

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100212652

L 47
kl (4. Band)

Breslauer Arch.
D. 29

Architekten & Ingenieur
Verein.

N^o 224 Band

Jahrgang:

C. L. STAEBE'S
PREISSCHRIFT
ÜBER DIE
ZWECKMÄSSIGSTEN
VENTILATIONS-SYSTEME.

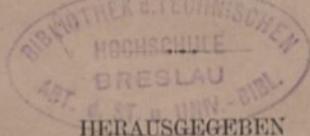
REDIGIRT,
DURCH ANMERKUNGEN UND EINEN ANHANG

VERVOLLSTÄNDIGT

VON

DR. A. WOLPERT

PROFESSOR DES BAUFACHS AN DER K. INDUSTRIESCHULE
ZU KAISERSLAUTERN.



HERAUSGEGEBEN

VON DEM

VERBANDE DEUTSCHER ARCHITEKTEN-
UND INGENIEUR-VEREINE.

BERLIN.

KOMMISSIONS-VERLAG VON CARL BEELITZ.

1878.

C. L. STAEBE'S
PREISSCHRIFT
ÜBER DIE
ZWECKMÄSSIGSTEN
VENTILATIONS-SYSTEME.

REDIGIRT,
DURCH ANMERKUNGEN UND EINEN ANHANG

VERVOLLSTÄNDIGT

VON

DR. A. WOLPERT

PROFESSOR DES BAUFACHS AN DER K. INDUSTRIESCHULE
ZU KAISERSLAUTERN.



VERBANDE DEUTSCHER ARCHITEKTEN-
UND INGENIEUR-VEREINE.

BERLIN.

KOMMISSIONS-VERLAG VON CARL BEELITZ.

1878.



350712 L/1

Inv. 20582.

1945 G 339

Brata

Inhalts-Verzeichniss.

	Seite
Vorbericht von Wolpert	V
I.	
Abhandlung von Staebe.	
Allgemeines	1
Abschnitt I. Geschwindigkeitsgleichungen.	
Theoretische Ausflussgeschwindigkeit der Luft in kältere Luft	2
Theoretische Ausflussgeschwindigkeit der Luft in wärmere Luft	4
Theoretische Geschwindigkeitsformel nach Schinz	5
Wirkliche Ausflussgeschwindigkeit	6
Abschnitt II. Zuflusskanal.	
Vorbemerkungen	8
Zuflusskanal für die Winter-Ventilation	8
Schlussbemerkungen	25
Abschnitt III. Abflusskanal.	
Vorbemerkung	27
Allgemeines über Abflusskanäle für die Winter-Ventilation	27
Die nicht geheizten Abflusskanäle	28
Der geheizte Abflusskanal	29
Beispiele zur Vergleichung der Wirkungen verschiedener Abflusskanäle	38
Verschiedene Einrichtungen und Apparate	55
Sommer-Ventilation.	
Vorbemerkung	71
Natürliche Sommer-Ventilation	71
Künstliche Sommer-Ventilation	78
Abkühlung der Ventilationsluft	83
Abschnitt IV.	
Die zur Erwärmung der frischen Luft dienenden Apparate	86
Ventilation der Abtritte	96
Schluss	97

II.

Anhang von Wolpert.

§ 1.	Wärmeproduktion des menschlichen Körpers	98
§ 2.	Verschiedene Fortpflanzungsweisen der Körperwärme	100
§ 3.	Wärmeproduktion durch die Abendbeleuchtung	101
§ 4.	Ventilationsbedarf	102
§ 5.	Der bei der Winter-Ventilation nöthige Wärmearaufwand	105
§ 6.	Aufwand an Brennmaterial und Größe der Heizfläche	107
§ 7.	Feuchtigkeit und Trockenheit der Zimmerluft und Ventilationsluft. Hygrometer und Luftbefeuchtungs-Vorrichtungen	108

Erklärung und Kritik der verschiedenen Ventilations-Systeme.

§ 8.	Allgemeines	118
§ 9.	Lage der Zufluss- und Abfluss-Oeffnungen	120
§ 10.	Einführung der Außenluft durch Temperatur-Differenz	123
§ 11.	Abführung der Innenluft durch Temperatur-Differenz	125
§ 12.	Gleichzeitige Einführung und Abführung durch Temperatur-Differenz	127
§ 13.	Eintreibung der Außenluft durch natürlichen Wind oder durch relative Luftbewegung	130
§ 14.	Absaugung der Innenluft durch natürlichen Wind oder durch relative Luftbewegung	131
§ 15.	Gleichzeitige Eintreibung und Absaugung durch natürlichen Wind oder relative Luftbewegung	132
§ 16.	Eintreibung der Außenluft durch Ventilationsmaschinen	133
§ 17.	Absaugung der Innenluft durch Ventilationsmaschinen	136
§ 18.	Gleichzeitige Eintreibung und Absaugung durch Ventilations-Maschinen	137
§ 19.	Verschiedenartig kombinirte Einrichtungen	140
§ 20.	Schlussbemerkungen	142

Berichtigungen.

S. 43 Z. 7 v. o. zu lesen $(1 + a. 5)$ statt $(1 = a. 5)$.

S. 77 Z. 21 v. o. „ „ $V''' : \sqrt{\quad}$ statt $V''' \sqrt{\quad}$.

S. 112 Z. 1 v. u. „ „ Bifilar statt Bisilar.

Vorbericht.

Durch ein Konkurrenz - Ausschreiben beabsichtigte der Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine eine Schrift zu Tage zu fördern, aus welcher eine sichere Anleitung zur Beurtheilung der verschiedenen Ventilations-Systeme und zur Ausführung von zweckmäßigen Ventilations-Anlagen geschöpft werden kann.

Von den sieben eingereichten Konkurrenzschriften hat keine den Erwartungen vollständig entsprochen. Als der relativ besten erkannten die Preisrichter der Schrift von C. L. Staebe in Aschersleben den ausgesetzten Preis von 1500 Mark zu. Doch sollte der Verfasser veranlasst werden, die in dem Urtheil der Preisrichter bezeichneten Mängel zu verbessern und seine Arbeit im Sinne des Konkurrenzausschreibens zu ergänzen (vgl. Deutsche Bauzeitung 1877 No. 1). Dieses Resultat ist nicht mehr zur Kenntniss des Verfassers gelangt; Staebe war kurz vorher einem schweren Leiden erlegen.

Dem alsbald an mich gestellten Ersuchen von Seite der Preisrichter, Staebe's Manuskript zu überarbeiten und zu ergänzen, glaubte ich im Interesse der Sache willfahren zu müssen, obwohl ich mich bei der Eigenthümlichkeit der Arbeit und dem Mangel an freier Zeit nur schwer dazu entschliessen konnte. Dem letzteren Umstande hauptsächlich ist die lange Verzögerung des Erscheinens zuzuschreiben.

Die Art meiner Bearbeitung wird, hoffe ich, nutzbringend sein und Billigung finden. Ich habe an dem Original nur wenig geändert, Staebe's Ansichten und Entwicklungen im Wesentlichen wiedergegeben und an Stellen, wo mir eine andere Erklärung oder andere Auffassung nothwendig erschien, meine eigenen Ansichten in Anmerkungen beigefügt.

Bei dem ausgesprochenen Zwecke dieser Schrift halte ich es gerade für lehrreich, Irrungen, wie sie bei Praktikern leicht entstehen und Streitfragen bilden können, mitgetheilt und berichtigt zu

finden. Dieses bezieht sich sowohl auf gewisse Behauptungen, Voraussetzungen und Schlüsse Staabe's, als auch auf seine Experimente und Berechnungen, welche zum Theil unerklärliche Resultate liefern.

In einem besonderen Anhang gebe ich alles dasjenige, was nach meiner Ansicht der Staabe'schen Arbeit sonst noch fehlt, um sie zu einer solchen zu machen, wie sie nach dem Zwecke des Konkurrenz-Ausschreibens sein sollte, zu einem Buche, aus welchem der Techniker sich klare Begriffe über das Wesen der Ventilation und die verschiedenen Ventilationsvorgänge aneignen, die verschiedenen Ventilationssysteme kennen lernen und zuverlässige Anhaltspunkte für Beurtheilung, Berechnung und Ausführung zweckmäßiger Ventilations-Vorrichtungen schöpfen kann.

Durch zahlreiche Quellenangaben ist umfassenderes Studium des Gegenstandes vermittelt.

Kaiserslautern, im Januar 1878.

A. Wolpert.

ALLGEMEINES.

Ventilation ist Auswechselung der Luft in einem geschlossenen Raume gegen frische Außenluft.

Eine solche Auswechselung vollzieht sich ohne unser Zuthun vermöge der Permeabilität der Wände und der Undichtheit von Thüren und Fenstern — spontane Ventilation, — oder durch unser Zuthun, indem wir zum Zwecke der Herbeiführung einer die Lufterneuerung bewirkenden Luftbewegung entweder Maschinen — künstliche Ventilation — oder Temperatur-Differenzen und die in der Atmosphäre herrschenden Luftbewegungen — natürliche Ventilation — benutzen.

Den Bestimmungen des § 6 des Konkurrenz-Ausschreibens gemäß wird im Folgenden nur von der natürlichen Ventilation die Rede sein.

[*Anmerkung 1.* Nach § 6 des Konkurrenz-Ausschreibens ist es wünschenswerth, abgängige Wärme, Wind etc. nutzbar zu machen; es sind aber andere Mittel irgend einer Art keineswegs ausgeschlossen. Die Einrichtungen der künstlichen Ventilation mit Anwendung von Maschinen sollten sicherlich eben so gut berücksichtigt werden, wie die mittels besonders geheizter Abflusskanäle, welche Staabe weiter unten, abweichend von seiner Definition, zur künstlichen Ventilation rechnet, dessen ungeachtet aber in die Besprechung zieht. — W.]

Natürliche Ventilation ist also diejenige Auswechselung der Luft in einem geschlossenen Raume gegen frische Außenluft, welche sich in Folge des durch Temperatur-Differenz und Luftströmungen in der Atmosphäre gestörten Gleichgewichts der auszuwechselnden Luftmassen vollzieht. Dieses geschieht nach den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung von Flüssigkeiten in kommunizirenden Röhren.

Es sind demnach die aërodynamischen und aërostatischen Gesetze, sowie die Eigenschaften der atmosphärischen Luft als einer elastischen Flüssigkeit, deren Kenntniss dem Praktiker innewohnen, deren Anwendung ihm geläufig sein muss.

Jene Disziplinen hier zum Vortrage zu bringen, hiesse ein physikalisches Lehrbuch schreiben, hiesse weiter nichts, als eine neue Auflage vieler werthvoller Werke anderer Autoren bringen.

Das kann nicht gewollt sein; vielmehr glaube ich, den Intentionen, welche das Konkurrenz-Ausschreiben veranlasst haben, am besten zu entsprechen, wenn ich die praktische Verwerthung der einschlägigen Gesetze zur Anschauung zu bringen mir zur Aufgabe mache.

Ich gedenke, gegenwärtige Schrift in folgender Weise aufzubauen:

Abschnitt I. Geschwindigkeitsgleichungen.

Abschnitt II. Der Zufluss-Kanal.

Abschnitt III. Der Abfluss-Kanal.

Abschnitt IV. Die zur Erwärmung der frischen Außenluft dienenden Apparate.

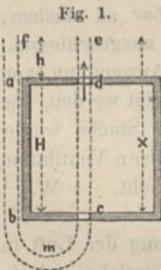
ABSCHNITT I.

Geschwindigkeits-Gleichungen.

Theoretische Ausfluss-Geschwindigkeit der Luft in kältere Luft.

§ 1. Wir haben schon oben als einen allgemein für richtig anerkannten Satz hingestellt, dass bei der natürlichen Ventilation die eine Lüfterneuerung hervorrufende Luftbewegung als eine solche aufzufassen ist, welche sich in kommunizirenden Röhren vollzieht.

Stellen wir uns daher in Fig. 1 einen mit warmer Luft angefüllten und von kalter Luft umgebenen Raum vor, welcher durch die beiden Oeffnungen d und c mit der Außenluft in Verbindung steht, so können wir uns einen Heber $abmc d$ gelegt denken, dessen einer Schenkel ab mit der kalten, also spezif. schwereren Außenluft, dessen anderer Schenkel dc mit der warmen, also spezif. leichteren Luft des Raumes angefüllt ist. Nehmen wir nun an, dass die beiden Luftsäulen ab und cd gleich hoch sind — Luftsäule bm und mc bleiben, weil sie sich im Gleichwichte befinden, unberücksichtigt — und dass eine warme Luftsäule von der Höhe ec mit der Luftsäule ab im Gleichwichte wäre, so muss, wenn wir uns Schenkel ab um die Höhe ed verlängert — angenommen bis f — und mit gleich kalter Luft wie ab angefüllt denken, die Luftsäule fb einen größeren Druck in c ausüben als die Luftsäule ec . Sie muss daher so tief sinken, indem sie in den Schenkel dc übertritt und die warme Luft verdrängt, bis das Gleichgewicht zwischen beiden Luftsäulen wieder hergestellt ist;



das ist bis zum Punkte a , weil, wie angenommen, Luftsäule ab der Luftsäule ec das Gleichgewicht hält.

[*Anmerkung 2.* Staebe wollte in Fig. 1 vermuthlich die in meinen „Prinzipien der Ventilation“ § 16 abgeleitete allgemeine Regel: „Um die Geschwindigkeit des Ausflusses einer Flüssigkeit in eine andere zu finden, drücke man die Größe des Druckes derjenigen Flüssigkeit, in welche der Ausfluss geschieht, durch eine Säule vom spezifischen Gewichte der ausfließenden Flüssigkeit aus. Die Differenz zwischen der Höhe dieser Säule und der gegebenen Druckhöhe ist statt h in die Formel $\sqrt{2gh}$ einzusetzen“ — zur Anschauung bringen und danach die bekannte Geschwindigkeits-Gleichung konstruiren. Allein seine Entwicklung ist unrichtig. Staebe erhält die richtige Formel für den Ausfluss der warmen Luft in kältere schliesslich allerdings, aber durch zwei sich gegenseitig aufhebende Fehler. Der erste Fehler liegt in der Annahme, zum Ersatz einer ausfließenden Luftsäule ed sei eine gleiche, kalte Luftsäule fa nothwendig; wegen der Volumenvergrößerung bei der Erwärmung ist fa zu gross, weil die Querschnitte der gedachten kommunizirenden Röhren offenbar als gleich vorausgesetzt sind. Zweitens ist es ein Fehler, anzunehmen, es sei bei einer bestimmten Druckdifferenz die Geschwindigkeit des Sinkens der kalten Luft in fa gleich der Geschwindigkeit des Steigens der warmen Luft in de ; die Geschwindigkeit der kalten Luft ist geringer.

Wenn bei gleicher Druckdifferenz beide Geschwindigkeiten gleich groß wären, würde es überflüssig sein, die Geschwindigkeit der Bewegung warmer und kalter Luft getrennt zu berechnen, also § 1 und § 2 zu unterscheiden. — W.]

Das Sinken der Luftsäule fb können wir auch als ein Fallen auffassen und — weil das Ausfließen der warmen Luftsäule in demselben Momente aufhört, in welchem das Fallen der kalten Luftsäule beendet ist — schliessen, dass die warme Luftsäule mit derselben Geschwindigkeit ausfließen muss, mit welcher die kalte Luftsäule von der Höhe fa herab fällt. Die bekannte Formel für die Fallgeschwindigkeit eines Körpers, welche Formel auch auf den Fall eines elastisch flüssigen Körpers angewendet werden kann, ist, wenn v die Geschwindigkeit, h die Fallhöhe und g die Beschleunigung der Schwere = $9,81^m$ bezeichnet:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Um demnach für vorliegenden Fall die Ausflussgeschwindigkeit der warmen Luftsäule dc zu finden, haben wir als Fallhöhe fa in die Formel einzusetzen, daher

$$v = \sqrt{2g \cdot fa}$$

Wir können aber auch für $f a$ einen allgemeinen Ausdruck erhalten. $d c$ ist die immer gegebene Höhe und gleich $a b$; wir dürfen daher, wenn wir die gegebene Höhe mit H bezeichnen, in diesem Falle $a b = H$ setzen; ebenso können wir, wenn $f b$ — die gesuchte Höhe — mit x bezeichnet wird, weil $f b = e c$, auch $e c = x$ setzen und $v = \sqrt{2g(x-H)}$.

Die Größe x ist zu bestimmen. Wir ziehen zu dem Ende den bekannten Lehrsatz an: Die spezifischen Gewichte zweier Flüssigkeiten, welche in kommunizirenden Gefäßen gegenseitig im Gleichgewicht sind, verhalten sich umgekehrt wie deren Höhen. Sodann ergibt sich die Gleichung: $s : s^1 = x : H$, in welcher s das spezif. Gewicht der kalten Luft, s^1 das der warmen Luft ausdrückt. Aus dieser Gleichung finden wir:

$$x = \frac{H s}{s^1}$$

Setzen wir diesen Ausdruck für x in obige Formel ein, so bekommen wir:

$$v = \sqrt{2g \left(\frac{H s}{s^1} - H \right)} = \sqrt{2g H \left(\frac{s}{s^1} - 1 \right)}$$

als allgemeinen Ausdruck für die Ausflussgeschwindigkeit der wärmeren Luft in kältere.

Der Ausdruck lässt sich in eine bequemere Form bringen, wenn wir die spezif. Gewichte mit Einführung der Temperaturen ausdrücken.

Bezeichnen wir mit t die Temperatur der kalten Luft, mit T die der warmen Luft, so ist, auf Luft von 0° als Einheit bezogen:

$$s = \frac{1}{1 + a t} \quad \text{ebenso} \quad s^1 = \frac{1}{1 + a T}$$

wobei a der Ausdehnungs-Koeffizient für die Luft = 0,003665 ist, also:

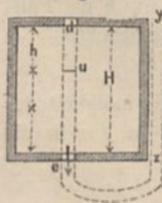
$$v = \sqrt{2g H \left(\frac{1 + a T}{1 + a t} - 1 \right)}$$

Wolpert hat in seinem vorzüglichen Werke: „Prinzipien der Ventilation und Luftheizung“, 1860, S. 91, obiger Formel eine einfachere Form gegeben und zwar:

$$v = \sqrt{\frac{2g H (T - t)}{273 + t}}$$

Theoretische Ausfluss-Geschwindigkeit der Luft in wärmere Luft.

Fig. 2.



§ 2. Wir versinnlichen uns den Vorgang durch die Figur 2, indem wir annehmen, dass ein mit kalter Luft angefüllter und von warmer Luft umgebener Raum gegeben sei, durch dessen Oeffnung e die Luft ausfließt. Die kalte Luft können wir uns als eine Säule $d e$, die warme Außenluft durch eine Säule $y z$ vorstellen, welche beiden Luftsäulen durch das gebümmte Stück $e z$ mit einander kommunizieren.

Nehmen wir an, dass eine kalte Luftsäule von der Höhe ue der warmen Luftsäule yz das Gleichgewicht halten würde — die Luft über und unter dem gegebenen Raume können wir als je für sich im Gleichgewichte befindlich, unberücksichtigt lassen — so wird natürlich Luftsäule de , als spezif. schwerere, in e einen größeren Druck ausüben als yz ; sie wird ausfließen oder, de und zy als kommunizierende Röhren gedacht, in den Schenkel yz übertreten, also in der Röhre de so weit sinken, bis sie mit der Luftsäule zy im Gleichgewichte ist, daher bis u . Das Sinken fassen wir wiederum als Fallen auf und erhalten demnach, weil du die Fallhöhe ist:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2g \cdot du} = \sqrt{2g(H-x)}$$

Um in dem letzten Ausdruck die Unbekannte x durch gegebene Größen auszudrücken, dient die Gleichung

$$s : s^1 = H : x$$

in welcher s wie vorhin das spezif. Gewicht der kalten Luftsäule, s^1 das der warmen Luftsäule bedeutet. Dann ist

$$x = \frac{Hs^1}{s}$$

folglich erhalten wir durch Substitution als allgemeinen Ausdruck für die Ausfluss-Geschwindigkeit der kälteren Luft in wärmere:

$$v = \sqrt{2g\left(H - \frac{Hs^1}{s}\right)} = \sqrt{2gH\left(1 - \frac{s^1}{s}\right)}$$

Bezeichnen wir wie vorhin mit t die Temperatur der kalten Luft, mit T die der warmen Luft, so wird

$$v = \sqrt{2gH\left(1 - \frac{1+at}{1+aT}\right)}$$

Auch diese Formel hat Wolpert in dem angeführten Werke, S. 89, vereinfacht in

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+T}}$$

Theoretische Geschwindigkeits-Formel nach Schinz.

§ 3. Schinz sieht in seinem Werke: „Die Wärmemesskunst“ (Stuttgart 1858) von der Einführung der Temperaturen für die kalte und die warme Luft, bezw. für spez. schwerere und spez. leichtere Luft in die Geschwindigkeits-Formel gänzlich ab, führt vielmehr nur die Temperatur-Differenz $T-t$, welche er mit t bezeichnet, ein und gelangt dadurch zu der Formel $v = \sqrt{2ghat}$, in welcher Formel a den Ausdehnungs-Koeffizienten der Luft für $1^\circ\text{C.} = 0,003665$ bedeutet (S. 77). Diese Formel ist jedoch nur auf die Fälle anwendbar, dass die Temperatur derjenigen Luft, in welche das Aus- oder Einfließen erfolgt, $= 0^\circ$ ist, in welchen Fällen sie ja auch mit den oben gefundenen

Formeln übereinstimmt; auf alle anderen Fälle angewandt, giebt sie ungenaue Resultate.

Wirkliche Ausfluss-Geschwindigkeit.

§ 4. Die theoretische Ausfluss-Geschwindigkeit ist gröfser als die wirkliche. Sie wird vermindert durch:

- a) die Reibung in den Kanälen,
- b) die Kontraktion des ausfliessenden Luftstrahles,
- c) den Widerstand, welchen das Medium der ausfliessenden Luft leistet.

[*Anmerkung 3.* Der Widerstand des Mediums ist in den Gleichungen der theoretischen Geschwindigkeit berücksichtigt; wenn dieser geringer wird, berechnet sich unmittelbar die theoretische Geschwindigkeit gröfser. (Vergl. Wolpert, Prinzipien § 16, 44, 52 u. a.) Die Kontraktion veranlasst nur insofern eine Verminderung der Ausflussmenge und in den Kanälen eine geringere Geschwindigkeit, als an der Kontraktions-Stelle der eigentliche Strom-Querschnitt kleiner wird, als der Kanal-Querschnitt. Da die theoretische Geschwindigkeit immer nur für den engsten Querschnitt eines Luftstroms von bestimmter Temperatur gilt, so wäre diese theoretische Geschwindigkeit für die Strömung durch den kontrahirten Querschnitt anzunehmen. Man kann aber die Kanal-Anfänge und Mündungen so formen und ihnen solche Dimensionen geben, dass die Kontraktion ohne Einfluss ist und folglich die Luftgeschwindigkeit in den Kanälen nur durch die Reibung vermindert wird. — W.]

Schinz drückt die Gröfse der Reibung in zylindrischen Kanälen durch die Formel $\frac{KH}{D}v^2$ aus, in welcher K den Reibungskoeffizienten, H die gegebene Höhe und D den Durchmesser des Kanals bezeichnen, und entwickelt, indem er $h a t = P$ setzt, aus

$$P - \frac{v^2}{2g} = \frac{KH}{D}v^2 \quad \text{die Formel: } v^2 = \frac{2gPD}{D + 2gKH}$$

welche den durch Reibung entstehenden Minderwerth von v ausdrücken soll (S. 77).

Auch für andere Formen von Kanälen hat er die Werthe von v und der Gröfse der Reibung gefunden, sowie die Gröfse der Kontraktion des Luftstrahles in den Formeln ausgedrückt (Kompendium zu Schinz Wärmemesskunst Tab. IX); aus Bequemlichkeits-Gründen bin ich jedoch, gleich Wolpert, dafür, in allen Fällen, wo es sich um Ventilations-Zwecke handelt, die wirkliche Ausfluss-Geschwindigkeit als einen bestimmten Theil der theoretischen anzunehmen. Wolpert nimmt als wirkliche die Hälfte

der theoretischen an; auf Grund meiner Beobachtungen empfehle ich die wirkliche Geschwindigkeit aus den Formeln:

$$\frac{1}{3} \sqrt{\frac{2gh(T-t)}{273+t}} \text{ bzw. } \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2gh(T-t)}{273+T}}$$

zu berechnen.

[*Anmerkung 4.* Ich habe nirgend angegeben, dass

$$0,5 \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} \text{ und } 0,5 \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+T}}$$

in allen Fällen, wo es sich um Ventilationszwecke handle, als wirkliche Geschwindigkeit anzunehmen sei. Aber in Anbetracht des Umstandes, dass man oft in den Fall kommt, an Ort und Stelle schnell eine Näherungsrechnung zu machen, sowie in Anbetracht der Thatsache, dass manche Techniker durch komplizirte mathematische Formeln vom Rechnen abgeschreckt werden, und dass es besser ist, approximativ als gar nicht zu rechnen, war und bin ich dafür, die Zahl 0,5 als Näherungswerth, eventuell auch für die Vorberechnung einfacher Anlagen beizubehalten, jedoch nur unter der Voraussetzung, dass man diese Vorberechnung mit Zugrundelegung der vermuthlich ungünstigsten Verhältnisse mache, also die grösste Anzahl von Personen, ein reichliches Ventilations-Quantum stündlich für jede Person, entsprechende Beleuchtung, geringe Temperatur-Differenzen und Windstille annehme, natürlich auch richtige Formen und Einrichtungen anwende. Unter solchen Umständen ist 0,5 ein genügender Sicherheits-Koeffizient, was sich auch weiterhin aus Beispielen erkennen lassen wird. Als wirkliche Geschwindigkeit nur $\frac{1}{3}$ der theoretischen anzunehmen, ist unbegründet.

Dass man bei einzelnen abnormen Einrichtungen, namentlich bei aussergewöhnlich langen, namentlich horizontalen oder schrägen oder abwärts gerichteten Kanälen eine genauere Rechnung anstellen soll, versteht sich von selbst. Ich habe bereits in meinen Prinzipien S. 290 hierzu Anleitung gegeben, will aber, weil diese zu wenig Beachtung gefunden zu haben scheint, die Berechnungsweise der wirklichen Geschwindigkeiten an den später folgenden Beispielen genauer zeigen. —

W.]

ABSCHNITT II.

Zuflusskanal.

Vorbemerkungen.

§ 5. Wir wissen, dass der eine Motor für die Bewegung der auszuwechselnden Luftmassen, also der Außenluft und der Innenluft, die Temperatur-Differenz ist.

Das Klima Europas und der in gleichen Breitengraden liegenden Länder lässt uns in Bezug auf Ventilation die 4 Jahreszeiten als zwei Hauptperioden auffassen — eine solche, in welcher die künstliche Erwärmung unserer Wohnungen nothwendig wird, und eine solche, in welcher diese Nothwendigkeit wegfällt. In jener, also in der Heizperiode, gestaltet sich das Temperatur-Verhältniss zwischen Außenluft und Innenluft so, dass die Innenluft die wärmere Luft ist; in dieser so, dass die Außenluft, wenigstens der Regel nach, die wärmere ist.

[*Anmerkung 5.* In der Regel ist die Innenluft auch im Sommer als die wärmere anzunehmen, wenigstens für solche Räume, wo sich viele Personen aufhalten und deshalb das Bedürfniss ausgiebiger Ventilation besteht; denn durch die Körperwärme und die Abendbeleuchtung wird die Luft in den Räumen bedeutend erwärmt. Doch ist die Unterscheidung von Winter-Ventilation und Sommer-Ventilation aus anderen Gründen, die sich weiterhin ergeben werden, zweckdienlich. — W.]

Die Ventilation während der Heizperiode erfordert ganz andere Einrichtungen als die während der Sommerzeit, und deshalb ist es nothwendig, bei den nunmehr folgenden Betrachtungen über Zuflusskanal, Abflusskanal etc. den Unterschied zwischen jenen beiden Ventilationsarten festzuhalten. Der Kürze halber werde ich für die Folge die Ventilation in der Heizperiode mit „Winterventilation“, die in der warmen Jahreszeit mit „Sommerventilation“ bezeichnen.

Ich beabsichtige, in diesem II. Abschnitt nur den Zuflusskanal für die Winterventilation zum Gegenstande der Betrachtung zu machen. Eine Diskussion über den Zuflusskanal für die Sommerventilation ist nämlich nur im Zusammenhange mit der über das Ganze der Sommerventilation erspriesslich. Das Wesen einer Sommerventilation wird aber verständlicher, wenn die Erklärung der Winterventilation vorangegangen ist.

Zuflusskanal für die Winter-Ventilation.

§ 6. Der Zuflusskanal ist das Gefäss, welches mit dem Ausläufer der drückenden Luftsäule, der Atmosphäre, gefüllt ist.

Die Atmosphäre ist uns vom Straßenniveau ab in beliebiger Höhe

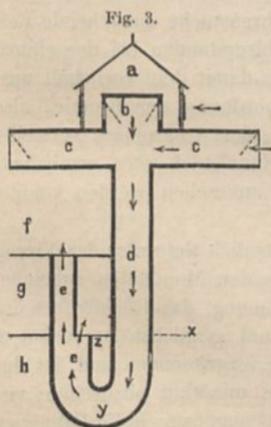
gegeben; es kommt daher zuerst in Frage: In welcher Höhe soll der Kanal in's Freie münden?

Wenn wir uns in's Gedächtniss zurück rufen, dass der statische Druck, Temperatur-Differenz vorausgesetzt, mit der Druckhöhe wächst, und in Ueberlegung ziehen, dass die atmosphärische Luft uns kostenfrei, ohne Reibung zu verursachen und als spez. schwerste Luft auferhalb des zu ventilirenden Raumes in ihrer ganzen Höhe zu Gebote steht, so wird uns wohl die Beantwortung obiger Frage nicht schwer fallen: Der Kanal soll an der möglich tiefsten Stelle unterhalb des zu ventilirenden Raumes die Außenluft aufnehmen, um die drückende Luftsäule der Atmosphäre so wenig als möglich zu verkürzen.

So klar der Fall liegt, so unverständlich ist es, wenn selbst ein Mann wie Pécelet die Einführung der frischen Außenluft in die oberen Etagen durch Kanäle zwischen dem Boden und der Decke der zunächst unteren Etage als Regel aufstellen kann. *) Ich werde noch darauf zurückkommen, dass diese Art von Zuführung nur eine Ausnahme von der Regel bilden soll.

Ingleichen ist es unverständlich, warum überall da, wo Heißwasserheizungen (System Perkins) die Erwärmung der Räume besorgen, die Einführung der Außenluft immer erst im Niveau des Fußbodens des zu ventilirenden Raumes bewirkt wird. In Bezug auf die höher gelegenen Stockwerke ist diese Einrichtung als eine durchaus unrationelle zu bezeichnen, als eine solche, welche eine Vernachlässigung der gegebenen Druckkraft anzeigt.

Das Möglichste in dem Missbrauche der die Druckkraft bestimmenden Faktoren aber ist doch bei den Ventilations-Anlagen in dem neuen Gebärdhause und dem allgemeinen Krankenhause in München geleistet.



Die daselbst angelegten Zuflusskanäle gruppiren sich nach dem höchst interessanten v. Pettenkofer'schen Berichte („Abhandlungen der naturwissenschaftlich - technischen Commission“ München 1858, S. 26) folgendermaassen:

- a. Thurm mit Jalousien,
- b. Luftkammer mit Taffetventilen,
- c. Große Luft-Arterie,
- d. Seiten-Arterie,
- e. Zweig-Arterien,
- f. g. Krankensäule,
- h. Hochparterre.

Das Ganze ist im Skelett gezeichnet, um die Uebersicht nicht zu stören.

*) E. Pécelet's neueste bewährte Erfindungen und Erfahrungen über Feuerungs-, Erwärmungs- und Ventilations-Anlagen, bearbeitet von Carl Hartmann (Weimar, 1863).

Die Außenluft soll also in der Richtung der Pfeile ihren Weg nehmen. Wir wollen uns nun klar machen, welche wahre Vergeudung von Druckkraft dieser Arterienbau veranlasst.

Die fallende Luftsäule erfährt zuerst bei dem Einfließen durch die Jalousie des Thurmes einen Verlust an Kraft durch Reibung, einen zweiten, indem sie einen Theil der Kraft zum Oeffnen der Ventile in der Luftpammer verwenden muss, den größten Verlust aber beim Niedergleiten in der großen Seitenarterie d , und zwar erstens durch Reibung und zweitens durch Verminderung ihres spez. Gewichts in Folge von Temperatur-Erhöhung. Die Seitenarterie liegt nämlich in der warmen Wand des Hauses; je tiefer also die Luft fällt, desto mehr wird sie sich erwärmen, desto mehr büßt sie aber auch an Druckkraft ein. Nachdem nun die Luft den beschwerlichen Weg abwärts zurückgelegt hat, muss sie die Hälfte des Weges nochmals aufwärts steigen, um endlich an den Ort ihrer Bestimmung zu gelangen. Was Wunder, dass sie dann den störenden Einwirkungen des Windes keinen Widerstand leisten kann und die verkehrte Richtung einschlagen muss.

Als das unnütze Anhängsel muss das Röhrenstück xyz angesehen werden, wohl verstanden bei der einmal beliebten Anordnung der Kanäle; denn die Temperatur der Luft in dem Röhrenstück xy wird wenig oder gar nicht verschieden sein von der in ey herrschenden Temperatur; die beiden Luftsäulen xy und ye befinden sich daher mit einander im Gleichgewicht und tragen auch nicht das Geringste zur Erhöhung der Druckkraft bei. Man könnte ruhig das Röhrenstück xyz abschneiden, ohne Schaden anzurichten; im Gegentheil, die Amputation wäre nutzbringend, weil sie die Veranlassung wäre, dass die durch das Auf- und Niedersteigen der Luft in dem Röhrenstücke entstehende Reibung verhütet würde. Ich sagte eben: „wohlverstanden bei der einmal beliebten Anordnung der Kanäle“ und wollte damit den Vorbehalt ausgedrückt haben, dass bei einer anderen Anordnung der Kanäle, also z. B. wenn xy die nicht erwärmte Luftsäule der Atmosphäre vorstelle und ye ein in der warmen Mauer liegendes Kanalstück wäre, wenigstens das Stück ye als unnützes Anhängsel nicht angesehen werden könnte.

[*Anmerkung 6.* Die frische Luft ziemlich tief unter das Niveau der warmen Räume hinabzuführen, ehe sie den Mantelöfen zugeleitet wird, hat den Zweck, eine umgekehrte Strömung, das Rückfließen der warmen Luft in den vertikalen Zuflusskanal möglichst zu verhüten. Da dennoch umgekehrte Strömungen häufig vorgekommen sind, ist das gekrümmte Kanalstück um so weniger als unnöthig anzusehen; viel mehr ist anzunehmen, dass bei den sonst ungünstigen Verhältnissen das gekrümmte Kanalstück noch viel tiefer hinabreichen sollte, wenn auch nicht behauptet werden kann, dass damit den Uebelständen vollkommen abgeholfen worden wäre. — W.]

Es ist zu verwundern, dass das von v. Pettenkofer in seinem Berichte, S. 38, erwähnte Vorkommniss, anlangend das Oeffnen der Thürchen in den Seiten-Arterien, nicht auf den richtigen Weg geführt hat, um die Ventilations-Anlagen in den beiden Münchener Krankenhäusern wenigstens zu relativ guten umzugestalten. Meiner Ansicht nach würde dies erreicht werden, wenn der ganze, höchst überflüssige Arterienbau bis zu den im Parterregeschoss befindlichen Thürchen nach oben hin abgeschlossen und der Außenluft durch diese, in ihren Oeffnungen so viel wie möglich zu vergrößernden Thüren Eingang verschafft würde.

[*Anmerkung 7.* Es hat immerhin bei gewissen Lokal- und Situations-Verhältnissen etwas für sich, die zuzuführende Luft aus bedeutender Höhe der Atmosphäre zu entnehmen, wo die Luft reiner, in der heißen Jahreszeit kühler als an dem von der Sonne bestrahlten Boden, und die günstige Wirkung des Windes regelmäßiger und größer ist. — W.]

§ 7. Ich sagte oben, dass der Zuflusskanal an der möglich tiefsten Stelle unterhalb des zu ventilirenden Raumes die Außenluft aufnehmen müsse. Als solche tiefste Stellen werden die Kellerfenster-Oeffnungen oder auch besondere, dicht am Boden angebrachte Kanal-Oeffnungen zu bezeichnen sein, und nunmehr wird auch die Frage nach der Lage der Kanäle selbst folgerichtig ihre Antwort dahin gehend finden, dass diese Kanäle im Kellergeschoss ihren Platz finden sollen.

Wäre nun die Atmosphäre immer in gleichförmiger Ruhe, so dass das Fallen der kalten Luftsäule ungestört vor sich gehen könnte, so wäre zu einer Erörterung über die Lage des Kanals nicht viel mehr hinzuzufügen. Die Atmosphäre ist aber immer bewegt und übt, je stärker bewegt, desto größeren Einfluss aus auf die Bewegung der Luft nach dem Zuflusskanale hin und in demselben. Wir kommen damit auf die Besprechung des zweiten, die Bewegung der auszuwechselnden Luftmassen verursachenden Motors.

[*Anmerkung 8.* Das Fallen der äußeren kalten Luftsäule, wie es in einer außen angebrachten kommunizirenden Röhre bei der gegebenen Druckdifferenz stattfinden würde und deshalb zur Begründung der Anwendung der allgemeinen Fallformel in der Vorstellung bestehen kann, geht in der freien Atmosphäre in dieser Weise nicht vor sich, und darauf kommt es auch nicht an, sondern nur auf die zu Grunde liegende Druckdifferenz, auf den Ueberdruck, durch welchen die Außenluft von allen Seiten gegen die Oeffnung, als die Stelle des geringeren Gegendruckes, hin gedrängt wird. Aeußere Luftbewegungen treten dabei natürlich in Folge von Druckwirkung in anderen Richtungen störend auf. — W.]

Der Einfluss der Luftströmungen in der Atmosphäre äußert sich in zweifacher Weise: einmal, indem absolute Luftverdichtung, und zwar durch die Pression des Windes, das andere mal, indem absolute Luftverdünnung durch die saugende Wirkung des Windes erzeugt wird. (Unterscheidung zwischen absoluter und relativer Luftverdünnung nach Wolpert, Prinzipien der Ventilation, 1860, S. 82.) Die äußere absolute Luftverdichtung ist ein für den Zuflusskanal günstiges, für den Abflusskanal schädliches Moment, und umgekehrt, die äußere absolute Luftverdünnung ein dem Zuflusskanale schädliches, dem Abflusskanale aber günstiges Moment.

Wir haben nunmehr die Mittel aufzusuchen, welche die, eine Luftverdichtung hervorrufende Pression des Windes nutzbar für die Luftbewegung im Zuflusskanale machen. In den bis heute erschienenen Werken über Ventilation — das Wolpert'sche Werk rühmlichst angenommen — sehen wir uns vergeblich nach Beschreibungen von Apparaten um, welche dem ausgesprochenen Zwecke dienen. Man hat eben bislang die Wirkungen der Pression des Windes unterschätzt, sie nicht beachtet und darum auch nicht ausgenutzt.

Ich kann dagegen nicht dringend genug auf deren Wichtigkeit aufmerksam machen; sie bilden eins der wichtigsten Momente zum Schaffen einer leistungsfähigen Ventilation. Diese Wichtigkeit möge auch einen Rechtfertigungs-Grund dafür abgeben, dass dem Gegenstande in Nachfolgendem eine so ausführliche Behandlung zu Theil wird. Die von Wolpert (Prinzipien S. 180 u. folg.) vorgeschlagenen Apparate sind für Kanäle konstruirt, welche über den First des Daches hinaus gehen, und schon deshalb für horizontale Kanäle, wie solche doch die Zuflusskanäle der Regel nach sind, nicht leicht verwendbar; sie würden auch vor der Mündung dieser Kanäle — wegen ihrer Ausdehnung, die sie für den in Rede stehenden Zweck erhalten müssen — nicht gut anzulegen sein. Wolpert schreibt selbst (S. 180): „Vollständig feste Apparate zu erfinden, welche bei jeder Windrichtung nur Kompression der Luft (ohne zugleich eine Schwächung durch absolute Luftverdünnung zu dulden) in einer und derselben ungetheilten Röhre bewirken, dürfte eine sehr schwierige Aufgabe sein“ — und ich pflichte ihm bei. Ich habe viel Geld und viel Zeit an die Konstruktion solcher fester, vor der Mündung des Zuflusskanals anzubringender Apparate verschwendet, bin aber nicht zum Ziele gekommen.

Um so glücklicher macht es mich, ein Mittel vorschlagen zu können, welches solche Apparate entbehrlich macht und dabei den vorliegenden Zweck in der ausgiebigsten Weise erfüllt. Es wird wohl den Leser nicht zu sehr ermüden, wenn ich erzähle, wie ich zur Auffindung des Mittels gekommen bin.

Drei Zimmer in meinem mit der Frontmauer nach Westen gelegenen Wohnhause sind mit Ventilations-Vorrichtungen ausgerüstet, und zwar

wird die Außenluft von der Strafe her durch Kanäle eingeleitet, welche zwischen dem Fußboden der Zimmer und der Decke des darunter gelegenen Erdgeschosses eingemauert sind. — Ich konnte die Zuführung wegen Mangels eines Kellergeschosses nicht anders beschaffen. — Die Kanäle liefs ich deshalb nach Westen in's Freie münden, weil der Westwind der herrschende ist und weil ich glaubte, dass die Einströmung der Außenluft dann am sichersten und rapidesten erfolgen müsse, wenn die Kanalmündungen der herrschenden Luftströmung zugekehrt liegen.

Diese Voraussetzung erwies sich als eine irrige. Der Wind stürmte gegen den oberen Theil der Frontmauer an, breitete sich aus und glitt mit solcher Vehemenz über die Kanalmündungen hinweg, dass er die vor den Mündungs-Oeffnungen gelagerten Luftschichten mit sich fortriss und dadurch absolute Luftverdünnung, also das direkte Gegentheil von dem was beabsichtigt war, erzeugte.

[*Anmerkung 9.* Da die gewöhnlichen Fenster nicht in der Ebene der äußeren Mauerfläche, sondern in Vertiefungen derselben, in den Fenster-Einfassungen liegen, in welchen eine Stauung des Windes erfolgt, so ist es erklärlich, dass die Windpressung gegen die Fenster eine überwiegende Wirkung hatte, und zwar schon durch die Fenster-Fugen bei geschlossenen Fenstern — von der Wirkung bei offenen Fenstern nicht zu reden. Dass an den tiefer liegenden Kanalmündungen absolute Luftverdünnung erzeugt wurde, braucht hierbei gar nicht angenommen zu werden. — W.]

Alle Apparate, auch die von Wolpert empfohlenen Windfänge, welche ich vor den Oeffnungen anbrachte, um die Luft zum Einfließen zu zwingen, erwiesen sich als unzulänglich und konnten nicht verhindern, dass bei starkem Winde die Luft in den Zuflusskanälen eine verkehrte Richtung einschlug. Am stärksten erwies sich dieses Abströmen aus dem Zuflusskanale, wenn ich Thüren und Fenster öffnete.

In der Zeit nun, wo ich diese Beobachtungen machte, versah ich eine vierte, in demselben Stockwerke belegene Stube mit Ventilations-Apparaten. Die Lage der Stube ist insofern unterschieden von der anderen, als die Stube mit der Rückwand an einen kleinen Korridor, in den die Haustreppe mündet, stößt; während die anderen Stuben von einem geschlossenen Korridor begrenzt werden. Jene Lage hinderte mich, die frische Luft von der Strafe her einzuleiten; ich war genöthigt, sie aus dem kleinen Korridor mittels einer Oeffnung in der gemeinschaftlichen Wand zu entnehmen. Der Korridor empfängt sein Licht und seine Luft durch ein während der Tageszeit immer offen stehendes, nach Osten gelegenes Fenster; nach gleicher Himmelsgegend liegt der Ausgang zu der in den Korridor mündenden Haustreppe.

Nun war es auffallend, ein wie viel günstigeres Resultat die Messun-

gen der Einfluss-Geschwindigkeit der Luft in die eben erwähnte Stube ergeben, als die der Geschwindigkeit der von der StraÙe eingeleiteten Luft. Dieses Resultat war ein konstant günstigeres, mochte der Wind aus West oder Ost oder sonst woher blasen. Namentlich aber war die Luftströmung durch die Maueröffnung nach der Stube hin eine außerordentlich heftige, sobald die Thür, welche die Haustreppe vom Hofe abschließt, geöffnet war. Dieser Umstand brachte mich zur Lösung der in Rede stehenden Frage:

Der Raum, aus welchem der Zuflusskanal die frische Luft empfängt, soll dem Zugwinde ausgesetzt sein!

Denn Zugwind war es, welchen das Oeffnen der Treppenthür erzeugte und welcher mit infallibeler Sicherheit die Luftmassen in das Zimmer schleuderte.

Ja wahrlich als ein Schleudern konnte man die Aeufserung der Pression des Zugwindes bezeichnen, mit solcher Kraft strömte, unbekümmert um das durch den Evakuationskanal abfließende Luftquantum, die Luft ein.

[Anmerkung 10. Da aus den vorliegenden Angaben die Situation des Hauses und die Höhenverhältnisse der Umgebung gar nicht, die Lage der verschiedenen Räume, namentlich die der vierten Stube, nicht genau zu erkennen sind, so kann man die Ergebnisse nicht mit Sicherheit beurtheilen. So viel jedoch wird angenommen werden können, dass bei den im Winter gemachten Beobachtungen der stärkere Luftwechsel in der vierten Stube wesentlich darauf zurück zu führen ist, dass die kalte Luft des östlich gelegenen, vermuthlich von Gebäuden umschlossenen Hofes der wärmeren Luft im Hause gegenüber eine bedeutende Drucksäule bildete, auf welche überdies jeder abwärts gerichtete Wind pressend wirken musste; dass ferner das Treppenhaus in seiner oberen Hälfte mit jener Stube in direkter Kommunikation stand, folglich die warme Luft des Treppenhauses theilweise durch jene warme Stube ihren natürlichen Abfluss nehmen musste, wobei die Windrichtung, ob östlich oder westlich u. s. w., von geringem Einflusse war.

Dass sogenannter Zugwind an sich, wenn er nicht durch ein Hinderniss theilweise abgelenkt wird, einem seitlich liegenden Raume Luft liefert, kann nicht eingeräumt werden. Im Gegentheil reißt ein Luftstrom, welcher an ruhiger Luft vorbei geführt wird, diese in nächster Umgebung an sich und mit sich fort, was durch verschiedene Experimente in meinen „Prinzipien der Ventilation“ bewiesen ist. — W.]

Ich kann es mir nicht versagen, zwei Beobachtungen, welche den Unterschied zwischen der Lufteströmung in die erwähnte vierte Stube und in eine dicht angrenzende markiren, hier ihren Platz finden zu lassen.

Ich erwähne vorweg, dass ich mit einem in allen seinen Theilen sauber ausgeführten Anemometer, vom Mechanikus C. Groten in Elberfeld verfertigt, (Preis ca. 100 Mark) gearbeitet habe. Die Formel des Anemometers ist $v = 0,24615 + 0,20675 u + 0,002098 u^2$, worin u die Zahl der Umdrehungen, welche das Zählwerk ergiebt, auf eine Sekunde berechnet, und v die gesuchte Geschwindigkeit in der Sekunde in Metern ausgedrückt, bedeutet.

Am 26. Januar dieses Jahres. Temperatur der Außenluft in beiden Stuben $+ 4^{\circ} C.$, der Innenluft $+ 19^{\circ}$. Heftiger Wind S.-W.

In der vierten Stube:

Zuflusskanal 480 Umdrehungen = 2,0 Meter.

Abflusskanal 367 " = 1,56 "

In der angrenzenden Stube:

Zuflusskanal 222 Umdrehungen = 1,03 Meter.

Abflusskanal 370 " = 1,56 "

Am 28. März dieses Jahres. Temperatur der Außenluft $+ 12^{\circ} C.$, der Innenluft wie oben. Heftiger Wind N.-W.

In der vierten Stube:

Zuflusskanal 420 Umdrehungen = 1,8 Meter.

Abflusskanal 298 " = 1,34 "

In der angrenzenden Stube:

Zuflusskanal 210 Umdrehungen = 0,996 Meter.

Abflusskanal 305 " = 1,37 "

Die Zahl der Umdrehungen ist als Angabe in 1 Minute zu verstehen.

[*Anmerkung 11.* Mittels eines statischen Anemometers kann man sich überzeugen, wie sehr die Geschwindigkeit und Richtung des Luftstroms in einem Ventilationskanal oder Schornstein durch den Wind beeinflusst wird. Mit Rotations-Anemometern kann man aber nur mittlere Geschwindigkeiten für längere Zeitdauer messen, und mittlere Geschwindigkeiten können mit der Formel $v = a + bu + cu^2$, als einer nicht linearen Gleichung, nicht richtig berechnet werden. (Vergl. Deutsche Bauzeitung 1876, No. 47; Zeitschrift des bayer. Arch.- u. Ing.-Vereins 1876, Heft 2 u. 3.) — W.]

Wenn mein obiger Vorschlag von einigermaßen praktischem Nutzen sein soll, muss es natürlich auch in die Hand eines Jeden gelegt sein, überall da, wo die Anlage von Zuflusskanälen geboten ist, einen zugigen Raum herstellen zu können.

Es tritt daher zuvörderst die Frage an uns heran: Wie entsteht überhaupt Zugwind?

Nach meinen Beobachtungen sind es zwei Momente, welche zusammentreffen müssen, damit ein Zugwind sich bildet. Es müssen absolut verdichtete Luft und absolut verdünnte Luft in Konnex mit ein-

ander treten. Das Bestreben beider Luftmassen, ihre verschiedenen Spannkraften gegenseitig auszugleichen, das ist die Ursache der von der gepressten Luftmasse ausgehenden heftigen Bewegung nach dem Orte hin, wo der luftverdünnte Raum entstanden ist.

Zugwind ließe sich also vielleicht folgendermaßen definiren: „Zugwind ist diejenige in raschestem Tempo vor sich gehende Luftbewegung, welche ihre Entstehung verdankt dem Bestreben einer durch Pression des Windes verdichteten Luftmasse, einen durch die saugende Wirkung des Windes geschaffenen luftverdünnten Raum auszufüllen.“

[*Anmerkung 12.* Zugluft oder Zugwind pflegt man jede heftige Luftbewegung in bestimmter Richtung, namentlich die zwischen zwei Oeffnungen in einem umschlossenen Raume, zu nennen. Es entsteht aber solche Zugluft, wie Wind und Luftbewegung überhaupt, durch Störung des Gleichgewichts in kommunizirenden Luftmassen, sei es durch einseitige Luftverdichtung oder durch einseitige Luftverdünnung.

Dass Luftverdichtung und Luftverdünnung zusammenwirken, ist nicht nothwendig; doch ist es natürlich, dass solches Zusammenwirken die Störung des Gleichgewichts der zwischen liegenden Luftmassen, also den sogenannten Zug daselbst, zu verstärken geeignet ist; ob aber immer in zweckdienlicher Weise — das ist eine andere Frage. — W.]

Wir sind mit der Erklärung des Wesens und der Ursache des Zugwindes unserem Ziele aber noch nicht viel näher gerückt.

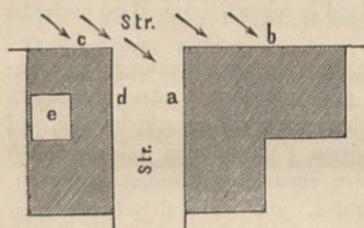
Es formulirt sich weiter die Frage: Wodurch entstehen nun aber absolut verdichtete und absolut verdünnte Luft? Und da glaube ich richtig antworten zu können: Dadurch, dass den Luftströmungen in der Atmosphäre sich Hindernisse entgegenstellen, welche sie theils auffangen, theils zwingen, ihre Richtung zu verändern, an Flächen sich auszubreiten, auch auf der anderen Seite Luftmassen wegzureißen.

Solche Hindernisse sind aber nicht immer die gleichen. Hier wird eine vertikale Wand, dort ein schräg gestelltes Dach, hier ein hoher, dort ein niedriger Giebel der Luftströmung Halt gebieten. Analoge Fälle, welche einen Schluss auf gegebene Fälle gestatten, giebt es indessen an bebauten Plätzen überall, und zwar insofern, als 2 gegenüber liegende Häuserreihen, welche durch eine in gerader Richtung sich fortsetzende Straße getrennt sind, bezüglich ihrer Wirkung auf das Entstehen von Luftverdünnung und Luftverdichtung 2 verschieden wirkende Hindernisse sind, sofern der Wind nicht eine parallele Richtung zu den Häuserreihen hat, sondern schräg in die Straße einfällt; als ferner dieselben beiden Häuserreihen in allen anderen Fällen, gleich wie jede der beiden Häuserreihen für sich, gleich wirkende Hindernisse bilden.

Ausnahmen von dieser Regel bilden die Eckhäuser und diejenigen Häuser, welche an Kreuzungspunkten zweier Strafsen, rechtwinklig zur

Längsaxe der gekreuzten Strafe, liegen.

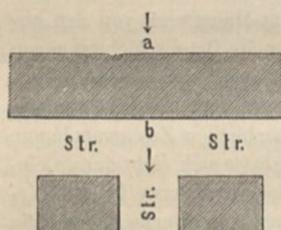
Fig. 4.



Ist die Lage von Eckhäusern so, wie Fig. 4 andeutet, und die Richtung des Windes, wie sie die Pfeile angeben, so würde wahrscheinlich an den 3 Häuserflächen *b*, *c*, *d* Luftverdünnung, an Fläche *a* aber und im Hofraume *e* Luftverdichtung entstehen.

[Anmerkung 13. In Fig. 4 müsste der Winkel, welchen die Windrichtung mit den Häuserflächen *b* und *c* bildet, ein sehr kleiner sein, um an Oeffnungen der Flächen *b* und *c* saugend zu wirken; allein auch dann noch fängt sich der Wind theilweise zwischen den Fenstergewänden und kann dadurch eine überwiegend pressende Wirkung äußern. — W.]

Fig. 5.



Ist aber die Lage eines Hauses *a* so, wie sie Fig. 5 andeutet, und die Windrichtung, wie sie von dem Pfeile angegeben wird, so entsteht an der Fläche *a* Luftverdichtung, an der Fläche *b* Luftverdünnung.

Ich schliesse hiermit die Angabe fernerer Beobachtungen, einmal deshalb, weil sich aus deren Ergebnissen doch nichts weiter mit Bestimmtheit schliessen lässt, als dass

diejenigen Häuser bezüglich des in Rede stehenden Zweckes am günstigsten gelegen sind, welche eine ihrer Frontmauern dem herrschenden Winde zukehren; dann aber auch deshalb, weil man auf Grund der sich später ergebenden Resultate geneigt sein könnte, die Beobachtungen einfach als historisches Material anzusehen.

Wir kennen nämlich jetzt wohl die Ursachen und das Wesen des Zugwindes, ingleichen auch die Bedingungen, unter denen die Ursachen wach gerufen werden, wissen aber immer noch nicht, wie nun der Raum, aus welchem der Zuflusskanal seine Luft schöpfen soll, eingerichtet werden muss, damit jene Bedingungen auch erfüllt werden.

Wir müssen da, wo nach Vorgegangenem angenommen werden darf, dass Pression des Windes stattfindet, der Außenluft den Eingang, da aber, wo wir Erzeugung von absoluter Luftverdünnung erwarten dürfen, den Ausgang gestatten, d. h. also, der Raum muss nach 2

entgegen gesetzten Himmelsrichtungen in's Freie münden und hat nach Vorangegangenen die beste Lage, wenn er in der Richtung des herrschenden Windes liegt, sich also — auf die meteorologischen Verhältnisse von Nord-Deutschland bezogen — von West nach Ost erstreckt.

Wo in Folge von baulichen Verhältnissen diese Richtung nicht einzuhalten ist, genüge man wenigstens der Anforderung, dass der Raum nach 2 entgegen gesetzten Himmelsrichtungen in's Freie münden soll, und dem wird man auch in den allermeisten Fällen Folge geben können dadurch, dass man im Kellergeschosse einen Kanal aufmauern lässt, der auf der einen Seite nach der Strafe, auf der anderen nach dem Hofraume mündet.

Der Kanal kann natürlich auch den abgegrenzten Theil eines Kellers bilden; er soll, wenn möglich, so hoch und so breit angelegt werden, dass ihn ein Mensch betreten und reinigen kann, und muss zu dem Ende auch Eingangsthüren haben, welche zugleich als Kommunikations-Thüren zwischen den verschiedenen Kellerräumen dienen können. Diese Thüren so dicht schließend wie nur möglich anfertigen zu lassen, ist eine dringende Forderung. Die Kanalründungen sind durch Gitter, durch Jalousien oder Register vor dem Eindringen von Ungeziefer und dem muthwilligen Hineinwerfen von Steinen und dergleichen zu schützen. Der Kanal muss vor allen Dingen auch durch Zement-Mauerwerk von den angrenzenden Kellerräumen isolirt und durch doppelte Betonschichten gegen die Ausdünstungen des Untergrundes geschützt sein. Ich lege auf dieses Erforderniss um so größeres Gewicht, als fast bis zur Evidenz nachgewiesen ist, dass alle Infektionskrankheiten in ursächlichem Zusammenhange mit der Beschaffenheit des Bodens stehen. Man lasse sich nicht darauf ein, nach dieser Richtung hin Geld sparen zu wollen, und verwerfe alle Vorschläge, welche das Beton-Mauerwerk zu ersetzen zum Zwecke haben. Die Pflasterung des Bodens z. B. ist ungenügend. Ueberhaupt behandle man den Kanal als einen Raum, der das auf seine gute Beschaffenheit, auf seine Sauberkeit und penibelste Reinerhaltung verwendete Kapital reichlich verzinst durch Erhaltung der Gesundheit und in Fällen des Krankseins durch Spendung der allerbesten und dabei billigsten Arznei.

§ 8. Es ist aus Gründen, die ich später anführen werde, im höchsten Grade erwünscht, dass temperirte Luft den zu ventilirenden Räumen zugeführt wird. Die Lage des Kanals im Keller ermöglicht die Erfüllung dieses Wunsches, ohne dass eine besondere Erwärmung der Luft nothwendig würde. Die Luft im Kanale hat im Durchschnitt eine Temperatur von $+6$ bis 7° C. und diese genügt, um die nachtheiligen Folgen des Einfließens solcher Luft, welche gegen die Temperatur der Luft in dem zu ventilirenden Raume eine zu große Differenz aufweist, ausreichend zu verhüten.

[*Anmerkung 14.* Wenn es auch richtig sein sollte, dass die Luft in dem im Keller angelegten Luftzuführungs-Kanal im Durchschnitt eine Temperatur von $+6$ bis 7° hat, so ist damit doch wenig gedient. Bei dem Durchschnitt von $+6$ bis 7° können bedeutend tiefere Temperaturen vorkommen, und selbst wenn 6° das Minimum wäre, so würde die Einführung solcher Luft in Wohnräume bei kräftiger Ventilation nicht zweckmäfsig sein. Warum sollte man die unter solchen Umständen doch nöthige Heizung nicht auch in anderen Räumen, als in Krankensälen, zu besserer Vorwärmung der einzuführenden Luft benutzen? — W.]

Nur in Krankenhäusern, bei welchen es darauf ankommt, kein Mittel zu scheuen, um die Leistungsfähigkeit der natürlichen Ventilation auf's höchste Maaß zu spannen, möchte eine besondere Erwärmung der aus dem Kanale abströmenden Luft zu empfehlen sein. Die diesem Zwecke dienenden Einrichtungen werde ich im Abschnitt III erläutern.

Es sind Ausnahmefälle denkbar, welche die Ausführung des Kanals in der vorgeschriebenen Weise verbieten. Alsdann muss man zu folgendem Nothbehelf greifen.

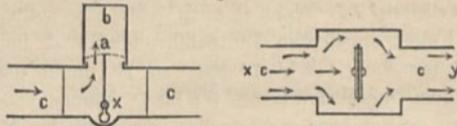
Entweder man legt einen ähnlichen Kanal unterhalb der Sohle des Kellergeschosses an, oder man bringt dicht unter dem Kellergewölbe Zinkblech-Kanäle, oder noch besser Kanäle aus verbleitem Blech an. Solche metallene Kanäle müssen natürlich ebenfalls nach zwei entgegengesetzten Richtungen in's Freie münden; sie müssen auch im Querschnitt mindestens ebenso groß sein wie die Summe der Querschnitte der sich von ihnen abzweigenden Seitenkanäle; sind sie größer, so ist es eher zum Vortheil als zum Nachtheil, und namentlich empfiehlt es sich, die Kanäle zu beiden Seiten von der Mitte aus sich nach den Enden erweitern zu lassen. Diese Form ist die günstigste für eine vortheilhafte Ausbeutung der Wirkungen einer Pression des Windes.

Allerdings ist einer solchen Erweiterung die Nothwendigkeit nicht günstig, dass die Kanäle die Kommunikation im Kellergeschosse nicht hindern, also ein gewisses Gröfsenverhältniss nicht überschreiten dürfen. Es werden dieser Nothwendigkeit zu Folge die Kanäle höchstens eine Weite von $0,2 \text{ m}^2$ im Querschnitt erhalten können.

In Anbetracht dieser Gröfse ist es sehr zweckmäfsig, die Kanäle mit einer Einrichtung zu versehen, die sich nach meiner Erfahrung in der Praxis außerordentlich bewährt hat.

Nämlich überall da, wo sich aus dem in Rede stehenden Kanale, dem Zugkanale, — diesen terminus technicus werde ich für die Folge beibehalten — ein Seitenkanal abzweigt, also ein Kanal, welcher die Leitung der Luft nach dem zu ventilirenden Raume übernimmt, bringe man im Innern des Zugkanals eine bewegliche Platte, und zwar so an, wie es Fig. 6 versinnlicht.

Fig. 6.



a. Bewegliche Platte. b. Seitenkanal. c. Zugkanal.

Die Platte ist um die horizontale Axe x , in welcher auch ihr Schwerpunkt liegt, beweglich und ragt so weit in den Seitenkanal hinein, dass selbst bei der größtmöglichen Drehung ein Umschlagen nach dem Zugkanale hin nicht stattfinden kann.

Die sich der eintretenden Luft entgegen stellende Platte soll aber dem Zugwinde keinen Riegel vorschieben, seine Aktion nicht verhindern. Der Kanal ist daher, wie Figur 6 andeutet, nach beiden Seiten hin ausgebuchtet, so dass die einströmende Luft nicht nur in den Seitenkanal in genügender Menge gelangen, sondern auch, die Ausbuchtungen passierend, neben der Platte vorbeifließen kann. Die Platte ist nur so breit, dass sie sich in dem Seitenkanale frei bewegen kann.

Wenn sich ein Kanal seitlich abzweigt, würde die Axe der Platte vertikal gestellt werden müssen. — Als Material zur Platte ist schwaches Zinkblech zu verwenden.

Der Zweck der beweglichen Platte ist leicht einzusehen. Die einströmende Luft soll in derselben ein Hinderniss finden, welches sie in der Richtung des Seitenkanals ablenkt und dadurch zwingt, in diesen Kanal einzuströmen.

Dass dies geschieht, lehrt folgender Versuch im Kleinen:

Man fertige eine ca. 25 mm weite Röhre an, von der sich etwa in der Mitte eine kleinere ca. 13 mm weite Röhre abzweigt. Bläst man, um die Luftbewegung sichtbar zu machen, in das eine Ende der weiten Röhre Zigarrenrauch ein, so wird derselbe, wenn mit einiger Kraft geblasen wird, die weite Röhre durchströmen, ohne in die engere Röhre einzutreten; der Rauch gleitet, der *vis inertiae* folgend, über die Oeffnung des Seitenrohres hinweg, mag man die Röhre so halten, dass die Seitenröhre aufwärts, oder so, dass sie seitwärts gerichtet steht. — Lässt man nun aber nur ein winziges Schwefelhölzchen durch die Seitenröhre hinab gleiten, so dass das Hölzchen senkrecht zur horizontalen Durchschnitts-Ebene der weiteren Röhre steht, und bläst nun Zigarrenrauch ein, so wird, so stark man auch blasen mag, immer ein Theil des Rauches der Seitenröhre entströmen. Die kleine Fläche eines Schwefelhölzchens ist doch groß genug, um die Ablenkung eines Theils des Rauches zu bewirken. Das Volumen des aus der Seitenröhre tretenden Rauches wächst mit der Größe der sich entgegen stellenden Fläche, wovon man sich durch das Experiment leicht überzeugen kann.

[Anmerkung 15. Dieses Experiment beweist erstens, dass der sogenannte Zug ohne Stauung und Ablenkung nichts nützt, zweitens,

dass ein Zusammenwirken verdünnter und verdichteter Luft nicht nothwendig ist. Es fließt sogar beim Einblasen weniger Luft in die Seitenröhre ab, wenn zugleich auf der anderen Seite der Hauptröhre ein Absaugen der Luft veranlasst wird. — W.]

§ 9. Von den Zugkanälen führen nun also die Seitenkanäle die Luft in die zu ventilirenden Räume ein. Am vortheilhaftesten ist es, wenn sie sich von der Decke der Zugkanäle abzweigen — (die metallenen Zugkanäle habe ich hierbei nicht im Auge) — schon deswegen, weil sie, hoch gelegen, einer Verunreinigung weit weniger ausgesetzt sind.

Aber auch in Bezug auf die Erhaltung der gegebenen Druckkraft ist jene Lage die günstigste; zwar nicht, dass Temperaturdifferenz hierbei eine große Rolle spielen könnte, wohl aber die Reibung. Denn lassen wir die Luft im Zugkanale frei empor steigen, so haben wir so gut wie gar keine Reibung; lassen wir sie aber schon vom Boden des Kanals ab in Seitenröhren aufsteigen, so wird ein so großes Plus an Reibung zu registriren sein, als aus einer Höhe resultirt, welche gleich ist der Entfernung der Seitenkanal-Mündung von der Kanaldecke.

Je kürzer der Weg ist, welchen die Luft in den Seitenkanälen zurückzulegen hat, desto weniger geht durch Reibung an der gegebenen Druckhöhe verloren; je mehr also die aufsteigende Richtung jener Kanäle der Senkrechten sich nähert, desto vortheilhafter ist deren Lage. Scharfe Winkel in den Biegungen sind gänzlich zu vermeiden.

Die billigste Herstellungsart solcher Kanäle möchte wohl die Ausräumung derselben in den Zwischenmauern sein. Leider tritt der Ausführung in dieser Weise ein in der Praxis sich fast immer wiederholender Uebelstand hemmend entgegen. Die Kanäle werden nämlich nicht sauber genug angelegt. Das Glattputzen der inneren Wandfläche ist zu mühsam, zu zeitraubend, auch zu langweilig, als dass die genügende Sorgfalt auf diese so nothwendige Arbeit verwendet würde. Man sehe nur einmal in solche gemauerten Kanäle hinein, welche rauhen, unebenen Flächen, an denen der herunter gefallene Mörtel theilweise in ganzen Stücken sich angesetzt hat, dem Auge sich darbieten werden.

Ich plaidire deshalb für das Einsetzen von glasierten Thonröhren; an deren Innenflächen kann der Arbeiter nichts verderben, auch überhebt das Einmauern von fertigen Röhren den Arbeiter des Nachdenkens darüber, welche Querschnittsgrößen er beim Mauern innehalten soll.

§ 10. Die Platzirung der Seitenkanäle in den Zwischenwänden wird in den beiden untersten Etagen eines Gebäudes keine Schwierigkeit verursachen, wohl aber in den oberen, und zwar einmal deshalb, weil die Zwischenwände in den wenigsten Fällen in den höher gelegenen Etagen die nöthige Stärke besitzen, um die Kanäle ohne Vorlagen bergen zu können; dann aber auch deshalb, weil sie zwischen all' den Schornsteinen und Abfluss-Kanälen, die sich von Stockwerk zu Stockwerk mehr

und mehr anhäufen, kaum den ihnen gebührenden Platz finden werden. Wer des öfteren an die Konstruktion einer Ventilations-Anlage für große Schulen, drei- und vierstöckige Wohnhäuser gegangen ist, wird mir Recht geben, dass es oft der künstlichsten Anordnung bedarf, um all' die Kanäle überhaupt nur unterzubringen.

Bei drei- und mehrstöckigen Häusern bleibt daher nichts anderes übrig, als von der Fundamental-Regel: die drückende Luftsäule so wenig als möglich zu verkürzen, abzugehen und die Zufluss- resp. Zug-Kanäle zwischen den Boden des zu ventilirenden und der Decke des darunter liegenden Raumes einzuschalten, oder auch, sofern es sich um Räume handelt, welche auf dem einen oder dem anderen Flügel des Gebäudes liegen, durch Aussparung in den Giebelmauern dicht über dem Fussboden der Räume die Zugkanäle zu konstruieren.

Ich wende in solchen Fällen einen kleinen Kunstgriff an. Die Lage der Räume im letzten Stockwerke ist nämlich insofern die ungünstigste, als die Abflusskanäle in diesen Räumen naturgemäß die geringste Höhe haben. Um nun dieses ungünstige Verhältniss einigermaßen auszugleichen, lasse ich in die oberen Räume die Außenluft aus Zugkanälen, welche im Kellergeschoss liegen, eintreten und leite dafür in die im mittleren Stockwerk liegenden Räume die Außenluft durch Kanäle der Art ein, wie sie eben beschrieben sind.

Auch die zwischen dem Gebälk liegenden Zufluss-Kanäle müssen nach 2 entgegen gesetzt liegenden Windrichtungen in's Freie münden, damit sie von der verdichteten Luft als Passage benutzt werden können, und müssen ebenfalls mit einer die Luft ablenkenden, beweglichen Klappe armirt sein.

Wenn die baulichen Verhältnisse es irgend gestatten, wähle man für derartige Kanäle die konische Form, von der Mitte aus zu beiden Seiten sich nach den Mündungen erweiternd, wobei die Mitte denjenigen Querschnitt aufweisen muss, der sich aus der Eingangs hergeleiteten Formel für die Ausfluss-Geschwindigkeit ergibt.

Denn wenn auch an luftbewegten Tagen die Pression des Windes es bewirken würde, den etwaigen Mangel eines genügenden Querschnitts durch vergrößerte Geschwindigkeit zu ersetzen, so wird es doch an windstillen Tagen an einem Motor fehlen, der dies zu leisten im Stande ist. Die in Folge von Temperatur-Differenzen sich ergebende Geschwindigkeit wird dadurch keineswegs größer, dass der Zuflusskanal sich nach den Mündungen hin erweitert, und man darf sich nicht etwa mit der Vorstellung tragen, dass ein die weite Röhre ausfüllendes Luftquantum rascher fließen müsste, wenn es in einen engeren Raum einzuströmen gezwungen würde; das wäre ein prächtiges Mittel, um eine schlechte Ventilation auf die leichteste Weise in eine leistungsfähige umzuwandeln. Nein; es kann kein größeres Luftvolumen einströmen, als die engste Stelle im Kanale bei der resultirenden Geschwindigkeit

durchlässt. Die Erweiterung des Kanals hat daher nur zur Folge, dass dort die Luft mit einer geringeren Geschwindigkeit fließt, als an der engeren Stelle.

Eine Vergrößerung der Geschwindigkeit kann, wenn Temperatur-Differenz der Motor ist, in keinem Falle stattfinden.

[*Anmerkung 16.* Auch bei alleiniger Wirkung von Temperatur-Differenzen ist die Erweiterung der Kanäle insofern vorthellhaft, als dadurch der Reibungswiderstand geringer, also die wirkliche Geschwindigkeit im unverändert angenommenen engsten Querschnitt des Röhrensystems größer wird. — W.]

§ 11. Man würde einen großen Fehler begehen, wollte man diese Art von Kanälen dicht unter dem Fußboden des zu ventilirenden Raumes anbringen. In kalten Wintern würde eine fühlbare Durchkühlung der Luftschichten über dem Fußboden die Folge dieser fehlerhaften Einrichtung sein. Eine schützende Lage von Lehm zwischen Kanaldecke und Fußboden eingeschaltet, ist das Mindeste, was zur Abhaltung der Kälte geschehen muss. Eine sehr gute Einrichtung ist die, Eingangs der Kanäle, und zwar an beiden Mündungen, eine in der gleichen Vertikalebene mit der Fensterwand von der Stube aus zu handhabende Drosselklappe in dem Kanale anbringen zu lassen, damit, wenn das Einströmen der Außenluft nicht erwünscht sein sollte, ein vollständiger Abschluss des Hohlraumes unter dem Fußboden gegen außen durch Schließung der Drosselklappe erreicht werden kann.

§ 12. Es sind Fälle denkbar, in denen die eben beschriebenen Kanäle ganz wegfallen und durch einfache Oeffnungen in einer Mauer ersetzt werden können.

Wo z. B. in den höheren Etagen eines frei stehenden Gebäudes in einem breiten, hellen Korridor mittels geöffneter Fenster Zugluft erzeugt werden kann, ist es nicht nur einfacher, sondern auch gerathener, die Außenluft, statt sie durch Fußboden-Kanäle von außen einzuführen, durch einfache Oeffnungen in der an den Korridor angrenzenden Mauerwand aus dem Korridor in die zu ventilirenden Räume einfließen zu lassen.

Dabei ist aber immer die Bedingung vorausgesetzt, dass die Korridorluft durch Zugluft rein erhalten werden kann; aus einem geschlossenen Korridor die Luft zu entnehmen, ist niemals anzurathen.

Es ist wohl selbstverständlich, dass auch die Fußboden-Kanäle durch passende Gitter vor dem Eindringen von Ungeziefer, vor Verunreinigung durch böswillige Hand etc. geschützt werden müssen. Die Vergitterung richte man immer so ein, dass sie leicht zu entfernen ist, um Reinigungen und Reparaturen der Kanäle bequem ausführen lassen zu können.

[*Anmerkung 17.* Die Fenster eines Korridors beständig offen stehen zu lassen, um Zugluft zu erzeugen, ist wohl ein zu selten durchführbares Mittel; man müsste auf dessen Anwendung in der Regel verzichten, wenn auch Staebé's Ansichten über die Wirkung der Zugluft richtig wären. — W.]

§ 13. Auf einen nicht leicht zu vermeidenden Mangel, den die Fußboden-Zuflusskanäle verursachen, sei noch aufmerksam gemacht, namentlich auch um deswillen, um meinen gegen Pécelet (§ 6) gerichteten Ausspruch: dass die Anlegung solcher Kanäle nur eine Ausnahme von der Regel bilden soll, genügend zu rechtfertigen.

Es ist klar, dass so viel Luft, wie durch den Abflusskanal aus einem geschlossenen Raume in's Freie entweicht, von irgend woher auch wieder in den Raum einfließen muss. Die Luft bindet sich aber nicht an bestimmte Eingangstellen, sondern bewerkstelligt überall da ihren Eintritt, wo der größte Druck auf sie einwirkt.

Wenn wir nun durch einen unter dem Fußboden liegenden Kanal die Luft einfließen lassen und annehmen, dass die eintretende Luft einem 2,5^m hohen Ventilations-Ofen, der dieselbe auf 25° C. erwärmt in das Zimmer entlässt, zugeführt wird, so muss jede 2,5^m hohe Luftsäule im Ofen, ehe sie in's Zimmer tritt, in der Höhe von 0,5^m eine Temperatur von 5°, in der Höhe von 1^m eine Temperatur von 10°, in der Höhe von 1,5^m eine solche von 15° und in der Höhe von 2,5^m, wie angenommen, eine Temperatur von 25° haben, wobei vorausgesetzt ist, dass die Außenluft mit der hohen Durchschnitts-Temperatur von 0° in den Ofen eintritt. Wenn die Stubenluft eine Temperatur von 15° zeigt, wird also, abgesehen von der Reibung, erst in der Höhe von 1,5^m der Druck, den die Atmosphäre auf die Luftsäule im Ofen ausübt, gleich sein dem Drucke, den sie auf die Fensterflächen in der Höhe von 1,5^m ausübt, und folgerichtig von letzterer vom Fußboden aufwärts bis zu jener Höhe von 1,5^m überwogen werden. Die in einer Höhe von 1,5^m vor den Fenstern gelagerten Luftschichten werden also ein weit größeres Bestreben haben, in das Zimmer einzutreten, als die im Ofen in jener Höhe befindlichen, und auch überall da einfließen, wo ihnen die Spalten und Fugen der Fenster eine bequeme Eingangspforte bieten. So viel von den kalten Luftschichten eintritt, um so viel weniger kann von den durch den Ofen erwärmten Luftschichten einfließen, um so viel mehr aber wird die Zimmerluft abgekühlt und namentlich, weil die kalten Luftschichten sofort zu Boden sinken, in ihren Fußboden-Schichten, so dass die Insassen gezwungen sind, andauernd ihren Füßen ein kaltes Luftbad angedeihen zu lassen.

Das beste Mittel, diesem ungemüthlichen Zustande zu steuern, ist das Einsetzen von Doppelfenstern.

Jedenfalls wird aber aus dem Gesagten erhellen, dass es gerathen

ist, das Einleiten der Außenluft mittels Fußboden-Kanäle immer nur im Nothfalle zu verwirklichen.

[*Anmerkung 18.* Die Druckdifferenz, der resultirende aufwärts gerichtete Druck, welcher das Emporströmen der warmen Luft im Ventilations-Ofen veranlasst, ist in jeder Höhe, wie bei einer unten und oben offenen Röhre, für die Flächeneinheit gleich groß. (Vgl. Wolpert, Prinzipien § 59 u. 60.)

Es kommt hier nur auf die mittlere Temperatur an und es ist gleichgültig, ob die Luft in der vertikalen Röhre eine nach oben zunehmende oder eine gleichmäßige Temperatur hat.

Wenn man trotz der Anwendung eines Ventilations-Ofens das Einfließen kalter Außenluft durch die Fensterfugen wahrnimmt, so ist entweder der Luftzuführungs-Kanal im Verhältniss zum Abführungs-Kanal zu eng, oder es sind überwiegende Einwirkungen des Windes bei schlecht geschlossenen Fenstern vorhanden. — W.]

Schlussbemerkungen.

§ 14. In den sämtlichen Werken über Ventilation, mit Ausnahme das Wolpert'schen, ist wie schon oben bemerkt, gar kein Gewicht auf die Wirkungen der Pression des Windes gelegt. Eine Erklärung für diese sonst eigenthümliche Erscheinung möchte darin mit zu finden sein, dass man sich unter natürlicher Ventilation immer nur eine solche vorstellt, welche auf Aspiration beruht. Pécelet, Morin, Pettenkofer, Degen — sie alle stellen die maschinelle, auf Pulsion beruhende Ventilation in direkten Gegensatz zu der natürlichen, als einer auf Aspiration beruhenden Ventilation. Eine solche Klassifizierung ist aber im Grunde genommen unzulässig.

Bei der natürlichen Ventilation wird ebenso gut wie bei der künstlichen die Luft in die zu ventilirenden Räume getrieben; ob das eine Maschine oder eine Naturkraft besorgt, ist in Bezug auf die vorliegende Frage ganz gleichgültig, und kommt zur Schwerkraft noch die einem Blasebalge ähnlich wirkende Pression des Windes hinzu, so kann man erst recht von einer Pulsion sprechen, auf welcher die natürliche Ventilation beruht. Man sollte überhaupt die Bezeichnung Aspiration ganz fallen lassen; sie giebt nur zu falschen Vorstellungen Veranlassung, denn auch der Abflusskanal aspirirt nicht; er ist als der eine Schenkel zweier mit einander kommunizirenden Röhren die Fortsetzung desjenigen Schenkels, in den hineingeblasen wird, und deshalb keine Röhre, welche saugt, sondern eine Röhre, in die ebenso hineingeblasen wird, wie in den Zuflusskanal.

Mit einer vorzuschlagenden Umänderung des Sprachgebrauchs würde allerdings immer noch keine Einigung zwischen den sich gegenüber stehenden Parteien: ob Pulsion, ob Aspiration, erzielt werden.

Denn, wenn Morin dem sogenannten Aspirations-Systeme den Vorzug vor dem Pulsions-Systeme giebt, indem er sagt*): „Es — das erstere System — gründet sich auf natürliche, öfter noch auf künstliche Aspiration, welche dadurch bewirkt wird, dass man in den Luftschächten Feuer unterhält, um die verdorbene Luft anzuziehen, wodurch dann folgerichtig frische Luft nachströmen muss,“ so giebt er dadurch zu erkennen, dass er die sogenannte saugende Wirkung des Aspirations-Schachtes in den Vordergrund gestellt, dass er allein diese Wirkung verstärkt wissen will, um eine gute Ventilation zu erzielen. Dagegen wollen v. Pettenkofer, Pécelet und Andere dem Einblasen von frischer Luft durch Maschinen vor allen anderen Einrichtungen den Vorzug geben.

Es geht aus dem Vorangegangenen hervor und wird sich aus dem Nachfolgenden weiter ergeben, dass ich mit Morin dem sogenannten Aspirations-Systeme den Vorzug gebe, aber nicht, weil ich mehr Gewicht auf die Aspiration, sondern umgekehrt auf die Pulsion lege.

Was die durch Maschinenkraft erzeugte Ventilation bewirkt, soll bei der natürlichen Ventilation die Schwerkraft im Bündniss mit der Pression des Windes ausrichten, und sie wird es ausrichten, wenn absolut verdichteter und verdünnter Luft Gelegenheit gegeben wird, den Kampf um's Dasein im Zuflusskanale auszufechten, d. h. wenn Zugwind in diesem Kanale erzeugt wird.

[*Anmerkung 19.* In vielen Fällen ist Maschinenkraft unstreitig das beste, sogar einzig richtige Ventilations-Mittel. Mit der sogenannten natürlichen Ventilation lässt sich zwar viel erreichen; allein wo es darauf ankommt, eine regelmäßige Ventilation zu beschaffen, kann wenigstens der Zugwind nicht als Motor betrachtet werden. Da müssen die Anlagen so berechnet werden, dass sie auch ohne Wind das Verlangte leisten. — W.]

*) Praktisches Handbuch für Einrichtung der Ventilation und Heizung. Nach dem System der Aspiration. Unter Zugrundelegung von Morin's Manuel bearbeitet von L. Degen. Vorwort pag. VIII.

ABSCHNITT III.

Abflusskanal.

Vorbemerkung.

Wie im vorigen Abschnitte werde ich auch in diesem mit der Besprechung der Winterventilation beginnen und in deren Anschluss die Einrichtungen einer Sommer-Ventilation mit Beziehung auf Zufluss- und Abfluss-Kanal abhandeln.

Allgemeines über Abflusskanäle für die Winter-Ventilation.

§ 15. Als Abflusskanal bei der Winter-Ventilation bildet der Kanal denjenigen Schenkel von kommunizirenden Röhren, welcher als eine durch die faktischen Verhältnisse gegebene Gröfse in der Formel

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}}$$

durch H ausgedrückt wird. Je gröfser H und $T-t$, desto gröfser v ; also: je höher der Abflusskanal und je wärmer im Verhältniss zur Außenluft die Luft in ihm, desto gröfser die Geschwindigkeit der fallenden und ausfließenden Luftsäule, desto wirk-samer die Ventilation.

Die beste Vorschrift, die man in Bezug auf die Höhe des Kanals dem Praktiker geben kann, ist die, den Kanal so hoch wie nur irgend möglich aufzubauen; denn schliesslich wird sich die Höhe doch immer den gegebenen Verhältnissen anbequemen müssen. Wenn nun eine die Höhe ausdrückende Maximalziffer zu werden braucht, so ist aber für die Praxis eine Minimalziffer zu registriren, nämlich die Höhe von 3^m. Man verstehe mich jedoch nicht falsch; ich will nicht behauptet haben, dass einem 3^m hohen Abflusskanale jede Wirkung abzusprechen sei, sondern nur den Rath gegeben haben, jedem Abflusskanale eine über 3^m hinaus gehende Höhe zu geben.

In Bezug auf die Gröfse T , welche also die Temperatur der Luftsäule im Abflusskanale ausdrückt, ist für die Praxis ebenfalls als Regel aufzustellen, sie auf eine so große Höhe zu erheben, wie nur möglich; denn die Luft höher als auf 275—280° C. zu erwärmen — welcher Temperaturgrad allerdings die Grenze für den größtmöglichen Nutzeffekt bildet — wird in der Praxis wohl noch nicht einmal annähernd erreicht werden können.

Die Erwärmung der Luft im Abflusskanale kann eine natürliche sein, indem wir den Kanal mit der warmen Stubenluft speisen; sie kann eine künstliche sein, indem wir besondere Heizvorrichtungen in Thätigkeit setzen. Je nach der einen oder der anderen Einrichtung lassen sich geheizte und nicht geheizte Abflusskanäle unterscheiden.

Der nicht geheizte Abflusskanal.

§ 16. Es ist ein großes Verdienst des Professor Böhm in Wien, durch die Ausführung so trefflicher Ventilations-Anlagen im Gebärdhause daselbst gezeigt zu haben, dass die ungeheizten Abzugskanäle — richtig angelegt — doch nicht eine so überflüssige Einrichtung darstellen, als welche sie, wenn ich nicht irre, in den „Medizinischen Jahresberichten“ (Dresden) hingestellt worden sind.

Die ungeheizten Abflusskanäle verwerfen heifst, die allgemeine Anwendung von Ventilations-Anlagen in Wohnhäusern hintertreiben, heifst, die unbemittelte Klasse der Bevölkerung von den Wohlthaten, welche eine Ventilation schafft, ausschließen. Denn kostet es schon Mühe genug, um den Bemittelten auch nur zur Annahme der billigsten Ventilations-Vorrichtungen zu bewegen, um wie viel wüchse die Schwierigkeit, dem Unbemittelten nun gar noch zur Errichtung eines geheizten Abflusskanals das Jawort zu entreifsen.

Es ist ja richtig, dass die ungeheizten Kanäle nur dann funktionieren können, wenn Temperatur-Differenz — abgesehen von der saugenden Wirkung des Windes — vorhanden ist. Diese Bedingung wird aber für eine so große Anzahl von Tagen im Jahre erfüllt, dass die Tage, an denen der Kanal seine Thätigkeit einstellt, eine verschwindende Minorität gegen jene bilden.

Man kann als sicher annehmen, dass — den Sommer mit 60 Tagen abgerechnet, welcher, wie wir später sehen werden, besondere Einrichtungen für sich beansprucht — der ungeheizte Abflusskanal im Durchschnitt an 240 Tagen im Jahre seine volle Schuldigkeit thut, also nur während 60 Tage feiert. Während dieser 60 Tage wird er aber auch nur zur Tageszeit als überflüssig zu betrachten sein, nicht zur Nachtzeit, so dass Alles in Allem gerechnet, der nicht geheizte Abflusskanal wohl mit Recht als empfehlenswerth für die Wohn- und Schlafstube hingestellt werden kann.

Aus meinen in folgenden Paragraphen zusammengestellten Beobachtungen ergeben sich ganz leidliche Resultate über die Wirksamkeit eines in meinem Hause befindlichen, nicht geheizten Abflusskanals von 9,5^m Höhe. Ich komme auf diese Resultate wieder zurück und will, weil ich auch die Untersuchungen über Lage, Einrichtung und Bekrönung von Abflusskanälen einer späteren Diskussion vorbehalte, hier nur noch über das Abhängigkeits-Verhältniss des Zuflusskanals vom Abflusskanale und umgekehrt des Abflusskanals vom Zuflusskanale, bezw. der sich in ihnen vollziehenden Luftströmungen, Beispiele anführen.

Der Tag meiner Beobachtung war der 14. Februar 1876. Windrichtung NW., Temperatur der Außenluft + 2,5°, der Innenluft + 19°. Das Anemometer zeigte für den Abflusskanal 302, für den Zuflusskanal 155 Umdrehungen an. Ich schloss nun den Abflusskanal und stellte das Anemometer in die Oeffnung des Zuflusskanals ein. Das

Zählwerk ergab 92 Umdrehungen. Ich schloss darauf den Zuflusskanal und maafs die Geschwindigkeit der durch den Abflusskanal entweichenden Luft. Das Zählwerk ergab 225 Umdrehungen.

Am 15. Febr. beobachtete ich wiederum: Temperatur-Verhältnisse und Windrichtung dieselben; Abflusskanal 292, Zuflusskanal 141 Umdrehungen.

Nach dem Schliesen des Abflusskanals: Zuflusskanal 91 Umdrehungen; nach dem Schliesen des Zuflusskanals: Abflusskanal 234 Umdrehungen.

Die Luftströmung im Zuflusskanale verminderte sich also von $155 + 141$ Umdrehungen auf $92 + 91$ Umdrehungen, also um ca. 40%; die Luftströmung im Abflusskanale von $302 + 292$ auf $225 + 234$ Umdrehungen, also um ca. 22%. Es lässt sich daraus folgern, dass die Thätigkeit des Abflusskanals an windstillen Tagen weniger von der des Zuflusskanals, als umgekehrt die Thätigkeit des Zuflusskanals von der des Abflusskanals abhängt. Ein Abhängigkeitsverhältniss zwischen beiden ist aber immer vorhanden.

Die gewonnenen Resultate sind auch theoretisch sehr gut zu erklären.* Die Stube, in der die Beobachtungen angestellt wurden, ist $3,14^m$ hoch. Schliese ich den Zuflusskanal, so bleibt die Druckhöhe nahezu dieselbe; die durch Fenster- und Thürspalten sich durchzwängende Außenluft verursacht nur durch Reibung einen größeren Verlust von Druckhöhe. Schliese ich dagegen den Abflusskanal, so verkürze ich die Druckhöhe um etwa 6^m , während der Verlust an Druckhöhe durch Reibung so ziemlich derselbe sein wird, wie im vorangegangenen Falle.

Der geheizte Abflusskanal.

§ 17. Die künstliche Erwärmung des Abflusskanals ist in der verschiedensten Art und Weise versucht und ausgeführt worden. Was wir von diesen Ausführungen wissen, bezieht sich aber meistens nur auf große Räume, auf Krankensäle, Theater, Palläste, Konzertsäle etc. In Bezug auf Schulen, auf das Daheim, auf Restaurants lesen wir von Ausführungen wenig oder nichts.

Ich will versuchen, diese Lücke auszufüllen, wenn es überhaupt eine Lücke ist. Denn was wünschenswerth ist, ist noch nicht immer nothwendig. Man kommt namentlich in Schulen und Wohnhäusern ohne geheizten Kanal recht gut aus.

Wer sich nicht allzu ängstlich nach der Decke zu strecken braucht, der lasse passende Vorrichtungen in der Kinderstube und in der Krankenstube anbringen. Namentlich in der letzteren, in welcher eine rapide Lüfterneuerung zu jeder Jahreszeit wünschenswerth werden kann, ist das Vorhandensein solcher Vorrichtungen zum augenblicklichen Gebrauch in der Zeit der Noth wohl ein großer Vorzug.

Das einfachste, bequemste und dabei ein sehr wirksames Mittel, die Luft im Abflusskanale zu erwärmen, ist uns im Leuchtgas gegeben. Ich

ziehe die Gasfeuerung zum Gebrauch in allen Räumen, mit Ausnahme der Krankenhäuser, jeder anderen Erwärmungsart vor, und zwar aus den Gründen: weil sie immer zur Hand ist, weil ihre Thätigkeit wie am Tage, so in der Nacht sofort eingeleitet und gehemmt werden kann, weil ihre Handhabung keine Verunreinigung durch Staub, Asche etc. verursacht und ihre Abwartung der lieben Bequemlichkeit keine Opfer auferlegt.

Nehmen wir dagegen jede andere Einrichtung: sie wird um nicht viel billiger als die Gasfeuerung zu unterhalten sein, aber jedenfalls in der Handhabung mehr Mühe und Arbeit erfordern. Das gilt namentlich von dem Rostfeuer. Ich bin überzeugt, dass, wo ein solches die Erwärmung der Luftsäule im Abflusskanale bewirken soll, erst die bitterste Nothwendigkeit herantreten muss, ehe die Vorrichtung in Thätigkeit gesetzt wird. Ein Abflusskanal mit solcher Vorrichtung wird mit dem technischen Ausdrucke „Lock-Kamin“ bezeichnet. Nach dem Vorangegangenen ein durchaus falscher Ausdruck.

Wo ist nun der Gasbrenner in dem Kanale anzubringen?

Wenn wir uns vergegenwärtigen, dass T , die Temperatur der Luft im Kanale, die auf die Geschwindigkeit v einwirkende Gröfse ist, so ist es klar, dass der Brenner inmitten des Kanals, in der Axē desselben, seinen richtigen Platz hat. Man sieht des öfteren in Restaurants eine Gasflamme vor einer Oeffnung im Schornsteine angebracht, indem von der Voraussetzung ausgegangen wird, dass die Gasflamme eine aspirirende Kraft besitze. Das Falsche einer solchen Vorstellung ist einleuchtend.

General Morin hat folgende Tabelle über die Wirkungsfähigkeit des Gasfeuers in Kaminen entworfen:

Volumen des in einer Stunde verbrannten Gases.	Vol. der in einer Stunde durch Verbrennen eines cb ^m Gas abgeführten Luft.
0,20 cb ^m	1900 cb ^m
0,40 „	1400 „
0,80 „	700 „
1,00 „	600 „
1,20 „	500 „
1,40 „	450 „

Die Tabelle giebt merkwürdige Resultate an. Durch das Verbrennen von 1,40 cb^m Gas sollen nur 450 cb^m, durch das Verbrennen von 0,20 cb^m dagegen 1900 cb^m Luft durch den Kamin abgeführt werden? Das Verhältniss führt zu dem Schlusse: Das Verbrennen von 0,0 cb^m Gas bewirkt den lebhaftesten Luftabfluss!

[Anmerkung 20. Diese Tabelle giebt keineswegs merkwürdige, sondern ganz gut erklärliche Resultate; sie ist von Staebe falsch aufgefasst worden, wie auch von anderen Autoren.

In der Degen'schen Bearbeitung des Morin'schen Werkes ist der Tabelle Folgendes vorausgeschickt:

„Bei einem gewöhnlichen Kamin mit einem Querschnitt von $0,30^m$ im Quadrat und einer Höhe von 20^m wird die Luft, welche abgeführt werden soll, im umgekehrten Verhältniss zur Menge des verbrannten Gases stehen; denn je weniger Gas im Kamin verbrannt wird, oder je niedriger die Temperatur in demselben gehalten wird, desto mehr Luft wird abgeführt.“

Aehnlich sagt Pollitzer (Der praktische Ingenieur und Baumeister, 1874):

„Bei Saugessen in kleinen Lokalitäten lässt sich annehmen, dass die abgeführte Luftmenge im umgekehrten Verhältniss zu dem für das Saugen zur Verbrennung gelangten Gas steht.“

Danach wäre nicht einzusehen, weshalb man die Erwärmung der Abflusskanäle durch Gas dennoch empfiehlt; in der That würde durch Verbrennung von $0,0 \text{ cb}^m$ Gas der lebhafteste Luftwechsel bewirkt! Staebé will solches aus der Morin'schen Tabelle folgern und betrachtet diese überdies als eine allgemeine, während sie Morin nur als Beispiel bei einem Kamin von bestimmten Dimensionen giebt und sie eine approximative Skala nennt.

Die zweite Kolumne soll offenbar nur die auf 1 cb^m Gas reduzierte Leistung, den Nutzeffekt gleicher Gasmengen für die Luftabführung unter sonst gleichen Umständen angeben und soll damit zeigen, dass schon ein geringer Gasverbrauch eine bedeutende, ein großer Gasverbrauch in demselben Kamin keine in gleichem Verhältniss größere Wirkung erzielen lässt. Dieses hängt einfach damit zusammen, dass auch die theoretische Geschwindigkeit der Luftbewegung nur im Verhältniss der Quadratwurzel der Temperatur-Differenz zunimmt. Verhalten sich die stündlich in einem Kanal verbrannten Gasmengen wie $1:4$, so verhalten sich ebenso die erzeugten Wärmemengen; und wenn sich ebenso die Temperatur-Erhöhungen verhalten würden, so wäre das Verhältniss der sekundlichen Geschwindigkeiten und der in gleichen Zeiten abgeführten Luftmengen $1:2$. Setzt man die Leistung des Kamins im ersten Falle $= 1$, so wäre sie im zweiten bei vierfachem Gaskonsum nur $= 2$. Setzt man dagegen den Nutzeffekt von 1 cb^m Gas im ersten Falle $= 1$, so wäre er im zweiten Falle $= \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$. Da sich aber bei der rascheren Strömung im zweiten Falle die Luft an der größeren Flamme oder größeren Anzahl derselben nicht in demselben Verhältniss mehr erhitzt, so ist auch die Wirkung geringer, und zwar nach Morin ungefähr $\frac{7}{10}$ oder etwas über $\frac{1}{3}$ Nutzeffekt gegen den ersten Fall.

Die hieraus zu ziehende praktische Schlussfolgerung ist:

Vortheilhafter ist es, das anzuwendende Gasquantum auf mehre Abzugskamine zu vertheilen, als es auf die Erwärmung eines einzigen

derselben zu verwenden; weit vortheilhafter z. B. in 4 Schächten von gleichen Dimensionen je 0,2 cb^m Gas stündlich zu verbrennen, als in einem solchen Schacht die ganze Menge = 0,8 cb^m, indem 1 cb^m Gas, oder überhaupt die gleiche in beiden Fällen verwendete Gasmenge im approximativen Verhältniss von 19:7 verwertbet würde.

Noch vortheilhafter natürlich, als die Anwendung von 4 Schächten, ist in dieser Hinsicht die eines Schachtes von vierfachem Querschnitt bei der gleichen Anzahl von Flammen, weil dann die Wärmeverluste und Reibungswiderstände geringer werden. Indessen ist die Anwendung von 4 Kanälen wegen der besseren Luftvertheilung in dem zu ventilirenden Raume gewöhnlich vorzuziehen. — W.]

Meine Beobachtungen liefern andere Resultate. Sie wurden an einem Abflusskanale von 9,5^m Höhe angestellt, nachdem derselbe in folgender Weise dazu vorgerichtet war.

Ich liefs in die untere Oeffnung 4 Strafsenbrenner einlegen und, nachdem in der Axe des Kanals in gleicher Höhe mit der Plafondöffnung ein Thermometer eingehängt war, diese obere Oeffnung durch eine sauber eingekittete Glasscheibe luftdicht verschliessen. Ein Blick durch die Glasscheibe liefs mich den Stand des Thermometers genau erkennen. Die Beobachtungen wurden immer nur an windstillen Tagen angestellt und ergaben die aus unten stehender Tabelle ersichtlichen Resultate.

[*Anmerkung 21.* Mit den Zahlen der Staebes'schen Tabelle scheint es nicht genau genommen zu sein. Dass bei allen Beobachtungen die Temperatur der Zimmerluft 18,7° C., dabei die im nicht geheizten Abflusskanal 16,2 bis 19,4° war, ist unwahrscheinlich.

Tag der Beobachtung	Temperatur der Aussenluft	Temperatur der Innenluft	Wind- richtung	Ohne Gasfeuer	
				Lufttempera- tur im Kanale	v in der Sekunde Meter
1874. 30. März	+ 5,0°	} + 18,7°	N.W.	+ 16,2°	1,069
31. -	+ 8,7		N.W.	+ 18,7	1,163
1. April	+ 3,7		N.W.	+ 17,5	1,107
2. -	+ 10,0		W.	+ 19,0	0,849
3. -	+ 10,0		N.W.	+ 19,4	0,959
18. -	+ 6,2		N.W.	+ 17,0	1,081
20. -	+ 11,2		N.W.	+ 19,0	0,904
25. -	+ 8,7		N.	+ 18,0	0,933

Durchschnitts-Geschwindigkeit in Metern: 1,008

Ferner sind die Temperaturen im Kanale bei Anwendung von Gasflammen, da das Thermometer in geringer Höhe über den Gasflammen und in der Axe des Kanals sich befand, gewiss zu hoch angegeben, d. h. höher als die einer Geschwindigkeits-Berechnung zu Grunde zu legenden mittleren Temperaturen der abfließenden Luft waren. — W.]

Um nun zu wissen, welches Quantum Gas je 1 Flamme bei den Versuchen konsumirt hat, schaltete ich zwischen Rohr und Brenner eine Gasuhr ein, welche das in einer Stunde durchgeflossene Gasquantum in Litern ausdrückt, und bekam folgende Ergebnisse:

Zur Mittagszeit Konsum bei 1 Flamme	126 Liter	} Durchschnitts-Ergebniss von 4 Versuchen.
2 "	157 "	
3 "	167 "	
4 "	177 "	
Zur Nachmittagszeit	1 " 139 "	
2 "	170 "	
3 "	175 "	
4 "	179 "	
Zur Abendzeit	1 " 185 "	
2 "	222 "	
3 "	238 "	
4 "	244 "	

Der Tageskonsum beziffert sich also im Durchschnitt auf:

150 Liter für 1 Flamme	= 0,150 cb ^m
183 " " 2 Flammen	= 0,188 "
193 " " 3 do.	= 0,193 "
200 " " 4 do.	= 0,200 "

Der Abflusskanal hat einen Querschnitt von 0,0547 □^m und es beziffert sich daher, die durch die Tabelle ausgedrückten Durchschnitts-

1 Flamme		2 Flammen		3 Flammen		4 Flammen	
Lufttemp. im Kanale	v in der Sekunde Meter	Lufttemp. im Kanale	v in der Sekunde Meter	Lufttemp. im Kanale	v in der Sekunde Meter	Lufttemp. im Kanale	v in der Sekunde Meter
+ 25,0 ^o	1,466	+ 33,7 ^o	1,718	+ 40,0 ^o	1,915	+ 43,7 ^o	2,014
+ 27,5	1,485	+ 36,2	1,717	+ 40,0	1,942	+ 46,0	1,966
+ 28,0	1,543	+ 37,5	1,796	+ 42,0	1,915	+ 47,0	2,014
+ 31,2	1,389	+ 40,0	1,659	+ 43,7	1,718	+ 47,5	1,855
+ 32,0	1,363	+ 39,5	1,593	+ 43,7	1,749	+ 48,0	1,915
+ 26,2	1,524	+ 33,8	1,757	+ 40,0	1,915	+ 43,7	2,006
+ 30,7	1,268	+ 36,2	1,524	+ 42,0	1,718	+ 47,5	1,875
+ 29,0	1,524	+ 37,5	1,827	+ 43,0	1,942	+ 46,2	2,026
	1,445		1,700		1,850		1,960

Geschwindigkeiten zu Grunde gelegt, das in der Stunde abgeführte Luftquantum auf:

198	cb ^m	ohne Gasfeuer,
284	"	bei 1 Gasflammen,
335	"	" 2 "
360	"	" 3 "
396	"	" 4 "

und, weil die Temperatur der Luft im Abflusskanale im Durchschnitt beim Anzünden von:

1	Gasflamme	von	18,1°	auf	28,7°	C.
2	Gasflammen	"	28,7	"	36,8	"
3	"	"	36,8	"	41,8	"
4	"	"	41,8	"	46,2	"

stieg, werden allgemein durch:

1	Gasflamme,	welche	0,150	cb ^m	Gas	verbraucht,	45,135	Wärme-Einh..
2	Gasflammen,	"	0,183	"	verbrauchen,	93,97	"	
3	"	"	0,193	"	"	127,90	"	
4	"	"	0,200	"	"	166,60	"	

einem Kubikmeter Luft zugeführt.

[*Anmerkung 22.* Der Gasverbrauch wurde nicht in der Zeit der Beobachtungen, sondern an anderen Tagen ermittelt. Der der Rechnung zu Grunde gelegte Gasverbrauch wird also nicht genau sein, vielleicht von dem richtigen weit abweichen. — W.]

Diese Resultate geben genügende Anhaltspunkte, um von Fall zu Fall diejenige Gasmenge zu berechnen, welche verbrannt werden muss, um einen im voraus bestimmten Luftwechsel hervorzubringen.

[*Anmerkung 23.* In wie fern diese Resultate Anhaltspunkte geben sollen, um für spezielle Fälle diejenige Gasmenge zu berechnen, welche verbrannt werden muss, um einen im Voraus bestimmten Luftwechsel hervorzubringen, ist unerfindlich. Unrichtig ist aber die Ansicht, man könne aus den mitgetheilten Beobachtungen finden, wie viele Wärmeinheiten allgemein einem Kubikmeter Luft durch Verbrennen einer bestimmten Gasmenge zugeführt werden; denn dieses hängt auch von der Geschwindigkeit der mit der Flamme in Berührung kommenden Luft, von dem Luftquerschnitt, von der Größe und Beschaffenheit des Brenners und von anderen Umständen ab. Unrichtig sind ferner die Zahlen der angegebenen Wärme-Einheiten. Mit 45 Wärme-Einheiten kann man ungefähr 130 cb^m Luft um 1° C. oder 13 cb^m Luft um 10° C. erwärmen. Hier aber sollen bei der Erwärmung der Luft von 18,1 auf 28,7 C., also um ca.-10°, einem Kubikmeter Luft über 45 Wärme-Einheiten zugeführt worden sein!

Um zu ermitteln, wie viele Wärme-Einheiten einem Kubikmeter

Luft bei den Versuchen — diese als richtig vorausgesetzt — zugeführt wurden, dürfte man einfach in folgender Weise rechnen:

Bei 0° Temperatur ist das Gewicht von 1 cbm Luft = 1,29 kg. Bei der mit Beginn der Gasbenützung vorhandenen Lufttemperatur von 18,1° C. ist es:

$$\frac{1,29}{1 + 0,003665 \cdot 18,1} = 1,2815 \text{ kg}$$

Da die spezifische Wärme der Luft (für 1 kg) = 0,237 ist, so ist die Wärmemenge, welche für je 1° Temperaturerhöhung an 1 cbm Luft von 18,1°, also an 1,2815 kg Luft geliefert werden muss $1,2815 \cdot 0,237 = 0,303715$ oder rund 0,3 W. E.

Dann ergeben sich die folgenden, einem Kubikmeter zugeführten Wärme-Einheiten:

Bei der Temperatur-Erhöhung um 10,6°: $10,6 \cdot 0,3 = 3,18$ W. E.

„ „ „ „ „ 18,7°: $18,7 \cdot 0,3 = 5,61$ „

„ „ „ „ „ 23,7°: $23,7 \cdot 0,3 = 7,11$ „

„ „ „ „ „ 28,1°: $28,1 \cdot 0,3 = 8,43$ „

Nach Staebe's Beobachtungsergebnissen kann man auch mit Rücksicht darauf, dass bekanntlich durch Verbrennung von 1^l Leuchtgas 6,02 W. E. produziert werden, folgende Kontrol-Tabelle aufstellen:

1	2	3	4	5		7		8
				Angebl. geförd. Luftmenge		Aus 4 und 5 oder 6 sich ergebende W.-E., zugeführt		
				cbm von 18,1°C.	Kilogr.	einem cbm	im Ganzen	
Zahl der Flammen	Stündlicher Gas-Verbrauch	Produzierte W. E.	Angebl. Temperaturerhöhung					
1	150 Liter	903,00	10,6° C.	284	363,94	3,18	903,12	
2	183 -	1101,66	18,7 -	335	429,30	5,61	1879,3	
3	193 -	1161,86	23,7 -	360	461,34	7,11	2559,6	
4	200 -	1204,00	28,1 -	396	507,47	8,43	3338,3	

Die der Luft zugeführte Wärmemenge kann höchstens so groß sein wie die produzierte. Nun sind aber die Zahlen der Kolonne 8 größer als die der Kolonne 3, und zwar mit Ausnahme der ersten um so viel, dass man nicht umhin kann, irrthümliche Beobachtungen anzunehmen.

Sehr wahrscheinlich sind die Angaben der Temperaturerhöhungen sowohl wie der abgeführten Luftmengen zu groß, und es ist möglich, dass die Schuld der Fehler zum Theil den verwendeten Instrumenten, Thermometer und Anemometer, zur Last fällt. Unter diesen Umständen ist natürlich auf die aus diesen Mittheilungen Staebe's gemachten und möglicher Weise noch zu machenden Folgerungen für die Praxis kein Werth zu legen. — W.]

Dass die gefundenen Ausflussmengen unter sich in demselben Verhältnisse stehen, wie die theoretisch sich ergebenden, beweist folgende Auseinandersetzung:

Der Abflusskanal, der mir zu den Beobachtungen gedient hat, ist 9,42 m hoch. Nehme ich die Temperatur der Außenluft zu 0° an, so berechnet sich die theoretische Geschwindigkeit bei der durch:

1	Gasflamme	erzeugten Wärme	von 28,7°	zu 3,946 m
2	do.	do.	do.	„ 36,8° „ 4,469 „
3	do.	do.	do.	„ 41,8° „ 4,762 „
4	do.	do.	do.	„ 46,2° „ 5,004 „

Diese Geschwindigkeiten mit den wirklich gefundenen verglichen, bzw. in ein Verhältniss gesetzt, ist die theoretische um ein und dasselbe Vielfache größer als die wirkliche, nämlich bei:

1	Gasflamme	um das 2,7fache,
2	Gasflammen	„ „ 2,6 „
3	do.	„ „ 2,5 „
4	do.	„ „ 2,5 „

wodurch der Beweis der Uebereinstimmung erbracht ist.

§ 18. Die Erwärmung der Luft im Abflusskanale durch Gasfeuer ist namentlich in Restaurants, wo es vor allen Dingen darauf ankommt, den lästigen Zigarrenrauch zu entfernen, so recht am Platze; nur muss man die Leistungen, welche zu prästiren sind, nicht zu gering veranschlagen.

Nach meinen Beobachtungen kann man annehmen, dass die rauchfreie Atmosphäre eines Raumes von 100 cb^m, in welchem gleichzeitig 10 Menschen verkehren und rauchen, nach Verlauf einer halben Stunde mit Zigarrenrauch sichtlich angefüllt ist; man hätte also, um die Atmosphäre rauchfrei zu erhalten, den Raum von 100 cb^m innerhalb einer halben Stunde einmal, innerhalb einer vollen Stunde 2mal vollständig gegen frische Luft auszuwechseln. Das macht für den Kopf eine Luftzufuhr von 20 cb^m pro Stunde nothwendig, um ein Lokal ziemlich rauchfrei zu erhalten. Nun sehe man sich derartige Lokale an, ob jenen Anforderungen auch nur annähernd Rechnung getragen wird.

Ich kenne Restaurants von ca. 200 cb^m Rauminhalt, in denen öfter 50 Menschen und mehr zu gleicher Zeit verkehren. Die einzige Vorrichtung, um den Rauch zu entfernen, besteht darin, dass eine kleine Gasflamme vor einer Oeffnung im Rauch-Schornsteine brennt, welche höchstens 0,15 m im Quadrat groß ist. Nehmen wir auch die Geschwindigkeit der einströmenden Luft zu 1,6 m an, so wird doch nur ein Luftvolumen von 150 cb^m in der Stunde aus dem Lokale entfernt, während 1000 cb^m in derselben Zeit hätten ausfließen müssen, um die Atmosphäre erträglich zu erhalten.

Um den Zigarrenrauch so schnell als möglich aus dem Niveau der Augen zu entfernen, ist folgende Einrichtung zu empfehlen:

Überall da, wo im Raume Gasflammen brennen, lasse man die über den Flammen angebrachten Schirme in ca. 25—50 mm weite Blechröhren einmünden, so dass der Rauch von diesen Röhren aufgenommen werden kann. Die einzelnen Röhren vereinige man an der Decke des Lokals zu einem oder mehreren Sammelkanälen, wie es gerade die Symmetrie verlangt, und führe diese Sammelkanäle in die Plafondöffnung des Abflusskanals; sie können auch seitlich der Oeffnung einmünden, so dass der Rauch unmittelbar in die Gasflamme des Abzugskanals geleitet wird.

§ 19. Ausser der Leuchtgas-Feuerung sind nun die verschiedenartigsten Methoden denkbar, um die Luft im Abflusskanale zu erwärmen.

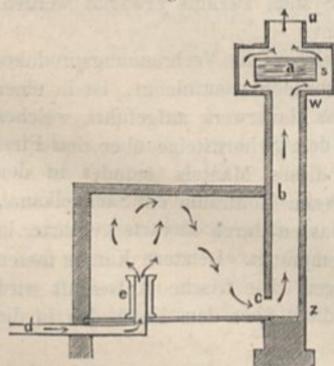
Wie schon vorhin bemerkt, bin ich kein Freund von der Methode, im Kanale selbst ein Rostfeuer zu entzünden, sei es, dass der Feuerheerd in der Form eines Kamines mit dem zu ventilirenden Raume direkt, oder — an der Basis des Kanals angebracht — durch eine abwärts geleitete Röhre mit dem zu ventilirenden Raume in Verbindung steht. Abgesehen davon, dass die Bedienung eines solchen offenen Feuers die Bequemlichkeit auf harte Proben stellt, wird es auch nicht zu vermeiden sein, dass namentlich beim Anzünden des Feuers der Rauch zurücktritt und die Zimmer anfüllt.

Die unverständigste Herstellungsart eines solchen Lockkamines ist aber die, den Feuerheerd hoch oben im Kanale, in der Höhe des Bodenraumes, anzubringen.

Der Abflusskanal des Ventilations-Systems Duvour-Leblanc, ausgeführt im Spital La Ribouisière in Paris, gehört in jene Kategorie.

Enthalten wir uns der Wiedergabe alles Nebensächlichen, so lässt sich die Ventilation eines Saales nach genanntem Systeme folgendermaassen skizziren:

Fig. 7.



- a. Expansionsgefäß, mit warmem Wasser gefüllt.
- b. Abflusskanal.
- c. Mündung des Abflusskanals am Fußboden des Saals.
- d. Zufusskanal.
- e. Wasserofen.

Die gegebene Druckhöhe $u z$ sei $= 10^m$. Die Luft im Kanalstück $w z$ hat keine höhere Temperatur als Zimmer-Temperatur. Nehmen wir diese zu 15° und die Temperatur im oberen Raume $u w$, welcher das Expansionsgefäß enthält, zu 40° an, die Temperatur der Außenluft zu $+ 5^\circ$ und die Höhe $z w = 3 u w$, so wird T als

mittlere Temperatur der Luftsäule $u z =$ ungefähr 21° C. und die theoretische Geschwindigkeit ist dann:

$$v = \sqrt{\frac{2 g H (T-t)}{273+t}} = \sqrt{\frac{19,62 \cdot 10 \cdot (21-5)}{278}} = 3,36 \text{ m.}$$

Wäre dagegen das Expansionsgefäß an der Basis des Abflusskanals angebracht, so wäre $T = 40^{\circ}$, also die theoretische Geschwindigkeit:

$$v_1 = \sqrt{\frac{19,62 \cdot 10 \cdot (40-5)}{278}} = 4,97 \text{ m.}$$

Der Verlust, den die falsche Disposition zur Folge hat, ist demnach $1,61 \text{ m}$ oder ungefähr $\frac{1}{3}$ der größeren Geschwindigkeit.

[**Anmerkung 24.** Das Beispiel ist für die gegebene Kritik des sogenannten Lockkamins nicht passend gewählt, weil man das Expansionsgefäß nur am höchsten Theile des Wasserheizungs-Systems anbringen kann, nicht aber, wie Staebe für besser hält, am Fußboden des geheizten Raumes. Doch mag man sich statt des Expansionsgefäßes einen Feuerherd, Gasflammen oder irgend eine andere Wärmequelle denken, die eben so gut unten angebracht werden könnte, wobei also die Anbringung des sogenannten Lockfeuers im Dachraume unrationell wäre. Uebrigens hat man auch bei Wasserheizungen die Wärme des allgemeinen Schornsteins durch Einlegung von Wasserrohren in diesen und durch tiefere Einführung der Luftableitungskanäle für die Ventilation besser nutzbar gemacht. — W.]

Beispiele zur Vergleichung der Wirkungen verschiedener Abflusskanäle.

In neuerer Zeit erfahren, namentlich in Schulen, deren Klassen durch Heißwasserheizung nach dem System Perkins erwärmt werden, die Abflusskanäle folgendes Arrangement:

Um den eisernen Schornstein, welcher die Verbrennungsprodukte von dem im Souterrain liegenden Feuerherde aufnimmt, ist in einer Entfernung von ca. $0,3 \text{ m}$ ein Mantel aus Mauerwerk aufgeführt, welches Mauerwerk sich in gleicher Höhe mit dem Schornsteine über den First des Daches erhebt. An der Basis dieses Mantels mündet in den zwischen Mantel und Schornstein gelegenen Hohlraum ein Sammelkanal, welcher die Luft aus den einzelnen Klassen durch abwärts geführte, in den Mittelmauern ausgesparte Kanäle empfängt. Letztere Kanäle fassen die Klassenluft mittels Plafond-Oeffnungen. Die frische Außenluft wird durch Oeffnungen in der Fensterwand dicht über dem Fußboden in die Klassen eingeführt.

Die Intention geht dahin:

Der Hohlraum zwischen Mantel und heißem Schornsteine kommu-

nizirt durch den Sammelkanal und abwärts geführte Kanäle mit den Klassen, welche ihrerseits wieder durch die Oeffnungen in der Fensterwand mit der Aufsenluft in Verbindung stehen. Durch Abgabe der Wärme seitens des Schornsteins erwärmt sich die Luft im Hohlraum; ihre Temperatur übersteigt die der Klassenluft, es muss daher die Aufsenluft die Klassenluft durch den Sammelkanal nach dem Hohlraume drücken und die Klassenluft die Luft im Hohlraume verdrängen, so dass ein Luft-Austausch zwischen Aufsenluft und Innenluft hergestellt wird. Dass indessen hierbei die Druckkraft durch Reibung und Temperatur-Verlust theilweise wieder abgeschwächt wird, geht aus den nachfolgenden Beispielen hervor, von denen jedem einzelnen eine andere spezielle Anordnung zu Grunde liegt.

[*Anmerkung 25.* Da die richtige Berechnung der wirklichen Abfluss-Geschwindigkeiten bei diesen Beispielen nicht ganz einfach ist, wird es zweckmäßig sein, eine Zusammenstellung, beziehungsweise Entwicklung der anzuwendenden Gleichungen voraus zu schicken.

Die theoretische Geschwindigkeit des Ausflusses der Luft in kältere Luft ist bekanntlich, wenn T und t in Celsius-Graden gesetzt werden und H die vertikal gemessene Höhe der zu hebenden wärmeren Luftsäule bedeutet:

$$V = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} \quad (1)$$

Diese Gleichung gilt für jedes Maafssystem und es ist

$$2g = 19,62^m.$$

Sucht man die wirkliche Geschwindigkeit der Luft in einem Kanal oder Schornstein von gleichmäßigem Querschnitt, so dass — gleiche Temperatur vorausgesetzt — die Geschwindigkeit in allen Querschnitten gleich groß ist, so wird, wenn man mit L die ganze Leitungslänge, mit F die Fläche des Querschnitts, mit U den vom Luftstrom berührten Umfang, mit K den Koeffizienten der Reibung bezeichnet (Vergl. Wolpert, Prinzipien S. 291):

$$v^2 = 2g \left(\frac{H(T-t)}{273+t} - \frac{KL U v^2}{F} \right)$$

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkLU}{F}\right)} \quad (2)$$

Ist der Querschnitt quadratisch oder kreisförmig, mit der Seite bzw. dem Durchmesser D , so wird

$$\frac{U}{F} = \frac{4D}{D^2} \text{ bzw. } = \frac{D\pi}{\frac{1}{4}D^2\pi} = \frac{4}{D}$$

Dann kann man schreiben:

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL4}{D}\right)}$$

und wenn man K statt $4k$ setzt:

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gKL}{D}\right)} \quad (3)$$

Wurde K bei der Rechnung nach pr. Fufs = 0,00075 angenommen, so war $k = \frac{1}{4}K = 0,0001875$. Bei Anwendung des Metermaafses ist

$$K = 0,00075 \cdot 3,1862 = 0,0024$$

also $k = 0,0006$.

(Péclet hat $K = 0,0025$ gesetzt).

Wenn der Kanal aus zwei verschieden weiten Theilen (etwa einem horizontal, oder schräg, oder abwärts geführten Luftkanal und einem weiteren Schornstein) besteht und v die wirkliche Geschwindigkeit im ersten Theil bei den Werthen L, U, F , dann v_1 die Geschwindigkeit im zweiten Theil bei den Werthen L_1, U_1, F_1 bezeichnet, hat man allgemein:

$$v^2 = \frac{2gH(T-t)}{273+t} - \frac{2gkLUv^2}{F} - \frac{2gkL_1U_1v_1^2}{F_1}$$

$$v = \sqrt{\left(\frac{2gH(T-t)}{273+t} - \frac{2gkL_1U_1v_1^2}{F_1}\right)} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkLU}{F}\right)} \quad (4)$$

Wenn nach zufällig bekannten Verhältnissen die Geschwindigkeit v_1 durch v ausgedrückt werden kann, wenn also für den zweiten weiteren Theil $v_1 = \frac{v}{n}$ ist, wird:

$$v^2 = \frac{2gH(T-t)}{273+t} - \frac{2gkLUv^2}{F} - \frac{2gkL_1U_1v^2}{F_1n^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkLU}{F} + \frac{2gkL_1U_1}{F_1n^2}\right)} \quad (5)$$

Wenn beide Geschwindigkeiten als gleich anzunehmen sind, also $n = 1$ und $v_1 = v$ wird, ist die wirkliche sekundliche Geschwindigkeit:

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkLU}{F} + \frac{2gkL_1U_1}{F_1}\right)} \quad (6)$$

Bemerkung. Ich setze die gemeinsamen Faktoren $2gk$ nicht außer Klammer, weil es für die Rechnung mit Logarithmen unbequem wäre.

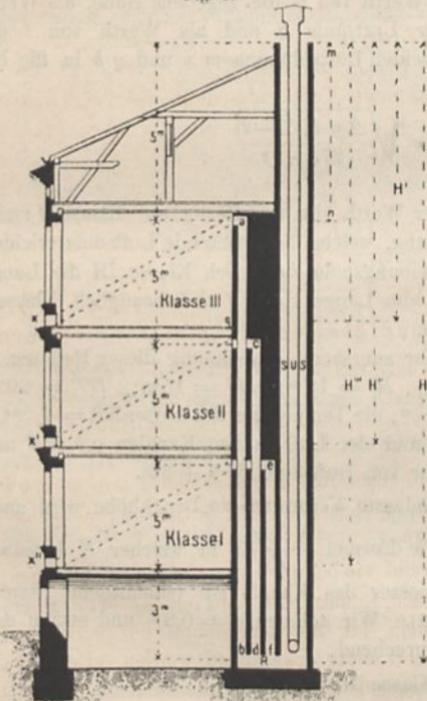
Dass man, analog verfahrend wie bei den vorstehenden Gleichungen, auch für drei und beliebig viele Kanalstücke von verschiedenen Querschnitten die richtigen Formeln für die Berechnung der wirklichen Geschwindigkeit findet, braucht kaum erwähnt zu werden. Bei allen diesen Gleichungen ist vorausgesetzt, dass bei verschiedenen Temperaturen des Luftstroms die Geschwindigkeit v immer für den mit Rücksicht auf das veränderliche Volumen der Luft relativ kleinsten Luft-Querschnitt gilt; ferner, dass die Mündungen in den Räumen so

weit und so geformt, auch Kanäle von verschiedenen Querschnitten so allmählich in einander übergeführt sind, dass die Kontraktion unberücksichtigt bleiben kann; endlich dass alle Kanal-Theile, wo Richtungs-Aenderungen vorkommen, gehörig ausgerundet sind.

Staebe scheint diese Voraussetzungen ebenfalls gemacht zu haben, aber außerdem noch die irrthümliche, dass in denjenigen Kanälen, in welchen die Luft vertikal aufwärts geführt wird, keine Reibung in Rechnung zu bringen sei, während er doch für die Abwärtsführung Druckhöhen-Verluste durch Reibung berechnet.

Die in die Rechnungen eingeführten Höhen stimmen nicht immer genau mit den durch die Zeichnungen dargestellten überein, doch mag dieses unberücksichtigt bleiben, weil dadurch die Resultate nicht wesentlich beeinflusst werden und der Zweck der Beispiele doch nur die allgemeine Veranschaulichung und Vergleichung verschiedener Anordnungen ist. Auch in so fern als die Beispiele die Berechnungsweise

Fig. 8.



^u Eiserner Schornstein. *S, S* Hohlraum. *k* Sammelkanal. *a b, c d, e f* abwärts geführte Kanäle. *x, x1, x2* Eintrittsöffnungen für die Außenluft.

lehren sollen, kommt es auf die genauen Maasse nicht an. Ich behalte aus diesen Gründen und des Vergleichs der Resultate wegen in meinen folgenden Berechnungen die Zahlen-Angaben Staebe's bei. Genau genommen sollten die Höhen-Maasse von den Mitten der Öffnungen aus gerechnet werden, was nicht immer geschehen ist. — W.]

Beispiel I. (Fig. 8.)

Fig. 8 versinnlicht uns das System, von welchem so eben gesprochen wurde.

Es ist aber im vorliegenden Falle *H* nicht die Luftsäule der Atmosphäre, welche als drückende angesehen werden kann; man muss vielmehr *H* als aus verschiedenen Drucksäulen zusammengesetzt sich vorstellen.

In Klasse III drückt erstens auf Säule S eine Luftsäule $= m n + a b$. Es übt aber auch Säule $n x$ einen Druck auf $x a$ aus, welcher Druck sich nach a fortpflanzt, also den Druck der Säule $a b$ verstärken muss. Es ist demnach bezüglich Klasse III der Gesamtdruck gleich dem Drucke, welcher aus dem Drucke von $m n + a b$ auf S resultirt, + dem Drucke, welchen $n x$ auf $x a$ ausübt. Zu demselben Resultate der Betrachtung kommen wir noch auf einem anderen Wege: Sehen wir nämlich das Röhrenstück $x a q$ als eine Röhre für sich an, als einen Heber, so haben wir 2 Luftsäulen $x a$ und $a q$, welche vollkommen im Gleichgewicht mit einander sind. Wir können also, unbeschadet des Druckes, dieses Röhrenstück wegnehmen, d. h. die beiden Luftsäulen ganz außer Acht lassen und haben dann eine Luftsäule $m x$, welche mit einer gleich hohen Luftsäule im Raume S , sowie eine Luftsäule $q b$, welche mit einer gleich hohen Luftsäule im Raume S nicht im Gleichgewichte ist; $m x + q b$ sind aber $= S$ und $S = H$, und wir haben daher, um V zu finden, als Werth von H die gegebene Höhe, als Werth von T die Temperatur der Luftsäule S und als Werth von t die Mischungs-Temperatur der beiden Luftvolumina $m x$ und $q b$ in die bekannte Formel

$$V = \sqrt{\frac{2 g H (T-t)}{273 + t}}$$

einzusetzen.

In gleicher Weise ist der Werth von t in Bezug auf Klasse II und I zu berechnen. Um die Reibung, welche die drückende Luftsäule erleidet, zu finden, haben wir als Reibungshöhe bezüglich Klasse III die Länge von $a b$, bezüglich Klasse II die Länge von $c d$ und bezüglich Klasse I die Länge von $e f$ anzusehen.

Wenden wir uns nunmehr zuerst zur Berechnung dieser Reibung.

Wir setzen $H = 23^m$; $H' = 10^m$; $H'' = 15^m$; $H''' = 20^m$; $a b = 18^m$; $c d = 13^m$; $e f = 8^m$; die Temperatur der Außenluft $= + 5^{\circ}C$.; Temperatur der Klassenluft und der Luft in den Kanälen $a b$, $c d$ und $e f = + 15^{\circ}$; $T =$ Temperatur von Luftsäule $S = + 30^{\circ}$.

Der durch Reibung veranlasste Verbrauch an Druckhöhe wird nach Schinz ausgedrückt durch die Formel $\frac{K l \cdot v^2}{d}$, in welcher K konstant $= 0,00238$ und $d =$ Durchmesser des Kanals ist (sämmtliche Dimensionen in Metern ausgedrückt). Wir nehmen $d = 0,3^m$ und setzen den Werth von l der Skizze entsprechend:

für Klasse III $= 18^m$,
 " " II $= 13^m$,
 " " I $= 8^m$.

Gehen wir zur Berechnung von $t =$ Mischungstemperatur der in Betracht kommenden Luftvolumina über.

Die Mischungstemperatur t^0 eines Luftvolumens N von der Temperatur t mit einem Luftvolumen M von der Temperatur T ist

$$= \frac{Nt(1+aT) + MT(1+at)^*}{N(1+aT) + M(1+at)}$$

Im vorliegenden Falle, da $t = 5$ und $T = 15$, ist t^0 für:

$$\text{Kl. III} = \frac{10 \cdot 5 (1 + 0,003665 \cdot 15) + 13 \cdot 15 (1 + 0,003665 \cdot 5)}{10 (1 + 0,003665 \cdot 15) + 13 (1 + 0,003665 \cdot 5)} = 10,6^\circ \text{C.}$$

$$\text{Kl. II} = \frac{15 \cdot 5 (1 + a \cdot 15) + 8 \cdot 15 (1 + a \cdot 5)}{15 (1 + a \cdot 15) + 8 (1 + a \cdot 5)} = 8,4^\circ \text{C.}$$

$$\text{Kl. I} = \frac{20 \cdot 5 (1 + a \cdot 15) + 3 \cdot 15 (1 + a \cdot 5)}{20 (1 + a \cdot 15) + 3 (1 + a \cdot 5)} = 6,3^\circ \text{C.}$$

Bevor zu weiteren Resultaten gelangt werden kann, muss man sich die gesammte Druckhöhe H in zwei Theile h , und h'' , zerlegen, von denen der erstere h , die gesuchte Geschwindigkeit v erzeugt, der zweite dagegen dem vorher erwähnten Druckhöhen-Verluste entspricht. Alsdann ist:

$$h + h'' = \frac{H(T-t)}{273+t} \text{ also,}$$

$$\text{da } h = \frac{v^2}{2g}$$

$$h'' = \frac{Klv^2}{d} \text{ zu setzen,}$$

$$\frac{v^2}{2g} + \frac{Klv^2}{d} = \frac{H(T-t)}{273+t} \text{ und somit}$$

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)d}{(273+t)(d+2gKl)}}$$

Werden einerseits die Werthe von l , andererseits die Mischungs-Temperaturen für die verschiedenen Klassen eingetragen, so ergibt sich:

$$\text{für Kl. III: } v''' = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 23 (30 - 10,6) \cdot 0,3}{(273 + 10,6) (0,3 + 2 \cdot 9,81 \cdot 0,0025 \cdot 18)}} = 2,80 \text{ m}$$

$$\text{für Kl. II: } v'' = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 23 (30 - 8,4) \cdot 0,3}{(273 + 8,4) (0,3 + 2 \cdot 9,81 \cdot 0,0025 \cdot 13)}} = 3,33 \text{ m}$$

$$\text{für Kl. I: } v' = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 23 (30 - 6,3) \cdot 0,3}{(273 + 6,3) (0,3 + 2 \cdot 9,81 \cdot 0,0025 \cdot 8)}} = 4,01 \text{ m}$$

[**Anmerkung 26.** Zu Beispiel I. Für die Auffindung der wirklichen Geschwindigkeiten hat man folgende Betrachtungen und Berechnungen anzustellen:

*) Wölpert's Prinzipien, S. 59.

Die Luftabströmung geschieht durch je zwei auf einander folgende vertikale Kanäle; die kleinen horizontalen Verbindungs-Theile mögen in den Längen der vertikalen Kanäle inbegriffen angenommen werden. Sind die abwärts führenden Kanäle quadratisch mit je $0,3^m$ Seite und ist der Querschnitt des Ventilations-Schornsteins um das Rauchrohr so groß, dass die aus den drei Kanälen dort zusammen kommende Luft mit der mittleren Geschwindigkeit der drei Ströme bei einer Temperatur-Erhöhung von 15 auf 30° weiter strömen kann, so muss die Querschnitts-Größe daselbst sein

$$0,3^2 \cdot 3 \frac{1 + 0,003665 \cdot 30}{1 + 0,003665 \cdot 15} = 0,284 \square m;$$

dann ist bei Annahme eines mit quadratischem Querschnitt von der Seite x gemauerten Ventilations-Schornsteins, in dessen Mitte das eiserne Rohr vom Durchmesser D sich befindet:

$$x^2 - \frac{1}{4} D^2 \pi = 0,284$$

und wenn $D = 0,3^m$ genommen wird: $x = 0,5956^m$.

Folglich ist für den Ventilations-Schornstein

$$\begin{aligned} U_1 &= 4 x + D \pi \\ &= 2,3824 + 0,9425 = 3,325^m \\ F_1 &= 0,284 \square m \end{aligned}$$

Den Quotienten $\frac{U_1}{F_1} = \frac{3,325}{0,284}$ in die Berechnung der Einzelgeschwindigkeiten einzuführen ist zulässig, weil man annehmen kann, dass für irgend einen Kanaltheil, welchen ein Strom einnimmt, das Verhältniss des eingenommenen Querschnitts zu den berührten Wandungen dasselbe bleibt. Die zu suchenden wirklichen Geschwindigkeiten in den abwärts geführten Kanälen von $0,3^m$ Seite seien v''' , v'' , v' . Im Ventilations-Schornstein ist bei der angenommenen höheren Temperatur die Geschwindigkeit die mittlere, nämlich $\frac{1}{3} (v''' + v'' + v')$, wenn der Durchfluss-Querschnitt $0,284 \square m$ beträgt. Dieser Werth $\frac{1}{3} (v''' + v'' + v')$ ist in die Gleichungen für v''' , v'' und v' einzusetzen, um diese Einzelwerthe selbst zu finden.

Wenn die Bezeichnungen U , F , L''' , L'' , L' für die drei Kanäle von den Sälen bis zum Ventilations-Schornstein und L_1 , U_1 , F_1 für diesen Schornstein gelten, sind die Gleichungen für die wirklichen Geschwindigkeiten folgende:

$$v''' = \sqrt{\left(\frac{2gH(T-t)}{273+t} - \frac{2gkL_1U_1(v'''+v''+v')^2}{9F_1}\right)}$$

$$: \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL''U}{F}\right)}$$

$$v'' = \sqrt{\left(\frac{2gH(T-t)}{273+t} - \frac{2gkL_1U_1(v'''+v''+v')^2}{9F_1}\right)}$$

$$: \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL''U}{F}\right)}$$

$$v' = \sqrt{\left(\frac{2gH(T-t)}{273+t} - \frac{2gkL_1U_1(v'''+v''+v')^2}{9F_1}\right)}$$

$$: \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL'U}{F}\right)}$$

Aus diesen drei Gleichungen können die drei Unbekannten gefunden werden. Doch ist die Lösung umständlich und eine weniger umständliche Lösung gewiss erwünscht; eine solche ist hier anwendbar und wenn sie auch nicht ganz so genaue Resultate liefert, zulässig, weil in der Wirklichkeit Umstände vorkommen, die in der Rechnung nicht berücksichtigt werden können, und weil man die Rechnung für die vermuthlich ungünstigsten Umstände ausführt.

Es ist zwar keineswegs die der mittleren Geschwindigkeit entsprechende Temperatur t das arithmetische Mittel der drei verschiedenen Werthe, die mit t''' , t'' , t' bezeichnet werden mögen; eben so wenig ist die dem mittleren Reibungswiderstande entsprechende Kanallänge L das arithmetische Mittel der drei Kanallängen L''' , L'' , L' .

Auch ist die mittlere Geschwindigkeits-Höhe, deren allgemeiner Ausdruck $\frac{v^2}{2g} = \frac{H(T-t)}{273+t} - \frac{kLUv^2}{F}$. . . ist, nicht das arithmetische Mittel der verschiedenen Geschwindigkeitshöhen. Da sich die Geschwindigkeiten verhalten wie die Quadratwurzeln aus den Geschwindigkeitshöhen, so ist die Geschwindigkeitshöhe, welche der mittleren Geschwindigkeit entspricht, das Quadrat des arithmetischen Mittels aus den Quadratwurzeln der vorhandenen Geschwindigkeitshöhen; mit anderen, weniger verwickelt klingenden Worten: die Quadratwurzel der Geschwindigkeitshöhe für die mittlere Geschwindigkeit ist das arithmetische Mittel aus den Quadratwurzeln der gegebenen Geschwindigkeitshöhen.

Allein unter den vorliegenden Verhältnissen sind die Resultate der strengen und der folgenden annähernden Berechnung wenig verschieden.

Man darf zuerst die approximative mittlere Geschwindigkeit durch Einführung der mittleren Temperatur und mittleren Kanallänge aufsuchen. Im vorliegenden Falle ist die mittlere der nicht konstanten Temperaturen:

$$t = \frac{t''' + t'' + t'}{3} = \frac{10,6 + 8,4 + 6,3}{3} = 8,43^\circ \text{C.}$$

ferner die mittlere Kanallänge (ohne Berücksichtigung der überall gleichen Schornsteinlänge):

$$L = \frac{L''' + L'' + L'}{3} = \frac{18 + 13 + 8}{3} = 13 \text{ m.}$$

Da hier zufällig t fast genau mit t'' und L genau mit L'' übereinstimmt, so liegt es nahe, zuerst die wirkliche Geschwindigkeit v'' für den mittleren Kanal zu berechnen und diese anstatt $\frac{1}{3}(v''' + v'' + v')$ in die Gleichungen für v''' und v' einzusetzen.

Man hat also zunächst:

$$\begin{aligned} v'' &= \sqrt{\frac{2gH(T-t'')}{273+t''}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL''U}{F} + \frac{2gkL_1U_1}{F_1}\right)} \\ &= \sqrt{\frac{19,62 \cdot 23(30-8,4)}{273+8,4}} \\ &: \sqrt{\left(1 + \frac{19,62 \cdot 0,0006 \cdot 13 \cdot 4}{0,3} + \frac{19,62 \cdot 0,0006 \cdot 23 \cdot 3,325}{0,284}\right)} \\ v'' &= 2,36 \text{ m} \end{aligned}$$

als wirkliche Geschwindigkeit für Saal II und zugleich annähernd als mittlere Geschwindigkeit im Ventilations-Schornstein.

Dann ist die wirkliche Geschwindigkeit v''' für Saal III:

$$\begin{aligned} v''' &= \sqrt{\left(\frac{2gH(T-t''')}{273+t'''} - \frac{2gkL_1U_1v''^2}{F_1}\right)} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL'''U}{F}\right)} \\ v''' &= 1,86 \text{ m.} \end{aligned}$$

Ebenso die wirkliche Geschwindigkeit v' für Saal I:

$$\begin{aligned} v' &= \sqrt{\left(\frac{2gH(T-t')}{273+t'} - \frac{2gkL_1U_1v''^2}{F_1}\right)} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL'U}{F}\right)} \\ v' &= 3,02 \text{ m} \end{aligned}$$

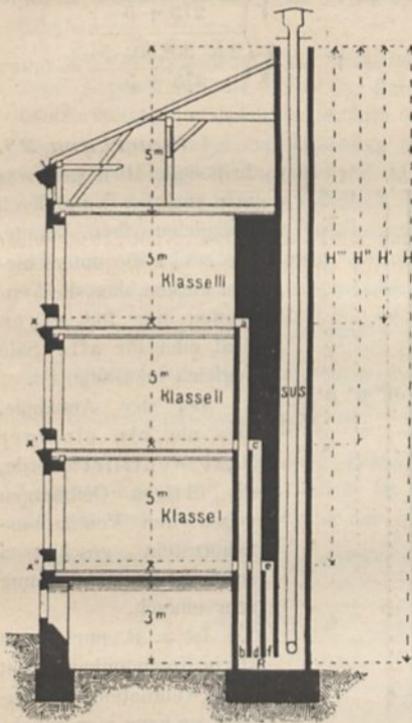
Es sind also die wirklichen Geschwindigkeiten

für Saal III: $v''' = 1,86 \text{ m}$ in der Sekunde
 „ „ II: $v'' = 2,36 \text{ m}$ „ „ „
 „ „ I: $v' = 3,02 \text{ m}$ „ „ „

W.]

Beispiel II. (Fig. 9.)

Fig. 9.



Die abwärts geführten Kanäle nehmen erst dicht über dem Fußboden der einzelnen Klassen ihren Anfang; die übrigen Verhältnisse seien dieselben wie im vorigen Beispiele. Es ist alsdann der Werth l :

für Klasse III	=	13 m
" "	II	= 8 m
" "	I	= 3 m

und es ergibt sich, wenn in den Schlussformeln des Beispiels I nur die entsprechend modifizirten Werthe für l eingesetzt werden,

für Klasse III:	$v''' = 3,14$ m
" "	II: $v'' = 3,87$ m
" "	I: $v' = 5,07$ m

[Anmerkung 27.

Beispiel II unterscheidet sich von Beispiel I in Bezug auf die theoretischen Geschwindigkeiten gar nicht, in Bezug auf

die Berechnung der wirklichen Geschwindigkeiten nur wenig.

Wenn man mit Stäbe die gleichen Dimensionen annimmt, erhält man hier, nach derselben hinreichend genauen Rechnungsweise wie in der Anmerkung zu Beispiel I, die wirklichen Geschwindigkeiten:

für Saal III: $v''' = 1,87$ m in der Sekunde

" " II: $v'' = 2,53$ " " "

" " I: $v' = 3,50$ " " "

W.]

Beispiel III. (Fig. 10.)

Die Kanäle werden nicht abwärts geführt, sondern münden in Fußbodenhöhe in Raum S ein. Die übrigen Verhältnisse unverändert.

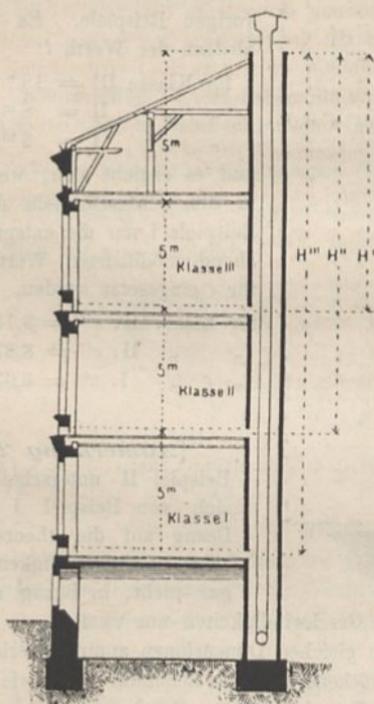
Weder ein Verbrauch an Druckhöhe, noch ein Temperatur-Verlust ist in diesem Falle zu registriren. Dagegen ist die Druckhöhe auch nur

für Klasse III = 10 m, folglich $v''' = V''' = \sqrt{\frac{2g \cdot 10 (30-5)}{273+5}} = 4,20$ m

$$\text{für Klasse II} = 15\text{m, folglich } v'' = V'' = \sqrt{\frac{2g \cdot 15(30-5)}{273+5}} = 5,14\text{m}$$

$$\text{„ „ I} = 20\text{m „ } v' = V' = \sqrt{\frac{2g \cdot 20(30-5)}{273+5}} = 5,94\text{m}$$

Fig. 10.



[Anmerkung 28.]
In Beispiel III mögen, was man auch bei den anderen Beispielen thun könnte, die zwei Fälle unterschieden werden, dass die Ventilation nur für einen Saal oder für alle Säle zugleich im Gange ist.

Bei der Annahme, dass nur ein einziger Saal ventilirt werde, die übrigen Oeffnungen gegen den Ventilations-Schornstein geschlossen seien, ist die Berechnung sehr einfach.

Ist z. B. nur Klasse III in Kommunikation mit dem Ventilations-Schornstein, so kann man annehmen, dass die durch den Kanal von 0,3 m Seite mit 15° C. und der Geschwindigkeit v''' in den Ventilations-Schornstein von

0,284 \square^m Querschnitt fließende, daselbst auf 30° C. erwärmte Luft sich dort mit der Geschwindigkeit $\frac{1}{3} v'''$ empobewegt. Dann ist die wirkliche Geschwindigkeit v''' in dem von Saal III ausgehenden

$$\begin{aligned} \text{Kanale: } v''' &= \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL'''U}{9F}\right)} \\ &= 4,20 : \sqrt{\left(1 + \frac{19,62 \cdot 0,0006 \cdot 10 \cdot 3,352}{9 \cdot 0,284}\right)} \\ &= 3,91 \text{ m in der Sekunde.} \end{aligned}$$

Die wirkliche Geschwindigkeit $v''' = 3,91 \text{ m}$ ist also in diesem Falle nur unbedeutend geringer als die theoretische $V''' = 4,20 \text{ m}$ in der Sekunde.

Die definitive Berechnung muss aber für die ungünstigere Annahme gemacht werden, dass sämtliche Säle gleichzeitig ventilirt werden sollen.

Auch hierbei sind noch verschiedene Anschauungen möglich; eine nahe liegende ist die, dass die durch die untere Oeffnung mit der Geschwindigkeit v' abfließende Luft in dem mit Rücksicht auf die angenommene Temperatur-Erhöhung dreimal so viel Querschnitt bietenden Ventilations-Schornstein mit der Geschwindigkeit $\frac{1}{3} v'$ sich fortbewege bis an die mittlere Oeffnung, wo der zweite Luftstrom mit der Geschwindigkeit v' in den Ventilations-Schornstein gelangt und sich mit dem ersten Strome vereint, wonach die Geschwindigkeit bei dem ursprünglichen Querschnitt von zusammen $0,18 \square^m$ und einer Temperatur von 15°C. das arithmetische Mittel $\frac{v' + v''}{2}$ sein würde, wegen des für drei Ströme bei der Temperatur-Erhöhung auf 30° eingerichteten Schornstein-Querschnitts aber nur $\frac{v' + v''}{2} \cdot \frac{2}{3} = \frac{v' + v''}{3}$ ist.

An der oberen Oeffnung kommt der dritte Luftstrom mit der Geschwindigkeit v''' dazu, und es ist die Geschwindigkeit, mit welcher sich die drei vereinigten Ströme bis zur Ausmündung des Schornsteins fortbewegen: $\frac{v' + v'' + v'''}{3}$; danach wird:

$$v''' = \sqrt{\left(\frac{2gH(T-t)}{273+t} - \frac{2gkL''U(v'+v''+v''')^2}{9F} \right)}$$

$$v'' = \sqrt{\left(\frac{2gH(T-t)}{273+t} - \frac{2gkL''U(v'+v''+v''')^2}{9F} - \frac{2gkL'U(v'+v'')^2}{9F} \right)}$$

$$v' = \sqrt{\left(\frac{2gH(T-t)}{273+t} - \frac{2gkL''U(v'+v''+v''')^2}{9F} - \frac{2gkL'U(v'+v'')^2}{9F} - \frac{2gkLUv'^2}{9F} \right)}$$

Aus diesen drei Gleichungen lassen sich die drei Unbekannten v''' , v'' und v' bestimmen. Auf die viel Zeit und Geduld in Anspruch nehmende weitere Entwicklung mag jedoch verzichtet werden, zumal da die Annahme von der Vereinigung und gleichmäßigen Fortbewegung der drei Ströme in der Wirklichkeit doch nicht zutreffen wird. Eine eben so gut zulässige Annahme, welche zugleich eine erwünschte Vereinfachung der Rechnung mit sich bringt, ist folgende: Wenn in einer mehrfach gekrümmten, sehr engen Röhre sogar entgegengesetzte Luftströme nachgewiesen werden können (Wolpert, Prinzipien der Ventilation S. 243), so ist auch denkbar, dass in dem

sehr weiten Ventilations-Schornstein, wo überdies eine Separirung der Ströme durch das in der Mitte empor geführte Rauchrohr begünstigt ist, die einzelnen Luftströme sich neben einander mit ungleichen Geschwindigkeiten empor bewegen, namentlich wenn schon die Ausmündungen nach dem Ventilations-Schornstein aufwärts gerichtet angebracht werden, was leicht ausführbar und immer zweckmäßig ist.

Diese Voraussetzung eignet sich um so mehr für die Vorberechnung einer Anlage, da sie verhältnissmäßig ungünstige Resultate, geringe Geschwindigkeiten liefert, also in praktischer Beziehung bei Feststellung der nothwendigen Querschnitte eine größere Sicherheit für das Gelingen gewährt. Für den unteren Theil hat die Annahme der konstanten größeren Geschwindigkeit einen größer berechneten Reibungs-Widerstand im Gefolge, als wenn die Geschwindigkeit im Verhältniss des größeren Querschnitts kleiner wäre, und für den oberen Strom wird als günstig nur die Wirkung der eigenen geringen Druckhöhe in Rechnung gebracht, obgleich die mit größerer Geschwindigkeit den oberen Strom berührenden beiden anderen Ströme jenen beschleunigen werden.

Das Verhältniss $\frac{U}{F}$ kann man für die einzelnen Ströme wie für die vereinigten beibehalten; denn einen wie großen Theil des Ventilations-Schornsteins jeder einzelne Strom auch einnehmen mag, immer wird das Verhältniss zwischen dem eingenommenen Querschnitt und den berührten Wandungen nahezu dasselbe sein.

Danach werden die Gleichungen der wirklichen Geschwindigkeiten:

$$v''' = \sqrt{\frac{2gH'''(T-t)}{273+t}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL'''U}{F}\right)}$$

$$v'' = \sqrt{\frac{2gH''(T-t)}{273+t}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL''U}{F}\right)}$$

$$v' = \sqrt{\frac{2gH'(T-t)}{273+t}} : \sqrt{\left(1 + \frac{2gkL'U}{F}\right)}$$

Dabei ist:

$$H''' = 10^m = L'''; \quad H'' = 15^m = L''; \quad H' = 20^m = L'$$

$$T = 30^\circ; \quad t = 5^\circ \text{ C.}$$

$$\frac{U}{F} = \frac{3,325}{0,284}$$

$$k = 0,0006$$

Nach Substitution dieser Werthe wird

für Saal III: $v''' = 2,72^m$ in der Sekunde

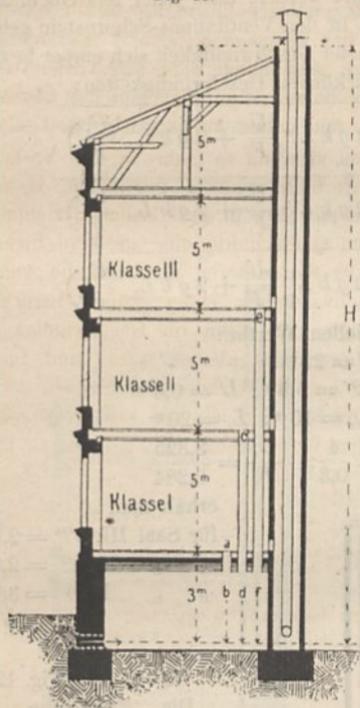
„ „ II: $v'' = 2,93^m$ „ „ „

„ „ I: $v' = 3,06^m$ „ „ „

W.]

Beispiel IV. (Fig. 11.)

Fig. 11.



Die Zuführung der Außenluft geschieht mittels Kanäle, welche im Kellergeschoss die Außenluft aufnehmen und vertikal aufsteigend, dicht über dem Fußboden der einzelnen Klassen münden.

In diesem Falle ist die drückende Luftsäule H von einer Temperatur $= t = 5^\circ$. Dagegen ist Luftsäule S als aus je zwei Luftsäulen von verschiedenen Temperaturen zusammengesetzt zu denken.

Für Klasse III setzt sich nämlich die zu hebende Luftsäule aus Luftsäule ef von 15° und xe von 30° zusammen, für Klasse II aus Luftsäule cd von 15° und xc von 30° , für Klasse I aus Luftsäule ab von 15° und xa von 30° .

Die gedachte Mischungs-Temperatur t^0 ist demnach für:

$$\text{Kl. III} = \frac{13 \cdot 15 (1 + 0,003665 \cdot 30) + 10 \cdot 30 (1 + 0,003665 \cdot 15)}{13 (1 + 0,003665 \cdot 30) + 10 (1 + 0,003665 \cdot 15)} = 21,3^\circ$$

$$\text{Kl. II} = \frac{8 \cdot 15 (1 + a \cdot 30) + 15 \cdot 30 (1 + a \cdot 15)}{8 (1 + a \cdot 30) + 15 (1 + a \cdot 15)} = 24,6^\circ$$

$$\text{Kl. I} = \frac{3 \cdot 15 (1 + a \cdot 30) + 20 \cdot 30 (1 + a \cdot 15)}{3 (1 + a \cdot 30) + 20 (1 + a \cdot 15)} = 27,9^\circ$$

Die gefundenen Werthe für t eingesetzt, wird für:

$$\text{Klasse III: } v''' = V''' = \sqrt{\frac{2g \cdot 23 (21,3 - 5)}{278}} = 5,14\text{m}$$

$$\text{„ II: } v'' = V'' = \sqrt{\frac{2g \cdot 23 (24,6 - 5)}{278}} = 5,64\text{m}$$

$$\text{„ I: } v' = V' = \sqrt{\frac{2g \cdot 23 (27,9 - 5)}{278}} = 6,10\text{m}$$

[Anmerkung 29. Beispiel IV. Nimmt man hier wieder an, dass die drei Säle gleichzeitig ventilirt werden, dass jeder aus einem Saale abfließende Luftstrom aufwärts in den Ventilations-Schornstein geleitet wird und daselbst mit unveränderter Geschwindigkeit sich empor bewegt, so sind die Gleichungen der wirklichen Geschwindigkeiten:

$$v''' = 5,14 : \sqrt{\left(1 + 2 g k L''' \frac{U}{F} + 2 g k L_{III} \frac{U_1}{F_1}\right)}$$

$$v'' = 5,64 : \sqrt{\left(1 + 2 g k L'' \frac{U}{F} + 2 g k L_{II} \frac{U_1}{F_1}\right)}$$

$$v' = 6,10 : \sqrt{\left(1 + 2 g k L' \frac{U}{F} + 2 g k L_I \frac{U_1}{F_1}\right)}$$

Nach Einsetzung der speziellen Werthe:

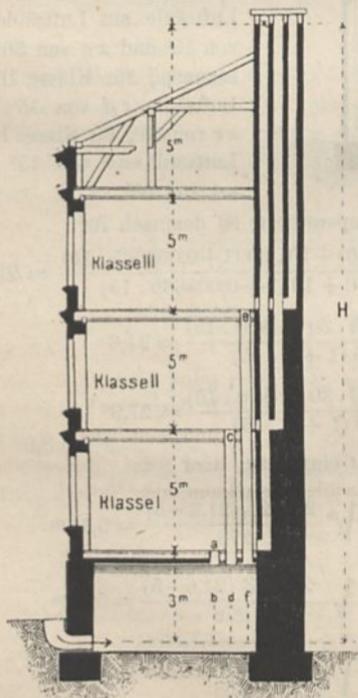
$$H = 23 \text{ m}$$

$$L''' = 10,5 \text{ m}; L'' = 5,5 \text{ m}; L' = 0,5 \text{ m}$$

$$L_{III} = 10 \text{ m}; L_{II} = 15 \text{ m}; L_I = 20 \text{ m}$$

$$\frac{U}{F} = \frac{4 \cdot 0,3}{0,3^2} = \frac{4}{0,3}; \quad \frac{U_1}{F_1} = \frac{3,325}{0,284}$$

Fig. 12.



erhält man

für Saal III: $v''' = 2,56 \text{ m}$

„ „ II: $v'' = 2,84 \text{ m}$

„ „ I: $v' = 3,12 \text{ m}$

W.]

Beispiel V. (Fig. 12.)

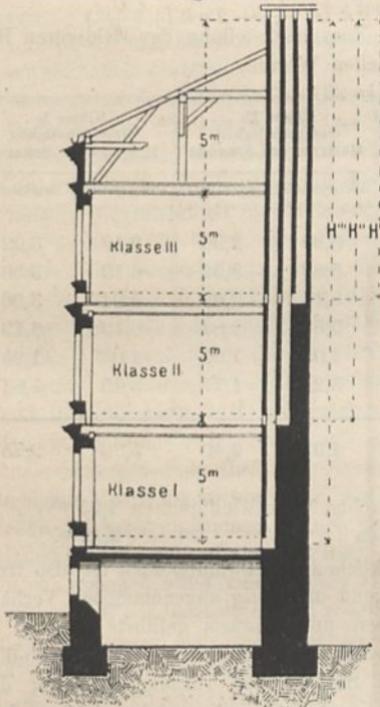
Die Zuführung der Außenluft geschieht ebenso wie im vorigen Beispiele angenommen wurde. Die Ableitung der Klassenluft wird aber mittels nicht geheizter Abflusskanäle, welche dicht über dem Fußboden der einzelnen Klassen münden, bewirkt. t ist in diesem Falle wiederum $+ 5^\circ$, T in allen Kanälen $+ 15^\circ$. Reibung und Temperatur - Verlust nicht zu registriren. Daher für alle Klassen:

$$v = V = \sqrt{\frac{2 g \cdot 23 (15 - 5)}{278}} \\ = 4,03 \text{ m}$$

[Anmerkung 30. Beispiel V. Da nach der Annahme die Zuführungs- und Abführungs-Kanäle gleich weit sind und Luft von gleicher Temperatur führen, können sie für die Berechnung der Widerstände für jeden Saal zusammengefasst werden, so dass, wenn man die Summe der beiden Kanallängen L jedesmal zu 21^m nimmt, die wirkliche Geschwindigkeit überall gleich wird, nämlich:

$$v''' = v'' = v' = 4,03 : \sqrt{\left(1 + 2gkL \frac{U}{F}\right)} \\ = 1,95 \text{ m in der Sekunde.} \quad \text{W.]}$$

Fig. 13.



Beispiel VI. (Fig. 13.)

Der Abfluss der Klassenluft ist wie im vorigen Beispiele; der Zufluss der Außenluft geschieht aber wie in den Beispielen I, II und III. Dann wird für:

$$\text{Klasse III: } v''' = V''' =$$

$$\sqrt{\frac{2g \cdot 10 (15-5)}{278}} = 2,66 \text{ m}$$

$$\text{Klasse II: } v'' = V'' =$$

$$\sqrt{\frac{2g \cdot 15 (15-5)}{278}} = 3,25 \text{ m}$$

$$\text{Klasse I: } v' = V' =$$

$$\sqrt{\frac{2g \cdot 20 (15-5)}{278}} = 3,75 \text{ m}$$

[Anmerkung 31.

Beispiel VI. Die horizontalen Kanaltheile können in der Ausführung so kurz und weit sein, dass man hier die Reibungslänge

gleich der Höhe der warmen Luftsäule setzen kann, also $H'' = L'' = 10 \text{ m}$; $H' = L' = 15 \text{ m}$; $H''' = L''' = 20 \text{ m}$. Mithin:

$$v''' = 2,66 : \sqrt{\left(1 + 2gkL''' \frac{U}{F}\right)} = 1,66 \text{ m in d. Sek.}$$

$$v'' = 3,25 : \sqrt{\left(1 + 2gkL'' \frac{U}{F}\right)} = 1,77 \text{ m " " "}$$

$$v' = 3,75 : \sqrt{\left(1 + 2gkL' \frac{U}{F}\right)} = 1,84 \text{ m " " "} \quad \text{W.]}$$

Stellen wir die gewonnenen Resultate übersichtlich zusammen:

		Klasse III.	Klasse II.	Klasse I.
Beispiel	I.	2,80 m	3,33 ^m	4,01 ^m
"	II.	3,14	3,87	5,07
"	III.	4,20	5,14	5,94
"	IV.	5,14	5,64	6,10
"	V.	4,03	4,03	4,03
"	VI.	2,66	3,25	3,75

[Anmerkung 32. Die Zusammenstellung der richtigeren Resultate ist:

	Klasse III. Geschwindigkeit Meter in der Sekunde		Klasse II. Geschwindigkeit Meter in der Sekunde		Klasse I. Geschwindigkeit Meter in der Sekunde	
	theoretisch	wirklich	theoretisch	wirklich	theoretisch	wirklich
Beispiel I.	5,56	1,86	5,88	2,36	6,19	3,02
" II.	5,56	1,87	5,88	2,53	6,19	3,50
" III.	4,20	2,72	5,14	2,93	5,94	3,06
" IV.	5,14	2,56	5,64	2,84	6,10	3,12
" V.	4,03	1,95	4,03	1,95	4,03	1,95
" VI.	2,66	1,66	3,25	1,77	3,75	1,84
Durchschnitt	4,52	2,10	4,97	2,40	5,36	2,75

Durchschnitt aller theoretischen Geschwindigkeiten 4,95 m

" " wirklichen " 2,42 m.

Der Mittelwerth aller wirklichen Geschwindigkeiten ist also trotz der in dieser Hinsicht vorwiegend ungünstig angenommenen Verhältnisse — große Stockwerkshöhen und abwärts geführte Kanäle — nahezu die Hälfte des Mittelwerthes aller theoretischen Geschwindigkeiten. Auffallend ist, dass Staabe eine Zusammenstellung der theoretischen und wirklichen Geschwindigkeiten nicht gegeben hat. Diese würde ihn, da er die wirklichen Geschwindigkeiten immer zu groß berechnet hat, darauf geführt haben, an der Richtigkeit seiner früheren Annahme, dass die wirkliche Geschwindigkeit nur $\frac{1}{3}$ der theoretischen sei, zu zweifeln und die Unrichtigkeit seiner vorliegenden Rechnungsweise zu erkennen. — W.]

Die Resultate geben dem Praktiker die besten Anhaltspunkte dafür, wie er Zufluss- und Abfluss-Kanal zu legen hat und wie nicht.

[*Anmerkung 33.* Die „besten Anhaltspunkte“ glaubte Staabe vermuthlich deshalb nicht genauer angeben zu müssen, weil er der Ansicht war, die Kanäle seien so zu legen, wie mit ihnen eine möglichst große Luftgeschwindigkeit erzielt wird.

Dieser Maafstab für die Beurtheilung der in den Beispielen vorgeführten Einrichtungen ist nicht der richtige; denn abgesehen von mancherlei zu berücksichtigenden Lokalverhältnissen kommt es hauptsächlich auf die gewechselten Luftmengen und auf die richtige Ausnutzung der zugeführten Luft an, wobei geringe Geschwindigkeit der Strömung in der Regel mehr erwünscht ist als große. Wo bei geringen Druckhöhen die Geschwindigkeiten in der Vorberechnung sich zu gering ergeben, kann man die Kanal-Querschnitte entsprechend vergrößern und dadurch die verlangte Luftmenge bei geringerer Geschwindigkeit erhalten. Wenn in dieser Hinsicht die Aufführung der sechs Beispiele fast zwecklos war, so wurden dadurch doch nützliche Hinweise auf die richtige Art der Berechnung und Beurtheilung für mancherlei Fälle veranlasst.

In Betreff der Beurtheilung der vorgeführten Ventilations-Einrichtungen, die sämmtlich Spezialitäten des Systems der Ventilation durch die Wirkung von Temperatur-Differenzen sind, giebt es nur zwei wesentliche Verschiedenheiten zu bemerken.

In Beispiel I befinden sich die Zuführungs-Oeffnungen am Fußboden der Säle, die Abführungs-Oeffnungen an der Decke; in allen übrigen Beispielen ist die Einführung der Außenluft und die Abführung der Innenluft am Fußboden bewerkstelligt.

Da die Luft in Schulzimmern durch die Körperwärme in der Regel, im Sommer wie im Winter, wärmer ist als die äußere und bei der vorausgesetzten Heißwasserheizung die Ventilationsluft nur in geringem Grade vorgewärmt sein wird, so ist bei besetzter Schule die wärmste Luft eines Saales auch die schlechteste, muss also an der Decke abgeführt werden. Dieser Anforderung entspricht nur das erste Beispiel, alle übrigen zeigen unrationelle Einrichtungen. Ueberall wird da die schlechteste Luft möglichst lang in den Sälen aufgespeichert, dagegen die weniger warme und weniger mit Respirations- und Perspirations-Produkten beladene Luft abgeführt. Aus der Menge der stündlich abgeführten Luft kann man dabei keineswegs auf genügende Lufterneuerung schließen. — W.]

Verschiedene Einrichtungen und Apparate.

§ 20. Einer Ventilations-Methode sei hier Erwähnung gethan, welche als Nothbehelf für Schulen von Professor Reclam in Leipzig empfohlen wird. *)

*) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentliche Gesundheitspflege. Bd. II., S. 32.)

Ein Fenster wird in seinen oberen Scheiben mit Glasjalousie versehen; ein anderes Fenster in derselben Klasse erhält eine nach innen sich öffnende Luftklappe und beiden Fenstern gegenüber wird in der dem Korridor angrenzenden Klassenwand ein drittes (Lüftungs-) Fenster angebracht. Die Glasjalousie wird stets offen gehalten; die beiden anderen Fenster werden erst geöffnet, sobald die Kinder die Schule verlassen haben.

Die Einrichtung kann keinen großen Effekt erzielen. Während des Aufenthaltes der Kinder in den Klassen ist nur die Glasjalousie die einen Luftaustausch hervorbringende Vorrichtung. Dieselbe wird aber eine ebenso unregelmäßige, ungenügende und dabei lästige Lüftung hervorbringen, wie ein geöffnetes Fenster. Unregelmäßig und ungenügend, weil der statische Druck fehlt, um den Ein- und Ausfluss der Luft in geregelte Bahnen zu lenken; lästig, weil die einströmende kalte Luft auf dem Fußboden sich ausbreiten und die Füße der Kinder wie mit kaltem Wasser umspülen wird.

Die Luftklappe und das Lüftungsfenster halte ich für ganz überflüssig, weil während der Zeit, wo sich die Kinder in den Klassen nicht aufhalten, die ausgiebigste Lüftung durch das Offenhalten von Thüren und Fenstern bewirkt werden kann.

§ 21. Ich sagte oben, dass für alle Räume, mit Ausnahme derjenigen in Krankenhäusern, der Gebrauch des Gasfeuers zum Erwärmen der Luft im Abflusskanale zu empfehlen sei.

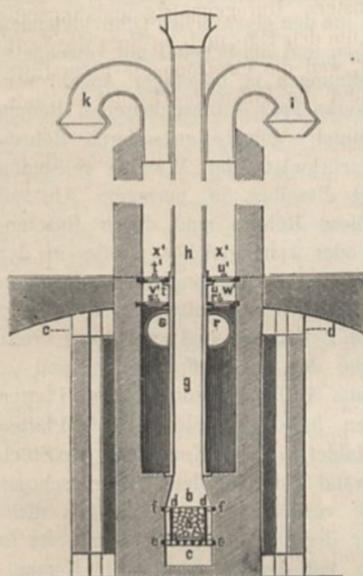
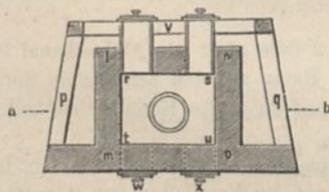
In Anbetracht nämlich des kolossalen Luftbedarfs in Räumen, welche Kranken zum Aufenthalt dienen, würden die durch den nothwendig werdenden Gasverbrauch zur Ausgabe kommenden Geldsummen unverhältnissmäßig hohe werden.

Dazu kommt noch, dass es, wie ich auch schon früher andeutete, bei der Ventilation von Krankenhäusern nothwendig ist, dass die kalte Außenluft möglichst mit derjenigen Temperatur in die Säle eingeführt wird, welche die Luft im Saale selbst hat, und zwar einmal deshalb, um die Leistung der Ventilations-Anlage zu steigern, und dann auch deshalb, um den Luftzutritt durch Thür- und Fensterspalten auf das möglichst kleinste Maafs zu reduzieren.

[*Anmerkung 34.* Die Anforderung, dass die Außenluft mit der Temperatur der Zimmerluft, also nur auf 15 bis 20° erwärmt, eingeführt werden soll, setzt voraus, dass die Wärmeverluste durch die Mauern, Fenster u. s. w. bei kalter Witterung durch Wärmequellen in den Sälen selbst, etwa durch Heißwasser-Röhren oder Oefen, ersetzt werden, da die Wärmeproduktion des menschlichen Körpers, selbst bei Anwesenheit vieler Personen in einem Saale, hierfür nicht immer ausreicht. — W.]

Dieser Nothwendigkeit zu genügen, sowie auch um zu gleicher Zeit eine hochgradige Erwärmung der Luftsäule im Abflusskanale zu bewirken, bedarf es kräftig wirkender Apparate, deren Einrichtung andererseits wieder so beschaffen sein muss, dass die Wärme-Ausheilung am Tage wie in der Nacht in gleichem Maasse vor sich geht, zur Nachtzeit sogar ohne Hülfeleistung durch Menschenhand. Ich bin in der Lage, einen Apparat empfehlen zu können, welcher namentlich zum Gebrauch in den nach Pavillon-System gebauten Krankenhäusern weitgehenden Anforderungen entspricht.

Fig. 14.

Vertikal-Schnitt nach *a b*Horizontal-Schnitt nach *c d*

a Feuerherd, aus Mauerwerk von feuerfesten Chamottesteinen gebildet. — *b* Füllthür. — *c* Aschenfall.

Die in Fig. 14 skizzirte Einrichtung dieses Apparats ist folgende:

Die Füllthür und Aschenfall-Thür sind starke, luftdicht schließende Thüren mit Schraubventilen, um den durchziehenden Luftstrom beliebig vermehren oder vermindern zu können. Die Füllthür ist mit Chamotte ausgefüllt, um sie vor dem Erglügen zu schützen.

Die zur Verbrennung gelangenden Kohlen nimmt ein isolirt im Feuerherde stehender, 39^zm weiter und 39^zm hoher gusseiserner Zylinder *d* mit 13^{mm} starken Wandungen auf; er gewinnt dadurch Halt, dass er auf dem Rost im Falze steht und da, wo er endigt, von dem Falze der eingemauerten Ringplatte umschlossen wird. An den Rost *e* und die Ringplatte *f* sind 38^{mm} breite Ränder angegossen. Diese Ränder sind, so weit sie nicht in Mauerwerk liegen, durchlöchert, so dass der durch den Aschenfall eintretenden Luft gestattet ist, den Zylinder rings herum zu umspülen und durch die Randöffnungen der Ringplatte *f* nach oben zu entweichen.

Die Verbrennungs-Produkte steigen aus dem Feuerherde in

dem 36^{zm} weiten, gusseisernen Zylinder *g* mit 13^{mm} starken Wandungen, erhitzten denselben und fließen durch den aus 5^{mm} starkem Eisenblech gefertigten Schornstein *h* in's Freie ab. Die Wandungen des Feuerheerdes setzen sich in einer Stärke von 26^{zm}, den Zylinder *g* und den Schornstein *h* in einer gewissen Entfernung mantelartig umschließend, bis über den First des Daches hinaus so weit fort, dass sie den Luftsaugern *c* und *k* zur Befestigung dienen.

Auf Seite *lm*, *ln* und *no* sind in einer Entfernung von 13^{zm} um das würfelförmig sich erhebende Mauerwerk 13^{zm} starke, gemauerte Wände, bis zur Kellerdecke hinaufreichend, aufgeführt. Die Seitenwände *p* und *q* sind, einen spitzen Winkel mit *lm* und *no* bildend, schräg gestellt. Diese, einen Mantel um den eigentlichen Ofen bildenden Wände sind an der Basis durchbrochen und am Scheitel mit verschließbaren, 20^{zm} im Quadrat großen Oeffnungen in beliebiger Anzahl versehen. Aus dem von dem Mauerwerke *lmno* umschlossenen Raume führen 1 oder 2 durch *ln* und Mantel *v* gelegte gusseiserne Röhren von 31^{zm} Durchmesser nach dem rückwärts der Wand *v* gelegenen Kellerraume hin, und zwar sind dieselben in geringem Abstand vom Kellergewölbe eingemauert. Diese Röhren sind durch Rosetten verschließbar. Ebenso gestatten 1 oder 2 in gleicher Größe in der Wand *mo*, dicht über der Decke des Feuerheerdes eingelassene Rosetten *w* und *x* der Kellerluft den Eintritt in den erwähnten, um Zylinder *g* befindlichen Raum. Dem gusseisernen Zylinder *g* sind zwei 25^{mm} breite Falze *sr* und *tu* angegossen, welche den die Oeffnungen *v* und *w* schließenden gusseisernen Platten zum Auflager dienen. Diese Platten sind als Kränze mit Falzen anzusehen, in welchen abzuhebende Platten liegen. Die 26^{zm} starke Wand *ln* bildet in ihrer Continuität ein Stück der Mauer, welche die eine Seitenwand der über dem Kellergeschosse liegenden Krankensäle bildet. Durch verschließbare Oeffnungen dicht über dem Fußboden und dicht unter der Decke jedes Krankensales in dieser Seitenwand werden die Säle mit dem Raume *x'* in Kommunikation gebracht, so dass die um den eisernen Schornstein gelagerte Luftmasse als die Luftsäule in den für die Krankensäle dienenden Abfluss-Kanälen anzusehen ist.

Ein und derselbe Kanal soll für 2 Säle nicht als Abflusskanal benutzt werden. Zu dem Ende ist der Raum um den Schornstein durch angenietete Blechwände in so viele und so große Kanäle abzutheilen, als das Bedürfniss erheischt.

Die Größe des beschriebenen Apparates oder Ofens, wie ich ihn hinfort nennen werde, ist berechnet auf die Ventilation von 2 großen, über einander liegenden Krankensälen und 2 angrenzenden, kleineren Räumen, von denen der eine als zum Operations-Sale, der andere als zur Badestube bestimmt, gedacht werden kann. Die Kanäle, welche die frische Luft, bezw. die Kellerluft in die Säle leiten, nehmen un-

mittelbar unter dem Kellergewölbe in der rückwärts des Mantels *v* gelegenen Kellermauer ihren Anfang, so dass deren Oeffnungen gegenüber den Mündungen jener durch *ln* und Mantel *v* gelegten gusseisernen Röhren liegen. So viel Zuflusskanal-Oeffnungen, so viel Röhren führen die Luft aus dem um Zylinder *g* befindlichen Raume nach jenen Oeffnungen hin; für je 2 über einander liegende Säle ist also die Aufstellung eines Ofens erforderlich, in einem Pavillon mit 4 Krankensälen auf jedem Flügel daher die Aufstellung von 2 Oefen.

Ich muss hier noch einschalten, dass Mantel *v* in einem Abstände von 1^m Entfernung von der rückwärts gelegenen Kellermauer, in welcher die Zuflusskanäle ihren Anfang nehmen, aufzumauern ist. Der hier immer mit dem Namen „Keller“ belegte Raum bildet in seiner ganzen Ausdehnung den eigentlichen Zugkanal. —

Die Anwendbarkeit des Ofens in Pavillons basirt auf dem eigenthümlich sich gestaltenden Verbrennungsprozess gewisser Kohlen. Wollte man nämlich den Ofen mit einem flammenden Brennmaterial beschenken, so würde — ganz abgesehen davon, dass die Konstruktion des Ofens eine Nutznießung der entwickelten Wärmemengen für die in die Säle einzuleitende Luft vollständig vereiteln möchte — die Nothwendigkeit einer steten Beaufsichtigung des Feuers, namentlich auch die Nothwendigkeit einer Beschickung während der Nacht, den Ofen in die Kategorie aller anderen Zentral-Heizungs-Oefen stellen.

Ich hätte damit nichts Neues vorgeschlagen. Der Ofen ist aber dazu eingerichtet, eine Kohle zur Verbrennung gelangen zu lassen, welche, einmal in Brand gesetzt, jede Hülfeleistung durch Menschenhand für volle 24 Stunden und darüber hinaus unnöthig macht.

Diese Kohle ist der Anthrazit. Dieser an reinem Kohlenstoff so überaus reiche Brennstoff — die Analyse weist nach:

Kohlenstoff	86,92
Wasserstoff	1,83
Sauerstoff u. Stickstoff	1,66
Schwefel	2,08
Asche	3,73
Wasser	3,78

100,00 Theile

spez. Gewicht 1,55 — verbrennt sehr langsam und hat namentlich die schätzenswerthe Eigenschaft (welche ihn so besonders geeignet grade für den in Rede stehenden Zweck macht), selbst bei dem beschränktesten Luftzutritte ohne jegliche Rauchentwicklung noch fortzuglühen und in der Intensität der entwickelten Hitze wenig nachzulassen.

Ich habe im vorigen Winter mit der Kohle die eingehendsten Versuche angestellt und glaube auf Grund derselben die Ansicht aussprechen zu dürfen, dass keine Wärmequelle, durch irgend eine Heizungs-methode hervorgerufen, an Ausdauer, an Intensität, an bequemer Be-

handlungs- und Regulierungs-Weise auch nur annähernd der einer in's Glühen gekommenen Anthrazitmasse gleicht.

Die Beschickung des Ofens nimmt eine halbe Stunde Zeit in Anspruch. Nach Verlauf dieser Zeit bedarf der Ofen während voller 24 Stunden, natürlich sofern ein für 24 Stunden ausreichendes Quantum Brennmaterial aufgegeben ist, gar keiner Nachhülfe mit Ausnahme einer etwaigen Regulirung der Wärme im Zimmer. Die einzige Schwierigkeit, mit welcher der Neuling zu kämpfen hat, liegt in dem Anmachen des Feuers; doch ist auch diese Kunst nach 2—3maliger Uebung erlernt.

Der soeben beschriebene Ofen wird nun bei folgender Behandlung seine Aufgabe erfüllen:

Nachdem die 40^{cm} hoch geschichtete Kohle in Brand gesetzt ist, wird die Füllthür fest geschlossen und das Luftventil in der Aschenthür gestellt. Eine Spalte von 2—3^{mm} Weite genügt vollkommen, um die Kohle im Glühen zu erhalten. Ein Oeffnen des Luftventils in der Füllthür reduzirt den Fortgang des Verbrennungs-Prozesses bis zum gänzlichen Aufhören desselben.

Danach schreitet man zur Regulirung der Wärme in den Zu- und Abfluss-Kanälen. Die Luft soll nicht höher als auf 15° erwärmt in die Säle eintreten. Die schnelle Erwärmung derselben wird durch das Oeffnen der Rosetten *w* und *x*, sowie der diesen gegenüber liegenden eisernen Röhrenrosetten herbeigeführt, indem die Herstellung einer Kommunikation zwischen dem Kanalraume und dem warmen Ofenraume eine starke Strömung der Kanalluft in diesen Ofenraum und ein ebenso starkes Ausfließen der warmen Ofenluft nach der Richtung hin, wo die Mündungen der Zufluss-Kanäle liegen, zur Folge haben wird. Der Ofenraum ist als eine Mischkammer von warmer Luft mit kalter, frischer Luft zu bezeichnen.

Ein mehr oder minder bedeutendes Aufschrauben dieser oder jener Rosette wird auch die Luftströmung mehr oder minder abschwächen. Das Schließen der Rosetten ist angezeigt, wenn ein im Kanale frei hängendes Thermometer eine Temperatur von 15° anzeigt. Die Temperatur der Kanalluft auf dieser Höhe möglichst zu erhalten, ist ein Grund für das Oeffnen der die oberen Oeffnungen im Mantel *v*, *p* und *q* verschließenden Schieber oder Thüren. Das Offenhalten derselben wird, weil das als Wärme-Reservoir anzusehende Mauerwerk *m l n o* die Erwärmung der Mantel-Luft herbeiführt, eine fortdauernde Zirkulation der Kanal-Luft durch die unteren Oeffnungen des Mantels nach dem Mantelraume hin und damit eine Erwärmung dieser Kanalluft selbst in Folge von Fortführung der Wärme bewirken.

Das Oeffnen einer größeren oder geringeren Anzahl von Schiebern läßt einen größeren oder kleineren Theil der Kanal-Luft an der Zirkulation Theil nehmen.

Die Luftsäule $x' x'$ erhält die nöthige Temperatur in Folge der ihr zugeführten Wärme, welche der Blechmantel des Schornsteines transmittirt und welche durch die gusseisernen Verschlussplatten t', u', s', v' nach oben entweicht. Soll die Wärme in verstärktem Maasse nach oben geleitet werden, um das Maximum der Erwärmung der Luftsäule x' herbeizuführen, so werden die Verschlussplatten t' und u' abgehoben. Es kann dies sehr leicht von der Fußbodenöffnung des Abfluss-Kanales aus ausgeführt werden.

Der Ofen gestattet somit die beliebigste Verwendung der erzeugten Wärme. Dass dieselbe auch ausgiebig genug ist, beweist folgende Berechnung:

Bei der Konstruktion des Ofens war ich davon ausgegangen, dass die Aufgabe gestellt sei, mit Anwendung zweier solcher Oefen einen Pavillon von 48 Betten zu ventiliren, nämlich 4 Säle mit je 12 Betten. 1 Ofen hätte also — die Temperatur der Luft im Kanale zu $+ 5^\circ$, die der Luft im Krankensaale zu $+ 15^\circ$ angenommen — zu leisten:

1. Die Erwärmung der für 45 Kranke benöthigten Luft von $+ 5^\circ$ auf $+ 15^\circ$.
2. Die Erwärmung der Luftsäule im Abflusskanale von $+ 15^\circ$ (Zimmertemperatur) auf $+ 30^\circ$.

Es sei hier vorweg erwähnt, dass nach dem vorgeschlagenen System die Erwärmung der Säle selbst und der mit 15° eintretenden frischen Luft auf 20° besondere, in den Sälen aufzustellende Ventilations-Oefen übernehmen. Die Gründe, welche diese Anordnung rechtfertigen, werden bei der nachfolgenden Besprechung derjenigen Apparate, welche zur Erwärmung der eintretenden kalten Außenluft dienen, angeführt werden.

Das einem Kranken zuzuführende Luftquantum nehme ich zu 90 cb^m (auf das Volumen bei 0° reduziert) in der Stunde an; es sind also in jeden von den beiden über einander liegenden Sälen $12 \cdot 90 = 1080 \text{ cb}^m$ Luft in der Stunde einzuführen und deren Temperatur ist von $+ 5^\circ$ auf $+ 15^\circ$ zu erhöhen, also um 10° . Dazu sind erforderlich: $1080 \cdot 1,29 \cdot 0,24 \cdot 10 = 3344 \text{ W.-E.}$; für 2 Säle 6688 W.-E.

Durch den Abfluss-Kanal muss eine gleiche Luftmenge, also 1080 cb^m stündlich entfernt werden.

Die Luft tritt mit einer Temperatur von $+ 15^\circ$ in den Abfluss-Kanal ein und soll in demselben auf $+ 30^\circ$ erwärmt werden. Dazu sind weiter erforderlich noch $1\frac{1}{2}$ mal so viele Wärme-Einheiten, d. i. 10032 in der Stunde, im Ganzen also stündlich 16720 W.-E. ; folglich in 24 Stunden 401280 W.-E. Die nothwendige Leistung des Ofens besteht demnach in der Erzeugung von 401280 Wärme-Einheiten in 24 Stunden.

Die Größe des Ofens ist berechnet auf den Konsum von 60 kg Anthrazit in 24 Stunden. Eine Gewichts-Einheit Anthrazit erwärmt

72 Gewichts-Einheiten Wasser von 0° auf 100°. (Angabe des Herrn Dr. Kämpen, welche auch mit den Angaben von Schinz übereinstimmt.) 1 kg Anthrazit produziert also 7200 W.-E., demnach produziren 60 kg 432000 W.-E. in 24 Stunden. Es sind nur 401280 W.-E. in 24 Stunden erforderlich, womit die Leistungsfähigkeit des Ofens bewiesen ist, wenn auch ca. 30000 W.-E. als Verlust am Nutzeffekt in Anschlag gebracht werden.

[*Anmerkung 35.* Sollte sich auch mit der dargestellten Einrichtung ein so hoher Nutzeffekt aus dem Brennmaterial nicht erzielen lassen, so wird man doch, wenn auch mit größeren Kosten, die nöthige Wärmemenge entwickeln können, indem man mehr als 60 kg Anthrazit in 24 Stunden durch stärkere Luftzuführung zum Verbrennen bringt, was ohne Zweifel möglich ist, ohne Uebelstände zu veranlassen. — W.]

Die Kosten der Heizung eines Anthrazit-Ofens für 2 Säle stellen sich, weil 100 kg Anthrazit zu 4 \mathcal{M} einzukaufen sind, auf 2,40 \mathcal{M} täglich; rechnen wir rund 900 \mathcal{M} im Jahre für 2 Säle, so sind die Ausgaben jährlich 1800 \mathcal{M} in 1 Pavillon mit 2 Anthrazit-Oefen, d. i. für 4 Säle mit 48 Betten. —

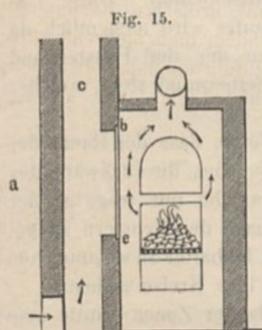
§ 22. Die Lage der Abfluss-Kanäle in Pavillons, überhaupt in den Räumen, welche die Benutzung eines Anthrazit-Ofens nothwendig machen, hatten wir bereits präzisirt. Es erübrigt nun noch, die Lage derjenigen Abfluss-Kanäle zu besprechen, welche durch Gasfeuer geheizt oder gar nicht geheizt werden. Deren Lage wird, allgemein gesagt, überall da die beste sein, wo die Möglichkeit für sie geboten ist, an einer bestehenden Wärmequelle kostenfrei zu profitieren. Aus der Negative folgt zuvörderst, dass die Kanäle nicht in die Außenwände, sondern in die warmen Mittelwände zu legen sind.

Aus der als allgemeine Regel aufgestellten Vorschrift folgt ferner, dass die Kanäle ihre naturgemäße Lage neben dem Schornsteine, am besten zwischen 2 warmen Schornsteinen haben.

Die von mir angestellten Temperatur-Messungen haben ergeben, dass die äußeren Wandflächen eines warmen Schornsteins mit 13^{cm} starken Wangen innerhalb der Stubenräume eine Temperatur von +30° haben; dass die Temperatur der Luftsäule eines Abfluss-Kanals, welcher zwischen 2 warmen Schornsteinen gelegen ist, von +19° auf +27,5°; die Lufttemperatur in einem Kanale, welcher neben einem warmen Schornsteine liegt, von +19° auf +22,5° steigt; dass endlich die Abkühlung der Luft auf ihrem Wege vom Eintritt in den Kanal bis zum Ausfließen in's Freie, die Höhe des Abfluss-Kanals zu 9,5 m angenommen, ca. 5° beträgt.

[Anmerkung 36. Die mitgetheilten Temperaturen von Mauern und dergl. sind willkommene Beispiele, jedoch mit Vorsicht an anderen Orten für Berechnungen anzuwenden, da unter anderen Verhältnissen ganz andere, höhere oder tiefere Temperaturen vorhanden sein können. — W.]

Die abziehende Wärme eines Küchenfeuers kann für den in der angrenzenden Wand ausgesparten Abfluss-Kanal in folgender Weise sehr wirksam ausgenutzt werden:



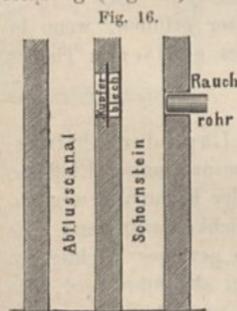
- a. Das zu ventilirende Zimmer,
b. Küche.

An der beiden Räumen gemeinschaftlichen Wand, in welcher der Abfluss-Kanal *c* ausgespart ist, wird der Bratofen oder Küchenheerd aufgebaut. An der Stelle, wo die dem Feuerheerde entströmenden Verbrennungsgase die Rückwand des Abfluss-Kanals berühren müssen, wird diese Wand durchbrochen und die Wandöffnung durch eine gusseiserne Platte, auf der Zeichnung *b e*, luftdicht verschlossen. Die Platte muss

gut verankert und vermauert werden und eine Dicke von 10 mm haben.

Es ist klar, dass die durch Platte *b e* geleitete Wärme eine nicht unbedeutende Temperatur-Erhöhung der Luftsäule im Abflusskanale hervorrufen muss.

Um auch in den die Regel bildenden Fällen die Wärme der den Schornstein durchziehenden Verbrennungsgase so viel als möglich für den Abflusskanal zu verwerthen, empfehle ich noch folgende Einrichtung (Fig. 16):



Der Mündung der Rauchröhre des Ofens gegenüber breche man in die beiden Kanälen gemeinschaftliche Mauerwange eine 26 mm im Quadrat große Oeffnung und verschliese diese Oeffnung in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise durch ein 2 mm starkes Kupferblech. — Kupfer leitet die Wärme noch einmal so schnell über als Eisen (Leitungs-Koeffizient für Kupfer = 38,4, für Eisen nur 17,4). — Liegt die Mündung des Rauchrohres in gleicher Ebene mit der Plafondöffnung des Abfluss-Kanals —

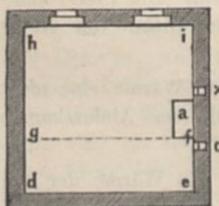
welcher Fall indess wohl selten eintreten wird — so muss das Kupferblech um ein wenig höher als jene Mündung gelegt werden. —

§ 23. Die durch Wärmeabgabe des Ofens hervorgerufene Luftzirkulation in einem Zimmer giebt ein anderweitiges Entscheidungsmoment über die Wahl derjenigen Stelle ab, wo der Abfluss-Kanal aufzubauen ist.

Es ist bekannt, dass die Fläche eines Ofens gewissermaafsen Tangenten-Flächen an die Kreise bildet, welche die bewegte Luft in einem Zimmer beschreibt. Weil die Abkühlung an den Fensterwänden eine viel gröfsere ist als an den anderen Zimmerwänden, wird auch der Kreislauf der Luftschichten zwischen Ofen und Fenster ein viel schnellerer als der der anderen im Raume vertheilten Luftschichten. Diese Unregelmäßigkeit in der Vollziehung des Kreislaufes wird namentlich da von Bedeutung werden, wo der Ofen nicht an der der Fensterwand gegenüber liegenden Wand, sondern an einer Seitenwand steht, welcher mit jener einen rechten Winkel bildet.

Dieser Stand des Ofens hat nämlich zur Folge, dass der Raum der Stube in 2 Luftzonen sich scheidet, von denen die eine, die rückwärts des Ofens gelegene, mit Luftmassen angefüllt ist, welche nur träge an der Zirkulation Theil nehmen, während die andere, nach den Fenstern zu gelegene, mit Luftmassen angefüllt ist, welche in lebhafter Bewegung vom Ofen zum Fenster und vom Fenster zum Ofen ihre Kreise ziehen.

Fig. 17.



Als Grenzscheide beider Zonen würde man ungefähr die Linie *gf* (Fig. 17) bezeichnen können. Würde man nun in einer Stube mit einem derartig an der Seite postirten Ofen den Abfluss-Kanal rückwärts des Ofens, also vielleicht in *c* anlegen, so würde, weil die Luftmassen in Zone *defg* für sich zirkuliren, der gröfsere Theil der Luft in Zone *gfih* nicht zum Abfluss gelangen; also würden auch diejenigen Personen, welche in *gfih* sich aufhalten, trotz des wirksamen Abfluss-Kanales nur Zirkulations-Luft, nicht Ventilir-Luft einathmen.

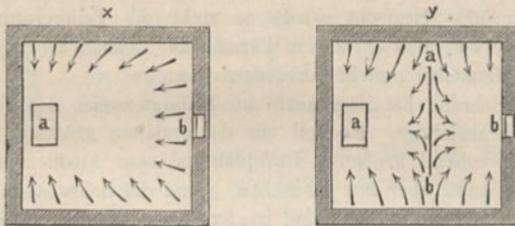
Der Abfluss-Kanal würde seinen Zweck besser erfüllen, wenn er z. B. in *x* läge, weil er dann zum Umtausch des gröfseren Theiles der Zimmerluft das Seinige beitrüge.

[**Anmerkung 37.** Die Annahme, dass die Lage der Abfluss-Oeffnung in horizontaler Beziehung die besprochenen Einflüsse habe, ist wegen der Diffusion der Gase und der leichten Beweglichkeit der Lufttheilchen schwerlich in der Wirklichkeit zutreffend. Es sind folglich die aufgestellten Beispiele nur von geringer Wichtigkeit. An welcher Stelle des Fußbodens die Innenluft abgeführt wird, das ist allerdings mit Rücksicht auf Temperatur und Zuführungsstelle der reinen Luft nicht ganz gleichgültig; allein von der Art und Stelle der Zuführung ist hier nichts erwähnt. — W.]

§ 24. Die Abfluss-Kanäle werden auch vielfach in die der Ofenwand gegenüber liegende Wand gelegt.

Ich kann diese Anordnung für eine rationelle nicht halten, weil sie

Fig. 18.

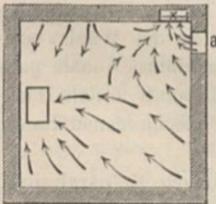


2 kollidirende Strömungen der Zimmerluft hervorruft. Ist *a* (Fig. 18) der Ofen, *b* der Abflusskanal, so würden, wenn der Abfluss-Kanal *b* nicht vorhanden wäre, die abgekühlten, über dem Fußboden gelagerten Luftschichten in der Richtung der Pfeile nach dem Ofen hin fließen. Weil aber der Kanal da ist, wird der Kraft, welche die Luftschichten nach dem Ofen hin presst, eine Kraft diametral entgegen wirken, welche die Luftschichten nach der Kanalmündung zu treiben bestrebt ist.

Bezeichnen wir in Fig. 18 *y* mit *a* *b* die Scheidegrenze der beiden Kräfte, so werden längs dieser Grenze die Luftschichten einen fortwährenden Kampf mit den Kräften bestehen müssen, welche sie nach links und nach rechts treiben, und dieser Kampf wird eine Reibung zwischen den Luftschichten verursachen, welche einen Theil der gegebenen Kraft absorbiert.

Eine noch schlechtere Lage würde der Abfluss-Kanal in *x* (Fig. 19)

Fig. 19.



haben, namentlich wenn in der Nähe, z. B. bei *a*, eine Thür in's Zimmer führt. Nur ein Theil der Zimmerluft wird zirkuliren; ein anderer Theil wird nach der Mündung des Abfluss-Kanals gedrückt werden, hier aber auf eine durch die Thürspalten eindringende Luftmasse stoßen, welche ebenfalls in den Kanal fließt und dadurch zum Hinderniss wird, dass der die gleiche Richtung nehmende Theil der Zimmerluft zum Einströmen in den Kanal gelangt. —

§ 25. Es wird vielfach empfohlen, den Abfluss-Kanal in einen warmen Schornstein zu leiten. Ich warne vor dieser Einrichtung. Sie hat erstens zur Folge, dass der statische Druck auf die Luftsäule im Schornsteine vermindert wird, das Feuer im Ofen also weniger lebhaft brennt, und dass ein Zurückschlagen des Rauches bei widrigem Winde begünstigt wird.

Die Durchschnitts-Temperatur des Rauches im Schornstein ist 60°.

Bei dieser Temperatur wird die Rauch-Säule mit einer Kraft aus dem Ofen nach dem Schornsteine hin gehoben, welche der Pressung des Windes in der Regel widerstehen wird. Nehmen wir nun an, dass die Rauchsäule mit einem gleichen Volumen Zimmerluft von einer Temperatur von 19° vermischt wird, so sinkt die Temperatur des Gemisches unter 40° , also auf einen Wärmegrad, welcher Störungen im Betriebe der Ofenheizung nicht verhindern kann.

Die Einrichtung hat aber auch nur bedingterweise den Erfolg, welchen man beabsichtigt. Es soll ein der erzielten größeren Geschwindigkeit entsprechend größeres Luftquantum zum Ausfließen gebracht werden; das kann aber nur geschehen, wenn der Schornstein genügend weit ist, was indessen in der Regel nicht, bei russischen Röhren gewiss nie der Fall sein wird.

Auch von einer durch Sammel-Kanäle zu bewirkenden Vereinigung mehrer Abfluss-Kanäle zu einem einzigen, über den First des Daches hinaus zu führenden Kanäle bin ich kein Freund.

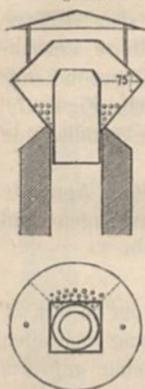
Erstens absorbirt ein solcher, horizontal liegender Sammelkanal in Folge von Reibung und Abkühlung der ihn durchströmenden Luftmassen einen nicht unbedeutenden Theil der zu Gebote stehenden Kraft; zweitens wird in der Regel für den Kanal, welcher über den First hinaus geht, ein so großer Querschnitt erforderlich, dass es unmöglich ist, ihn passend zu bekrönen. Das ist aber, wie wir gleich sehen werden, ein Misstand, welcher die Leistungsfähigkeit einer Ventilations-Anlage mit nicht geheizten Abfluss-Kanälen in Frage stellen kann.

Man sieht zuweilen Abflusskanäle, welche unter dem Dache, oder im Dachraume des Gebäudes endigen.

Ich habe mit einem dergestalt verkürzten Abfluss-Kanäle ebenfalls Versuche angestellt und bin auf Grund derselben zu der Ueberzeugung gekommen, dass es bezüglich der durch die Pression des Windes ausgeübten störenden Wirkungen auf die Luftsäule im Abfluss-Kanäle ganz gleichgültig ist, ob der Kanal in einen mit der Außenluft mittels Dachfenster, Luken etc. kommunizirenden, sonst aber geschlossenen Raum, oder in's Freie mündet.

Die einzig richtige Art und Weise, jene Wirkungen zu paralysiren, ist die Bekrönung des Abfluss-Kanals mit einem richtig konstruirten Luftsauger, welcher gleichzeitig die saugende Wirkung des Windes nutzbar macht; denn, wie schon früher mitgetheilt, ist der Feind des Zufluss-Kanals der Freund des Abfluss-Kanals. War die, eine absolute Luftverdünnung hervorbringende saugende Wirkung des Windes bezüglich des Zuflusskanals ein abzuwendender Uebelstand, so ist sie bezüglich des Abfluss-Kanals eine wünschenswerthe Akquisition, welche herbeizuführen nicht dringend genug angerathen werden kann. Apparate, welche jenem Zwecke dienen, bzw. dienen sollen, giebt es sehr viele; ich habe sie wohl so ziemlich alle ausprobt und bin zu dem

Fig. 20.



Resultate gekommen: unfehlbar ist keiner; es sind aber unter der großen Masse von Konkurrenten zwei besonders hervorzuheben, welche ihren Zweck in fast vollkommener Weise erfüllen.

Das ist erstens der Wolpert'sche Luftsauger, dessen Einrichtung bekannt sein wird*), und zweitens ein Luftsauger, welcher die aus nebenstehender Zeichnung ersichtliche Form hat.

[Anmerkung 38. Der von Staabe benutzte

„Wolpert'sche Luftsauger“ war jener der älteren Konstruktion; einige Mängel sind bei derselben vorhanden, aber bei der neueren Konstruktion beseitigt.***) Die Beurtheilung der Wirkungen dieser Apparate betreffend, musste ich häufig die Erfahrung machen, dass selbst Techniker, welche sich

mit pyrotechnischen Studien eingehend beschäftigen, darüber klagten, dass ein Sauger nur bei Wind gute Wirkung wahrnehmen liefs, nicht aber bei Windstille! — Es dürfte doch selbstverständlich sein, dass ein solcher Apparat sich neutral verhält, wenn der Motor fehlt. Auch ist zuweilen behauptet worden, dass der Wind durch einen solchen Säuger in den Schornstein hinab gelangen könne. Dieses ist aber unmöglich.***) Es kann allerdings Luft hinab gepresst werden, wenn sich der Wind in der Umgebung des Saugers an höheren Gegenständen staut und die Luft komprimirt; es kann ferner ein Hinabfließen dadurch veranlasst werden, dass der Wind an ungünstig liegenden, schlecht oder gar nicht geschlossenen Thüren und Fenstern eines Hauses oder Zimmers stärker saugt als an dem Sauger. Unter solchen Umständen kann überhaupt kein Schornstein-Hut helfen; man muss, wenn das möglichst dichte Schließen der Oeffnungen an den Saugflächen der Umfangsmauern nicht genügt, durch rasche und starke Erwärmung des Schornsteins jene äußeren Einwirkungen zu überwinden suchen.

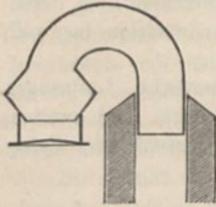
Der in Figur 20 dargestellte Schornsteinkopf veranlasst bei steil aufwärts gerichtetem Wind wegen der stark konischen Verdachung Wirbel unter dieser und Rückstöße, bei wenig abwärts geneigtem Wind Stauung in dem Mantel um die Rohröffnung, selbst wenn die vielen kleinen Löcher offen sind, noch mehr natürlich, wenn sie — was mit der Zeit erfolgt — verstopft sind. Auch kann Schnee sich in dem Mantel und auf der oberen Fläche desselben anhäufen. — W.]

*) Siehe Zeitschrift des bayr. Architekten- u. Ingen.-Vereins, Bd. I. S. 54.

**) Vergl. Zeitschr. des bayr. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1876, Heft 1. Im Anhang dieser Schrift werden beide Konstruktionen dargestellt.

***) Siehe Zeitschrift für Biologie 1877, S. 406.

Fig. 21.



Wo jene beiden Arten von Luftsaugern nicht gut anzubringen sind, lasse ich den Abfluss-Kanal in eine abwärts gebogene Röhre ausmünden, an deren Ende ein Doppel-Konus mit aufgelöthetem Schirm befestigt ist (siehe Figur 21), und habe mit dieser Einrichtung ebenfalls gute Resultate erzielt.

Die beiden zuletzt angeführten Apparate sind aus verbleietem Blech anzufertigen und nachdem sie eingesetzt sind, mit Lapidar-Theer anzupinseln.

[*Anmerkung 39.* Es ist leicht zu erkennen, dass der in Fig. 21 dargestellte Apparat eine nahezu gleichmäßige Wirkung bei allen Windrichtungen nicht haben kann, dass ferner der wenig aufwärts gerichtete Wind den Rauch zurückdrängen und die leicht mögliche Schnee-Ablagerung und Eisbildung die Ausmündung verstopfen kann. Auf Schnee und Eis Rücksicht zu nehmen ist bei „Luftsaugern“ nothwendig, weil die durch dieselben zu fördernde Luft nicht immer so warm ist, dass sie ein schnelles Schmelzen des Schnees veranlassen und die Eisbildung hindern würde. — W.]

Eines Uebelstandes, dem ich in der Praxis des öfteren begegnete, sei hier noch Erwähnung gethan.

Liegt nämlich westwärts neben dem Abfluss-Kanale ein nicht überdeckter Schornstein, so tritt bei Westwind leicht ein Rauchen desselben ein, indem der abwärts gerichtete Wind an dem Luftsauger nieder gleitet und die Rauchsäule am Ausfließen hindert.

Bei südlich, südöstlich und östlich vom Luftsauger gelegenen Schornsteinen habe ich jenen Uebelstand nie bemerkt. Ein Ueberdecken des Schornsteines schafft regelmäsig Abhülfe. —

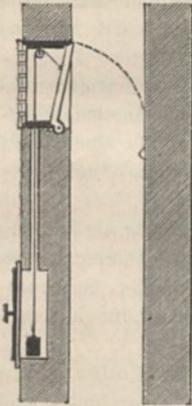
§ 26. Die Abfluss-Kanäle, mögen es geheizte oder nicht geheizte sein, sollen mittels zweier Oeffnungen mit dem zu ventilirenden Raume kommuniziren, von denen eine dicht über dem Fußboden, die andere dicht unter der Decke im Kanale anzubringen ist. Die Fußboden-Oeffnung dient im Winter (auch im Sommer, wie wir nachher sehen werden) der Stubenluft zum Abfluss, während die Plafond-Oeffnung in all' den Fällen zur Benutzung kommt, in welchen auf eine Wärme-Oekonomie nicht gerücksichtigt zu werden braucht, also im Frühjahr und Herbst.

In Räumen, in denen die Entfernung von Tabacksrauch die Hauptrolle spielt, bildet die Benutzung der Plafond-Oeffnung die Regel; dasselbe wird der Fall sein in nicht geheizten Schlafstuben, Werkstätten, Küchen und Waschräumen, also überall da, wo es darauf ankommt, aufsteigende Gase der Athmungssphäre schnell zu entführen. —

§ 27. Die Oeffnungen in den Abfluss-Kanälen müssen zu verschliessen sein.

Als solchen Verschluss in bequemster und dabei exaktester Weise ausführende Vorrichtung kann ich folgende in Vorschlag bringen:

Fig. 22.



Ungefähr 1^m über dem Fußboden lasse man eine den Kanalraum deckende Drosselklappe einmauern, deren Stiel so weit durch das Mauerwerk hindurch geht, dass mittels eines ihm aufsitzenden Drehers die Handhabung der Drosselklappe von der Stube aus ermöglicht wird.

Diese Klappe besorgt den Verschluss der Fußboden-Oeffnung. Um die Oeffnung selbst zu verdecken, wird eine durchbrochene, eiserne Thür eingemauert, welche je nach den Ansprüchen zu bronciren ist.

In die Plafond-Oeffnung wird eine Armatur eingesetzt, wie sie aus neben stehender Figur 22 ersichtlich ist.

Es ist anzurathen, die Armatur gleich beim Aufmauern des Kanals befestigen zu lassen.

[*Anmerkung 40.* In Figur 22 ist die Klappe viel weniger breit als der Kanal anzunehmen, wenn durch diesen auch von einer tieferen Stelle gleichzeitig Luft abgeführt werden soll. Ist der Kanal für nur ein Zimmer angelegt, in welchem unten und oben eine Abzugs-Oeffnung sich befindet, und soll durch die untere Oeffnung keine Luft abfließen, wenn die obere geöffnet ist, so ist die den unteren Kanal-Theil absperrende Klappe zweckmäfsig. — W.]

§ 28. Das in einer Zeit-Einheit zu evakuirende Luftvolumen, dividirt durch die aus der bekannten Formel $v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+t}}$ sich für dieselbe Zeiteinheit ergebende Geschwindigkeit, giebt in gleichnamigen Maafsen die Weite des zu errichtenden Abfluss-Kanales an.

Es muss als eine ganz verfehlte Vorschrift angesehen werden, wenn in dem Degen'schen Buche das genaue Innehalten des sich ergebenden Querschnitts bei der praktischen Ausführung verlangt wird.

Eine Ausführung in Mauerwerk, welche eine Genauigkeit auf 2—3 Dezimalstellen verlangt, ist gradezu unmöglich. Man kehre sich daher an solche Vorschriften nicht; trage vielmehr den faktischen Verhältnissen an erster Stelle Rechnung und gebe den Abfluss-Kanälen diejenigen Querschnitte, welche nach der Länge und Breite der zur Verfügung stehenden Mauersteine eine bequeme Aufmauerung mit gutem

Verbande zulassen und welche groß genug sind, dem benötigten Luftvolumen den Abfluss zu gestatten.

Reicht bei einer gegebenen Mauerstärke ein Kanal nicht aus und wird auch die Mauering von Vorlagen nicht gestattet, so lege man zwei Kanäle an, deren Gesamtleistung der erforderlichen entweder gleich kommt oder dieselbe übersteigt. Das Mehr schadet nie und kann durch Stellung der Verschluss-Vorrichtungen an den Kanälen leicht auf das richtige Maafs zurück geführt werden.

Ein gewisses Verhältniss zwischen einströmendem und ausströmendem Luftvolumen muss natürlich immer obwalten — ich komme in Abschnitt IV auf diese Frage zurück — und zwar kann der Querschnitt des Zufluss-Kanales etwas gröfser sein als der des Abfluss-Kanales.

§ 29. Die Abfluss-Kanäle sollen auch von ihrer Basis an bis zum Scheitel ein und denselben Querschnitt haben, sich weder verengen noch erweitern. Eine Erweiterung verursacht Verminderung der Geschwindigkeit; eine Verengung Verminderung des abfließenden Luftvolumens.

[*Anmerkung 41.* Erweiterungen nach oben oder unten mit Beibehaltung des richtig berechneten kleinsten Querschnitts sind nicht nur zulässig, sondern nützlich; denn die Verminderung der Geschwindigkeit in einem erweiterten Kanal ist von Verminderung der Reibungs-Widerstände begleitet und folglich für die Geschwindigkeit und das Volumen der durch eine kleinere Oeffnung von bestimmter Gröfse abzuführenden Luft günstig. Nur der Einfachheit und Raumbenutzung wegen sind Kanäle von gleichmäfsigem Querschnitt vorzuziehen. — W.]

Man hört öfter die Ansicht aussprechen, dass gemäfs der durch Erwärmung oder Abkühlung hervorgerufenen gröfseren oder geringeren Spannung der die Kanäle durchströmenden Luft, die Kanäle selbst verjüngt zulaufen, bzw. sich erweitern müssen.

Von Spannung der Luft kann aber bei der Ventilation nur die Rede sein, wo es sich um eine durch die Pression des Windes oder durch die saugende Wirkung desselben bewirkte absolute Luftverdichtung bzw. Luftverdünnung handelt, nicht aber da, wo erwärmte oder abgekühlte Luft in Betracht kommt. Denn, wenn der erwärmten Luft Raum zum Ausdehnen gegeben ist, wie dies in den betreffenden Kanälen der Fall, entsteht nicht absolute Verdünnung mit Abnahme der Spannkraft, sondern relative Verdünnung ohne Abnahme jener Kraft. Es dokumentirt daher eine ganz falsche Auffassung von den durch Erwärmung von Luft in unbegrenztem Raume hervorgerufenen Veränderungen in den Mengen der Luftatome und des Aethers, wenn in der Scharrath'schen Schrift, Poren-Ventilation betreffend, Seite 9 gesagt wird: „Dasselbe —

(ein in den Schornstein führendes Holzrohr) hat einen Spalt s' , ähnlich wie der Luftverteilungs-Kanal v , doch die Erweiterung dieses Spaltes nimmt in der Richtung ab, wo sie beim Vertheilungs-Kanale abnimmt, um auch hierbei den Querschnitt der Luftspannung anzupassen.“

Sommer-Ventilation.

Vorbemerkung.

Eine Sommer-Ventilation läßt sich nach zwei, in einem diametralen Gegensatze zu einander stehenden Methoden ausführen; je nachdem nämlich das zwischen den auszuwechselnden Luftmassen bestehende naturgemäße Temperatur-Verhältniss künstlich umgestaltet wird oder nicht. Nennen wir die erste Methode: künstliche Sommer-Ventilation; die zweite Methode: natürliche Sommer-Ventilation und machen die letztere zuerst zum Gegenstande unserer Betrachtung.

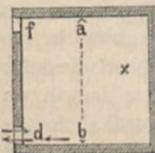
Natürliche Sommer-Ventilation.

§ 30. Sie setzt also voraus, dass die Außenluft wärmer ist als die Innenluft, denn auch bei ihr ist ja die Temperatur-Differenz der Motor und der sich vollziehende Luft-Umtausch eine Bewegung der auszuwechselnden Luftmassen in kommunizirenden Röhren.

Wir haben es daher mit einer umgekehrten Winter-Ventilation zu thun, nur mit dem Unterschiede, dass wir, während uns im Winter die drückende Luftsäule in bedeutender Höhe zu Diensten stand, bei der Ventilation im Sommer mit ungünstigeren Höhen-Verhältnissen rechnen müssen, weil in den allermeisten Fällen nur die Zimmerhöhe, oder auch die Tiefe von der Zimmerdecke bis zum Kellergeschoss als Druckhöhe angenommen werden kann. Diese Beschränkung in der Benutzung der Bewegungs-Ursache, sowie die im Sommer vorhandene geringe Temperatur-Differenz bilden denn auch die Gründe, warum die natürliche Sommer-Ventilation als eine brauchbare in Wohn- und Schulstuben wohl angesehen werden kann, nicht aber in Räumen, die einer energischen Lüftung bedürfen.

Um die drückende Luftsäule, also die Säule der Innenluft, in Aktion zu setzen, müssen wir ihr gestatten, ausfließen zu können. Ein solcher Ausfluss vollzieht sich schon, wenn auch nur eine Oeffnung im Raume vorhanden ist, aber dann in unregelmäßiger Weise. Denn,

Fig. 23.



sehen wir z. B. d (Figur 23) als eine solche einzige Oeffnung in dem mit kalter Luft angefüllten und von warmer Luft umgebenen Raume x an, so wird das Ausfließen der kalten Luft auch zugleich ein Einfließen der warmen Luft durch dieselbe Oeffnung d zur Folge haben müssen, um das ausgeflossene Luftquantum zu ersetzen.

Dieses zu gleicher Zeit stattfindende Ein- und Ausfließen durch eine und dieselbe Oeffnung muss eine Reibung und Stauung der strömenden Luftmassen, also eine Verminderung der ohnehin schon geringen Ausfluss-Geschwindigkeit der kalten Luftsäule zur Folge haben.

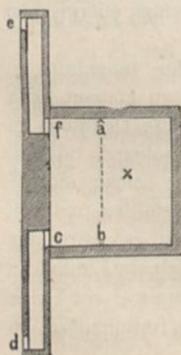
Solche Verminderung wird vermieden werden, wenn der Außenluft das Einfließen durch eine zweite, höher gelegene Oeffnung gestattet wird. Es sei f eine solche Oeffnung; dann wird Luftsäule ab gleichmäÙig ausfließen, und zwar mit der Geschwindigkeit, welche sich aus der Formel für die Ausfluss-Geschwindigkeit von spezifisch schwerer Luft in spezifisch leichtere Luft:

$$v = \sqrt{\frac{2gH(T-t)}{273+T}}$$

in welcher $H = ab$ ist, berechnet. Je größer H und $T-t$, desto größer auch v ; daraus folgt erstens, dass wir die eine Oeffnung — die Einströmungsöffnung — am höchsten Punkte, die andere Oeffnung — die Abströmungsöffnung — am tiefsten Punkte im Raume anzubringen haben, und zweitens, dass die Oeffnungen mehr breit als hoch angelegt werden müssen, um nicht an Druckhöhe zu verlieren. Dergestalt in einem Raume angebrachte 2 Oeffnungen, von denen die am tiefsten Punkte gelegene der kalten Luftsäule das Ausfließen in die warme Außenluft gestattet, bewerkstelligen also eine Sommer-Ventilation des Raumes.

§ 31. Wie aus einer später anzustellenden Vergleichung der verschiedenen Sommer-Ventilationsarten hervorgehen wird, ist die Wirkung jener Art die schwächste, weil sie für H keine größeren Dimensionen zulässt als die gegebene Zimmerhöhe. Um demnach eine kräftiger funktionierende Ventilation in's Werk zu setzen, müssen wir suchen, H zu vergrößern. Das kann nun geschehen, indem wir der Außenluft gestatten, an einer höher als Zimmerdecke gelegenen Stelle einzuströmen, und der Innenluft eine tiefer als Zimmer-Fußboden gelegene Stelle zum

Fig. 24.



Ausfließen anweisen, indem wir also oberhalb des zu ventilirenden Raumes vertikal aufsteigende, unterhalb desselben abwärts geführte Kanäle anlegen, welche durch das Zimmer mit der Außenluft kommunizieren. Versinnlichen wir uns eine derartige Einrichtung durch Fig. 24.

Die ursprünglichen Ein- und Ausfluss-Mündungen im Raume x seien f und c , dann wäre ab die drückende Luftsäule gewesen. Denken wir uns nun die Oeffnung c als Mündung eines abwärts geführten Kanals, durch dessen Oeffnung d die kalte Luft des Raumes x in's Freie abfließt; denken wir uns ferner f als Mündung eines vertikal in die Höhe steigenden Kanals ef und nehmen an, dass

die durch e einfließende Außenluft sich im Kanale f auf Zimmerluft-Temperatur abkühlt, so ist die ursprüngliche Höhe ab um die Kanal-länge ef und cd gewachsen und ed nunmehr als Druckhöhe anzusehen. Dabei dürfen wir aber nicht vergessen, dass die beiden Kanäle ef und cd mit kalter Luft angefüllt sein müssen, wenn ed als Druckhöhe gelten soll; dass dagegen die Kanäle zum Schaden gereichen in Folge der Reibung, welche die sie durchfließende Luft erleidet, wenn der entgegen gesetzte Fall stattfände. Diese Voraussetzung nun wird man in Ansehung des Kanals ef in der Wirklichkeit weit seltener erfüllt sehen, als bezüglich des Kanals cd , weil ersterer die warme Außenluft, letzterer die abgekühlte Zimmerluft aufnimmt.

Es ist daher auch die Anlegung der oberhalb des zu ventilirenden Raumes aufwärts steigenden Kanäle, der eigentlichen Zufluss-Kanäle oder Decken-Kanäle, wie ich sie im Gegensatz zu den abwärts geführten Kanälen, den Fußboden-Kanälen, von nun an nennen werde, nur in dem Falle anzurathen, dass sie in Wänden, welche nach Norden hin liegen oder überhaupt als kalte zu bezeichnen sind, ausgespart werden können und nach jener Himmelsgegend oder an einem sonst schattigen Orte ausmünden.

Aus dem angegebenen Grunde halte ich es auch nicht für rathsam, dass die Abfluss-Kanäle der Winterventilation als solche Decken-Kanäle in Benutzung genommen werden; sie münden, weil sie über den First des Daches hinaus gehen, an Stellen, welche ungeschützt der Sonnenglut ausgesetzt sind, und werden folglich oft stark erwärmte Luftmassen in's Zimmer einführen und zur Erhöhung des Druckes nicht wesentlich beisteuern, zuweilen die Außenluft gar nicht hinab führen. Aber auch noch ein anderer Grund verbietet geradezu den Gebrauch jener Kanäle. Die Lage ihrer Ausmündungs-Oeffnungen in gleicher Höhe mit den Schornsteinen disponirt sie nämlich dazu, den Rauch aus den in Thätigkeit befindlichen Schornsteinen in die Zimmer hinab zu leiten; dies geschieht um so öfter, als der Rauch in der heißen Jahreszeit mit einer gewissen Trägheit in die Höhe steigt, sich also in der den Abfluss-Kanälen zugänglichen Luftregion viel länger aufhält, als dies im Winter der Fall ist.

Es würde auch ein Fehler zu nennen sein, wenn die Aussparung eines Decken-Kanals in einer den Sonnenstrahlen ausgesetzten Front-mauer des Gebäudes ausgeführt wäre. Nach meinen Messungen ist die Innen-Temperatur — (das Thermometer wurde in die Mitte einer 26^{zoll} starken Mauer eingeführt und in dieser Lage vermauert) — einer solchen Mauer nur um 1 bis 2° niedriger als die Temperatur der Außenluft, und es würde daher die Zuführung der Außenluft durch einen so warmen Kanal der Anlage eher zum Schaden als zum Nutzen gereichen.

§ 32. Das Aussparen der Decken-Kanäle in kalten Wänden wird sehr oft nicht zu ermöglichen sein; für solche Fälle schlage ich als

einfachstes Ersatzmittel das Oeffnen der oberen Fensterflügel vor. Je höher die Fenster hinauf reichen, desto vollständiger der Luftumtausch mittels deren Oeffnungen.

In den oberen Etagen wird der Gebrauch der Fenster die Höhe der Drucksäule nur um ein Geringes verkürzen und demnach für die in ihnen liegenden Räume in allen Fällen als einfachstes und bequemstes Mittel, frische Luft einzuführen, anzurathen sein.

§ 33. Wie im Winter die Pression des Windes zur Verstärkung der Luftströmung im Zufluss-Kanäle einen schätzbaren Faktor abgab, so auch im Sommer.

Man lege, um diesen Faktor zu verwerthen, zwischen die Decke des zu ventilirenden Zimmers und den Fußboden des darüber liegenden Raumes genau ebenso eingerichtete Zinkblech-Kanäle, natürlich mit vertikal abwärts gerichtetem Ansatzrohr, wie solche oben für die Winter-Ventilation vorgeschlagen wurden.

Das sich abzweigende Ansatzrohr ist mittels einer luftdicht schließenden, von der Stube aus zu handhabenden Rosette verschließbar einzurichten. Die Stellung der Rosette regulirt die Größe des eintretenden Luftvolumens.

Der Kanal ist so zu legen, dass die Rosette zugleich das Zentrum der Decken-Ornamente bildet. Er darf auch nicht zu klein im Querschnitt sein, weil — wie wir nachher sehen werden — im Sommer auf eine größere Durchschnitts-Geschwindigkeit als $0,5 \text{ m}$ pro Sekunde nicht zu rechnen ist, und er muss natürlich durch Drathgitter oder dergl. vor dem Eindringen von Staub, Ungeziefer etc. geschützt werden.

Solche Zugkanal-Einrichtung ist namentlich während der Nachtzeit ein prächtiges Mittel, um die Durchkühlung eines Raumes herbeizuführen, und deshalb am richtigen Platze in Schlaf- und Kranken-Stuben der Wohnhäuser.

Ich sage, die Durchkühlung herbeizuführen, weil ein Sinken der Lufttemperatur nach Sonnenuntergang der Regel nach zu beobachten ist. Dieser Temperatur-Wechsel statuirt denn auch im Gebrauche der Sommer-Ventilations-Vorrichtungen eine Ausnahme von der Regel, dass die Winter-Abzugs-Kanäle für die Sommer-Ventilation nutzlos sind.

Die durch die Sonnenglut in den Zimmerwänden, auch in dem Mauerwerk des Abfluss-Kanales, namentlich wenn er in ziemlicher Höhe frei stehend in die Atmosphäre hinaus ragt, aufgespeicherte Wärme ist nämlich so bedeutend und kommt nach dem Schließen von Thüren und Fenstern in so grossem Maasse zur Ausgabe, dass zwischen Außenluft und Innenluft ein winterliches Temperatur-Verhältniss hergestellt wird.

Wenn nun beim Obwalten solcher Abnormität die Rosette an der Decke eines Schlafzimmers so weit wie möglich gelüftet und die Thür,

welche die Fußboden-Oeffnung des Abfluss-Kanales schließt, offen gehalten wird, durchfließt die kühle Außenluft, durch die Rosetten-Oeffnung herabfallend, das mit warmer Sommerluft angefüllte Schlafzimmer und entweicht als warme, verbrauchte Luft durch die Fußboden-Oeffnung des Abfluss-Kanales. Die solchergestalt in's Werk gesetzte Umwechslung der Zimmerluft gegen frische Außenluft ist eine so vollständige, dass auch der schärfste Geruchssinn nicht im Stande ist, einen Unterschied zwischen der Schlafzimmer-Luft und der frischen Außenluft aufzufinden. Es ist ein köstlicher Genuss, in einem dergestalt ventilirten Zimmer zu schlafen.

§ 34. Diese Art von Sommer-Zug-Kanälen gestattet auch, sofern sie im Dachraume ihre Stelle finden, in leicht auszuführender Weise eine künstliche Kühlung der Außenluft. Wie leicht einzusehen, muss bei der natürlichen Sommer-Ventilation die gekühlte Luft, um sie dem Raume, welcher ventilirt werden soll, zuführen zu können, sich über diesem Raume befinden, damit sie fallen kann. Ein Aufsteigen derselben zu bewirken, um etwa mit kühler Kellerluft zu ventiliren, ist ein Ding der Unmöglichkeit.

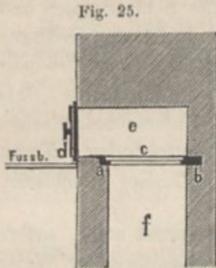
Bezüglich der zur Kühlung der Luft nothwendigen Vorrichtungen erlaube ich mir, auf das darüber in den folgenden Paragraphen zum Vortrag Kommende zu verweisen.

§ 35. Wenn ich vorhin sagte, dass eine Benutzung der Winter-Abfluss-Kanäle als Sommer-Decken-Kanäle nicht wünschenswerth sei, so ist bezüglich der Verwerthung der Winter-Zufluss-Kanäle als Fußboden-Sommer-Kanäle der entgegengesetzte Ausspruch zu thun. So viele ihrer sind, so viele können auch die Funktionen jener Kanäle übernehmen, weil sie im kühlen Innenraum der Gebäude liegen, nur kühle Zimmerluft aufnehmen und weil es gleichgültig ist, an welcher Stelle die Zimmerluft zum Abfluss gelangt.

Ihre Zahl wird jedoch nicht ausreichen, um das Bedürfniss, eine genügende Luftmenge aus dem Zimmer zu schaffen, zu decken. Es wird in jedem zu ventilirenden Raume ein zweiter Fußboden-Kanal anzulegen, und zwar — weil seine Länge günstig für die Druckhöhe ist — bis zum tiefsten Punkte, welcher den Ausfluss in die warme Außenluft gestattet, hinab zu führen sein. Als solche tiefste Stelle werden wir immer das Kellergeschoss zu betrachten haben, daher auch die Winter-Zufluss-Kanäle, welche aus dem im Kellergeschoss liegenden Zug-Kanäle die Außenluft in die Zimmer führen, so ganz geeignet zur Benutzung für die Sommer-Ventilation sind.

[*Anmerkung 42.* Diese Kanäle sollen jetzt Luft abführen; sie sind aber nach früheren Mittheilungen so eingerichtet, dass sie Zugwind veranlassen und dabei angeblich immer Luft einführen! — W.]

Die anzulegenden zweiten Fußboden-Kanäle müssen in den kühleren Zwischenwänden des Gebäudes ausgespart und im Winter geschlossen werden. Die einfachste und dabei zweckmäßigste Verschluss-Vorrichtung versinnlicht Fig. 25.



ab ist ein eingemauerter gusseiserner Rahmen, in dessen Falz die Deckplatte c liegt; d ist eine die Mündungs-Oeffnung e verschließende Thür. Das einfache Abheben und Einlegen der Deckplatte c ermöglicht und verbietet den Gebrauch des Kanals f als Fußboden-Kanal.

Die Innen-Temperatur der Zwischenwände in einem Gebäude ist im Durchschnitt 5° niedriger als die Temperatur der Außenluft. Diesem Temperatur-Verhältniss lege ich folgende Berechnungen zu Grunde, deren Resultate zeigen sollen, welche Art von natürlicher Sommer-Ventilation den größten Luftaustausch bewirkt.

[**Anmerkung 43.** Die Angabe, dass die Innen-Temperatur der Zwischenmauern in einem Gebäude im Durchschnitt um 5° niedriger sei als die Temperatur der Außenluft, ist zu wenig begründet, als dass sie einer Berechnung zu Grunde gelegt werden dürfte. — W.]

Beispiel I.

Die Luft fließt durch Decken-Kanäle in 3 über einander liegende Zimmer ein und durch Fußboden-Kanäle in das Kellergeschoss ab.

Die Höhe jedes Zimmers ist $4,5$ m. Die Temperatur der Innenluft und die Luft in sämtlichen Kanälen sei $= 20^\circ$, die der Außenluft $= 25^\circ$. H ist für alle 3 Räume gleich groß $= 13,5$ m, daher:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 13,5 (25 - 20)}{273 + 25}} = 2,11 \text{ m}$$

Beispiel II.

Die Außenluft strömt durch die geöffneten, oberen Fensterflügel ein und fließt, wie im vorigen Beispiele, durch Fußboden-Kanäle in das Kellergeschoss ab. Temperatur-Verhältnisse unverändert.

Dann ist für den höchst gelegenen Raum III: $H = 13,5$ m; für den darunter gelegenen Raum II: $H = 9$ m und für den Raum I im Erdgeschoss: $H = 4,5$ m, folglich:

$$\begin{aligned} \text{für Raum III: } V''' &= \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 13,5 (25 - 20)}{273 + 25}} = 2,11 \text{ m} \\ \text{„ „ II: } V'' &= \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 9 (25 - 20)}{273 + 25}} = 1,72 \text{ m} \\ \text{„ „ I: } V' &= \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 4,5 (25 - 20)}{273 + 25}} = 1,22 \text{ m} \end{aligned}$$

Beispiel III.

Die Außenluft strömt durch obere Fensterflügel ein und durch Fußboden-Oeffnungen in der Fensterwand aus. Die übrigen Verhältnisse sind gleich denen in Beispiel I und II. H ist für alle 3 Räume gleich groß = 4,5 m, daher V für jeden der 3 Räume = 1,22 m. Nehmen wir auch bei der Sommer-Ventilation als wirkliche Ausfluss-Geschwindigkeit den dritten Theil der theoretischen an, so ist, wie schon oben bemerkt, nur eine Durchschnitts-Geschwindigkeit der ausfließenden Luft von 0,4 bis 0,5 m in der Sekunde zu rechnen.

[*Anmerkung 44.* Sogar wenn man in Verbindung mit den vertikalen Kanälen noch horizontale Kanalthelle von 4,5 m Länge voraussetzt, ist die wirkliche Ausfluss - Geschwindigkeit hier sicher überall weit größer als $\frac{1}{3}$ der theoretischen.

Wird die Reibung in den angegebenen Kanälen berücksichtigt, so sind bei 0,3 m weiten Kanälen die wirklichen Geschwindigkeiten:

In Beispiel I:

$$v = V : \sqrt{\left(1 + 2 g k L \frac{U}{F}\right)}$$

$$= 2,11 : \sqrt{(1 + 19,62 \cdot 0,0006 \cdot 13,5 \cdot 4 : 0,3)} = 1,20^m$$

also mehr als die Hälfte der theoretischen Geschwindigkeit.

Ebenso im Beispiel II:

$$v'' = V'' : \sqrt{\left(1 + 2 g k L'' \frac{U}{F}\right)}$$

$$= 2,11 : \sqrt{(1 + 2 g k \cdot 13,5 \cdot 4 : 0,3)} = 1,20^m$$

d. i. mehr als die Hälfte der theoretischen Geschwindigkeit;

$$v' = V' : \sqrt{\left(1 + 2 g k L' \frac{U}{F}\right)}$$

$$= 1,72 : \sqrt{(1 + 2 g k \cdot 9 \cdot 4 : 0,3)} = 1,11^m$$

d. i. fast $\frac{2}{3}$ der theoretischen Geschwindigkeit;

$$v = V : \sqrt{\left(1 + 2 g k L \frac{U}{F}\right)}$$

$$= 1,22 : \sqrt{(1 + 2 g k \cdot 4,5 \cdot 4 : 0,3)} = 0,93^m$$

d. i. $\frac{3}{4}$ der theoretischen Geschwindigkeit.

In Beispiel III ist, wenn man die Kanal-Länge durch die Außenmauern zu 0,6 m annimmt:

$$v = 1,22 : \sqrt{(1 + 2 g k \cdot 0,6 \cdot 4 : 0,3)} = 1,17^m$$

d. i. nahezu gleich der theoretischen Geschwindigkeit.

Die sekundliche Durchschnitts-Geschwindigkeit kann demnach sicher über 1 m angenommen werden, während Staebe nur 0,4 bis 0,5 m annehmen will. — W.]

Damit ist denn auch angezeigt, dass die natürliche Sommer-Ventilation nur in Wohnhäusern und Schulen, nicht aber in Krankenhäusern, selbst nicht in Restaurants und ähnlichen Lokalen zu verwenden ist.

Die Leistung der natürlichen Sommer-Ventilation ist jedoch immerhin nicht zu unterschätzen. Sie bewirkt ein vollständiges Ausfließen der Zimmerluft, also eine gründliche Lüftung der Räume, welcher Leistung sich die allereinfachste Ventilation mittels Offenhaltens der Fenster nicht rühmen kann.

Die beiden Methoden lassen sich der Entleerung eines gefüllten Fasses vergleichen, welche das eine mal mittels eines am Boden tief unten befindlichen Hahnes, das andere mal mittels eines höher angebrachten Hahnes bewerkstelligt werden soll. Ebenso wie im letzteren Falle stets ein Bodensatz im Fasse zurück bleiben wird, ebenso wird in einem dem Fasse zu vergleichenden Zimmer, dessen Fenster geöffnet stehen, unterhalb des Fenster-Niveaus eine kältere Luftschicht von schlechterer Beschaffenheit zurück bleiben.

Künstliche Sommer-Ventilation.

§ 36. Sie beruht auf der künstlichen Umgestaltung der im Sommer zwischen Außen- und Innenluft herrschenden Temperatur-Verhältnisse, richtiger gesagt: der Temperatur-Verhältnisse zwischen Außenluft und Luftsäule im Abfluss-Kanale; denn einzig und allein die künstliche Erwärmung dieser Luftsäule ist es, welche die Umwandlung der relativ kältesten Luftsäule in eine zu hebende Luftsäule veranlasst.

Die künstliche Sommer-Ventilation ist somit einer Winter-Ventilation mit geheiztem Abfluss-Kanale prinzipiell gleich.

Die Heizung des Abfluss-Kanals ist auch ebenso wie im Winter entweder durch Gas- oder durch Anthrazit-Feuerung zu bewirken und es gilt alles in Bezug hierauf bereits Gesagte ebenfalls für den geheizten Sommer-Abfluss-Kanal.

Es könnte nur in Frage kommen, ob auch die Feuerungs-Arten für die Ventilierung im Sommer ausreichend sind, da doch naturgemäß die Erwärmung der Luftsäule im Abfluss-Kanale eine viel höhere sein muss, um eine den winterlichen Verhältnissen gleiche Temperatur-Differenz hervor zu rufen.

Bezüglich der Gas-Feuerung habe ich Beobachtungen angestellt, die ich mir erlaube hier mitzuteilen.

20. April 1876. Temperatur der Außenluft in der Sonnenglut 32,5° C., der Innenluft 19°. Windrichtung N.W. Beobachtungszeit: Vormittags 11 Uhr. Temperatur der Luft im Abfluss-Kanale + 18°. Ohne Gasflamme keine messbare Luftbewegung im Kanale.

Es wurde eine Gasflamme angezündet und der Winter-Zufluss-Kanal geöffnet; das Zählwerk des Anemometers ergab 200 Umdrehungen in 1 Minute.

Darauf wurde der Zufluss-Kanal geschlossen und der Decken-Kanal geöffnet. Das Zählwerk des Anemometers ergab 225 Umdrehungen in 1 Minute; die Temperatur der Luft im Abfluss-Kanale war auf $29\frac{1}{2}^{\circ}$ gestiegen.

Am 21. April. Dieselben Temperatur-Verhältnisse wie Tags zuvor. Beobachtungszeit Vorm. 11 Uhr. Nach dem Anzünden einer Gasflamme und dem Oeffnen des W.-Zufluss-Kanals ergab das Zählwerk 227 Umdrehungen, nach dem Oeffnen des Decken-Kanals 230 Umdrehungen. Temperatur der Luft im Kanale auf $29\frac{1}{2}^{\circ}$ gestiegen.

Beobachtungszeit an demselben Tage, Mittags 1 Uhr. Decken-Kanal geöffnet: Nach dem Anzünden 1 Gasflamme 243 Umdrehungen, 2 Gasflammen 292 Umdrehungen. Temperatur der Luft im Kanale bei dem Brennen 1 Gasflamme auf $29\frac{1}{2}^{\circ}$, bei 2 Gasflammen auf 36° gestiegen.

Am 27. April. N.W. $27,5^{\circ}$ in der Sonnenglut. Temperatur der Kanalluft $+ 16^{\circ}$.

Es war eine schwache Rückwärtsströmung der Luft aus dem Kanale nach dem Zimmer hin bemerkbar.

Durch das Anzünden von 1 Gasflamme zeigte das Anemometer 300 Umdrehungen in einer Minute an; die Temperatur der Luft im Abfluss-Kanale stieg auf 30° .

Am 31. Mai Mittags 1 Uhr. Temperatur der Außenluft $+ 45,2^{\circ}$ in der Sonne, der Luft im Kanale $+ 20^{\circ}$. Die Kanalluft strömte aus dem Kanale in das Zimmer.

Bei 1 Gasflamme	210 Umdrehungen.	Temperatur im Kanale	32° ,
„ 2 do.	275 do.	do.	41° .

Am 1. Juni Mittags 1 Uhr. Temperatur der Außenluft $+ 47,5^{\circ}$ in den Sonnenstrahlen, der Luft im Kanale $+ 21^{\circ}$. Starke Rückwärtsströmung nach dem Zimmer hin.

Bei 1 Flamme	175 Umdrehungen,	$+ 36^{\circ}$ im Kanale
„ 2 do.	260 do.	$+ 45^{\circ}$ do.
„ 3 do.	318 do.	$+ 49^{\circ}$ do.
„ 4 do.	350 do.	$+ 52,5^{\circ}$ do.

Am 2. Juli Mittags 1 Uhr $+ 48^{\circ}$ außen in der Sonne. Temperatur der Luft im Kanale $+ 21^{\circ}$. Schwache Rückwärtsströmung. Tags zuvor Temperatur der Außenluft $+ 21^{\circ}$ im Schatten.

Bei 1 Flamme	178 Umdrehungen,	$+ 32,5^{\circ}$ im Kanale
„ 2 do.	255 do.	$+ 41^{\circ}$ do.
„ 3 do.	305 do.	$+ 44^{\circ}$ do.
„ 4 do.	355 do.	$+ 46^{\circ}$ do.

Die Temperatur der Außenluft im Schatten habe ich mir leider nicht notirt, weil es mir in der Hauptsache auf Konstatirung des durch die Gasfeuerung hervorgebrachten Effektes ankam.

§ 37. Bezüglich der Anthrazit-Feuerung giebt folgende Berechnung genügenden Anhalt.

Wie schon früher bemerkt, kommen in 24 Stunden 60 kg Anthrazit in dem Ofen zur Verbrennung. Diese 60 kg Kohlen geben 432 000 W.-E. aus, also in 1 Stunde 18 000 W.-E. 24 Kranke bedürfen stündlich einer Luftzufuhr von $24 \cdot 90 = 2160 \text{ cbm}$ (das Volumen bei 0° angenommen). Die gleiche Luftmenge muss abströmen. Nehmen wir an, dass die Luftmenge von 2160 cbm mit 20° in den Abflusskanal eintritt, so wird diese Luft durch die aus dem Ofen hinzu kommende Wärmemenge von 18000 W.-E. höher erwärmt um $\frac{18000}{2160 \cdot 0,3} = 28^\circ$, also auf die Temperatur 48° gebracht. Diese Temperatur im Abflusskanal ist genügend, um eine entsprechende Geschwindigkeit der abströmenden Luftmassen hervor zu rufen. Sie kann aber auch noch erhöht werden, wenn der Verbrennungs-Prozess schneller beendet und dadurch eine zweimalige Beschickung des Ofens innerhalb 24 Stunden möglich wird.

Um den Anthrazit-Ofen zum Gebrauch in der Sommerzeit geschickt zu machen, bedarf es weiter nichts, als die Deckplatten, t' , u' , s' , v' (Fig. 14) abzuheben und sämtliche Rosetten und Mantel-Oeffnungen geschlossen zu halten. Es ist klar, dass sodann die produzierte Wärme in möglichster Vollständigkeit der Luftsäule im Abflusskanale zu Gute kommt.

§ 38. Was nun die Zuführung der Außenluft anbelangt, so kann dieselbe in zweifacher Weise bewerkstelligt werden.

Die Luft kann, wie bei der natürlichen Sommer-Ventilation, von einem höher gelegenen Raume eingeleitet werden, zu welcher Methode auch die zu zählen ist, durch geöffnete obere Fensterflügel die Luft einströmen zu lassen; sie kann aber auch, wie bei der Winter-Ventilation, aus einem tiefer gelegenen Raume in aufwärts steigender Richtung eingeführt werden.

Die erste Methode hat den Vorzug, dass sie keinen Verlust an Druckhöhe verursacht, wie dies der letzteren Methode zum Vorwurf gemacht werden muss; diese dagegen hat den anderen Vorzug, dass sie eine Kühlung der einfließenden Luft in bequemerer Weise gestattet als jene.

Je nachdem daher die Ventilation mit gekühlter Luft als Hauptsache gilt oder nicht, ist der einen oder der anderen Luftzuführungsart der Vorzug zu geben.

Der Verlust an Druckhöhe wird bei der Methode, die Luft aus einem tiefer gelegenen Raume einzuleiten, dadurch hervorgerufen, dass nicht nur die Keller-Luftsäule, sondern auch die Zimmer-Luftsäule zu hebende Luftsäulen auftreten.

Um nämlich den ganzen Zweck der Ventilation nicht zu einem verfehlten zu machen, müssen wir der am Fußboden eintretenden Luft ge-

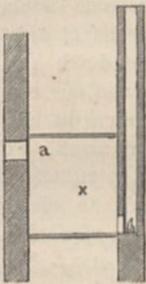
statten, den zu ventilirenden Raum seiner ganzen Höhe nach zu durchziehen; wir dürfen daher auch nicht die Fußboden-Oeffnungen des Abflusskanals, sondern müssen dessen Plafond-Oeffnungen der verbrauchten Luft zum Abströmen anweisen.

Diese Nothwendigkeit hat aber zur Folge, dass wir die erwärmte Luftsäule um Zimmerhöhe verkürzen und die kältere Zimmer-Luftsäule in Rechnung zu ziehen haben. Bei der Einführung der Außenluft von einem höher gelegenen Raume stellt sich die Rechnung in Ansehung der Druckhöhe viel günstiger. Einmal tritt bei dieser Methode die Zimmerluft-Säule als drückende auf; dann aber auch erhalten wir uns die erwärmte Luftsäule des Abflusskanals in ihrer vollen Höhe, weil wir in diesem Falle, um dem Zwecke der Ventilation zu genügen, die Benutzung der Fußboden-Oeffnungen im Abfluss-Kanale anzuordnen haben.

Machen wir uns das Gesagte an 2 Beispielen klar:

Beispiel I.

Fig. 26.



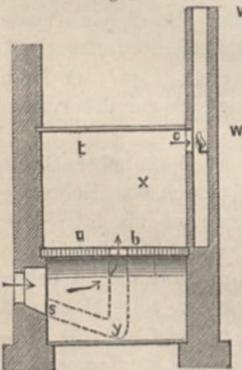
Die Außenluft tritt durch die Oeffnung eines oberen Fensterflügels *a* (Fig. 26) in den zu ventilirenden Raum *x* ein; die verdorbene Luft gelangt durch eine Oeffnung am Fußboden in den durch Gasfeuer geheizten Abfluss-Kanal. Die Höhe des Raumes *x* sei = 4,5 m, die des Abfluss-Kanals = 10 m. Die Temperatur der Außenluft = 20°, die der Luft im Abflusskanale = 30°, die der Luft im Raume *x* = 20°, so ist die theoretische Geschwindigkeit:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 10 (30 - 20)}{273 + 20}} = 2,59 \text{ m in der Sekunde.}$$

Bei der künstlichen Sommer-Ventilation handelt es sich um den Ausfluss spezifisch leichterer Luft in spezifisch schwerere, daher die Formel

$$v = \sqrt{\frac{2 g H (T - t)}{273 + t}}$$

in Anwendung kommt.



15° abkühle, also mit 15° in den Raum *x* einträte, so haben wir, wie im vorigen Beispiele, eine zu hebende Luftsäule von 10 m Höhe,

Beispiel II.

Führen wir dagegen die Außenluft durch eine Fußboden-Oeffnung *b* (Fig. 27) in den Raum *x* ein und lassen durch die Plafond-Oeffnung *c* die verdorbene Luft in den geheizten Abflusskanal abströmen, nehmen auch an, dass die 20° warme Außenluft in Folge des Durchströmens des Kellerraumes sich auf

deren unterste Schichten tu aber in einer Höhe von $4,5^m$ nur eine Temperatur von $+15^\circ$, deren oberste Schichten vw eine Temperatur von $+30^\circ$ haben. Wir müssen also, um T zu finden, die gedachte Mischungs-Temperatur der beiden Luftsäulen tu und vw suchen. Dieselbe ist

$$= \frac{4,5 \cdot 15 (1 + 0,003665 \cdot 30) + 5,5 \cdot 30 (1 + 0,003665 \cdot 15)}{4,5 (1 + 0,003665 \cdot 30) + 5,5 (1 + 0,003665 \cdot 15)} = 23^\circ.$$

Diesen Werth von T in die bekannte Formel eingesetzt, ergibt:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 10 (23 - 20)}{273 + 20}} = 1,41^m,$$

also fast die Hälfte weniger als im vorigen Beispiele.

[*Anmerkung 45.* In der Rechnung ist nicht berücksichtigt, dass die Luft aus dem Keller in den Raum x gehoben werden soll. Ueberdies müsste, um dies zu erreichen, in den Raum x die Außenluft nur in unbedeutender Menge durch die zufälligen Oeffnungen eindringen können. Da dieses nicht vorausgesetzt werden kann, bleibt eine solche Einrichtung zwecklos. Der Misserfolg hängt nicht davon ab, dass $T < t$ wird, und er lässt sich hier nicht durch Vergrößerung von H oder T beseitigen. Die angegebenen, von mir entwickelten Formeln beziehen sich auf die Ventilation in unterirdischen, tief unter dem Erdboden liegenden Kellern oder Brunnen, wo seitliches Eindringen bedeutender Luftmengen als stattfindend angenommen werden kann. Die Anschauungen Staebes an dieser Stelle sind um so auffallender, da er weiter unten den misslichen Einfluss der Thür- und Fensterspalten in Erinnerung bringt. — W.]

Man ersieht sofort aus den beiden Formeln, dass allein die Größe $T-t$ im Zähler die große Differenz in den Resultaten hervorgerufen hat; je kleiner $T-t$, desto kleiner auch v ; je kälter also die eintretende Luft, desto geringer, unter sonst gleichen Verhältnissen, der Luftwechsel. Ja, der Luftwechsel kann sogar $= 0$ werden, wenn $T=t$; er kann negativ werden, so dass die zu hebende Luftsäule sich zur drückenden umgestaltet, wenn $T < t$.

Nehmen wir z. B. an, die Außenluft würde, um sie in hohem Grade abgekühlt in den Raum x (Fig. 27) einzuführen, durch eine Röhre sy bis zur Kellersohle geleitet, so dass die Luftsäule yb als auf $+10^\circ$ abgekühlt angenommen werden könnte, so würde eine $14,5^m$ hohe Säule der Außenluft von einer Temperatur von 20° eine Luftsäule zu heben haben, welche sich zusammensetzt aus einer Säule von $4,5^m$ Höhe und 10° Temperatur, aus einer zweiten Säule von $4,5^m$ Höhe und 15° Temperatur und aus einer dritten Säule von $5,5^m$ Höhe und 30° Temperatur. Die Mischungs-Temperatur von diesen 3 Luftsäulen würde ca. $+18^\circ$ sein, also $T-t$ negativ, folglich der ganze Bruch unter dem Wurzel-

zeichen, und v unmöglich werden, d. h. es wird unmöglich sein, dass die kalte Kellerluft-Säule in den Raum x zu heben ist, dass überhaupt die 14,5^m hohe Luftsäule zum Ausfluss in's Freie gebracht werden kann; vielmehr wird umgekehrt diese Luftsäule zur drückenden werden und theilweise durch den Keller nach aufsen fließen. Um unter solchen Verhältnissen v als positive Gröfse zu erhalten, können wir entweder, wenn $T = t$, H vergrößern, d. h. dem Abfluss-Kanale eine bedeutendere Höhe geben (was indess in der Praxis selten zulässig sein wird), oder, wenn $T < t$, das Gasfeuer im Abfluss-Kanale verstärken, damit die Mischungs-Temperatur größer als t wird.

Wolpert geführt das Verdienst, 2 Formeln berechnet zu haben, deren eine diejenige Minimal-Höhe ergibt, welche dem Abfluss-Kanal gegeben werden muss, um eine aus der Temperatur-Differenz von 5° und der resultirenden Höhe sich berechnende Geschwindigkeit zu erzielen; deren andere die Minimal-Temperatur ergibt, welche der Luftsäule im Abfluss-Kanale gegeben werden muss, um obige Geschwindigkeit für die ausfließende Luft zu erhalten.

Die Formeln sind folgende (Wolpert S. 171):

$$\frac{h t_1 (1 + a T) + h_1 T_1 (1 + a t_1)}{h (1 + a T_1) + h_1 (1 + a t_1)} - t = 5$$

$$h \frac{(1 + a T_1) (5 + t - t_1)}{(1 + a t_1) (T_1 - t - 5)} = h_1$$

in welchen Formeln (s. Fig. 27) $h_1 = v w$, $h = t u =$ der Differenz zwischen der Höhe der drückenden Aufsenluft-Säule und h_1 ist, T_1 die Temperatur der erwärmten Luftsäule $v w$ im Abfluss-Kanale, t_1 aber die Temperatur bezeichnet, welche der Luftsäule h zukommt.

Will man eine größere Geschwindigkeit als die aus einer Temperatur-Differenz von 5° resultirende erzielen, muss man die Zahl 5 entsprechend abändern.

Abkühlung der Ventilations-Luft.

§ 39. Die vorangegangenen Erwägungen lassen folgende Schlüsse ziehen: „Je mehr die zum Einfließen in den zu ventilirenden Raum kommende Luft abgekühlt wird, desto mehr Kosten müssen für die Heizung des Abfluss-Kanals verausgabt werden, sofern die Luft aus einem tiefer gelegenen Raume eingeleitet wird; umgekehrt werden desto weniger Kosten für den gleichen Zweck erforderlich, sofern die Luft aus einem höher gelegenen Raume einströmt. Die letzte Methode würde also auch pekuniär der ersteren vorzuziehen sein, wenn sie nicht andererseits wieder einen größeren Kosten-Aufwand für die Kühlung der Aufsenluft beanspruchte; welche Kosten die überwiegenden sind, ob die für die gesteigerte Heizung des Abfluss-Kanals, oder die für die Kühlung einer in Ansehung von Kellerluft viel wärmeren Aufsenluft, lässt sich nur von Fall zu Fall beurtheilen.

Unbedeutend sind die Kosten nicht, welche eine künstliche Kühlung der Luft beansprucht; dies geht aus folgender Rechnung hervor: Aufgabe sei, das stündlich für einen Schulsaal benötigte Ventilations-Quantum von 1000 cb^m (auf das Volumen bei 0° reduziert angenommen) von 25° auf 20°, also um 5° abzukühlen. Zu diesem Zwecke müssten der gegebenen Luftmenge entzogen werden: $1000 \cdot 1,29 \cdot 0,237 \cdot 5 = 1528,65$ W.-E. in 1 Stunde.

Als Abkühlungs-Mittel können wir nur Eis verwenden. Wasser hat in der heißen Jahreszeit selbst eine Temperatur von + 24 bis 25°. 1 kg Eis entzieht der Umgebung beim Schmelzen 79 W.-E. und das Eiswasser, während es sich auf 20° erwärmt, noch 20 W.-E. Es sind also für die Entziehung der obigen Wärme-Menge nothwendig: $\frac{1528,65}{99} = 15,4$ kg Eis, und täglich, 10 Stunden gerechnet, 154 kg, also mehr als 3 Ztr. Eis. Gewiss ein kostspieliges Verfahren, namentlich da die Leistung immer doch nur eine geringe zu nennen ist.

[*Anmerkung 46.* Das Verfahren, die Luft mittels Eis zu kühlen, ist ein kostspieliges genannt. Ich bin damit nicht ganz einverstanden.

Sind die Orts- und Zeitverhältnisse so, dass man natürliches Eis nicht billig haben kann, so ist doch künstliches Eis an vielen Plätzen um mäßigen Preis zu beschaffen.

Bei den größten Linde'schen und Kropff'schen Ammoniak-Eismaschinen stellt sich 1 Ztr. Eis auf nur 18 Pf. (Wochenschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1877 No. 51).

Darf man für die Kühlung eines Schulsaaes nicht ungefähr 60 Pf. und eventuell das Doppelte und Dreifache an einzelnen sehr heißen Tagen aufwenden, während man für die Heizung große Summen aufwendet?

Es muss beigefügt werden, dass es sich bei dem in Rede stehenden Beispiele nur darum handelt, die Ventilationsluft mit 20° anstatt mit 25° einzuführen.

Die berechnete Eismenge würde zur Erhaltung der Temperatur von 20° im Schulsaae selbst nicht genügen, weil die Wärmeproduktion des menschlichen Körpers bedeutend ist. Dagegen kommen die Mauern hier mit günstigem Einflusse zur Geltung, weil sie in den kurzen Zeiten der äußeren Hitze nicht leicht auf 20° erwärmt werden, sogar bedeutend zur Luftkühlung beitragen, wenn man die Nächte hindurch gut lüftet. Wird hierfür und für eine rationelle Ventilations-Einrichtung gesorgt, dann ist die Kühlung eines Raumes weder schwierig noch kostspielig.

Ein nicht zu ignorirender Misstand der Luftkühlung mittels Eis oder Wasser liegt in der dadurch leicht herbei geführten allzugroßen Feuchtigkeit. Vortheilhafter sind in dieser Beziehung für Venti-

lationszwecke die Windhausen'schen Kaltluftmaschinen, deren Wirkung auf Kompression und Expansion der Luft beruht. (Vgl. Wolpert, Leitfaden S. 49.) — W.]

Was aber dennoch zu Gunsten der Methode spricht, die Luft aus einem höher gelegenen Raume einzuführen, ist, dass ihr ein Uebelstand nicht anhaftet, welcher der andern Methode eigen ist. Der Uebelstand besteht darin, dass das Heben der kalten Kellerluftsäule das Einströmen der warmen Außenluft durch Thür- und Fensterspalten nicht hindern kann, ja noch weniger hindern kann, als dies bei einer Winter-Ventilation mit Fussboden-Kanälen geschieht. Während nämlich bei winterlichen Temperatur-Verhältnissen die drückende Luftsäule nur Luft von gleicher Temperatur zu heben hat, lastet bei sommerlichen Temperatur-Verhältnissen, in Folge deren künstlicher Umgestaltung, auf der drückenden Luftsäule spezifisch schwerere Luft, die gehoben werden muss.

Diese Belastung macht, weil sie Kraft absorbiert, diese Luftsäule widerstandsloser gegen die Kraft der auf Thür und Fenster drückenden, als jene; das heisst: es werden bei Anwendung der in Rede stehenden Sommer-Ventilation bedeutende Mengen warmer Außenluft durch Thür- und Fenster-Spalten eintreten. Dieses ungünstige Verhältniss steigert sich mehr und mehr, je niedriger die Temperatur der Luft ist, welche durch die Fußboden-Oeffnungen in den zu ventilirenden Raum eintreten soll, so dass Fälle denkbar sind, in denen die künstliche Kühlung der Kellerluft das Gegentheil von dem hervorruft, was sie bezwecken soll, nämlich: statt Abkühlung der Zimmerluft deren Durchwärmung veranlasst.

Die Einführung der Außenluft aus einem höher gelegenen Raume verhütet den Andrang der Außenluft nach Thür und Fenstern hin und zwar um so sicherer, je kälter die Luft beim Einfließen ist.

Mag man nun der einen oder der anderen Methode den Vorzug geben, so ist doch jedenfalls während der Nachtzeit, welche ja in den meisten Fällen kühlere Luft bringt, die Außenluft von oben herab einzuführen.

[*Anmerkung 47.* Ich habe theoretische und Erfahrungsgründe, mich der Ansicht, dass wenigstens zur Nachtzeit die kalte Außenluft jedenfalls oben einzuführen ist, nicht anzuschließen; solche Fragen werde ich im Anhang ausführlich behandeln. — W.]

Die Vorrichtungen, welche behufs Kühlung der Außenluft erforderlich sind, müssen dergestalt konstruirt sein, dass sie die Kanäle, welche die Außenluft durchströmt, auf möglichst lange Strecken mit dem Kühlmittel in Berührung bringen; sie müssen also ebenfalls in Kanälen oder Kästen, und zwar aus Holz bestehen, in denen die Zufuss-Kanäle, von Eis umschlossen, lagern. Sie müssten gleich liegenden, langgestreckten Eisschränken sein und ebenso wie diese dem Wasser einen Abfluss gestatten.

ABSCHNITT IV.

Die zur Erwärmung der frischen Luft dienenden Apparate.

§ 40. Wenn als letzter Grund jeglicher Ventilation der hinzustellen ist, bewohnte Räume mit zuträglicher Athmungsluft anzufüllen, so bilden die Apparate, welche die frische Außenluft in den zuträglichsten Zustand versetzen, sehr wichtige Theile einer Ventilations-Anlage, und es sind auch jedenfalls diejenigen die besten, welche die zuträglichste Luft abliefern. Ich sage: abliefern, denn mit dem Augenblicke geleisteter Ablieferung erlischt die Verantwortlichkeit jener und beginnt die der eigentlichen Heizapparate, die tradirte Luft zuträglich zu erhalten; es sei denn, daß der Ventilirluft zugleich die Verpflichtung obläge, den zu ventilirenden Raum zu erwärmen. In diesem Falle ist der Heizapparat zugleich Ventilir-Apparat und daher eine Besprechung des einen von einer Besprechung des anderen nicht zu trennen.

Aus diesem Grunde muss auf das Wesen einer Luftheizung, welche die Ventilirluft gleichzeitig zur Wärmequelle für den zu ventilirenden Raum stempelt, näher eingegangen werden, während alle übrigen Heizungsmethoden aufser Betracht bleiben können, weil sie eine Trennung der Funktionen des Heizkörpers von denen des Ventilir-Apparates wenn auch nicht bedingen, so doch zulassen.

Es giebt ein Ideal für das durch die Ventilation zu Schaffende: das ist ein schattiger Raum an warmen Junitagen. Wir athmen beim Aufenthalte in demselben reine Luft von einer Temperatur von 16—20° und mit einem Feuchtigkeitsgehalte von 40—60 % (auf die Feuchtigkeits-Kapazität der Luft bei jenem Temperaturgrade bezogen); das sind Luft-Verhältnisse, welche nach dem Ausspruche der Physiologen dem Menschen am zuträglichsten sind. Eine solche Sommer-Atmosphäre auch im Winter in den bewohnten Räumen herzustellen, wenigstens zur Erreichung dieses Zieles das ihrige mit beizutragen, das ist die Aufgabe aller Ventilir-Apparate. Wäre nun der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in allen Jahreszeiten gleich dem verlangten, so würde jeder Ventilir-Apparat, welcher reine und entsprechend warme Luft ablieferte, auch gleich gut sein; weil aber der Feuchtigkeitsgehalt in den verschiedenen Jahreszeiten innerhalb weiter Grenzen schwankt, so müssen wir zuvörderst zwischen Luftheizung und allen anderen Ventilir-Apparaten unterscheiden.

Es werden 50—60 % der Feuchtigkeitsmenge verlangt, mit welcher die Luft bei 17—20° gesättigt ist. Das sind 6,4 bis 8,6 Gramm Wassergas, welche in 1 cb^m Zimmerluft vorhanden sein sollen. Einen so großen Wassergas-Gehalt hat aber die Außenluft in den Monaten, in welchen geheizt wird, nicht; denn nehmen wir für die Winterzeit eine Durchschnitts-Temperatur von 0° an, so können wir nur auf einen Gehalt von ca. 2,5 Gr. in 1 cb^m rechnen, welcher als absolute Feuchte in der

Atmosphäre enthalten ist. Wir würden uns somit in unseren Stuben während der Heizperiode wie in einem Sandbade — wie es v. Pettenkofer trefflich bezeichnet — wöhnen, wenn die Stubenluft warme, sonst aber unveränderte Außenluft wäre.

Glücklicherweise sind nun aber die Wände unserer Stuben, deren Decken und Fußböden, deren Möbel etc. ausgezeichnet hygroskopische Körper, welche in den Sommermonaten, in denen bedeutender Ueberfluss an Wassergas in der Atmosphäre vorhanden ist — (ich habe in dem Monate Juli einen Feuchtigkeitsgehalt von 10,52 bis sogar 16,42 Gr. ansteigend gefunden) — Vorrath ansammeln und dadurch zu einem Wasser-Reservoir werden, welches im Winter den Durst der Außenluft stillt.

Dieses Wasser-Reservoir ist das einzig natürliche, welches uns zu Gebote steht und welches ausreichen muss bis zum Sommer. Je größer nun die Anforderungen sind, welche von der Heiz- und Ventilir-Luft an dieses Reservoir gemacht werden, d. h. je mehr Wasser diesem Reservoir entnommen wird, desto ungünstiger für unsere Gesundheits-Verhältnisse arbeiten jene Apparate.

Der Luftheizung aber muss der Vorwurf gemacht werden, den Wasservorrath zu vergeuden, mit ihm nicht so haushälterisch umzugehen wie jede andere Heizung. Sie vergeudet im Verhältniss zu anderen Heizungs-Methoden, weil sie das Ausfließen viel bedeutenderer Luftmassen und damit auch den Verlust größerer Mengen von Wassergas veranlasst, als jene.

Denn wenn z. B. die Temperatur in einer Klasse von 10^m Länge, 6,5^m Breite und 4,5^m Höhe, also von 292,5 cb^m Inhalt, welche mit Luft von 5° Temperatur angefüllt ist, durch Zuführung von Luft von einer Temperatur von + 40° auf + 15° erhöht werden soll, so berechnet sich das zuzuführende Luftquantum m nach der Formel

$$m = n \frac{t_0 - t}{T - t_0} \left\{ 1 + \alpha (T - t) \right\}$$

worin $n = 292,5 \text{ cb}^m$; $T = 40^\circ$; $t_0 = 15^\circ$; $t = 5^\circ$; $\alpha = 0,00367$ folglich:

$$\begin{aligned} m &= 292,5 \frac{15 - 5}{40 - 15} (1 + 0,00367 \cdot 35) \\ &= 132 \text{ cb}^m \text{ Luft von } 40^\circ \text{ C. ist.} \end{aligned}$$

Nach vollendeter Mischung der eingeführten Luft mit der Klassenluft wären also vorhanden:

292,5 cb^m Luft mit einer von 5° auf 15° erhöhten

Temperatur = 303,2 cb^m

132 cb^m Luft mit einer von 40° auf 15° abge-

kühlten Temperatur = 121,1 „

Es müssen also $424,3 - 292,5 = 131,8 \text{ cb}^m$ aus der Klasse entweichen, während bei gewöhnlicher Ofenheizung nur $10,7 \text{ cb}^m$ Luft verdrängt würden.

[*Anmerkung 48.* In Wirklichkeit sind andere Verhältnisse vorhanden, als die in Rechnung gezogenen. Auch bei der gewöhnlichen Ofenheizung findet kein einfaches Verdrängen des über die Raumgröße anwachsenden Luftvolumens während der Anheizung statt, sondern ein Luftwechsel, nach Verschiedenheit der Einrichtungen und Umstände in sehr ungleichem Grade. Ferner kann die Erwärmung nicht geradezu nach der Vermischungs-Rechnung behandelt werden, weil eine sehr große Wärmemenge dazu gehört, die kalten Mauern etc. zu erwärmen und die fortwährend stattfindenden Wärmeverluste zu ersetzen.

Auffallend ist es, in einer Schrift, in welcher sonst durchaus auf die günstige Darstellung solcher Vorrichtungen hingearbeitet ist, welche großen Luftwechsel schaffen, plötzlich darin, dass die Luftheizung unmittelbar einen großen Luftwechsel mit sich bringt, einen Grund des Tadels zu finden.

Ueberhaupt bin ich mit den Ansichten Staebé's über Luftheizung nicht einverstanden und komme im Anhang darauf zurück. Es mag hier nur noch auf die jüngst erschienene schätzenswerthe Schrift verwiesen werden: Dr. Friedrich Gottschalk, über die Nachweisbarkeit des Kohlenoxyds in sehr kleinen Mengen und die Luftheizung. Leipzig 1877.

Gottschalk hat an verschiedenen Orten und Zeiten sorgfältige Prüfungen der kaloriferischen Warmluft auf Kohlenoxyd mit Natriumpalladium-Chlorür-Lösung ausgeführt, aber nirgends auch nur Spuren dieses Gases gefunden. Solche Ergebnisse, sowie seine weiteren Prüfungen von Luftheizungs-Anlagen in Rücksicht auf Temperaturverhältnisse, Lufterneuerung, Feuchtigkeit, Sauerstoff und Ozon veranlassen ihn zu dem Schlusse:

„In der einen oder anderen Form sind die sogenannten Luftheizungen für stärker besetzte Räume die allein hinreichend Wärme und gute Luft spendenden Heizeinrichtungen der Zukunft.“ —W.]

Ich sagte eben, dass aus dem Fortführen so großer Mengen Wassergases der Luftheizung ein Vorwurf zu machen sei.

Ist denn nun aber auch die vorzeitige Erschöpfung des natürlichen Wasserreservoirs wirklich ein so großer Uebelstand? Das Wassergas ist doch durch künstliche Befeuchtung der Luft schnell und kostenlos zu ersetzen und es muss doch auch ganz gleichgültig sein, ob die Luft aus den Wänden etc. das Wasser aufnimmt oder aus einer ihr dargereichten, mit Wasser gefüllten Schüssel. Richtig; es wäre auch gleichgültig, wenn nicht das Maass der Befeuchtung eine so wichtige Rolle in Bezug auf die Wohlfahrt des Menschen spielte und eben das richtige Maass inne zu halten, viel besser dem Verhalten

der das Wasser bergenden hygroskopischen Körper anvertraut ist, denn Menschenhänden. Jene reguliren Nachfrage und Angebot in der natürlichsten und dabei unfehlbarsten Weise, indem sie abgeben, wenn die Luft trocken ist, und aufnehmen, wenn sie feucht ist. Der Mensch bedarf aber der Hilfe des Hygrometers, um das Richtige zu treffen, und eben weil die Luftheizung solche Hilfe nothwendig macht, weil ohne tägliche Beobachtungen des Hygrometers dem Menschen Schädigungen an seiner Gesundheit in Folge der Thätigkeit einer Luftheizung zugefügt werden können, deshalb halte ich die genannte Heizungsart und daher auch die durch sie bewirkte Ventilirung für nicht empfehlenswerth.

Man könnte auch noch einen anderen Grund zur Rechtfertigung dieses Ausspruches anführen, nämlich den, dass es der Kunst nicht gelingen wird, einen so vollkommenen Verdunstungs-Apparat herzustellen, wie es die Wände einer Stube sind; aber allein schon der obige Grund, ein Hygrometer als Wegweiser benutzen zu müssen, genügt, mein abschprechendes Urtheil als richtig erkennen zu lassen. Denn, mag man auch die Anschaffungskosten für das Instrument nicht in Anschlag bringen, so wird man mir doch beipflichten müssen, dass, wenn die Heizung selbst in den wenigsten Fällen nach dem Thermometer regulirt wird, wenn die Indolenz gegen Alles, was Lufthygiene betrifft, nicht nur in der Masse des Volkes, sondern auch in den gebildeten Ständen der Ausdruck der Bequemlichkeit ist, dann von dem Gebrauche eines Hygrometers wenig Nutzen zu erwarten steht.

§ 41. Ich plaidire für den Gebrauch von Ventilations-Oefen, also Oefen, welche in dem zu ventilirenden Raume aufgestellt werden und aufser der Erwärmung der Luft im Raume auch die der eintretenden frischen Außenluft bewirken. Sie sind am ehesten dazu geeignet, in unseren Stuben die verlangte Sommer-Atmosphäre herzustellen, müssen aber, um diesem Zwecke zu genügen, folgenden Anforderungen entsprechen:

- 1) Sie müssen vor allen Dingen im Stande sein, der benöthigten Luftmenge den Durchlass zu gewähren und dieselbe auf 16 bis 20° zu erwärmen.
- 2) Ihre Leistungsfähigkeit als Wärmequelle für die Stubenluft muss mit der Leistungsfähigkeit als Wärmequelle für die frische Außenluft im Einklang stehen.
- 3) Der in ihnen ausgewiesene Raum, welcher von der frischen Außenluft durchströmt wird, muss glatte Oberflächen zeigen, staubfrei sein, geschützt vor dem Eindringen der Verbrennungsgase und auch so gelegen sein, dass er mit leichter Mühe zu reinigen ist.

- 4) Sie müssen eine Vorrichtung bergen, mittels welcher ein Verschluss des Zufuss-Kanals bewirkt werden kann.
- 5) Sie müssen während der Zeit, in welcher der Zufluss-Kanal geschlossen ist, eine Zirkulation der Zimmerluft in dem in ihnen ausgewiesenen Luftraume gestatten.
- 6) Sie müssen einen Zimmerschmuck bilden.

Die Anforderung ad 1) erfüllen die meisten der bis jetzt existierenden Ventilations-Oefen nicht.

Es ist eine beliebte Manier, bei Darstellungen der Leistungsfähigkeit eines solchen Ofens die Geschwindigkeit der eintretenden Aufsenluft so hoch zu normiren, dass das die Luftzufuhr in einer Sekunde oder Stunde ausdrückende Fazit den Mangel eines genügenden Querschnitts des Luft-Kanals im Ofen vollkommen deckt. So heisst es z. B. im „Handbuch der Militär-Gesundheitspflege“ bearbeitet von Dr. W. Roth und Dr. R. Lex, Berlin 1872, S. 247, bei Besprechung des Graff'schen Ventilations-Ofens: „Nach der Angabe seines Urhebers beträgt bei mäfsiger Heizung und bei einem Querschnitt des Zuführungs-Kanals von 288 cm^2 die Geschwindigkeit der Strömung in letzterem etwa 3 Meter in der Sekunde, woraus sich eine stündliche Luftzufuhr von 311 cbm berechnet.“

Eine Geschwindigkeit von 3 Meter pro Sekunde ist von mir noch nie beobachtet. Nach meinen Erfahrungen kann man mit der Leistung einer Ventilations-Anlage recht zufrieden sein, wenn bei mäfsiger Feuerung eine Durchschnitts-Geschwindigkeit von 1 m in der Sekunde zu verzeichnen ist. Eine solche der obigen Berechnung zu Grunde gelegt, ergibt eine stündliche Luftzuführung von ca. 100 cbm , eine Leistung, welche den Graff'schen Ofen wohl als einen passenden Ventilations-Ofen für kleinere Wohnräume, wenn keine grössere als eine einmalige Auswechselung in der Stunde verlangt wird, ansehen lässt, nicht aber als genügend für Schulen, Restaurants, Konzertsäle und dergleichen grössere Räume. Wie wäre es denn auch möglich, dass die eintretende kalte Aufsenluft bei einer Geschwindigkeit von 3 m in der Sekunde sich genügend erwärmen könne? Ein Ofen von $2,5 \text{ m}$ Höhe ist gewiss schon ein grosser Ofen; nehmen wir selbst an, dass der Graff'sche Ofen 3 m hoch ist, so würde die einfließende Luft den Ofen in einer Sekunde durchheilt und dabei — eine Durchschnitts-Temperatur von 0° für die Aufsenluft angenommen — sich von 0° auf $+ 15^\circ$ zu erwärmen haben! Eine so schnelle Erwärmung halte ich bei den gegebenen Verhältnissen für unmöglich, es sei denn, dass die Luft glühende Röhren durchströmte; dann ist aber der Graff'sche Ofen ein schlechter Ofen.

Denselben Vorwurf einer unzulänglichen Leistungsfähigkeit in Folge zu geringen Querschnittes des Luftkanals ist dem Soboltschikow'schen, sowie dem Ofen vom Baumeister Grossmann in Berlin zu machen.

Die Leistung des ersten Ofens ist auf 55 cb^m Luft, welche eingeführt werden können, angegeben; sie stellt ihn in die Kategorie des Graff'schen Ofens.

Das Zuleitungsrohr im Grossmann'schen Ofen ist, soweit man nach dem der Zeichnung (S. 253 des Rott'schen Werkes) beigegebenen Maassstabe beurtheilen kann, 15^{cm} weit. Das durch den Ofen einfließende Luftvolumen könnte also bei 1^m Geschwindigkeit nur ca. 66 cb^m pro Stunde sein, eine Leistung, welche, wie schon bemerkt, zu gering ist.

Der Grossmann'sche Ofen dient einem doppelten Zwecke; er ermöglicht nicht nur die Einleitung und Erwärmung der frischen Außenluft, sondern auch die Ableitung der verbrauchten Luft. So geschickt nun auch die Anordnung in der Lage der Luft-Kanäle zu der der Rauch-Kanäle getroffen ist, so geneigt man auch sein möchte, die fehlerhafte Einrichtung, den Ableitungs-Kanal in den Schornstein münden zu lassen, zu entschuldigen, so kommt man doch durch den Vergleich der nicht unbedeutenden Gröfse des Ofens, was Höhe und Umfang anbelangt, mit der geringen Leistung in Bezug auf das einfließende Volumen frischer Luft zu dem Urtheile: der Ofen soll zu viererlei leisten und leistet deshalb zu wenig. Es ist eben nicht möglich, einen proportionirten Ofen zu konstruiren, welcher luftzuführender und gleicher Zeit luftabführender Ventilations-Ofen von nur ingermaassen akzeptabler Leistungsfähigkeit ist.

[*Anmerkung 49.* Staebe scheint bald nach dem Verfassen seiner Konkurrenzschrift seine Ansicht geändert zu haben; denn den 1877 auf der Kasseler Ausstellung von Heizungs- und Ventilations-Apparaten ausgestellten Staebe'schen Ofen trifft der gleiche Vorwurf. — W.]

Der Querschnitt des Luft-Kanals soll betragen bei einem Ventilations-Ofen:

für Wohn- und Schlafstube nicht unter	540 □ ^{cm}
„ Schulstuben, Restaurants etc. . . .	680 „
„ Krankensäle	820—880 „

Diese Gröfsen stehen auch in richtigem Verhältnisse zu der Forderung, dass der Ofen im Stande sein soll, die zugeführten Luftmengen auf 16 bis 20^o erwärmt in's Zimmer zu entlassen. Sie bedingen nämlich große Transmissionsflächen, und auf das Vorhandensein solcher kann da nicht genug Gewicht gelegt werden, wo es sich um Ablieferung gesunder Athmungsluft handelt.

Je größer die Flächen, je umfangreicher sie sind, desto gleichmäfsiger erfolgt die Abgabe der Wärme an die vorbei fließende Luft, desto weniger tumultuarisch ist deren Leitung und Strahlung, desto mehr ist die Möglichkeit eines Bombardements mit Wärme-Atomen aus-

geschlossen, d. h. die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die Flächen in's Glühen kommen.

Ich bin ein großer Feind von glühenden Flächen, aber nicht etwa aus dem Grunde, dass ich glaubte, eine solche Fläche könne den Wassergas-Gehalt der Luft reduzieren; auch nicht aus dem Grunde, dass ich eine Durchlässigkeit derselben für Kohlenoxydgas befürchtete, sondern lediglich deshalb, weil ich die Verkohlung der in der Luft suspendirten organischen Staubtheilchen verhütet wissen will.

Ich halte diese in Folge des Vorbeifließens der Luft an glühenden Flächen entstehende Verkohlung der jeder Luft beigemengten Substanzen organischen Ursprungs für die ergiebigste Quelle — extreme Fälle natürlich ausgenommen — aller jener Leiden, über welche bei Heizung mit gusseisernen Oefen zuweilen geklagt wird.

Ich kann dagegen an eine Kohlenoxydgas-Emanation durch glühende, gusseiserne Flächen, sofern dieselben einem Apparate angehören, der mit einem Schornstein in Verbindung steht, nicht glauben, werde aber nachher die Möglichkeit eines anderen Entstehungsgrundes von Kohlenoxydgas an glühenden Flächen zu erklären versuchen. Die Erörterung der Kohlenoxydgas-Frage gehört wohl hierher, weil sie, wie wir sehen werden, in innigem Zusammenhange mit der Beurtheilung einer gewissen Art von Ventilations-Oefen steht.

Durch glühende Ofenwände kann nach meinem Dafürhalten das Gas aus folgenden Gründen nicht diffundiren: Auf jeden Punkt der ganzen Ofenfläche wird, ebenso wie auf die Rostfläche, ein Druck ausgeübt, dessen Kraft aus der Höhe der drückenden Luftsäule und der Differenz zwischen den Temperaturen der den Ofen anfüllenden Gase und der Außenluft bezw. Zimmerluft resultirt.

Dieser Druck ist jedenfalls stärker als der, welcher der Spannung der Gase zukommt — wenn überhaupt von einer Spannung da die Rede sein kann, wo der Ausdehnung der Gase ein so weiter Spielraum geboten ist; weil, wenn dies nicht der Fall wäre, ein Heben der Gase in den Schornstein gar nicht stattfinden könnte. Auf Grund welches Gesetzes nun soll das Diffundiren des Gases durch glühende Ofenflächen trotz des entgegen stehenden Druckes, welcher die Gase nach dem Schornsteine hin treibt, erfolgen? Doch jedenfalls auf Grund desjenigen, nach welchem eine Diffusion der Gase überhaupt sich vollzieht. Was ist aber eine solche Diffusion anders als die mechanische Wirkung des in Folge von Gravitation entstehenden Druckes, also desjenigen Druckes, welcher aus gleicher Ursache auf die Ofenfläche ausgeübt wird? Wenn dem so ist, müsste von zwei Kräften gleicher Qualität die geringere die größere aufheben!

Das ist doch ein Widerspruch in sich selbst. Ein Ausströmen des Kohlenoxydgases könnte nur dann als möglich gedacht werden, wenn in Folge von Ansammlungen des Gases in den Ofenzügen, welche An-

sammlungen allerdings durch Verstopftsein der Züge, durch ungewöhnliche Kleinheit der Züge, überhaupt bei verhindertem Abzuge nach dem Schornsteine hin hervorgerufen werden können, die Spannkraft der Gase größer würde, als die ihr entgegenstehende, in Folge des Druckes ausgeübte Kraft. Das sind aber Ausnahmen, die für die Regel nichts beweisen.

Warum sollte überhaupt das Gas einen so unbequemen Weg, den ihm der die aus einander gezerrten Eisenatome umhüllende Aether bietet, dem viel bequemeren vorziehen, der ihm in den Spalten und Fugen an den Verbindungsstellen der einzelnen Eisenplatten gegeben ist? Wenn das Gas durch solche winzige Oeffnungen hindurch schlüpft, dann müssten ja einem Kachelofen, der doch gewiss im Vergleiche zu jenen Oeffnungen wahre Thorwege zum Austritte darbietet, die kolossalsten Mengen des giftigen Gases entströmen?

Woher entstammt denn aber das Kohlenoxyd-Gas, welches nicht nur von einem, sondern von vielen Männern, denen unbedingt Glauben geschenkt werden muss, in Räumen aufgefunden ist, welche mittels eiserner Oefen erwärmt wurden? Ich wage zu behaupten: der Gebrauch gusseiserner, in's Glühen gekommener Mantelöfen lässt es entstehen.

Erstens spricht für diese Behauptung, dass sich die Untersuchungen immer auf die Mantelluft gusseiserner Oefen erstreckt haben — eine andere Art Oefen, wie Mantelöfen, ist wenigstens, soweit meine Quellen reichen, in den Berichten nicht angegeben. Zweitens führt aber auch zu jener Auffassung eine Ueberlegung, betreffend die möglichen Folgen einer rapiden Strömung der Luft durch den Mantelraum eines Ofens.

Wir haben es nämlich beim Mantelofen insofern mit einem ganz eigenartigen Ofen zu thun, als eine Hülle der einfließenden Luft einen bestimmten Weg vorschreibt und ihrer Ausdehnbarkeit enge Schranken zieht. Während bei einem frei stehenden Ofen die Luft sich beliebig ausdehnen kann und nur in lose Berührung mit dem Ofen kommt, zwingt sie der Mantel des Mantelofens, eng angepresst an die glühende Oberfläche, über diese, sie förmlich reibend, hinweg zu strömen, und zwar mit desto größerer Schnelligkeit, je glühender die Fläche ist.

Sollte es nun nicht möglich sein, dass ein solcher hart an der Oberfläche des Ofens mit einer gewissen Kraft vorüber rasender Luftstrom Lufttheilchen, welche im Schutze vorspringender Kanten vor undichten Verbindungsstellen einzelner Ofenplatten lagern, mit fortreißen und somit eine absolute Luftverdünnung an jenen Stellen hervorrufen könnte, der zufolge (um nämlich den entstandenen luftleeren Raum auszufüllen) die Gase, voran das spezifisch leichteste Kohlenoxydgas, aus dem Innern des Ofens auszutreten gezwungen würden? Ich sollte es meinen. Das Glühen des Eisens wäre von diesem Gesichtspunkte aus nicht die direkte, sondern die indirekte Ursache der Gas-Emanation. Je stärker das Glühen, desto rapider der Luftstrom, und je rapider dieser, desto leichter die Auslösung des auf jedem Gasmoleküle lastenden Druckes.

[*Anmerkung 50.* Die Anschauung ist extrem. Eine so starke absolute Luftverdünnung und gar ein luftleerer Raum ist hier nicht möglich. Der durch die innere relative Luftverdünnung verursachte Ueberdruck von aussen nach innen ist wenigstens dann, wenn ein Ofen bis zum Glühen erhitzt ist, viel grösser, als die durch Saugen der durch einen Mantelofen strömenden Luft an Vorsprüngen verursachte Druckverminderung. Dies lässt sich leicht durch Rechnung nachweisen. — W.]

Es wäre gewiss interessant, Versuche mit Mantelöfen anzustellen, deren Heizkörper aus Thonwänden besteht, und zwar in der Weise, dass in den engen Mantelraum des aber nur mässig geheizten Thonofens ein mit ungefähr 3^m Geschwindigkeit sich bewegender Luftstrom eingeführt würde. Fände man auch in dieser Mantelluft Kohlenoxydgas, so würde die Frage endgültig in meinem Sinne entschieden sein, wenn nicht, dann nicht. Jedenfalls ist der glühende Mantelofen, mag er sonst auch noch so gute Dienste leisten, aus der Liste der empfehlenswerthen Ventilations-Oefen zu streichen.

§ 42. Die Leistungsfähigkeit eines Ventilations-Ofens als Wärmequelle für die Stubenluft soll auch mit einer Leistungsfähigkeit als Wärmequelle für die frische Aussenluft im Einklang stehen; d. h. für dieselbe Zeit, während welcher die als Wärme-Reservoir fungirenden Aussenwände des Ofens genügend Wärme an die Zimmerluft abgeben, müssen auch die den Luft-Kanal im Ofen umschliessenden Wandungen ein ausreichendes Wärme-Reservoir für die frische Aussenluft bilden.

Dem letzteren Erforderniss genügen wohl nur wenige der jetzt existirenden Ventilations-Oefen; die oben genannten wenigstens nicht, und doch ist es ein Erforderniss, dessen Mangel sich überall dann empfindlich rächt, wenn eine Pause in der Heizung des Ofens eintritt.

Nur die sich ergänzende Wirkung von schlechtem und gutem Wärmeleiter vermag die gestellte Forderung zu erfüllen. Der gute Wärmeleiter übernimmt die Erwärmung in der Zeit, wo der schlechte noch nicht Wärme genug aufgespeichert hat; dieser übernimmt das Amt des ersteren bei dessen Unthätigkeit oder unterstützt ihn bei der Ausübung seines Amtes.

Um bei Intermittenz der Heizung als ausreichendes Wärme-Reservoir für die frische Aussenluft auftreten zu können, bedarf es aber starker Wandungen und grosser Transmissions-Flächen.

Ein Zahlenbeispiel möge das erläutern: Der Luftkanal in einem Ofen sei 2,5^m hoch und auf der einen Seite von 26^{cm} breiten, 13^{cm} starken, auf den beiden anderen Seiten von 26^{cm} breiten und 6,5^{cm} starken Chamotewänden begrenzt (die Rückwand ist in der Regel keine Wärme abgebende Fläche); die Aussenluft trete mit einer Temperatur

von $+ 5^{\circ}$ und einer Geschwindigkeit von 1^m in der Sekunde in den Luftkanal des Ofens ein und soll auf $+ 15^{\circ}$ erwärmt in's Zimmer ausströmen, so müssten also 732 W.-E. in der Stunde einer Luftmasse von 244 cb^m einverleibt, d. h. durch die $2,5^m$ hohen Chamottewände transmittirt werden.

Nehmen wir den Strahlungs-Koeffizienten für Chamotte zu 3,6, den Leitungs-Koeffizienten für gebrannte Erde zu 0,66, den für $2,5^m$ hohe Wände zu 2,0 und die Temperatur der Wände selbst zu 100° an, so wird (Schinz, S. 215) mit Rücksicht auf Meter und Kilogramm:

$$v = \frac{(3,6 + 2,0) (100 - 15)}{1 + (3,6 + 2,0) \frac{0,13}{0,66}}$$

bezüglich der 13^{cm} starken Wand = 244,5 W. E.

„ „ $6,5^{\text{cm}}$ „ „ = 449 W. E.

d. h. die 13^{cm} starke Wand strahlt und leitet in 1 Stunde und für $1 \square^m$ 244,5 Wärme-Einheiten, die $6,5^{\text{cm}}$ starke Wand 449 Wärme-Einheiten, folglich transmittiren die 3 den Luftkanal umschließenden Wände

$$0,66 \square^m \cdot 244,5 \text{ W.-E.} = 148 \text{ W.-E.}$$

$$1,32 \text{ „} \cdot 449 \text{ „} = 592 \text{ „}$$

in Summa 740 W.-E. stündlich

und erfüllen somit ihre Aufgabe; sie gehen mit ihrer Leistung aber auch nicht in großen Ueberschuss und bedürfen bei Temperatur-Verhältnissen, wie sie strenge Winter bringen, der energischen Unterstützung des guten Wärmeleiters.

[**Anmerkung 51.** Dem Sinne der Formel entgegen hat Staebe die Wärmeausgabe der halb so dicken Wand einfach doppelt so groß gesetzt. Die richtige Rechnung und Schlussfolgerung ist mit Beibehaltung der Koeffizienten folgende:

Für $1 \square^m$ Fläche ist die Wärme-Transmission bei der 13^{cm} dicken Wand, wie oben berechnet:

$$v = 244,5 \text{ W.-E.}$$

Bei der $6,5^{\text{cm}}$ dicken Wand:

$$v = \frac{(3,6 + 2,0) (100 - 15)}{1 + (3,6 + 2,0) \frac{0,065}{0,66}} = 305 \text{ W.-E.}$$

Folglich transmittiren die drei den Luftkanal einschließenden Wände

$$0,66 \square^m \cdot 244,5 = 148 \text{ W. E.}$$

$$\text{und } 1,32 \square^m \cdot 305 = 403 \text{ W. E.}$$

zusammen 551 W. E.

liefern also die verlangten 732 Wärme-Einheiten nicht. — W.]

Die Herstellung eines passenden Verhältnisses zwischen der Leistung des Heiz-Apparates und der des Ventilir-Apparates gestatten Oefen von 4 Kacheln Breite, 10 Kacheln Höhe und 3 Kacheln Tiefe. Solche Oefen reichen für 250 cb^m große Räume aus und ermöglichen eine Luftzufuhr von 250 cb^m, wohl auch von 300 cb^m, je nachdem die Temperatur der den Oefen aus den Zugkanälen zugeführten Luft die der Außenluft mehr oder weniger übersteigt. Für Räume von 250—450 cb^m Kubikinhalte ist die Aufstellung von 2 Ventilations-Oefen erforderlich. Die Ventilierung so großer Räume bildet aber auch die Maximalleistung der natürlichen Ventilation; der Luftwechsel in noch größeren Räumen wird besser durch die künstliche Ventilation bewirkt.

Wird den Ventilations-Oefen eine auf die Zimmer-Temperatur erwärmte Luft zugeführt, wie dies bei Anwendung eines Anthrazit-Ofens in der früher angegebenen Weise geschieht, so steigert sich die Leistung solcher Oefen wesentlich. Die Ausfluss-Geschwindigkeit der Luft lässt sich in diesen Fällen auf etwa 1,8 m pro Sekunde normieren, so dass, den Querschnitt des Luftkanals im Ofen zu 820 □^{cm} angenommen, eine Luftzufuhr von etwa 500 cb^m auf 20° erwärmte Luft pro Stunde als die höchste Leistung eines Ventilations-Ofens zu registrieren wäre.

Diese Rechnung lässt nun auch bezüglich der Ventilations-Einrichtung eines Pavillons zum Schluss kommen.

Wie schon angegeben, hatte ich mir die Aufgabe gestellt, einen Pavillon mit 4 Sälen zu je 12 Betten zu ventilieren.

Der Luftraum für je 1 Kranken ist zu 36 cb^m anzunehmen, daher jedem Saale eine Größe von $12 \cdot 36 = 432$ cb^m zu geben. Ein so großer Raum erfordert 2 Ventilations-Oefen, ein Pavillon mit 4 Sälen also die Anschaffung von 8 Oefen. Die Oefen erhalten einen geeigneten Platz im Saale, wenn sie in dessen Längsaxe, je einer an einer Giebelwand, 3 m entfernt von dieser, aufgestellt werden. —

Die an einen Ventilations-Ofen zu stellenden Anforderungen ad 3—6 bedürfen einer Erläuterung nicht. —

Ventilation von Abtritten.

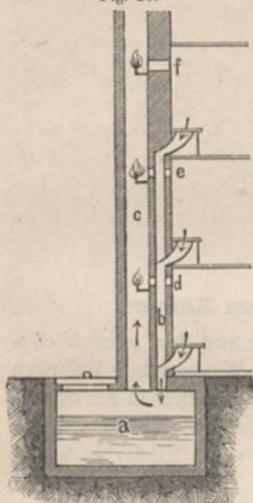
§ 43. Die Erörterung der Ventilation von Abtritten mag den Inhalt des Schluss-Paragraphen bilden. Bei derartigen Räumen geht der Zweck der Ventilation weniger dahin, frische Luft zuzuführen, als die Fäulnisgase schnell zu entfernen und deren Eindringen in die bewohnten Räume zu verhüten.

Zu dem Ende bildet die Anlage eines kräftig wirkenden Abfluss-Kanals, welcher durch die Fallröhren mit den Abtrittsräumen kommuniziert, die Hauptsache.

Eine recht gute Ventilations-Einrichtung versinnlicht Fig. 28.

Die Senkgrube *a*, in welche die Fallröhre *b* mündet, steht mit dem Abfluss-Kanal *c* in direktester Verbindung. Die Luft im Abfluss-Kanale

Fig. 28.



wird durch Gasflammen, je eine für je einen Abtrittsraum, erwärmt. Um das Gas anzuzünden zu können, sind die Thürchen *d*, *e* und *f* angebracht, die aber zu verschließen sind, sobald das Gas brennt. Die Luft wird nun, sofern die Luft im Abfluss-Kanale höher erwärmt ist als die in den Abtrittsräumen, in der Richtung der Pfeile ihren Weg nehmen; also ein Aufsteigen der Gase aus der Grube *a* oder der Röhre *b* nach jenen Räumen hin nicht möglich sein.

Ein Haupterforderniss für die Wirksamkeit der Einrichtung ist der luftdichte Verschluss der Senkgrube. Je undichter derselbe, desto unregelmäßiger erfolgt die Abströmung der Luft aus den Abtrittsräumen durch das Fallrohr.

Für 3 über einander liegende Abtritte genügt 1 Abfluss-Kanal von 400 \square cm lichter Weite.

SCHLUSS.

Damit wäre ich am Ende meiner Abhandlung angelangt. Trage dieselbe bei zur Lösung der Frage:

„Welches ist das beste Ventilations-System.“

Staebe.

[Anmerkung 52. Wie die Frage: „Welches ist das beste Ventilations-System?“ zu beantworten ist, soll nach der ausführlicheren Behandlung des Gegenstandes am Schlusse des Anhangs angegeben werden. — W.]

ANHANG.

§ 1.

Wärmeproduktion des menschlichen Körpers.

Die Angaben verschiedener Autoren über die von dem menschlichen Körper an die ihn umgebende Luft übergehende Wärmemenge differiren bedeutend. Ferrini¹⁾ will im Durchschnitt 130 Kalorien in der Stunde annehmen, Meidinger²⁾ 200; Péclet berechnet 53; Andere nehmen 40 und 45 Kalorien an, E. Voit und Forster³⁾ für Kinder in Volksschulen 24 u. s. w.

Diese so große Verschiedenheit der Angaben fordert dazu auf, durch eigene Berechnung eine zuverlässige Zahl zu ermitteln. Eine Theorie der Körperwärme ist noch nicht mit Sicherheit festgestellt. Die chemische Theorie wird mehrfach angefochten, doch wird die folgende Betrachtung sich nicht weit von dem Richtigen entfernen.

Der erwachsene gesunde Mensch athmet stündlich bei etwa 1000 Athemzügen im Durchschnitt 500 Liter = 0,5 cbm Luft von der nahezu konstanten Temperatur 37° C. aus. Diese ausgeathmete Luftmenge enthält durchschnittlich 20^l = 0,02 cbm Kohlensäure, welche sich gebildet hat durch chemische Verbindung von Kohlenstoff und Sauerstoff im Verhältniss 27,27 Kohlenstoff zu 72,73 Sauerstoff in 100 Gewichtstheilen Kohlensäure.

Die stündlich ausgeathmete Kohlensäure von 37° hat das Gewicht:

$$\frac{0,02 \cdot 1,98}{1 + 0,003685 \cdot 37} = 0,0348 \text{ kg}$$

Darin sind zur Verbrennung gelangt:

$$0,0348 \cdot \frac{27,27}{100} = 0,00949 \text{ kg Kohlenstoff}$$

und dieser Kohlenstoff produzirt bei der Verbrennung zu Kohlensäure 8080 · 0,00949 = 76,679 Kalorien.

Hierzu kommt die Wärmeproduktion bei Bildung des zweiten Respirations- oder Verbrennungs-Produktes, des Wassers. Die aus-

¹⁾ Rinaldo Ferrini, Technologie der Wärme. Aus dem Italienischen von M. Schröter. 1878. S. 335.

²⁾ Gesundheit 1877. No. 1. S. 3.

³⁾ Zeitschrift für Biologie 1877. Heft 1. S. 12.

geathmete Luft ist mit Wasserdampf nahezu gesättigt. Bei 37° enthalten dann $0,5 \text{ cbm}$ Luft $0,022 \text{ kg}$ Wasser aufgelöst. Dieses Wasser, welches vorläufig als solches, nicht als Dampf, betrachtet werden soll, hat sich gebildet durch chemische Verbindung von 1 Wasserstoff und 8 Sauerstoff in 9 Gewichtstheilen Wasser. In $0,022 \text{ kg}$ Wasser sind demnach zur Verbrennung gelangt $0,022 \cdot \frac{1}{9} = 0,00244 \text{ kg}$ Wasserstoff.

Wenn sich 1 kg Wasserstoff mit der entsprechenden Menge Sauerstoff zu Wasser verbindet, werden 34426 Kalorien frei, also hier $0,00244 \cdot 34426 = 83,999$ Kalorien. Die durch Bildung von Kohlensäure und Wasser bei der Respiration stündlich frei werdende Wärmemenge wäre demnach $76,679 + 83,999 = 160,678$ Kalorien.

Solche Wärmeproduktion kann als unabhängig von der Temperatur der eingeathmeten Luft betrachtet werden.

Zu berücksichtigen ist aber für die weitere Berechnung die Temperatur der den Körper umgebenden Luft insofern, als das ausgeathmete Wasser in Dampfform bei jener Temperatur in Rechnung zu bringen ist, die Flüssigkeitswärme wie auch die Gesamtwärme des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen nicht konstant sind, ferner weil auch durch Perspiration Wasser ausgeschieden wird, und zwar weniger in kalter als in warmer Umgebung.

Die produzierte Wärmemenge von ungefähr 160 Kalorien wird teilweise verwendet, um die durch Haut und Lungen ausgeschiedene Wassermenge in Wasserdampf zu verwandeln, wobei die resultierende Temperatur des Wasserdampfes die der umgebenden Luft ist. Unter gewöhnlichen Verhältnissen kann die von der Haut und den Lungen stündlich ausgeschiedene Wassermenge zu $0,05 \text{ kg}$ angenommen werden, schwankt aber, abgesehen von starker Schweiß-Entwicklung, zwischen $0,035$ und $0,1 \text{ kg}$, wovon nur die oben berechnete expirirte Menge von $0,022 \text{ kg}$ als durch Verbrennung gebildet, die übrige als ohne Wärmeproduktion vorhanden, großen Theils schon als Wasser mit der Nahrung dem Körper zugeführt, im übrigen aus einem irgendwie gebundenen Zustande umgesetzt anzunehmen sein wird.

Beispielsweise sei zuerst die Temperatur der Umgebung 0° , die stündlich ausgeschiedene Wassermenge $0,04 \text{ kg}$. Dieses Wasser muss in Dampf von 0° verwandelt werden, und zwar auf Kosten der produzierten Körperwärme. Die Gesamtwärme von 1 kg Dampf ist allgemein nach Regnault:

$$W = 606,5 + 0,305 t \text{ Kalorien,}$$

also für $t = 0$:

$$W = 606,5 \text{ Kalorien.}$$

Dieses ist hier zugleich die Verdampfungswärme des Wassers bei 0° , und für die ausgeschiedene Wassermenge von $0,04 \text{ kg}$ ist die Verdampfungswärme $0,04 \cdot 606,5 = 24,26$ Kalorien. Durch Subtraktion dieser Verdampfungswärme von den oben gefundenen $160,678$ Kalorien erhält man rund 136 Kalorien.

Es sei ferner die Temperatur der Umgebung 20° und die stündlich ausgeschiedene Wassermenge $0,05 \text{ kg}$. Dann ist die Gesamtwärme dieses Dampfes:

$$0,05 (606,5 + 0,305 \cdot 20) = 30,630 \text{ Kalorien.}$$

Die Flüssigkeitswärme für 20° über der von Wasser von 0° ist $0,05 \cdot 20 = 1,00$ Kalorien, demnach die Verdampfungswärme von $0,05 \text{ kg}$ Dampf bei 20° : $30,630 - 1,00 = 29,630$ Kalorien.

Diese Wärmemenge von der produzierten subtrahirt, giebt

$$160,678 - 29,630 = 131,048 \text{ oder rund } 131 \text{ Kalorien.}$$

Dieses ist der bei 20° auf die Umgebung des Körpers wirkende Theil der Wärmeproduktion; nur dieser Theil — oft kurzweg mit Wärmeproduktion des Körpers bezeichnet — ist bei der Berechnung der Erwärmungs- und Kühlungs-Mittel der Ventilationsluft zu berücksichtigen. Die beiden gefundenen Resultate, 136 und 131 Kalorien, stimmen nahezu überein mit der Annahme von Ferrini, nämlich 130 Kalorien für mittlere Wärmeproduktion. Wie dieser Autor jedoch erwähnt, hat Hirn ¹⁾ aus einer Reihe von Versuchen an sich selbst ein höheres Resultat erhalten, nämlich im Zustand der Ruhe 155 Kalorien entwickelt.

Man wird gut daran thun, für die Vorberechnung von Heizapparaten mit Ferrini 130 Kalorien anzunehmen, dagegen für die Vorberechnung von Abkühlungsapparaten etwa 150 Kalorien, um der Leistungen desto sicherer zu sein, wie man ja auch in derselben Absicht die Zahl der in einem Raum athmenden Personen in Rücksicht auf Heizung als die vermuthlich kleinste, in Rücksicht auf Abkühlung als die vermuthlich größte in Anschlag bringen wird.

Auch nach der Benutzungsweise der Lokalitäten sind Unterschiede zu machen. Bei Männern ist die Wärmeproduktion größer als bei Frauen und Kindern, ebenso im Zustand der Bewegung (körperliche Arbeit, Turnen, Singen) größer als im Zustande der Ruhe.

Bei Kindern unter 13 Jahren, also in Volksschulen, wird ungefähr die Hälfte der für Erwachsene geltenden Wärmeproduktion anzunehmen sein; das geathmete Luftvolumen ist bei ihnen viel kleiner als bei Erwachsenen, aber sie athmen schneller. Ich selbst athme 16 bis 17mal in einer Minute, habe aber bei meinen schlafenden Kindern unter 12 Jahren 18 bis 22 Athemzüge in der Minute gezählt.

§ 2.

Verschiedene Fortpflanzungsweisen der Körperwärme.

Ein Theil der von dem menschlichen Körper produzierten Wärmemenge wird dadurch der Umgebung mitgetheilt, dass die expirirte Luft von 37° sich auf die Temperatur der umgebenden Luft durch Vermischung mit derselben abkühlt; ein anderer Theil dadurch, dass der

¹⁾ Hirn, Théorie mécanique de la Chaleur, 2. Édition, 1. Partie, Pag. 32.

Körper, beziehungsweise die an demselben erwärmte Bekleidung, Wärme an die Gegenstände der Umgebung ausstrahlt; ein weiterer Theil dadurch, dass die kältere Luft der Umgebung den Körper und dessen Bekleidung berührt und daran emporfließt.

Es ist von Wichtigkeit zu wissen, in welchem Verhältniss diese Antheile stehen. Der erste Antheil kann leicht für sich berechnet werden, wonach die Summe der beiden anderen Antheile als Rest gefunden wird. Für die spezielle Berechnung der beiden letzten Antheile fehlen zuverlässige Grundlagen, auch sind diese gegenseitig abhängig von geringfügig scheinenden Nebenumständen. Für die Lufterwärmung durch Expiration gilt folgende Betrachtung:

1 cb^m Luft von 37° wiegt $\frac{1,3}{1 + 0,003665 \cdot 37} = 1,14$ kg. Während 500 Liter = 0,5 cb^m = 0,57 kg stündlich ausgeathmete Luft von 37° auf die Temperatur der Umgebung, z. B. auf 17°, also um 20° abgekühlt werden, geben sie ab $0,57 \cdot 20 \cdot 0,24 = 2,75$ Kalorien. Die durch Strahlung und Leitung abgegebene Wärmemenge ist dann ungefähr

$$130 - 2,75 = 127,25 \text{ Kalorien,}$$

also so bedeutend, dass die Lufterwärmung durch Expiration, als nur ungefähr 2% der übergeführten Gesamtwärme, kaum in Betracht kommt.

Daraus folgt, dass der menschliche Körper, ähnlich wie ein mässig warmer Ofen, empor gerichtete Luftbewegungen veranlasst, während die expirirte, stärker verdorbene Luft mit der höheren Temperatur von 37° rascher empor gehoben wird und sich bei einem oben geschlossenen Raume zunächst unter der Decke desselben ansammelt. Diese Ansammlung ist aber nicht so bedeutend wie häufig angenommen wird; denn zur Vertheilung dieser schlechtesten Luft im Raume tragen mehre Umstände zugleich bei: die viel grössere Menge der durch die beiden anderen Ursachen erwärmten, verhältnissmässig wenig verdorben aufsteigenden Luft, das grosse spezifische Gewicht der Kohlensäure und die Diffusion der Gase.

Dieses ist in Betreff der Wahl der Stellen für die Zuführung und Abführung der Luft bei den verschiedenen Ventilations-Systemen von Wichtigkeit und wird weiterhin berücksichtigt werden.

§ 3.

Wärmeproduktion durch die Abendbeleuchtung.

Bei der Vorberechnung der Heiz-Anlagen für Winter-Ventilation ist der Einfluss der Beleuchtung zu vernachlässigen, weil die Heizung auch bei Tage ohne die Beleuchtungswärme genügen muss und der mit Rücksicht auf Beleuchtung grösser berechnete Ventilations-Bedarf keine grössere Ausgiebigkeit des Heiz-Apparates verlangt.

Im Gegentheil wird durch reichlich angewendete Beleuchtungs-Flammen die Luft so sehr erhitzt, dass Abkühlungsvorrichtungen

nothwendig werden, und in dieser Beziehung, wohl auch um das Güteverhältniss einer Heiz-Anlage zu ermitteln, ist zuweilen eine approximative Berechnung der durch die Beleuchtung entwickelten Wärme zweckmässig oder nothwendig.

Man wird dabei gewöhnlich nur auf Leuchtgas, in einzelnen Fällen auch auf Petroleum Rücksicht zu nehmen haben, und es genügt mit Hinweis auf die in § 4 folgende Tabelle und weitere Bemerkungen zu wissen, dass durchschnittlich 1 Liter Leuchtgas 6,02 Kalorien und 1 Gramm Petroleum 11,77 Kalorien bei der Verbrennung entwickeln.

§ 4.

Ventilations - Bedarf.

Um die Luftmenge zu berechnen, welche stündlich für eine Person auszuwechseln ist, nimmt man an, dass die rein zugeführte Luft mit der weniger reinen des Raumes sich vollständig gemischt habe, bevor sie den Raum wieder verlässt; ferner, dass die hauptsächlich luftverderbenden Exhalationsstoffe mit der gleichzeitig ausgeschiedenen Kohlensäure proportional sind, dass folglich das Kohlensäure-Quantum ein Maafstab ist für die Luftverunreinigung; endlich, dass eine sehr reine Zimmerluft in 10 000 Raumtheilen nicht über 7 Theile Kohlensäure in Folge der Anwesenheit von Menschen habe, dass also, wenn man die Kohlensäure im Freien zu 5 in 10 000 annimmt, deren Zuwachs bei sehr guter Zimmerluft nicht über 2 auf 10 000 Raumtheile der reinen Luft beträgt, dass aber ein Zuwachs von 5 auf 10 000 in den meisten Fällen ohne Nachtheil und ausnahmsweise sogar ein Kohlensäure-Zuwachs von 10 auf 10 000 zulässig ist.

Als Mittelwerth aus vielen Angaben über die von einem Erwachsenen stündlich ausgeschiedene Kohlensäure-Menge kann man 20 Liter oder 0,020 cb^m annehmen. Bei 20 Liter Kohlensäure-Produktion entspricht einem Kohlensäure-Zuwachs von $\frac{2}{10\ 000}$ oder $\frac{20}{100\ 000}$ der Ventilationsluft das Ventilations-Quantum von 100 000 Liter oder 100 cb^m; einem Kohlensäure-Zuwachs von $\frac{3}{10\ 000}$ oder $\frac{20}{40\ 000}$ das Ventilations-Quantum von 40 000 Liter oder 40 cb^m; einem Kohlensäure-Zuwachs von $\frac{10}{10\ 000}$ oder $\frac{20}{20\ 000}$ entspricht ein Ventilations-Quantum von 20 000 Liter oder 20 cb^m.

Ist allgemein für eine Person stündlich K die produzierte Kohlensäure, Q das Ventilations-Quantum, beides in cb^m, und $\frac{n}{10\ 000}$ der zulässige Kohlensäure-Zuwachs, so hat man

$$\frac{Q}{K} = \frac{10\ 000}{n}; \quad Q = \frac{K \cdot 10\ 000}{n} \text{ cb}^m.$$

Hierbei ist der Kohlensäure-Gehalt der aus der freien Atmosphäre entnommenen Ventilationsluft nicht berücksichtigt. Es ist auch gleichgültig, ob dieser 3 oder 5 oder 6 Volumentheile in 10 000 beträgt, da die Kohlensäure an und für sich auch bei viel größerer An-

häufung noch nicht nachtheilig wirkt und ihre Menge nur insofern bei Wohnräumen in Rechnung zu ziehen ist, als sie vermengt mit Exhalationsstoffen entwickelt wird und als Maafstab für diese zu betrachten ist.

Wie groß man den Ventilationsbedarf annehmen soll, hängt von den besonderen Zwecken, Umständen und Einrichtungen ab. Für Räume, die nicht beständig besetzt sind, also für die meisten Wohnräume, Schulen u. dgl., ist 20 cb^m stündlich für die Person eine entsprechende Luftmenge, für Schlafzimmer 40 cb^m, während man für Krankensäle 60 bis 100 cb^m und bei Epidemien sogar 150 cb^m verlangt. In Restaurationslokalen, wo viel geraucht wird, mag man der Vorberechnung 60 cb^m zu Grunde legen, bei Theatern und Konzertsälen genügt eine geringere Luftzufuhr, etwa 40 cb^m stündlich für den Kopf.

Diese Zahlen gelten unter Voraussetzung einer hauptsächlich durch Mischung der reinen und schlechteren Luft zu erzielenden Luftverbesserung. Wo mehr für regelmäßige Verdrängung der schlechtesten Luftmassen durch reine Luft gesorgt wird, kann der Ventilationsbedarf bedeutend herabgesetzt werden. So ist z. B. bei einem Restaurationslokal, wo viele Gasflammen brennen, keineswegs eine grössere Luftzufuhr durch die Verbrennungsprodukte bedingt, wenn die Gasflammen in richtiger Weise mit zur Ventilation verwendet werden und der Luftwechsel ein aufwärts gerichteter ist; es genügen da sogar viel weniger als 60 cb^m stündlich für den Kopf, um die Luft rein zu erhalten.

In welcher Weise die durch nächtliche Beleuchtung herbeigeführte Luftverschlechterung bei der Bestimmung des Ventilations-Quantums berücksichtigt werden soll, das ist eine noch nicht gelöste und überhaupt nicht allgemein lösbare Frage.

Man kann, wie bereits angedeutet, die Beleuchtung so einrichten, dass sie eine Luftverschlechterung im benutzten Raume nicht veranlasst; allein unter gewöhnlichen Umständen ist die Beleuchtung eine Quelle bedeutender Luftverderbniss. Bei den verschiedenartigen Verunreinigungen der Leuchtmaterialien aber und bei dem ungleichen Grade der Vollkommenheit der Verbrennung wäre es nicht richtig, die Kohlensäure als Maafstab der zulässigen Luftverunreinigung in demselben Verhältniss wie bei der Luftverunreinigung durch Menschen anzunehmen. In Ermangelung einer zuverlässigen Basis scheint es mir nach Vergleichung der Untersuchungen einiger Forscher zweckdienlich, dass man, wenn die Flammen wie gewöhnlich in der Luft des Raumes brennen, etwa die Hälfte der durch sie produzierten Kohlensäure der von den anwesenden Personen produzierten Kohlensäure-Menge hinzu addirt.

Bei der hier obwaltenden Unsicherheit ist es um so mehr rathsam, dass man sich von solchen Rücksichten unabhängig mache, indem man die Verbrennungsprodukte möglichst direkt abführt, bevor sie

sich mit der zu athmenden Luft mischen können. Wo dies nicht ausführbar ist, mag nachstehende, aus den Versuchen von Erismann herrührende Tabelle für gewisse Vorberechnungen Anhaltspunkte liefern¹⁾:

Beleuchtungsart	Stündlicher Verbrauch		Lichtstärke in Normalkerzen	Stündliche Kohlensäure-Produktion Liter
	Gramm	Liter		
Petroleum-Spaltbrenner. . .	35,5	0,045	10	56,8
Petroleum-Rundbrenner . .	50,5	0,064	7,6	61,6
Oellampe	22,4	0,025	ca. 4	31,2
Kerze	20,7	—	1	11,3
Steinkohlen-Gas, Schnittbrenner	—	140	7,8	92,8
Steinkohlen-Gas, Flachbrenner	—	127	10	86,0

Es mag beigefügt werden, dass manche Autoren bei Bestimmung des Ventilationsbedarfs den Luftkubus, den Inhalt des Zimmerraums in Rechnung ziehen, und zwar in der Weise, dass bei einem großen Raume der Ventilationsbedarf kleiner wäre. Dieses ist nicht ganz unbegründet, indem bei gleicher Benutzung ohne Ventilation die Luft in einem kleinen Raume schneller in einem unzulässigen Grade verdorben ist, als in einem großen, auch der zufällige Luftwechsel bei größerer Ausdehnung der Umgrenzungsflächen bedeutender ist. Allein dem kleineren Raume kommt der Umstand günstig zu statten, dass beim Luftwechsel die organischen Verunreinigungs-Stoffe schneller beseitigt werden, während sie sich leichter an den Wänden des größeren Raumes festsetzen und daselbst zersetzen können.²⁾

Hauptsächlich auf Grund gleicher Anschauung haben Wolffhügel und Lang³⁾ für Eisenbahnwagen das Ventilationsquantum geringer normirt als für Zimmer.

Der Luftkubus ist auch aus dem Grunde von einiger Bedeutung, weil eine heftige Luftbewegung, also ein vielmaliger Luftaustausch in kurzer Zeit, den Personen lästig werden kann. Nach einigen — namentlich englischen — Quellen wäre aus diesem Grunde höchstens ein dreimaliger Luftwechsel in der Stunde zulässig. Ich habe jedoch nebst anderen Personen in Eisenbahnwagen und Zimmern bei einem ungefähr zehnmaligen Luftwechsel in der Stunde nicht die geringste Belästigung gefühlt, überhaupt den Luftwechsel gar nicht durch das Gefühl wahrgenommen.

1) C. Lang, über natürliche Ventilation. 1875. S. 22.

2) Vergl. Haesecke, theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation. 1877. S. 23.

3) Zeitschrift für Biologie. 1876. Heft IV. Auszüglich in Wolpert, Leitfaden zum Verständniß der Heizungs- und Ventilations-Anlagen. 1877. S. 15.

§ 5.

Der bei der Winter-Ventilation nöthige Wärmearaufwand.

Dieser Wärmearaufwand C in Kalorien lässt sich allgemein darstellen durch die Gleichung: $C = V + L - K$, wenn man mit V die Summe der Wärmeverluste, mit L die zur Erwärmung der Ventilationsluft nöthige Wärme und mit K die durch die Körperwärme an die Umgebung gelangende Wärmemenge bezeichnet.

Soll ein Raum ventilirt und zugleich auf höherer Temperatur erhalten werden, als die der Außenluft und der Mauern ist, so genügt es nicht, eine Wärmemenge aufzuwenden, welche nur das Luftquantum der Ventilation auf die gewünschte Zimmertemperatur erwärmen kann. Es müssen die durch die Begrenzungskörper des Raumes veranlassten Wärmeverluste in Rechnung gezogen werden.

Die Wärmeverluste mit einiger Genauigkeit durch Versuche bei Gebäuden zu finden und zu kontrolliren, ist mit sehr großen Schwierigkeiten verbunden, ja geradezu unmöglich, da viele, zum Theil sehr komplizirte und variable Faktoren von Einfluss sind. Solche Versuche fallen mit Heizversuchen zusammen, die aus diesem Grunde auch in der Regel sehr unmaafsgebliche Resultate aufweisen. Ein Heizversuch an einem sehr kalten Tage nach wärmeren giebt unmittelbar ein zu günstiges, an einem warmen Tage nach einer Reihe von kalten ein zu ungünstiges Resultat in Betreff der Wärme-Transmission oder des Heizapparates oder des Brennmaterials. Ebenso ist die einige Zeit hindurch vorher stattgehabte oder nicht stattgehabte Heizung, sowie die Intensität derselben von großem Einfluss. Für gleichen Effekt ist an einem Tage bei kontinuierlicher Heizung ein weit geringerer Wärmearaufwand nöthig, als an demselben Tage nach unterbrochener Heizung.

Es macht ferner einen großen Unterschied, ob ein Raum nach Süden oder Norden u. s. w. liegt, ob die Mauern vom Regen durchnässt sind oder trocken; ob die Witterung trocken oder feucht, windig oder windstill ist; ob die Mauern gegen rauhe Winde durch benachbarte Gebäude geschützt sind oder nicht, ob sie mit sehr gutem oder schlechterem Material, im Rohbau oder mit Verputz ausgeführt sind u. s. w.

Alle diese Einflüsse in Rechnung zu ziehen ist eben so unmöglich, wie deren genaue Ermittlung. Man muss sich mit Näherungswerthen begnügen und eben, um für einen Voranschlag sicher zu gehen, ungünstige Verhältnisse zu Grunde legen. Es ist aber keineswegs nöthig, bei Berechnung der Wärmeverluste die denkbar niederste Außen-Temperatur anzunehmen, die in einer Reihe von Jahren gar nicht, in einem Winter einmal an wenigen Tagen vorhanden ist. Man darf vielmehr in dieser Beziehung die mittlere Wintertemperatur des Ortes einführen.

Anders ist es bei Berechnung der für die Erwärmung der

Ventilationsluft nöthigen Kalorien. Hierfür muss man zur Sicherheit die größtmögliche Temperaturdifferenz zu Grunde legen, während man doch wieder bei der Berechnung der durch Temperaturdifferenzen zu erzielenden Luftgeschwindigkeit sehr kleine Temperatur-Differenzen anzunehmen hat.

Es existiren einige Formeln für die Berechnung der Wärmeverluste; allein es ist leicht zu erkennen, dass sie zu ungenau sind. Wenn gleich man sich mit Näherungs-Resultaten begnügen muss, so ist doch eine offenbar unrichtige Formel nicht zur Anwendung zu empfehlen.

In solchen Formeln werden entweder die Wärmeverluste durch Fussböden, Decken und Thüren ganz vernachlässigt, oder solche Flächen werden mit Mauerflächen zusammen geworfen, für welche doch, je nach der Mauerdicke, verschiedene Koeffizienten angegeben werden.

Ich halte es vorläufig für das Einfachste und Sicherste, die für den Ersatz der Wärmeverluste während einer Heizperiode nöthigen Kalorien unter der Voraussetzung, dass ein Raum täglich geheizt wird, einzeln nach folgenden Angaben zu berechnen, wobei für die nach der freien Luft transmittirenden Begrenzungskörper die mittlere Temperatur-Differenz während einer Heizperiode maafsgebend, für andere nach geschlossenen und weniger geheizten Räumen transmittirende Theile die Temperaturdifferenz nach Schätzung anzunehmen ist.

Die für einen geheizten Raum zu berechnende Abkühlung beträgt stündlich für 1° C. Temperaturdifferenz bei je 1 □^m Fläche:

Mauern 1 Stein stark . .	1,66	Kalorien,
" 1½ " " . .	1,42	"
" 2 " " . .	1,12	"
" 2½ " " . .	0,87	"
" 3 " " . .	0,78	"
" 3½ " " . .	0,68	"
Gewöhnliche Zimmerthüren .	1,30	"
Einfache Fenster	2,44	"
Doppelfenster	1,86	"
Kalte Decke	0,54	"
Kalter Fußboden	0,39	"

Danach lässt sich die Summe der Wärmeverluste, d. i. V in der aufgestellten Formel $C = V + L - K$, annähernd berechnen.

Um ferner die Größe L , nämlich die für die Erwärmung der Ventilationsluft nöthige Wärmemenge zu finden, hat man die größte Anzahl der in dem Raume verweilenden Personen, für jede eine reichliche Luftmenge, welche sich nach den Benutzungsverhältnissen richtet — für jede Person stündlich 20 bis 150 cb^m — und die größte vorkommende Temperaturdifferenz anzusetzen, also wohl für eine äußere Temperatur von - 20° und innere von + 20° eine nothwendige Temperaturerhöhung der Ventilationsluft um 40°. Dabei kann man das Ge-

wicht von 1 cbm Luft = 1,3 kg und die spezifische Wärme der Luft = 0,24 setzen, wonach man z. B. für ein Krankenzimmer, welches mit N Verwundeten belegt ist, hätte:

$$L = N \cdot 100 \cdot 1,3 \cdot 0,24 \cdot 40 \text{ Kalorien stündlich.}$$

Die Gröfse K , nämlich die durch die Körperwärme an die Umgebung gelieferte Wärmemenge, in der Gleichung $C = V + L - K$ ist nach früheren Darlegungen zu schätzen. Bei dem eben gewählten Beispiele werden vielleicht 140 Kalorien stündlich bei jeder Person anzunehmen sein, also $K = N \cdot 140$ Kalorien in der Stunde.

Mit der Berechnung des nöthigen Wärmeaufwandes C wird man danach in einem gegebenen Falle kaum auf Schwierigkeiten stoßen.

§ 6.

Aufwand an Brennmaterial und Gröfse der Heizfläche.

Kennt man die Anzahl der zu entwickelnden Kalorien, so ließe sich die für Produktion derselben nöthige Menge Brennmaterial sehr genau angeben, wenn man die nach der chemisch-elementaren Zusammensetzung berechenbare Wärmemenge wirklich erzeugen und vollständig ausnutzen könnte.

Es ist die mögliche Wärmeentwicklung aus 1 Kilogramm:

Holz lufttrocken	2990 Kalorien
Torf "	3480 "
Braunkohlen, lufttrocken	4180 "
Holzkohlen	7440 "
Steinkohlen	7490 "
Koaks	6800 "
Anthrazit	8000 "
Aus 1 Liter Leuchtgas	6,02 "

Es muss aber beachtet werden, dass der bei den Feuerungsanlagen zu erreichende Nutzeffekt selten mehr als 80 Prozent beträgt, oft sogar bei keineswegs schlechten Anlagen unter 30 % herab geht. Dies erklärt sich zum Theil daraus, dass die Brennstoffe selten chemisch rein und so trocken sind, wie in der Berechnung nach der chemischen Konstitution angenommen, auch die Verbrennung selten eine vollkommene ist und in der Regel eine bedeutende Wärmemenge mit den Verbrennungsgasen in den Schornstein übergeht, ferner unverbrannte Theile durch den Rost fallen oder als Rückstände aus dem Feuerraum genommen werden. Bei der Gasheizung lassen sich die meisten dieser Verluste vermeiden; trotzdem ist sie wegen des hohen Gaspreises selten ökonomisch vorthellhaft.

Heizfläche. Es ist üblich, die Heizfläche einfach im Verhältniss der Gröfse des zu beheizenden Raumes anzunehmen, und unter mittleren Verhältnissen ist dies zulässig. Wählt man unter solchen z. B. einen Luftheiz-Ofen guter Konstruktion mit theils direkter, theils indirekter

Heizfläche von 2 m^2 auf je 100 cbm Zimmerraum, so wird man bei mäßiger Ventilation und täglicher Heizung befriedigenden Effekt erreichen; bei der gewöhnlichen Ofenheizung ohne Ventilation, außer der zufälligen, kann man für 100 cbm Zimmerraum bei eisernen Oefen 1,2, bei Kachelöfen 6 m^2 Heizfläche als genügend annehmen. Bei besonders starker Ventilation und außergewöhnlichen Verhältnissen ist aber jene einfache Berechnungsweise nicht zuverlässig genug. Man rechnet dann besser nach dem oben dargelegten Wärmebedarf für je 100 stündlich zu erzielende Wärmeeinheiten bei

Luftheizung	0,05 m^2 Heizfläche
Warmwasser-Niederdruck-Heizung	0,34 "
Warmwasser-Mitteldruck-Heizung	0,25 "
Heißwasser-Heizung	0,10 "
Dampfheizung	0,11 "

§ 7.

Feuchtigkeit und Trockenheit der Zimmer- und Ventilationsluft. Hygrometer und Luftbefeuchtungs-Vorrichtungen.

Die Luft in einem Zimmer kann uns bei unverändertem Wassergehalt sehr trocken und sehr feucht vorkommen, in der That in hohem Grade relativ trocken und wieder relativ feucht sein. Dies hängt von der Temperatur ab, indem die in einem Raume mögliche Dampfmenge mit der zunehmenden Temperatur sehr rasch wächst.

Es ist nämlich das Gewicht von 1 cbm Wasserdampf, wenn der Raum damit gesättigt ist, bei

— 20° C.	1,57 Gramm
— 10	2,91 "
0	4,96 "
+ 10	9,51 "
20	17,53 "
30	30,86 "
40	51,20 "
50	83,37 "
60	131,15 "
70	199,28 "
80	295,83 "
90	428,60 "
100	606,10 "

Wegen der Diffusion sind diese Dampfmen gen dieselben, mag der Raum luftleer oder mit Luft von irgend einer Dichte und Beschaffenheit angefüllt sein. Man kann deshalb auch sagen, dass die Feuchtigkeits-Kapazität der Luft mit der Temperatur-Zunahme sehr rasch wächst, und zwar nach den angegebenen Dampf gewichten für 1 cbm Luft.

Da, wie erwähnt, die Dichte der Luft hierbei gleichgültig ist, so lässt sich die Feuchtigkeitskapazität der Luft allgemein nur für die Raumeinheit (cbm), nicht für die Gewichtseinheit (kg) angeben. Doch lässt sich unter Voraussetzung einer bestimmten Dichte auch die in 1 kg Luft mögliche Dampfmenge leicht berechnen. --

Die mittlere relative Feuchtigkeit, d. i. eine solche von 50 Prozent der Maximalfeuchtigkeit, ist dem normalen menschlichen Organismus am angenehmsten und zuträglichsten, und da Schwankungen von 10 Prozent nach jeder Seite hin leicht vorkommen, so kann man die Luftfeuchtigkeit zwischen 40 und 60 Prozent der Sättigung als die normale für Wohnungen bezeichnen.

Dabei setze ich voraus, dass solche relative Feuchtigkeit ungefähr die mittlere in einem Zimmer von gewöhnlicher Höhe, und folglich zu meist in der Umgebung unserer Athmungsorgane vorhanden sein soll; dass also auch das zur Kontrolle angewendete Hygrometer weder in der Nähe eines Ofens oder einer Warmluft-Mündung angebracht ist, noch an einer kalten Außenmauer, auch nicht auf einem Tische, besonders nicht in der Nähe eines Fensters, sondern in Kopfhöhe, allseitig von der Zimmerluft von mittlerer Temperatur umgeben, etwa in der Zimmermitte an einer Gaslampe aufgehängt, oder an einer Scheidewand zweier geheizten Räume, aber in einiger Entfernung von der Wand an einem langen Haken.

In den meisten neueren litterarischen Arbeiten über Ventilation findet man die Grenzen um 10 Prozent gegen den Sättigungspunkt gerückt, nämlich die relative Feuchtigkeit zwischen 50 und 70 Prozent als die einzuhaltende empfohlen. Ich vermute, dass dieser Annahme ungenaue Hygrometer-Beobachtungen zu Grunde liegen.

Differenzen von mehr als 20 Prozent können an verschiedenen Stellen eines Zimmers vorhanden sein. Wenn z. B. ein Stativ-Hygrometer, wie in der Regel das Haar-Hygrometer und Psychrometer — damit man gut auch bei düsterer Witterung ablesen kann — auf einem Tische in der Nähe eines mit Wasser beschlagenen Fensters aufgestellt ist, zeigt es die relative Feuchtigkeit viel gröfser, als sie in der Mitte des Zimmers in Kopfhöhe ist.

In den meisten Fällen hat man das Psychrometer von August zur Ermittlung der relativen Feuchtigkeit angewendet; allein dieses ist hierfür wenig geeignet und giebt die relative Feuchtigkeit in Zimmern leicht um mehr als 10 Prozent zu hoch an, wie weiterhin zur Sprache kommen wird.

Es muss hier wiederholt der viel verbreitete, selbst von Gelehrten und Technikern genährte Irrthum gerügt werden, dass die Luft durch starke Erwärmung ihren Wassergehalt verliere.¹⁾

¹⁾ Vgl. meine Abhandlungen darüber: Deutsche Bauzeitung 1874, No. 27, und Wolpert, Leitfaden zum Verständniss der Heiz- und Ventilations-Apparate. 1877, S. 58.

So ist in einem Artikel von Herrn Fr. Bürgert, Techniker, überschrieben „Die beste Schulheizung“¹⁾ gesagt:

„Die frische einzuführende Luft soll nur den Wärmegrad haben, den die innere Zimmerluft hat, und wenn diese frische Luft mit Wasserheizungs-Röhren (die höchstens auf 80 bis 90° R. erwärmt sind) in Berührung kommt, wird dieselbe nur bis auf + 15° R. erhitzt und wird von ihrer natürlichen Feuchtigkeit nichts verlieren. Eine künstliche Befeuchtung der auf nur so geringen Grad zu erwärmenden Luft ist nicht nöthig.“

Herr Bürgert ist demnach der Ansicht, dass eine künstliche Befeuchtung dann, und nur dann nöthig sei, wenn, wie bei der Luftheizung, die Ventilationsluft in viel höherem Grade erhitzt wird. Allein hier kommt es auf den Zwischen-Zustand, auf die in der Heizkammer vorhandene Temperatur gar nicht an, sondern nur auf die hygrometrische Beschaffenheit der Luft zu Anfang und zu Ende, im Freien und im Zimmer, also auf die außen und innen vorhandene Temperatur.

Es sei die Temperatur im Freien — 20° bei einer relativen Feuchtigkeit von 100 Prozent. Bei solcher Kälte, die nur bei trockenem Nordostwind vorzukommen pflegt, ist zwar die relative Feuchtigkeit in der Regel viel geringer, doch ist dies für gegenwärtiges Beispiel gleichgültig.

Dann enthält 1 cb^m Außenluft 1,57 Gramm Wasserdampf. Diese Luft werde in einer Heizkammer auf 100° C. erhitzt und dann in den Zimmern wieder auf + 20° abgekühlt. In diesem Falle ist — von anderen Feuchtigkeits-Ursachen abgesehen — die relative Feuchtigkeit der Luft mit Rücksicht auf Feuchtigkeitskapazität und Volumenvergrößerung in der Heizkammer

$$\frac{1,57}{606,10} \frac{1}{1 + 0,003665 \cdot 100} = 0,0019 \text{ oder rund } 0,2\%$$

also die Luft fast vollkommen trocken.

Wird aber diese Luft wieder auf + 20° abgekühlt, so ist ihre relative Feuchtigkeit

$$\frac{1,57}{17,53} \frac{1}{1 + 0,003665 \cdot 20} = 0,08 \text{ oder } 8\%.$$

Dasselbe Endresultat ergibt sich, wenn die aus dem Freien eingeführte, mit Wasserdampf gesättigte Luft von — 20° überhaupt auf + 20° erwärmt wird. Unter solchen Umständen ist die Ventilationsluft entschieden viel zu trocken, sie mag durch Luftheizung oder Wasserheizung oder Dampfheizung erwärmt worden sein. — Künstliche Befeuchtung der Luft ist alsdann nothwendig, wenn nicht etwa von früherer feuchtwarmer Witterung etc. her die

¹⁾ Gesundheit, Zeitschrift für öffentliche und private Hygiene. 1877, No. 1, S. 6.

Mauern noch viel Feuchtigkeit abzugeben haben, oder andere Quellen des Wasserdampfs verhältnissmäßig stark in Thätigkeit sind, wie z. B. in einem mit Menschen angefüllten und reichlich mit Gas erleuchteten aber nicht entsprechend ausgiebig ventilirten Saale.

Welchen Grund mögen sich nur die Vertreter der entgegengesetzten Ansicht — denn einen noch nicht widerlegten Grund werden sie doch haben — dafür denken, dass diese Verhältnisse anders seien, wenn die Ventilationsluft sich an heißen Wasserröhren, die ja doch an den Berührungsflächen der Luft trocken sind, erwärmt, als wenn es an einer Heizfläche geschieht, welche auf beiden Seiten trocken ist?

Auch Staebe ist als Gegner der Luftheizung aufgetreten, weil sie dem in den Mauern u. s. w. gegebenen Wasserreservoir den Wasservorrath zu schnell entziehe. Er hat dabei offenbar die Zirkulations-Luftheizung ignoriert und nur an die Ventilations-Luftheizung gedacht, bei welcher allerdings oft ein gröfserer Luftaustausch stattfindet, als nach dem speziellen Ventilationsbedarf nothwendig wäre, während dagegen bei den übrigen Heizmethoden, wie auch bei der Zirkulations-Luftheizung, die Zimmer-Erwärmung nicht durch den Luftaustausch bedingt ist, die Ventilation dabei eine sehr geringe sein kann und in der That oft eine viel zu geringe ist.

Wenn man, wie Staebe, die allmähliche Verdunstung des während eines Sommers in den Mauern angesammelten Wasservorraths der künstlichen Luftbefeuchtung vorziehen will, so kommt mir das gerade so vor, als wenn Einer sein Trinkwasser lieber aus einem stagnirenden Sammelweiher als von einer frischen Quelle nehmen wollte. Ohne Zweifel ist das Wasser der Wände in Wohnräumen mit vielen in Zersetzung begriffenen organischen Substanzen gemischt, welche bei der Wasserverdunstung aus den Wänden, die Zimmerluft verderbend, sich verbreiten. Ferner lässt es sich bestreiten, dass bei anderen Heizsystemen als Luftheizung, selbst bei viel geringerer Ventilation, die Wasserverdunstung aus den Mauern u. s. w. immer dem Bedürfniss in Bezug auf relative Feuchtigkeit der Zimmerluft entspricht. Dagegen haben wir die künstliche Wasserverdunstung in weiten Grenzen in unserer Gewalt und können sie nach dem Hygrometer reguliren.

Staebe hält Hygrometer-Beobachtungen für zu umständlich, als dass man sie in der Praxis anwenden würde.

Dieser Ausspruch zeigt, dass es nicht überflüssig ist, auf die Kritik der verschiedenen Hygrometer näher einzugehen. Umständlich und dazu unzuverlässig ist die Anwendung des Psychrometers, bestehend aus zwei übereinstimmenden Thermometern, deren eines in Folge der Befeuchtung seiner Quecksilberblase unter sonst gleichen Verhältnissen um so niedriger steht, je gröfser die relative Trockenheit der Luft ist. Umständlich ist der Gebrauch, weil es nothwendig ist, die Kugel oder Blase des einen Thermometers feucht zu erhalten, und weil

man nach sorgfältiger Ablesung der beiden Temperaturen eine Rechnung anstellen oder wenigstens die der Thermometerdifferenz entsprechende relative Feuchtigkeit in einer Tabelle suchen muss. Unzuverlässig ist das Instrument, weil die maafsgebliche Thermometerdifferenz mit der Geschwindigkeit der Luftbewegung wächst und die Koeffizienten nicht mit Sicherheit ermittelt sind, welche für jede Luftgeschwindigkeit gelten.

Die von den Meteorologen benutzten Tabellen geben die relative Feuchtigkeit an unter Voraussetzung eines mittleren Windes. Wendet man eine solche Tabelle oder die Rechnung mit mittleren Koeffizienten bei der ruhigen Zimmerluft an, so findet man die relative Feuchtigkeit daselbst unmittelbar um 10 oder mehr Prozent zu groß und kann nur dadurch ein annähernd richtiges Resultat erhalten, dass man einige Minuten lang die Luft in der Umgebung des Psychrometers durch Fächeln in mäfsige Bewegung bringt oder das Psychrometer in der Luft schwingen lässt, wodurch aber die Umständlichkeit der Anwendung noch erhöht wird.

Ich kann nicht umhin bei dieser Gelegenheit vor der unrichtigen Berechnungsweise zu warnen, welche aus der Deutschen Töpfer- und Zieglerzeitung Nr. 4, 5, 6, 1876 in die Zeitschrift für Bauhandwerker Nr. 5, 1877 übergegangen ist. Danach würde die Temperatur des Thermometers mit der feuchten Kugel als die Temperatur des der Luftfeuchtigkeit entsprechenden Thaupunktes angenommen werden können, und es ist danach z. B. die relative Feuchtigkeit, wenn das trockene Thermometer 15° und das feuchte 10° zeigt, zu 72 Prozent berechnet, während sie nach den genaueren Formeln und meteorologischen Tabellen bei mittlerer Luftbewegung nur ungefähr 49 Prozent sein würde, in Wirklichkeit aber kaum 40 Prozent ist, wenn die angegebene Thermometerdifferenz für die ruhige Luft des geschlossenen Raumes gilt.

Zuverlässiger als das Psychrometer ist das Daniell'sche Hygrometer, bei welchem der veränderliche Kondensations- oder Thaupunkt durch Aetherverdunstung ermittelt wird; am zuverlässigsten ist das auf demselben Prinzip beruhende aber vielfach verbesserte Hygrometer von Regnault. Allein diese Hygrometer eignen sich aus mehren, nahe liegenden Gründen — schon wegen der Aetherverdunstung — nicht für den Hausgebrauch.

Für diesen Zweck muss man die relative Feuchtigkeit unmittelbar ablesen können, also ein Prozent-Hygrometer haben.

Das Haar-Hygrometer, ursprünglich von Saussure konstruirt, welches darauf beruht, dass ein Menschenhaar sich in feuchter Luft verlängert, in trockener verkürzt, wird in neuerer Zeit mit verschiedenen Veränderungen als Prozent-Hygrometer ausgeführt.

Ziemlich bekannt ist das Klinkerfues'sche Prozent-Hygrometer, auch Bisilar-Hygrometer genannt, bei welchem die Längenverände-

rung eines Haarbüschels — an einem von mir geprüften aus sechs Haaren bestehend — eine geringe Drehung eines an zwei Fäden aufgehängten Messingplättchens und der Zeigerachse bewirkt. Ich habe die Angaben nicht in genügendem Grade zuverlässig gefunden, was leicht erklärlich ist.

Das Haar überhaupt eignet sich nicht besonders für Hygrometer, trotz seiner großen Empfindlichkeit. Seine Länge ändert sich durch mechanische Einwirkungen zu leicht; wegen der Reibungswiderstände im Mechanismus eines Haar-Hygrometers sind die einer Beobachtung voraus gegangenen Zustände von großem Einfluss. Auch scheint es, dass ein Haar bei raschem Trockenwerden unmittelbar nach der Befeuchtung sich mit größerer Kraft zusammen zieht, als wenn das Trocknen nur sehr langsam geschieht, und dass bei lang anhaltender Trockenheit des Haares eine Schlawheit desselben entsteht, bei erneutem Feuchtwerden aber die frühere Empfindlichkeit und nahezu frühere Länge wieder hergestellt wird. Deshalb ist die Skala veränderlich, wenigstens der Punkt 100 nicht konstant, und es ist nicht möglich, diesen Punkt so zu bestimmen, dass er auf lange Zeit richtig bleibt. Ferner wird es kaum möglich sein, sechs Haare so einzuklemmen, dass sie alle gleichmäßig gespannt sind; es werden einige stark, andere gar nicht gespannt sein. Die ersteren sind maßgebend für die Bestimmung der Skala und die richtige Einstellung des Zeigers. Nach einiger Zeit haben sich die gespannten Haare verlängert und es kommen einige andere an die Reihe, um mit jenen gespannt zu werden und zu funktionieren. Dabei müsste die Einstellung des Zeigers, vielleicht die ganze Skala, verändert werden, und da dies nicht geschieht, zeigt das Instrument falsch. Endlich ist es ein Misstand bei allen Haar-Hygrometern, dass in Folge des Reibungswiderstandes im Mechanismus der Zeiger nicht immer der Haarlänge entsprechend sich einstellt, sondern oft ruckweise seine Lage ändert und dass es deshalb nothwendig ist, bei Beobachtungen am Instrument zu klopfen, wobei aber der Zeiger leicht zu weit springt.

Interessante Verbesserungen des Haar-Hygrometers hat in neuester Zeit Dr. C. Koppe in Zürich angegeben. Sein Prozent-Hygrometer wird bei J. Goldschmidt & Comp. in Zürich angefertigt. Die Beschreibung des Instruments ist in der Zeitschrift „Die Eisenbahn“ vom 26. Oktober und 2. November 1877 veröffentlicht. Dieses Haar-Hygrometer ist mit einer Justirvorrichtung versehen, wodurch man sich jeden Augenblick überzeugen kann, ob der Zeiger richtig steht, und wodurch man die zufälligen Veränderungen leicht korrigiren kann. Das Hygrometer ist in einem Blechkästchen befestigt, welches vorn durch eine Glasscheibe, hinten durch eine Blechplatte geschlossen werden kann. Vor der Blechplatte ist ein mit dünnem Zeug überspanntes Rähmchen in einer Nuth eingeschoben.

Soll das Instrument zu einer Beobachtung benutzt werden, so wird

das Zeugrähmchen, die sogenannte Membrane, angenässt und eingeschoben. Die Luft im Kästchen sättigt sich dann in kurzer Zeit nahezu vollständig mit Feuchtigkeit, da die verdunstende Oberfläche verhältnissmäßig groß ist, und da sich das Haar seiner ganzen Länge nach in unmittelbarer Nähe der nassen Zeugwand befindet, sättigt es sich rasch mit Feuchtigkeit und der Zeiger stellt sich auf einen Punkt ein, welcher der vollkommenen Sättigung genau genug entspricht.

„Dieser Punkt sollte der Theilstrich für 100 Prozent sein; in Folge der Veränderungen des Instrumentes beim Transport etc. wird er es aber in vielen Fällen nicht sein. Man hat dann nur einen Uhrschlüssel durch das oben in der Glasscheibe befindliche Loch auf die Achse aufzusetzen, in welcher das obere Ende des Haares befestigt ist, und durch Drehen den Zeiger auf 100 zu führen. Um die Reibung der Axe leichter zu überwinden, ist es gut, etwas auf den Fuß des Hygrometers zu klopfen und neu einzustellen, wenn durch das Klopfen eine kleine Verrückung des Zeigers hervorgebracht wird. Dann ist das Instrument justirt und wird, nachdem man Schieber, Membrane und Glas entfernt hat, einige Minuten später den Feuchtigkeitsgrad des zu prüfenden Raumes richtig anzeigen.“

Ich habe mich durch viele Beobachtungen mit einem Koppe'schen Haar-Hygrometer überzeugt, dass die Angaben zwar nicht richtig sind, wenn es aus relativ trockener Luft in relativ feuchte gebracht wird, z. B. im Winter aus einem geheizten Zimmer vor das Fenster, wenn also der Zeiger sich in der Richtung von 0 gegen 100 bewegen muss, indem er in der Regel zu weit, sogar über 100 hinaus geht; dass aber die relative Feuchtigkeit schnell und richtig angezeigt wird, wenn die Zeigerbewegung in der Richtung von 100 gegen 0 stattfindet und die Justirung vorher nach Koppe's Vorschrift vorgenommen worden ist.

Bei solcher Behandlung scheint mir das Instrument Empfehlung für meteorologische und andere Zwecke zu verdienen, in jedem Falle mehr als die anderen bekannten Haar-Hygrometer.

Allein für den augenblicklichen Gebrauch bei Ventilations-Einrichtungen ist die Behandlung immer noch zu umständlich und in dieser Beziehung wird mein bekanntes Prozent-Hygrometer, dessen wesentlicher Bestandtheil ein bei zunehmender Trockenheit sich stärker krümmender Strohfaden ist, den Vorzug behalten. Die Theorie dieses Hygrometers ist veröffentlicht in Carl's Repertorium der Experimentalphysik Bd. 9 und in der Zeitschrift des bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins 1872 Heft 5 und 6.

Seit vielen Jahren mache ich Hygrometer-Beobachtungen und habe in gut geheizten und ventilirten Zimmern die relative Feuchtigkeit zwischen 40 und 60 Prozent immer angenehm gefunden, geringere oder größere Feuchtigkeit dagegen unangenehm. Doch mag dies individuell verschieden sein. Andere Personen glaubten in demselben Zimmer bei

etwa 45 Prozent das Bedürfniss nach Befeuchtung und erst bei 70 Prozent eine Belästigung durch zu grofse Feuchtigkeit zu empfinden.

Ich habe die relative Feuchtigkeit zwischen 40 und 60 Prozent als die normale bezeichnet und erachte es für zweckmäfsig, dass man daran festhalte, um so mehr, je weniger kontinuierlich geheizt wird. Wenn, wie fast überall üblich, die Heizung nächtlich unterbrochen wird oder gar, wie in Schulen, zuweilen mehre Tage ausgesetzt ist, da würde eine relative Feuchtigkeit von 70 Prozent während der Heizung eine so grofse relative Feuchtigkeit bei der Abkühlung im Gefolge haben, dass die Zersetzung von Exhalationsstoffen, welche ohne Zweifel selbst bei gutem Luftwechsel an den Wänden u. s. w. haften, in hohem Grade begünstigt wird, ebenso das Anhaften solcher Substanzen an den kalten feuchten Wänden bei der Wiederbenutzung des Raumes. Mit Rücksicht hierauf ist es gewiss rathsam, die Luft eher etwas trocken zu halten, als zu feucht. Bei guter, namentlich kontinuierlicher Heizung und ausgiebiger Ventilation kommt die relative Feuchtigkeit zuweilen, besonders in der zweiten Hälfte des Winters und bei östlichen Winden, in den Zimmern unter 40 Prozent hinab. Dann ist es zweckmäfsig, die Luft zu befeuchten.

Dass ich in meinen „Prinzipien der Luftheizung“ (1860) den Rath gegeben habe, auf künstliche Luftbefeuchtung ganz zu verzichten, geschah aus dem Grunde, weil damals die Furcht vor der Austrocknung so verbreitet war, dass man bei Luftheizungen die Luft gar nicht genug befeuchten zu können wähnte und dadurch mancherlei Uebel herbeiführte. Hat doch damals eine der ersten Firmen in einer Broschüre ihre „Heizung mit feuchter Luft“ als eine zeitgemäfs angepriesen. Entschieden besser ist es, die Luft gar nicht zu befeuchten, als im Uebermaafse.

Die Luftbefeuchtungs-Vorrichtungen können sehr verschiedenartig sein.

Die meisten Apparate bezwecken die Befeuchtung der Ventilationsluft bei oder sofort nach ihrer Erwärmung, also z. B. mittels Wassers, welches in der Heizkammer in flachen Gefäfsen angebracht ist, wobei es zweckdienlich sein kann, das zu verdampfende Wasser mittels einer kleinen Wasser-Heizung, die aufserhalb der Heizkammer durch eine kleine Extrafeuerung, etwa nur durch eine Gasflamme, unabhängig von der Heizung des Kalorifers betrieben wird, vorzuwärmen (Kelling). Da die Verdunstungsmenge von der Wärme des Verdunstungswassers abhängig ist, eignet sich ein solcher Apparat für die Erzeugung einer vermehrten Luftfeuchtigkeit in der Heizkammer, sowie in gewissem Grade für die Regulirung derselben.

Besonders reichliche Luftbefeuchtung mit Regulirung kann erzielt werden, wenn man den Dampf, welcher in einem kleinen Dampfkessel

mit Separatfeuerung neben der Heizkammer erzeugt wird, in diese einführt (Reinhardt).

Alle diese Befeuchtungsarten sind unter Voraussetzung geeigneter Detailausführung zur Erreichung guter Mischung und zur Vermeidung der Folgen von Inkrustationen der Wandflächen und bei richtiger Behandlung überall da zweckdienlich, wo die befeuchtete Luft nur einem einzigen Raume oder einigen Räumen von gleichen Benutzungs- und Abkühlungs-Verhältnissen zuzuführen ist. Außerdem kommt es leicht vor, dass dabei die Luft des einen oder anderen Raumes zu feucht wird.

Prinzipiell verdienen ohne Zweifel solche Apparate den Vorzug, welche in jedem Raume die Luftbefeuchtung unabhängig von der Heizung erreichen lassen. Dies kann man in der That erreichen, wenn man in beliebigen Gefäßen mittels Gas oder Weingeist nach Bedürfniss Wasser verdampft, noch besser, wenn man nach dem Prinzip des medizinischen Inhalations-Apparates den Dampfstrahl zur Zerstäubung von Wasser benutzt.

In neuester Zeit wird von Rietschel und Henneberg ein Wasserverdampfungs-Apparat in Anwendung gebracht, der aus einem kleinen kupfernen Kessel besteht, worin durch Gasheizung Dämpfe von etwa $\frac{1}{4}$ Atmosphäre Spannung erzeugt werden, die in dem Raume alsbald zerstäuben. Solche Luftbefeuchtung wirkt rasch; allein es wird leicht eine momentan zu große Befeuchtung herbeigeführt, nach welcher bei ausgiebiger Ventilation alsbald wieder zu große Trockenheit folgen kann. Das Einhalten des richtigen Maafses ist mit Umständlichkeiten verknüpft.

Ein vor der Einmündung der warmen Ventilationsluft angebrachtes flaches Wassergefäß mit einem kleinen Springbrunnen leistet gute Dienste.

Am einfachsten kann in vielen Fällen der Zweck erreicht werden durch die von mir konstruirten Luftbefeuchtungs-Apparate, und zwar bei Ventilations-Zimmer-Oefen durch die „Luftbefeuchtungs-Rosette“, bei Einführung der warmen Ventilationsluft an Wandöffnungen mittels des „Luftbefeuchtungs-Rädchens“.

Von einer Beschreibung dieser Apparate kann hier Umgang genommen werden, da sie durch die Kasseler Ausstellung und die Berichte über diese, sowie durch andere Abhandlungen (Zeitschrift des bayer. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1876 Heft 4; Deutsche Bauzeitung 1876 Nr. 53; Broschüren des Eisenwerks Kaiserslautern) bekannt geworden sind. Die Wirkung beider Apparate ist zwar mit der Heizung und Ventilation variabel; allein von der Heizung und Ventilation ist auch das Bedürfniss der Luftbefeuchtung abhängig. Bei großer Kälte und geringem Wassergehalte der Außenluft, wie bei Nordostwind, desgleichen bei starkem Luftwechsel, ist das Bedürfniss der Luftbefeuchtung verhältnissmäßig groß, aber die Trockenheit der Außenluft und die durch

die Aussenkälte bedingte stärkere Heizung, wie auch die raschere Luftzuführung veranlassen auch stärkere Verdunstung.

Es mag hier auf einen bereits bei anderen Gelegenheiten erwähnten, aber wenig beachteten Umstand aufmerksam gemacht werden, dass nämlich ein Luftbefeuchtungs-Rädchen in einer grossen Lufteinströmungs-Oeffnung nicht viel mehr Wasser zur Verdampfung bringt, als in einer kleinen Oeffnung, während doch das Bedürfniss der Luftbefeuchtung unter sonst gleichen Umständen im Verhältniss der Luftzuführung steht. Bei einer sehr grossen Oeffnung, namentlich wenn der Zuführungskanal nicht bedeutend weiter ist als diese, kommt es sogar vor, dass die warme Ventilationsluft mit entsprechender Geschwindigkeit nur durch den oberen Theil der Oeffnung ausströmt und das im unteren Theil schwimmende Rädchen kaum in Bewegung setzt.

Man soll deshalb, wo man die Anwendung von Luftbefeuchtungs-Rädchen beabsichtigt, die Kanäle reichlich weit machen und bei grossen Räumen entweder mehre Einströmungsöffnungen von höchstens 1000 \square cm anbringen, oder eine grosse Oeffnung in kleinere von diesem oder von geringerem Querschnitt theilen, so dass man z. B., wenn die Warmluftmündung 3600 \square cm gross sein müsste, diese in vier besonderen Mündungen oder in vier horizontal neben einander liegenden Abtheilungen von je 900 \square cm ausführt. Dies macht im Anschluss an einen Kanal von nahezu quadratischem Querschnitt einige Schwierigkeiten, welche jedoch nicht unüberwindlich sind.

Der neueste und zwar patentirte Apparat für getrennte Befeuchtung der Heizluft für die einzelnen Zimmer bei Zentral-Luftheizung ist der von Fischer und Stiehl (Deutsche Bauzeitung 1878 Nr. 7), bestehend aus einer grossen Anzahl flacher, staffelförmig in der Warmluft-Mündung oder im Kanal unterhalb derselben über einander gestellter Gefässe.

Es ist einleuchtend, dass durch diesen Apparat eine sehr ausgiebige Luftbefeuchtung erreicht werden kann; ja ich fürchte, dass durch denselben die Zimmerluft in der Regel allzuviel befeuchtet wird.

Das Maass der Füllung darf nicht geradezu nach dem Feuchtigkeitsgehalte der Aussenluft bestimmt werden, auch nicht danach mit Berücksichtigung der durch Respiration, Perspiration und Abendbeleuchtung erzeugten Dampfmenge; denn es wirken noch andere Umstände auf die hygrometrische Beschaffenheit der Zimmerluft ein. In meinem eigenen, im Jahre 1871 erbauten, mit kontinuierlicher, vollkommen entsprechender Ventilations-Luftheizung versehenen Hause würden nach der üblichen Rechnungsweise den ganzen Winter hindurch grosse Wassermengen zu verdampfen sein, während doch in der That nach den genauesten Hygrometer-Beobachtungen nur zuweilen, nämlich wenn die Temperatur der Aussenluft bei trocken-kaltem Winde bedeutend unter die mittlere Wintertemperatur sinkt, künstliche Befeuchtung nothwendig wird, wobei die Leistung eines Luftbefeuchtungs-Rädchens in jedem Zimmer voll-

kommen genügt. Dieses scheinbar von der Theorie abweichende Erfahrungsresultat erklärt sich aus folgenden Umständen:

Alle hygroskopischen Umgrenzungskörper unserer Zimmer nehmen viel Feuchtigkeit auf, wenn die relative Luftfeuchtigkeit wächst, und geben sie bei zunehmender Lufttrockenheit wieder ab; sie bilden große Reservoirs der Feuchtigkeit und zugleich in gewissem Grade Regulatoren des hygrometrischen Zustandes der Zimmerluft. Dieses kommt aus nahe liegenden Gründen mehr bei kleinen als bei großen Räumen zur Geltung, mehr also in Wohnzimmern als in großen Sälen.

Ferner findet durch die Fugen der Fenster und Thüren und durch andere zufällige Oeffnungen eine Diffusion des Wasserdampfes statt, sowie in den hygroskopischen Baumaterialien eine Transmission der Feuchtigkeit.

Da die relative Feuchtigkeit der kalten Außenluft im Winter gewöhnlich größer ist als die der warmen Zimmerluft, so erfolgt vorwiegend Diffusion und Transmission der Feuchtigkeit von außen nach innen. Ähnliches gilt auch für die Heizkammer-Luft in Rücksicht auf die feuchten Kellerräume und Fundamentmauern, sowie für die Luftkanäle, wenn solche nicht aus glasiertem oder für die Feuchtigkeit undurchdringlichem Material bestehen.

Daraus ist der weitere Schluss zu ziehen, dass die Berechnung und Konstruktion einer selbstthätigen, kontinuierlich richtig wirkenden Luftbefeuchtungs-Vorrichtung überhaupt nicht möglich ist; dass es ferner sehr unrationell ist, vorzuschreiben, wie viel Wasser täglich verdampft werden soll, selbst wenn das Wasserquantum nach der Außentemperatur variabel angegeben wird; dass es vielmehr nothwendig ist, nach täglichen Beobachtungen mit zuverlässigen Prozent-Hygrometern die Wasserverdampfung wirken zu lassen oder auszusetzen, überhaupt zu reguliren. Dieses wäre ein bedenklicher Umstand, wenn besondere Mühe und Aufmerksamkeit dazu erforderlich wäre. Aber glücklicher Weise ist genaue Regulirung nicht nöthig, da in dem zulässigen Feuchtigkeitsverhältniss, 40 bis 60 oder 70 Prozent der Sättigung, ein ziemlich großer Spielraum gegeben ist.

Erklärung und Kritik der verschiedenen Ventilations-Systeme.

§. 8.

Allgemeines.

Man pflegt zwei Hauptsysteme der Ventilation zu unterscheiden, das Pulsions- oder Insufflations-System und das Aspirations- oder Suktions-System, und unter dem Pulsions-System nur die Ventilation durch Druck-Ventilatoren zu verstehen, unter dem Aspirations-System die Ventilation mittels Saug-Ventilatoren, auch mittels besonders

geheizter Abführungs-Kamine, die deshalb auch Aspirations-Schornsteine und Zug-Kamine genannt werden.

Aspiration wird in der Regel als gleichbedeutend mit Saugen aufgefasst. Allein Ansaugung oder Absaugung der Luft kann nur durch einen Saug-Ventilator oder durch die saugende Wirkung des Windes veranlasst werden, niemals durch Temperatur-Differenz.

Auch bei den durch Wirkung von Temperatur-Differenzen hervorgerufenen Luftbewegungen von einem Ansaugen oder Absaugen, einem Appell oder Anlocken zu sprechen, ist fast überall üblich, und leider wird noch in neuesten Schriften und sonst vorzüglichen Werken diese irrige Anschauung genährt.

Manche wollen dies damit rechtfertigen, dass die Erscheinung der Luftbewegung die gleiche sei, möge nun ein saugender Ventilator oder eine leichte warme Luftsäule die Bewegungsursache sein. Aber diese Erscheinungen sind in Bezug auf Richtung und Intensität oft sehr verschieden, wie ich bereits in meinen „Prinzipien der Ventilation“ und an anderen Orten dargethan habe, weshalb man einen Unterschied machen muss zwischen absoluter und relativer Luftverdünnung.

Aspiration muss keineswegs mit Ansaugen übersetzt werden; es heißt vielmehr zunächst Anhauchung, Zuwehung, wobei also mehr die Vorstellung des Blasens begründet ist als die des Saugens. Doch findet sich auch Aspiration im Gegensatz zu Expiration gebraucht, wonach für Aspiration der Begriff des Ansaugens gerechtfertigt wäre. Die mögliche Zweideutigkeit mag Veranlassung gewesen sein, dass von einigen Gelehrten anstatt Aspiration gesagt wird Suktion, was unzweifelhaft mit Saugen identisch ist.

Zuführung der Außenluft und Abführung der Innenluft kann bekanntlich bewerkstelligt werden entweder durch Temperatur-Differenzen oder durch natürlichen Wind, beziehungsweise durch relative Luftbewegung, oder durch Maschinen.

Man wird über die verschiedenen Arten der Ventilation den besten Ueberblick erhalten, wenn man dieselben wie folgt eintheilt:

- | | | |
|---|---|--|
| I. Einführung der Außenluft | } | durch Temperatur-Differenz. |
| II. Abführung der Innenluft | | |
| III. Gleichzeitige Einführung und Abführung | | |
| IV. Eintreibung der Außenluft | } | durch natürlichen Wind (oder relative Luftbewegung). |
| V. Absaugung der Innenluft | | |
| VI. Gleichzeitige Eintreibung und Absaugung | | |
| VII. Eintreibung der Außenluft | } | durch Ventilations-Maschinen. |
| VIII. Absaugung der Innenluft | | |
| IX. Gleichzeitige Eintreibung und Absaugung | | |

Bei VII und VIII sind gewöhnlich besondere Kanäle für Abführung bezw. Zuführung vorhanden und es wirken unter Umständen bei VII, VIII und IX Temperatur-Differenzen günstig mit.

X. Ausserdem kommen noch verschiedenartig kombinierte Einrichtungen vor und es können bei einer Ventilations-Einrichtung sogar alle die genannten Bewegungs-Ursachen abwechselnd oder gleichzeitig benutzt werden.

§ 9.

Lage der Zufluss- und Abfluss-Oeffnungen.

Für die Lage der Zufluss- und Abfluss-Oeffnungen in vertikaler und horizontaler Beziehung kann man gewisse Regeln aufstellen, welche zum Theil allgemeine Geltung haben, nach welchem System auch die Zuführung und Abführung der Luft bewerkstelligt werden mag. Deshalb soll vorerst von den Zufluss- und Abfluss-Oeffnungen dasjenige, was für alle Systeme gilt, allgemein besprochen werden.

Für den Zufluss wie für den Abfluss kann man entweder nur einzelne entsprechend grosse Oeffnungen anbringen oder sehr viele über grosse Flächen vertheilte kleine Oeffnungen. Letzteres ist das Wesentliche bei der sogenannten Scharrath'schen Poren-Ventilation.

Wird reine warme Luft einem kälteren Raume in vollem Strome zugeführt, so darf dies in irgend einer Höhe geschehen, weil die spezifisch leichtere warme Luft von der sie umgebenden doch rasch an die Decke gehoben wird. Für die schnellere Erwärmung des Raumes und die bessere Mischung der Luftmassen ist immerhin tiefe Lage der Einströmungs-Oeffnungen günstiger. Am meisten maassgebend für die Höhe der Einführung sind die Benutzungs-Verhältnisse des Raumes, da ein in der Nähe des Bodens eingeführter Luftstrom belästigend werden kann. In der Regel finden die Einströmungs-Oeffnungen der warmen Luft die besten Stellen etwas über Kopfhöhe.

Wird die warme Luft vielfach vertheilt durch kleine Oeffnungen eingeführt und ist die Querschnitts-Summe dieser Oeffnungen bedeutend grösser als der Querschnitt des Zufluss-Kanals, folglich die Geschwindigkeit der einfließenden Luft sehr gering, so geschieht die Einführung am zweckmässigsten unten, und zwar entweder im Fußboden selbst oder an den Wänden in der Nähe des Fußbodens. Prinzipiell ist die vertheilte Einführung im Fußboden sehr zu empfehlen.

Für die Abfluss-Oeffnungen ist die vielfache Vertheilung zwar auch zweckmässig; ob aber diese Oeffnungen oben oder unten anzubringen sind, ist nicht durch diese Abführungsweise, sondern durch andere Umstände bedingt, namentlich durch die Art der Heizung und Benutzung des Raumes, auch durch die Zuführungsweise der warmen Luft.

Wo in Folge der Einführungsweise die reine warme Luft sich zunächst unter der Decke ausbreitet, da würde es dem Zwecke der Heizung und Ventilation widerstreiten, die wärmste und reinste Luft des

Raumes an der Decke entweichen zu lassen. Die Abführung soll dann am Fußboden stattfinden.

Dieser vielfach bewährten Einrichtung wollen manche den Vorwurf machen, dass sie die Respirations-Produkte wieder in das Niveau der Athmungs-Organen herabführe. Wenn auch der Diffusion kein so großer Einfluss beizulegen ist, wie von anderen Seiten angenommen wird, so ist doch zu beachten, dass die mechanischen Einwirkungen auf Luftmischung sehr bedeutend sind und überdies eine so ausgiebige Ventilation vorausgesetzt werden muss, dass durch Vermischung der Respirations-Produkte mit der reinen Luft diese nicht zu einer merklich unreinen oder irgendwie Nachtheil bringenden werden kann.

Anders ist es, wenn die Luft durch die Wärme-Produktion der anwesenden Personen und etwa noch durch Beleuchtungsflammen so stark erwärmt wird, dass die Ventilationsluft mit geringerer Temperatur, sogar im Winter mit der Temperatur der Außenluft, eingeführt werden muss, wie z. B. in einem überfüllten Tanzsaale. Da ist die wärmste Luft auch die schlechteste, muss also an der Decke abgeführt werden. Die Zuführung der reinen kalten Luft kann hierbei wieder in beliebiger Höhe geschehen; zweckmäßig ist die Einführung an einigen Stellen mittels kurzer oder längerer, im Raume vertikal aufwärts gerichteter Röhren, wobei sich die einfließende kältere Luft in den oberen Schichten mit warmer Luft mischt und ohne zu belästigen herab sinkt.

Bei vielfacher Vertheilung der einfließenden Luft am Fußboden soll der Abfluss an der Decke stattfinden, mag die einfließende Luft wärmer oder kälter als die des Raumes sein. Hierbei besteht der Luftwechsel, namentlich bei Zuführung kälterer Luft, mehr in einem fortwährenden Verdrängen und Ersetzen der bereits verunreinigten Luftmassen durch bessere Luft, als in einer Vermischung; deshalb ist diese Ventilationsweise eine vorzügliche und verlangt verhältnissmäßig wenig Luftzufuhr.

Nicht der gleiche Vorzug ist der vielfach vertheilten Einführung kalter Luft an der Decke einzuräumen; denn in diesem Falle wirkt die durch die Körperwärme u. s. w. veranlasste Temperatur-Erhöhung im entgegengesetzten Sinne, der regelmässigen Strömung entgegen. Die Mischung der Luftmassen wird hierbei eine so innige, dass es ziemlich gleichgültig ist, in welcher Höhe man die Luft abführt.

Wird aber die reine kalte Luft dem warmen Raume in vollem Strome zugeführt, und zwar an der Decke in vertikaler Richtung herab, so gelangt diese kalte Luft rasch an den Fußboden; durch Abfluss-Oeffnungen daselbst würde die reinste Luft abgeführt, diese müssen sich also an der Decke oder doch in bedeutender Höhe über dem Fußboden befinden.

Da die heftige vertikal abwärts gerichtete Strömung leicht belästigt, bringt man unter den Zufluss-Oeffnungen schüsselförmige Rosetten an,

welche den kalten Luftstrom nach allen Seiten hin nahezu horizontal unter der Decke abweisen und vertheilen, auch das etwa eindringende Regenwasser auffangen.

Bei solcher Einführung und Vertheilung der kalten Außenluft ist die Abführung der wärmeren Innenluft ebenfalls an der Decke in gehöriger Entfernung von der Zufluss-Oeffnung zweckdienlich, nicht minder auch am Fußboden oder in irgend einer Höhe, weil das Luftgemisch an allen diesen Stellen ziemlich gleich beschaffen ist.

Wo dagegen die kalte Luft in den abzukühlenden Raum in irgend einer Weise so eingeführt wird, dass sie sich zunächst am Fußboden ausbreitet und erst allmählich in Folge der Erwärmung in die Höhe gelangt, dabei zugleich durch Produkte der Respiration, Perspiration und Beleuchtung verunreinigt wird, da ist offenbar die Abführung an der Decke das Richtige, wie auch bei der schon erwähnten vielfach vertheilten Einführung am Fußboden.

Man sieht, dass die oft versuchte allgemeine Beantwortung der Frage, in welcher Höhe die Luft zugeführt und abgeführt werden soll, nicht möglich ist, dass vielmehr jeder besondere Fall eine Erwägung der obwaltenden Verhältnisse verlangt, und dass namentlich die Höhenlage der Abfluss-Oeffnungen keineswegs nebensächlich ist.

In einem und demselben Raume ändern sich die Umstände häufig so, dass der Abfluss in dieser Stunde am Boden, in der nächsten an der Decke stattfinden soll. Es ist also in vielen Fällen geboten, am Fußboden sowohl wie an der Decke Abfluss-Oeffnungen anzubringen, die nach Bedürfniss benutzt werden.

Außer der Höhenlage der Zufluss- und Abfluss-Oeffnungen ist auch deren gegenseitige Entfernung in horizontaler Richtung von Wichtigkeit. Sonderbarer Weise wird immer behauptet, die Ventilation sei am besten, wenn diese Oeffnungen möglichst weit von einander entfernt seien, und es wird deshalb verlangt, die Abfluss-Oeffnungen sollen den Zufluss-Oeffnungen wo möglich diagonal oder diametral gegenüber liegen.

Diese Lage ist aber in der Regel keineswegs die günstigste. Es möge der Fall angenommen werden, dass die warme Ventilationsluft als voller Strom in einer Höhe von etwa 2^m in einen kälteren Raum einströmt. Der warme Strom erhebt sich in einem Parabel-Bogen gegen die Decke, fließt unter derselben sich abkühlend hin, wird dann durch die nachfließenden noch wärmeren Luftmassen zum Theil in nahezu horizontalen Schichten abwärts gedrückt, fließt aber großen Theils an den kalten Wänden, namentlich an derjenigen kalten Wand, welche der Zufluss-Oeffnung gegenüber liegt, direkt gegen den Boden herab. Liegt nun an dieser Wand die Abfluss-Oeffnung, so wird offenbar eine bedeutende Menge der Ventilationsluft in sehr reinem Zustande wieder abgeführt; liegt aber die Abfluss-Oeffnung am Fußboden gerade unter der Zufluss-Oeffnung, so muss jene Luft erst noch über den Fußboden

fließen, also einen fast vollständigen Kreislauf machen und wird in möglicher Weise ausgenutzt, bevor sie zum Abfließen gelangt.

In diesem Falle ist es demnach sehr zweckmäßig, dass die beiden Oeffnungen in einer Vertikalen liegen, und es ist dies auch in Bezug auf die Warmhaltung der Abflusskanäle die zweckmäßigste Lage.

Im Wesentlichen dasselbe gilt auch, wenn die eingeführte warme Luft durch ein Vorblech, eine nicht durchbrochene Auszieh-Rosette und dergl. gehindert ist, horizontal einzuströmen und an der Wand sich ausbreitend gegen die Decke gelangt.

Anders aber stellt sich die Betrachtung, wenn in einen abzukühlenden Raum die reine kalte Luft an einer Außenmauer eingeführt wird. Da befinden sich die Abflussöffnungen zweckmäßig an der gegenüber liegenden Mittelmauer.

Auch in Rücksicht auf die Grundriss-Anlage verlangen also verschiedene Fälle wieder verschiedene Einrichtungen.

Es soll nun auf die oben zusammengestellten Ventilations-Systeme speziell eingegangen werden, wobei für die Beurtheilung sowie für die Einreihung von Beispielen die hauptsächlich künstlichen Einrichtungen maßgebend sind, wenn auch neben den durch diese Einrichtungen bezweckten Vorgängen wirksame Luftströmungen durch die zufälligen Oeffnungen und als untergeordnet zu betrachtende Kanäle stattfinden.

§ 10.

I. Einführung der Außenluft durch Temperatur-Differenz.

Dieses System ist überall vertreten, wo die frische Luft im Horizont des zu ventilirenden Raumes oder in einem tieferen erwärmt und dann in den zu ventilirenden Raum eingeführt wird, aber Abflussöffnungen außer den zufälligen nicht bestehen.

Man findet solche Einrichtungen bei Mantel- und Röhren-Oefen (Ventilationsöfen), bei eigentlichen Luftheizungen und in Verbindung mit Wasser- und Dampfheizung. Diese einseitige, mit der Heizung verbundene Ventilationsart ist nicht zu empfehlen. Denn wo man auch die reine warme Luft einführen mag, am Fußboden oder in mittlerer Zimmerhöhe oder in der Nähe der Decke, immer sammelt sich bei der üblichen Zuführung in vollen Strömen die reinste wärmste Luft in den oberen Schichten und es muss ein der eingeführten Luftmenge gleiches Volumen beständig durch die zufälligen Oeffnungen der Mauern und Fenster, namentlich in der oberen Zimmerhälfte, entweichen, ohne genügend ausgenutzt zu sein, während in den unteren Zimmerschichten die Luft verhältnissmäßig schlecht und kalt bleibt.

Nur wenn die warme Luft sehr vielfach vertheilt an der Bodenfläche eingeführt wird, was übrigens bei unseren Wohnräumen in konstruktiver Hinsicht auf mancherlei Hindernisse stößt, ist eine ziemlich

gleichmäßige Luftbeschaffenheit zu erreichen. Allein der Effekt, die Ventilations-Größe, ist immer zu sehr abhängig von der Beschaffenheit und Summe der zufälligen Oeffnungen, die man ja in der Regel möglichst zu vermindern und zu dichten strebt, also überhaupt von Zufälligkeiten, von denen man sich unabhängig machen soll.

Hierher gehört auch die von der Heizung unabhängige Ventilationsart, welche sonderbarer Weise als eine neue Erfindung des Engländers Tobin proklamirt wird und darin besteht, die kalte Außenluft unmittelbar durch die Außenmauern und im Fußboden des zu ventilirenden Raumes mittels Kanäle einzuführen, die auf einige Höhe im Zimmer vertikal fortgesetzt sind, oder auch hinter Scheidewänden an Schiebefenstern, so dass die reine kalte Luft im warmen Raume in Folge der natürlichen Pulsion und der Inertie gegen die Zimmerdecke getrieben wird und sich bei ihrem Herabsinken mit der wärmeren Zimmerluft mischt. (Vgl. Stummer's Ingenieur 1875 Mai, S. 253; Deutsche illustrierte Gewerbe-Zeitung 1875, S. 276; Zeitschrift des Archit.- und Ingen.-Vereins zu Hannover 1875, S. 528 und 1877, S. 102.)

Ich halte dieses System für die Sommer-Ventilation und unter ähnlichen Umständen, also wo eine mit der Ventilation stattfindende Abkühlung zulässig oder sogar erwünscht ist, bei entsprechendem Luftabfluss wohl geeignet, nicht aber für die eigentliche Winter-Ventilation; habe es auch vor ungefähr 20 Jahren, wie aus einer Veröffentlichung in der „Zeitschrift für Bauhandwerker“ (1862) ersehen werden kann, im Saale der Klub-Gesellschaft in Holzminden mit bestem Erfolge zur Anwendung gebracht, jedoch mit einigen Zugaben, welche sicher zweckmäßig sind.

In beiden Ecken an den Außenmauern des Saales wurden auf ungefähr 3^m Höhe dreieckig prismatische Holzröhren angebracht, mit Schiebern am Fußboden, einfach aufgelegtem Deckel an der oberen Mündung und vertikalen Gitteröffnungen unter dem Deckel.

Bei offenem Deckel hatte man das Tobin'sche System; doch hat sich die Ausströmung in mehr horizontaler Richtung durch die Gitter bei geschlossenem Deckel wirksamer gezeigt. War die Außenluft nicht sehr kalt, so wurde sie unmittelbar am Boden eingelassen.

Es war aber auch durch Oeffnungen unter der Decke an der gegenüber liegenden Scheidewand für den guten Abfluss der schlechten Luft nach dem Dachraum gesorgt, wonach dieses Beispiel unter System III zu registriren wäre.

Anstatt der einfachen Röhren für die vertikale Emporleitung der kalten Luft hat man jetzt reicher ausgebildete Apparate in Form von Säulenöfen u. dgl. Wurden auch mit dem sogenannten Tobin'schen System an einigen Orten überraschend günstige Resultate erzielt, was daraus abzunehmen sein dürfte, dass Tobin für einige solche Einrichtungen in Leeds vom Magistrate dieser Stadt ein Honorar von 5000 Mark

erhalten hat, so war man doch im Borneanum zu Leipzig gezwungen, diese Ventilation außer Thätigkeit zu setzen, um nicht zu frieren. (Vgl. Reclam, Gesundheit 2. Jahrg. 1877, Nr. 11). Solche Ergebnisse erklären sich leicht aus den jeweiligen Temperaturverhältnissen.

§ 11.

II. Abführung der Innenluft durch Temperatur-Differenz.

Einrichtungen dieser Art sind höchst einfach herzustellen, werden deshalb auch am häufigsten angewendet und sind in der That oft genügend oder doch zweckmäÙig. Wenn in einem Zimmer die verdorbene Luft zugleich die wärmste ist, liegt es nahe, diese warme schlechte Luft möglichst direkt in einer vertikalen Röhre ins Freie empor zu leiten. Man pflegt da zu sagen: „Die warme Luft steigt in der Röhre empor und saugt die Zimmerluft an, und zum Ersatz der abgesaugten Luft oder zur Ausfüllung des entstandenen leeren Raumes fließt kalte Luft durch Thür- und Fensterfugen ein.“

Das ist unrichtig, und es sollten sich wenigstens Gelehrte und Techniker bemühen, solche Vorgänge richtig aufzufassen und richtig zu erklären.

Das Emporsteigen der relativ verdünnten warmen Luft ist keine eigenthümliche Eigenschaft dieser; sie wird emporgehoben, und zwar im kälteren Medium unmittelbar durch den Auftrieb, in einer warmen Röhre oder einem warmen Raume aber nach den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung von Flüssigkeiten von ungleichem spezifischen Gewicht in kommunizirenden GefäÙen, also deshalb, weil die warme Luft an dem unteren Verbindungstheil der vorhandenen oder zu denkenden kommunizirenden Röhren wegen ihres geringeren spezifischen Gewichts gegen die kältere Luft hin weniger drückt, als jene gegen sie. Dieser Ueberdruck ist das Ursächliche; das Einfließen der kalten Luft durch Fensterfugen und Mauerporen und das Ausfließen der warmen Luft durch die Röhre sind gleichzeitige Wirkungen dieses Ueberdrucks, weder das Eine noch das Andere ist primär oder sekundär, wie es dagegen bei verschiedenen Wirkungen der absoluten Luftverdünnung der Fall wäre. Dort wird Luft angesaugt und abgesaugt; hier aber, bei der relativen Luftverdünnung, wird nur gedrückt und der Druck fortgepflanzt. Danach ist die Bezeichnung natürliche Pulsion sowohl für Abführung als für Zuführung der Luft durch Temperatur-Differenz vollkommen gerechtfertigt. Doch möchte diese Bezeichnung in manchen Fällen nicht zur Klarheit beitragen, weil auch die Luftzuführung durch Windpressung natürliche Pulsion ist.

Wo die zufälligen Oeffnungen genügen, um das erforderliche Luftquantum einzulassen, was zuweilen der Fall ist, und wo wegen günstiger Lage und Benutzungsweise der Lokalitäten der sogenannte Zug, die Einströmung kalter Luft durch Thüren- und Fensterfugen, auch beim

Oeffnen der Thüren der vermehrte Zufluss der Luft anstossender Räume kein Uebelstand ist, kann dieses einfache Ventilationsystem empfohlen werden. Jedenfalls erfolgt eine gute Vertheilung und Ausnutzung der reinen und eine gute, wenn auch nicht immer ganz entsprechende Abführung der zu warmen und schlechten Luft.

Aus diesen Gründen, sowie wegen der einfachen und billigen Anlage, auch der schnell zu erreichenden grösseren Wirksamkeit durch Anzünden einiger Gasflammen in den Abfluss-Schächten ist diese Ventilationsweise der alleinigen Einführung der Aussenluft durch Temperatur-Differenz unter den meisten Verhältnissen vorzuziehen. Es ist dieses das Ventilationsystem vieler Restaurationslokale, doch sind die Querschnitte der Abzugsröhren in der Regel viel zu gering, wie bereits im Staebeschen Text erwähnt.

Es mag hier auf die sehr nützlichen Sonnenbrenner aufmerksam gemacht werden. Sie bestehen aus vielen vertikal abwärts gestellten engen Gasröhren in Verbindung mit horizontal angebrachten Fischschwanz-Brennern u. dgl., wodurch Büschel von kleinen Gasflammen gebildet werden. Eine metallene Glocke von der Form eines abgestutzten Konus oder einer Kugelkalotte über dem Flammenbüschel, innen mit Kreide oder Bleiweiss überzogen, bildet einen Reflektor und schliesst sich oben mit einer Oeffnung an eine vertikale Röhre an, welche die Verbrennungs-Produkte abführt. Um die übrige verdorbene Luft abzuführen, wird diese Röhre mit einer zweiten weiteren umgeben, in welcher oberhalb des Raumes die erstere endigt. Die weitere Röhre wird ins Freie oder in einen Schornstein u. dgl. geführt.

Sehr intensive und dabei gleichmässige, das Auge nicht belästigende Erhellung ohne den Nachtheil der sonst so unangenehmen Erwärmung durch Gasflammen, dabei ausgiebige Ventilation, das sind die Leistungen dieses verhältnissmässig einfachen Apparates, welcher demnach für grosse Restaurationslokale, Abends benutzte Hörsäle u. dgl. sehr geeignet ist.

Für Schlafzimmer ist die einfachste Anwendung des Systems der Abführung der Innenluft an der Decke durch Temperatur-Differenz zu empfehlen, namentlich wo ein Küchenschornstein von gehöriger Weite benutzt werden kann. Ausserdem kann man unter ungünstigen Umständen ohne grosse Kosten den Abfluss-Schacht durch einige Gasflammen genügend erwärmen, wobei besonders Bunsen'sche Brenner von Nutzen sind, welche wenig Licht, aber um so mehr Wärme erzeugen. In der Regel presst sich da in Folge der relativen Luftverdünnung reine Luft vielfach vertheilt in genügender Menge und ohne zu belästigen durch die zufälligen Oeffnungen ein.

An den Oeffnungen der Luftableitungs-Schächte, besonders wo man als solche vorhandene Schornsteine benutzt, ist es zweckmässig, Vorrichtungen anzubringen, welche nur das Durchströmen der Luft in der ge-

wünschten Richtung gestatten, bei Umkehrung dieser Richtung aber sich schliessen, also das Eindringen von Rauch und kalter Luft in das Zimmer verhindern.

Solche Apparate waren in Kassel von Springer & Sterne in Wien als Sterne's selbstthätige Ventilatoren (!) ausgestellt und gleiche sind auch der Firma Adolf Müller in Köln patentirt worden. Es sind eiserne, an den Abflussöffnungen einzumauernde Rosetten mit Schmetterlingsschiebern u. dgl., woran innen einige Glimmertafeln aufgehängt sind.

Zu dem in Rede stehenden Ventilationssystem gehört auch die zweckmäßige Ventilation von Abtritten mittels eines warmen Schachtes, welcher entweder direkt mit der Grube oder mit dem unteren Theil des Fallrohrs in Verbindung steht. (Vgl. Zeitschrift des bayer. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1873, S. 96; Deutsche Industriezeitung 1874, S. 223; Zeitschrift des Archit.- und Ingen.-Vereins zu Hannover 1874, S. 419).

Allein eine sehr verkehrte Anwendung des Systems besteht darin, dass man von der Decke des Abtritts aus die Kommunikation mit einem warmen Schornstein oder Luftschaft herstellt. Die schlechten Dünste werden dadurch erst recht gezwungen, in die Abtritte — besonders bei mehreren in verschiedenen Stockwerken in die oberen — durch das gemeinsame Fallrohr einzudringen und die Luft daselbst unerträglich zu machen.

Nicht viel besser ist die Emporführung des gemeinschaftlichen Fallrohrs über das Dach, weil die Luft in diesem Rohr oft kälter ist als die Außenluft. Auch die Anwendung eines Luftsaugers genügt hierbei nicht, weil nicht immer genügend wirksamer Wind vorhanden ist.

§ 12.

III. Gleichzeitige Einführung der Außenluft und Abführung der Innenluft durch Temperatur-Differenz.

Die Permeabilität der Mauern und die Undichtheiten der Fenster, überhaupt die zufälligen Oeffnungen, sind nicht immer in quantitativer und qualitativer Hinsicht geeignet, die Funktionen der Zufluss- und Abfluss-Kanäle in wünschenswerther Weise zu übernehmen. Es ist besser, diese zufälligen Oeffnungen so viel wie möglich zu beschränken und dafür sowohl der einfließenden guten wie der abfließenden schlechteren Luft bestimmte Wege von richtig berechnetem Querschnitt anzuweisen.

Hierher gehören alle vollständigen Ventilations-Luftheizungen, sowie alle Kamin-, Mantel-, Röhren-Oefen, Wasser- und Dampf-Heizungen, auch Gas-Heizungen, überhaupt also alle Heizungen, wenn sie mit Zufluss- und Abfluss-Kanälen verbunden, aber nicht mit mechanischen Ventilatoren versehen sind.

In Berichten über die Kasseler Ausstellung und in anderen Schriften

ist als Mangel vieler Ventilations-Oefen der Umstand angeführt, dass sie nur für die Einführung reiner Luft, nicht aber für die entsprechende Abführung der schlechten Luft eingerichtet seien. Allein dieser Vorwurf ist unbegründet, weil die Abführung keineswegs durch den Ofen zu geschehen braucht, sondern durch einen besonderen warmen Ventilationssschacht geschehen kann und durch einen solchen sogar zweckmäßiger geschieht, weil man diesen oben wie unten mit einer Abfluss-Oeffnung versehen und nach Bedürfniss die eine oder andere Oeffnung benutzen kann. Dazu kommt der wichtige Punkt, dass die in Ventilations-Oefen angebrachten Abführungs-Kanäle gewöhnlich zu eng sind, während ein besonderer Schacht leicht mit dem nöthigen Querschnitt ausgeführt, auch durch Gasflammen leicht nach Bedürfniss erwärmt werden kann.

Richtig ausgeführte Einrichtungen der Ventilation durch Temperatur-Differenzen sind in vielen Fällen wegen der Einfachheit und Wohlfeilheit in der Anlage und Unterhaltung den mechanischen Ventilatoren vorzuziehen. Unbeständigkeit der Wirkung wegen Veränderlichkeit der Temperatur-Differenz ist allerdings ein begründeter Vorwurf. Da aber die Geschwindigkeit der Luftströmung unter sonst gleichen Verhältnissen nur mit der Quadratwurzel der Temperatur-Differenz wächst und da die Reibungs-Widerstände bei größeren Geschwindigkeiten mehr hemmend auftreten, so ist die Veränderlichkeit der Wirkung gar nicht so sehr bedeutend; es müssten schon ganz besondere Einflüsse sich geltend machen, um bei einer Kanal-Anlage die Geschwindigkeit der Luftströmung, wenn überhaupt Temperatur-Differenz im verlangten Sinne vorhanden ist, auf die Hälfte der mittleren Geschwindigkeit zu vermindern oder auf das Doppelte zu steigern.

Ein viel erwähntes, theils gerühmtes, theils getadeltes Beispiel der Ventilation durch Wirkung von Temperatur-Differenzen ist die Ventilation der 3 Pavillons der weiblichen Abtheilung des Spitals La Ribosière in Paris nach dem System Léon Duvoir-Leblanc, wesentlich bewirkt durch Warmwasser-Heizung und warme Abfluss-Kamine.

Der Heiz-Apparat jedes Pavillons besteht aus einem im untersten Theile des Hauses angebrachten Wasser-Kessel, von welchem aus das Steigerrohr durch das Rauchkamin nach dem Dachboden in das Expansions-Gefäß, ein des Ventilations-Zweckes wegen sehr groß ausgeführtes Wasser-Reservoir, geführt ist. Die abwärts gehende Strömung geschieht, wenn die Säle nicht geheizt werden sollen, auf direktem Wege nach dem Heiz-Kessel, wenn aber die Säle geheizt werden sollen, auf entsprechenden Umwegen durch Wasser-Oefen. Das Reservoir auf dem Dachboden dient wesentlich zur Ventilation, befindet sich deshalb in einer ringsum gut geschlossenen Kammer, in welche von verschiedenen Seiten Kanäle aus den Sälen in gleicher Höhe mit dem Boden des Expansions-Gefäßes einmünden. In den Sälen haben die Abfluss-Kanäle

zwei Oeffnungen, eine am Fußboden für die Winter-Ventilation und eine an der Decke für die Sommer-Ventilation.

Das Kamin über der Sammel-Kammer ist 5,60^m über das Dach hinaus geführt. Die Außenluft wird jedem Saale durch vier Kanäle zugeleitet, welche unter dem Fußboden liegen und an je einem Wasser-Ofen einmünden, wo die reine Luft durch vertikale Röhren empör strömt.

Grassi bezeichnet die Ventilation nach diesem System als mangelhaft, und zwar wegen der veränderlichen Wirkung bei wechselnden Temperatur-Differenzen und wegen der Ungleichheit der Luftmenge, welche gleichzeitig durch die Zuleitungs-Kanäle unter den Wasser-Ofen einströmt und andererseits durch die Abfluss-Kanäle entweicht. So hat sich aus Anemometer-Beobachtungen beispielsweise ergeben, dass für jeden Kranken in einer Stunde nur 31 cb^m durch die Zufluss-Kanäle einströmten, während 93 cb^m durch die Abfluss-Kanäle abströmten, wonach durch die zufälligen Oeffnungen 62 cb^m oder $\frac{2}{3}$ des Ventilations-Quantums zugeflossen sein müssten.

Die beiden gerügten Mängel fallen nach meiner Ansicht mehr der Detail-Ausführung als dem System zur Last; denn man kann durch Dichtungsmittel sowie durch richtige Verhältnisse in der Kanal-Anlage das Einfließen der Luft durch die zufälligen Oeffnungen vermindern; man kann auch sämtliche Kanäle in solchen Dimensionen ausführen, dass sie bei ungünstigsten Temperatur-Verhältnissen eine genügende Luftmenge durchströmen lassen, und man kann Regulirungs-Vorrichtungen anwenden.

Ausführliche Original-Mittheilungen über die Heizungs- und Ventilations-Einrichtungen in den Spitälern La Riboisière und Beaujon nach den Systemen Duvoir, Thamas-Laurens und van Hecke sind von Dr. C. Grassi, Ober-Apotheker im Hôtel Dieu etc., veröffentlicht, in Uebersetzung von L. Degen in dessen „Bau der Krankenhäuser“ 1862, auszugsweise aus dem Original sowie nach eigener Anschauung und Prüfung in v. Pettenkofer's „Luftwechsel in Wohngebäuden“ 1858.

Bessere Resultate als in Paris mit dem Systeme Léon Duvoir hat man mit dem System des k. k. Primär-Arztes Professor Dr. Böhm in Krankenhäusern zu Wien und München erzielt. Die Heizung hierbei ist Lokal-Luftheizung (Mantelofen-Heizung) und die Ventilation beruht im Sommer wie im Winter ebenfalls auf der Pulsion durch Temperatur-Differenzen. Wesentlich wichtig ist dabei aber die prinzipiell bis ins Kleinste gehende Dezentralisation, wobei Vermischung der Luft verschiedener Säle unmöglich ist. Nach dem Urtheile des k. k. Professors und Vorstandes der geburtshilflichen Klinik, Dr. Braun, entsprechen die Böhm'schen Anlagen in Rücksicht der Einfachheit, Dauerhaftigkeit, Billigkeit im Betriebe und sehr großer Wirksamkeit im

Luftwechsel und in der Erwärmung den strengsten Anforderungen der Hygiene, Pyro- und Aëro-Technik.

Ausführliche Mittheilungen hierüber enthalten: Degen, prakt. Handbuch der Ventilation und Heizung, 1869, S. 223; Zeitschrift des bayer. Arch.- und Ing.-Vereins 1869, S. 45; Jahrbuch über die Leistungen und Fortschritte der prakt. Baugewerbe 1870, S. 282.

Ein anderes Beispiel gleichzeitiger Luftzuführung und Luftabführung durch die Wirkung von Temperatur-Differenzen ist der Sitzungssaal im Herrenhause in Berlin, geheizt und ventilirt durch gewöhnliche Luftheizung mit Luftführung von unten nach oben. Die Wirkung ist völlig befriedigend. (Vgl. Haesecke, theoretisch-praktische Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung, 1877, S. 34.)

Sehr zweckmäßige Anwendung findet die Ventilation durch Temperatur-Differenzen in einfacher Weise bei Viehställen. Verschiedene Einrichtungen dieser Art sind beschrieben in: Märker, Untersuchungen über natürliche und künstliche Ventilation, vorzüglich in Stallgebäuden, Göttingen 1871; Engel, Sammlung landwirthschaftlicher Bauausführungen, Lief. 19; Möder, die Ventilation wirthschaftlicher Gebäude, Weimar 1867; Jahrbuch der Leistungen und Fortschritte der Baugewerbe 1872, S. 454.

§ 13.

IV. Eintreibung der Außenluft durch natürlichen Wind oder durch relative Luftbewegung.

Der Motor Wind ist zu unbeständig, um durch ihn allein eine zweckentsprechende Ventilation für Wohnräume erreichen zu können.

Bei anderen Räumen, Kellern, Magazinen, Schiffsräumen u. dgl. wird dieser Motor zuweilen mit Vortheil benutzt; ebenso auch für Räume, welche selbst mit großer Geschwindigkeit in der Luft bewegt werden, nämlich Eisenbahnwagen, wo die relative Luftbewegung den fehlenden Wind ersetzen kann.

Apparate, welche dazu dienen, den Wind einzuführen, sind als bewegliche mit Aufangtrichtern oder beweglichen Zungen ziemlich einfach herzustellen, aber die Mängel solcher beweglichen Apparate sind bekannt.

Vollständig feste Apparate sind im allgemeinen vorzuziehen, doch ist es bei diesen schwieriger, die ganze Windpressung wirksam zu machen. (Vgl. Wolpert, Prinzipien S. 179.)

In Betreff der Raum-Oeffnungen für die einzutreibende Luft gelten die obigen allgemeinen Rücksichten.

Da dieses Ventilations-System für sich allein ein mangelhaftes ist, mag von weiteren Erklärungen und Anführung von Beispielen Umgang genommen werden.

§ 14.

V. Absaugung der Innenluft durch den natürlichen Wind oder durch relative Luftbewegung.

Was vorstehend von dem Motor Wind und der relativen Luftbewegung gesagt ist, sowie von den festen und beweglichen Apparaten, gilt auch hier. (Vgl. Wolpert, Prinzipien S. 174.) Es muss aber hinzugefügt werden, dass man die saugende Wirkung des Windes gewöhnlich unterschätzt. Durch eine Reihe von Experimenten, welche in der Zeitschrift für Biologie 1877, S. 406 veröffentlicht sind, habe ich nachgewiesen, dass die Saugwirkung bei den von mir konstruirten Schornsteinhüten, welche unter dem Namen Rauch- und Luftsauger bekannt sind und nach meinen Direktiven von dem Eisenwerk Kaiserslautern angefertigt werden, keineswegs unbedeutend ist, nämlich bei dem Sauger meiner älteren Konstruktion (Fig. 1) im Mittel über $\frac{1}{3}$ und bei denen meiner neueren Konstruktion (Fig. 2) im Mittel über $\frac{1}{2}$ der Windstärke beträgt.

Fig. 1.

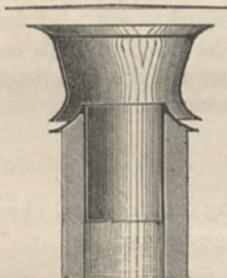
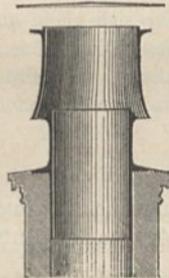


Fig. 2.



Beide Apparate sind bereits in mehren physikalischen und technischen Werken dargestellt, aber zum Theil unrichtig oder unvollständig, weshalb ich die mittleren Vertikalschnitte hier beifüge, unter Weglassung der unwesentlichen Befestigungsstücke der drei Theile an einander.

In technischen Schriften ist öfters behauptet worden, dass ein einfaches Rohr mit einer ziemlich großen Deckplatte dieselben Dienste leiste wie ein sogenannter Luftsauger. Ich räume dies für einige Windrichtungen ein und habe sogar bei horizontalem Winde die Saugwirkung des einfachen vertikalen Rohrs durchschnittlich über $\frac{2}{3}$ der Windstärke gefunden. Bei solchem Winde wäre das einfache Rohr der beste Luftsauger; aber abwärts gerichtete Winde, Regen und Schnee dringen in das Rohr ein und eine Deckplatte verhindert dieses nur bei sehr stark abwärts gerichtetem Winde, nicht bei den viel häufiger vorkommenden wenig abwärts geneigten Windrichtungen.

Das einseitige System der Absaugung der Innenluft durch relative Luftbewegung ist für die Ventilation von Eisenbahnwagen, namentlich für Lazarethzüge, mit verschiedenen Modifikationen in Anwendung gekommen, hat sich aber nicht als genügend erwiesen, theils weil die angewendeten Apparate zu wenig wirksam, theils weil die zufälligen Öffnungen für den Zufluss der Außenluft nicht hinreichend waren.

Die Stellen für die Einmündungen der Luftsauger-Röhren können mehr nach Belieben gewählt werden als die Pulsator-Oeffnungen, weil beim Absaugen der Innenluft nicht die heftige, durch die Inertie verursachte geschlossene Strömung von verhältnissmäßig kleinem Querschnitt vorhanden ist, sondern die Geschwindigkeit der gegen die Rohrmündung sich bewegenden Luft sehr rasch nach allen Seiten hin abnimmt, nämlich im quadratischen Verhältniss mit der Entfernung von der Oeffnung. Hätte z. B. die angesaugte Luft in der Entfernung von 0,05^m von der Oeffnung die bedeutende Geschwindigkeit von 8^m in der Sekunde, so wäre diese in der Entfernung von 0,20^m schon auf 0,5^m vermindert, also nicht mehr fühlbar.

Man hat aber auf zweckmäßige Vertheilung der Absauge-Oeffnungen Rücksicht zu nehmen, sowie auf die Benutzung der Lokalitäten, Art der Heizung oder Abkühlung u. s. w., so dass unter gewissen Umständen die Absauge-Mündungen sich besser an der Decke, unter anderen besser in der Nähe des Fußbodens befinden, wie es auch bei den übrigen Abführungs-Einrichtungen der Innenluft der Fall ist und oben weiter aus einander gesetzt wurde.

Auch dieses System ist, für sich allein angewendet, selbst bei den besten Luftsaugern und größten Dimensionen der Saugröhren als ein unvollkommenes zu bezeichnen, es sollte aber mit den über Dach geführten Abflussröhren aller anderen Systeme verbunden sein.

§ 15.

VI. Gleichzeitige Eintreibung und Absaugung durch natürlichen Wind oder durch relative Luftbewegung.

Dieses System eignet sich in Bezug auf die relative Luftbewegung für Eisenbahnwagen, in Bezug auf den Wind für Räume, bei welchen weder Maschinen noch Feuerungen gut angebracht werden können und ein beständiger, regelmässiger Luftwechsel nicht nothwendig ist, sondern es genügt, dass mit mehrstündigen Unterbrechungen, vielleicht in je 24 Stunden nur einige Male, die Luft umgewechselt, die zu warme oder zu kalte, feuchte oder Kohlensäure-reiche Luft beseigt wird; so bei Pulvermagazinen, isolirt liegenden Kellern u. dgl.

Zuweilen, ja in der Regel gestattet es der Zweck bei solchen Räumen, dass an denselben Stellen, je nach der Windrichtung, die Luft bald eingetrieben, bald abgesaugt wird. Dann können sehr einfache feste Trichter, welche nach verschiedenen Richtungen gestellt sind, gute Dienste leisten. Soll aber an bestimmten Stellen nur Luft eingetrieben, an anderen nur abgesaugt werden, so müssen besonders konstruirte Presser und Sauger angebracht werden. (Vgl. Wolpert, Prinzipien S. 181, 194, 216).

Mit anerkennungswerther, zweckentsprechender Rücksichtnahme

hierauf ist die Einrichtung der Ventilation von Lazareth-Eisenbahnwagen von Rudolf Schmidt, technischem Direktor der Waggonfabrik Ludwigshafen am Rhein, ausgeführt und zwar mit Modifikationen für die Winter- und Sommer-Ventilation. Diese Ventilationsmethode besteht im wesentlichen darin, dass die Außenluft durch Schmidt'sche Pulsatoren, welche aus mehreren, den Wind, beziehungsweise die in den Weg kommende Luft abwärts leitenden konischen Schirmen bestehen, eingeführt und die Innenluft durch Wolpert'sche Sauger abgeführt wird. Für die Winter-Ventilation wird außerdem die Außenluft großen Theils durch ein Rohr mit Doppelknie und beweglicher Zunge einem Meidinger-Ofen zugeführt und gelangt also erwärmt in den Waggonraum. Die Pulsator-Mündung befindet sich dabei an der Decke und unter dieser Mündung ist ein Gefäß angehängt, welches die Wasseraufnahme und seitliche Ablenkung der eingepressten kalten Luft bezweckt. Die Saugröhren befinden sich in den Ecken und haben Oeffnungen in der Nähe des Fußbodens und der Decke, von welchen bei der eigentlichen Winter-Ventilation nur die unteren benutzt werden.

Als Sommer-Ventilation ist Schmidt's Methode im letzten Sommer an zwei Lazarethzügen angebracht worden, welche das Zentralkomitee der deutschen Vereine zur Pflege verwundeter und erkrankter Krieger für den russischen Hülf-Verein ausgerüstet hat. Die Absaugöffnungen sind da an der Decke der Wagen in der Zugaxe angebracht, die Pulsatorröhren in den Ecken mit Verlängerung bis nahe an den Boden, wo sie dicht über Gefäßen münden, welche etwas Wasser enthalten. Dadurch ist nicht nur jede Gefahr und Unannehmlichkeit beseitigt, welche durch eingetriebene Funken, Asche und Staub veranlasst werden könnte, sondern es wird auch die eingetriebene Luft in zweckmäßiger Weise vertheilt. (Vgl. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1875, S. 558 und 1877, S. 640; Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1877, Heft 2 und Heft 6; Rud. Schmidt, Ventilation der Krankenwagen der Lazarethzüge 1876, Selbstverlag des Verfassers; Lang und Wolffhügel, Lüftung und Heizung von Eisenbahnwagen, Zeitschrift für Biologie 1877 Heft IV).

§ 16.

VII. Eintreibung der Außenluft durch Ventilationsmaschinen.

Dieses mechanische oder künstliche Pulsions- oder Insufflations-System eignet sich vorzugsweise überall da zur Anwendung, wo konstant eine sehr große, unter Umständen noch zu steigernde Luftmenge einzufließen und Betriebskraft, Wasser oder Dampf, entweder bereits für andere Zwecke vorhanden oder doch verwendbar, oder der Kostenpunkt anderen Rücksichten gegenüber als untergeordnet zu betrachten ist.

Als Pulsionsmaschinen sind Zentrifugal-Ventilatoren und schrauben-

artig wirkende Flügelapparate in Anwendung, in neuerer Zeit auch Luftkompressions-Pumpen, durch welche ein komprimierter Luftstrom zentral in das offene Zuleitungsrohr der reinen Luft eingeblasen wird, welcher durch beständiges Forttreiben der Luft in der Röhre eine Saugwirkung auf die äußere Luft ausübt. Diese Wirkung ist in meinen Prinzipien der Ventilation S. 106 durch die Darstellung eines sehr einfachen Experiments anschaulich gemacht. Wenn man mit einem engen Röhrrchen in eine weitere zylindrische oder konisch sich erweiternde Röhre bläst, fließt die äußere Luft hinter der eingeblasenen in die Röhre ein.

Auch die Verbesserung des sogenannten Zuges eines Schornsteins bei Wind durch eine gekrümmte, aufsen den Wind auffangende Röhre (Prinzipien S. 318) beruht zum Theil auf dieser Wirkung. Ich habe sie auch öfters bei Kochherden, wenn das Feuer im Sommer wegen Kälte des Schornsteins nicht brennen wollte, in der Weise benutzt, daß ich in der Kappe des obersten Herdrohr-Theiles ein Loch anbringe und in dieses mit einem Blasbalg kräftig blasen liefs.

In größerem Maasstab ist dieses Mittel zur Bewegung der Ventilationsluft zuerst von Piarron de Mondésir für die Ventilirung des Ausstellungsgebäudes zu Paris 1867 angewendet worden und wird deshalb als das System von P. de Mondésir bezeichnet. (Vgl. Deutsche Bauzeitung 1867 Nr. 50).

Beispiele der mechanischen Pulsion: Ventilation der drei Pavillons der männlichen Abtheilung des Spitals La Riboisière in Paris nach dem System von Thamas, Laurens und Grouvelle.

Ein Zentrifugal-Ventilator, getrieben durch eine Dampfmaschine von 15 Pferdekräften, bezieht die reine Luft aus dem Glockenthurm herab und schleudert sie in eine Blechröhre von 1,1^m Durchmesser, welche im Kellergeschoss nach den einzelnen Pavillons läuft, sich in dem Verhältniss verengend, als Zweigröhren abgehen. Im übrigen ist die Einrichtung ähnlich der bereits erwähnten der weiblichen Abtheilung nach dem System Duvoir.

In den Sälen stehen mit Wasser gefüllte Oefen, durch welche ein schlangenförmig gewundenes Dampfrohr geführt ist. Zum Heizen wird der Wasserdampf benutzt, welcher zur Bewegung der Maschine gedient hat. Die Dampf-Wasseröfen sind von vertikalen Röhren durchzogen, durch welche die Luft von der Ventilator-Leitung aus eingetrieben wird. Diese Luft wird schon an den Dampfzuleitungs-Röhren vorgewärmt. An vielen Stellen der Säle sind Oeffnungen am Fußboden und unter der Decke sichtbar, Entleerungskanälen angehörend, welche sich im Dachraume zu einem gemeinsamen, über das Dach hinaus geführten Schachte vereinigen.

Pettenkofer hat an den Saalmündungen solcher Evakuationskanäle starkes Herausblasen, also verkehrte Strömung wahrgenommen, obgleich in der Stunde wenigstens 60 cb^m frische Luft für jeden Kranken

eingetrieben wurden. Solche Vorgänge können durch geringe Temperatur der Abzugsschächte bei reichlichen Abflusswegen der zufälligen Oeffnungen, sowie durch saugende und pressende Einwirkungen des Windes herbeigeführt worden sein; sie sind leicht von schlimmen Folgen begleitet, weil es möglich ist, dass die aus einem Saale evakuirte Luft einem andern zuströmt. Vollständige Separirung der Abzüge bis über das Dach ist deshalb ganz besonders zu empfehlen.

Trotz der wahrgenommenen Rückströmungen war jedoch im angegebenen Falle die Luft des betreffenden Saales vollkommen gut.

Nach weiteren Untersuchungen Grassi's entführten die Entleerungskanäle durchschnittlich kaum die Hälfte der eingetriebenen Luft, das Uebrige floss durch die zufälligen Oeffnungen der Säle aus.

Bemerkenswerth ist noch, dass ungeachtet des Eintreibens sehr bedeutender Luftmengen der barometrische Druck in den Sälen nicht größer gefunden wurde als im Freien, und dafs — aufer ganz nahe an den Oeffnungen — nirgends der geringste Zug wahrzunehmen war. Ueberhaupt war man von dem Gesamteffekte der Einrichtung in hohem Grade befriedigt. Aber die Mehrausgaben dieser mechanischen Ventilation sind dem System Duvoir gegenüber sehr bedeutend.

Im wesentlichen übereinstimmend mit der eben beschriebenen Einrichtung ist Haag's Heifswasserheizung und Ventilation im neuen Konzertsaalbau in Frankfurt a. M.

Durch zwei Haag'sche Ventilatoren, welche durch eine Dampfmaschine getrieben werden, wird die frische Luft in die Heizapparate gepresst, daselbst durch ein Röhrensystem für Heifswasser-Heizung erwärmt, dann, bevor sie in den Saal gelangt, mittels eines ungeheizten Seitenkanals mit nicht erwärmter Luft gemischt.

Die Zuführungs-Oeffnungen der reinen Luft befinden sich im Saale nahe am Fußboden, die Abflussöffnungen, welche einen größeren Gesamtquerschnitt haben als die Zuflussöffnungen, über dem Saalgesims. Die Bewegungsrichtung der Ventilationsluft ist also hier ausschließlich von unten nach oben gehend.

Die Einrichtung des Haag'schen Ventilators ist dem im Nachfolgenden noch zur Erwähnung gelangenden van Hecke'schen Ventilator ähnlich. Er besteht aus zwei unter 50 bis 60 Grad geneigten Flügeln, welche rechtwinklig an einer Rotationsaxe befestigt sind.

Die von van Hecke angewendeten rechteckigen, an Stielen sitzenden Schaufeln sind von Haag in Kreisausschnitte (gleichschenklige Dreiecke mit Bogenbasis) umgewandelt, und darin liegt unstreitig eine Verbesserung, was auch durch Versuche bestätigt ist. (Vgl. Allgemeine Bauzeitung 1868/69; Dingler's Journal 1862; Degen, der Bau der Krankenhäuser, 1862, S. 163).

Von Haag in ähnlicher Weise ausgeführt ist auch die Heizung und Ventilation für den Hörsaal, sowie für die Sektions- und Leichenräume

im neu erbauten Pathologischen Institut in München. Lufterneuerung durch einen Druck-Ventilator, getrieben von einer stehenden Lokomobile, Abführung der Innenluft durch vertikale, in den Mauern ausgesparte Schloten. (Vgl. Zeitschrift des bayer. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1875, S. 22).

§ 17.

VIII. Absaugung der Innenluft durch Ventilationsmaschinen.

Das künstliche oder mechanische Aspirations- oder Suktions-System unterscheidet sich in Bezug auf die Hauptbedingungen seiner Anwendbarkeit nicht wesentlich von dem System der künstlichen Pulsion; aber die Wirkungen auf die Luftverbesserung sind in ihrer Weise und Größe bei gleicher Betriebskraft verschieden.

Auch hier werden Zentrifugal-Ventilatoren und schraubenartig wirkende Flügelapparate in Anwendung gebracht, ebenso ein komprimierter Luftstrom und nach demselben Prinzip die Wirkung von Dampfstrahlen. Der komprimierte Luftstrom kann sowohl zum Einblasen als zum Absaugen verwendet werden, der Dampfstrahl aber nur zum Absaugen, weil es unzulässig ist, die bedeutende Dampfmenge in Wohnräume u. dgl. einzuführen.

Ein Uebelstand, welchen das Absaugen durch Maschinen im Gefolge hat, ist der, dass die durch das Absaugen veranlasste, wenn auch sehr geringe absolute Luftverdünnung in geschlossenen Räumen das Eindringen der Luft durch die zufälligen Oeffnungen an allen Begrenzungsflächen des Raumes in hohem Grade begünstigt und folglich nicht nur aus dem Freien, sondern von allen anstofsenden und nahe gelegenen Räumen her, wo die Luft mit geringerer Intensität abgesaugt wird, Luft eindringt, wodurch zuweilen sehr schlechte Luft eingeführt werden kann. Dies geschieht auch dann noch, wenn reichlich für Luftzufluss durch besondere Kanäle gesorgt ist.

Dieser Uebelstand wird nicht in gleichem Grade begünstigt und kann durch richtige Kanalanlage auf ein geringes Maafs gebracht werden, wenn anstatt der mechanischen Absaugung die Abführung durch einen erwärmten Ventilations-Schornstein in Anwendung kommt, weil dann die wirksame Luftverdünnung keine absolute, sondern eine relative ist.

Von der Einrichtung einiger Saug-Ventilatoren ist weiterhin bei dem System gleichzeitiger Eintreibung und Absaugung durch Maschinen die Rede. Es mag hier nur noch erwähnt werden, dass ein Körtling'scher Dampfstrahl-Ventilator, welcher zur Ventilation eines Setzersaales benutzt wurde, nicht genügend wirkte und so viel Geräusch machte, dass er außer Betrieb gesetzt werden musste. (Deutsche Industriezeitung 1874, S. 298). Doch finden Körtling's Strahlgebläse zur Ventilation von Kohlenruben seit mehren Jahren ausgedehnte zweckmäßige Ver-

wendung. Sie arbeiten in der Regel mit einem Dampfstrahl, doch auch mit komprimierter Luft, wenn solche in den Gruben zu anderen Zwecken gebraucht wird. Die Förderung beträgt bei kleinen Apparaten, die sehr leicht aufzustellen sind, 15 bis 30 cb^m in der Minute, bei großen bis ungefähr 600 cb^m. (Vgl. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1875, S. 662; Dingler's polytechn. Journal 1875, S. 287; Deutsche Industrie-Zeitung 1875, S. 238).

§ 18.

IX. Gleichzeitige Eintreibung und Absaugung durch Ventilationsmaschinen.

Pettenkofer sagt in seinem „Luftwechsel in Wohngebäuden“ S. 113: „Das praktische Resultat, welches sich aus der thatsächlichen Porosität unserer Wohnräume für die künstliche Ventilation ergibt, ist nach meiner Ansicht, dass wir von dem bisher gültigen Satze Umgang nehmen können, dass die Oeffnungen für Zuströmung frischer Luft und für das Abführen gebrauchter Luft in gleichem Verhältnisse zu stehen haben; ja, ich gehe so weit, dass ich keinen Anstand nehme auszusprechen, dass der eine Theil ganz ohne den andern bestehen könne. Wenn wir z. B. dafür Sorge tragen, dass in einen Saal die nothwendige Menge frischer Luft durch mechanische Kraft eingetrieben wird, so können wir jede Vorrichtung für die Abführung der gebrauchten Luft, mithin alle Evakuations-Kanäle ersparen. Sollte sich bei zu großer Dichtigkeit des Baues eine eigene Oeffnung für den Antritt der Luft als nothwendig erweisen, so genügt jede Oeffnung, die ins Freie mündet, ohne dass es nothwendig wäre, die gebrauchte Luft auf komplizirten und kostspieligen Wegen im Hause spazieren und zuletzt aus allen Sälen vereinigt zum Dache hinaus zu führen.“

Diese Aussprüche sind durch die Experimente Pettenkofer's über die Permeabilität der Baumaterialien, sowie durch die oben mitgetheilten Wahrnehmungen im Spital La Riboisière, welchen noch auffallendere aus Grassi's und Pettenkofer's Schriften angeeignet werden könnten, so sehr begründet, dass man in vielen Fällen darauf rechnen darf, es werde durch alleinige Eintreibung oder Absaugung der Luft durch mechanische Kraft, auch durch die alleinige Anwendung eines warmen Schornsteins u. dgl., reichlich genügender Luftwechsel erzielt.

Aber in den meisten Fällen ist es doch zweckmäßig, der einfließenden und abfließenden Luft besondere Wege anzuweisen, wenn sie sich auch nicht auf diese beschränkt. Abgesehen von den veränderlichen Zuständen und Umständen, von denen der Grad der Durchlässigkeit der Mauern u. s. w. abhängt, ist es, wie oben dargelegt, durch Rücksichten auf Brennstoff-Oekonomie, Ventilations-Effekt und Annehmlichkeit geboten, die Einführung oder Abführung bald oben, bald unten zu bewerkstelligen, und wenn auf diesen angewiesenen Wegen auch nicht die gesammte

Ventilationsluft ein- oder ausfließt, so wird doch in der Hauptsache der speziell beabsichtigte Zweck erreicht. Wo reine Luft erwärmt eingeführt wird, macht es einen sehr bemerklichen Unterschied, ob keine Abflussöffnung, oder die an der Decke, oder die am Fußboden offen ist, und wo nur Einrichtungen für Abführung bei bedeutendem Ventilationsquantum in Anwendung sind, macht sich lästiger Zug durch Thüren und Fenster bemerkbar, sowie das unerwünschte Einfließen schlechter Luft aus benachbarten Räumen. Ich halte es deshalb für eine gute Regel, mit allerdings — und zwar am meisten bei der mechanischen Pulsion — zulässigen Ausnahmen: dass für Zuführung und Abführung der Luft besonders gesorgt werde und besonders für sehr reichlich ermöglichten Luftzufluss auf vorgeschriebenen Wegen.

Die gleichzeitige Benutzung von Pulsions- und Suktions-Ventilatoren gehört zu den Seltenheiten. Als Beispiel einer Einrichtung jedoch, bei welcher sie möglich ist, mag die Ventilation eines Pavillons im Spital Beaujon in Paris nach dem System von Dr. van Hecke Erwähnung finden. Die Einrichtung ist eine Zentral-Luftheizung, wobei die entsprechende Temperatur durch stellbare Mischungsvorrichtungen der erhitzten Luft mit kalter erzielt und die Geschwindigkeit der Luftströmung durch zwei Ventilatoren erhöht, bezw. hervorgebracht werden kann, wovon der eine im Keller in dem Haupt-Zuführungskanale vor dessen Einmündung in die Heizkammer, der andere im Abführungsschlothe unter dem Dache angebracht ist. Der van Hecke'sche Ventilator, in gleicher Konstruktion an beiden Stellen, also zum Eintreiben und Absaugen angewendet, besteht aus zwei mittels kurzer Stangen rechtwinkelig an einer rotirenden Axe befestigten und unter einem Winkel von 50 bis 60° geneigten rechteckigen Schaufeln oder Flügeln. Die Neigung ist mit der Geschwindigkeit der Rotation veränderlich. Als Motor dient eine kleine Dampfmaschine von etwa 1 Pferdekraft, durch Transmission mit dem unteren wie mit dem oberen Ventilator verbindbar.

In den veröffentlichten Mittheilungen von Grassi, Pettenkofer und Degen über diese Ventilations-Einrichtung ist nirgends von gleichzeitiger Benutzung beider Ventilatoren die Rede. Es wurde mit gewechseltem System so lange ventilirt, bis man sich überzeugt hatte, dass die Pulsion vorzuziehen ist; dann blieb der obere Ventilator vermuthlich ganz unbenutzt.

Dieses van Hecke'sche System, also eigentlich das der mechanischen Pulsion in Verbindung mit der natürlichen nach der Luftheizungsmethode, hat sich vorzüglich bewährt und die neben der Heizung für die Ventilation aufzuwendenden Mehrkosten haben sich als verhältnissmäßig gering herausgestellt.

Interessant sind die Beobachtungen, die bei der wechselweisen Benutzung des unteren und oberen Ventilators über die verschiedene Wirkung der mechanischen Pulsion und Suktion gemacht

wurden. Wenn die Luft eines Saales mit stark riechenden Substanzen verunreinigt wurde, verschwand bei gleichem Kraftaufwand der Geruch aus dem Saale beim Eintreiben in 45 bis 50 Minuten, beim Absaugen in 65 bis 70 Minuten. Das Eintreiben hat sich also viel wirksamer erwiesen, obgleich in beiden Fällen nahezu die gleiche Luftmenge durch die Ventilatoren gefördert wurde. Dieses erklärt sich daraus, dass beim Eintreiben der warmen Luft durch die in der Mitte des Saalbodens angebrachten Gitterkästen die ganze eingetriebene Luftmenge zur Mischung mit der Saalluft verwendet wurde, beim Absaugen aber die durch die zufälligen Oeffnungen eindringende kalte Luft größtentheils direkt nach den in den Ecken, und zwar am Fußboden angebrachten Abflussöffnungen fließen musste, also sehr rein entwich und zur Luftreinigung fast Nichts beitrug.

Eine großartige Muster-Einrichtung des gleichzeitig benutzbaren mechanischen Pulsions- und Suktions-Systems mit aufwärts gehender Luftbewegung ist die Ventilation des neuen Wiener Opernhauses, nach den Angaben des k. k. Primärarztes Prof. Dr. Böhm ausgeführt.

Mittels eines durch eine zwölfpferdige Dampfmaschine in Bewegung gesetzten, einer Turbine mit horizontaler Axe gleichenden Ventilators von 3^m Durchmesser wird die frische, nach Bedürfniss durch Dampfheizung erwärmte Luft durch 250 unter den Sitzen angebrachte, je 0,23^m im Quadrat große Oeffnungen, die mit einem siebartig durchlöcherten Blech bedeckt sind, in den Zuschauerraum getrieben. Stündlich können 120 000 cb^m frische Luft zugeführt werden. Zur Abführung der Innenluft dienen außer der Kronleuchter-Oeffnung von 4^m Durchmesser noch sehr viele kleine Oeffnungen dicht unter der Decke, und aus allen diesen Oeffnungen wird die Luft angesaugt durch einen im Dachraume aufgestellten Ventilator von ebenfalls 3^m Durchmesser, welcher mittels einer Drahtseil-Transmission von der erwähnten Dampfmaschine getrieben wird. Beide Ventilatoren machen 100 bis 160 Umdrehungen in der Minute.

Der obere Ventilator wird nicht immer benutzt; die Luftabführung geschieht oft genügend durch die Wirkungen der künstlichen und natürlichen Pulsion. Der Abzugsschlot ist überdies mit einem Kopfe versehen, welcher den Wind saugend wirken lässt.

Auf dem Wege zum unteren Ventilator kann die frische Luft durch einen Wasserschleier, nämlich durch viele, unter hohem Druck aus kleinen Oeffnungen von Wasserröhren spritzende feine Wasserstrahlen befeuchtet werden. Die Detail-Konstruktionen, Neben- und Kontrol-Einrichtungen sind sehr zweckdienlich und interessant. (Deutsche Bauzeitung 1873, S. 402; Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover 1874, S. 253; Schröter (Ferrini), Technologie der Wärme, 1878 S. 454.)

Ein Beispiel der Eintreibung und Aussaugung nach dem System von Piarron de Mondésir mittels komprimirter Luft entnehme ich

der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover, 1877, S. 627 (nach Bulletin de la Soc. ind. de Mulhouse 1877, S. 1—21). Diese mechanische Ventilation hat sich in den Fabriksälen von Dollfus, Mieg et Comp. in Mühlhausen im Elsass gut bewährt. An beiden Langwänden des Gebäudes sind Zuführungs- und Abführungs-Kanäle angebracht; die Bewegung der Luft in diesen Kanälen wird durch je einen Strahl komprimirter Luft bewirkt, die mittels Röhren aus Blei oder Weisblech in die Kanäle hinein geleitet wird. Zur Anfeuchtung und Abkühlung der einzuführenden Luft kann durch ein dünnes Rohr Wasser in den Luftstrahl eingeführt werden. Eine eiffpferdige Dampfmaschine treibt die doppelt wirkende Pumpe von 0,55^m Kolbendurchmesser und 0,54^m Hub, welche die nöthige komprimirte Luft von $\frac{1}{4}$ Atmosphäre Ueberdruck liefert. Einem Saale von 3000 cb^m werden stündlich 9000 cb^m Luft zugeführt und entzogen. Die Temperatur wird dabei um ungefähr 1 $\frac{1}{2}$ ° niedriger als in nicht ventilirten Sälen; doch ist der Aufenthalt daselbst viel behaglicher. Die Luftpumpe und der dadurch erzeugte Luftstrahl wirken wenigstens ebenso vortheilhaft, wie ein direkt durch die Dampfmaschine getriebener Ventilator. Die Anwendung des Luftstrahls hat aber den Vorzug, dass die komprimirte Luft von der Pumpe aus leicht nach jeder beliebigen Stelle hin geleitet werden kann und dass sie hier ohne Geräusch, ohne Schmutz und sonstige Unbequemlichkeiten die Luftbewegung bewirkt.

§ 19.

X. Verschiedenartig kombinirte Einrichtungen.

Bei mehren der obigen Beispiele wird die Ventilation nicht ausschließlich nach dem speziellen System bewirkt, unter welchem sie eingereiht sind; besonders die natürliche Pulsion als Wirkung von Temperatur-Differenzen greift häufig begünstigend bei der mechanischen Ventilation ein.

Die beiden folgenden Beispiele sind ebenfalls solche Kombinationen, aber für besondere Besprechung insofern geeignet, weil unter gewissen Umständen die mechanische Pulsion ganz außer Anwendung bleibt. Ich gebe diese beiden Beispiele auszugsweise und mit einigen Modifikationen in der Erklärung der Wirkungen aus der lehrreichen Abhandlung über Ventilation von Haesecke, 1877, S. 33 und 64. (Diese schätzenswerthe Schrift bietet mehrfach neue, nutzbringende und interessante Ideen, die am besten im Zusammenhang aus dem Original kennen gelernt werden und deshalb für gegenwärtige Schrift nicht benutzt worden sind.)

1. Alte und neue Einrichtung der Ventilation des Sitzungssaales im Abgeordnetenhanse in Berlin.

Im Abgeordnetenhanse war bis zum Jahre 1876 die Ventilation in folgender Weise bewerkstelligt:

Mittels zweier Ventilatoren wurde die frische Luft in eine durch Dampfspiralen erwärmte Heizkammer und von da durch eine größere Anzahl von Kanal-Mündungen unterhalb der Logenbrüstungen, etwa 3 m über dem Fußboden, in den Saal getrieben. Durch einige in den Kanälen liegende Wasserröhren konnte die Ventilationsluft noch etwas mehr erwärmt werden. Auch war der Saal durch Wasseröfen direkt zu erwärmen. Die Abführung der Luft geschah durch sehr viele Oeffnungen in den vertikalen Stufentheilen der Sitzreihen, von wo aus sie nach einem großen, durch die Kesselfeuerung und unter Umständen durch eiserne Oefen erwärmten Ventilations-Schornstein gelangte. Bei Abendbeleuchtung durch 166 Gasflammen wurden Abzugsschlote geöffnet, welche über den Gaskronen angebracht und über das Dach geführt sind.

Diese Einrichtung hat lebhafte Klagen veranlasst. Da bei verhältnißmäßig hoher Temperatur des Saales die Außenluft mit geringer Temperatur eingeführt werden mußte, sank sie rasch auf die unterhalb der Einströmungs-Oeffnungen sitzenden Personen herab und wurde unangenehm fühlbar; dagegen erhielten die Logen wenig oder nichts von der guten Luft. Da ferner bei offenen Abzugsschloten die Abfluss-Oeffnungen viel größer waren als die Zufluss-Oeffnungen, entstand häufig oben eine Doppelströmung, indem durch einige der Abzugsschlote kalte Luft mit Heftigkeit herab strömte und einen Theil der Verbrennungs-Produkte mit sich führte. Zugleich machte sich heftiges Eindringen kalter Luft durch Thüren und Fenster bemerkbar, was in Betreff der Thüren besonders unangenehm empfunden wurde, so lange die Vorräume nicht geheizt waren.

Seit 1876 ist die Einrichtung so getroffen, dass der Betrieb der Ventilatoren ganz eingestellt ist, so lange geheizt wird. Die reine warme Luft wird lediglich durch den aërostatischen Druck in den Saal eingetrieben, und zwar in ziemlich gleichmäßiger Vertheilung durch die vielen Oeffnungen in den vertikalen Stufentheilen, wo früher die Innenluft abgeführt wurde. Die Luft bewegt sich im Saale von unten nach oben, entweicht durch eine Anzahl von Scheiben im Deckenoberlicht in den Raum zwischen der unteren und oberen Verglasung und von dort in's Freie. Bei Abendbeleuchtung werden noch die Abzüge über den Kronleuchtern geöffnet; die Richtung der Luftbewegung im Saale bleibt dabei unverändert.

Jetzt ist eine gleichmäßige, angenehme Temperatur und gute Luft im Saale, selbst bei sehr langen Sitzungen, vorhanden, ohne lästigen Zug, und zwar ohne Mitwirkung eines Ventilators. Die Ventilatoren werden nur benutzt, wenn nicht geheizt wird und namentlich wenn an warmen Tagen die Luft gekühlt werden soll. Die Einströmung

der frischen Luft und die Bewegungsrichtung von unten nach oben bleibt auch dann dieselbe.

2. Das Reichstagsgebäude bietet ein Beispiel der ausschließlich abwärts gerichteten Luftbewegung im Sitzungssaal. Von einem Garten aus gelangt die Außenluft durch Korridore in die Heizkammern, kann auch durch zwei Ventilatoren in diese eingetrieben werden. Von den zwei vorhandenen Heizkammern wird gewöhnlich nur die größere benutzt. In den Heizkammern kann die frische Luft durch Dampfrohren erwärmt und in Mischkammern mit kalter Luft gemischt werden.

Die Einströmungs-Oeffnungen im Saale befinden sich nahe der Decke, sind kreisrund und mit Ornament versehen. Die Luft bewegt sich im Saale abwärts, gelangt durch zahlreiche Oeffnungen der vertikalen Stufenabsätze der Sitzreihen in den Raum unter dem Saal und von da in einen weiten Ventilations-Schornstein (den sogen. Aspirationschlot), welcher durch einen großen eisernen Ofen stark erwärmt wird.

Man hat beobachtet, dass die reine Luft nur durch die untere Hälfte der Einströmungs-Rosetten mit bemerkbarer Geschwindigkeit einströmt und rasch von dort herabsinkt. Dieses hängt ohne Zweifel damit zusammen, dass die Zufluss-Oeffnungen im Verhältniss zu den Abfluss-Oeffnungen reichlich groß sind und die durch die Rosetten einfließende Luft kälter war als die im Saale.

Während der Sitzung steigt die Temperatur im Saale stündlich ungefähr um 1°.

Heizung findet noch statt bis 16° Außentemperatur im Schatten, weil die Luft im Kellergeschoss sich abkühlt. Bei hoher Außentemperatur wird eine Abkühlung der Luft bei der Einführung von außen dadurch erzielt, dass aus Bräusen ein starker Sprühregen hervorgebracht wird.

Die Abendbeleuchtung ist oberhalb des Saaloberlichtes angebracht; in Folge dessen findet auch bei Abendsitzungen ohne Nachtheil die abwärts gerichtete Ventilation statt. Doch bewirkt die Gasbeleuchtung durch Strahlung noch eine Temperatur-Erhöhung um ungefähr 2°.

§ 20.

Schlussbemerkungen.

Wie ist endlich nach allen vorgetragenen Erklärungen, Diskussionen, Regeln und Beispielen die Frage zu beantworten: „Welches ist das beste Ventilationssystem?“

Je mehr man in das Wesen des Gegenstandes eindringt, desto fester wird die Ueberzeugung, dass diese Frage nicht allgemein beantwortet werden kann, dass es kein absolut bestes Ventilationssystem giebt.

Einfachheit in der Anlage und Behandlung begründet immer einen sehr wesentlichen Vorzug, doch macht die Einfachheit allein eine

Ventilations-Einrichtung noch nicht zu einer unter allen Umständen zweckmässigen oder gar zu der zweckmässigsten.

Irgend ein System, das unter gewissen Umständen sich als unübertrefflich bewährt, erfüllt unter anderen Umständen seinen Zweck nicht. Jeder besondere Fall verlangt eine besondere Beurtheilung mit Berücksichtigung örtlicher, zwecklicher, pekuniärer und anderer Verhältnisse. Nur mit genauer Berücksichtigung der speziellen Bedingungen und Einfluss äussernden Verhältnisse kann man für einen bestimmten Fall zu behaupten wagen, dass da dieses oder jenes System als das beste zu betrachten oder am meisten zu empfehlen sei.

Wenn ein Praktiker hofft, aus diesem oder einem anderen Buche Alles das unmittelbar entnehmen zu können, was er braucht, um die besten Ventilations-Einrichtungen auszuführen, wird er sich täuschen. Wer sich mit Sicherheit auf diesem Gebiete bewegen will, muss nicht nur allgemeine und fachliche Studien gemacht, sondern selbst viel beobachtet haben, dann sich mit der Spezial-Litteratur vertraut halten und — denken!



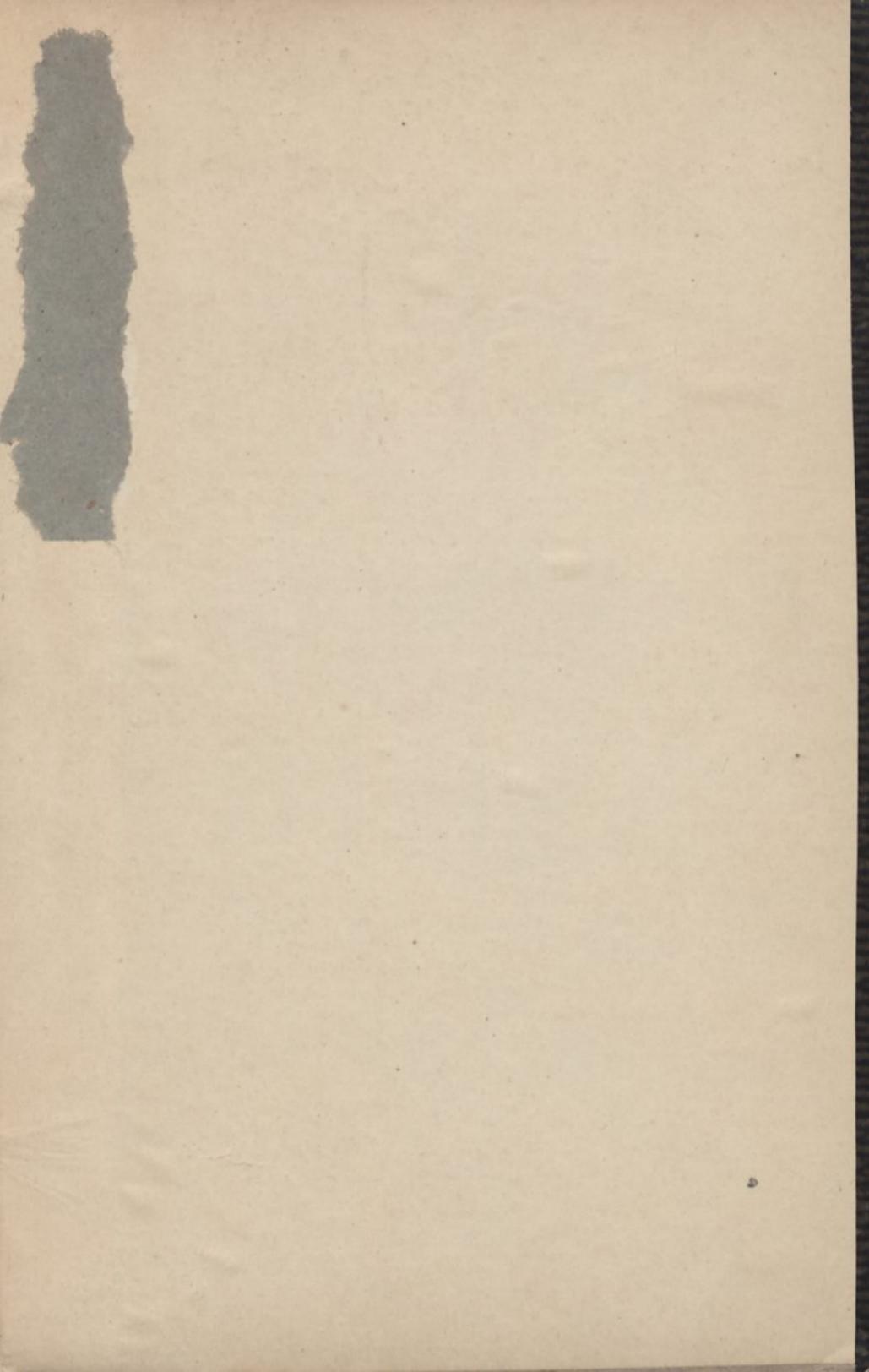
W. Moeser Hofbuchdruckerei, Berlin, Stallschreiberstr. 34. 35.



BERLIN.

W. Moeser Hofbuchdruckerei

Stallschreiber-Strasse 34. 35.





BIBLIOTEKA GŁÓWNA

350712L/1