. Reg.-Rat Direktor Dr. G. v. BEZOLD, Nürnberg. Zweite Auflage. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Jeder Band, bzw. jedes Heft bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.

DRITTER TEIL.

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

- 1. Band: Konstruktionselemente* in Stein, Holz und Eisen. Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. F. HEINZERLING, Aachen und Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. — **Fundamente.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.
- 2. Band: Raumbegrenzende Konstruktionen.*
- Heft 1: **Wände und Wandöffnungen.** Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.
- Heft 2: **Einfriedigungen, Brüstungen und Geländer; Balkone, Altane und Erker.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Gesimse.** Von Prof. † A. GÖLLER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 20 M., in Halbfranz geb. 23 M.
- Heft 3, a: **Balkendecken.** Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover. Zweite Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.
- Heft 3, b: **Gewölbte Decken; verglaste Decken und Deckenlichter.** Von Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig, Bau- und Betriebs-Inspektor A. SCHACHT, Celle und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.
- Heft 4: **Dächer; Dachformen.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Dachstuhlkonstruktionen.** Von Geh. Baurat Prof. Th. LANDSBERG, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.
- Heft 5: **Dachdeckungen; verglaste Dächer und Dachlichter; massive Steindächer, Nebenanlagen der Dächer.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin, Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt und Geh. Oberbaurat L. SCHWERING, St. Johann a. d. Saar. Zweite Auflage. Preis: 26 Mark, in Halbfranz gebunden 29 Mark.
- 3. Band, Heft 1: Fenster, Thüren und andere bewegliche Wandverschlüsse.* Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.
- Heft 2: **Anlagen zur Vermittelung des Verkehrs in den Gebäuden** (Treppen und innere Rampen; Aufzüge; Sprachrohre, Haus- und Zimmer-Telegraphen). Von Direktor † J. KRÄMER, Frankenhausen, Kaiserl. Rat Ph. MAYER, Wien, Baugewerkschullehrer O. SCHMIDT, Posen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.
- Heft 3: **Ausbildung der Fussboden-, Wand- und Deckenflächen.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.
- 4. Band: Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.*
- Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Künstliche Beleuchtung der Räume.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. FISCHER, Hannover, Prof. Dr. F. FISCHER, Göttingen, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. KOHLRAUSCH, Hannover und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Heizung und Lüftung der Räume.** Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. FISCHER, Hannover. — **Wasserversorgung der Gebäude.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.
- 5. Band, Heft 1: Einrichtungen für Koch- und Wärmzwecke, Warmwasserbereitung und Heizung vom Küchenherd aus.* Von Architekt F. R. VOGEL, Hannover. Dritte Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.
- Heft 2: **Entwässerung und Reinigung der Gebäude.** Einrichtungen hierzu. Einrichtungen zum Reinigen der Geräte, der Haushaltungen und der Wäsche, sowie des menschlichen Körpers. Aborte und Pissoire. Fortschaffung der menschlichen Ausscheidungen und der trockenen Auswurfstoffe der Haushaltungen aus den Gebäuden. Von Architekt F. R. VOGEL, Hannover und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.
- 6. Band: Sicherungen gegen Einbruch.* Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt und Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. — **Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik.** Von Stadtbaurat A. STURMHOEFEL, Berlin. — **Glockenstühle.** Von Geh. Rat Dr. C. KÖPCKE, Dresden. — **Sicherungen gegen Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen; Stützmauern.** Von Baurat E. SPILLNER, Essen. — **Terrassen und Perrons, Freitreppen und äussere Rampen.** Von Prof. † E. EWERBECK, Aachen. — **Vordächer.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Eisbehälter und Kühlanlagen mit künstlicher Kälteerzeugung.** Von Oberingenieur E. BRÜCKNER, Moskau und Baurat E. SPILLNER, Essen. Dritte Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.

VIERTER TEIL.

ENTWERFEN, ANLAGE UND EINRICHTUNG DER GEBÄUDE.

1. *Halbband: Architektonische Komposition.* Allgemeine Grundzüge. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Proportionen in der Architektur. Von Prof. A. THIERSCH, München. — Anlage des Gebäudes. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Gestaltung der äusseren und inneren Architektur. Von Prof. J. BÜHLMANN, München. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Stadtbaurat A. STURMHOFEL, Berlin. Dritte Auflage.  
Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.
2. *Halbband: Gebäude für die Zwecke des Wohnens, des Handels und Verkehrs.*
  - Heft 1: **Wohnhäuser.** Von Geh. Hofrat Prof. † C. WEISSBACH, Dresden.  
Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.
  - Heft 2: **Gebäude für Geschäfts- und Handelszwecke** (Geschäfts-, Kauf- und Warenhäuser, Gebäude für Banken und andere Geldinstitute, Passagen oder Galerien, Börsengebäude). Von Prof. † Dr. H. AUER, Bern, Architekt P. KICK, Berlin, Prof. K. ZAAR, Berlin und Docent A. L. ZAAR, Berlin. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.
  - Heft 3: **Gebäude für den Post-, Telegraphen- und Fernsprehdienst.** Von Geh. Baurat R. NEUMANN, Erfurt. Zweite Auflage. Preis: 10 Mark, in Halbfranz gebunden 13 Mark.
  - Heft 4: **Eisenbahnhochbauten.** Von Geh. Baurat A. RÜDELL, Berlin. In Vorbereitung.
3. *Halbband: Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft und der Lebensmittel-Versorgung.*
  - Heft 1: **Landwirtschaftliche Gebäude und verwandte Anlagen.** Von Prof. A. SCHUBERT, Kassel und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.  
Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.
  - Heft 2: **Gebäude für Lebensmittel-Versorgung.** (Schlachthöfe und Viehmärkte, Märkte für Lebensmittel; Märkte für Getreide; Märkte für Pferde und Hornvieh). Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.  
Preis: In Halbfranz gebunden 19 Mark.
4. *Halbband: Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke.*
  - Heft 1: **Schankstätten und Speisewirtschaften, Kaffeehäuser und Restaurants.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. — **Volksküchen und Speiseanstalten für Arbeiter; Volkskaffeehäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Oeffentliche Vergnügungsstätten.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. — **Festhallen.** Von Geh.-Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. — **Gasthöfe höheren Ranges.** Von Geh. Baurat H. v. D. HUDE, Berlin. — **Gasthöfe niederen Ranges, Schlaf- und Herberghäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage.  
Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.
  - Heft 2: **Baulichkeiten für Kur- und Badeorte.** Von Architekt † J. MYLIUS, Frankfurt a. M. und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. **Gebäude für Gesellschaften und Vereine.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Baulichkeiten für den Sport. Sonstige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung.** Von Geh.-Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe, Architekt † J. LIEBLEIN, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. R. v. REINHARDT, Stuttgart und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Dritte Auflage.  
Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.
5. *Halbband: Gebäude für Heil- und sonstige Wohlfahrts-Anstalten.*
  - Heft 1: **Krankenhäuser.** Von Prof. F. O. KUHN, Berlin. Zweite Auflage.  
Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.
  - Heft 2: **Verschiedene Heil- und Pflegeanstalten.** (Irrenanstalten, Entbindungsanstalten, Heimstätten für Wöchnerinnen und für Schwangere, Sanatorien, Lungenheilstätten, Heimstätten für Genesende); **Versorgungs-, Pflege- und Zufluchtshäuser.** Von Geh. Baurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Prof. K. HENRICI, Aachen, Architekt F. SANDER, Frankfurt a. M., Geh. Baurat W. VOIGES, Wiesbaden, Baurat H. WAGNER, Darmstadt, Geh. Oberbaurat V. v. WELTZIEN, Darmstadt und Stadtbaurat Dr. K. WOLFF, Hannover. Zweite Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.
  - Heft 3: **Bade- und Schwimm-Anstalten.** Von Geh. Hofbaurat Prof. F. GENZMER, Berlin.  
Preis: In Halbfranz gebunden 18 Mark.
  - Heft 4: **Wasch- und Desinfektions-Anstalten.** Von Geh. Hofbaurat Prof. F. GENZMER, Berlin.  
Preis: 9 Mark, in Halbfranz gebunden 12 Mark.

**6. Halbband: Gebäude für Erziehung, Wissenschaft und Kunst.**

**Heft 1: Niedere und höhere Schulen** (Schulbauwesen im allgemeinen; Volksschulen und andere niedere Schulen; niedere techn. Lehranstalten u. gewerbl. Fachschulen; Gymnasien und Reallehranstalten, mittlere techn. Lehranstalten, höhere Mädchenschulen, sonstige höhere Lehranstalten; Pensionate u. Aluminate, Lehrer- u. Lehrerinnenseminare, Turnanstalten). Von Geh. Baurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Prof. K. HINTRÄGER, Gries, Oberbaurat Prof. † H. LANG, Karlsruhe, Architekt † O. LINDHEIMER, Frankfurt a. M., Geh. Bauräten Prof. Dr. E. SCHMITT und † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

**Heft 2, a: Hochschulen I.** (Universitäten und Technische Hochschulen; Naturwissenschaftliche Institute). Von Geh. Oberbaurat H. EGGERT, Berlin, Baurat C. JUNK, Berlin, Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

**Heft 2, b: Hochschulen II.** (Universitäts-Kliniken, Technische Laboratorien; Sternwarten und andere Observatorien). Von Landbauinspektor P. MÜSSIGBRODT, Berlin, Oberbaudirektor † Dr. P. SPIEKER, Berlin und Geh. Regierungsrat L. v. TIEDEMANN, Potsdam. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

**Heft 3: Künstler-Ateliers, Kunstakademien und Kunstgewerbeschulen; Konzerthäuser und Saalbauten.** Von Reg.-Baumeister C. SCHAUPERT, Nürnberg, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt und Prof. C. WALTHER, Nürnberg. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

**Heft 4: Gebäude für Sammlungen und Ausstellungen** (Archive; Bibliotheken; Museen; Pflanzenhäuser; Aquarien; Ausstellungsbauten). Von Baurat F. JAFFÉ, Berlin, Baurat A. KORTÜM, Halle, Architekt † O. LINDHEIMER, Frankfurt a. M., Baurat R. OPFERMANN, Mainz, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT und Baurat H. WAGNER, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

**Heft 5: Theater.** Von Baurat M. SEMPER, Hamburg. Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

**Heft 6: Zirkus- und Hippodromgebäude.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Preis: 6 Mark, in Halbfranz gebunden 9 Mark.

**7. Halbband: Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Gesetzgebung; Militärbauten.**

**Heft 1: Gebäude für Verwaltung und Rechtspflege** (Stadt- und Rathäuser; Gebäude für Ministerien, Botschaften und Gesandtschaften; Geschäftshäuser für Provinz- und Kreisbehörden; Geschäftshäuser für sonstige öffentliche und private Verwaltungen; Leichenschauhäuser; Gerichtshäuser; Straf- und Besserungsanstalten). Von Prof. F. BLUNTSCHLI, Zürich, Baurat A. KORTÜM, Halle, Prof. G. LASIUS, Zürich, Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin, Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt, Baurat F. SCHWECHTEN, Berlin, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Baudirektor † Th. v. LANDAUER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

**Heft 2: Parlaments- und Ständehäuser; Gebäude für militärische Zwecke.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. P. WALLOT, Dresden, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Oberstleutnant F. RICHTER, Dresden. Zweite Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

**8. Halbband: Kirchen, Denkmäler und Bestattungsanlagen.**

**Heft 1: Kirchen.** Von Geh. Hofrat Prof. Dr. C. GURLITT, Dresden. Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

**Heft 2, a: Denkmäler I.** (Geschichte des Denkmals.) Von Architekt A. HOFMANN, Berlin. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

**Heft 2, b: Denkmäler II.** (Architektonische Denkmäler.) Von Architekt A. HOFMANN, Berlin. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

**Heft 2, c: Denkmäler III.** (Brunnen-Denkmäler. Figürliche Denkmäler. Einzelfragen der Denkmalkunst.) Von Architekt A. HOFMANN, Berlin. In Vorbereitung.

**Heft 3: Bestattungsanlagen.** Von Dr. techn. S. FAYANS, Wien. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

**9. Halbband: Der Städtebau.** Von Ober- und Geh. Baurat Dr. J. STÜBBEN, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

**10. Halbband: Die Garten-Architektur.** Von Baurat A. LAMBERT und Architekt E. STAHL, Stuttgart. Preis: 8 Mark, in Halbfranz gebunden 11 Mark.

Das »Handbuch der Architektur« ist zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen, welche auf Verlangen auch einzelne Bände zur Ansicht vorlegen. Die meisten Buchhandlungen liefern das »Handbuch der Architektur« auf Verlangen sofort vollständig, soweit erschienen, oder eine beliebige Auswahl von Bänden, Halbbänden und Heften auch gegen monatliche Teilzahlungen. Die Verlagshandlung ist auf Wunsch bereit, solche Handlungen nachzuweisen.

# Handbuch der Architektur.

Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von  
 Dr. phil. u. Dr.-Ing. **Eduard Schmitt**,  
 Geheimer Baurat und Professor in Darmstadt.

## Alphabetisches Sachregister.

	Teil	Band	Heft		Teil	Band	Heft
Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwassers . . . . .	III	5	2	Baustoffe. Technik der wichtigeren Baustoffe . . . . .	I	1	1
Aborte . . . . .	III	5	2	Bazare . . . . .	IV	2	2
Akademien der bildenden Künste . . . . .	IV	6	3	Beherbergung. Gebäude für Beherbergungszwecke . . . . .	IV	4	
Akademien der Wissenschaften . . . . .	IV	4	2	Behörden, Gebäude für . . . . .	IV	7	1
Akustik. Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik . . . . .	III	6		Beleuchtung, künstliche, der Räume	III	4	
Altane . . . . .	III	2	2	Beleuchtungsanlagen . . . . .	IV	9	
Altchristliche Baukunst . . . . .	II	3	1	Bellevuen und Belvedere . . . . .	IV	4	2
Altersversorgungsanstalten . . . . .	IV	5	2	Besserungsanstalten . . . . .	IV	7	1
Alumnate . . . . .	IV	6	1	Bestattungsanstalten . . . . .	IV	8	3
Anlage der Gebäude . . . . .	IV	1/8		Beton als Konstruktionsmaterial . . . . .	I	1	1
Antike Baukunst . . . . .	II	1/2		Bibliotheken . . . . .	IV	6	4
Aquarien . . . . .	IV	6	4	Blei als Baustoff . . . . .	I	1	1
Arbeiterwohnhäuser . . . . .	IV	2	1	Blindenanstalten . . . . .	IV	5	2
Arbeitshäuser . . . . .	IV	5	2	Blitzableiter . . . . .	III	6	
„	IV	7	1	Börsen . . . . .	IV	2	2
Architekturformen. Gestaltung nach malerischen Grundsätzen . . . . .	I	2		Botschaften. Gebäude f. Botschaften	IV	7	1
Archive . . . . .	IV	6	4	Brüstungen . . . . .	III	2	2
Armen-Arbeitshäuser . . . . .	IV	5	2	Buchdruck und Zeitungswesen . . . . .	IV	7	1
Armen-Versorgungshäuser . . . . .	IV	5	2	Büchermagazine . . . . .	IV	6	4
Asphalt als Material des Ausbaues	I	1	1	Bürgerschulen . . . . .	IV	6	1
Ateliers . . . . .	IV	6	3	Bürgersteige, Befestigung der . . . . .	III	6	
Aufzüge . . . . .	III	3	2	Byzantinische Baukunst . . . . .	II	3	1
Ausbau. Konstruktionen des inneren Ausbaues . . . . .	III	3/6		Chemische Institute . . . . .	IV	6	2
Materialien des Ausbaues . . . . .	I	1	1	Concerthäuser . . . . .	IV	6	3
Aussichtstürme . . . . .	IV	4	2	Dächer . . . . .	III	2	4
Aussteigeöffnungen der Dächer . . . . .	III	2	5	Massive Steindächer . . . . .	III	2	5
Ausstellungsbauten . . . . .	IV	6	4	Metalldächer . . . . .	III	2	5
Badeanstalten . . . . .	IV	5	3	Nebenanlagen der Dächer . . . . .	III	2	5
Badeeinrichtungen . . . . .	III	5	2	Schieferdächer . . . . .	III	2	5
Balkendecken . . . . .	III	2	3,a	Verglaste Dächer . . . . .	III	2	5
Balkone . . . . .	III	2	2	Ziegeldächer . . . . .	III	2	5
Balustraden . . . . .	IV	10		Dachdeckungen . . . . .	III	2	5
Bankgebäude . . . . .	IV	2	2	Dachfenster . . . . .	III	2	5
Bauernhäuser . . . . .	IV	2	1	Dachformen . . . . .	III	2	4
Bauernhöfe . . . . .	IV	2	1	Dachkämme . . . . .	III	2	5
„	IV	3	1	Dachlichter . . . . .	III	2	5
Bauformenlehre . . . . .	I	2		„	III	3	1
Bauführung . . . . .	I	5		Dachrinnen . . . . .	III	2	2
Bauleitung . . . . .	I	5		Dachstühle. Statik der Dachstühle	I	1	2
Baumaschinen . . . . .	I	5		Dachstuhlkonstruktionen . . . . .	III	2	4
Bausteine . . . . .	I	1	1	Decken . . . . .	III	2	3
Baustile. Historische und technische Entwicklung . . . . .	II	1/7		Deckenflächen, Ausbildung der . . . . .	III	3	3
				Deckenlichter . . . . .	III	2	3,b
				„	III	3	1
				Denkmäler . . . . .	IV	8	2

Jeder Band, bezw. jedes Heft bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.



—< HANDBUCH DER ARCHITEKTUR. >—

	Teil	Band	Heft		Teil	Band	Heft
Desinfektionsanstalten . . . . .	IV	5	4	Geflügelzüchtereien . . . . .	IV	3	I
Desinfektionseinrichtungen . . . . .	III	5	2	Gehöftanlagen, landwirtschaftliche . . . . .	IV	3	I
Einfriedigungen . . . . .	III	2	2	Geländer . . . . .	III	2	2
„ . . . . .	IV	10		Gerichtshäuser . . . . .	IV	7	I
Einrichtung der Gebäude . . . . .	IV	1/8		Gerüste . . . . .	I	5	
Eisbehälter . . . . .	III	6		Gesandtschaftsgebäude . . . . .	IV	7	1
Eisen und Stahl als Konstruktionsmaterial . . . . .	I	1	1	Geschäftshäuser . . . . .	IV	2	2
Eisenbahnhochbauten . . . . .	IV	2	4	Geschichte der Baukunst . . . . .	II		
Eisenbahn-Verwaltungsgebäude . . . . .	IV	7	1	Antike Baukunst . . . . .	II	1/2	
Eislaufbahnen . . . . .	IV	4	2	Mittelalterliche Baukunst . . . . .	II	3/4	
Elasticitäts- und Festigkeitslehre . . . . .	I	1	2	Baukunst der Renaissance . . . . .	II	5/7	
Elektrische Beleuchtung . . . . .	III	4		Gesimse . . . . .	III	2	2
Elektrotechnische Laboratorien . . . . .	IV	6	2,b	Gestaltung der äusseren und inneren Architektur . . . . .	IV	1	
Entbindungsanstalten . . . . .	IV	5	2	Gestüte . . . . .	IV	3	1
Entwässerung der Dachflächen . . . . .	III	2	5	Getreidemagazine . . . . .	IV	3	1
Entwässerung der Gebäude . . . . .	III	5	2	Gewächshäuser . . . . .	IV	6	4
Entwerfen der Gebäude . . . . .	IV	1/8		Gewerbeschulen . . . . .	IV	6	1
Entwürfe, Anfertigung der . . . . .	I	5		Gewölbe. Statik der Gewölbe . . . . .	I	1	2
Erhellung der Räume mittels Sonnenlicht . . . . .	III	3	1	Gewölbte Decken . . . . .	III	2	3,b
Erholung. Gebäude für Erholungszwecke . . . . .	IV	4		Giebelspitzen der Dächer . . . . .	III	2	5
Erker . . . . .	III	2	2	Glas als Material des Ausbaues . . . . .	I	1	1
Etrusker. Baukunst der Etrusker . . . . .	II	2		Glockenstühle . . . . .	III	6	
Exedren . . . . .	IV	10		Gotische Baukunst . . . . .	II	4	
Exerzierhäuser . . . . .	IV	7	2	Griechen. Baukunst der Griechen . . . . .	II	1	
Fabrik- und Gewerbesen . . . . .	IV	7	1	Gutshöfe . . . . .	IV	3	1
Fahnenstangen . . . . .	III	2	5	Gymnasien . . . . .	IV	6	1
Fahrradbahnen . . . . .	IV	4	2	Handel. Gebäude für die Zwecke des Handels . . . . .	IV	2	2
Fahrstühle . . . . .	III	3	2	Handelsschulen . . . . .	IV	6	1,b
Fäkalstoffe-Entfernung aus den Gebäuden . . . . .	III	5	2	Heilanstalten . . . . .	IV	5	1/2
Fassadenbildung . . . . .	IV	1		Heizung der Räume . . . . .	III	4	
Fenster . . . . .	III	3	1	Herbergshäuser . . . . .	IV	4	1
Fenster- und Thüröffnungen . . . . .	III	2	1	Herrensitze . . . . .	IV	2	1
Fernsprechdienst, Gebäude für . . . . .	IV	2	3	Hippodromgebäude . . . . .	IV	6	6
Fernsprecheinrichtungen . . . . .	III	3	2	Hochbaukonstruktionen . . . . .	III	1/6	
Festhallen . . . . .	IV	4	1	Hochbaukunde, allgemeine . . . . .	I	1/5	
Festigkeitslehre . . . . .	I	1	2	Hochlicht . . . . .	III	3	1
Findelhäuser . . . . .	IV	5	2	Hochschulen . . . . .	IV	6	2
Fluranlagen . . . . .	IV	1		Hof-Anlagen . . . . .	IV	1	
Flussbau-Laboratorien . . . . .	IV	6	2,b	Hofflächen, Befestigung der . . . . .	III	6	
Formenlehre des Ornaments . . . . .	I	3		Holz als Konstruktionsmaterial . . . . .	I	1	1
Freimaurer-Logen . . . . .	IV	4	2	Hospitäler . . . . .	IV	5	1
Freitreppen . . . . .	III	6		Hotels . . . . .	IV	4	1
„ . . . . .	IV	10		Hydrotechnische Laboratorien . . . . .	IV	6	2,b
Fundamente . . . . .	III	1		Ingenieur-Laboratorien . . . . .	IV	6	2,b
Fussböden . . . . .	III	3	2	Innerer Ausbau . . . . .	III	3/6	
Galerien und Passagen . . . . .	IV	2	2	Innungshäuser . . . . .	IV	4	2
Garten-Architektur . . . . .	IV	10		Institute, wissenschaftliche . . . . .	IV	6	2
Gartenhäuser . . . . .	IV	10		Irrananstalten . . . . .	IV	5	2
Gasbeleuchtung . . . . .	III	4		Islam. Baukunst des Islam . . . . .	II	3	2
Gasthöfe . . . . .	IV	4	1	Isolier-Hospitäler (Absond.-Häuser) . . . . .	IV	5	1
Gebäranstalten . . . . .	IV	5	2	Justizpaläste . . . . .	IV	7	1
Gebäudebildung . . . . .	IV	1		Kadettenhäuser . . . . .	IV	7	2
Gebäudelehre . . . . .	IV	1/8		Kaffeehäuser . . . . .	IV	4	1
Gefängnisse . . . . .	IV	7	1	Kasernen . . . . .	IV	7	2
				Kaufhäuser . . . . .	IV	2	2
				Kegelebahnen . . . . .	IV	4	2

**Zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen.**

← HANDBUCH DER ARCHITEKTUR. →

	Teil	Band	Heft		Teil	Band	Heft
Keramik in der Baukunst	I	4		Metalle als Materialien des Ausbaues	I	1	1
Keramische Erzeugnisse	I	1	1	Metalldächer	III	2	5
Kinderbewahranstalten	IV	5	2	Militärbauten	IV	7	2
Kinderhorte	IV	5	2	Militärhospitäler	IV	5	1
Kinderkrankenhäuser	IV	5	1	Ministerialgebäude	IV	7	1
Kioske	IV	4	2	Mittelalterliche Baukunst	II	3/4	
Kirchen	IV	8	1	Mörtel als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Kirchenbau, romanischer u. gotischer	II	4	3	Museen	IV	6	4
Kleinkinderschulen	IV	6	1	Musikzelte	IV	4	2
Kliniken, medizinische	IV	6	2,b	Naturwissenschaftliche Institute	IV	6	2,a
Klubhäuser	IV	4	2	Oberlicht	III	3	1
Kocheinrichtungen	III	5	1	Observatorien	IV	6	2,b
Komposition, architektonische	IV	1		Ornament. Formenlehre des Orna- ments	I	3	
Konstruktionselemente	III	1		Ortsbehörden	IV	7	1
Konstruktionsmaterialien	I	1	1	Paläste	IV	2	1
Konversationshäuser	IV	4	2	Panoramen	IV	4	2
Konzerthäuser	IV	6	3	Parlamentshäuser	IV	7	2
Kostenanschläge	I	5		Passagen	IV	2	2
Krankenhäuser	IV	5	1	Pavillons	IV	10	
Kreisbehörden	IV	7	1	Pensionate	IV	6	1
Kriegsbaukunst, romanische und got.	II	4	1	Pergolen	IV	10	
Kriegsschulen	IV	7	2	Perrons	III	6	
Krippen	IV	5	2	Pferdeställe	IV	3	1
Küchenausgüsse	III	5	2	Pflanzenhäuser	IV	6	4
Kühlanlagen	III	6		"	IV	9	
Kunstakademien	IV	6	3	Pflegeanstalten	IV	5	2
Kunstgewerbeschulen	IV	6	3	Physikalische Institute	IV	6	2,a
Künstlerateliers	IV	6	3	Pissoirs	III	5	2
Kunstschulen	IV	6	3	"	IV	9	
Kunstvereinsgebäude	IV	4	2	Postgebäude	IV	2	3
Kupfer als Baustoff	I	1	1	Proportionen in der Architektur	IV	1	
Kurhäuser	IV	4	2	Provinzbehörden	IV	7	1
Laboratorien	IV	6	2	Quellenhäuser	IV	4	2
Landhäuser	IV	2	1	Rampen, äussere	III	6	
Landwirtschaft. Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft	IV	3	1	Rampen, innere	IV	3	2
Laufstege der Dächer	III	2	5	Rathäuser	IV	7	1
Lebensmittel-Versorgung. Gebäude für Lebensmittel-Versorgung	IV	3	2	Raum-Architektur	IV	1	
Leichenhäuser	IV	5	1	Raubbegrenzende Konstruktionen	III	2	
Leichenschauhäuser	IV	8	3	Raumbildung	IV	1	
Leichenverbrennungshäuser	IV	7	1	Rechtspflege. Gebäude f. Rechtspflege	IV	7	1
Logen (Freimaurer)	IV	8	3	Reinigung der Gebäude	III	5	2
Logen (Freimaurer)	IV	4	2	Reitbahnen	IV	4	2
Lüftung der Räume	III	4		Reithäuser	IV	7	2
Lungenheilstätten	IV	5	2	Renaissance. Baukunst der	II	5/7	
Luxuspferdeställe	IV	3	1	Renaissance in Italien	II	5	
Mädchenschulen, höhere	IV	6	1	Renaissance in Frankreich	II	6	
Märkte für Getreide, Lebensmittel, Pferde und Hornvieh	IV	3	2	Renaissance in Deutschland, Hol- land, Belgien und Dänemark	II	7	
Markthallen	IV	3	2	Rennbahnen	IV	4	2
Marställe	IV	3	1	Restaurants	IV	4	1
Maschinenlaboratorien	IV	6	2,b	Rollschlittschuhbahnen	IV	4	2
Materialien des Ausbaues	I	1	1	Romanische Baukunst	II	4	
Material-Prüfungsanstalten	IV	6	2,b	Römer. Baukunst der Römer	II	2	
Mauern	III	2	1	Ruheplätze	IV	10	
Mechanisch-technische Laboratorien	IV	6	2	Saalanlagen	IV	1	
Medizin. Lehranstalt. d. Universität.	IV	6	2	Saalbauten	IV	6	3
Messpaläste	IV	2	2	Sammlungen	IV	6	4
				Sanatorien	IV	5	2

**Jeder Band, bezw. jedes Heft bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.**

	Teil	Band	Heft		Teil	Band	Heft
Schankstätten	IV	4	1	Thüren und Thore	III	3	1
Schaufenstereinrichtungen	IV	2	2	Tierhäuser	IV	3	1
Scheunen	IV	3	1	Träger. Statik der Träger	I	1	2
Schieferdächer	III	2	5	Treppen	III	3	2
Schiesshäuser	IV	7	2	Treppen-Anlagen	IV	1	
Schiessstätten	IV	4	2	Trinkhallen	IV	4	2
Schlachthöfe	IV	3	2	Turmkreuze	III	2	5
Schlafhäuser	IV	4	1	Turnanstalten	IV	6	1
Schlösser	IV	2	1	Universitäten	IV	6	2
Schneefänge der Dächer	III	2	5	Veranden	IV	4	2
Schulbaracken	IV	6	1	Veranschlagung	I	5	
Schulbauwesen	IV	6	1	Verdingung der Bauarbeiten	I	5	
Schulen	IV	6	1	Vereine. Gebäude für Vereinszwecke	IV	4	
Schützenhäuser	IV	4	2	Vereinshäuser	IV	4	2
Schwachsinnige, Gebäude für	IV	5	2	Vergnügensstätten, öffentliche	IV	4	1
Schwimmanstalten	IV	5	3	Verkehr. Anlagen zur Vermittlung			
Seitenlicht	III	3	1	des Verkehrs in den Gebäuden	III	3	2
Seminare	IV	6	1	Gebäude für Zwecke des Verkehrs	IV	2	2
Sicherungen gegen Einbruch, Feuer,				Verkehrswesen	IV	7	1
Blitzschlag, Bodensenkungen und				Versicherungswesen	IV	7	1
Erdschütterungen	III	6		Versorgungshäuser	IV	5	2
Siechenhäuser	IV	5	2	Verwaltung. Gebäude für Verwal-			
Sonnenlicht. Versorgung der Ge-				tung	IV	7	1
bäude mit Sonnenlicht	III	3	1	Vestibül-Anlagen	IV	1	
Sonnenwärme. Versorgung der Ge-				Viehmärkte	IV	3	2
bäude mit Sonnenwärme	III	4		Villen	IV	2	1
Sparkassengebäude	IV	2	2	Volksbelustigungsgärten	IV	4	1
Speiseanstalten für Arbeiter	IV	4	1	Volkskaffeehäuser	IV	4	1
Speisewirtschaften	IV	4	1	Volksküchen	IV	4	1
Sprachrohre	III	3	2	Volksschulen	IV	6	1
Spüleinrichtungen	III	5	2	Vordächer	III	6	
Stadhäuser	IV	7	1	Vorhallen	IV	1	
Städtebau	IV	9		Vorräume	IV	1	
Ställe	IV	3	1	Wachgebäude	IV	7	2
Ständehäuser	IV	7	2	Wagenremisen	IV	3	1
Statik der Hochbaukonstruktionen	I	1	2	Waisenhäuser	IV	5	2
Stein als Konstruktionsmaterial	I	1	1	Wandelbahnen und Kolonnaden	IV	4	2
Sternwarten	IV	6	2,b	Wände und Wandöffnungen	III	2	1
Stibadien	IV	10		Wandflächen, Ausbildung der	III	3	3
Strafanstalten	IV	7	1	Wandverschlüsse, bewegliche	III	3	1
Stützen. Statik der Stützen	I	1	2	Warenhäuser	IV	2	2
Stützmauern	III	6		Wärmeinrichtungen	III	5	1
Synagogen	IV	8	1	Wärmstuben	IV	5	2
Taubstummenanstalten	IV	5	2	Waschanstalten	IV	5	4
Technische Fachschulen	IV	6	1	Wascheinrichtungen	III	5	2
Technische Hochschulen	IV	6	2,a	Waschtischeinrichtungen	III	5	2
Technische Laboratorien	IV	6	2,b	Wasserkünste	IV	10	
Telegraphen. Haus- und Zimmer-				Wasserversorgung der Gebäude	III	4	
telegraphen	III	3	2	Windfahnen	III	2	5
Telegraphengebäude	IV	2	3	Wirtschaften	IV	4	1
Tempel. Griechischer Tempel	II	1		Wohlfahrtsanstalten	IV	5	
„ Römischer Tempel	II	2		Wohnbau, romanischer und gotischer	II	4	2
Terrassen	III	6		Wohnhäuser	IV	2	1
„	IV	10		Zenithlicht	III	3	1
Theater	IV	6	5	Ziegeldächer	III	2	5
Thonerzeugnisse als Konstruktions-				Zink als Baustoff	I	1	1
materialien	I	1	1	Zirkusgebäude	IV	6	6
Thorwege	IV	1		Zufluchtshäuser	IV	5	2
Thür- und Fensteröffnungen	III	2	1	Zwangs-Arbeitshäuser	IV	7	1

