

WEBERS ILLUSTRIRTE KATECHISMEN.

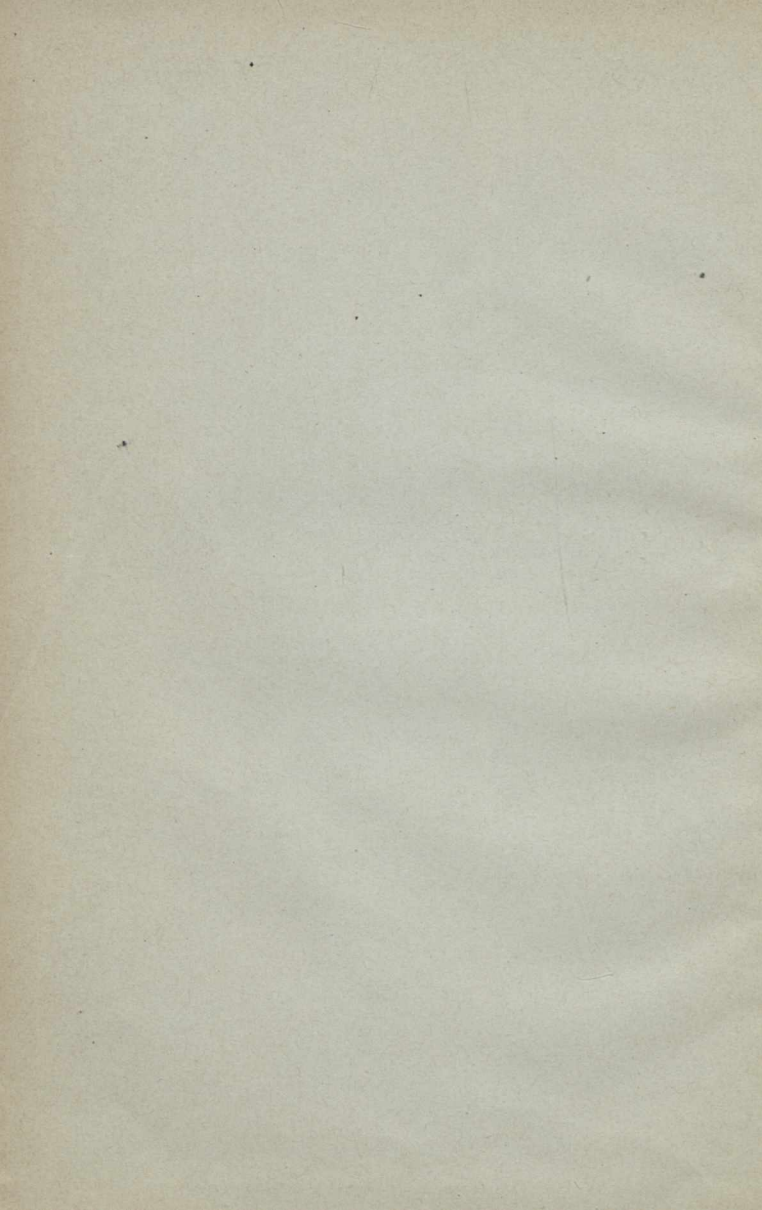
No 26

D ü r r e .

H ü t t e n f u n d e .

4 M 50 pf

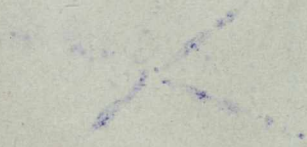
LEIPZIG, VERLAG VON J. J. WEBER.



Catechismus

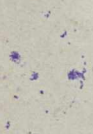
der

Allgemeinen Hüttenkunde.



Handwritten text, possibly a title or header, mostly illegible due to fading.

Handwritten text, possibly a name or date, mostly illegible due to fading.



Handwritten text, possibly a name or date, mostly illegible due to fading.



Allgemeine Süßtenkunde.

Von

Dr. E. F. Dürre,

Professor am Polytechnicum in Aachen.



Mit 209 in den Text gedruckten Abbildungen.



P1082
kl

Leipzig

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber

1877


1935.743



Inv. 23546.



Vorwort.

ie Herausgabe eines Katechismus der Allgemeinen Hüttenkunde als Glied der großen Reihe illustrirter Katechismen empfahl sich aus verschiedenen Gründen. Einmal verlangte das Hütten-gewerbe, die materielle Grundlage des Ingenieurwesens, der Maschinenfabrikation und mechanischen Technologie, eine derartige Berücksichtigung; dann aber erschien es bei der in die weitesten Kreise gedungenen wirthschaftlichen Bewegung, welche die Hüttenindustrie und Metall-waarenfabrikation vornehmlich berührt, gerechtfertigt, auch dem größeren Publicum Gelegenheit zu geben, sich über das eigentliche Leben und Treiben des Hüttenwesens wie über alle wissenschaftlichen Fragen, die es bewegen, unterrichten zu können.

Während das vorliegende Werkchen die allgemeinen Grundlagen des Hüttenbetriebes behandelt und dabei die Wärmeproduction, den Bau der Oefen und allgemeineren

Hülfsvorrichtungen eingehender behandelt, sollen in späteren Veröffentlichungen gleicher Form die einzelnen Zweige der Metallfabrikation berücksichtigt werden.

Indem der Verfasser die Hoffnung ausspricht, daß seine Arbeit zur allgemeinen Belehrung über die bezüglichen Gegenstände beitragen möge, glaubt er auch dem Fachmann die Durchsicht des Werkes empfehlen zu können, da er bemüht gewesen ist, alles Hypothetische auszuscheiden und nur das technisch Sicherstehende zu geben. Dabei hat er auf die allerneuesten, in den eigentlichen Lehrbüchern der Metallurgie theilweise noch nicht erwähnten Einrichtungen und Erfahrungen vielfach Bezug genommen.

Kachen, im August 1877.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Vorbemerkungen	3
Erster Abschnitt.	
Von den Eigenschaften der Metalle . .	8
Erstes Kapitel.	
Von den äußeren Kennzeichen und Eigenschaften der Metalle	9
Zweites Kapitel.	
Von den durch physikalische Versuche erkennbaren Eigenschaften der Metalle	13
Drittes Kapitel.	
Von dem Verhalten der Metalle gegen Licht, Wärme, Electricität und Magnetismus	20
Viertes Kapitel.	
Von dem chemischen Verhalten der Metalle	27

Zweiter Abschnitt.

Von den Materialien des Hüttenbetriebes	Seite 43
---	-------------

Erstes Kapitel.

Von den Erzen	44
-------------------------	----

Zweites Kapitel.

Von den Zuschlägen	88
------------------------------	----

Drittes Kapitel.

Von den Brennstoffen	91
a) Von dem Holze	92
b) Von der Holzkohle	104
$\alpha\alpha$) Die Verkohlung im Freien	107
$\beta\beta$) Die Verkohlung in Oefen und feststehenden Apparaten	129
c) Von dem Torfe	132
d) Von der Torfkohle	138
e) Von den Braunkohlen	139
f) Von den verkohlten Braunkohlen	147
g) Von den Steinkohlen und Anthraciten	148
h) Von den Cokes	165
$\alpha\alpha$) Vercofung mit Luftzutritt	169
$\beta\beta$) Vercofung ohne Luftzutritt	176
i) Von den flüssigen Brennstoffen	189
k) Von den gasförmigen Brennstoffen	192
$\alpha\alpha$) Ofengase	193
$\beta\beta$) Generatoren-gase	212

Dritter Abschnitt.

Von den Hüttenprocessen	253
-----------------------------------	-----

Erstes Kapitel.

Von den Hüttenprocessen auf trockenem Wege	257
a) Von der Wärmeproduction	259
$\alpha\alpha$) Von der Verbrennung gasförmiger Brennstoffe	276

	Seite
ββ) Von der Verbrennung flüssiger Brennstoffe.	288
γγ) Von der Verbrennung fester Brennstoffe	290
b) Von den calorischen Processen	307
c) Von den Oxydationsprocessen	308
d) Von den Reductionsprocessen	309
Zweites Kapitel.	
Von den Hüttenprocessen auf nassem Wege	311
a) Von den Lösungsprocessen	312
b) Von den Fällungsprocessen	315
Drittes Kapitel.	
Von den elektrochemischen Hüttenprocessen	315
Viertes Kapitel.	
Von den mechanischen Hüttenprocessen	316
a) Von den mechanischen Vorbereitungsprocessen	316
b) Von den mechanischen Hilfsprocessen	317
c) Von den mechanischen Vollendungsprocessen	317
Vierter Abschnitt.	
Von den Apparaten des Hüttenbetriebes	319
Erstes Kapitel.	
Von den Apparaten zur Ausführung der Hüttenprocessen auf trockenem Wege	320
a) Von den Defen	320
αα) Von den Heerden und Schachtöfen	321
ββ) Von den Flammöfen	326
γγ) Von den Gefäßöfen	345
b) Von den Nebenapparaten	348
Zweites Kapitel.	
Von den Apparaten zur Ausführung der Hüttenprocessen auf nassem Wege	351

Drittes Kapitel.

	Seite
Von den Apparaten zur Ausführung der mechanischen Hüttenproceſſe	353
a) Von den Zugerzeugern	354
$\alpha\alpha$) Von den Eſſen und Erhäuſtoren	354
$\beta\beta$) Von den Gebläſen	360
b) Von den Winderwärmungsapparaten	373
$\alpha\alpha$) Von den Winderwärmungsapparaten mit Wärmeübertragung durch Leitung	375
$\beta\beta$) Von den Winderwärmungsapparaten mit abwechſelnder Aufſaugung und Uebertragung von Wärme	388
c) Von den Aufzügen und Transportmitteln	398
d) Von den Bearbeitungsapparaten	400

Fünfter Abſchnitt.

Von den Producten des Hüttenbetriebes	405
---	-----

Katechismus
der
Allgemeinen Hüttenkunde.

Vorbemerkungen.

1. Was versteht man unter Hüttenkunde?

Unter Hüttenkunde überhaupt versteht man die Kenntniß von der technischen Verarbeitung der Erze und der Darstellung der Metalle aus denselben. Der Begriff der Hüttenkunde ist seiner Ausdehnung nach in den verschiedenen Zeiten sehr verschieden aufgefaßt worden. Aus den Beschreibungen der alten Hüttenprocesse, wie sie Agricola, Laz. Ercker, Swedeborg, Schlüter u. A. geliefert, entstand unter Anwendung wissenschaftlicher Lehrsätze die Metallurgie, als theoretische Behandlung der technischen Erfahrungen. Lampadius und Karsten brachten die Summe derselben zuerst in ein bestimmtes System, Rammelsberg sonderte die Theorien von der technischen Beschreibung und gab jene für sich als Lehrbuch der chemischen Metallurgie heraus, Plattner, Richter und Bruno Kerl gingen auf dem von Karsten eingeschlagenen Weg weiter und gaben Vorlesungen über allgemeine Hüttenkunde und Handbücher der metallurgischen Hüttenkunde heraus.

Die anderen Nationen behielten die Benennung Metallurgie bei, welche von Lesoinne und Gillon in Lüttich, Percy in London, Leplah, Rivot und Gruner in Paris ihren bezüglichen Arbeiten vorangesezt worden ist.

2. Wie theilt man das Gebiet der Hüttenkunde ein?

Eine Theilung der gesammten Hüttenkunde findet statt nach den verschiedenen im Großen technisch darstellbaren Metallen; es

entstehen dadurch verschiedene Gruppen von ungleichem Umfang und von ungleicher Wichtigkeit. Die Hüttenkunde des Eisens z. B. erfordert eine weit ausführlichere Behandlung wegen der großen Anzahl von Vorrichtungen und Apparaten, mit welchen die Eisenindustrie arbeitet, während die Hüttenkunde der übrigen Metalle in der technischen Ausstattung einfacher, in den Vorgängen und Processen selbst aber complicirter erscheint. Man faßt deshalb gern die Behandlung der genannten Metallgewinnungsmethoden zusammen und spricht von einer Metallhüttenkunde im Gegensatz zu einer Eisenhüttenkunde.

Um unnütze Wiederholungen zu vermeiden, hatte man schon früher die gemeinschaftlichen theoretischen Grundlagen und mancherlei technische Hülfsmittel der verschiedenen Prozesse zu einem einleitenden oder präparativen Theil der Hüttenkunde vereinigt, der sich in neuester Zeit durch gesteigerte Anwendung der wissenschaftlichen Forschungen auf die Praxis zu einem wichtigen, die Grundlage des metallurgischen Studiums bildenden Zweig ausgebildet hat.

Man belegt denselben nach dem Vorgange von Kerl, Gruner u. A. speciell mit der Bezeichnung: Allgemeine Hüttenkunde, fr. Métallurgie générale, und vereint darin so viel als möglich alle theoretischen Grundlagen der gesammten metallurgischen Praxis.

Neueste Literatur: Kerl, „Leitfaden der allgemeinen Hüttenkunde“. Leipzig, Felix 1872.

Gruner, „Traité de Métallurgie“. Ière part. Paris, Dunod 1875.

Beniger systematisch und geordnet:

Percy, „Metallurgy. I. part: Introduction fuel, refractory materials“ etc. London 1875.

3. Welchen Verlauf nimmt durchschnittlich die Metallgewinnung im Großen und welche Operationen kommen im Allgemeinen dabei vor?

Die Metallgewinnung empfängt aus der Hand des Bergbaues oder des Steinbruchbetriebs ihre natürlichen Materialien in rohem Zustand, und in einzelnen Fällen durch besondere

mechanische Proceſſe, die Aufbereitungsproceſſe, gereinigt von nicht verwerthbaren oder von ſchädlichen Gemengtheilen. Nach vorausgegangener Unterſuchung der Zuſammeneſetzung des Rohmaterials wählt man zur Verarbeitung den Proceß oder die Reihe von Proceſſen, durch welche aus dem vorhandenen Material die beſtmögliche Qualität des Products erreicht werden kann. Dieſe Wahl wird gewöhnlich erleichtert durch vorhandene praktiſche Erfahrungen bei der Verarbeitung analoger Rohmaterialien, doch muß ſie immer von Neuem durch wiſſenſchaftliche Hülfsmittel unterſtützt werden, unter welche in erſter Reihe die chemiſche Analyſe oder mindedeſtens die metallurgiſche Probe gehören. Hat man den techniſch richtigen Weg gefunden, ſo zeigt es ſich bald, ob man auch ökonomiſch richtig operirt hat, oder ob im Intereſſe der eigenen Finanzen anders gehandelt werden muß. Bei den meiſten Metallen, mit Ausſchluß des Eisens und einiger anderen in geringer Menge fabricirten Metalle, erhält man durch die Erzverarbeitung ein Rohproduct, das noch nicht verkäuflich iſt, oft nur ein etwas verändertes, reicher und reiner gewordenes Erz. Es müſſen der Erzverarbeitung noch ein oder mehrere Proceſſe folgen, welche das Rohproduct ganz umgeſtalten und in Rohmetall verwandeln und dieſes dann raffiniren d. h. zum Verkauf nochmals reinigen oder welche direct die Raffination bezwecken.

4. Welche Elemente der allgemeinen Hüttenkunde entwickeln ſich aus der vergleichenden Betrachtung der geſammten Hüttenproceſſe als unabhängige Kapitel?

1) Die Beſprechung der Eigenſchaften der Metalle, ſoweit ſie die Gewinnungsmethoden theoretisch begründen und bedingen. Dieſe Eigenſchaften können äußere und innere d. h. phyſikaliſche und chemiſche ſein. Das Vorhandenſein der gleichen Eigenſchaft in verſchiedenem Grad bei zwei Metallen, das Fehlen einer Eigenſchaft bei einem Metall, während andere mit demſelben vorkommende Metalle die bewußte Eigenſchaft zeigen, — dieſe Umſtände können die techniſche Trennung zweier Metalle und die beſondere Gewinnung eines jeden überhaupt ermöglichen

oder bedeutend erleichtern. Es sind hierbei natürlich nur diejenigen Metalle berücksichtigt, deren Darstellung in technischer Weise d. h. im Großen geschieht.

2) Die Lehre von den Materialien des Hüttenbetriebs, wie sie die natürlichen Verhältnisse liefern und wie sie von speciellen Industrien geliefert oder als Abfälle zur Verfügung gestellt werden. Zunächst handelt es sich um die in der Natur vorkommenden verarbeitbaren Verbindungen der zu gewinnenden Metalle, um die Erze, dann um metallhaltige Nebenproducte der Industrie, auch der metallurgischen. Demnächst gehören hieher allerlei Mineralsubstanzen, die zur Ergänzung der metallurgischen Reactionen den Erzen bei der Verarbeitung zugegeben, oder wie man technisch sagt zugeschlagen werden müssen: die Zuschläge. Dann sind die zur Wärmeentwicklung dienenden Brennstoffe, eigentlich das wichtigste Material der gesammten Industrie, zu erwähnen, welche in natürlicher Gestalt sowohl als auch in künstlicher Form zur ausgedehntesten Verwendung kommen.

3) Die Kenntniß der Hüttenprocesse d. h. der Summe der chemisch-physikalischen Reactionen, welche den Uebergang des Metalls aus der vererzten Form, dem natürlichen Zustand, in den für die Industrie zweckmäßigen erwünschten Zustand vermitteln, bildet das nächstwichtige Element der Betrachtung. Sie sind eben so abhängig von den Eigenschaften der bezüglichen Metalle wie von der Beschaffenheit der in der Natur vorhandenen Rohmaterialien und der mit zu verarbeitenden Nebenproducte der Industrie. Theoretisch betrachtet beruhen die verschiedenen Hüttenprocesse auf einfachen chemischen und physikalischen Grundlagen; in der Praxis d. h. der Ausführung sind sie sehr verschieden und zum Theil sehr schwierig und complicirt.

4) Die Lehre von den Apparaten d. h. von den technischen Vorrichtungen, in denen die Hüttenprocesse verlaufen und welche zu diesen Processen selbst in engster Beziehung stehen müssen, bildet die nächste Gruppe der zu betrachtenden Einzelheiten. Sie sind sehr zahlreich und von sehr verschiedenartiger Construction — es gehören dazu alle Ofen, Hülfsmaschinen und Nebenvorrichtungen und nur eine gründliche Classification führt zu einer sicheren Orientirung.

5) Die Producte des Hüttenbetriebs können ebenfalls zusammengefaßt und als fünfte Gruppe der einschlägigen Dinge betrachtet werden. Doch lassen sich von einem gemeinschaftlichen Standpunkte aus nur die Hauptcharaktere der Hüttenproducte schildern, da die volle Charakteristik zu viele Beziehungen auf die einzelnen Proceße selbst bieten würde und besser im Anschluß an die specielle Beschreibung zu schildern ist.

Erster Abschnitt.

Von den Eigenschaften der Metalle.

5. Wie lassen sich die Eigenschaften der Metalle am Besten eintheilen?

Man unterscheidet äußere (oberflächliche) Eigenschaften, deren Wahrnehmung ohne Experimente geschehen kann, ferner Eigenschaften, welche durch Versuche festgestellt werden, die den physikalischen Zustand des Metalls zum Theil verändern, und endlich Eigenschaften, welche ohne theilweise Veränderung der chemischen Natur des Metalls nicht gedacht werden können.

6. Was sind äußere d. h. oberflächliche Eigenschaften der Metalle?

Zu den äußeren oder oberflächlichen Eigenschaften gehören die Farbe, der Glanz, das Gefüge, die Krystallisation der Metalle. Sie lassen sich durch bloße Betrachtung des Metallbruches erkennen und beurtheilen.

7. Was sind die Eigenschaften der zweiten Gruppe?

Es sind zunächst die Eigenschaften, die aus der Gruppierung der kleinsten Theile hervorgehen, die Härte, Sprödigkeit, Festigkeit, Elasticität und die Dichtigkeit oder Schwere. Dann gehören noch hieher die Eigenschaften, welche in den Metallen bei der Einwirkung von Wärme, Licht, Electricität und Magnetismus vorübergehend oder dauernd entwickelt werden.

8. Welche Eigenschaften lassen sich nur mit Veränderung der chemischen Natur der Metalle erkennen?

Diese letzte Gruppe von Eigenschaften geht hervor aus den chemischen Beziehungen der Metalle zu anderen Elementen und zu Verbindungen; man erkennt sie an den in Folge gegenseitiger Einwirkung eintretenden Reactionen. Besonderes Interesse erregen die Beziehungen zu einigen Elementen, die, wie Sauerstoff, Schwefel, Chlor, Silicium und Kohlenstoff, sich unter wechselnden Umständen mit den Metallen verbinden, dann auch die daraus hervorgehenden secundären Beziehungen der entstandenen Metallverbindungen zu einer oder zu anderen nicht metallischen zusammengesetzten Substanzen, wodurch der Umtausch einzelner Verbindungselemente und die Bildung neuer Atomgruppierungen herbeigeführt wird.

Erstes Kapitel.

Von den äußeren Kennzeichen und Eigenschaften der Metalle.

9. Welche Farben haben die Metalle, deren Kenntniß von Interesse für die Hüttenkunde ist?

Die Farbenreihe der wichtigeren Metalle ist eine sehr einfache und beschränkte. Mit geringen Ausnahmen liegen die Farben der Metalle zwischen einem gelblichen oder bläulichen Weiß und einem dunklen Grau. Nur das Gold und das Kupfer so wie ihre Legirungen zeigen abweichende Farben; das erstere hat eine gelbe, das andere eine eigenthümliche zartrothe Färbung, doch nur auf dem frischen Bruch (im Uebrigen eine durch Oxydation veränderte, dunklere Farbe).

10. Welche Einflüsse verändern die Farben der Metalle?

Fremde Bestandtheile, auch in geringen Mengen, verändern die ursprüngliche Farbe eines Metalls, wogegen physikalische Aenderungen ohne großen Einfluß bleiben.

Eisen wird weiß durch Verbindung mit Kohlenstoff, Silicium, Schwefel, Phosphor u. a. Körpern. Kupfer wird braungelb

und gelb, schließlich weiß durch wachsende Zusätze von Zinn und Zink; eben so verändert es die Farbe durch Aufnahme von Schwefel, Arsen und Antimon zc. Das Gold wird weiß durch Silber, röthlich durch Kupferzusätze, graugelb durch Legiren mit Stahl=abfällen, weiß durch Amalgamiren (Verbinden mit Quecksilber).

11. Was versteht man unter dem Glanz der Metalle?

Der Glanz der Metalle ist eine eigenthümliche Oberflächenerscheinung, welche vorzugsweise in einer starken Lichtreflexion, verbunden mit dem Eindruck absoluter Nichtdurchsichtigkeit, besteht. Dadurch unterscheidet sich auch der Metallglanz vom Glanz durchsichtiger und durchscheinender Substanzen, besonders dem Glasglanz und dem höchsten Grad desselben, dem Diamantglanz. Der Glanz der Metalle wird durch Glätten und Poliren gesteigert, besonders bei manchen sehr harten oder sehr dichten Metallen, z. B. dem Stahl, dem Silber und Gold.

12. Wodurch wird der Glanz der Metalle verändert?

Der Glanz wird verändert durch fremde Ausscheidungen in dem Metall und durch Oberflächenveränderungen. Das Roheisen bietet ein interessantes Beispiel für die Verschiedenartigkeit des Glanzes in demselben Metall. Krystallisirtes weißes Roheisen, bekannt unter der technischen Bezeichnung „Spiegel-eisen“, zeigt fast starken Glasglanz; körniges graues Roheisen, wie es noch jetzt zum Kanonenguß in Schweden erblasen wird, hat einen mittelstarken Metallglanz. Der im Roheisen meistens vorhandene mechanisch ausgeschiedene Kohlenstoff, der sogenannte Graphit, besitzt einen dem Fettglanz der Steinkohle sich nähernden Glanz. Das selten vorkommende ausgeschiedene Silicium theilt dem Roheisengraphit einen seidenartigen Schimmer mit. Aus diesen Elementen setzt sich die Erscheinung des Glanzes verschiedener Roheisensorten zusammen. Auch die mehr oder minder größere Textur verändert die Glanzerscheinung der Metalle; feinkörnige Textur sieht matter aus als grobkörnige. Schnittflächen weicher Metalle, z. B. des Bleies, haben dagegen den stärksten Glanz, da hier durch das Schneiden eine Politur der Schnittflächen bewirkt wird, die den Glanz steigert.

13. Was versteht man unter Textur oder Gefüge der Metalle?

Auf jeder Metallbruchfläche erblickt man mit bloßem oder mit bewaffnetem Auge eine bestimmt gruppirte Anordnung von Körnern, die das Ganze zusammensetzen. Die Größe, die Gestalt und die Gruppierung dieser Körner sind bei den verschiedenen Metallen, wie auch bei den Arten desselben Metalls außerordentlich verschieden. Alle diese Merkmale setzen den Begriff des Gefüges oder der Textur zusammen und entspringen ihrerseits aus der Krystallisation des betreffenden Metalls.

14. Welche Arten von Gefüge lassen sich auf den frischen Bruchflächen unterscheiden?

Man unterscheidet zunächst gleichmäßiges und nichtgleichmäßiges Gefüge (homogen und nicht-homogen), dann als specielle Formen des Kornes strahlig und blättrig, ferner in Bezug auf die Größenverhältnisse grobes und feines Korn, endlich in Bezug auf die Anordnung sehniges, zackiges, hakiges, körniges, dichtes und unebenes Gefüge. Durch Combination dieser verschiedenen Charaktere entstehen eine Unzahl von Varianten, welche sich bei den verschiedenen Zuständen der Metalle nachweisen lassen und in Verbindung mit der Farbe des Bruchs ein Urtheil über Eigenschaften und Behandlungsweise der betreffenden metallischen Substanzen gestatten.

15. Welche Umstände können das Gefüge der Metalle verändern?

Das Gefüge der Metalle wird hauptsächlich verändert durch die Art vorgängiger Bearbeitung, Erhitzen und Abkühlung, überhaupt durch verschiedene mechanische Behandlung. Erhitzen und darauf folgendes rasches Abkühlen bringt bei einfachen Metallen stets eine feinere Textur hervor als dasselbe Metall langsam abgekühlt zeigt; bei Legirungen und Metallverbindungen verhindert oft die rasche Abkühlung das Ausscheiden einzelner sichtbarer Elemente oder Componenten (Auskrystallisiren bestimmter Zinnlegirungen in der Bronze) oder sie verändert den Charakter des Gemisches und damit auch die ursprüngliche Textur (Abschrecken von Roheisen und Stahl).

16. Welche Krystallisationen kommen bei den Metallen vor und unter welchen Umständen zeigen sie sich?

Wenn Metalle, in geschmolzenen Zustand gebracht, langsam und in dickeren Massen erstarren, bilden sie leicht Hohlräume, welche mit Krystallisationen ausgekleidet sind. Man kann aber solche Bildungen auch absichtlich und dann weit sicherer hervorbringen, wenn man eine geschmolzene Metallmasse abkühlen läßt, dann die erstarrte Decke zerschlägt und den noch flüssigen Theil der Masse ausgießt. Besonders Wismuth giebt dann glänzende Krystallisationserscheinungen, doch auch Roheisen kann auf diese Art zum Krystallisiren gebracht werden. Außer diesen in Drusenräumen auftretenden Krystallen zeigen viele Metalle auch auf dem gewöhnlichen Bruch ein sehr deutliches Krystallgefüge, das oft Aufschluß über die Grundformen des herrschenden Systems giebt.

Bei der Betrachtung der meisten metallischen Krystallisationen mittelst vergrößernder Instrumente sieht man, daß die einzelnen Individuen rundliche mit blasiger, geflossener Außenfläche versehene Körner sind, welche nichts von der Deutlichkeit der aus wässerigen Lösungen herstammenden Krystalle besitzen. Höchst selten treten scharfkantige und glattflächige Bildungen auf, die zum Messen der Winkel brauchbar sein würden.

Vielfach finden sich gerade bei Metallen Krystallanhäufungen zu baum-, moos-, farnblätterartigen Bildungen, die in ihren einzelnen Gruppierungen bestimmte Anwachsebenen zeigen, aus deren Winkeln man einen Schluß auf das betreffende Krystallsystem ziehen kann.

Am Häufigsten sind Krystallisationen im regulären oder tesseralen System; sie finden sich bei Platin, Gold, Silber, Kupfer, Blei und Eisen, vermuthlich auch bei Zinn und Zink. Im zwei- und einaxigen oder tetragonalen System krystallisirt wahrscheinlich nur das Zinn, im ein- und einaxigen oder rhombischen System das einzige constituirte Carburet des Eisens, das Spiegelisen. Das drei- und einaxige oder hexagonale System zeigen Antimon, Arsen und Zink, während das Wismuth in würfel-ähnlichen Rhomboedern krystallisirt. Zink und Zinn sind nach

dem Gesagten mithin dimorph, d. h. sie können nach zwei verschiedenen Krystallsystemen sich ausbilden.

17. Macht man von der Krystallisirbarkeit der Metalle Gebrauch und welchen?

Man kann sich der Krystallisirbarkeit der Metalle bedienen, um ein Urtheil über die Qualität zu gewinnen (Krystallisationsproben bei festem Gießereiroheisen), um Unreinigkeiten nachzuweisen (Erscheinen der Antimonspiegel auf Blei, das durch Wasserdampf raffinirt wurde), und um Trennungen im Großen auszuführen (Entsilberung des Werkbleies durch den Pattinson'schen Proceß).

Zweites Kapitel.

Von den durch physikalische Versuche erkennbaren Eigenschaften der Metalle.

18. Was versteht man unter Cohäsion der Metalle?

Die Cohäsion der Metalle ist der Widerstand gegen Trennung durch fremde Kräfte. Die Cohäsion ist in den einzelnen Metallen sehr verschieden und wird auch durch verschiedene Behandlung derselben verändert. Sie ist eine Folge des Gefüges und von den Aenderungen des Gefüges abhängig.

19. Gibt es ein Maß der Cohäsion und welches?

Das beste Maß der Cohäsion (eines Metalls) ist die Ermittlung der Zerreißfestigkeit oder der absoluten Festigkeit, wobei man von einer bestimmten Querschnittseinheit ausgeht, dem Quadrat Zoll, Quadratcentimeter oder auch, um nicht zu große Werthe zu erhalten, dem Quadratmillimeter.

Die absolute Festigkeit beträgt pro Quadratmillimeter:
für Roheisen 6,65 Kilo — 24,10 Kilo (bei Kanonenguß — 30,65 Kilo)

„ Schmiedeeisen	21,50	„ —	134,15	„
„ Stahl	44,20	„ —	146,15	„

Bibliothek
Pol. Wrocl.

für Kupfer	13,15 Kilo	—	50,75 Kilo
„ Zinguß	1,975 Kilo		
„ gewalztes Zinn	13,15 Kilo	—	156,00 „
„ Zinn	2,29	„ —	4,735 „
„ Blei	0,635	„ —	2,325 „
„ Aluminium	10,77	„ —	20,275 „
„ Silber	28,80	„ —	41,35 „
„ Gold	14,45	„ —	33,15 „

Die großen Unterschiede zwischen den Grenzwertthen rühren von der verschiedenen Bearbeitung der betreffenden Metalle her, welche einen sehr großen Einfluß auf die Festigkeit ausübt.

Die hohen Zahlen beziehen sich meist auf gehämmerte und gewalzte, die höchsten Werthe einiger, z. B. von Schmiedeeisen, Stahl und Kupfer, aber ausschließlich auf gezogene Metalle.

20. Gibt es noch andere Ausdrücke für die Festigkeit der Metalle?

Außer der absoluten oder Zugfestigkeit unterscheidet man noch die rückwirkende oder Druckfestigkeit, so wie die Festigkeit gegen Zerbrechen, Abscheeren und Torsion, deren Bestimmung für die technische Verwendung der Metalle zwar sehr nothwendig, für die Kenntniß der metallurgisch wichtigen Eigenschaften derselben aber von geringerem Werthe ist. Nur die Zerbrechungsfestigkeit wird hie und da in einfacher Weise untersucht.

21. Welche auffälligen Eigenschaften der Metalle lassen sich noch auf die Cohäsion beziehen und zurückführen?

Die Härte, die Elasticität, die Sprödigkeit.

Unter Härte versteht man den Widerstand eines Körpers gegen das oberflächliche Eindringen eines anderen Körpers, gegen das Einschneiden, selbst gegen das Rizen. Der Widerstand gegen Abscheeren, die Abscheerungsfestigkeit, hängt auf das Innigste mit der Härte zusammen.

Galvert und Johnson haben durch Versuche eine Härtescala für die gebräuchlicheren Metalle festgestellt, bei der die Härte einer sehr harten englischen Roheisensorte = 1000 gesetzt worden ist.

Demnach folgen sich:

Stahl	mit 948 Einheiten
Platin	„ 375 „
Kupfer	„ 301 „
Aluminium	„ 271 „
Silber	„ 208 „
Zink	„ 183 „
Gold	„ 167 „
Kadmium	„ 108 „
Wismuth	„ 52 „
Zinn	„ 27 „
Blei	„ 16 „

Weicher noch als Blei sind Tantal, Natrium und Kalium, härter als Eisen die Legirungen von Osmium und Iridium und das Chrom.

Die meisten Metalle, vom Silber in obiger Reihe abwärts, haben die Eigenschaft abzufärben, besonders in sehr reinem Zustand, welcher der zunehmenden Weichheit überhaupt günstig ist. Fremde Beimischungen influiren schon bei geringem Maße auf den Härtegrad der Metalle; ebenso wirken darauf die Art der mechanischen Behandlung, die Anwendung der Wärme, Ausglühen, Ueberhitzen und Schmelzen, langsames und rasches Erstarren, Abschrecken u. s. w.

22. Was ist Elasticität?

Unter Elasticität versteht man die vorzugsweise den Metallen innewohnende Eigenschaft, eine durch fremde mechanische Gewalt hervorgebrachte Formveränderung nach dem Aufhören der Gewalt aufzuheben und die alte Form wiederherzustellen. Es geschieht dies auch bei den elastischsten Metallen nur bis zu einer gewissen Grenze und bezeichnet man mit dem Maß der einwirkenden Gewalt die Elasticitätsgrenze, eine für alle Constructionsaufgaben sehr wichtige Bestimmung, da sie die äußerste Grenze zulässiger Inanspruchnahme angiebt.

23. Was versteht man unter Sprödigkeit?

Sprödigkeit ist die Eigenschaft einer Substanz, eine durch äußere (mechanische) Wirkung verursachte Trennung der Mole-

cularaggregation weiter zu verbreiten, als eigentlich der Größe der einwirkenden Kraft entspricht. Hervorgerufen wird die Sprödigkeit wahrscheinlich durch innere gegenseitige Spannungen der Texturlemente, besonders der die Textur zusammensetzenden Krystalle, wobei aber wieder besondere Krystallformen einen weitergehenden Einfluß zeigen als andere. Doch auch amorphe Körper und Substanzen sind oft sehr spröde, z. B. die verschiedenen Gläser, welche bekanntlich kein krystallinisches Gefüge zeigen.

Spröde Körper springen bei der geringsten Veranlassung, einer unbedeutenden, doch plötzlich eintretenden Temperaturänderung, bei einem leichten Schlag, bei geringfügigem mechanischen Angriff der Oberfläche.

24. Welche Metalle sind spröde?

Von den Metallen und metallischen Legirungen sind nur diejenigen wirklich spröde, welche nicht im regulären System krystallisiren, während die regulär krystallisirenden Metalle (s. Frage 15) die Sprödigkeit nur bis zu einem gewissen Grade annehmen und dann nur in Folge abnormer Behandlung. Metalle werden spröde durch rasches Erstarren oder Abkühlen nach vorhergegangenem Schmelzen, beziehungsweise Erhitzen. Bei Legirungen tritt dagegen oft der umgekehrte Fall ein; Bronze, eine Verbindung von Kupfer und Zinn, wird hart und spröde, wenn sie langsam erstarrt, wogegen sie bei raschem Erstarren weicher und zäher ist. In hoher Temperatur sind viele Metalle spröde, welche bei gewöhnlicher Temperatur zu den festen und zähen gehören; so läßt sich beispielsweise das Kupfer in glühendem Zustand leicht zerbrechen, während es im kalten Zustand eine bedeutende Festigkeit zeigt. Andere Metalle weisen noch complicirtere Verhältnisse auf; das Zink, welches bei gewöhnlicher Temperatur unbiegsam und zerbrechlich ist, wird durch eine auf 150° C. steigende Erwärmung geschmeidig, läßt sich zu Blech auswalzen und zu Draht ziehen, ist dagegen in noch höheren Temperaturen wieder spröde und bei 200° C. sogar pulverisirbar.

25. Wie vermindert und beseitigt man die Sprödigkeit der Metalle?

Da für die technische Verwendung der Metalle die Sprödigkeit sehr hinderlich ist, muß man bei der Metallfabrikation und bei der Metallverarbeitung alle im Großen ausführbaren Mittel anwenden, um das Sprödewerden der Metalle zu hindern oder zu beseitigen. Zunächst sucht man die Metalle rein von allen Bestandtheilen darzustellen, welche spröde Verbindungen bilden können, z. B. Phosphor und Schwefel, so wie Silicium und Kohlenstoff im Schmiedeeisen und Stahl, Antimon und Arsen bei Blei und Kupfer, Eisen und Blei bei Zink u. s. f. Dann aber vermeidet man alle plötzlichen und raschen Abkühlungen der geschmolzenen resp. im glühenden Zustand gewonnenen Metalle, alle Bearbeitungen in nicht vollkommen geschmeidigem Zustand u. s. f. Ist beides nothwendig oder unvermeidlich z. B. beim Gießen mancher sehr kleinen Gegenstände aus diversen Metallen, beim Auswalzen und Aus Schmieden von Eisen und Stahl, beim Ziehen und Pressen von Kupferlegirungen zc., so muß ein besonderer Nachglüh- oder Auswärmproceß sich anschließen, um das günstigste Resultat zu erreichen und spröde, vielleicht nicht verwerthbare Producte zu vermeiden. Besonders bei dem Gießereibetrieb hat man viel mit der Sprödigkeit der Producte zu kämpfen und hier sind es die molekularen Spannungen, welche bei eigenthümlicher Massevertheilung des Gußstückes im erstarrenden Metall sich gebildet haben, die hauptsächlich die Erscheinungen der Sprödigkeit hervorbringen.

26. Was ist bezüglich der Dichtigkeit und Schwere der Metalle zu bemerken?

Die Dichtigkeit oder die Schwere der metallischen Substanzen variirt nach Gefüge, Temperatur der Beobachtung, Abkühlungsgrad und mechanischer Behandlung. Je dichter das Gefüge einer und derselben Substanz ist, um so schwerer muß sie in der Volumeinheit werden und es werden diejenigen Formen des Gefüges, welche ein genaues Aneinanderlagern der Einzel-

individuen leichter gestatten, stets die größere Schwere begleiten. Da die Temperatur auf die Dichtigkeit des Gefüges durch veränderliche Ausdehnung gleichfalls einwirkt, so ist auch die Temperatur im Augenblick der Beobachtung von Einfluß auf die Messung der Schwere eines Metalles. Die sämtlichen Gewichtsmessungen, namentlich die Bestimmung der specifischen Gewichte, gelten meist für die in der Physik angenommenen Grenzen der gewöhnlichen Temperatur. Da sich die Metalle wie alle Körper durch Erwärmen ausdehnen, so nimmt man an, daß mit Zunahme der Beobachtungstemperatur die Schwere sich vermindere; dem entsprechen auch die wenigen Erfahrungen, welche bezüglich der Schwere der Metalle in höherer Temperatur vorliegen. Eine Ausnahme macht das Verhalten mancher Mischungen und Legirungen metallischer Natur, wenn sie den Aggregatzustand verändern und dann noch überhitzt werden. So ist bei Gußeisen und Bronze eine Erscheinung beobachtet worden, welche auf einer Verdichtung des schmelzenden und einer Expansion des erstarrenden Metalls beruht und darin besteht, daß die festen Metalle auf den bezüglichen flüssigen Metallen schwimmen. (Vergl. Erstarren und Schwinden der Metalle im folgenden Kapitel.) Die Abkühlung der Metalle bringt je nach ihrem Verlauf auch verschiedene Aenderungen in den Gewichten der Metalle hervor. Im Allgemeinen ist bei rascher Abkühlung ein geringeres Gewicht zu constatiren als bei schnellem Kaltwerden; in einzelnen Fällen aber, wo durch rasches Erstarren und Abkühlen eine constitutive Aenderung der Substanz (bei Mischungen und Legirungen) eintritt, wie z. B. bei dem Roheisen und dem Stahl, entspricht die Verdichtung des Gefüges auch der raschen Abkühlung und umgekehrt.

Die mechanische Behandlung wirkt ähnlich wie der Uebergang aus einer Temperatur in die andere und ein stark bearbeitetes Metall wird bedeutend dichter sein, als im unbearbeiteten Zustand. Doch auch hier sind Anomalien zu constatiren, insofern, als bei einigen Metallen, z. B. dem gehämmerten im Gegensatz zum gegossenen Blei, einer starken Bearbeitung nicht immer die Zunahme des specifischen Gewichts entspricht.

27. Welches sind die specifischen Gewichte der Metalle?

Die nachfolgende Reihe giebt die Gewichte in abnehmender Folge mit Berücksichtigung besonderer Bearbeitungszustände.

Platin	21,0—21,74	} Ganz schwere Metalle. Gruppe des Goldes und Platins.
Iridium	21,15	
Osmium	21,4	
Gold	19,65 gegossen.	
—	19,5—19,65 bearbeitet.	
Uran	18,4	} Schwere Metalle. Gruppe des Silbers und Bleies.
Wolfram	18,2	
Quecksilber	13,596 (bei 0°)	
Rhodium	12,100	
Palladium	11,8	
Blei	11,380—11,445 rein.	
—	11,30—11,40 unrein.	
Ruthenium	11,40	
Silber	10,50—10,62	
Wismuth	9,80	
Kupfer	8,58—8,96 je nach Reinheit und Bearbeitung.	
Nickel	8,8	
Radium	8,6	
Molybdän	8,6	
Kobalt	8,5	
Mangan	8,0	
Eisen:		} Gewöhnliche Metalle. Gruppe des Eisens und Kupfers.
Stabeisen	7,352—7,912	
Draht	8,100	
Stahl	7,400—7,8	
geschmiedeter		
Gußstahl	— 8,1	
Roheisen	6,635—7,889	
Zinn	7,29	
— bearbeitet	7,30—7,47	
Zink	6,85—7,10	
Blech u. Draht	7,2—7,3	

Chrom	6,8	} Halbschwere Metalle. Gruppe des Arsens.
Antimon	6,7	
Arsen	5,63	
Aluminium	2,67	} Leichtes Metall.

Drittes Kapitel.

Von dem Verhalten der Metalle gegen Licht, Wärme, Elektricität und Magnetismus.

28. Wie ist das Verhalten der Metalle gegen das Licht?

Gegen das Licht verhalten sich die Metalle vollkommen neutral; sie sind ganz unempfindlich gegen die Einwirkung desselben.

29. Wie verhalten sich die Metalle gegen die Wärme?

Die Wärme übt auf die Metalle einen sehr starken Einfluß aus, der hauptsächlich dazu benützt wird, die metallurgischen Prozesse auszuführen und den gewonnenen Metallen die erforderliche mercantil gangbare Form zu geben. Setzt man die Metalle der Erwärmung aus und steigert dieselbe bis zu den höchsten technisch erreichbaren Hitzeegraden, um sie nachher wieder aufhören zu lassen, so bemerkt man drei Gruppen von Eigenschaftsveränderungen, die nach einander auftreten. Es sind die Zustände der Metalle beim Erhitzen bis zum Verändern des Aggregatzustandes, die Zustände während der Dauer des veränderten Aggregatzustandes, und die Zustände nach dem Erstarren bis zum vollständig Kaltwerden, welche diese Veränderungen bedingen.

30. Welche Veränderungen nimmt man an den Metallen wahr, wenn sie bis zum Eintritt eines anderen Aggregatzustandes erhitzt werden?

Die Metalle dehnen sich beim Erhitzen aus und zeigen gleichzeitig an der Oberfläche eine bemerkbare Veränderung, welche sich zuerst in einem mehr oder minder starken Farbenspiel, dem Anlaufen, äußert, später aber in das Erscheinen einer dicken

Oxydhaut übergeht. Während diese letzterwähnte Erscheinung bei den schwerer oxydirbaren Metallen erst in der Nähe der Rothgluth eintritt, zeigt sie sich bei den leichter oxydirbaren Metallen sehr bald und verkürzt die Dauer des eigentlichen Anlaufens. Die Farbenreihe des letzteren ist besonders deutlich bei dem Eisen und seinen Mischungen, bei dem Kupfer und seinen Legirungen, bei dem Bismuth und bei noch einigen selteneren Metallen. Blei und Zink zeigen die Anlauffarben nicht oder nur sehr undeutlich, eben so wenig sieht man sie bei dem Zinn, dem Silber, dem Gold und dem Platin.

Die Farben, wie sie bei dem Stahl und manchen harten Bronzen beobachtet werden, folgen sich stets in derselben Reihe und erscheinen in nachstehender Folge:

Safergelb,	Morgenroth,	Dunkelblau,
Goldgelb,	Purpurroth,	Hellblau,
Dunkelgelb,	Biolett,	Meergrün.

Nach dem Verschwinden dieser letzten Nuance erhält das betreffende Metall eine von seiner ursprünglichen und eigenthümlichen Färbung wenig abweichende Nuance, dann erscheinen die Farben nochmals, doch in schnellerer Folge und endlich beginnt die Erscheinung des Glühens.

Man macht von der angeführten Farbenreihe einen technischen Gebrauch beim Härten und Anlassen des Stahls für die verschiedenen Zwecke der Verwendung desselben, bei der Verzierung metallener Gegenstände mit bunten Ueberzügen u. s. f. Aehnliche Färbungen zeigen sich, wenn spröde Metalle heiß zerschlagen werden, auf dem frischen Bruch, z. B. bei weißem Roheisen; metallische Krystallisationen in Drusen, in welche Luft oder sauerstoffreiche Gasmischungen eindringen konnten, sind ebenfalls mit bunten Ueberzügen versehen.

31. Wie verläuft das Glühen der Metalle und bei welcher Temperatur?

Die Glühfarben der stark erhitzten Metalle gehen von einem bräunlichen Roth über zu einer klaren rothen Farbe, die an

Transparenz und Leuchtkraft immer mehr zunimmt, und allmählich in ein strahlendes Weiß von blendendster Wirkung sich verwandelt.

Die Gluthtemperaturen sind durch Pouillet u. A. gemessen und in folgender Höhe bestimmt worden.

Anfangendes Glühen	525°	Cels.
Dunkle Rothgluth	700°	"
Anfangende Kirschrothgluth	800°	"
Stärkere Kirschrothgluth	900°	"
Vollkommene Kirschrothgluth	1000°	"
Helles Glühen	1200°	"
Weißglühen	1300°	"
Starke Weißgluth	1400°	"
Blendende Weißgluth	1500—1600°	C.

Da man die Metalle selten höher, als zur Gießbarkeit nothwendig ist, erhitzt, so beobachtet man die zuletzt genannten Nuancen nur bei den strengstflüssigen, technisch als nicht schmelzbar zu bezeichnenden Metallen.

32. Welche Veränderungen in den Eigenschaften der Metalle zeigt der Uebergang aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand?

Der Uebergang aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand, das Schmelzen, geschieht nicht bei allen Metallen in gleicher Weise. Manche gehen plötzlich in den flüssigen Zustand über, während andere einen teigigen Zustand vor dem vollständigen Fluß durchlaufen. Diesen Zwischenzustand findet man besonders ausgeprägt bei ganz reinen, regulär krystallisirenden Metallen, z. B. dem Platin, Gold, Silber, Kupfer, Blei, Eisen, wiewohl nicht immer in gleichem Maße; während die übrigen reinen Metalle, besonders aber die Legirungen fast unmittelbar aus dem festen in den beweglich-flüssigen Zustand übergehen. Der teigige Uebergangszustand charakterisirt sich technisch noch dadurch, daß er zwei Stücke Metall geneigt macht, sich mit einander fest zu vereinigen, sobald sie unter Anwendung einer mechanischen Kraft in gegenseitige Berührung gebracht werden.

Diese Eigenschaft, die Schweißbarkeit, wird bei der Darstellung und Weiterverarbeitung besonders strengflüssiger Metalle, z. B. des Schmiedeeisens, des Platins u. a., sehr stark benutzt und kann in beschränkterem Maße auch bei vollkommen gießbaren Metallen z. B. Gußeisen verwerthet werden.

33. Bei welcher Temperatur schmelzen die technisch wichtigeren Metalle?

Die Schmelztemperatur der Metalle ist sehr verschieden und beträgt nach den Messungen Pouillet's, Becquerel's u. A.

für Zinn	239° C.
„ Wismuth	241—265° C.
„ Blei	323—334° „
„ Zink	412° C.
„ Antimon	432° „
„ Silber	916° „
„ Gold	1037° „
„ Kupfer	1000—1200° C.
„ Gußeisen	1050—1200° „
„ Stahl	1300—1400° „
„ Platin	1480° C.
„ Stabeisen	1600° „

Anderer Messungen ergaben für die vier letzten Substanzen weit höhere Werthe, hervorgerufen durch die Wahl der Methoden; die Bestimmungen Pouillet's sind mit Hülfe des Luftpyrometers und unter Beobachtung aller sonstigen Vorsichtsmaßregeln und Correctionen ausgeführt.

34. Welche Temperaturbestimmung ist für die Technik außer der Kenntniß des absoluten Schmelzpunktes von bedeutendem Werth?

Da man die meisten Metalle, wenn man sie zu schmelzen genöthigt ist, gießbar d. h. hinreichend dünnflüssig machen muß, um eine bedeutende Beweglichkeit herzustellen, so ist es erforderlich, sie weit über ihren Schmelzpunkt hinaus zu erhitzen und bei Construction und Bau der betreffenden Apparate die gehörige

Rücksicht darauf zu nehmen. Während Pouillet u. A. annahmen, daß Gußeisen bei $1050\text{—}1200^\circ$ schmilzt, hat Plattner mittelst einer anderen Bestimmungsmethode die Schmelztemperatur des Gußeisens auf $1500\text{—}1700^\circ$ festgestellt und calorimetrische Messungen in der Spandauer Geschützgießerei haben über 2200° als Temperatur von eben aus den Schmelzöfen gelassenem Eisen ergeben.

Bei der Schwierigkeit, die von der Physik für Temperaturen unter 100° bestimmten Coefficienten für specifische Wärme und für andere Functionen, auch für höhere Temperaturen zu bestimmen, ist es fast unmöglich, eine genaue calorimetrische Messung zu machen und es muß den auf der Ausdehnung und Contraction der Luft beruhenden Messungen Pouillet's u. A. der Vorzug gegeben werden.

35. Welche Metalle verdampfen bei einer technisch erzielbaren Temperatur und bei welcher?

Von den gebräuchlicheren Metallen verdampfen nur Quecksilber, Antimon und Arsen, Zink und Cadmium innerhalb der genannten Grenzen, wiewohl es keinem Zweifel unterliegt, daß bei manchen Hüttenprocessen auch andere Metalle noch in Dampfform auftreten, ohne als Metalle nachweisbar zu sein.

Beide zuletztgenannten Metalle verdampfen erst in heller Kirschrothgluth vollständig; obwohl die Angaben der betr. Physiker schwanken, so kann man doch den Siedepunkt auf ca. 900° legen (Becquerel fand 891 , Henri Ste. Claire Deville 1040°). Die anderen Metalle siedend und sublimiren bei Temperaturen unter der Rothgluth, doch muß auch hier wie beim Schmelzen der absolute Siedepunkt weit überschritten werden, wenn man gewisse technische Resultate erzielen will.

36. Welche Erscheinungen zeigen die geschmolzenen Metalle?

Außer der ihrer Schmelz- und Gießtemperatur entsprechenden Farbe (die bei Temperaturen über 525° eine von den weiter oben angegebenen Gluthfärbungen und Nuancen ist) kommen noch andere Färbungen vor, z. B. die meergrüne Farbe des

schmelzenden sehr garen Kupfers, die regenbogenfarbige Haut auf dem schmelzenden Blei u. s. f.

Nächst dem beobachtet man bei hohen Temperaturen ein lebhaftes moiréartiges Spiel auf der Oberfläche mancher Metalle und ein durch Abkühlungseinflüsse hervorgerufenes Wallen der Flüssigkeit.

Bei zunehmender Abkühlung von stark überhitzten Metallen gewahrt man oft das Erscheinen einer Krystallhaut auf der Oberfläche, und ein damit verbundenes Auftreten beweglicher stern- und linienartiger Figuren, das nach der Beschaffenheit des Metalls variiert und deshalb z. B. bei Roheisen als charakteristisches Merkmal der Qualität anwendbar ist. Die Hochofen- und Gießereingenieure so wie die Arbeiter der Hochofenanlagen und Eisengießereien sind sehr wohl im Stande, aus den auf der Oberfläche des geschmolzenen Roheisens sich zeigenden Figuren die Beschaffenheit desselben zu beurtheilen. Man nennt speciell die bezügliche Oberflächeerscheinung das Spiel und hat durch Erfahrung gefunden, daß das Eintreten und Aufhören desselben mit der Ausscheidung bestimmter mechanischer Bestandtheile von metallischen Substanzen und einer Dichtigkeitsabnahme zusammenhängt. Außer diesen meist krystallinischen Ausscheidungen beobachtet man oft noch mit Funkenauswerfen verbundene Blasenbildungen, die auf das Ausstoßen absorbirter und gelöst gewesener Gase hindeuten. Oft findet das Ausstoßen der Gase kurz vor dem Erstarren oder bei dem Erstarren statt und verursacht ein plötzliches Ausbrechen von Metall aus der glatten Oberfläche. So verschluckt das Silber beim Schmelzen Sauerstoff und stößt ihn beim Erstarren wieder aus, wobei tropfsteinartige Auswüchse auf der Oberfläche sich bilden; man sagt, das Silber sprakt. Eine ähnliche Ursache hat das Steigen des Kupfers, das Blasenwerfen des Bessemerstahls und anderer Schmelz- und Gußstahlarten, Erscheinungen, welche technische Schwierigkeiten in Menge hervorrufen und viele Vorsichtsmaßregeln erfordern.

37. Welche Eigenthümlichkeiten beobachtet man beim Abkühlen nach geschmolzenem Erstarren?

Nach erfolgtem Erstarren ziehen sich die Metalle um ein bestimmtes Maß zusammen, welches der anfänglichen Ausdeh-

nung durch die Erwärmung bis zum Schmelzpunkte entspricht. Außerdem beobachtet man aber bei größeren Metallmassen, welche in einer auf allen Seiten abkühlend wirkenden Form erstarren, ein starkes Zusammenziehen nach den zuerst erstarrten äußeren Schichten hin, welches, wenn nicht flüssiges Metall nachgegossen wird oder nachtreten kann, zur Bildung von Hohlräumen Veranlassung giebt, die manchmal größere Dimensionen annehmen können.

Abgesehen von diesem Saugen bei dem Erstarren größerer Massen tritt das Maß der Zusammenziehung erkaltender Metalle, das Schwindemaß, ziemlich gleichmäßig auf und wird ausgedrückt durch das Verhältniß der longitudinalen Zusammenziehung zur ursprünglichen Ausdehnung.

Es betragen die Schwindemaße der gebräuchlicheren Gußmetalle

Zinn	$1/173$ — $1/120$	im Mittel	$1/147$
Zink	$1/97$ — $1/65$	" "	$1/80$
Blei	$1/104$ — $1/86$	" "	$1/92$
Gußeisen	$1/98$ — $1/95$	" "	$1/97$

Für andere Metalle sind die besonders im Gießereibetrieb wichtigen Schwindemaße nicht ermittelt, dagegen die mancher Legirungen

Messing	$1/80$ — $1/50$	im Mittel	$1/64$
Glockenbronze	" "	" "	$1/63$
Statuenbronze	" "	" "	$1/120$
Kanonenbronze	" "	" "	$1/130$

Bei denjenigen Substanzen, welche kurz vor dem Erstarren eine Volumvermehrung erkennen lassen, setzt sich das Schwindemaß aus dieser Volumvermehrung und der nach dem Erstarren eintretenden Volumverminderung zusammen.

Das Flächenschwindemaß und das Cubischschwindemaß beträgt streng genommen so viel, als der zur zweiten und beziehungsweise zur dritten Potenz erhobene Ausdruck für die Größe des Longitudinalschwindemaßes. In der Praxis begnügt man sich im Modell damit, alle Abmessungen eines zu gießenden Gegen-

standes um so viel größer zu machen, als das Longitudinalschwundmaß des betreffenden Metalls es verlangt.

38. Welche Beziehungen haben die verschiedenen Metalle zu der Electricität und dem Magnetismus?

Die Beziehungen der verschiedenen Metalle zu der Electricität und dem Magnetismus, welche in der Physik verwerthet werden, haben zu einer technischen Anwendung nur ausnahmsweise und vorübergehend Veranlassung gegeben.

Viertes Kapitel.

Von dem chemischen Verhalten der Metalle.

39. Wie classificirt man die chemischen Beziehungen der Metalle?

Die chemischen Beziehungen der Metalle, so weit sie für das Studium der Metallurgie von Wichtigkeit sind, lassen sich am besten nach den verschiedenen Substanzen gruppiren, welche auf ein Metall einwirken und sich unter Umständen mit ihm verbinden können. Da die neuere Chemie alle Elemente nach bestimmten Typen geordnet hat, so empfiehlt es sich, die Beziehungen der Metalle ebenfalls nach diesen Typen zu ordnen.

Von den in der Chemie als Elemente isolirten Körpern sind bei der vorliegenden Betrachtung nur diejenigen von Interesse, welche bei der Behandlung der natürlichen Metallverbindungen, der Erze, und im Verlauf der Darstellungsprocesse eine technisch bemerkliche Wirkung äußern. Eine Trennung von metallischen und nicht metallischen Körpern ist nicht durchführbar, da dieser Unterschied durch die neuere Chemie fast verwischt ist. Betrachtet man die nachstehende Gruppierung der Elemente, in der alle weniger wichtigen Stoffe ausgelassen sind, so erkennt man leicht, daß Metalle und Nichtmetalle nach dem früheren Sinn sich oft als chemisch ähnliche und namentlich als gleichwerthige Elemente

zusammenfinden. Man kann unterscheiden (Katechismus der Chemie S. 32):

I. Wasserstoff, Normalelement	elektropositiv,	einwerthig.
II. Chlor, Brom, Jod u. Fluor	elektronegativ,	"
III. Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur	"	zweiwerthig.
IV. Stickstoff, Phosphor, Arsen, Antimon, Bismuth, Gold, Bor	"	dreiwerthig.
V. Kohlenstoff, Silicium, Titan, Zinn u. a.	"	vierwerthig.
VI. Platin und Platinmetalle, Wolfram, Molybdän, Ba- nadin	"	"
VII. Silber	elektropositiv,	einwerthig.
VIII. Quecksilber, Kupfer, Blei, Kadmium und Zink	"	zweiwerthig.
IX. Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Aluminium u. a.	"	"
X. Alkalische Erden	"	"
XI. Alkalien	"	einwerthig*).

Von den vorzugsweise Metalle genannten Elementen liegen die in der metallurgischen Industrie berücksichtigten, also im Großen zu gewinnenden Substanzen in den Gruppen IV—IX der vorstehenden Aufstellungen, obwohl auch noch die Elemente der Gruppen X und XI als Metalle gelten und man aus der Gruppe III des Tellur seiner äußeren Eigenschaften wegen gewöhnlich zu den Metallen rechnet. Auch dem Wasserstoffe wurde in neuerer Zeit der Charakter eines metallischen Elements zugeschrieben, weil er mit anderen Metallen einzelne Verbindungen eingeht, die den sogenannten Legirungen zu entsprechen

*) In dieser Zusammenstellung erscheint der Kohlenstoff nicht isolirt als gruppebildendes Element, sondern ist zu der Siliciumgruppe geschlagen worden, weil er sich den Metallen gegenüber fast genau so verhält wie das Silicium, und weil der besondere Charakter des Grundelements organischer Verbindungen hier wohl verschwinden kann.

scheinen. Es bleiben nur die Glieder der Gruppe II, der größere Theil der Gruppe III so wie die Hälfte der Gruppen IV und V als eigentlich nichtmetallische Elemente übrig, von deren chemischem Einfluß auf die gewöhnlicheren technisch verwertheten Metalle hier die Rede sein kann.

Die Beziehungen der genannten Metalle unter einander d. h. gegenseitig treten meist nur untergeordnet im Bereich der metallurgischen Theorie auf; sie sind wichtiger in der metallurgischen Technologie als in der Metallurgie selber.

Es wird das hier zu Besprechende demnach zerfallen in:

die Beziehungen zu der Chlorgruppe,			
"	"	"	Sauerstoffgruppe,
"	"	"	Stickstoffgruppe,
"	"	"	Kohlenstoffgruppe,
"	"		zu den Metallgruppen,

wobei die Metallsalze, so weit sie in Frage kommen, sich an die Betrachtung des betreffenden Säureradicals anschließen lassen.

40. Welche Beziehungen haben die Metalle zur Chlorgruppe?

Die meisten Metalle haben eine starke Verwandtschaft zum Chlor, zum Brom, zum Jod und zum Fluor und bilden Verbindungen von sehr verschiedenem Charakter. Bei manchen ist dieser Charakter so stabil, daß, wie z. B. beim Silber, beim Kupfer und Blei die Chlor- resp. Jod-, Brom- und Fluorverbindungen in der Erzreihe des betr. Metalls auftreten, theils allein, theils in Verbindung mit Metallsalzen.

Im Uebrigen bilden sich Chlorverbindungen der Metalle:

α) bei bloßer Einwirkung von Chlorgas auf Metalle roher Metallverbindungen;

β) bei Behandlung von Metallen und Metallverbindungen mit chlorhaltigen Substanzen, entweder in hoher Temperatur, wobei die chlorhaltigen Zusätze sich verflüchtigen, oder in gewöhnlicher Temperatur mittelst Lösungen der chlorenthaltenden Verbindungen.

Man macht in der Technik von beiden Wegen Gebrauch: die Goldextraction (Plattnersche Methode), die Raffination des

Goldes (Methode von Miller) werden mit Chlorgas ausgeführt, die zusammengesetzten Silbererze mit Chloralkalien geröstet, um Chlorverbindungen des Silbers, Kupfers u. herzustellen und später leichter extrahiren zu können, arme Kupfererze, Gold und Silber, in strengflüssigen Gesteinen sparsam eingesprengt, mit Salzsäure oder Königswasser behandelt, endlich manche Metalle aus Lösungen durch Chloralkalien niedergeschlagen.

Die Chlormetalle zersetzen sich leicht, oft durch bloßes Glühen, Erhitzen mit Substanzen, deren Verwandtschaft zum Chlor größer ist, Erhitzen mit Wasserdampf und durch Fällung mittelst anderer Metalle.

41. Welche Beziehungen haben die Metalle zur Sauerstoffgruppe?

Die Beziehungen der Metalle zur Sauerstoffgruppe sind sehr bedeutend und wichtig, da die Sauerstoffgruppe zwei Elemente einschließen, deren Verbindungen mit den Metallen die überwiegende Mehrzahl der Erze ausmachen und das sorgfältigste Studium seitens des Metallurgen verdienen.

Es sind das der Sauerstoff und der Schwefel. Die Sauerstoffverbindungen der Metalle, die Oxyde und Säuren, bilden sehr bedeutende Erzclassen, nicht minder die Schwefelverbindungen, welche für einzelne Metalle, z. B. das Blei, das Kupfer, die Haupterze enthalten, Selen- und Tellurverbindungen treten auch auf aber weit seltener und nur bei einzelnen Metallen; Verwandtschaftsverhältniß und Verhalten sind die gleichen wie bei den Schwefelmetallen und irgend eine chemische Reaction verläuft bei den Selen- und Tellurmetallen eben so wie bei den Schwefelmetallen. Bei den Erzen bietet sich Gelegenheit, die Metalle zu erwähnen, welche besonders zu den beiden selteneren Elementen in der Natur sich gesellen.

42. Wie verhalten sich die Metalle speciell gegen den Sauerstoff?

Das Verhalten der verschiedenen Metalle gegen den Sauerstoff ist maßgebend für ihre Stellung in der früher angeführten Gruppierung; ist umgekehrt diese Stellung bekannt, so läßt sich

auf den Verwandtschaftsgrad zum Sauerstoff schließen. Die geringste Verwandtschaft unter den nutzbaren Metallen haben die Metalle der IV. Gruppe, den größten dagegen die der IX. Gruppe, welche darin nur noch von den Metallen der X. und XI. Gruppe übertroffen werden.

Es folgen somit nach einander:

Arsen,	Zinn,	Kupfer,	Eisen,
Antimon,	Platin,	Blei,	Mangan,
Wismuth,	Silber,	Kadmium,	Kobalt,
Gold,	Quecksilber,	Zink,	Nickel.

Von diesen Metallen verdrängt jedes einzelne das in der Reihe unmittelbar vorhergehende aus seiner Verbindung mit dem Sauerstoff, wiewohl Ausnahmen von dieser Reihenfolge stattfinden. Leicht erkennen läßt sich die Stellung eines Metalls in der Verwandtschaftsreihe durch Fällungsversuche mit verschiedenen Metalllösungen. Es kommen aber auch Widersprüche vor; so ist es beobachtet worden, daß aus metallurgisch dargestellten Laugen zuerst Silber, dann Kupfer, Nickel und Kobalt, ferner Antimon durch eingelegtes metallisches Eisen gefällt wurden. Eben so sind bei der galvanischen Fällung der Metalle aus gemischten Laugen eigenthümliche Erfahrungen gemacht worden.

Man macht von der ungleichen Verwandtschaft der Metalle in der Metallurgie vielfachen Gebrauch, besonders um Trennungen von Metallen in Rohproducten auszuführen, indem man das oxydablere Metall verschlackt, das weniger oxydable dagegen als Rückstand behält. Auch werden Fällungen in großem Maßstab bei manchen Trennungsmethoden ausgeführt.

43. In welcher Weise geschieht die Oxydation der Metalle?

Die Oxydation der Metalle kann geschehen bei gewöhnlicher Temperatur unter Luftzutritt, durch Erwärmen an der Luft oder mit Sauerstoff abgebenden Körpern, endlich auch bei der Behandlung von diversen Metallverbindungen unter oxydirendem Einfluß. Arsen, feinertheiltes Eisen und Kobalt oxy-

diren schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft, während Eisen, Kupfer, Zink und Blei der Erhitzung an der Luft bedürfen, um zu oxydiren. Diese Erhitzung braucht nicht immer bis zur Veränderung des Aggregatzustandes zu gehen; meist oxydirt sogar ein geschmolzenes Metall schwerer als wenn es in festem Zustande dem Einfluß der Luft ausgesetzt wird.

Anstatt der Luft kann man auch diverse sauerstoffabgebende Substanzen anwenden oder, wenn sie sich zufällig bilden, benutzen, z. B. Salpeter, natürliche oder künstliche Metalloxyde.

Hierbei wird oft ein edleres Metall durch das in hinreichender Menge vorhandene Oxyd eines anderen weit oxydirbareren Metalls oxydirt, wenn auch niemals vollständig.

Erhitzt man Metallverbindungen, die außer dem Metall noch einen leichter oxydirbaren Bestandtheil enthalten, so bilden sich außer anderen Oxydationsproducten auch Metalloxyde. Noch ist zu erwähnen, daß die meisten Sauerstoffsäuren, oft unter Gegenwart von Wasser, die Metalle oxydiren und zur Bildung der entsprechenden Salze Veranlassung geben.

Von den in der Metallurgie vorkommenden Metalloxyden sind viele leichtflüchtig und treten oft in Dampfform auf; andere sind leicht schmelzbar, manche dagegen wieder sehr strengflüssig oder feuerbeständig.

44. In welcher Weise geschieht die Reduction der Metalloxyde?

Die Reduction der Metalloxyde, oder ihre Ueberführung in Metall geschieht, wie auch die Oxydation, in verschiedener Weise. Manche Oxyde, besonders die der edlen Metalle, zerfallen durch bloße Erhitzung; andere müssen mit sauerstoffaufnehmenden Körpern erhitzt werden. Diese Körper, die Reductionsmittel, werden theils in festem, theils in gasförmigem Zustand angewendet und bestehen vorwiegend aus Kohlenstoff, kohlenstoffreichen Verbindungen, seltener aus Wasserstoff und Wasserstoffverbindungen. Man verschmilzt die meisten oxydischen Metallerze mit Kohle in Schachtöfen und Herden, indem man dem Brennstoff gleichzeitig die Rolle des Reductionsmittels zuweist.

Auch der Niederschlag eines Metalls aus einer Lösung mittelst eines anderen kann als Reductionsproceß bezeichnet werden.

45. Wie verhalten sich die Metalle speciell zum Schwefel?

Eben so verschieden wie in der Verwandtschaft zum Sauerstoff zeigen sich die Metalle in der Verwandtschaft zum Schwefel. Ordnet man die gewöhnlicheren Metalle nach dem abnehmenden Grad ihrer Verwandtschaftsbeziehung zum Schwefel, so erhält man die folgende (Fournetsche) Reihe:

- | | |
|------------|-------------|
| 1) Kupfer, | 5) Blei, |
| 2) Eisen, | 6) Silber, |
| 3) Zinn, | 7) Antimon, |
| 4) Zink, | 8) Arsen. |

Jedes der angeführten Metalle vermag eines der darauffolgenden Elemente aus seiner Verbindung mit dem Schwefel auszuscheiden und dasselbe zu isoliren. Man wandte dieses Verhältniß früher an, um mittelst Eisens das Schwefelblei zu zerlegen.

46. Wie entstehen Schwefelmetalle bei den Hüttenprocessen?

Die Schwefelverbindungen der Metalle bilden sich im Hüttenproceß am meisten bei der Verarbeitung schwefelhaltiger Erze oder schwefelfreier Erze mit schwefelhaltigen Zuschlägen; seltener entstehen sie durch Reduction von Sulfaten mittelst Kohle oder organischer Substanzen, durch Erhitzen von Metallen und Metalloxyden mit Schwefel und Schwefelwasserstoff, oder endlich durch Fällungen mittelst Schwefelwasserstoffs. In den ersten drei Fällen entstehen die sogenannten Leche und Steine, isomorphe Mischungen verschiedener Schwefelmetalle, die man lange Zeit für Schwefelsalze oder salinisch constituirte Mehrfachschwefelmetalle gehalten hat. Diese Hauptproducte der ersten Erzverarbeitung bilden das Material der weiteren Fabrikationsprocesse, und sind besonders wichtig für die Kupfer- und Bleigewinnung, die nur in seltenen Fällen, ohne daß Steine fallen, ausgeführt werden kann. Die Weiterverarbeitung beruht hauptsächlich auf einer geschickten Zerlegung des Schwefelmetalles, besonders auf einer partiellen oder totalen Entschwefelung durch oxydirende Röstprocesse, die zum Theil sehr complicirt sind.

47. Wie zerlegt man die Schwefelmetalle?

Die Zerlegung eines Schwefelmetalls kann direct unter Abscheidung des betreffenden Metalls geschehen:

a) durch Zuschlag eines anderen Metalls in der Schmelzhitze, z. B. des Eisens bei der Behandlung von Schwefelblei, Schwefelquecksilber, Schwefelantimon u. s. f.

b) durch Gegenwart oder Zuschlag eines Metalloxydes in der Schmelzhitze. Beispiele: Wirkung des Bleioxyds bei der Bleiglanzverarbeitung im Flammofen; Zersetzung des Schwefelkupfers durch Kupferoxyd, des Schwefelbleies durch Kali, Natron oder alkalische Erden.

c) durch Gegenwart oder Zusatz eines Salzes desselben Metalls. Beispiele: Zerlegung des Schwefelbleies durch Bleisulfat, des Schwefelzinks durch Zinksulfat.

d) durch einfaches Erhitzen bei Luftzutritt oder in Wasserdampf. Beispiele: Zerlegung von Schwefelgold, Schwefel Silber und Schwefelquecksilber.

Diese directen Methoden der Zerlegung lassen sich nicht überall anwenden, weil man es in der Praxis selten mit reinen Schwefelmetallen einer Gattung zu thun hat, sondern weil die Erze und Hüttenproducte sehr ungleichartig zusammengesetzt sind, und namentlich mehrere verschiedene theils gewinnenswerthe, theils werthlose Metalle nebeneinander enthalten können.

Im letzteren Fall handelt es sich bei der Zerlegung der Schwefelmetalle auch um die Trennung der metallischen Verbindungen von einander. Obwohl nun die verschiedenen Metalle den Zersetzungseinflüssen verschiedenen Widerstand entgegensetzen, so kann man im Großen doch nicht bei der Entschwefelung allein die Trennung zweier geschwefelter Metalle ausführen, sondern combinirt mit dem Unterschied in der Entschwefelung auch noch den Unterschied in dem Verhalten gegen Sauerstoff. Um dieses zu können, muß man die vorliegende schwefelhaltige Substanz zunächst oxydiren und dann mit den gewonnenen Oxydationsproducten weiter verfahren.

Gewöhnlich oxydirt man die schwefelhaltigen Materialien zc. in geräumigen Defen, welche der atmosphärischen Luft reichlichen Zutritt gewähren, und führt diese Procedur in möglichst hoher Temperatur aus, ohne aber die Einsätze zum Schmelzen zu bringen. Das Letztere muß vermieden werden, weil die Schmelzung eine solche Verminderung der Oberfläche darstellt, daß die Einwirkung der Luft sofort fast Null werden und der Drydationsproceß stehen bleiben würde.

Diese unter Luftzutritt ausgeführten Entschwefelungsarbeiten machen den wichtigsten Theil der sogenannten Röstproceffe aus und werden in zum Theil sehr großen und genau construirten Apparaten, den Röstöfen, ausgeführt.

48. Wie ist der allgemeine Verlauf der Röstproceffe?

Wie der Röstproceß verläuft, ist natürlich abhängig von der Beschaffenheit der Schwefelmetallmischung; im Allgemeinen unterscheidet man folgende Phasen:

- a) Entweichen von schwefliger Säure und Bildung von Metalloxyden.
- b) Drydation eines Theils der schwefligen Säure zu Schwefelsäure.
- c) Sulfatbildung.
- d) Zerlegung der Sulfate zu Metalloxyden und Schwefelsäure.

Von dem Verhalten der Sulfate bei der weiteren Temperatursteigerung hängt es ab, ob in dem Röstproduct nur Dryde oder auch noch Sulfate vorhanden sind.

Eisensulfat giebt Schwefelsäureanhydrid; Kupfer-, Zink- und Silbersulfate geben schweflige Säure und Sauerstoff. Vergleicht man die gewöhnlicheren Metallsulfate in Bezug auf ihre Zerlegung, so zerlegen sich mit wachsender Temperatur und für sich allein behandelt, zunächst

- 1) das Silbersulfat, 5) das Nickelsulfat,
- dann 2) das Eisensulfat, 6) das Kobaltsulfat,
- 3) das Kupfersulfat, 7) das Mangansulfat, und schließlich
- 4) das Zinksulfat, 8) das Bleisulfat.

Kommen aber mehrere Sulfate zusammen in einem Röstproceſſe vor, ſo ändert ſich die Reihe, weil die vorhandene freie Säure auf noch nicht oxydirte Antheile der urſprünglichen Schwefelmetalle oxydirend einwirken kann.

Iſt der Luftzutritt beſchränkt, ſo bilden ſich Sublimate von Schwefel an den kühleren Stellen der Apparate und nach und nach auch Sulfate.

Außer den genannten gebräuchlichen Zerſetzungsmethoden für Schwefelmetalle wendet man in der Metallgruppe noch die Behandlung mit Waſſerdampf, mit Chlorgas an, und gleichzeitigem Ausſchluß oder Zutritt der Luft (je nach Umſtänden), und benutzt dieſe meiſt theuren Mittel, wenn es ſich um ſpecielle Trennungen zc. handelt.

49. In welcher Weiſe wirken geringe Mengen von Schwefel auf die Eigenſchaften der Metalle?

Abgeſehen von wirklichen Schwefelverbindungen der Metalle iſt noch eine häufig vorkommende Verunreinigung der Metalle durch Schwefel zu conſtatiren, welche dieſelben brüchig macht, ſobald ſie in höherer Temperatur bearbeitet werden ſollen. Es tritt dieſe Eigenſchaft namentlich bei dem Eiſen hervor, wo ein ſehr unbedeutender Schwefelgehalt die Erſcheinung des Rothbruchs hervorrufft, die den Schmiede- und Walzereiproceſſen hinderlich werden kann.

50. Welche Beziehungen haben die Metalle zur Stickſtoffgruppe?

Von den Elementen der Stickſtoffgruppe ſind es beſonders Stickſtoff und Phosphor einerſeits, Arſen und Antimon andererseits, welche für die Darſtellung und Verwendung der Metalle wichtig werden. Die übrigen Glieder der Gruppe ſind ſelbſt gebräuchlichere Metalle, wie Wiſmuth und Gold, oder ohne Einfluß auf dieſelben, wie das Bor, ſo daß man ſie unberückſichtigt laſſen kann.

Während Stickſtoff und Phosphor im Allgemeinen nur in geringen Mengen in metalliſchen Materialien und Producten

aufzutreten, bilden Arsen, Antimon, besonders ersteres, oft vorkommende Verbindungen von eigenthümlichem Charakter, welche ähnlich sich verhalten wie die Schwefelverbindungen der Metalle.

51. Welchen Einfluß haben Stickstoff und Phosphor auf die verschiedenen Metalle?

Stickstoff und Phosphor sind beide in Verbindung mit den Metallen nachgewiesen und beide beeinflussen selbst bei geringem Gehalt die Eigenschaften der technisch wichtigen Metalle; dies geschieht aber in verschiedenen Graden, und es tritt hierbei der Stickstoff mehr zurück.

Dagegen bildet der Phosphor mit den meisten der technischen Metalle festconstituirte Verbindungen und besitzt für dieselben eine so starke Verwandtschaft, daß selbst geringe Mengen von Phosphor, die in den Materialien eines Hüttenprocesses sich vorfinden, in das darzustellende Rohmetall eingehen. Der geringste Phosphorgehalt macht die Metalle hart und sehr spröde, besonders bei gewöhnlicher Temperatur, wogegen er die gießbaren und schweißbaren Metalle leichtflüssiger und weicher macht, also die technisch-mechanische Behandlung erleichtert.

Beispiele: Phosphorhaltiges Roheisen ist leichtflüssiger, und giebt glattere, aber sprödere Gufswaaren als phosphorfreies; Stabeisen wird durch einen geringen Phosphorgehalt leicht schweißbar, aber kaltbrüchig; Kupfer und seine Legirungen erhalten bei größerer Gießbarkeit ein dichteres Gefüge u. s. f. Für manche Fabrikationen ist die Gegenwart des Phosphors in den Rohmaterialien geradezu ein Hinderniß, z. B. für die Stahlfabrikation nach den meisten praktisch angewandten Methoden, weil der erhaltene Stahl unbrauchbar sein würde, wenn nicht ein Entphosphorungsproceß mit dem betreffenden Material vorhergegangen wäre.

52. Wie beseitigt man den Phosphorgehalt der Rohmetalle, Hüttenmaterialien zc.?

Die Phosphorverbindungen der Metalle lassen sich am besten durch energische Drydationsproceße zerlegen, bei denen Phosphate

und überschüssige Dryde entstehen. Gelingt es, eine mechanische Trennung der Drydationsproducte und des Metallresiduums zu bewirken, so ist das letztere ziemlich phosphorfrei. Ist die Trennung in keiner Weise möglich, weil beide Producte in festem, oder beide in flüssigem Zustand erhalten werden, so läßt sich auch die Ausscheidung des Phosphors nicht vornehmen. Die Einführung alkalischer Basen in den Proceß führt sicherer zum Ziel, ist aber für die Praxis viel zu theuer.

53. Welche Beziehungen sind zwischen dem Arsen und Antimon gegenüber den Metallen zu constatiren?

Während die Verbindungen des Antimons und der übrigen Metalle mehr den Charakter der Legirungen, d. h. metallischer Mischungen tragen, und der Antimongehalt sich wesentlich durch bedeutendere Härte, erleichterte Gießbarkeit und veränderte Farbe kennzeichnet, bildet das Arsen mit den meisten der gewöhnlicheren Metalle eigenthümliche Verbindungen, welche eher den Schwefelmetallen als den Legirungen gleichen.

Diese Verbindungen, welche sowohl in der Natur, als auch in der Technik auftreten, sind lästige Zugaben, und müssen sorgfältig von Arsen und Antimon befreit werden, ehe man an die eigentliche Gewinnung der betreffenden Metalle gehen kann. Nur dann, wenn das fertige Metall bei einer seiner späteren Anwendungen mit Arsen oder Antimon legirt werden muß, kann man schon bei dem Hüttenproceß Arsen oder Antimon in das Metall gehen lassen; das geschieht beispielsweise bei der Gewinnung des Bleies, wo der eventuelle Antimongehalt der Erze zur Bildung von Hartblei (Antimon und Blei) direct verwendet werden kann.

54. Wann bilden sich Arsen-, resp. Antimonverbindungen und wie sind sie zu zersetzen?

Die genannten Verbindungen entstehen bei der Verschmelzung arsen- und antimonhaltiger Erze; besonders sind sie nicht zu umgehen, sobald der Schwefelgehalt der Beschickung abnimmt und es bilden sich dann sogenannte Speifen, vorwiegend

Mischungen von Arsenmetallen, die zunächst ihres Arsengehaltes beraubt werden müssen, ehe man sie weiter verarbeitet. Diese Zerlegung geschieht ähnlich wie bei den Schwefelmetallen durch Erhitzen an der Luft; es bildet sich dann arsenige Säure, die gewöhnlich aufgefangen und gewonnen wird. Auch Arsensäure und Arseniate entstehen, und der Rückstand besteht aus mehr oder weniger unreinen Metalloxyden. Das Antimon kann durch Rösten der Erze nicht entfernt werden, sondern wird aus den Rohproducten der Erzverarbeitung durch besondere Oxydationsproceſſe abgeſchieden, wobei aber ſtets Partien des Hauptmetalls mit getrennt werden. Beide Nebenbestandtheile kann man in gewiſſem Sinn unter die Verunreinigungen der techniſchen Metalle rechnen und gilt dieſes beſonders von dem Arſen, wogegen das Antimon nur bei dem Kupfer als hinderlicher Nebenbestandtheil angeſehen werden kann, bei dem Blei dagegen zur Fabrikation einer nußbaren Legirung (für den Typenguß) Veranlaſſung giebt. Nur für Blei, das zur Bleiweißfabrikation, zum Ziehen, Drücken oder Walzen beſtimmt werden ſoll, iſt der Antimongehalt gefährlich.

55. Welche Beziehungen haben die Metalle zur Kohlenstoffgruppe?

Unter den Elementen der Kohlenstoffgruppe ſind es eigentlich nur Kohlenſtoff und Silicium, die hier in Betracht kommen können, und beide werden nur bezüglich des Eiſens techniſch wichtig. Es bilden ſich bei der Reduction der Eiſenerze in den Hochofen Verbindungen von Eiſen und Kohlenſtoff, ſo wie auch von Eiſen und Silicium, welche einen von dem des metalliſchen Eiſens durchaus abweichenden Charakter beſitzen. Das Kohleneiſen iſt eine ſehr harte und ſpröde Subſtanz, und zerlegt ſich in der Hitze und unter dem Einfluß langſamer Erſtarrung theilweiſe in graphitiſch ausgeſchiedenen Kohlenſtoff und andere Kohlenverbindungen des Eiſens. Aehnlich ſind die Eigenſchaften des Siliciumeiſens, obwohl ſie weit ſeltener beobachtet werden konnten. Die beiden Verbindungsklaſſen ſind von techniſcher Wichtigkeit nur bei dem Eiſen; die Eiſensorten des Handels

haben alle einen, wenn auch verschiedenen, Kohlenstoffgehalt und die meisten enthalten auch Silicium.

Auf die Größe und Erscheinung des Kohlenstoffgehalts gründen sich die Unterscheidungen der einzelnen Eisensorten, und hauptsächlich durch Einwirkung auf den Kohlenstoffgehalt führt man die eine Sorte in die andere über.

56. Wie erfolgt die Zerlegung der Kohleneisen- und Siliciumeisensorten?

Die Zerlegung der Kohleneisen- und Siliciumeisensorten beruht auf der Anwendung eines Drydationsprocesses, durch den Kohlenoxyd und Kieselsäure neben Eisenoxyden sich bilden und durch den das Roheisen, das Product der Erzverarbeitung in den Hochöfen, sich in Stahl und Stabeisen verwandeln läßt. Kommen Kohlenstoff und Silicium in einem und demselben Rohmetall vor, so oxydirt sich bei gleichmäßigem Einfluß der Drydationsmittel zunächst das Silicium, später der Kohlenstoff, wobei die aus dem ersteren entstehende Kieselsäure mit dem Metalloxyd ein mehr oder weniger schmelzbares Silicat bildet, das Kohlenoxyd aber während der Drydation des Kohlenstoffs fortwährend entweicht.

Außer durch oxydirende Einflüsse werden Kohlen- und Siliciumverbindungen der Metalle auch durch den Einfluß von Gliedern der Stickstoffgruppe (Phosphor zc.) und der Sauerstoffgruppe (Schwefel, Selen zc.) ganz oder zum Theil zersetzt; Schwefel wirkt hierbei energischer als Phosphor und Arsen.

Der Einfluß des Kohlenstoffs wie auch der des Siliciums ist nicht durchaus schädlich wie der des Schwefels, Phosphors und Arsens; doch macht der Kohlenstoff wie das Silicium im gebundenen Zustande die Metalle spröde, wogegen die Ausscheidung von graphitischem Kohlenstoff und Silicium zähe Metalle mürbe, harte dagegen weicher macht. Diese Ausscheidungen beider Elemente finden sich nur bei dem Roheisen, und constituiren den sogenannten Graphitgehalt desselben. Dieser Roheisengraphit ist vorwiegend Kohle, doch hat man Veranlassung anzunehmen, daß der Siliciumgehalt des Roheisens zu einer gleichartigen Ausscheidung von Silicium führen kann, wenn besondere Verhältnisse eintreten.

57. Welche Beziehungen lassen sich zwischen den eigentlichen Metallen nachweisen?

Die Verbindungen der Metalle unter einander, welche im Allgemeinen mit dem Ausdruck: Legirungen bezeichnet werden, sind theils isomorphe Mischungen der Metalle in bestimmten Verhältnissen, und treten dann für sich und meist krystallisirt auf; theils Auflösungen solcher bestimmt constituirter Mischungen in einem Ueberschuß des einen oder des anderen Metalls. Außerdem lassen sich Gemische aus beiden Verbindungszuständen nachweisen.

Eine bestimmte Gesetzmäßigkeit in den Legirungen wird bewiesen:

Durch die Verbindung einiger Metalle, ausschließlich in bestimmten Gewichtsverhältnissen (bei Zink und Blei z. B.).

Durch Temperaturerhöhung beim Eintreten der Verbindung und selbst durch Feuererscheinung (bei Kupfer und Zink, Platin und Zinn 2c.).

Die complexe Natur der Legirungen neben dieser Gesetzmäßigkeit wird wiederum durch die nachstehenden, in der Technik gemachten Erfahrungen bewiesen. Es ist gefunden worden:

eine ungleiche Dichtigkeit in den verschiedenen Theilen eines Barrens, der ruhig erstarrt ist;

eine ungleiche Ausbildung des Gefüges der Korngestalt in den verschiedenen Theilen eines langsam erkalteten Gußstückes.

58. In welcher Weise bilden sich Legirungen?

Abgesehen von der absichtlichen Darstellung durch Zusammenschmelzen der zusammensetzenden Metalle bilden sich die Legirungen bei den Hüttenprocessen als erste metallische Producte, Rohmetalle, in denen gewöhnlich ein Metall derart vorherrscht, daß alle Eigenschaften der Legirung durch den Hauptbestandtheil bestimmt werden.

So entstehen das Werkblei, Schwarzkupfer, eisenhaltige Zinn, das Goldsilber, bleihaltiges Zink, Hartblei, die Ofensauen u. s. f. als Producte der Roharbeit, der Raffination und als Rückstände. Bei der Bildung dieser Verbindungen wird auf eine bestimmte

Zusammensetzung nicht gesehen; es ist eben nur erforderlich, den zu gewinnenden Metallgehalt der Beschickung vollständig in das Product zu führen und dabei so wenig Nebenbestandtheile als möglich in den Kauf zu nehmen.

59. Wie zerlegt man die Legirungen?

Die Zerlegung von Legirungen kann bei solchen, welche vorwiegend aus Mischungen bestehen, durch bloßes Erhitzen der festen oder durch langsames Abkühlen der flüssigen Legirung erfolgen. In beiden Fällen scheiden sich die verschiedenen schmelzbaren Bestandtheile einer solchen complexen Legirung von einander, indem der leichter flüssige entweder ausfaigert, oder zuletzt flüssig zurückbleibt. Man trennt in der ersten Weise Blei vom Kupfer, Zinn vom Eisen, Quecksilber aus natürlichem oder künstlichem Gold- und Silberamalgam; den zweiten Weg schlägt man ein, um silberhaltiges Werkblei zu zerlegen in silberfreies (oder sehr armes) Blei und in Reichblei, das einem anderen Proceß zur weiteren Zerlegung übergeben werden kann.

Ein solcher energischer wirkender Proceß ist die Oxydation des leichter oxydirbaren Bestandtheils, z. B. des Bleies im oben erwähnten Fall, durch Schmelzen an der Luft, oder die Lösung des einen Bestandtheils durch Säuren und sonstige Lösungsmittel, während der andere zurückbleibt. So zieht man z. B. Gold und Silber aus dem Schwarzkupfer mittelst Quecksilbers heraus, und trennt Gold und Silber untereinander durch Behandeln mit starken Säuren.

Zweiter Abschnitt.

Von den Materialien des Hüttenbetriebes.

60. Was versteht man unter den Materialien des Hüttenbetriebes?

Materialien des Hüttenbetriebes sind zunächst die Rohstoffe, welche metallische Substanzen in ausreichender Menge enthalten um die Darstellung im Großen zu lohnen. Man nennt diese natürlich vorkommenden, zur technischen Verwerthung geeigneten Verbindungen der Metalle auch die Erze.

Dann bedarf man zur günstigen Verarbeitung der Erze noch anderer Rohmaterialien, welche die Nebenbestandtheile der Erze so ergänzen, daß neben dem Hauptproduct des Processes ein angemessenes Nebenproduct entstehen kann, das im günstigen Fall als werthlos anzusehen ist, im ungünstigen Fall als Rohmaterial weiterer Prozesse benutzt werden muß. Daher kommt es, daß außer den Erzen auch Hüttenproducte (Nebenproducte und Abfälle) als Materialien auftreten können.

Die Erze, einschließlich der nochmals zu verarbeitenden Hüttenproducte, und die als chemische Reagentien zuzugebenden Zuschläge machen zusammen das Verarbeitungsmaterial der Hüttenprocesse aus. Eine sehr wichtige Classe von Materialien, ökonomisch oft die wichtigsten, machen die wärmegebenden Substanzen, die Brennstoffe oder Brennmaterialien, aus. Sie bilden die zweite Hauptgruppe des gesammten Betriebsmaterials

und verdienen eine ausführlichere Behandlung, da ihre Verwendung allen Hüttenprocessen gemeinsam ist.

61. Gibt es außer den genannten Stoffen, die als hauptsächliche Materialien des Hüttenbetriebes bezeichnet werden können, noch andere, die ebenfalls Materialien des Betriebes sind?

Außer den Erzen (und Roh- und Zwischenproducten, sofern sie weiterer Verarbeitung unterliegen), den Zuschlägen, Brennstoffen, braucht man allerdings noch mancherlei Stoffe zum Betrieb einer Hütte; es beziehen sich dieselben aber meistens auf die Unterhaltung der eigentlichen Betriebsvorrichtungen, auf Zwecke der Formgebung, der Beleuchtung und anderer Arbeiten.

Diese kleineren Betriebsmaterialien beeinflussen die Prozesse nicht direct, und haben deswegen eine technische Berücksichtigung nicht im gleichen Maße zu erfahren, wie die Hauptmaterialgattungen. Die Materialbeschreibung zerfällt deswegen nur in die Kapitel von den Erzen, Zuschlägen und Brennstoffen.

Erstes Kapitel.

Von den Erzen.

62. Welche Erzclassen kann man unterscheiden?

Nach dem Verbindungs Zustande der Metalle kann man nachstehende Vererzungsformen unterscheiden:

- Chlor-, Brom-, Jod- und Fluormetalle;
- Dryde, Schwefelmetalle, Selen- und Tellurmetalle;
- Arsen- und Antimonmetalle;
- Legirungen;
- Salze.

Denselben schließt sich das Vorkommen der Metalle als gediegene an, ein seltenes und technisch in geringem Maße wichtiges. Die meisten und wichtigsten Erze gehören in die

Gruppe der Dryde und Schwefelmetalle so wie der Salze; deren Verarbeitung bildet beinahe schon das ganze Gebiet der Metallurgie, während die reinen Arsen- und Antimonmetalle seltener vorkommen, die Legirungen aber wie auch die gediegenen Metalle zu den Seltenheiten gehören.

Die Form der Verbindungen anlangend, kann man einfachere und zusammengesetztere unterscheiden; es kommen einfache Dryde und Schwefelverbindungen, Drydorydule desselben Metalls, Drydverbindungen verschiedener Metalle, einfache Schwefelmetalle, Verbindungen verschiedener Schwefelmetalle, Verbindungen von Schwefelmetallen und Dryden u. s. w. vor.

Die Genesis der Erze eines Metalls, so weit sie an complicirten Musterstücken nachgewiesen werden kann, stellt gewisse Beziehungen unter den Vererzungsformen fest, die für einzelne Fälle von technischer Wichtigkeit werden können. Diese Beziehungen machen sich besonders in der Beschaffenheit der Lagerstätten bemerklich, wo theils gleichartige Erze, theils Producte und Rückstände bestimmter Reactionen sich zusammenfinden. Auch lassen sich die ältesten Erzformen und daraus hervorgehend die Uebergänge zu den jüngsten Formen oft in einer und derselben Lagerstätte, im umgekehrten Sinn der von außen eindringenden Drydation und anderer chemischen Prozesse nachweisen.

So zeigen die Eisenerze sehr häufig den Uebergang von Spath-eisenstein oder Drydulcarbonat, durch Drydhydrat zu reinem Eisenoryd, und an anderen Stellen aus Eisenoryd in Eisenorydorydul. Bei Blei- und Zinkerzen findet man im ältesten Theil der Lagerstätten vorwiegend die Schwefelverbindungen, in den jüngeren Theilen die salinischen Bildungen derselben Radicale.

63. Welche Metalle kommen hauptsächlich als Chlor-, Brom-, Jod- und Fluorverbindungen vor?

Diese in der vorigen Frage zuerst genannte Gruppe enthält eigentlich nur Silbererze; dagegen treten auch Blei und Kupfer in den gleichen Verbindungen auf, doch nie allein sondern meist als Gemengtheile salinischer Erze derselben Metalle, z. B. der Sulfate, Phosphate, Arseniate u. In verarbeitungswürdiger Menge und Reinheit tritt nur das Chlorsilber oder Hornsilber auf und wird, besonders in Amerika, hüttenmännisch verwertbet.

64. Welche Metalle kommen als Dryde vor?

Als sauerstoffreiche, sauer reagirende Dryde treten die metallischen Substanzen der vierten, fünften und sechsten Elementengruppe (Frage 39), als wirkliche Dryde die Substanzen der siebenten und achten Gruppe auf. Während von jenen ein großer Theil an andere Dryde gebunden vorkommt, z. B. Arsensäure, Antimon- säure, Bismuthoxyd, Titansäure, die Säuren des Wolframs, Molybdäns, Vanadins, und nur das Zinnoryd isolirt auftritt, findet man Kupfer, Blei, Cadmium und Zink, namentlich aber Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel als wirkliche Dryde theils frei, theils mit verschiedenen Säuren verbunden in der Natur vor, und kann einen großen Theil derselben als Erze benutzen.

Die Zinnsäure oder das Zinnoryd bildet als Zinnstein das wichtigste Zinnerz; Kupferoxyd ist als Rothkupfererz und als Ziegelerz ein reiches und gutartiges Erz, während es an Arsensäure, Phosphorsäure, Kohlen- und Kieselsäure gebunden eine weitere Reihe Mineralsubstanzen liefert, von denen die meisten ebenfalls mit Nutzen verarbeitet werden können. Weniger wichtig sind die reinen Dryde bei Blei, Cadmium und Zink, doch bilden sie in Verbindung mit Säuren eine Reihe der wichtigsten Erze. Man verarbeitet das Bleisulfat, das Weißbleierz (Bleicarbonat), das Vanadinbleierz (Bleivanadinat), das Bleichromat, eben so das aus Bleiglanz durch Abrosten und Verschlacken dargestellte Bleisilicat, und endlich die Carbonate und Silicate des Zinks und Cadmiums.

Das bedeutendste Drydvorkommen findet man aber bei dem Eisen und Mangan, und verarbeitet die in mächtigen Lagerstätten auftretenden genannten Elemente, obwohl noch andere Verbindungsformen sich finden. Dieselben enthalten aber neben dem nutzbaren Metall schädlich wirkende Substanzen, z. B. Schwefel, Phosphor u., und können aus früher (Fr. 49, 51, 60) angegebenem Grunde nicht wohl in einen Hüttenproceß gelangen.

65. Welche Metalle kommen als Schwefelverbindungen vor?

Außer einigen Metallen der Elementengruppe IV, V und VII sind es hauptsächlich die Glieder der Gruppen VII und VIII,

deren Erze in namhaftem Antheil Schwefelverbindungen sind. Während Arsen und Antimon in ihren Schwefelverbindungen oftmals wieder als Bestandtheile complicirterer Zusammenstellungen auftreten, findet man die Schwefelverbindungen des Silbers, Quecksilbers, Bleies, Kupfers und Zinks meistens für sich allein als verbreitete Erze auftreten, gewöhnlich zusammen auf einer Lagerstätte sich findend.

Zu den wichtigsten Erzen dieser Classe gehören u. a. die einfachen Schwefelverbindungen Glaserz (Schwefelsilber), Zinnober (Schwefelquecksilber), Kupferglanz, Bleiglanz und Blende (Schwefelzink), die doppelten Verbindungen Kupferkies und Buntkupfererz (beides Schwefelkupfer und Schwefeleisen), die arsen- und antimonhaltigen Kupfer- und Silbererze (sogenannte Fahlerze, Roth- und Weißgültigerze u.). Das sämmtliche metallurgisch gewonnene Blei und Kupfer stammt hauptsächlich aus Schwefelverbindungen, ebenso der größte Theil der Zinkproduction.

Die Elemente der Gruppe IX verbinden sich zwar auch mit Schwefel und bilden dann, wie z. B. der Eisenkies, mächtige Vorkommnisse, welche ausreichend Metall enthalten, um als Erze angesehen werden zu können. Da man sich aber in Acht nehmen muß, die geringsten Schwefelmengen in die Eisensabrikation einzuführen, verbietet sich die Benutzung des natürlichen Schwefeleisens als Eisenerz von selbst; dagegen findet es als Schwefelerz zur Fabrikation von Schwefel und Schwefelsäure eine sehr lohnende Verwendung.

66. Welche Metalle kommen als Selen- und Tellurverbindungen vor?

Selen- und Tellurverbindungen sind im Allgemeinen sehr selten und kommen, erstere bei Quecksilber und Blei, also Metallen der Gruppe VIII, letztere bei Gold, Silber und Blei vor. Als Erze sind nur die Tellurverbindungen des Goldes und Silbers benutzt, welche in gewinnenswerther Menge in einigen Bezirken auftreten.

67. Welche Metalle kommen in der Natur an Arsen und Antimon gebunden vor?

Wie bereits bei den natürlichen Schwefelmetallen erwähnt, treten in denselben die Arsen- und Antimonverbindungen des Schwefels vielfach auf, doch auch wirkliche Arsen- und Antimonmetalle finden sich vor und werden als Erze benutzt. Sie erscheinen namentlich bei Kobalt und Nickel und bilden die reichsten Erze derselben, den Rothnickel- und den Weißnickelfies, den Speiskobalt. Arsen- und Antimonmetalle, mit Schwefelmetallen gemischt, bilden eine andere Reihe von Erzen, welche ebenfalls bei dem Vorkommen von Nickel, Kobalt, außerdem auch bei (Antimonnickelfies, Arsennickelfies), Eisen, Arsenfies und Arsenikalfies auftreten.

Es sind die arsen- und antimonhaltigen Erze meist sehr unbequeme Materialien für die Metallgewinnung, und haben nur dann einen besonderen Werth, wenn das neben Arsen und Antimon zu gewinnende Metall in hinreichendem Maße vorhanden ist, oder wenn sich der Arsengehalt durch einen einfachen Röstproceß trennen und als arsenige Säure in großem Maßstab gewinnen läßt.

68. Welche Metalle kommen in salinischen Verbindungen vor?

Die salinischen Verbindungen der Metalle, die Metallsalze, kommen in der Natur nur dann vor, wenn sie schwerlöslich in Wasser sind; es müssen also von vornherein eine ganze Reihe von Metallsalzen als im Freien oder in den wasserdurchzogenen Erdschichten nicht existenzfähig ausgeschieden werden.

Es giebt allerdings einige Ausnahmen von dieser Regel, aber man hat es in derartigen Fällen immer mit recenten Bildungen zu thun, welche meist ohne materielle Bedeutung sind.

Unter den Sulfaten ist es nur das Bleisulfat, welches einige Aufmerksamkeit verdient, während Kupfersulfat und Zinksulfat sich auf Kupfererz- und Zinkerzlagertstätten als recente Bildungen und dann noch sehr selten vorfinden. Unter den Phosphaten und Arseniaten treten besonders die Bunt-

Bleierz (Zinn- und Braunbleierz) und die betr. Kupfererze so wie die Kobalterze auf.

Die Carbonate machen den größten Theil der salinischen Erze aus, denn alle technisch wichtigen Metalle erscheinen in der Natur in der Form eines oder mehrerer Carbonate. Das Kupfer weist die Kupferlasur und den Malachit, das Blei das Weißbleierz, das Zink den Galmei, das Eisen den Spatheisenstein unter den Carbonaten der Erzfamilie auf, und es sind diese Erze ihrer leichten Verarbeitung wegen sehr werthvolle Materialien des Betriebes.

Die Silicate, obwohl den Carbonaten in der Verbindungsform ähnlich, sind als Erze nicht so geschätzt, da sie den Hüttenprocessen meist größeren Widerstand entgegensetzen. Nur unter den Zink- und Eisenerzen, so wie als Seltenheit unter den Kupferverbindungen finden sich Silicate; Blei tritt, wie schon angedeutet, im Verlauf der Hüttenprocesse nur vorübergehend und künstlich als Silicat auf.

Die übrigen salinischen Erze werden von Metallsäuren gebildet, von der Wolframsäure, Molybdän- und Vanadinsäure, und kommen stets nur in geringer Menge vor, so daß sie meist zur Darstellung des Säureradicals gebraucht werden.

69. Welche Metalle treten als Legirungen auf?

Als Legirungen treten sehr wenige Metalle auf und auch dann nur selten. Die natürlichen Legirungen sind meist an das Vorkommen der gediegenen Metalle gebunden, und finden sich nur bei Gold, Platin, Silber, Quecksilber und Kupfer.

70. Welche Metalle kommen in der Natur gediegen vor?

Gediegen treten auf Arsen, Antimon, Gold, Wismuth, Platin, das Silber, Quecksilber und Kupfer. Es werden diese gediegenen Vorkommen sehr geschätzt, aber sie finden sich zu selten vor, um einen relativ bedeutenden Beitrag zum Darstellungsmaterial der betreffenden Metalle zu liefern. Nur Gold, Wismuth, Platin machen eine Ausnahme, da ein anderes Vorkommen als das im gediegenen Zustand bei den genannten Metallen sich

wenig oder gar nicht vorfindet, also die Gewinnung derselben aus dem gediegenen Metall erfolgen muß.

71. Kann man die Erze ohne Weiteres, so wie sie in der Natur gefunden werden, der Verarbeitung in den Hüttenwerken unterwerfen?

Die Erze, wie sie die Gewinnungsarbeiten des Bergbaues liefern, bedürfen der Vorbereitung insofern, als mit den Erzfsubstanzen stets eine veränderliche Quantität von der erzführenden Felsart gewonnen wird, und als die abgebauten Erze bei dem Abschleppen und der Förderung noch verunreinigt, und dadurch an nicht gewinnungswürdigen äußerlichen Beimischungen noch reicher werden. Die Trennung des Erzes von der Bergart, in der es vorkommt, kann nur bis zu einer gewissen Grenze geschehen, obwohl die fast absolute Trennung technisch möglich ist. Die Grenze wird bezeichnet durch eine Gleichung, deren eine Seite die Summe der Gewinnungs- und Trennungskosten, deren andere Seite den durch Metallgehalt, Schmelzkosten zc. bestimmten Verarbeitungswerth darstellt. So lange letztere Werthsumme größer ist als die erstgenannte, erscheint die Trennungsarbeit vortheilhaft; sind beide gleich, so erscheint es gleichgültig, ob man das Erz der Trennungsarbeit unterwirft oder dasselbe absetzt. Diese Trennung des Erzes von der Bergart und anderen Mineralsubstanzen, also die Scheidung der werthvollen und werthlosen Bestandtheile einer Lagerstätte bildet den Gegenstand eines besonders wichtigen Betriebszweiges der montanistischen Gewerbe, der mechanischen Aufbereitung. Man begreift darin alle die Arbeiten, welche mit dem Erz sich beschäftigen, auf dem Wege, den dasselbe vom Förderschacht aus bis zur Abnahme durch den Hüttenbetrieb zurückzulegen hat. Da die Ausführung dieser Arbeiten stets im engsten Anschluß an die bergmännische Gewinnung stattfinden muß, so untersteht sie auch der Grubenverwaltung und es bildet ihr Studium einen Theil der gesammten Bergbaukunde.

Trotzdem rechnen sie die Franzosen und Belgier zum Gebiet der Metallurgie, weil es vorkommt, daß auch nach der Ueber-

nahme der Erze durch die Hütten noch mechanische Reinigungsarbeiten vorgenommen werden und weil auch bereits hütten-technisch veränderte Materialien einer Aufbereitung unterworfen werden.

72. Was gehört zu der Uebernahme der Erze seitens des Hüttenbetriebes?

Die Uebernahme der Erze, sei es durch Ankauf, sei es (bei einzelnen Branchen gleicher Verwaltungen) durch Abrechnung, erfolgt stets auf Grund einer bestimmten Vereinbarung über den Werth der Erze.

Dieser Werth wird bestimmt durch den ausbringbaren Gehalt an einem oder mehreren Metallen, durch den Verbindungszustand der metallischen Substanzen und durch verunreinigende Nebenbestandtheile.

Reichere Erze sind natürlich werthvoller als ärmere, Schwefel- und Arsenverbindungen nicht so werthvoll als Dryde und Carbonate, Erze frei von gefährlichen Verunreinigungen (z. B. phosphorfreie Eisenerze) gesuchter als solche, in denen Derartiges nachzuweisen ist.

Die nothwendige Vereinbarung über den Werth der Erze beruht in Folge dessen auf einer genauen Kenntniß aller Bestandtheile der Erze und des Verhältnisses derselben. Diese Kenntniß verschafft man sich durch eine chemische Untersuchung, welche sich entweder nur auf die Hauptbestandtheile erstreckt oder, indem sie Nichts unberücksichtigt läßt, aus einer vollständigen quantitativen Analyse besteht. In den meisten Fällen der Erzübernahme genügt die erstere, obwohl für den Hüttenbetrieb selbst, also die Weiterverarbeitung, die chemische Analyse durchaus unentbehrlich ist, um einen genauen Plan der Verarbeitung zu machen, und um eine klare Anschauung über den Proceß zu gewinnen.

73. Mit welchem Ausdruck bezeichnet man die Einzeluntersuchung der Erze, die Bestimmung hervorragender Bestandtheile?

Man nennt die genannten Operationen das Probiren der Erze; man probirt auf den Metallgehalt, den Gehalt an

anderen Bestandtheilen, die Verschlackungserscheinung und andere Wirkungswerthe.

Das Probiren, die Anstellung von Proben lehrt man in der Probirkunst, Docimasie (franz.: Docimasie, essais, engl.: assaying), einer sehr alten, aus dem Betriebe selbst hervorgegangenen Thätigkeit, welche als die Mutter der Chemie anzusehen ist. Die Probirgaden oder Probirstuben sind die ersten chemischen Laboratorien gewesen, und ihre Entstehung verliert sich in die ältesten Zeiten der Metallgewinnung. Die Ausbildung und die großen Fortschritte der chemischen Analyse haben trotzdem das Probiren nicht verdrängen können, und die Probirmethoden sind als technische Untersuchungen und als Controlmethoden des Hüttenbetriebes selbst keineswegs in Wegfall gekommen, sondern durch Aufnahme neuer Untersuchungsmethoden aus dem Bereich der analytischen Chemie vervollständigt und verbessert worden. Besonders hat man die maßanalytischen Methoden stark in Contribution gesetzt.

74. Aus welchen Operationen besteht die Probe?

Abgesehen von der chemischen Reaction selbst, durch welche man die Trennung und Abscheidung des zu bestimmenden Bestandtheils bewirkt, gehören zur Ausführung der Probe noch folgende Operationen.

Die Probenahme d. h. die Herstellung einer zur Ausführung mehrerer Proben genügenden Quantität von der zu untersuchenden Substanz in einer der durchschnittlichen Beschaffenheit derselben entsprechenden Qualität.

Die Vorbereitung der Probesubstanz, um sie zur Einwirkung der chemischen Reaction geeigneter zu machen.

Das Abwägen der Probesubstanz in der erforderlichen Quantität und das Verschicken derselben in den durch die Erfahrung gebotenen Verhältnissen mit den Hülfsreagentien.

Das Herausnehmen der Probe aus dem Probirgefäß und die Trennung des Hauptresultats, d. h. des quantitativ zu bestimmenden Hauptproducts, von den Nebenproducten und Abfällen, ohne daß es einen Substanzverlust erleidet.

Das Abwägen des Ausbringens und das Ausrechnen des Resultats.

Es wiederholen sich diese Operationen bei allen Proben, so verschieden dieselben der chemischen Natur nach sind, und können als Hilfsoperationen bezeichnet werden. Die Hauptoperation, welche die Probe theoretisch charakterisirt, ist bei jeder zu bestimmenden Substanz eine andere und giebt allein den Grund zu einer Classification der Proben selbst.

75. Wie bewirkt man die Probenahme?

Um eine dem Durchschnittscharakter der zu untersuchenden Substanz möglichst entsprechende Probe zu erhalten, greift man z. B. nicht ein Stück Erz oder Hüttenproduct von einer viele Tausende von Kilogrammen enthaltenden Halde heraus, sondern muß stufenweise vorgehen, indem man an verschiedenen zahlreichen Stellen dergl. Stücke aufnimmt, zusammenwirft, zer kleinert, gut mischt, und davon wieder einen Theil absondert und weiter verzüngt, bis man auf etwa $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ Kilogramm gekommen ist. Dieses Quantum wird dann ganz fein gepulvert, wieder sorgsam gemischt, und davon die zu den Proben und Control- oder Gegenproben abzugebenden Portionen genommen.

Um in ganz unparteiischer Weise bei der Entnahme der ersten oder Haldeprobe zu verfahren, greift man nicht nach Gutdünken die Stücke heraus, sondern verfährt nach bestimmten geometrischen Regeln. Man erhält dadurch die größte Summe der Wahrscheinlichkeiten für einen wirklich durchschnittlichen Gehalt der Probe.

In Fig. 1 (S. 54) findet sich eine bewährte Disposition einer solchen Methode im Grundriß aufgezeichnet. Die Halde ist dem Grundriß nach in zahlreiche Quadrate getheilt, nachdem sie vorher möglichst gleichartig aufgefahren und planirt worden war. Man kann nun so vorgehen, daß man aus jedem Quadrat eine Partie Stücke herausliest, oder daß man aus den Quadraten abwechselnd, in der Art wie die gleichfarbigen Felder eines Schachbrettes gedacht, sämtliche die ganze Oberfläche bildenden Stücke wegnimmt.

Verwandelt man jede der Theilungslinien der Figur 1 in eine $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{4}$ Meter breite Schicht zwischen zwei parallelen Verticalflächen und nimmt alle Substanz dieser Schicht heraus, so daß die Halde wie mit rechtwinkelig sich kreuzenden Gräben durchfurcht erscheint, so ergibt sich die Disposition Fig. 2.

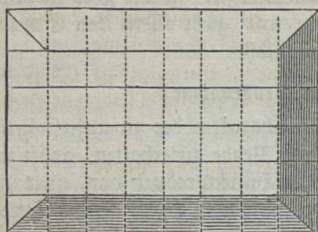


Fig. 1.

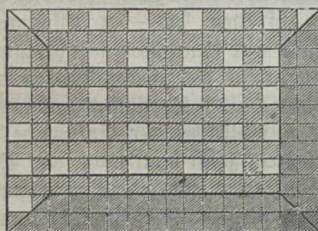


Fig. 2.

Die so gewonnene erste Verjüngung wird in nußgroße Stücke gepocht, wieder zu einer Halde aufgeschüttet und geebnet, und nun die vorher geschilderte Operation wiederholt. Dieselbe ergibt dann eine zweite Verjüngung, welche, in grobkörnige Verfassung (von Erbsengröße) versetzt, das Material zur Mischung der dritten Probeentnahme liefert, die ihrerseits nach sorgfamer Zerkleinerung das Material der Proben selbst giebt.

Natürlich ist bei Aufbereitungsproducten, also Erzen, welche die mecha-

nischen Wasch-, Zerkleinerungs- und Trennungsproceße durchgemacht haben, die Probeentnahme viel einfacher. Das, was man dort Graupen, Grobkorn, Feinkorn, Mehl, Schliech, Schlamm zc. nennt, sind mischbare und meistens auch schon in großen Quantitäten gleichmäßig durchgemischte Producte, die fast direct das Material der Untersuchung geben können.

Sehr beschwerlich ist die Probenahme bei Metallen, sowohl weicher als zäher und spröder Natur; eine Durchschnittsqualität läßt sich nur durch Zusammenschmelzen von einzeln entnommenen

Spänen oder Granalien erzielen; dabei wird ein Zain oder Probeinguß erzielt, von welchem durch Anhauen die zur Probe nothwendigen Späne genommen werden können. Bei dieser Probenahme von Metallen und Legirungen ist darauf zu achten, daß der Gehalt eines Metalls an einem anderen, namentlich einem viel schwereren Metall (z. B. einem Edelmetall) sich bei langsamer Abkühlung gewöhnlich in einer bestimmten Schicht des Eingusses concentrirt, und daß daher Vorsichtsmaßregeln angewandt werden müssen, um den Edelmetallgehalt (Gold und Silber in Kupfer und Blei) gleichmäßig im Probezain zu vertheilen.

76. Worin besteht die Vorbereitung der Probe?

Um die Proben gut ausführen zu können, ist es nothwendig, die Probefsubstanzen zu zerkleinern und unter Umständen ganz fein zu pulvern und zu zerreiben. Ueberall, wo starke chemische Verwandtschaften überwunden, oder festconstituirte Verbindungen zerlegt werden müssen, ist eine möglichst große Oberflächenwirkung, mithin eine weitgehende Zerkleinerung des Materials nothwendig. Für die Anwendung des trocknen Weges, also zur Ausführung von Feuerproben ist eine vorgängige Trocknung nothwendig; mit derselben verbindet man naturgemäß die Bestimmung der gewöhnlichen äußeren Feuchtigkeit des rohen Erzes, da dieselbe in der Technik bei der Verarbeitung des rohen Erzes in Berechnung gezogen werden muß.

Diese Wasserbestimmung oder Näßprobe wird mit größeren Quantitäten grobzerkleinerten, nicht getrockneten oder im Freien gelagerten Erzes vorgenommen, mehrmals wiederholt und später die eigentliche Probe nur mit dem getrockneten, und im trockenen Raum aufbewahrten Probirgut ausgeführt.

Weitere Vorbereitungen können nur Veränderungen des chemischen Zustandes zum Zweck haben und sind, sobald die Resultate der Probe auf das rohe Erz bezogen werden sollen, mit gewogenen Mengen auszuführen. In solcher Weise kann man z. B. bei der Bestimmung des etwaigen Gehaltes an Gold in Arsenikal- und Arsenkiesen verfahren; man röstet in einer

größeren Menge entsprechend zerkleinerten und abgewogenen Erzes den Arsengehalt fast vollständig oder total fort, und nimmt aus dem auf dem Röstscherbren vor- und nachhergewogenen Röstgut die zur Goldprobe erforderlichen Mengen heraus.

77. Wie verfährt man beim Abwägen des Probirgutes?

Ohne auf Details einzugehen, ist hier zu bemerken, daß das Abwägen des Probirgutes und des Resultats auf mittelfeinen und ganz feinen Wagen geschieht, welche sich besonders durch eine rasche Wirkung, bei möglichster Genauigkeit und solider Bauart, auszeichnen. Das Einwägen geschieht nicht, wie bei den chemischen Analysen, in beliebigen Quantitäten (innerhalb bestimmter Grenzen), sondern in bestimmten, durch besondere Gewichtseinheiten oder deren Untertheilungen dargestellten Mengen. Diese Mengen, beziehungsweise die sie bezeichnenden Gewichtseinheiten nennt man Probircentner, und theilt sie in hundert Probirpfunde. Man unterscheidet in Deutschland heute noch den sächsischen Probircentner zu 3,75 gr und den oberharzer Probircentner zu 5,00 gr. Für Münzproben d. h. die Untersuchung gold- und silberhaltiger Legirungen, benutzt man wieder andere Einheiten, gewöhnlich ganze und halbe Gramme, die in Tausendtheile getheilt werden, wobei dann das Silberprobirgewicht die Einheit $1000 = 1$ gr, das Goldprobirgewicht die Einheit $1000 = 0,5$ gr erhalten hat.

Es sind diese Einheiten natürlich nur conventionell, nicht von bestimmter Begründung; jenachdem man reiche oder arme Erze probirt, ist man ja doch gezwungen, Theile oder Vielsache der Einheit als Maß des zu probirenden Erzes zu nehmen.

78. Wie geschieht das Beschießen des Probirgutes?

Man beschießt die abgewogene Menge der zu untersuchenden Substanz, indem man die entsprechenden Gewichtsmengen Zuschläge, Reagentien und Flußmittel, meist in gepulvertem Zustand, mit dem Probirgut in das Schmelzgefäß bringt und daselbst zum Theil mischt, zum Theil nur auf- oder nebeneinander liegen läßt. Im Allgemeinen beobachtet man hierbei die Regel, einen Theil der Flußmittel zuerst in das Gefäß zu thun und umzuschütteln,

und die Innenfläche damit zu überziehen. Dann erst setzt man das Erz oder die Mischung des Erzes mit den Hauptzuschlägen hinzu, und nach oben deckt man gewöhnlich mit leichtflüssigen Salzdecken oder mit reichlichen Portionen des Hauptflußmittels. Durch diese Maßregeln wird zunächst das Ansinthern der schmelzenden, gewöhnlich strengflüssigen Erztheilchen an den Gefäßwänden und damit ein Verlust in dem Ausbringen verhindert, dann wird die Reaction dem Einfluß der in das Schmelzgefäß durch die obere Oeffnung, auch dann, wenn sie lose verschlossen ist, eindringenden Ofengase entzogen, und aufsteigende oder gar ausspritzende Theilchen des Probirgutes bleiben in der Decke hängen und schmelzen dort.

Dieser allgemeine Gang des Beschickens modificirt sich nun vielfach für die einzelnen Fälle, deren Betrachtung in das Gebiet der eigentlichen Metallhüttenkunde gehört, oder in den Lehrbüchern der Probirkunst eine ausführlichere Behandlung erfährt. Vielfach ist die hervorgehobene Verschiedenheit abhängig von der Gestaltung der Proceße und den angewendeten Gefäßformen.

79. Wie sind die Probir- und Schmelzgefäße beschaffen?

Die Probirgefäße dienen zunächst zur Ausführung von Schmelzungen und sind meist kegelförmige, mit einer kleinen Abstumpfung, die als Boden dient, oder mit einem Fuß versehene Gefäße von feuerfesten Massen, seltener von anderen, z. B. metallischen Substanzen. Diese sogenannten Tiegel werden in der Technik in großem Maßstab zu Metallschmelzungen angewandt, in den Laboratorien treten nur die kleineren Dimensionen auf, und speciell für die Probirkunst haben sich besonders dimensionirte bequeme Formen, die Tuten, allmählich eingeführt.

Die Hauptform ist die zu Kupferproben angewandte, aus dem besten feuerfesten Thon angefertigte Kupfertute (Fig. 3 S. 58), eine Tiegelform, welche einen Fuß und eine zusammengezogene Mündung an einem spindelförmigen Körper besitzt. Sie wird außer zu reducirenden Schmelzungen in Gelbroth- und Weißglühhitze auch zu anderen, weniger energischen Schmelzungen gebraucht, obwohl man dazu andere Gefäße eben so gut ge-

brauchen kann. In welcher Weise Stücke dieser Tutenform verwendet werden, zeigen die Fig. 4—6; man theilt das Gefäß durch Schläge mit einem scharfkantigen Hammer in drei Stücke (Fig. 4 a - b - c), einen Fuß (Fig. 6) und zwei löffelartige Scherben (Fig. 5), welche besondere



Fig. 3—19.

Verwendung finden können. Schmelzgefäße für Bleiprobe sind die Harzer Bleischerben (Fig. 7 und 8) und die sächsischen Bleituten (Fig. 9), während für Eisenproben, Zinnproben u. dergl. sehr heißgehende Schmelzen die aus hessischem Thon geformten Kelchtuten (Fig. 10), die mit Deckel und Untersatz zu gebrauchenden sächsischen Eisentiegel (Fig. 11 und 12) und die kleinen schwedischen Tiegel aus Chamotte (Fig. 13) dienen sollen.

Zu sehr leichtflüssigen Schmelzen kann man auch die niedrigen Ansiedescherben (Fig. 14), so wie die Kapellen (Fig. 15—17) anwenden; die letzteren, aus gestiebter Knochenasche gestampft, werden besonders

noch dazu gebraucht, die Treibprocesse des silberhaltigen Werkbleies für die Probirkunst auszubeuten. Röstungen nimmt man in Röstscherben, flachen, dem Luftzug zugänglichen Schmelzgefäßen, vor (Fig. 18 und 19), welche entweder nur auf kleine Proben (Fig. 18), oder auf vorbereitende Röstungen mit größeren Quantitäten (Fig. 19) eingerichtet sein können.

Außer den bisher erwähnten und abgebildeten Gefäßen sind noch einige seltener gebrauchte Formen anzuführen:

Zur Bleiprobe wendet man unter bestimmten Verhältnissen eiserne Schalen oder besser eiserne Tiegel an, welche geräumig und dickrandig sein müssen (Fig. 20). Bei der Kupferprobe nach englischer Vorschrift kommen conische Graphittiegel von flacher Gestalt vor (Fig. 21), während zum Nachweis von Silber und Gold in sogenannten Kräzen, in Goldsandten zc., hessische oder Chamottetiegel von rundlicher oder dreieckiger Gestalt gebraucht werden (Fig. 22).

Beim Beschießen der Tiegel bedient man sich vielfach der gedeckten kupfernen Mengkapseln (Fig. 23), mit deren Hilfe man ohne Verlust die beschickten Erze in die engen Mündungen der Tuten schüttet, und etwaige hängen-gebliebene Rückstände mit kleinen Ueberschüssen von Flußmitteln nachspült. Beim Mengen im Probirgefäß, so wie beim Wiederaufreiben gesinterter Röstproducte zc. lassen sich die Spatel mit Pistillende (Fig. 24) sehr gut verwerthen.

Die beschickten und fertiggemachten Gefäße werden auf einem Probenbrett (Fig. 25 S. 60) aufgestellt und notirt, indem man mit Eisenoryd einfache Zeichen auf den Boden der Gefäße malt und sich eine Notiz der Aufstellung mit den Zeichen und der näheren Bezeichnung macht, ehe man die Proben in den Ofen stellt.

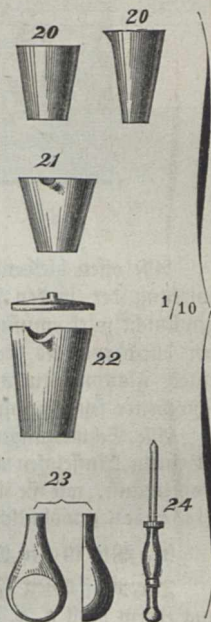


Fig. 20—24.

80. In welcher Weise werden die Proben geschmolzen?

Die fertig beschickten und notirten Proben gelangen nun in die zum Schmelzen oder Erhitzen dienenden Apparate, die

Probiröfen, deren hauptsächlich zwei verschiedene Arten, wenn auch in mannigfachen Abstufungen der Größe und Bauart, angewendet werden.

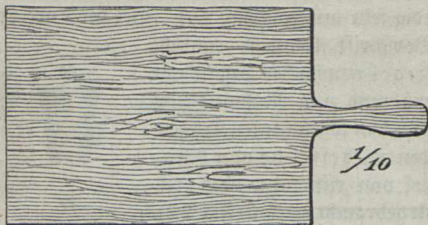


Fig. 25.

Alle offen bleibenden Proben, bei denen namentlich die Mitwirkung der in den Apparat strömenden atmosphärischen Luft gewünscht wird, müssen in Muffelöfen ausgeführt werden, wo ein durchbrochenes Gefäß von feuerfestem Thon eine inmitten eines Flammenfeuers oder einer Säule brennender Kohlen schwebende feuerdurchspülte Arbeitsstätte bildet.

Alle Schmelzungen in geschlossenen Gefäßen können außer in einem Muffelofen auch in einer über einem Rost brennenden Kohlensäule, wie sie in einem Windofen oder in einem Gebläseofen gewöhnlich vorhanden ist, geschehen.

81. Wie ist der Muffelofen eingerichtet?

Der Muffelofen (Fig. 26 und 27 S. 61) besteht zunächst aus einem Rost a, a, der aus einzelnen Stäben, durch passende Zwischenräume getrennt, hergerichtet ist. Unter dem Rost befindet sich der Aschenfall b, b, in den von der Seite oder auch direct von unten her ein Luftcanal c mündet, der die Verbrennungsluft unter den Rost führt und durch einen Schieber enger und weiter gemacht werden kann.

Nach vorn zu liegt die Feueröffnung d, welche aus einer massiven, nach innen zu mit feuerfesten Steinen gesütterten Thür versehen ist, die bequem auf- und zugedreht werden kann. In

einer dem Charakter des Brennstoßs angemessenen Höhe über dem Kofst ist die Muffel e, e eingelegt, welche auf zwei balkenartigen feuerfesten Stäben f f ruht, die ihrerseits vorn und hinten auf Vorsprüngen des Ofenfutters liegen. Die Muffel, ein flaches, kofferförmiges Gefäß von 0,5 — 2 cm Wandstärke, je nach der Größe, hat einen ebenen Boden, eine darauf senkrecht

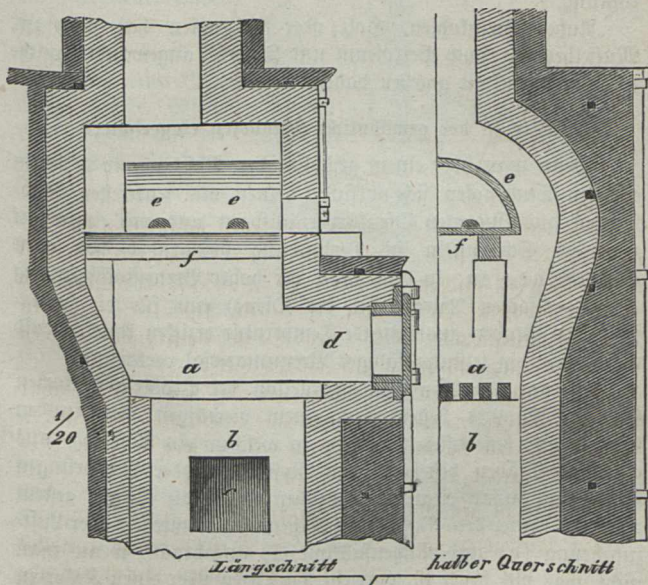


Fig. 26 und 27.

stehende ebene Rückwand und ein nahezu halbcylindrisches Dach; vorn ist sie offen und hat außerdem an der Seite und in der Rückwand kleine halbkreisförmige Oeffnungen, um die Flamme durchzulassen. Mit der offenen Seite stößt die Muffel an die Vorderwand des Ofens, welche eine hinreichend große Oeffnung erhalten muß, um die Probirgefäße aufrecht passieren zu lassen.

Das Gewölbe des Ofens läuft concentrisch mit dem Muffeldach, und mündet schließlich in einem über dem Hintertheil der Muffel stehenden Ramin aus, durch den die Flammen abziehen.

Kleinere Ofen zu Münzproben sind transportabel und in blecherne beschlagene Armaturen eingebaut; sie werden meist mit Holzkohle geheizt und sind sehr empfindlich gegen äußere Abkühlung.

Außer Steinkohlen, Holz oder Holzkohlen hat man zur Muffelheizung auch Petroleum und Theeröl angewandt, welche sehr gute Resultate gegeben haben.

82. Wie ist der gewöhnliche Windofen eingerichtet?

Wenn man über einem gewöhnlichen Rost, wie er in jedem eisernen Stubenofen sich vorfindet, einen mit feuerfesten Substanzen ausgefütterten Ofenkörper aufbaut und mit einem gut ziehenden Schornstein in Verbindung bringt, so hat man einen Windofen, in dem man bei hoher Brennstoffschüttung ($1\frac{1}{2}$ — 2fachen Durchmesser des Ofens) eine für die strengflüssigsten Proben ausreichende Temperatur erzielen kann, sobald man darin ein leistungsfähiges Brennmaterial verbrennt.

Die normale Windofenconstruction der Probirlaboratorien (Fig. 28 S. 63) besteht aus einem viereckigen oder runden Schacht von feuerfesten Steinen, in welchem ein Rost (a), aus einzelnen Stäben bestehend, auf Rostbalken oder Vorsprüngen der Schachtwand liegt, auf welchen dann die Tiegel gestellt werden. Unter dem Rost ist ein Aschenfall (b) mit seitlicher Luftzuführung (c) und Aschenfallthür (f) angebracht, wenn man nicht, was viel besser ist, vorzieht, die Ofen über einen Keller zu setzen und in denselben die Asche fallen zu lassen. Aus dem oberen Theil des Schachtes führt ein schrägliegender (geschleifter) Canal, der Fuchs (e), nach dem Schornstein, welcher sich hinter dem Ofen erhebt, während die obere Oeffnung des Schachtes durch einen beweglichen, auf pultartiger Fläche ruhenden Deckel (d) abgeschlossen wird.

Während man die eben beschriebene schwerere Form des Windofens hauptsächlich zu Eisenproben, Eisen- und Stahl-

schmelzungen, Gold- und Silberkräzproben u. s. f. anwendet, bedarf man auch noch einer etwas leichteren Form, um Kupfer- und Bleipproben anstellen zu können. Dann behilft man sich am besten mit einem aus Blech oder Gußeisen dargestellten cylindrischen Gehäuse, welches mit Chamotte ausgefüttert werden muß, und in welchem eingeschlossener runder Kofst sich befindet. Um den oberen Rand des Ofens ist eine tischartige starke Eisenplatte gelegt, auf der die Deckelhälften des Ofens verschiebbar aufliegen, und welche zum Abstellen der Proben benutzt werden kann. Der Abzug oder Fuchs liegt in einer eisernen am

Ofenmantel angeschlossenen Büchse und führt wagerecht, besser noch steigend nach dem betreffenden Kamin.

Dadurch, daß man diesem Ofen wie auch dem ganz gemauerten Ofen etwa 1 Meter Höhe über der Laboratoriumssohle giebt, erhält man ein bequemes Niveau zum Einsetzen, wie auch zum Herausheben der Proben und zur Beaufsichtigung des Schmelzganges.

Wenn es sich um die Erzielung von sehr hohen Temperaturen in kleinen Apparaten handelt und wenn man comprimirt Luft zur Verfügung hat, dann benutzt man gern kleine Gebläseschachtöfen (s. Erklärung im vierten Abschnitt),

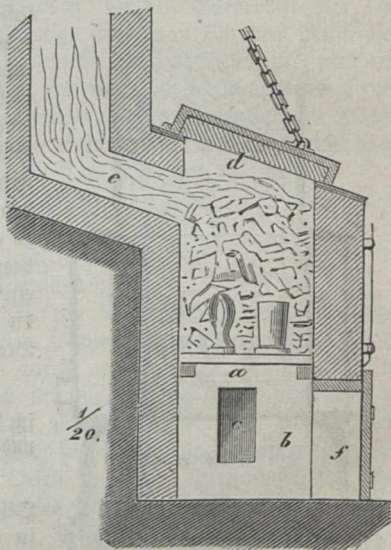


Fig. 28.

die feinen Rost haben, sondern eine Reihe von kleinen Oeffnungen am Umkreis des Bodenrandes, durch welche gepresste Luft eingeblasen wird. Diese auch Sessströmsche Defen genannten Apparate (Fig. 29) werden gewöhnlich in einen doppelten Blechmantel eingebaut, und bestehen aus einem starken Chamottefutter, durch das an den betr. Stellen die Windeinlässe führen. Der Zwischenraum beider Mäntel wird als Windreservoir benutzt und durch ein Rohr oder einen Schlauch mit einem Blasebalg oder einer Windleitung in Verbindung gebracht. Um die Schmelzsäule zu erhöhen und das Aufgeben bequemer zu gestatten, wird ein cylindrischer Aufsatz auf die Gicht gestellt und mit Brennstoff gefüllt erhalten.

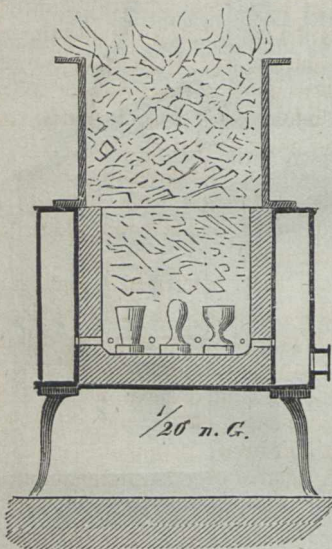


Fig. 29.

83. Wie verfährt man im Allgemeinen bei den Heiz- und Schmelzproben?

Man besetzt einige der Defen in kaltem, andere in heißem Zustand mit den vorbereiteten Probirgefäßen und richtet sich hierbei wesentlich darnach, ob eine

einfache Erhitzung, ein Glüh-, beziehungsweise ein Schmelzproceß in geschlossenen Gefäßen ausgeführt werden soll, oder ob es sich um einen Proceß handelt, bei dem nach einander verschiedene äußere Einflüsse zu denen der Temperatursteigerung und der Zusätze treten sollen.

Während man eine beschickte und verklebte Eisentute, eine bedeckte Kupfertute, selbst eine Bleitute in den Windofen setzen,

mit Brennmaterial umschütten, und durch aufgeworfenes Feuer und Füllen des Ofens den Betrieb einleiten kann, der erst mit dem Durchschlagen oder dem Anbrennen der unmittelbar auf dem Roß liegenden Brennstoffstücke wirklich beginnt — arbeitet man im Muffelofen und auch bei manchen Proben im Windofen nur mit dem vollkommen erhitzten Apparat. Bei Silberproben, bei allen Röstproben, bei den Garproben oder dem Raffiniren roher Metallkönige heizt man sich den Muffelofen vorher vollseurig an, und setzt bei der gehörigen Temperatur ein. Ist der Einsatz zunächst zu schmelzen, ehe die Reaction beginnen soll, so arbeitet man mit einem gewissen Ueberschuß an Wärme und glüht auch vorher die Schmelzgefäße aus, in welche dann die Einsätze mit kühnem Griff gelegt werden müssen.

Arbeitet man mit verschlackenden, leichtflüssigen Zusätzen, so schmilzt man diese zuerst bis zu ruhigem Flusse und setzt die zu raffinirenden Metallperlen hinein, welche dann leichter und ohne zu starken Verlust einschmelzen.

Bei Röstprocessen, die mit leicht schmelzbaren Substanzen ausgeführt werden müssen, so wie in einigen Perioden des Silbertreibprocesses hat man zuerst mit schwacher Gluth zu arbeiten und geht nach und nach, mit zunehmender Feuerbeständigkeit der betreffenden Substanz, zu höheren Temperaturen über. Dieser Gang der Feuerführung ist schwieriger als der umgekehrte Weg und bedarf sehr guter Defen und guter Brennstoffe, um ohne Unterbrechungen durch vieles Schüren oder Brennstoffaufwerfen zu gelingen.

Zum Bedienen der Defen gebraucht man, außer den gewöhnlichen Schaufeln, Schüreisen und Brechstangen, noch eigenthümlich gestaltete, aus zusammengebogenem Flacheisen geschnittene, leichte Zangen, die Probirklüfte, und unterscheidet außer der gewöhnlichen geraden Klust die Backenklust (Fig. 30 S. 66), zum Einsetzen von Metallkönigen, von Zuschlägen zc., und die Gabelklust (Fig. 31 S. 66) zum Ausgießen der Anstiedeproben zc. Um größere Tiegel auszuheben oder auszugießen braucht man die Tiegelzangen (Fig. 32 und 33 S. 66).

Außer in wirkliche Metallformen gießt man in sogenannte Gießbleche oder Buckelbleche (Fig. 34—35 S. 68), die aus Kupferblech getrieben sind und eiserne Stiele haben.

84. Welche Apparate sind außerdem noch in der Probirkunst in Anwendung?

Außer den genannten zur Wärmeüberführung ausschließlich dienenden Apparaten und Geräthschaften enthält ein gut eingerichtetes Probirlaboratorium noch einige andere Apparate, die

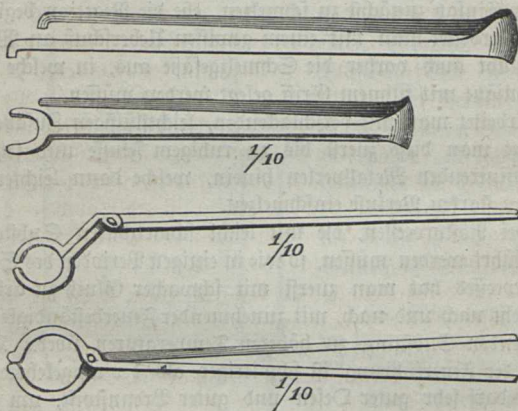


Fig. 30—33.

zu Proben auf nassem Wege bestimmt sind, in den chemischen Laboratorien aber selten oder nie angetroffen werden. Dahin gehören z. B. die Kohlenstoff-, Schwefel-, Kupferbestimmungsapparate von Eggerß für die Untersuchungen von Stabeisen, Stahl, Roheisen, der Silberprobirapparat von Gay Lussac für Münzlegirungen, die Goldprobenapparate zur Scheidung von Gold und Silber u. s. f.

Außerdem rüstet man die Probirlaboratorien mit den Apparaten der Maßanalyse aus, da viele maßanalytische Methoden an die Stelle von älteren Probirmethoden getreten sind oder sie

wenigstens ergänzen. Eben so wendet man galvanische Batterien zur Darstellung von wägbaren Metallniederschlägen an, gebraucht die gewöhnlicheren und die feineren Apparate der Gasanalyse u. s. f.

85. Was ist in Betreff der Herausnahme der trockenen Proben, Trennung des Hauptresultats von den Abfällen und Bestimmung des Hauptresultats zu sagen?

Nachdem die in den Defen behandelten Proben erkaltet sind, schreitet man zum Ausscheiden des Hauptresultats. Man nennt diese aus dem Zerschlagen des Schmelzgefäßes, dem Abklopfen der Schlacken und dem Reinigen des erhaltenen Metallkorns bestehende Operation das Ausschlacken der Probe, und es ist, besonders bei spröden Metallen, große Vorsicht zu gebrauchen, da die Könige dann leicht durch ihre Adhäsion an die zerspringende Schlacke auseinandergerissen werden und sich Verluste ergeben können. Eben so ist aber auch jedes Anhaften von Schlacke oder Gefäßsubstanz zu vermeiden, da dann das Ausbringen zu groß erscheinen würde.

Proben, deren Metallgehalt nicht in einem Korn vereint gefunden wird, sondern in einzelnen Körnern zerstreut ist, sind deswegen als mißrathen anzusehen. Nur bei Eisen läßt sich eine solche Probe noch verwerthen, wenn man die Körner aus der fleingestossenen Schmelze mit dem Magnet ausliest und das Schlackenpulver davon abschlämmt.

Hat man Probe und Gegenprobe gleichzeitig gemacht, so muß beim Wägen sich eine vollkommene Gleichheit der beiden Könige herausstellen. Bei Differenzen darf, wenn dieselben nicht über ein gewisses Maximum gehen, das arithmetische Mittel als wirkliches Resultat angesehen werden.

Das Auswiegen geschieht je nach dem Handelswerth des Metalls bis zu einer mehr oder minder großen Genauigkeit, die sich schon in dem procentalen Ausdruck des Ergebnisses kennzeichnet.

Während z. B. Eisenerze nur in ganzen, höchstens halben Procenten bestimmt werden, giebt man bei Quecksilber, Silber

und Gold Hunderttheile und Tausendtheile von Procenten, bei den übrigen Metallen wenigstens Zehntel derselben an. Sind wichtige Nebenbestandtheile zu bestimmen, so entscheiden noch andere als die Werthrückfichten; man richtet sich dann nach dem Werth des technischen Einflusses solcher Stoffe auf die Arbeit.

Bei manchen Proben kommt es vor, daß man die flüssige Masse ausgießen muß, um das Resultat weiter zu verarbeiten oder zur Erstarrung zu bringen.

Im ersten Fall faßt man die Gefäße, z. B. die Ansiedescherben (Fig. 14) mit der Gabelkluft (Fig. 31) und gießt den Inhalt rasch in eine Vertiefung des Buckelblechs (Fig. 34 und 35), das mit Röthel oder Kreide ausgestrichen sein muß.

Im andern Fall benutzt man massive bronzene oder eiserne Ausgüße, die immer glatt bearbeitet sein müssen, um das Anhaften des erstarrten Metallkönigs zu verhindern.

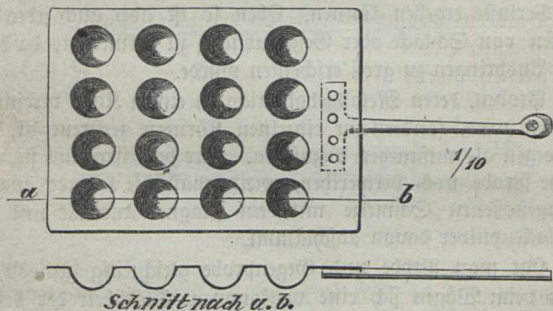


Fig. 34 und 35.

86. Welche vorbereitenden Proceße werden nach der Uebernahme der Erze durch die Hütte einzuleiten sein?

Abgesehen von der eigentlichen Aufbereitung werthvollerer Erze, die von Seiten des Bergbaues geschieht und gewissermaßen als Anhang der bergmännischen Gewinnungsarbeit angesehen werden kann, unterwirft man die angelieferten Stückerze u. s. w. auch seitens der Hütten einer Vorbereitung, welche zum Theil

mit Rücksicht auf die Natur des späteren Bearbeitungsprocesses zu erfolgen hat.

87. Worin besteht die gewöhnliche mechanische Vorbereitung der Erze?

Die gewöhnliche auf den Hütten auszuführende Vorbereitung der Erze besteht in Waschen, Trennen und, damit verbunden, in der Herstellung einer gleichmäßigen Stückgröße für die Weiterverarbeitung.

Sind die Erze z. B. schmutzig und stark mit thonigem und anderem Schlamm verunreinigt, so empfiehlt es sich, dieselben zu waschen, d. h. sie in offenen Geflüdern eine Zeitlang einem reichlichen Wasserdurchfluß auszusetzen oder sie in beweglichen Apparaten mit Wasser zu bearbeiten. Vielfach verbindet man mit der Wäsche der Erze auch eine rohe Separation nach der Stückgröße, wo dieselbe eben gefordert scheint, indem man durchlöcherter und geneigt rotirende Trommeln anwendet, in die einerseits die Erze in Gemisch mit Wasser gelangen, andererseits die größten Stücke wieder herausgelangen, während die feineren Erzpartien, fortirt, durch die verschieden weiten Löcher der Trommelwand gefallen sind.

Da gleichgroße Stücke im Allgemeinen bei jedem in Defen oder anderen Apparaten zu verarbeitenden Erz vortheilhafter sind als ungleiche Förderung, und da häufig die Stückgröße des geförderten Erzes für die Natur des Processes bedeutend ist, muß man auch an Zerkleinerung denken.

Die Erzzerkleinerung, wie sie auf den Hüttenwerken geübt wird, besteht entweder in dem Zerpochen der Erze durch Handarbeit oder in der gleichmäßigen Zerkleinerung derselben durch Maschinen. Bei massenhaftem Erzverbrauch, z. B. beim Eisenhochofenbetrieb, zieht man mehr und mehr die Anwendung der Maschinen vor, besonders seit man durch längere Erfahrung ihre Construction sowohl vereinfachen als verbessern konnte.

Zum Zerkleinern der großen unförmlichen Erzstücke wandte man früher ausschließlich Bohrerwerke, d. h. Stempel mit Eisen-
schuhen an, die durch auf einer sich drehenden Axe befestigte Daumen gehoben und fallengelassen werden konnten.

Auch schwere Hämmer an dicken Stielen oder Helmen um Zapfen beweglich und durch Wasserkraft bewegt, wurden angewendet, leisteten aber weit weniger als die Pochwerke. Beide Vorrichtungen wurden indeß von den zuerst durch den Amerikaner Blake erbauten Steinbrechern weit übertroffen, die eine sehr große Verbreitung erhalten haben und stetig verbessert worden sind.

Handelt es sich um die Verwandlung eines Erzes zc. in Pulver oder Staub, so sind die Schleudermühlen oder Disintegratoren, wie sie Carr und Rittinger entworfen haben, zu empfehlen. Sie werden besonders zur Vorbereitung sehr harter Gold- und Silbererze (reiche Quarze) für Röstungen und Amalgamationsprocesse viel angewandt.

88. Wie sind die Erzwäschen beschaffen?

Die einfachsten Erzwäschen bestehen aus offenen Trögen, durch welche ein hinreichend starker Wasserstrom geleitet wird und in welchen das Erz durch Gezüge hin- und herbewegt werden kann, um das Losweichen und Abspülen anhaftender Unreinigkeiten zu erleichtern. Die Skizze einer solchen Wascheinrichtung ist in Figur 36 (S. 71) gegeben, wo zwischen einem Oberwasserlauf A und einem um ca. 0,50 m tiefer gelegenen Unterwasserlauf B eine beliebige Anzahl von Holztrögen C C liegen, welche oben wie unten durch kleine Thüren, Schützen, abgeschlossen werden können. Zur größeren Bequemlichkeit für die Erzauflage läuft eventuell eine schmalspurige Bahn D D über sämtliche Tröge fort, und gestattet das Anfahren der Materialien in größeren Quantitäten. Auch in einfachen Gräben wäscht man Erze, wenn es sich um kleinere Mengen handelt, jedesmal aber ist es erforderlich, das Erz gegen den Strom etwas zu bewegen.

Da diese Art Erzwäschen trotz großer Einfachheit viel Wasser verbrauchen und nur an stärkeren Bächen mit ausreichendem Gefälle angelegt werden können, haben sich die Constructeure von Aufbereitungsvorrichtungen auch damit befaßt, wirksame Erzwäschen mit sparsamem Wasserconsum und besonders für Hüttenwerke geeignet zu erbauen.

Fig. 37 (S. 72) giebt die allgemeine Disposition einer solchen Anlage wieder, wie sie u. A. von der Actiengesellschaft Humboldt in Kalk b. Deuz geliefert wird. Diese Maschine gebraucht zur Verwaschung von ca. 30 Cubikmetern Erz per Tag eine Maschine von 15 Pferdestärken, und erfordert nicht ganz 1 Cubikmeter Wasser per Minute bei acht Umdrehungen der Trommeln in der gleichen Zeiteinheit.

Das Erz kommt aus einem über der Terrainsohle belegenen Geleise E E in ein oben offenes Gerinne F, in welchem eine Schraube das Erz mit Wasser mischt und wo die größten Schlammtheile ab gespült in ein Gefluder I geführt werden. Das Erz wird durch die Schraubenbewegung in F nach der Verwaschtrommel H geführt, in welcher 20 periphere Parallelreihen von Schaufeln mit ihren Flächen schief gegen die Axe der Trommel stehen und beim Herumwerfen des Erzes dasselbe allmählich von einer Seite nach der anderen befördern. Dort gelangen das Erz und der losgeweichte Schlamm nebst dem Wasser in ein durchlöcheretes Verbindungsrohr K, wo Schlamm und Wasser in das Gerinne L fließen, das Erz aber allmählich nach der Fertigwaschtrommel M geführt wird. Auch diese Trommel ist inwendig mit schaufel-

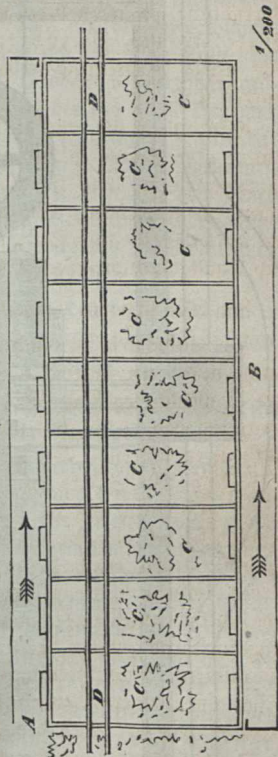


Fig. 36.

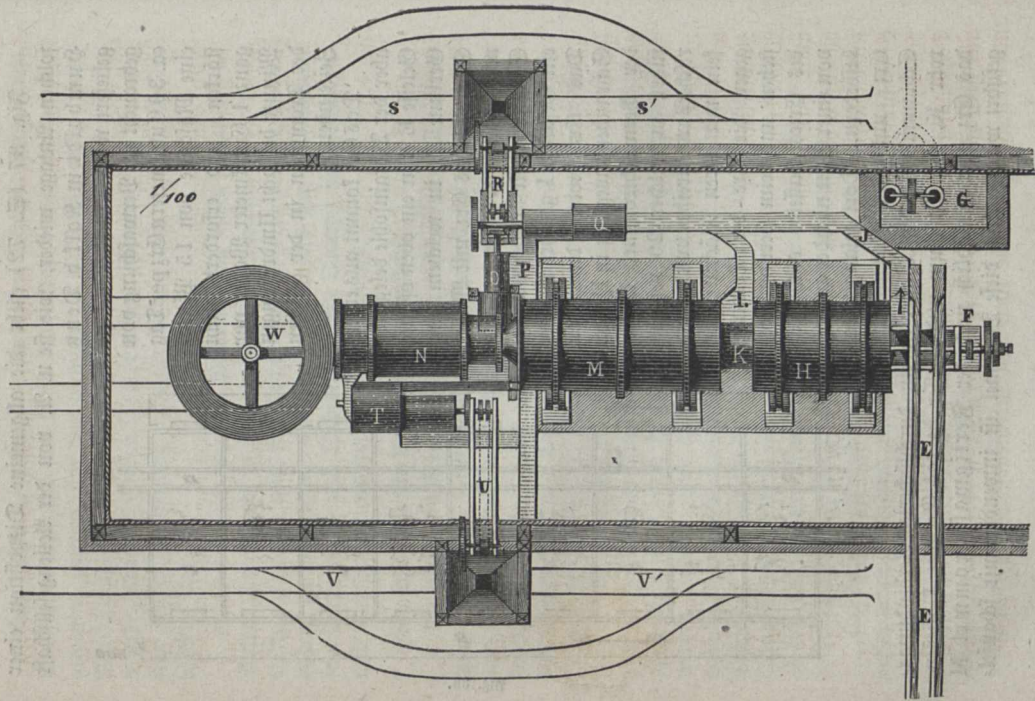


Fig. 37.

artigen Blechen besetzt, die das Erz allmählich nach dem anderen Ende schieben.

An die Fertigmaschintrommel, in welcher ein Wasserstrom dem Erz entgegengeleitet wird, um den noch abgehenden Schlamm auch in K nach L abzuführen, schließt sich für solche Fälle, wo die Erzstücke in drei verschiedenen Größen verwerthbar auftreten, eine Separationstrommel N, aus der das feinste Erz nach der Trommel O, das mittlere Erz nach der Trommel T und das größte nach dem rotirenden Klautisch W geht. Durch sogenannte Paternosterhebwerke U und R werden die mittleren und feinen Sorten in die auf den Geleisen V V und S S laufenden Waggons gestürzt. Die Schlämme passiren alle nochmals die Trommel Q, um etwa mitgerissene Erzstückchen zurückzuhalten.

Da man in den meisten Fällen mit den beiden Trommeln H und M auskommt und eine Separation nicht beabsichtigt, vereinfacht sich die ganze Anlage sehr bedeutend.

89. Welcher Zerkleinerungsvorrichtungen bedient man sich bei der Vorbereitung der Erze und der Materialien?

Die Wahl der in neuerer Zeit sehr vervollkommneten Mittel und Wege der Zerkleinerung ist abhängig von den Größenverhältnissen, die das Product haben soll. Zur Zerkleinerung großer Materialstücke in kleinere von gleichmäßigem Umfang kann man sich der Handarbeit bedienen; bei hohen Löhnen greift man zu maschineller Thätigkeit und wendet Hammerwerke, Bohrerwerke und Walzwerke an. Für Massenarbeit, z. B. bei der Vorbereitung der Eisenhüttenmaterialien zc., bevorzugt man die Anwendung der Steinbrecher oder Steinquetscher. Will man pulverförmige oder staubförmige Zerkleinerungsproducte haben, so bedient man sich der Kollermühlen, Kollergänge, selbst solcher Apparate, die den Getreidemahlmühlen in der Einrichtung genau entsprechen. Sind die betreffenden Rohmaterialien sehr hart und zäh, oder handelt es sich um die Darstellung unsühlbaren Staubes in großen Mengen, so bleiben nur noch die sogenannten Disintegratoren oder Schleudermühlen übrig, welche zwar den bedeutendsten Effect zeigen,

aber auch in Betreff der Einrichtung verschiedene Anforderungen stellen, denen nicht überall und in allen Fällen genügt werden kann.

90. Was ist über die Zerkleinerung durch Handarbeit zu bemerken?

Das einfachste Mittel der Zerkleinerung ist die Handscheidung, d. h. die Zerkleinerung durch Handhämmer unter gleichzeitiger Ausscheidung schädlicher oder wenigstens nicht brauchbarer Gemengtheile des Rohmaterials. Die Handscheidung erfordert eine große Anzahl Arbeiter oder Arbeiterinnen und ein ziemlich bedeutendes Areal, wenn für einen größeren Betrieb gearbeitet werden soll; sie ist aus den angeführten Gründen deshalb nur da möglich, wo die Arbeitslöhne nicht sehr hoch und der Grund und Boden billig zu erwerben ist.

Man hat sie deshalb auch mehr und mehr verlassen und nur beibehalten, wo eine wirkliche Scheidung eines für die Verhüttung gefährlichen Bestandtheils damit verbunden werden muß.

91. Wie geschieht die Zerkleinerung durch Hammerwerke?

Der erste Schritt zur Vervollkommnung der Handzerkleinerung geschah durch Betreiben eines großen Hammers mit Wasserkraft in der Art, wie die Fig. 38 und 39 (S. 75) dieses andeuten. Eine dicke Wasserradwelle A trägt an ihrem vorderen Ende einen eisernen Daumenring B, welcher durch vier mit Holz belegte Daumen (von denen in der Abbildung nur einige sichtbar sind) den Stiel oder Helm C des Hammers D heben, und beim Weiterbewegen im Sinne des eingezeichneten Pfeils wieder fallen lassen.

Durch einen Trog E gelangt das Erz auf den Ambos F, auf dem ein Arbeiter dasselbe in der richtigen Lage den langsam sich folgenden Schlägen aussetzt. Die übrigen Theile der Vorrichtung sind leicht verständlich und übrigens ähnlich construirt, wie die später, im vierten Abschnitt, zu besprechenden Hammeranlagen für Metallbearbeitung.

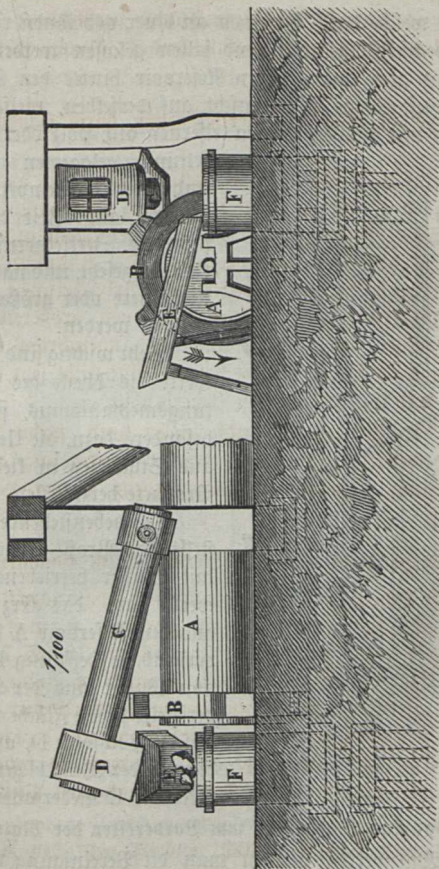


Fig. 38 und 39.

92. Was versteht man unter Bochwerken?

Bessere Arbeit zeichnet die eigentlichen Bochwerke aus. Dieselben bestehen aus einer Reihe von in einem Gerüst neben einander aufrecht stehenden, mit eisernen Schuhen versehenen

Stempeln, welche durch Daumen an einer vor ihnen rotirenden Welle abwechselnd gehoben und fallen gelassen werden. Das Erz gelangt aus einem hohen Reservoir hinter den Stempeln auf eine schiefe Ebene und rutscht auf derselben, vielfach unter Berieselung mit Wasser, in den eisernen auf Holz oder Cement-

bettung gelagerten Pochtrog und unter die Stempel. Es kann beliebig lange Zeit dem Einfluß des Zerkleinerungsapparats ausgesetzt, und nach Bedarf in kleinere oder größere Stücke zerpocht werden.

Sehr wichtig sind die Pochwerke als Theile des Aufbereitungsmechanismus, sie dienen besonders dazu, die Uebergänge aus Stückerzen in feinkörnige Producte herzustellen.

Die nebenstehende Fig. 40 stellt das Profil eines solchen mit Wasser betriebenen Pochwerks dar; das Erz gelangt aus dem Reservoir A durch die verstellbare Deffnung B auf die von Wasser aus der Rinne C berieselte schiefe Fläche und fällt auf die Pochsohle D, auf welche die von der Welle F getriebenen Stempel E niederfallen.

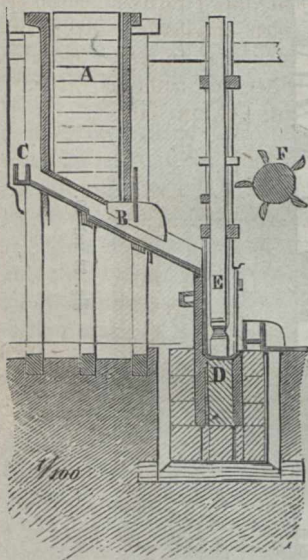


Fig. 40.

93. Was sind Walzwerke zum Vorbereiten der Materialien?

Unter Walzwerken versteht man die Bereinigung von zwei oder mehr in entgegengesetzter Richtung sich drehenden glatten oder gerippten Metallwalzen, die mit parallelen Axen in einem starken Gerüst fest oder zum Theil beweglich gelagert und mit Aufgeb- oder Aufschüttvorrichtungen versehen sind, durch welche die Materialien gleichmäßig zur Verarbeitung gelangen.

Von den später zu behandelnden Walzwerken zur Metallbearbeitung unterscheiden sich die Erz- oder Materialwalzwerke durch die Lage der Ebenen, welche die Walzenachsen bilden.

Während bei den Metallwalzwerken die zusammengehörigen Walzenachsen vorwiegend in einer Verticalebene liegen, legt man sie bei den Quetschwalzwerken für Material in eine Horizontalebene.

In Fig. 41 ist die Seitenansicht eines derartigen Walzwerks gegeben, welche zwei in einem festen gußeisernen Gerüst eingeschlossene Walzen mit fester Lagerung zeigt, in welche von oben her ein Holztrug das Material schüttet, während das Zerkleinerungsproduct nach unten hin in eine Holzlutte fällt.

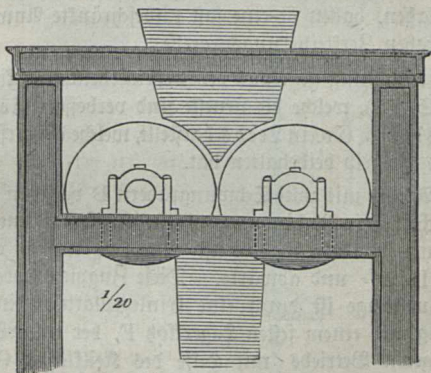


Fig. 41.

Gewöhnlich giebt man den Lagern eine verstellbare Einrichtung, damit man sie gegen einander nähern oder entfernen kann. Zu dem Zweck werden horizontale Stellschrauben in den Seitenständern des Gerüsts drehbar eingelegt, welche mit den Spindelsköpfen gegen eine Höhlung der Lagerblöcke drücken.

Um bei ungleichhartem Material eine plötzliche Inanspruchnahme unschädlich zu machen, versieht man die Lagereinstellung der einen Walze mit starken Federn, welche durch die gewöhnliche Arbeit nicht zusammengedrückt werden, aber beim Eintreten eines

härteren Materialstücks zwischen die Walzen die Beschädigung oder den Bruch derselben verhüten.

94. Wodurch charakterisiren sich die Steinbrechmaschinen?

Weit bequemer und wirkungsreicher als die genannten Apparate sind die Steinquetschen oder Steinbrechmaschinen, eine aus Amerika eingeführte, seitdem in Deutschland und England verbesserte und vervollkommnete Einrichtung, um Rohmaterialien jeder Größe und Form in kleinere Stücke zu zerbrechen. Da sie außer einer mittelst Transmission beliebig zu übertragenden Kraft von nicht zu großem Betrage keine weiteren Hilfsmittel beanspruchen, sich leicht transportiren und verstellen lassen, haben sie eine fast unbeschränkte Anwendbarkeit auf alle groben Zerkleinerungsprocesse.

Die Einrichtung geht aus der nebenstehenden Skizze hervor (Fig. 42 S. 79), welche die neueste und verbesserte Construction von Marsden & Co. in Leeds darstellt, welche das ursprüngliche Blake'sche Princip beibehalten hat.

Eine Axe A, mit zwei Schwungrädern B versehen und durch eine Riemscheibe C in Verbindung mit einer Kraftmaschine (stationär oder locomobil), bewegt mittelst eines Excentrics eine breite Zugplatte D auf- und abwärts. Diese Zugplatte oder plattenförmige Zugstange ist durch eine Einlegeplatte E einerseits in Verbindung mit einem festen Lagerkloß F, der nur vor Beginn eines längeren Betriebs mit Hilfe des Keilkloßes G verstellt, d. h. vor- oder zurückgeschoben wird, jenachdem man kleinere oder größere Stücke erhalten will. Eine andere Einlegeplatte E verbindet das Element D mit dem Brechbacken H, welcher um eine festgelagerte Axe I schwingt und beim Gang der Maschine einem zweiten, aber festen Brechbacken K periodisch genähert wird. Beide Brechbacken haben Einsätze von hartem Material H' und K', die der starken Abnutzung wegen öfters ausgewechselt werden müssen. In den Raum L stürzt man die zu zerbrechenden Materialstücke, die von den Backen erfaßt, zerdrückt und allmählich heruntersinkend zerkleinert werden, bis sie durch den Zwischenraum, den die unteren Backenkanten zwischen sich lassen,

auf die trogartige Fläche M fallen und auf den dazu bestimmten Platz oder in Gefäße gelangen.

Durch eine Feder zieht sich der an den festen Backen gedrückte bewegliche Backen immer wieder zurück und es functionirt der

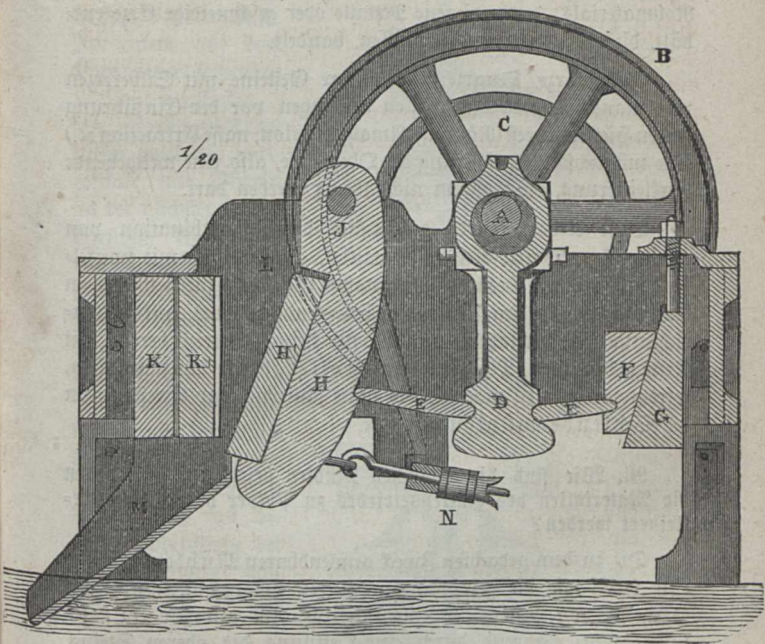


Fig. 42.

Apparat ohne jede Stockung oder Unterbrechung. Ein solches Brechmaul quetscht in zehn Stunden über 75,000 Kilo Kalksteine.

Das Ganze liegt in einem rahmenartigen Kasten, der früher von Gußeisen hergestellt wurde, jetzt aber aus schmiedeeisernen Platten besteht und dadurch der Zerreißung besser widersteht.

95. Was ist allgemein über die Verstäubung der Materialien zu sagen?

Wo es sich um Darstellung feinen Staubes handelt, reichen die bisher angegebenen Vorrichtungen nicht aus, besonders wenn es sich um das Pulverisiren sehr harten oder sehr zähen Rohmaterials, das gediegene Metalle oder geschmeidige Erze enthält, die bloßgelegt werden müssen, handelt.

Goldquarze, Quarze und andere Gesteine mit Silbererzen und manche andere Materialien verlangen vor der Einführung in den Hüttenproceß (Röstung, Amalgamation, nasse Extraction zc.) eine möglichste Vergrößerung der Oberfläche, also eine weitgehende Zerkleinerung, die trotzdem nicht theuer werden darf.

Diese Arbeit wurde anfänglich durch Combination von Pochwerken, Walzwerken zc. bewältigt, aber vielfach mit zweifelhaftem Erfolg. Deshalb unternahm man es (zuerst wieder in Amerika, wo die Frage auch am brennendsten war), andere Einrichtungen zu versuchen, und die für kleinen Betrieb bereits mit Erfolg benutzten Mühlen und Kollergänge umzugestalten, wirkungsreicher zu machen, bis man schließlich zur Construction der Schleudermühlen gelangte.

96. Wie sind die einfachen Mühlen beschaffen, mit denen die Materialien des Hüttenbetriebes zu Pulver oder Staub zerkleinert werden?

Die zu dem gedachten Zweck anwendbaren Mühlen arbeiten zum Theil wie die gewöhnlichen Getreidemahlmühlen mit zwei Steinen, von denen der eine sich auf dem anderen sehr rasch herumdreht, während durch eine Deffnung des oberen Steins, des Läufers, das zu zerkleinernde Material auf die Mahlfläche gelangt. In einem die ganze Vorrichtung umgebenden Gehäuse sammelt sich das Product des Mühlenprocesses und wird in geeigneter Weise abgeführt. Da bei dieser Art Mühlen das Material keine bedeutende Korngröße von Hause aus besitzen darf, so lassen sie sich nur in Verbindung mit anderen Zerkleinerungsmechanismen, wie Pochwerke zc., verwenden.

Es wird dann auch vielfach naß gemahlen, d. h. unter Zuführung von Wasser, wodurch eine größere Beweglichkeit in den Proceß gebracht und die Wirkung gesteigert wird.

Eine Mahlvorrichtung, welche auch stückreiches Material verarbeiten kann, ist in Fig. 43 dargestellt.

In einem auf dem Kopf einer stehenden Welle befestigten schalenförmigen Troge liegen zwei um horizontale mit Bügeln an der nächsten Wand befestigte Axen rotierende Walzen oder Mühlsteine, nach ihren Axen concentrisch, in ihren Querschnitten parallel.

Der eine Stein liegt mehr nach der Mitte der Schale, der andere mehr nach dem Rande zu, so daß fast die ganze Bodenfläche bei ihrer Drehung von den Walzen berührt werden muß.

Die durch eine Umsehung conischer Räder getriebene stehende Welle dreht den Trog

um, auf dem die zu zerkleinernden Materialien ausgeschüttet liegen — durch die Drehung werden auch die festliegenden Mühlsteine gedreht, und wälzen sich fortwährend auf dem unter ihnen sich weiter schiebenden Boden des Trogs, mit ihrem Gewicht

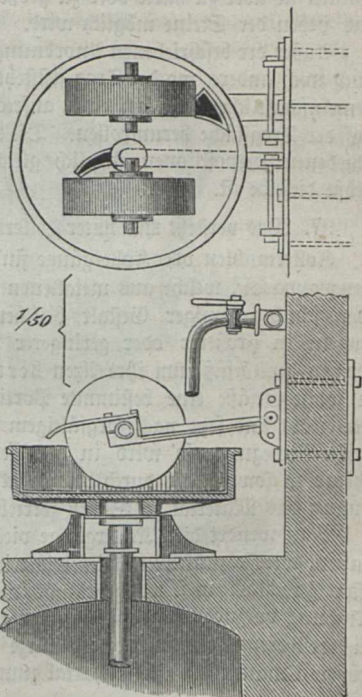


Fig. 43.

die Materialstücke zerdrückend und zerquetschend, die ihnen in den Weg kommen.

Dadurch, daß die Axen der Mühlsteine mittelst Bügel in Charnieren an der Wand des betr. Arbeitsraumes befestigt sind, können sie über zu harte oder zu große Stücke fortgleiten, indem das Heben der Steine möglich wird.

Außer der beschriebenen Anordnung giebt es für diese Mühlen auch noch andere, wo der Trog feststeht und die Steine mit einer gemeinschaftlichen Axe, an einer aufrechtstehenden Welle befestigt, auf der Trogfläche herumrollen. Die Resultate sind bei den verschiedenen Dispositionen ziemlich gleich, sobald nur die Steingröße dieselbe ist.

97. Was versteht man unter Kollermühlen oder Kollergängen?

Kollermühlen oder Kollergänge sind schnelllaufende Zerkleinerungsapparate, welche aus metallenen Gefäßen von cylindrischer oder scheibensförmiger Gestalt bestehen, in welchen metallene Kugeln in größerer oder geringerer Anzahl liegen und beim Drehen der Gefäße um ihre Axen herumkollern. Giebt man in solche Gefäße eine bestimmte Portion des zu zerkleinernden Materials und setzt nach sorgfältigem Verschuß den Apparat in rasche Bewegung, so wird in gewisser Zeit durch das Umhererschleudern sowohl, als durch den Druck und Schlag der kollernenden Kugeln das Material zu Staub zerrieben.

Man wendet diese Kollergänge vielfach an, um erdige Materialien, wie sie zum Metallgießereibetrieb, zur Darstellung feuerfester Fabrikate u. s. w. gebraucht werden, behufs genauester Mischung vorzubereiten. Die Leistung ist sehr bedeutend, so daß bei weicheeren Materialien oft kurze Handarbeit genügt, um größere Quantitäten Rohmaterial zum Betrieb vorzubereiten.

98. Was sind Schleudermühlen oder Desintegratoren?

Man versteht darunter Vorrichtungen, welche durch rasche Drehung von gefächerten oder mit Gittern umgebenen Scheiben ein Herumwerfen und Zerschleudern hineingegebener Rohmaterialien veranlassen. Der resultirende Staub wird in einem das Ganze umgebenden Gehäuse aufgefangen, durch abwärts führende

Trichter oder durch Saugwerke weiter transportirt und entweder direct auf die Gichtböden der Hütten oder in Magazine geführt.

Die Figuren 44 und 45 geben perspectivische Darstellungen des Carr'schen Desintegrators, von denen Fig. 44 den zusammengestellten Apparat bei aufgeklappter oberer Hälfte des Gehäuses, Fig. 45 aber den demontirten Apparat bei fortgenommenem Gehäuse darstellt.

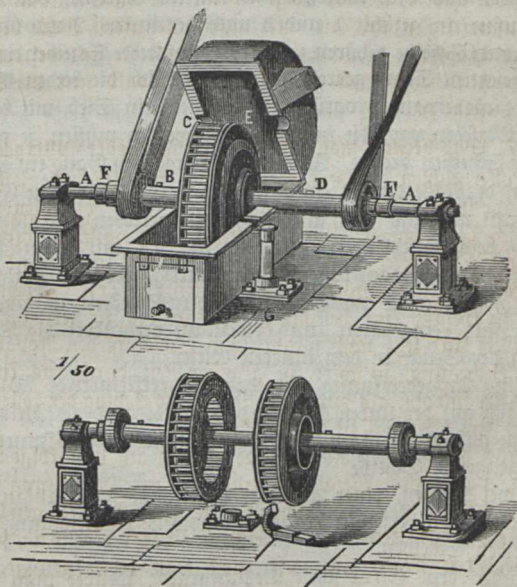


Fig. 44 und 45.

Man sieht, daß auf einer festen Welle A zwei lange Metallhülsen B, D verschiebbar sind, welche je eine Riemscheibe F und eine Schleuderscheibe C, E tragen.

Die linke Scheibe C trägt auf der rechten Fläche zwei concentrische Gitterkränze von Stahlstäben, die an den freien Enden

durch Scheibenringe vereinigt sind und zwischen sich einen ringförmigen Raum frei lassen. In diesen Raum paßt nach Durchmesser und Höhe der äußerste der auf der linken Seite der rechts befindlichen Scheibe E befestigten Gitterkränze, während der innere und engere Ring innerhalb des entsprechenden Ringes an der linken Scheibe sich anschließt. Wenn beide Scheiben in einander geschoben sind, wird der von beiden umschlossene Raum an der Peripherie von vier concentrischen Gittern begrenzt, von denen von außen an gezählt 1 und 3 nach der linken, 2 und 4 nach der rechten Scheibe gehören. Werden nun beide Scheiben in entgegengesetztem Sinn gedreht, so bewegen sich die beiden Gittersysteme an einander vorüber und stellen ein Sieb mit beweglichen Maschen vor, die immer kleiner werden müssen, je rascher sich die Scheiben drehen. Wird nun bei raschem Gang ein Steinstück in der Nähe der Axe eingeführt, so wird es durch die Centrifugalkraft nach und nach an den Gittern zerrieben und als feiner Staub herausgeschleudert. Der in Fig. 44 mit H bezeichnete, in Fig. 45 am Boden liegende, klauenartig gebogene Stab wird in ein Fußlager G, nachdem die beiden Scheiben in einander gestellt sind, eingehängt, und die Klaue verhindert das Liegenbleiben der Stücke in dem inneren Gitter.

Eine Aufgeböffnung für das zu zerkleinernde Material findet sich auf der linken Seite des Gehäuses, und die Steinstücke rutschen auf der schrägen Trichterfläche direct in das Innere der links gelegenen Scheibe.

Zwei Riemen, einer gekreuzt, der andere glatt aufgezogen, übertragen von derselben Transmissionswelle die Bewegung nach den beiden Scheiben.

Außer dem Carr'schen Desintegrator wendet man auch noch eine andere Construction an, die von Rittinger herrührt, weniger rasch geht, aber auch nicht in gleichem Maß der Zerkleinerung unterworfen ist wie jene. Versuche von Rittinger ergaben bei einem Aufwand von 4 Pferdestärken und 1000 Tonnen pro Minute in der gleichen Zeiteinheit die Zerkleinerung von 10 Centner = 500 Kilo Bleiglanzgrauhen (die 6 mm Größe hatten) zu feinem Mehl.

Besonders brauchbar erweisen sich die Desintegratoren für feuerfeste Massen, für Kohlenaufbereitung zur Staubstromheizung u. s. f.

99. Was ist über Trennungsarbeiten zu bemerken?

Trennungsarbeiten werden im Bereich des Hüttenbetriebs selten ausgeführt und gehören in das Gebiet der Aufbereitung. Nur bei der Sandzerkleinerung und theilweise bei der Wäsche kann ein gelegentliches Aushalten grober und auffälliger Unreinigkeit des Materials stattfinden.

100. Welche Vorbereitungen trifft man außerdem noch mit den Erzen?

Die Erze müssen vor der Aufgabe in die Defen zc. einer Arbeit unterworfen werden, welche hauptsächlich das Mischen derselben mit anderen Erzen, mit Flußmitteln und Zuschlägen zur Erleichterung gegenseitiger Einwirkung zum Zweck hat.

Man kann hierbei unterscheiden das Mengen der Erze unter einander und das Mengen derselben mit Zuschlägen — dann reihen sich noch Mengungsarbeiten an, welche gleichzeitig ein Agglomeriren, ein Vereinigen loser Erzmassen zu Klumpen und Stücken bezwecken, um die Ofenarbeit zu erleichtern. Chemische Vorbereitungen, wie z. B. das Verwittern, Abliegen und Auslaugen, die Entphosphorung u. s. f., stehen bereits zu sehr in Verbindung mit dem speciellen Hüttenproceß, um sich leicht von einem allgemeinen Standpunkt aus behandeln zu lassen.

101. Wie geschieht das Mengen der Erze unter einander?

Das Mengen der gleichmäßig zerkleinerten Erze unter einander geschieht mit Rücksicht auf die Art und den Umfang des Betriebes in verschiedener Weise.

Bei Schachtöfen und Herden, wo continuirlicher Betrieb umgeht und wo zum Theil große Massen von Erz und Zuschlägen täglich verarbeitet werden müssen, hat man besondere Methoden der Mischung.

Man richtet sich unter Dach und Fach große ebene Plätze ein, die mit Eisenplatten belegt sind und auf welche man die

Erze durcheinanderstürzt. Um dieses bequem zu bewirken, legt man drei Meter über der Sohle Geleise an, auf welchen man die Erzwagen direct über die Mischplätze fahren kann und sie dann entleert. Vielfach stellt man fahrbare Steinbrecher auf anderen Geleisen auf, und läßt sie direct auf den Mischplatz die gequetschten Materialien entleeren.

Man breitet zuerst eine Erzsorte in der zu einer bestimmten Mischungsmasse nothwendigen Quantität gleichmäßig aus, und stürzt die übrigen Sorten in den vorgeschriebenen Verhältnissen (gewöhnlich nach Raummaßen, Wageninhalten bemessen) nacheinander darüber. Beim Verbrauch schiebt man den gebildeten Haufen an der einen Seite an und wiegt sich auf Brückenwagen die Mengen ab, welche zu einer Aufgebeportion, einer Gicht, gehören.

Das ganze Verfahren nennt man das Möllern, den so zugerichteten Haufen Erz, einschließlich des Zuschlags, die Möllerrung oder den Möller und bezeichnet mit den weiteren Ausdrücken Möllerbett und Möllerhaus die Basis und die bauliche Umwähnung der ganzen Arbeit.

Wenn auch die Beschaffenheit des Haufens nicht überall, streng genommen, die gleiche sein kann, so genügt doch bei der Intensität des Betriebes und der Capacität der in Frage kommenden Ofen die bei einiger Sorgfalt erzielbare Gleichmäßigkeit vollständig.

Im Eisenhochofenbetrieb wird das Verfahren der Möllerrung ganz besonders ausgebildet, da nirgendwo eine gleiche Anzahl von verschiedenen Erzsorten in denselben Apparat gleichzeitig gelangt.

102. Wie führt man Agglomerationsarbeiten aus?

Am Einfachsten gelingen solche Arbeiten im Anschluß an die Waschprocesse, indem man die noch reichen und verwerthbaren Schlämme in Sümpfen etwas fest werden läßt und sie dann in Ziegelformen streicht und leicht brennt. Nicht immer vereinigt sich indessen ausreichender Metallgehalt und größere Plasticität zu einer solchen Möglichkeit der Erzverwerthung und besonders bei Eisenerzschlammern ist es schwer, Haltbarkeit nach dem Trocknen mit einem gewissen Gehalte an Metall zu vereinigen.

Durch Maschinen lassen sich die Erze auch nur bei bedeutenderem Thongehalt pressen, und paßt dieses Verfahren deshalb nicht immer.

Ein Anrühren der Erze mit einem Brei von gebranntem und gelöschtem Kalk würde für manchen Hüttenproceß vortheilhaft sein und auch hinreichend haltbare Producte liefern, wenn es nicht in vielen Fällen zu theuer wäre. Alle Versuche, die man damit gemacht, zeigen, daß nur für sehr werthvolle Materialien ähnlich verfahren werden kann.

Eisenfrischschlacken mit Kalbbrei und Kohlenstaub, Erze mit Kalbbrei und Kohlenstaub gaben großstückige Producte, die eben nur zu kostspielig geworden waren, um das Verfahren im Großen zu rechtfertigen. Aehnlich verhielt es sich mit dem Versuch, Eisenerze und reiche Eisenschlacken mit Steinkohlen zu mengen und in coquesartige Conglomerate zu verwandeln.

Dagegen rührt man Bleierze, Flugstaub von der Bleierzverarbeitung mit Kalbmilch zu Brei an, aus dem man dann stückige Schmelzmaterialien gewinnt. Rückstände der Silberextraction aus Kupferhüttenproducten werden mit Thon angebackt und in Klumpen geformt, Metallkräßen mit Glätte zusammengeschnolzen u. s. w.

Metallabfälle, z. B. Bohr- und Drehspäne, läßt man in Haufen zusammenrosten, oder packt sie in metallene Töpfe, nachdem man sie mit organischen Flüssigkeiten: Urin, Säuren zc. angeknetet hat. In dieser Form giebt man sie sammt dem Gefäß auf den Umschmelzöfen auf.

Im Allgemeinen haben die Agglomerationsarbeiten, welche bei den Brennstoffen schon eine bedeutende Rolle spielen, bei der Erz- und Materialvorbereitung der Hüttenproceße noch nicht große Verbreitung gefunden.

Zweites Kapitel.

Von den Zuschlägen.

103. Welche Substanzen verwendet man als Zuschläge bei den Hüttenprocessen?

Man gebraucht als Zuschläge zu einem mit bestimmten Materialien ausführbaren Hüttenproceß solche Substanzen, welche die Ausscheidung des darzustellenden Metalls zc. erleichtern, und die im Material vorhandenen Nebenbestandtheile in gleichmäßig zusammengesetzte, sich leicht absondernde Verbindungsformen überführt. In Folge dessen ist die chemische Qualität der Zuschläge die Hauptsache bei der Wahl derselben, richtet sich aber ganz nach der Beschaffenheit der sonstigen Rohmaterialien.

104. Wie kann man die Zuschläge classificiren?

Man classificirt die Zuschläge zunächst nach den Processen, bei denen sie Verwendung finden, und unterscheidet z. B.:

Röstzuschläge (für Zuschläge bei Röstprocessen);

Schmelzzuschläge (für Zuschläge bei Schmelzprocessen);

Sublimations- und Destillationszuschläge (für Zuschläge bei den entsprechenden Processen);

Cementationszuschläge (für Zuschläge bei den Cementärprocessen).

105. Was sind z. B. Röstzuschläge?

Als Röstzuschläge gebraucht man verschiedene Substanzen, die den Röstproceß unterstützen sollen. Es gehören z. B. hierher:

Kohlenklein, auch in Form von Cokeslösch, Sägespänen, Tannennadeln, zur Reduction von Sulfaten, die sich in Folge von energischen Röstungen gebildet;

Alkalk zur Aufnahme von Säuren, die sich nur bei sehr hoher Temperatur und auch dann noch schwer wegtreiben lassen;

Kochsalz zur Bildung von Chlor Silber, welches dann aus der Röstmasse mittelst verschiedenartiger Extractionsprocessen abgefondert werden kann u. s. f.

106. Welche Substanzen sind als Schmelzzuschläge in Anwendung?

Man wendet bei Schmelzprocessen zunächst solche Substanzen als Zuschläge an, welche eine gute und richtige Schlackenbildung veranlassen, dann solche, welche bestimmte Säuren der Erze absorbiren und aufnehmen, und endlich solche, welche durch starke Verwandtschaften direct in die Metallauscheidung eingreifen können. Die letztgenannten Zuschlags-substanzen sind als Hauptbestandtheile des Processes von größerer Wichtigkeit als die beiden anderen Arten der Zuschläge, welche dafür wieder in verbreiteterer Anwendung stehen.

Da die meisten Schlacken der Hüttenproceffe Silicate sind, unreine Gläser von sehr verschiedenartiger Zusammensetzung, so kann man von sauren oder basischen Zuschlägen sprechen, jenachdem den Erzen hauptsächlich Kalk, Magnesia, Thonerde, Eisenoxyde und Manganoxyde, oder Kieselsäure und Silicate zugeschlagen werden müssen, um Schlacken von der gewünschten Zusammensetzung, welche wiederum von der nothwendigen Schmelzbarkeit abhängt, zu geben. Da man aus Erfahrung weiß, daß bestimmte Doppelsilicate stets leichtflüssiger sind als die entsprechenden einfachen Silicate derselben Basen, so sorgt man immer für das Vorhandensein zweier Basen.

Als basische Zuschläge gebraucht man Kalk- und Magnesiacarbonat in Form von Kalkstein, Marmor zc., Fluorcalcium, Manganerze, Eisenerze und metallisches Eisen; als saure Zuschläge wendet man Kieselsäure in Form von Quarz, Sandstein, Sand auch als saures Silicat an, dann Thonerdesilicate in Form von Thonschiefer, Schieferthon, Lehm und Letten.

Bei sehr reinen Erzen, die gar keine Schlackenbilder enthalten, aber doch nicht ohne Gegenwart von Schlacken auf Metall ausgebracht zu werden vermögen, muß man Zuschläge von dem Zusammensetzungsverhältniß der Schlacke machen, also entweder Schlacke selbst zuschlagen oder eine im richtigen Verhältniß stehende Mischung von sauren und basischen Zuschlägen den Erzen beifügen.

Man bezeichnet derartige Zuschläge mit der Benennung neutrale.

Um bestimmte Substanzen, u. a. Schwefel, Mangan, Silicium, in das Hauptproduct des Schmelzprocesses zu treiben, oder um die genannten Substanzen überhaupt in die Reaction zu führen, schlägt man leicht zerlegbare und reiche Verbindungen derselben mit zu: Schwefelkies, Magnetkies, Barytsulfat dienen als schwefelhaltige, unreine Manganerze als manganhaltige, Metallsilicate oder kieselreiche Erze als siliciumreiche Zuschläge beim Verschmelzen von Erzen.

Für Raffiniroperationen, Umschmelzen von Rohmetallen wendet man zur leichteren Verschlackung von Unreinigkeiten auch alkalische Zuschläge, Potasche, Soda *z.*, an.

Als Reagens zur Zersetzung von Schwefelmetallen kann man jedes werthlosere Metall anwenden, dessen Verwandtschaft zum Schwefel eine größere ist; so zerlegt man z. B. Bleiglanz durch Eisen u. s. f.

107. Welche Substanzen werden als Sublimations- und Destillationszuschläge gebraucht?

Es sind meistens zerlegende, zuführende oder abscheidende Mittel, die hier in Betracht zu ziehen sind, also wichtige Bestandtheile des Processes; metallisches Eisen, Eisenoxydorydul, Kalk dienen z. B. als Zuschlag bei der Zerlegung des Zinnober (Schwefelquecksilbers) durch Sublimation.

108. Welche Substanzen kommen bei der Cementation als Zuschläge in Betracht?

Namentlich sind solche Substanzen zur Cementation zuzuschlagen, welche das zu gewinnende Metall aus den vorhandenen Laugen ausfällen; so wendet man Kupferabfälle zum Silbercementiren, Eisen und Eisenverbindungen zum Ausfällen des Cementkupfers an.

Drittes Kapitel.

Von den Brennmaterialien.

109. Was sind Brennmaterialien im Allgemeinen?

Unter Brennmaterialien oder Brennstoffen versteht man in der Metallurgie, wie überhaupt in der Industrie, diejenigen Rohstoffe, welche man anwendet, um für die verschiedensten Zwecke Wärme hervorzubringen. Es sind brennbare Substanzen von organischer Herkunft und zum größten Theil aus Kohlenstoff bestehend, die hier in Betracht kommen.

110. Welche Sorten Brennmaterial kann man unterscheiden?

Man kann unter den in größeren Mengen zu Gebote stehenden Brennmaterialien sehr verschiedener Varietäten unterscheiden.

Die längst bekannte Art ist das Holz der verschiedenartigsten Bäume der Wälder, dessen industrieller Gebrauch nur durch den stets wachsenden Preis beschränkt wird. Weniger alt in der Anwendung, aber doch schon durch Ueberlieferung des Alterthums als bekannt festgestellt, sind die in verschiedenen alten Schichten der festen Erdrinde auftretenden fossilen Kohlen oder mineralischen Brennstoffe, unter denen die charakteristisch verschiedenen Arten Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit sich darbieten. Außerdem findet man auch flüssige Kohlenwasserstoffe, Steinöl, Petroleum zc., in hinreichender Menge, um an eine Verwendung derselben im Großen denken zu dürfen.

Alle diese natürlichen Brennstoffe enthalten außer den eigentlich brennbaren, d. h. werthvollen Bestandtheilen veränderliche Mengen von Wasser und Asche und zeigen, wenn sie von beiden durch irgend einen technischen Proceß befreit sind, gesteigerte Wirksamkeit.

Man hat es dann aber mit künstlichen Brennstoffen zu thun, die viele Eigenschaften aus dem natürlichen Zustand mit überkommen haben und sich auch am Besten im Anschluß an die Betrachtung desselben behandeln lassen. Verwandelt man die brennbaren Bestandtheile der Brennstoffe in gasförmige noch

weiter brennbare Verbindungen, so erhält man eine weitere Gruppe künstlicher Brennstoffe, die besonders in der Neuzeit stark cultivirt werden.

Es ergeben sich mithin nachstehende Unterabtheilungen:

- | | |
|----------------|-------------------------------|
| a) Holz, | f) Braunkohlencokes, |
| b) Holzkohle, | g) Steinkohlen und Anthracit, |
| c) Torf, | h) Cokes, |
| d) Torfkohle, | i) Flüssige Brennstoffe, |
| e) Braunkohle, | k) Gase. |

a) Von dem Holze.

111. Was versteht man unter dem Holz?

Unter „Holz“ versteht man die festen Bestandtheile einer jeden Pflanze, welche besonders Wurzel, Stamm und Aeste bilden und den Wechsel der Jahreszeit überdauern, auch beim Absterben der Pflanze nicht sofort in Verwesung übergehen. Das meiste Holz liefern die baumartig sich entwickelnden Pflanzen, besonders wenn sie hohe und starke Stämme bilden. Das Holz wird aus jedem Baum gewonnen werden können, bildet aber den Gegenstand einer besonderen systematischen Cultur der holzgebenden Pflanzen in ausgedehnten Waldungen, das Ziel der Forstwirthschaft.

112. Welche Holzarten unterscheidet man?

Da jeder Baum eine Holzart von charakteristischen Eigenschaften giebt, so kann man süglich eben so viel Holzarten unterscheiden, als es holztragende Bäume giebt; doch sind diese Unterschiede nicht gleichstark bei den einzelnen Baumarten und ergiebt sich deshalb die Nothwendigkeit, nach besonders hervortretenden Eigenschaften zu classificiren.

So theilt man die technisch verwertheten Hölzer nach dem Widerstand, den sie der mechanischen Bearbeitung entgegenstellen, in harte und weiche Hölzer und versteht unter harten Hölzern alle diejenigen, deren Dichtigkeit im trocknen Zustand über 0,55, im frischen, grünen Zustand über 0,90 beträgt. Dagegen

nennt man Holzarten weich, wenn sie ihrem specifischen Gewicht nach unter den genannten beiden Werthen bleiben.

Hierbei ist zu bemerken, daß sich die Gewichtsangaben beziehen auf Messung am wirklichen Holz, einschließlich Saft zc., nicht etwa auf den Holzfaserstoff, die Cellulose oder Lignose, deren specifisches Gewicht bekanntlich weit höher (1,50 nach Violette) ist. Weiter ist nicht zu vergessen, daß unter trockenem Zustand nicht der Zustand absoluter Trockenheit zu verstehen ist, sondern der Grad der Austrocknung, den der längere Aufenthalt des Holzes an der Luft, aber unter Dach, herbeiführen kann und der immerhin noch 20—21/100 Wasser im Holz voraussetzt.

113. Wodurch wird die Dichtigkeit des Holzes beeinflusst?

Eine Menge verschiedener Factoren, Klima, geschützte oder nicht geschützte Lage, Bodenfeuchtigkeit beeinflussen die Dichtigkeit des Holzes in hervorragendem Maße; außerdem übt die größere oder geringere Geschwindigkeit der Entwicklung, das rasche oder langsame Wachsthum einen nachweisbaren Einfluß auf die Dichtigkeit des Holzes aus.

Das Holz, welches auf magerem Boden langsam gewachsen ist, fällt stets dichter aus, als das unter günstigeren Verhältnissen rasch emporgeschossene. Daraus ergibt sich bei der Wahl der Stellen für die Waldculturen eine Reihe specieller Rücksichten auf die spätere beste Verwendung eines zu cultivirenden Holzes. Während Bauhölzer im Allgemeinen die größten Ansprüche an Dichtigkeit und gleichmäßige Textur machen, braucht Brennholz diese Rücksichten weniger. Dennoch zeigt sich auch bei der calorischen Benützung des Holzes ein weitgehender Einfluß der Lage, auf welcher das Holz gewachsen ist, und nöthigt den Hüttenbetrieb, darauf einzugehen.

114. Welche mittlere Dichtigkeiten haben die bekannteren Hölzer?

Für den lufttrocknen Zustand hat man nachstehende Werthe des specifischen Gewichts ermittelt.

Harte Hölzer:

Buchen	0,77
Eichen	0,71
Eschen	0,67

Ahorn	0,64
Ulme	0,57
Birke	0,55
Erle	0,54.

Weiche Hölzer:

Edeltanne (pinus abies) . . .	0,48
Rothtanne (pinus picea) . . .	0,47
Kiefer (pinus sylvestris) . . .	0,55 (auf trockenem Boden ist das Holz gewöhnlich weniger schwer)
Lärche (pinus larix)	0,47
Linde	0,44
Weide	0,48
Espe	0,43
Pyramidenpappel	0,39
Schwarzpappel	0,39.

115. Gibt es noch andere Classificationsmethoden?

Man kann auch noch auf botanischer Grundlage eine Classification aufstellen und nach der Belaubung der Bäume unterscheiden.

Man spricht dann von Laubhölzern und Nadelhölzern. Sämmtliche harten Hölzer und die fünf letzterwähnten weichen Hölzer sind Laubhölzer, die vier ersten unter den weichen Hölzern dagegen Nadelhölzer. Die letzteren zeichnen sich durch stark harzige Beschaffenheit aus und führen deshalb auch in manchen Gegenden die Bezeichnung harzige Hölzer.

Es ergeben sich aus der Combination der beiden Zusammenstellungen drei Hölzerguppen.

Harte Laubhölzer: Buche, Eiche, Espe, Ahorn, Ulme, Birke, Erle zc.

Weiche Laubhölzer: Linde, Weide, Espe, Pappel zc.

Nadelhölzer: Edeltanne, Rothtanne, Kiefer, Lärche zc.

Die Forstverwaltungen classificiren die Hölzer, d. h. die gefällten und zerschnittenen Bäume nach der ihnen hierbei gegebenen, von der Bestimmung des Holzes geforderten Gestalt. Das Brennholz und Kohlenholz theilen sie in drei Classen:

Stammholz oder Leibholz, bestehend
 aus Kernholzkloben mit Borke,
 Mittelholzkloben mit glatter Rinde,
 Zwiesel mit Gabelung der Fasern über 15 cm stark.
 Astholz, Knüppel oder Kullenholz . . . unter 15 " "
 Stockholz oder Wurzel- und Knubben-
 holz von beliebiger Stärke . . . über 4 " "

Daneben unterscheidet man Stangenholz, d. h. kiefernnes und tannenes Unterholz 5—8 cm stark, das allerdings meistens für Landwirthschaft (Hopfenbau) und Gärtnerei verlangt wird, oft aber auch als Kohlenholz vorkommt und zum Ausschmalen der Meiler brauchbar ist.

116. Wovon hängt der metallurgische Werth der verschiedenen Holzarten ab?

Die verschiedenen Holzarten sind als Brennstoffe um so mehr brauchbar, je dichter und je trockner sie sind, da die eigentliche Cellulose eine gleiche Zusammensetzung in den verschiedensten Pflanzen zeigt und auch die Zusammensetzung des rohen Holzes nur in Bezug auf den Wassergehalt wesentliche Schwankungen zeigt.

Vorauf es bei der Benutzung des Holzes als Brennstoff ankommt, ist, viel Masse in möglichst geringem Volumen zu vereinen; eine Anforderung, die übrigens für alle Brennstoffe gelten kann.

Der Holzwerth hängt also von der Dichtigkeit ab oder, da im Waldbetrieb das Holz gemessen zu werden pflegt, vom Bruttogewicht des Einheitsmaßes.

Man kann als Durchschnittswerthe annehmen pro Cubikmeter:

Harte Hölzer	400—500 Kilo
Harzige Hölzer	300—400 "
Weiche Laubhölzer	200—300 "

unter der Voraussetzung, daß die Hölzer langsam gewachsen sind.

Die zu Grunde liegenden Messungen sind von Berthier und Sauvage wie auch von G. Chevandier gemacht worden.

Berthier und Sauvage fanden per Cubikmeter:

für lufttrockne Hölzer mit 20—25/100 Wasser:

bei Eichenholz in Rundstämmen	450—480 Kilo	auf gutem Boden
" " " "	500—525 "	auf Kalkboden
" Buchen " "	440—480 "	"
" " " Nestern	300—340 "	"
" Rothtannen in Rundstämmen	300—340 "	"
" Kiefern (Föhren)	330—380 "	"
" Birken	300—350 "	"
" Schwarzpappeln	221 "	"
" Weißpappeln	200 "	"

für grüne Hölzer mit 30—40/100 Wasser

bei Buchen in Rundstämmen	540 Kilo
" gemischtem harten Buschholz	375—400 "
" gemischtem weichen Buschholz	300 "

E. Chevandier, der speciell die Hölzer der nördlichen Vogesen untersucht hat, fand für vollkommen bei 140° getrocknetes Holz, das auf Buntsandstein gewachsen:

		unter Einrechnung v. 20—25/100 Wasser
bei Buchen in Scheiten oder groben Wellen	374 Kilo	oder 467 Kilo
" Eichen " " " " " "	366 "	" " 457 "
" Buchen in Rundstämmen " mit Nestern und Reisern gemischt	304 "	" " 380 "
bei Eichen in kleinen Rundstämmen	270 "	" " 338 "
" Birke u. Weide in kleinen Rundstämmen	311 "	" " 390 "
" Birke u. Espe in großen Wellen u. Rund- stämmen gemischt	294 "	" " 368 "
" 100 gemischten Keisigbündeln mit vor- herrschender Buche und zusammen gleich 3,04 Cubikmeter	300 "	" " 375 "
Dasselbe per Cubikmeter	100 "	" " 125 "

117. Welchen Einfluß übt der Wassergehalt auf das Gewicht des Holzes aus?

Es ist schon bei der Eintheilung der Hölzer bemerkt worden, daß grünes, eben geschlagenes Holz bedeutend schwerer ist als trocknes. Dieses Mehrgewicht ist verschieden, je nach der Zeit des Holzschlages; im Frühjahr, wenn der Saft steigt, ist das Holz am wasserreichsten, wogegen es im Winter, nach dem Fallen der Blätter, bedeutend trockner ist. Man hat gefunden:

Im Eschenholz	— Januar	28—29/00	Wasser
" "	— April	38—39/00	"
In der Rothtanne	— Januar	52/00	"
" "	— April	61/00	"

Der Holzeinschlag muß deshalb stets im Winter geschehen, und trotzdem enthalten die frischgefällten Hölzer je nach der Species 30—50/00 Wasser.

Es sind demnach dem vorher per Cubikmeter festgestellten Holzgewicht noch ca. 11—30/00 zuzuschlagen, um das frischgefällte Holz dem Gewicht nach zu schätzen.

118. Wie beseitigt man den übermäßigen Wassergehalt des Holzes?

Bei dem Fällen des Holzes zersägt man die Stämme und Äste in gleichmäßige, nicht zu große (1 Meter lang) Stücke und spaltet dieselben der Länge nach 1, 2, 3mal auf, sobald der anfängliche Durchmesser über ein gewisses Maß hinausgeht.

Die Entfernung der Rinde erleichtert das Austrocknen auch sehr, eben so die Aufschichtung in Stößen oder Wänden von gleichmäßigen Zwischenräumen.

Den Einfluß der Entrindung hat af Uhr schon 1820 an ungespalteten Tannenstämmen constatirt.

Dieselben waren im Juni gefällt und es hatten

die entrindeten Stämme:

Ende Juli	34/00	ihres ursprünglichen Gewichts
" August	38/00	" " "
" September	39/00	" " "
" October	40/00	" " "

die nicht entrindeten Stämme:

Ende Juli	0,41/00	des ursprünglichen Gewichts
" August	0,84/00	" " "
" September	0,92/00	" " "
" October	1,00/00	" " "

verloren.

Im Allgemeinen gehören zwei Jahre, mindestens zwei Sommer dazu, dem geschlagenen Holz in Rundstämmen den Dürre, Allgem. Hüttenkunde.

Wasserüberschuß bis auf ca. 16—20/00 durch einfache Lufttrocknung zu nehmen.

119. Gibt es Mittel, den Wassergehalt des Holzes noch mehr zu vermindern?

Außer der eigentlichen Holzverkohlung, deren Product allerdings kein Holz mehr ist, sondern Holzkohle, wendet man zum weiteren Entwässern des Holzes künstliche Trocknung an, welche in verschiedenen Apparaten ausgeführt werden kann. Geht man hierbei bis zu 125° C., so vermindert sich nach den Versuchen, die Biolette mit überhitztem Dampf angestellt hat, das Gewicht

bei Eichenholz	um	15,26/00
„ Eichenholz	„	14,78/00
„ Ulmenholz	„	15,32/00
„ Nußbaumholz	„	15,55/00

Geht man bis 150° C., so tritt bereits eine Veränderung der Holzsubstanz ein, ohne daß die Entwässerung sehr viel weiter voranschritte. Sie wächst durchschnittlich um weitere 2—2¹/₂/00 des ursprünglichen Gewichts. Die künstlich getrockneten Hölzer schlucken sehr rasch wieder Wasser auf, wie denn die Hölzer im Allgemeinen außerordentlich hygroskopische Substanzen sind.

120. Wie ist die chemische Zusammensetzung der Hölzer?

Die Hölzer bestehen alle aus einer und derselben holzartigen Substanz, der Cellulose oder dem Holzfaserstoff, welche das Gewebe der Vegetabilien bildet; dann einer Vereinigung von fremden, zum Theil stickstoffhaltigen Substanzen: Tannin, Harz, Gummi, Farbstoffen, Pflanzeneiweiß, Salzen verschiedener Art u. s. f. Alle diese Nebenbestandtheile füllen die Zellen an und können als incrustirende Materien bezeichnet werden; der äußerst verschiedene Charakter dieser Vereinigung oder Mischung constituirt die hauptsächlichsten Unterschiede der bekannten Holzarten.

Die Cellulose, d. h. der Hauptbestandtheil des Holzes, ist ein Kohlenhydrat von der Form $C_{12}H_{20}O_{10} = \left(\begin{smallmatrix} H_2 \\ O \end{smallmatrix} \right)_{20} C_{12}$ mit einer procentalen Zusammensetzung von

Kohlenstoff	44,44
Wasserstoff	6,17
Sauerstoff	49,39
	<u>100,00.</u>

Das Verhältniß $\frac{49.39}{6.17}$ ist genau = 8 wie im Wasser.

Die incrustirende Materie ist in der Regel wasserstoffreicher als das Wasser, so daß das Verhältniß $\frac{O}{H}$ im rohen Holze zwischen 7 und 8 liegt. In der incrustirenden Substanz sind auch die Mineralsubstanzen eingeschlossen, welche bei der Verbrennung des Holzes die Asche geben.

Chevandier hat gefunden, daß nach Abzug der Aschenbestandtheile und des Wassergehalts die Zusammensetzung der Hölzer nicht sehr stark differirt. Er fand in:

	Buchen	Eichen	Birken	Espen	Weiden	
100,00 =	49,89	50,64	50,61	50,31	57,75	Kohlenstoff
	6,07	6,03	6,23	6,32	6,19	Wasserstoff
	43,11	42,05	42,04	42,39	41,08	Sauerstoff
	0,93	1,28	1,12	0,98	0,98	Stickstoff
Aschenprocente	1,24	2,05	0,78	1,86	3,67	in 100,00 Holz.

121. Woraus besteht die Asche des Holzes?

Die aschebildenden Substanzen kommen in verschiedenem Maß und verschiedener Vertheilung im Holz vor. Während das eigentliche Holz wenig über $\frac{1}{100}$ Asche besitzt, sind nach den Untersuchungen von Biolette $\frac{2-3}{100}$ Asche in den Rinden und bis $\frac{5}{100}$ und $\frac{7}{100}$ in den Blättern und saftigen Partien der Wurzeln zu finden.

Die Holzasche besteht meist aus Kalicarbonat und Kalicarbonat; daneben lassen sich in geringerer Menge Natron, Magnesia, Eisen- und Manganoryd nachweisen. Außer der Kohlenensäure erscheint an die Basen gebunden Kieselsäure, Chlor, Schwefel- und Phosphorsäure; Thonerde ist nicht nachgewiesen worden.

Das Verhältniß der löslichen und nichtlöslichen Bestandtheile schwankt zwischen $\frac{15}{80}$ — $\frac{20}{85}$ und Durchschnittsanalysen der Holzasche ergaben nach Hertwig:

	in Buchenholz	in Tannenholz
Kalcarbonat	11,72	11,30
Natroncarbonat	12,37	7,42

	in Buchenholz	in Tannenholz
Kaliumsulfat	3,49	—
Chlornatrium	—	—
als lösliche Bestandtheile	27,58	18,72
Kalkcarbonat	49,54	50,94
Magnesia	7,74	5,60
Kalkphosphat	3,32	3,43
Magnesiaphosphat	2,92	2,90
Eisenoxydphosphat und Thonerde- phosphat (?) — }	2,27	2,79
Manganoxydulphosphat	1,59	Sp.*)
Kieselsäure	2,46	13,37
unlösliche Bestandtheile	69,84	79,03
	97,42	97,75
Aschenprocente der Holzmasse	0,384	0,328

Andere Analysen, bei denen die Kohlensäure und verkohlte Theile in Abzug gebracht sind, ausgeführt von Böttinger, ergaben:

	in Buchenholz	Kiefernholz	Kiefernholz abgestorben	Lärche
Kali	15,80	2,79	0,93	15,24
Natron	2,76	15,99	14,59	7,27
Kalk	60,35	30,36	33,99	25,85
Magnesia	11,28	19,76	20,00	24,50
Manganoxyd	—	18,17	7,61	13,51
Eisenoxydphosphat	1,84	5,10	2,28	6,18
Eisenoxyd	—	—	7,73	—
Kalkphosphat	3,99	—	—	—
Kalksulfat	2,30	3,31	5,05	2,91
Chlornatrium	0,21	1,48	2,52	0,92
Kieselsäure	1,46	3,04	5,27	3,60
	99,99	100,00	99,97	99,98
Aschenprocente des bei 100° getr. Holzes	—	0,143	0,190	0,322

122. Wie verhält sich das Holz, wenn man es höheren Temperaturen aussetzt?

Erwärmt man das Holz bei Luftabschluss, so bräunt es sich, sobald die Temperatur 150° übersteigt, und verliert, indem es

*) Die Existenz der angegebenen Phosphate ist unwahrscheinlich, muß dahingestellt bleiben.

mehr und mehr schwarz wird, nacheinander Wasser, Holzgeist, leichte Oele, Holzessig und Theer; später entwickeln sich gasförmige Producte, Kohlenwasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlenäure.

Treibt man die Temperatur der Erhitzung auf 350 bis 400 Grad, so bleibt schließlich ein schwarzer Rückstand, die Holzkohle, welche aber noch nicht reiner Kohlenstoff ist, sondern stets einen Rückhalt von Wasserstoff und Sauerstoff besitzt.

Die Verhältnisse, in denen sich die Destillationsproducte bilden, sind weniger abhängig von der Holzart, als von dem Verlauf der Verkohlung. Bei schwacher Hitze und langsamer Steigerung der Temperatur erhält man viel Kohle und wenig Gas, wogegen eine starke und plötzlich wirkende Hitze weniger Kohle und condensible Producte, dagegen mehr Gas liefert.

Verkohlt man Holz mit 20/00 Wassergehalt langsam in einer Glasretorte, so bekommt man durch Anwendung einer Temperatur von 400—450° folgende Producte:

Holzkohle	24—28
Säuren und Wasser . . .	50—45
Oele, Theer und Holzgeist	6—8
Brennbare Gase	20—19

zusammen: 100

Durch einfache Verkohlung sinkt der Rückstand auf 15—18/00 herab und zeigt auch in seinem physikalischen Verhalten Unterschiede gegen das Product langsamer Verkohlung.

Die Versuche von Biolette, das Holz durch überhitzten trocknen Dampf zu verkohlen, haben ergeben;

α) daß von 270° an der Rückstand der Verkohlung pulverisierbar wird;

β) daß bei 280° der Rückstand roth erscheint und 70—73/00 Kohlenstoff, 4—5/00 Wasserstoff, 24—22/00 Sauerstoff enthält;

γ) daß bei mehr als 280° der Rückstand allmählich braun und schwarz wird;

δ) daß bei 340—350° die Kohle vollkommen gar ist, wiewohl sie noch mindestens 10/00 flüchtiger Stoffe enthält.

Percy erhitzte einen Holzspan unter Quecksilber und fand, daß die erste Bräunung bei 220° , die volle Schwärzung bei 280° eintrat.

123. Wann entzündet sich das Holz?

Geschieht die Erhitzung des Holzes an der Luft, so tritt bei 300° die Entzündung ein, vorausgesetzt, daß das Holz vollkommen trocken war. Bei gleichem Grad der Trockenheit sind die weichen Hölzer, besonders die harzigen Holzarten, die entzündlichsten; auch brennen sie wegen ihrer Leichtigkeit und ihres hohen Wasserstoffgehalts rascher und mit längerer Flamme.

124. Was ist noch über den Charakter der Holzverbrennung bei den verschiedenen Sorten zu sagen?

Harte und dichte Hölzer brennen nur an der Oberfläche mit Flamme; die dichte Kohle, welche als Rückstand des Abflommens bleibt, verbrennt ohne Flamme.

Weiche Hölzer zeigen während der ganzen Dauer des Brandes Flamme und werden rascher verzehrt als die harten Sorten.

Die Flamme ist bekanntlich glühendes Gas mit glühenden Ausscheidungen von festem Kohlenstoff und außerdem noch vielfach mit losgerissenen Brennstofftheilchen angefüllt. Deshalb wird eine rasche Verbrennung und ein lockerer Brennstoff stets eine größere Flamme geben, da sich dann viel kohlenreiches Gas entwickeln muß.

125. Wie ist der Wärmeeffect des Holzes*)?

Der Wärmeeffect des Holzes ist sehr wenig variabel nach den verschiedenen Holzarten, wogegen der Feuchtigkeitsgehalt eine bedeutende Einwirkung auf die Höhe des Effects zeigt.

*) Man versteht unter Wärmeeffect (s. Katechismus der Physik, 2. Aufl. S. 196) die freierwerbende und übertragbare Wärmeproduction eines verbrennenden Körpers, bezogen auf eine Gewichtseinheit desselben (ebend. S. 181), und ausgedrückt in Wärmeeinheiten. Die Wärmeeinheit ist die Wärmemenge, welche erforderlich ist, um eine Gewichtseinheit Wasser um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers zu erhitzen. Im dritten Abschnitt wird bei Betrachtung der Hüttenkunde specieller auf die Verbrennungsercheinungen eingegangen werden.

Die Cellulose selbst producirt durch vollkommene Verbrennung 3622 Wärmeeinheiten, und die absolut trocknen Hölzer können eines bestimmten Wasserstoffüberschusses wegen etwas mehr leisten, z. B. 4000 " "

Man kann aber nie so hoch rechnen, da kein technisch verwendetes Holz unter 20/100 Wasser enthält; daraus ergeben sich als Wärmeeffect 3000—3200 " "

Da die Verbrennung gewöhnlich nie eine vollkommene ist, und die wirkliche Leistung nur 80/100 durchschnittlich gegenüber der theoretischen beträgt, so kann man den Wärmeeffect des Holzes nicht höher veranschlagen, als 2400—2500 " "

126. Wie kann man den Wärmeeffect des Holzes steigern?

Man steigert den Wärmeeffect des Holzes durch alle Mittel, welche die Entfernung des Wassers bewirken. Diese Mittel sind hauptsächlich das theilweise oder gänzliche Trocknen und das Darren. (Vergl. die Fragen 119 u. 122.)

Durch das Trocknen wird der Effect höchstens bis zu dem der Cellulose gesteigert, der ja 3622 Einheiten nicht übersteigt, aber wegen des starken hygroskopischen Verhaltens des bis 125—140° getrockneten, noch nicht in seiner Constitution veränderten Holzes selten dauernd erreicht werden kann, da es unmöglich ist, das getrocknete Holz jederzeit unmittelbar nach vollendeter Trocknung in die Feuerung gelangen zu lassen. Die Flammen der reinen Cellulose enthalten aber noch solche Massen von Wasserdämpfen, daß man auch mit dem trockensten Holz keine sehr hohe Temperatur und keine reducirende Wirkung (auf die es doch sehr oft ankommt) erzielen kann.

Diese Klippen zu vermeiden giebt es nur einen Weg, die Anwendung der Darrprocesse, d. h. der Erwärmung über 140°, welche, wie schon gesagt, zuerst von Violette versucht worden

ist und zur Darstellung der sogenannten Rothkohlen, charbons roux, geführt hat.

Der Darrproceß, den man in geschlossenen Defen oder Retorten, wie sie auch für die Verkohlung gebräuchlich sind, betreibt, geht bis zur Temperatur von $230-250^{\circ}$; darüber hinaus entsteht die Rothkohle.

Bei diesem Proceß findet besonders eine Elimination des Wassers statt und es bleibt schließlich eine, den Braunkohlen, besonders dem fossilen Holz ähnliche Substanz zurück, deren genaue Analyse durch Regnault

72,01 Kohlenstoff,
4,89 Wasserstoff,
<u>23,10 Sauerstoff,</u>

oder die Form $C_{12}H_5O_3 = C_{10}(H_2O)_2$ ergab, so daß also der Weggang der Bestandtheile von acht Äquivalenten Wasser constatirt wird.

Setzt man Abwesenheit von Asche voraus, so berechnet sich ein absoluter Wärmeeffect von 5000—7000 Wärmeeinheiten für die getrockneten und gedarrten Holzarten.

b) Von der Holzkohle.

127. Was versteht man unter Holzkohle?

Unter Holzkohle versteht man den im Großen gewonnenen Rückstand der trocknen Destillation des Holzes, eine nicht ganz reine doch vollkommen schwarze Kohle von der Structur des Holzes und mit einem eigenthümlichen Glanz auf den Bruchflächen.

Alle Kohlen von röthlicher oder brauner Farbe sind die Producte eines unvollkommenen Verkohlungsprocesses und fallen als Nebenproducte der Holzverkohlung; auch stellt man sie zu bestimmten Zwecken absichtlich dar. Man nennt sie im ersten Fall Brände, im anderen Fall Rothkohlen; bei der Verbrennung entwickeln solche Substanzen im Gegensatz zu den wirklichen Holzkohlen Rauch, und brennen mit leuchtender Flamme. Den Gegensatz zu den Bränden und der Rothkohle bilden die verbrannten Kohlen, d. h. solche, die einer hohen Temperatur ausgesetzt werden; sie sind mattschwarz, vielfach zersprungen, leichtzerreiblich und von geringem Gewicht.

128. Wie schwer sind die Holzkohlen?

Das Gewicht der verschiedenen Holzkohlen ist in einem gewissen Grad abhängig von dem Gewicht des Materials, da harte Hölzer auch dichte und schwere Kohlen, weiche Hölzer leichte und zerreibliche Kohlen geben.

Die Dichtigkeit wird noch durch den Verkohlungsmodus sehr stark beeinflusst, denn rasche und energische Verkohlung giebt stets lockerere und zerreiblichere Kohlen als eine langsame, vorsichtige Verkohlung.

Die Dichtigkeit der harten Kohlen in Stücken, die Poren einbezogen, ist 0,50—0,35,
die der Kohlen aus Nadelhölzern 0,35—0,20,
und die der weichen Laubhölzer 0,40—0,25.

Der Kohlenstaub, d. h. die Kohle nach Abzug der Poren, wiegt 1,50—2,00 und erreicht das Maximum der Schwere, wenn die Temperatur der Darstellung eine sehr hohe war.

Viele Messungen haben für den Cubikmeter gewöhnliche Holzkohle mit 6—7/100 Wasser nachstehende Werthe ergeben:

Weißtannen	125—140 Kilo
Rothtannen und Kiefern	140—180 "
Weiches Laubholz	140—200 "
Hartes Laubholz	200—240 "

Die Gewichte schwanken je nach dem Wachsthum des Holzes; die niedrigeren beziehen sich auf rasch gewachsenes, die höheren auf langsam gewachsenes Holz und in warmen und trocknen Lagen.

129. Welche Eigenschaften gehen aus der Porosität der Kohlen hervor?

Die Holzkohlen besitzen eine sehr große Absorptionsfähigkeit für Gase und Dämpfe; rohe Holzkohlen enthalten fast immer Sauerstoff und Wasserstoff, doch um so weniger, je heißer die Verkohlungstemperatur gewesen.

Biolette fand, daß Kohlen

	Wasserstoff	Sauerstoff
auf 430—1000° erhitzt, noch immer	2/100	14—15/100
bis zur Stahlschmelzhitze " "	1,6/100	5—6/100
bis zur Platinschmelzhitze " "	0,6/100	1/100
zurückhalten.		

(Man kann hierbei auch annehmen, daß im Verlauf der Versuche zwischen dem Moment der Erhitzung und dem Beginn der Analyse eine Aufnahme von feuchter Luft stattgefunden.)

Eine weitere Eigenschaft der Holzkohle, die in Verbindung mit der Porosität steht, ist ihr hygroskopischer Charakter. Die Holzkohle gleicht darin vollständig dem trocknen Holz und absorbiert $6-7/100$ Wasser, wenn sie bei 350° dargestellt worden ist; bei 1000° dargestellt, nimmt sie nur $2-4/100$ Wasser auf. Mit abnehmender Dichtigkeit und zunehmender Porosität wächst natürlich die Empfindlichkeit der Holzkohle gegen die Feuchtigkeit.

Dieser Umstand ist bei der technischen Verwendung der Holzkohlen sehr zu berücksichtigen und es ist Nichts zu versäumen, um die Holzkohlen trocken zu lagern und geschützt gegen atmosphärische Einflüsse aufzuspeichern.

130. Wann entzündet sich die Holzkohle?

Die Entzündlichkeit der Holzkohle ist wie die Absorptionsfähigkeit veränderlich je nach Dichtigkeit und Darstellungstemperatur. Die bei $350-400^\circ$ gewonnenen Holzkohlen entzündeten sich zwischen $360-370^\circ$, während die bei Stahlschmelzhitze und bei Platinschmelzhitze dargestellten Kohlen erst bei einer Temperatur von $600-808$ und 1250° in Brand gerathen.

Die Brennbarkeit ist von denselben Ursachen abhängig wie die Entzündbarkeit; jede bei niedriger Temperatur erhaltene und mit einem gewissen Gasgehalt versehene Kohle brennt leicht weiter, während eine stark geglühte Kohle sehr leicht wieder ausgeht.

Im Gegensatz zum Holz macht das Entzünden und Brennen der Kohle geringe Schwierigkeiten; aber der geringeren Wärmemenge entsprechend, die man zum Entzünden und Verbrennen einer guten Holzkohle braucht, wirken auch wärmeentziehende Einflüsse von geringer Bedeutung schon auslöschend, während bei dem gasreicheren Holze die einmal eingeleitete und in vollen Gang gebrachte Verbrennung auch stärkerer Einflüsse bedarf, um unterbrochen zu werden. Die größere Wärmeleitfähigkeit der stark gebrannten Holzkohlen ist ebenfalls Ursache, daß ihre Brennbarkeit abnimmt.

131. Wie gestaltet sich der Wärmeeffect der Holzkohlen?

Der Wärmeeffect der Holzkohlen ist wenig veränderlich. Die reinsten, durch starkes Glühen von dem größten Theil der ab-

forbirten Gase befreiten Holzkohlensorten ergeben den Effect des reinen Kohlenstoffs, d. h. rund 8000 Einheiten für vollkommene Verbrennung (zu Kohlenäure), und rund 2400 Einheiten für nicht vollkommene Verbrennung (zu Kohlenoxyd).

Der hohe Wärmeeffect der Holzkohlen gestattet ihre Anwendung zu allen Hüttenprocessen, welche eine hohe Temperatur erfordern, d. h. strengflüssige Materialien verarbeiten. Die große Reinheit der Holzkohle (3—4/100 alkalischer Asche abgerechnet) macht es möglich, sie in directem Contact mit den Schmelzmaterialien zu benutzen und dadurch sehr große Nuzeeffecte im Verhältniß zur indirecten Feuerung zu erzielen. Sie war deshalb auch bis zur Auffindung und Verbreitung der Mineralkohlen der alleinige Träger der metallurgischen Prozesse und wird auch heute noch angewandt, wo Entfernung von den Gewinnungsarten der Mineralkohlen, billiger Holzbezug und besondere Rücksichten auf Materialien und Producte sich geltend machen.

132. Wie wird die Holzkohle im Großen fabricirt? — —

Man stellt die Holzkohle, wie sie für den metallurgischen Betrieb gebraucht wird, durch verschiedene Methoden dar, welche sich in zwei Gruppen sondern lassen, die Verkohlungs-methoden, welche im Freien (Meiler-, Haufen-, Grubenverkohlung), und die Verkohlungs-methoden, welche in geschlossenen Apparaten ausgeführt werden (Ofen- und Retortenverkohlung).

Die Wahl der einen oder der anderen Methode ist von Nebenumständen abhängig. Man wählt eine der Verkohlungs-methoden im Freien, sobald man mit der Localität des Processes stetig wechseln muß, um die zerstreuten Holzschläge eines Reviers nach und nach zu verschwehlen. Lassen sich dagegen bedeutendere Holzmassen auf einer Stelle concentriren (durch Flößereibetrieb in gebirgigen Revieren), so kann man die Verkohlung in Ofen oder anderen stationären Apparaten ausführen. Die Methoden der Haufen- und Grubenverkohlung, obwohl sie an jeder irgend geeigneten Stelle jeden Augenblick ausgeführt werden können, bilden doch insofern den Uebergang zu der Ofen- und Retortenverkohlung, als sie schon bedeutendere Holzanhäufungen durch Umfang des Betriebs oder durch nothwendige mehrfache Benutzung der Verkohlungsstätte voraussetzen.

ccc) Die Verkohlung im Freien.

133. Was ist zur Ausführung der Verkohlung in Meilern und Haufen zunächst erforderlich?

Die Verkohlung im Freien erfordert einen Ort, welcher geeignet ist, einen solchen Proceß ohne bedeutende Hindernisse

durchzuführen. Dazu gehört vor Allem eine ebene Lage des Standortes, eine Umgebung, die Schutz vor den gewöhnlich herrschenden Winden gewährt, die Nachbarschaft von reichlichem Wasser und endlich eine lockere und möglichst trockene Beschaffenheit des Grundes.

In waldreichen Revieren und in flachen, nicht sumpfigen, oder mächtig gebirgigen Landstrichen findet man ohne große Mühe alle die genannten Bedingungen vereinigt, besonders, wenn beim Holzschlagen und Aufstapeln des geschlagenen Holzes auf die zur Verkohlung passenden Stellen bereits Rücksicht genommen wurde. Windschutz und ebene Lage sind auch künstlich herzustellen, während die Nachbarschaft von reichlichem Wasser, Trockenheit und Lockerheit des Grundes gesucht werden müssen.

Etwaigen Ueberschwemmungen austretender Gewässer dürfen die Meilerstätten in keinem Fall ausgesetzt sein, weshalb sie stets höher liegen müssen als die nächste Thalsohle. Die Wirkungen einer nassen Lage machen sich bemerklich in dem schlechten Ausbringen des Processes (der Brändeanteil ist größer) und sind selbst bei länger andauernder Benutzung derselben Stelle immer wieder von Neuem mächtig. Alle Mittel, die man dagegen anwendet, sind ohne durchgreifenden Erfolg und meist mit Materialverschwendung verbunden. Wassermangel wiederum macht einen kostspieligen Transport größerer Wassermengen erforderlich oder die Anlage von brunnenartigen Schöpfgruben, deren Herstellung langwierig und von sehr unsicherem Erfolg ist.

134. Welche Vorarbeiten hat der Köhler auszuführen, nachdem er eine Verkohlungsstätte, Meilerstätte zc. gewählt?

Ist die Meilerstätte gewählt, so wird zunächst die Grundfläche des Meilers oder Haufens abgesteckt, beziehungsweise der Mittelpunkt der kreisrunden Meilerfläche oder die Längsaxe des oblongen Haufens durch eingeschlagene Pföcke bezeichnet. Dann wird die Fläche, wenn sie nicht schon eben ist, planirt, wobei auf die für die einzelnen Verkohlungsmethoden geforderten Niveauverhältnisse Rücksicht zu nehmen ist. Man giebt den Meilerflächen eine geringe, flachconische Vertiefung nach der Mitte zu, den Haufengrundflächen eine geringe Neigung von einer Schmalseite zur anderen.

Die angegebenen Arbeiten beziehen sich meist auf schon gebrauchte, oder mit lockerem Boden bedeckte Flächen; wenn dagegen eine neue

Stätte angelegt werden soll, so planirt man nur im Nothfall. Ist die Stätte eben und dabei stark mit Unterholz und niederem Gestrüpp bewachsen, so haut man bloß das erstere ab und setzt den Meiler direct auf die Rasendecke, um für das erste Mal eine möglichst lustige Grundlage zu haben. Bei späterer nochmaliger und wiederholter Benutzung der Stätte harft man das vorhandene Kohlenklein und das durchgebrannte Erdreich in der angedeuteten Weise zurecht.

Besondere Schwierigkeit macht das Aufsetzen eines Meilers in steilen Abhängen der Hochgebirgsthäler. Da man durch Einschnneiden in den Abhang und durch Anschütten des fortgenommenen Terrains an der Abfallseite nicht immer den Zweck erreicht, besonders bei felsigem Boden, baut man dicke Bühnen von Balken, die einerseits in einem Bodeneinschnitt ausliegen, andererseits durch Träger und Holzstützen getragen werden. Diese Bühnen werden mit Erdreich stark beschüttet und gewähren für einen Sommer wenigstens eine sichere Grundlage für das Meilersetzen.

135. In welcher Weise wird das Setzen des eigentlichen Meilers bewirkt?

Ist der Mittelpunkt des Meilers festgestellt und die Meilerfläche planirt, so richtet man die Verticalaxe her. Dieselbe besteht entweder aus einem Pfahl (junge Fichte) von 3—4 m Länge bei 6—10 cm Dicke, oder aus 6—8 schwächeren Pfählen von gleicher Länge, die in gleichen Abständen von einander um den Mittelpunkt zu stehen kommen.

Diese Pfähle, von denen der einzeln angewandte (vergl. den Meiler Figur 46 S. 111) der Quandel heißt, während die im zweiten Fall erwähnten 6—8 Stück (vergl. den Meiler Fig. 48 S. 112) den Quandelschacht bilden, werden fest in den Boden gesteckt und gerammt; im letzteren Fall verspreizt man sie gegen einander.

Der Quandelschacht oberschlesischer Meiler wird aus scheitlangen Pfählen gebildet, deren untere Reihe in den Boden gerammt ist, während die beiden oberen in die den Quandelschacht zunächst eingrenzenden Scheite mit den zugespitzten Enden eingetrieben werden.

Um die Aze herum setzt man das vorhandene, in gleichlangen Scheiten (1 m oder 3 Fuß) geschnittene Holz in concentrischen Schichten mit möglichst gleichen Zwischenräumen, die Rinde nach außen gekehrt, auf. Die Scheite, welche sich am oberen Ende berühren, stehen am Boden etwas weiter ausein-

ander und die Neigung wird in Folge dessen nach außen hin immer weniger steil, so daß man schließlich zu den Formen der Figuren 46 (S. 111) und 48 (S. 112) gelangt.

Hat man verschiedene Holzsorten, so muß man sie je nach der Stückgröße und den sich bildenden Zwischenräumen so vertheilen, daß in die heißesten Zonen des Meilerbrandes die stärkeren, nach außen und nach dem Quandel hin, so wie an den Boden die schwächeren Scheite oder Holzarten kommen. In Fig. 46 bedeutet a a das stärkste Leibholz von über 20 cm, b b schwächeres Leibholz von ca. 15—20 cm z., c c Astholz (unter 15 cm) und d d Wurzel- oder Stockholz von sehr veränderlicher Form und Dicke.

Beim Aufbau eines Meilers auf frischer Stätte legt man oftmals einen Krost aus radial disponirten, gerissenen Scheitpfählen, um einen besseren Luftdurchzug und eine trockenere Arbeit zu haben. (Vergl. Fig. 49 S. 112.)

136. Welche Vorkehrungen trifft man beim Bau der Meiler, um das Entzünden bequem bewirken zu können?

Man steckt die Meiler meist von oben her an, und bedient sich der Disposition Fig. 48, wo der Quandelschacht gleichzeitig Feuerschacht ist und durch Einwerfen von leichtfangenden Materialien, Reisigspänen, Bränden vorheriger Meiler und darauf brennendem Holz zc. der Betrieb eröffnet wird.

Nur wenn die Stätte vollkommen durchlässig, luftig und trocken ist, zündet man den Meiler in der Art an, daß man um den Fuß des Quandels Fig. 46 Zündmaterial anhäuft und beim Sezen durch eine radial auf die Stätte gelegte Stange a Fig. 47 einen Canal ausspart, durch den später das Feuer mittelst eines an eine lange Stange gebundenen Rienbüschels nach dem Meilermittelpunkt geführt wird.

Da dieses Verfahren eine gewisse Sorgfalt verlangt, so ist es nur bei den gut geschulten Köhlern größerer Hüttenwerkscomplexe üblich, lohnt aber auch durch besseres Ausbringen, da der Kleinkohlenfall weniger stark ist als bei der Anwendung des Quandelschachts. Das Feuer muß durch Nachschütten klein gehauenen Holzes stets genährt werden; das später zu erwähnende Füllen der ausgebrannten

Räume im Meilercentrum ist viel bedeutender, und es ergibt sich dadurch ein größeres Quantum übergarer und verbrannter Kleinkohlen als bei den Meilern mit Quandelpfahl. Wo ein regelrechter, von Hütteningenieuren geleiteter Kohlenbetrieb umgeht, ist deshalb

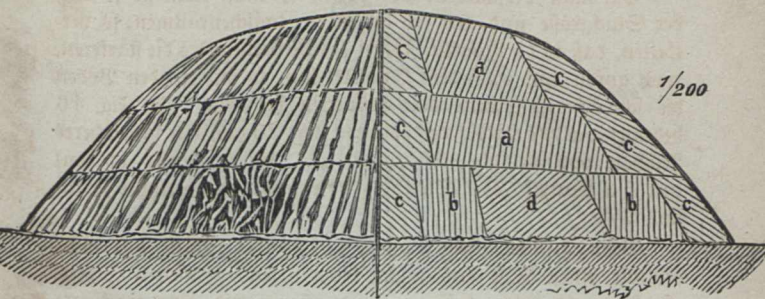


Fig. 46.

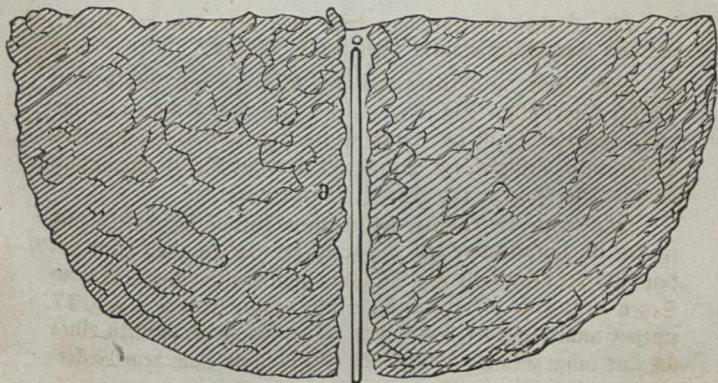


Fig. 47.

das Anzünden von oben durch einen Quandelschacht auf die Fälle beschränkt, wo die Beschaffenheit des Bodens oder der Gebrauch frischer Stätten es fraglich erscheinen läßt, ob das Zündmaterial im Kern des Meilers nach 5—6 Tagen zum sicheren Entzünden des Meilers noch trocken genug ist.

137. Gibt es noch andere Methoden, den Meiler zu bauen?

Man baut auch freisrunde Meiler mit radialer Anordnung liegender Scheite. Sie geben ein schlechtes Resultat, da eine

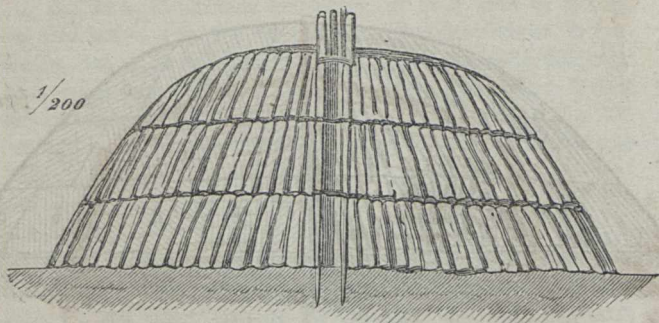


Fig. 48.

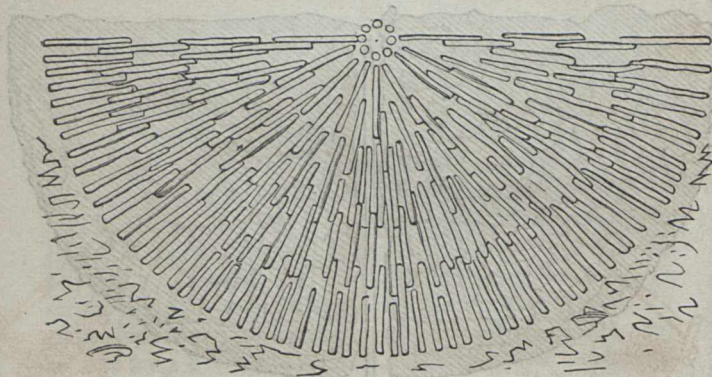


Fig. 49.

gleichmäßige Lage und Schichtung wegen der radialen Anordnung nicht möglich ist. Auch erschwert ein solcher Meiler wegen der treppenartigen Absätze der Außenfläche das bequeme Auflegen der Decke. (Vergl. Fig. 50 S. 113.)

Eine andere Disposition, die kaum besser ist als die vorgenannte, giebt die Fig. 51. Die Scheite und Stämme sind vertical oder schwach geneigt gestellt, aber das Zusammen-

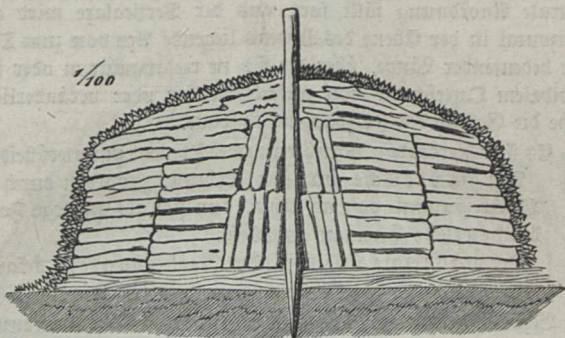


Fig. 50.

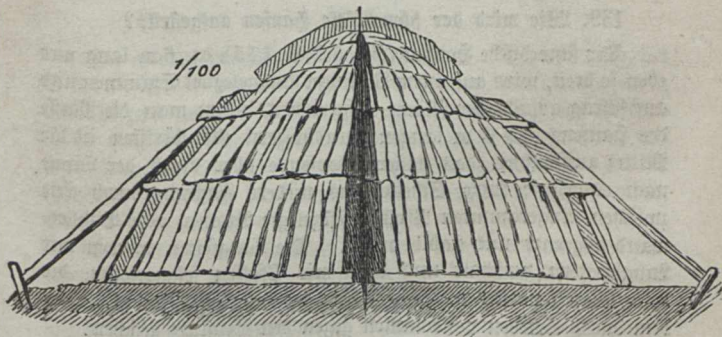


Fig. 51.

bringen von schwachem und starkem, kurzem und langem Holz in solchem Unterschied der Massen ist für die gleichmäßige Wirkung desselben Processes unvortheilhaft.

138. In welcher Weise baut man oblonge Meiler, Meilerhaufen und eigentliche Haufen?

Weit bequemer, weil einfacher und leichter ist das Aufsetzen oder Legen des Holzes in Meilerhaufen oder Haufen; die centrale Anordnung fällt fort, aus der Verticalaxe wird eine horizontal in der Ebene des Bodens liegende Axe von zum Theil sehr bedeutender Länge, über der sich in rechteckigem oder trapezoidalem Querschnitt von gleichbleibender oder veränderlicher Höhe die Gestalt des Holzhaufens aufbaut.

Es sind hierbei von vornherein zwei Formen zu unterscheiden:

Der schwedische Haufen, bekannt geworden durch die Beschreibungen von af Uhr, dem sich als analoge Form der deutsche Haufen anschließt.

Der mährische Haufen oder Meilerhaufen, bekannt geworden durch die Beschreibungen von C. Wittwer.

Beide unterscheiden sich ganz wesentlich in der Anordnung des Holzes wie auch im Betrieb selbst, und geben auch verschiedene Resultate.

139. Wie wird der schwedische Haufen aufgestellt?

Der schwedische Haufen (Fig. 52 S. 115), ca. 6 m lang und eben so breit, wird auf einem Krost von langgelegten Stämmen und auf schräg abfallender Fläche aufgerichtet, indem man die Masse des Haufens aus 6 m langen Rundhölzern (die stärksten in die Mitte) aufschichtet, das höhere Kopfsende aber durch der Länge nach eingelegte kurze Scheite, das niedere Fußende durch eine zwischen eingerammten Pfosten festgelegte Bretter- oder Bohlenwand abgrenzt und stabil macht. Die Langseiten werden mit Langbrettern verschalt und diese mit Pfosten festgetrieben, die beide überall vorstehen. Die Böschung des Kopfsendes ist außerdem durch Streben vollkommen gegen den Einsturz gesichert.

Noch ist zu bemerken, daß an der Fußseite des Haufens ein Stamm weggenommen, und ein quer durch den Haufen gehender Canal gelegt ist, der als Feuerzug beim Treiben des Meilers dient und welchem auch kleine Oeffnungen in den Verschaltungen der Langseiten entsprechen.

140. Wie sind die deutschen Hausen beschaffen?

Die deutschen Hausen, niedriger und schmäler als die schwedischen Hausen, haben gewöhnlich nicht mehr als 1—2 m Höhe, 2 $\frac{1}{2}$ m Breite, dafür aber eine etwas größere Länge (bis 8 m).

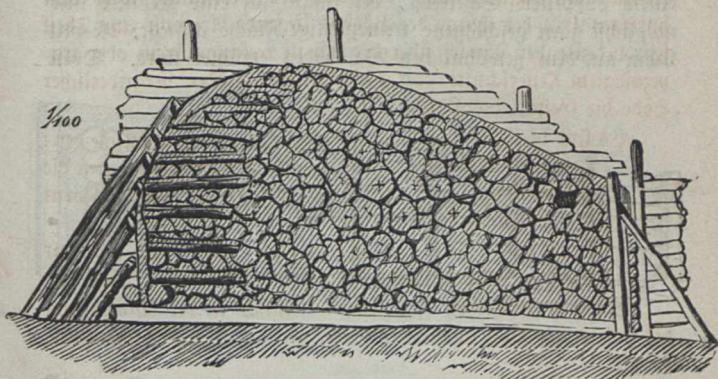


Fig. 52.

Sie werden in zweierlei Weise geschichtet. Einmal (Fig. 53 S. 116), ähnlich wie die schwedischen Hausen, mit querliegenden Rundhölzern zwischen Bretterrüstungen, das Ganze mit Kohlenlösch eingefaßt und abgedeckt. Dann (Fig. 54 S. 116) mit schräggelegtem, der Länge nach disponirtem Holz, welches an der (höheren) Kopffseite durch einen mit Kreuzlagen aufgestapelten Stoß begrenzt wird.

Beide Arten von Hausen sind an dem niederen Ende mit einer Feuerthür versehen, durch welche die Entzündung bewirkt wird, während am Kopffende vielfach Röhren eingelegt werden, welche die Gase der Verkohlung durch Theerbottiche und andere Condensationsvorrichtungen führen.

141. Was versteht man unter einem mährisch-schlesischen Hausen?

Die Meilerhausen der mährisch-schlesischen Bezirke sind flache, bis 20 m lange und 6 m breite, dabei wenig über 2 m hohe

Auffstapelungen gewöhnlichen (1 m langen) Scheitholzes, in welchen die Scheite der Länge nach gelegt und nur an den Seiten (von etwa 60° Winkel) durch quer gegen die Meileraxe gelegte Scheite abgeböscht werden. Unten ruhen die ersten Lagen auf einem doppelten Scheitrost, den man auf eine geebnete und möglichst glatt geschlagene tennenartige Fläche auslegt, die mit Lehm auf dem gewöhnlichen Waldboden errichtet wird. Oben

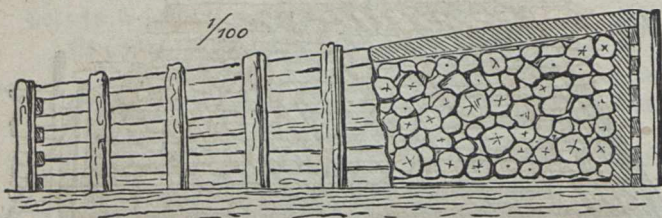


Fig. 53.

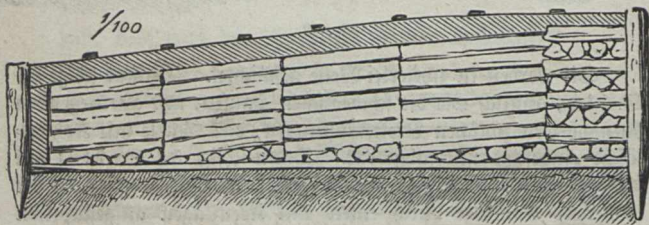


Fig. 54.

ist der Meilerhaufen durch schräg gelegte, dachartig geordnete Scheite kleineren Querschnitts abgeschlossen, welche an dem einen (in Fig. 55 S. 117 abgebildeten) Meilerhaufenende auf einer niederen Schwelle von querliegenden Scheiten aufrufen. Fig. 55 zeigt die Anordnung des einen unteren oder Feuerendes von dem ganzen Apparat, während Fig. 56 (S. 117) eine Vorstellung des Querschnittes giebt und die Abböschung der Langseiten durch eingelegte Scheite zeigt. Der Meilerhaufen ist übrigens wie alle

anderen Meiler und Haufen abgedeckt, d. h. mit einer porösen Hülle überzogen, die aus Rasen und Erde oder aus Kohlenlöfche besteht.

142. Wie richtet man die Grubenverkohlung vor?

Die Grubenverkohlung ist wie die Haufenverkohlung nur da anwendbar, wo größere Holzmassen auf einer Stelle

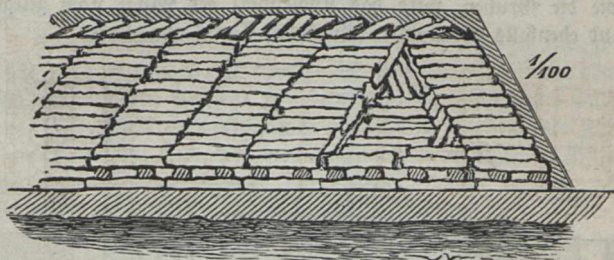


Fig. 55.

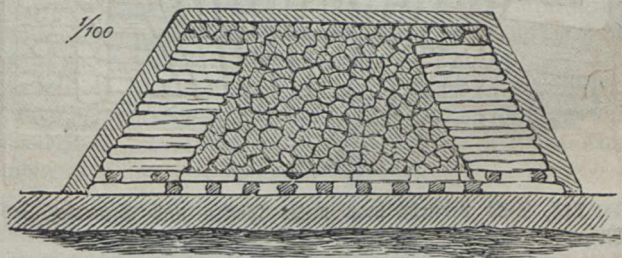


Fig. 56.

oder nicht weit von einander lagern; sie wird aber hauptsächlich in Asien, speciell in China betrieben. Die Chinesen arbeiten dabei nach zweierlei Methoden; bei Sandboden wenden sie offene Gruben an, bei Thonboden überwölbte Kammern.

Die Gruben (Fig. 57 S. 118) sind kreisrund, kaum 2 m tief, 4—5 m weit und an der einen Stelle mit einem an der

Innenwand unmittelbar angeschlossenen niedrigen Schornstein versehen. Gegenüber dieser Stelle befindet sich der knieförmig nach oben sich wendende Feuercanal, in welchem das Zündfeuer brennt. Die Decke der Grube besteht aus Reisig und Erde; beim Betrieb schichtet man noch Steine auf, um die Decke gleichmäßig niedergehen zu lassen und gleichzeitig möglichst dicht zu halten.

In den Kammern, welche fast gleiche Raumgröße haben wie die Gruben, wird das Kohlenholz der Länge nach gelegt und ebenfalls durch einen besonderen Canal angezündet.

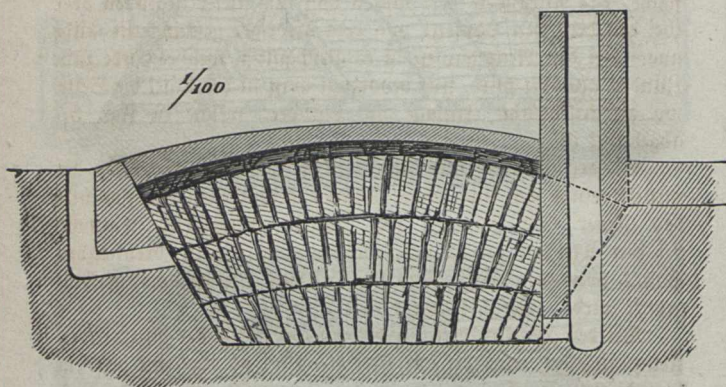


Fig. 57.

143. Was versteht man unter Decken und Bewerfen des Meilers?

Wenn der Meiler (Haufen, Meilerhaufen) fertig aufgesetzt und mit schwächerem Holze (Zweigholz zc.) ausgeschalt ist, so daß er eine nicht sehr unebene Oberfläche erhält, wird er gedeckt, d. h. mit Rasen überkleidet, den der Köhler in möglichst großen Lappen vom Waldboden losschält. Die grüne Seite des Rasens kommt auf das Holz zu liegen, die erdige nach außenhin und wird später 4—5 cm dick mit feuchtem Sand oder Erde beworfen, die aus 3—4 Gruben am Meilersfuß entnommen wird.

Anstatt dieser aus Rasen und Sand zusammengesetzten Decke des Meilers wendet man auf Kohlenstätten, welche schon mehrfach im Gebrauch gewesen sind, den nach dem Abräumen der Meiler übrigbleibenden groben Kohlengrus, die sogenannte Kohlenlösch, an; nur muß die Decke alsdann dicker aufgetragen werden.

144. Wie verfährt man beim Anzünden der Meiler und Hausen?

Das Anzünden der Meiler geschieht von der Mitte der Grundfläche, das Anzünden der Hausen von dem tiefer liegenden oder (bei den deutschen Hausen) von dem niedriger geschichteten Ende aus. Bei den Meilerhausen ist es gleichgültig, welches Ende zum Zünden gewählt wird, nur bevorzugt man in der Regel die Seite, wo die keilförmige Einlage sich befindet, welche in Fig. 55 abgebildet ist.

Bei den Meilern mit Quandelstock wird von der Seite her mittelst eines an eine lange Stange gebundenen Rienbüschels das Feuer dem Inneren des Meilers mitgetheilt, während bei den Meilern mit Quandelschacht eine Partie brennenden Holzes von oben hereingeworfen und mit fleingehauem Holz gedeckt wird. (Vergl. Frage 136.)

Bei den Hausen wird in der ganzen Breite der Anzündseite Feuer angelegt, entweder am Fuß des Hausens oder wie bei dem schwedischen Hausen innerhalb der Holzmasse, in einem nach beiden Langseiten hin sich öffnenden Canal.

145. Welche Erscheinungen treten nach dem Entzünden des Meilers auf?

Nach dem Anzünden bemerkt man, daß durch die Wirkung des Feuers auf das es umschichtende Holz sich Dämpfe bilden, die zunächst zum Feuchtwerden der Decke führen. Auch tritt am unteren Rand der Meilerböschung, den man nicht sofort zudeckt, Qualm aus, der außer Wasserdämpfen namentlich Essigsäure und brenzliche Substanzen enthält und einen sehr stechenden Geruch besitzt. Dieses Destillationsproduct geht allmählich in eine entzündliche Mischung über, hauptsächlich durch steigende

Temperatur und Ausbreitung des Brandes im Meiler. Es tritt dann der Zeitpunkt ein, wo sich die gebildeten Destillationsproducte entzünden können, wenn sie mit hinreichenden Mengen atmosphärischer Luft zusammentreffen, oder wenn Mischungen von Destillationsproducten und Luft eine bestimmte Temperatur erreichen. Die Entzündung geschieht in Form einer mehr oder minder lebhaften Explosion und wiederholt sich, so oft wieder neue Mengen von brennbaren Producten sich gebildet haben und mit neu zutretender oder in den Holzzwischenräumen befindlicher Luft zusammentreffen.

Diese Explosionen (Werfen und Stoßen) werden bei großen Meilern oft sehr heftig und sind im Stande, die schrägliegenden Außenschichten des Holzaufbaues zu heben und herunterzuwerfen, mindestens aber die Decke zu zerstören oder zu lockern. Der Zeitraum, innerhalb dessen diese lästigen Erscheinungen auftreten, umfaßt die ersten 18—24 Stunden des Meilerbetriebes und während dieser Zeit ist eine immerwährende Aufsicht nothwendig.

Es muß vor Allem jeder durch die Explosionen entstandene Schaden sofort ausgebessert werden; bei heftigem Werfen belegt man die Meilerböschungen mit dicken Scheiten, oft in zwei Reihen übereinander. Dann müssen in gleichen Zeitabständen die sich in der Kuppe, der Haube des Meilers durch Ausbrennen der Quandelzone bildenden Hohlräume, welche stets Luft von außen ansaugen, bloßgelegt und mit zersägtem Holz wieder gefüllt werden.

Das Holz wird nach dem Zusammenstoßen des Feuers mittelst des 4—5 m langen Schürbaumes eingeschüttet und mit dem Wahrhammer, einem an einen starken Stiel genagelten Rundstammstück von 0,5—1 m Länge und 0,20—0,30 m Dicke festgeschlagen und wieder mit der Rasen- und Sanddecke bedeckt.

Dieses Füllen des Meilers wird 5—6 mal, auch öfter, wiederholt und ist durch keine andere Operation zu ersetzen; durch allmähliches Eintreiben der Haube mittelst wiederholter Schläge des Wahrhammers kann man die Bildung hohler Räume auch vermeiden, doch verdirbt man durch solche Procedur das Product, da eine weitgehende Zertrümmerung der Kohlen die Folge des Vorganges ist.

Man bezeichnet dieses erste Stadium des Meilerbetriebes, wobei der Wassergehalt des Holzes entfernt wird und die Zersetzung der Cellulose beginnt, als die Periode des Schwizens; sie ist hauptsächlich durch die anfänglich starke und später schwächer werdende Entwicklung wässeriger und vorwiegend saurer Dämpfe charakterisirt.

146. Wie verläuft der Betrieb nach Beendigung der Schwitzperiode?

Sobald die Entwicklung wässeriger Producte nachgelassen, schließt man den Fuß des Meilers durch Decken und Festschlagen; das Feuer im Meiler wird dadurch gemäßiget und halb erstickt. Der Meiler brennt nicht mehr, er schwält oder schwehlt; es bilden sich die Kohlen auf Kosten der bereits durch das Brennen entstandenen Wärme, die langsam ersetzt wird, und während bis jetzt das Feuer von der Meilergrundfläche nach der Haube gestiegen und sich dort ausgebreitet hat, wird es nach wenig Tagen durch Einstechen einzelner Lustlöcher in die Decke des Meilersfußes heruntergezogen. Das Führen der Verkohlung von der Quandelsäule unter der Haube fort nach dem Mantel und den Mantel herunter bis fast nach dem Fuß geschieht in der Treibperiode, welche in ihrer Dauer variirt, je nach der Meilergröße und der Höhe des Meilers. Sie dauert 4—7 Tage, je nach der Geschwindigkeit des Processes, die in verschiedenen Bezirken unter Berücksichtigung der localen Verhältnisse sehr variirt. Besondere Aufmerksamkeit ist dem Einfluß des herrschenden Windes zu widmen, wenn es bei der Wahl des Meilerplatzes nicht möglich war dem Wind aus dem Weg zu gehen. Durch Aufstellen von Windschirmen aus Scheitholz in der Fig. 58 (S. 122) angedeuteten Weise hilft man dem Uebel am besten ab.

Bei einem normalen Verlauf nimmt das Treiben der Meiler die größere Hälfte der gesammten Betriebszeit in Anspruch, verursacht aber wenig Arbeit, sobald der Meiler gleichmäßig gesetzt worden ist. Nur auf gleichmäßiges Niedergehen der Decke der Haube und der oberen Theile vom Mantel ist Acht zu geben. Um das Vorrücken des Feuers genau controliren zu können, braucht man nur an der betr. Stelle die Decke aufzustecken und den austretenden Dampf oder Qualm zu betrachten. Derselbe ist weißlich oder bräunlich, je nach dem Charakter des darunter vorgehenden Processes: bräunlich bei fortgehender Schwälung, weißlich wenn die Schwälung noch nicht recht im Gang ist.

147. Wann ist das Treiben beendet?

Das Treiben ist zu Ende, sobald das Feuer im Meiler den Boden erreicht hat und sich überall auf allen Stellen des Mantels braungelber Qualm entwickelt. Dann beginnt man das Feuer

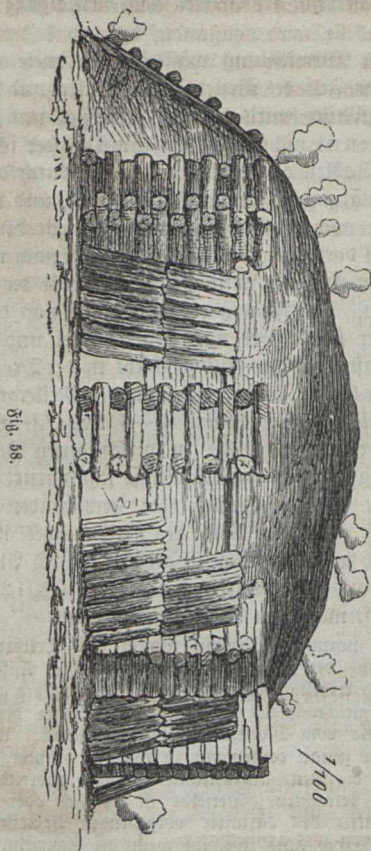


Fig. 58.

nach der Decke zu ziehen, indem man zahlreiche Löcher in die Decke sticht und damit allmählich von oben nach unten rückt (s. Fig. 59 S. 123). Diese Oeffnungen werden geschlossen, sobald der austretende Qualm sich bläulich färbt und in feinen

Wirbeln aufsteigt. Man nennt diese Periode das Zubrennen des Meilers und sie wird vollständig durch das Zerschlagen der zu bituminösen Schalen zusammengebäckenen Decke und das Entzünden und Verbrennen derselben.

Der ganze Meiler erscheint mit einem Meer von leuchtenden Flammen bedeckt, und gewährt, besonders in dunklen Nächten und inmitten des Hochwaldes, einen überraschenden Anblick. Indessen fordert diese Phase des ganzen Processes wieder die größte Aufmerksamkeit, um das Feuer nicht nach innen hin zu übertragen; der Köhler umkreist den Meiler, die schwere Schaufel in der Hand, und zerschlägt die brennenden Schollen, vertheilt den rieselnden Sand auf der Oberfläche des Mantels, schaufelt den heruntergegangenen ausgebrannten Sand wieder auf und hört nicht eher auf, bis das letzte Flämmchen erloschen ist und man an das Löschen denken kann.

148. Wie beendet man die Verkohlungsprocesse im Meiler?

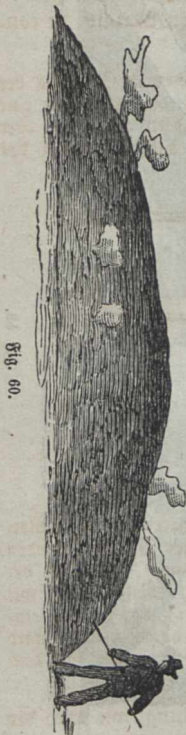
Man führt die Verkohlungsprocesse zu Ende, indem man die feinen Sandtheile der Decke durch Hin- und Herreiben, Ueberkehren mit großen Besen zc. zwischen die Kohlen fallen läßt und dadurch das noch vorhandene Glühfeuer des Meilers löscht. Reicht der auf dem Meiler noch befindliche Sand nicht, so schaufelt man frischen heraus, läßt ihn etwas trocknen und durchbrennen, worauf



Fig. 59.

er eben so beweglich wird, wie der von Anfang an oben gewesene (Fig. 60).

Auch bei dieser Operation, bei der die heißen Kohlen bloßgelegt werden, muß man sehr vorsichtig sein, denn es treten leicht Entzündungen ein, die in einigen Minuten große Dimensionen annehmen können, und es sind Fälle vorgekommen, wo $\frac{1}{2}$ —1 Stunde mangelnde Aufsicht den Verlust von mehreren Wagenlasten Kohlen durch Verbrennen verursacht.



149. In welcher Weise gewinnt man die Kohlen aus dem gelöschten Meiler?

Um nicht zu viel Zeit zu verlieren, zieht man sofort nach Beendigung des Löschens die ersten Kohlen, indem man mit einem sensenförmigen Instrument (Fig. 61 S. 125) in den Fuß des Haufens radial hineinhakt und die Kohlen heraushebt. Man nimmt zuerst eine Reihe Kohlen rings am Fuß heraus, hakt sie mit einem langzinkigen Rechen bei Seite, bespritzt sie mit Wasser und verlädt sie, sobald sie soweit erkaltet sind, daß bei dem Transport keine Selbstentzündung zu befürchten ist.

Die oberen Schichten rutschen von selbst nach, werden aber auch am Fuß des übrigbleibenden Regels gezogen und solchergestalt der ganze Haufen nach und nach auseinandergezogen. Schließlich bleibt ein Häuflein kleiner sehr stark gebrannter Kohlen als Rest der centralen Feuerstätte übrig, die Quandelkohle, welche wegen ihrer Leichtigkeit nicht zu allen Processen der Technik verwendbar ist. Auch die Kopfenden der unteren Scheiterschicht, von Anfang feucht und kühl durch den Contact des Bodens, geben kein normales Product sondern sogenannte „Brände“, die den Rothkohlen (s. Frage 126) entsprechen und gewöhnlich als Füllmaterial bei späteren Meilern verwendet werden.

Auch setzt man wohl am Schluß längerer Campagnen sogenannte „Brändemeiler“.

150. Wie verläuft die Verkohlung bei den anderen Dispositionen des Kohlenholzes?

Bei den anderen Dispositionen von Haufen und Meilern zc. ist wenig Abweichung gegen den beschriebenen Verlauf zu constatiren.

Die Haufen erfordern naturgemäß etwas mehr Zeit als der Meiler, um gleichmäßig in Brand zu gerathen, da nicht mehr eine dünne verticale Zone in Feuer zu setzen ist, sondern eine mehr oder minder breite Fläche oder Wand. So dauert das Entzünden des

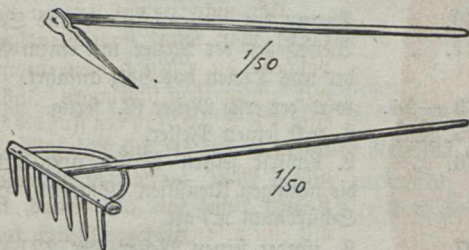


Fig. 61 und 62.

schwedischen Haufens 1—2 Tage lang, ehe das Feuer über die Meilerbreite sich gleichmäßig ausgedehnt hat. Im Uebrigen sind die Perioden ziemlich gleich bei allen Systemen des Meilerbaues, nur bei der Grubenverkohlung dauert Schwitzen und Treiben eben so lang wie Zubrennen und Löschen; es mag daran liegen, daß das Löschen einfach durch Schließen des Feuer- und des Rauchcanals bewirkt wird und somit länger dauert, als wenn es durch Beschüttung mit dem Decksand oder der Kohlenlöschc geschehen wäre.

Im Uebrigen lassen sich Dauer der Verkohlung, wie auch der einzelnen Perioden in derselben nur schwer durchschnittlich bestimmen, da die Zeit der einzelnen Phasen durch natürliche Einflüsse, durch die variable Beschaffenheit des Holzes und durch willkürliche Verschiedenheiten der Behandlung außerordentlich verändert werden kann.

Das folgende Tagebuch des Verfassers aus seiner praktischen Lehrzeit auf den Königl. Malapaner Hüttenwerken in Oberschlesien im Sommer 1855 giebt am besten Aufschluß über die Erledigung der verschiedenen Arbeiten:

- Den 16. Juni weist uns (dem Verfasser und zwei Collegen L. u. C.) der Hüttenmeister Wittwer das eine Stunde von Malapane stehende Holz zu zwei Probemeilern pro Person an — zusammen gegen 150 Klafter.
- Den 19. Juli von der bisherigen Köhlerei (Radau Kr. Rosenberg) nach der anderen Station gezogen.
- „ 20. „ Beginn des Meilerabsteckens und Setzens;
- „ 21. „ Weitersetzen der Meiler mit einem Gehilfen, der uns Dreien das Holz anfährt.
- „ 23.—24. wird der erste Meiler (L.) fertig.
- „ 25. Juli L. deckt seinen Meiler.
- „ 26. „ L. bewirft seinen Meiler und fertigt sich die nöthigen Utenfilien (Stangen, Hammer, Schürbaum zc.) an.
- „ 27. „ L. zündet seinen Meiler (der 22¹/₂ Klafter hat) an. Der Verfasser D. vollendet seinen Meiler.
- „ 28. „ Der Meilers L.'s wirft und muß gefüllt werden. D. deckt seinen Meiler.
- „ 29. „ D. bewirft seinen Meiler und bereitet sonst Alles vor.
- „ 30. „ D. zündet seinen Meiler (25 Klafter) an. C. setzt seinen Meiler fertig.
- „ 31. „ Der Meiler D.'s wirft 3mal sehr stark und muß gefüllt werden. C. deckt und bewirft seinen Meiler.
- „ 1. August C. zündet seinen Meiler, der 28 Klafter enthält, an.
- „ 2. „ Der Meiler C.'s wirft 2mal ungewöhnlich stark.

- Den 4. August Der Meiler L.'s beendet das Zubrennen (nach 9 Tagen).
- „ 5. u. 6. „ L. löscht und pußt seinen Meiler.
- „ 7. „ L. zieht 5 Körbe Kohlen (à 16 Hektoliter).
- „ 8. u. 9. „ L. zieht fertig Kohlen, und bringt im Ganzen $22\frac{1}{2}$ Körbe Kohlen und $1\frac{1}{2}$ Korb Brände aus.
- D. beendet das Zubrennen seines Meilers (nach 11 Tagen).
- „ 10. „ D. löscht und pußt seinen Meiler.
- „ 11. „ D. zieht 7 Körbe Kohlen, E. beendet das Zubrennen (nach 11 Tagen).
- „ 12. „ Feiertag, ohne daß Kohlen gezogen werden können.
- „ 14. „ E. beginnt das Kohlenziehen*).
- „ 16. „ D. zieht fertig Kohlen, im Ganzen 22 Körbe.

151. Was läßt sich aus der vorstehenden Relation ableiten?

Der Meiler von L. — $22\frac{1}{2}$ Klafter enthaltend, hat nach 9tägigem Brand und 2tägigem Löschen $22\frac{1}{2}$ Korb Kohlen und $1\frac{1}{2}$ Korb Brände gegeben.

Der Meiler von D. — 25 Klafter enthaltend, hat nach 11tägigem Brand und 1tägigem Pußen, aber 6tägigem, durch Feiertag zc. unterbrochenem Ziehen nur 22 Körbe Kohlen ergeben. Holz und Lage waren im Allgemeinen gleich, nur lag D.'s Meiler auf stärker bewachsenem Grund und war deshalb ein Koft angewendet worden. Dann war durch starkes Werfen und Füllen das Treiben etwas verzögert, noch mehr später das Kohlenziehen. Dadurch erklärt sich das geringere Ausbringen, obwohl die Kohlen gute Qualität zeigten.

152. Wie stellt sich im Allgemeinen das Ausbringen der Waldföhlerei?

Das Ausbringen ist abhängig von der Holzart, vom Alter des Holzes, vom Trockenheitsgrad, meistens aber von der Führung der Verkohlung.

*) Das Ausbringen des letzten Meilers (E.) ist nicht angegeben.

Die Ausbeute wird meistens nach dem Maß bestimmt, weil das Maß sich bei der Waldkohlerei bequemer zur Anwendung bringen läßt, und weil Holz- wie Kohlengewichte nach dem aufgeschluckten Wassergehalt sehr beträchtlich variiren.

Bei der Benutzung der Raummaße handelt es sich gewöhnlich nicht um das Raummaß der wirklichen Holz- und Kohlenmasse, sondern um die Summe derselben und der Zwischenräume. Die Zwischenräume betragen beim Holz wie bei der Kohle zwischen 25—52/00, doch hat man gefunden, daß im großen Durchschnitt bei dem Holz nur 25, bei der Kohle 35/00 leere Zwischenräume in einem vollgeschichteten Hohlmaß zu rechnen sind.

153. Wie hoch beziffert sich das Ausbringen nach dem Volumen?

Bei oberschlesischen Meilern, wie sie im Vorstehenden hauptsächlich berücksichtigt wurden, hat man:

für Stammholz ein Ausbringen von	52,6—60/00
" Astholz " " "	42,7/00
" Stockholz " " "	49,5/00

als Durchschnittszahlen ermittelt.

Bei steyerischen Hausen und Meilern wurde:

speciell für Hausen ein Ausbringen von	79,5/00
" " " " " "	86,5/00 erzielt.

Bei schwedischen Meilern ermittelte sich:

für liegende Holzanordnung	75/00
" stehende " "	67/00 Ausbringen
unter den ungünstigsten Verhältnissen nicht	
über	50,3/00.

154. Wie hoch beläuft sich das Ausbringen nach dem Gewicht?

Das Ausbringen nach dem Gewicht ergiebt nicht mehr Uebereinstimmung als das Ausbringen nach dem Volumen; der Gang der Verkohlung wirkt hier noch stärker ein als auf das Volumenausbringen.

Karsten fand, daß rasches Treiben

der Meiler nur 14,42/00 des Gewichtes

vorsichtiges und langsames Treiben . . . 25,69/00 des Gewichts bei gutgetrocknetem Holz ergeben.

Messungen im Großen ergaben an Ausbringen:

in Frankreich für Meiler von 60—90 Cubikmeter . . .	17—21,3/00	Gewichtsprocente
in Belgien bei der Verkohlung von 15 — 20jähr. Holze, (halb hart, halb weich): bei gewöhnlichem Gang der Verkohlung	15—17,0/00	" "
bei langsamem Gang der Ver- kohlung	20—22,0/00	" "
in Schweden bei der aus- schließlichen Verkohlung von Fichten- und Kiefernholz .	20—28/00	" "

Man wird nicht fehlgehen, wenn man 21/00 als gültigen Mittelwerth bei Calculationen annimmt.

ββ) Die Verkohlung in Oefen und feststehenden Apparaten.

155. Was bedingt die Anwendung der Ofenverkohlung?

Man kann Ofen- resp. Retortenverkohlung überall anwenden, wo es dauernd möglich ist, die zu einem ununterbrochenen Betrieb eines oder mehrerer stationären Apparate erforderliche Holzmenge an einem Ort zu concentriren, ohne durch beschwerlichen oder kostspieligen Transport die Darstellungskosten zu steigern. Das letzterwähnte Hinderniß wird zum Theil überwunden durch die Gewinnung der flüchtigen Destillationsproducte, welche den Werth der Arbeit erhöhen. Diese Gewinnung läßt sich nur schlecht an Meilern, besser noch an Hausen vornehmen, ist aber sehr bequem ausführbar an Oefen; Retorten eignen sich am Besten zu einer regelmäßigen Destillation des Holzes.

Die von Karsten angegebenen gemauerten Meilersohlen mit vom Mittelpunkt ausgehendem Abzug nach einer Condensationskammer, und die von Ebelmen und Dromart an-

gegebenen eisernen Sohlen und Mäntel für bewegliche Meiler, bilden die Uebergänge von der Waldköhlerei zur Verkohlung in Defen, wiewohl bei den letzterwähnten Constructionen es sich weniger um die Benutzung der Destillate, als um die bequemere und billigere Befuerung des Meilers handelt.

156. Wie ist ein Holzverkohlungsöfen beschaffen?

In den nebenstehenden Skizzen Fig. 63 u. 64 ist ein schwedischer Holzverkohlungsöfen dargestellt; derselbe besteht aus einer gemauerten und überwölbten Kammer mit centralem Feuerherd und zwei diagonal entgegengesetzt angelegten Abzügen nach Essen von 12 m Höhe. Die Feuerung hat keinen Kofst, sondern ist nur ein aus Steinen aufgebauter Canal, von außen her durch eine Wölbung zugänglich. Durch die auf den beiden Schmalseiten befindlichen Thüröffnungen wird das Holz eingebracht, später durch die unter dem Gewölbe einmündenden Oeffnungen ergänzt. Beide Oeffnungen werden mit Steinen zugesezt und vermauert; auch verschließt man sie mit gefütterten eisernen Thüren. Am Fuß der beiden Schornsteine befindet sich ein kleines Theerreservoir, um gelegentlich sich condensirende Producte der Destillation gewinnen zu können.

157. Wie verläuft der Betrieb dieser Verkohlungsöfen?

Die Defen werden mit gleichmäßig großem Holz in $1\frac{3}{4}$ bis 2 ganzen Tagen (à 24 St.) vollgesezt, und dabei die Vorsicht gebraucht, dem Feuer von der Centralheizung aus einen bequemen, durch kleineres Holz markirten Weg nach der Decke zu geben, um es darunter zu verbreiten und nach und nach durch die ganze Holzmasse durchzuziehen. Man sezt gewöhnlich etwa 36,3 Cubikmeter (1152—1440 Cubikfuß) Holz als Bündmaterial und 184,8 Cubikmeter Kohlenholz ein, zündet, gebraucht zur Verkohlung 13—16 Tage, verschließt alle Oeffnungen und läßt 15—37 Tage abkühlen. Das Kohlenziehen selbst dauert nur einen Tag und bringt man an Kohlen etwa 164,4 Cubikmeter aus, so daß zu 1 Raummaß Kohlen etwa 1,33 Raummaße Holz erforderlich werden.

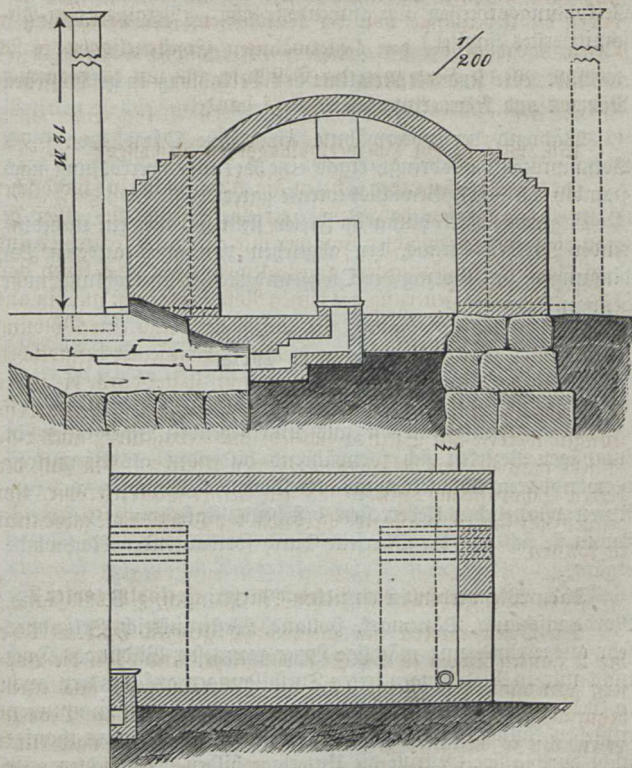


Fig. 63 und 64.

158. Welcher andere Apparat läßt sich in sehr bequemer Weise zum Holzverkohlen gebrauchen?

Einer der vollkommensten, auf Gegenbewegung von Wärme-
production und Consumption basirten Apparate ist der Ring-
ofen von Fr. Hofmann und Licht, der zum Ziegel- und

Kalkbrennen bereits ausgedehnte Anwendung findet, auch zu den Verkohlungsprocessen sich anwenden läßt. (Vergl. vierten Abschnitt erstes Kapitel.)

159. Wie sind die Resultate der Verkohlung in geschlossenen Räumen und festen Apparaten?

Während der vorerwähnte schwedische Ofen etwa 0,75 Volumprocente ausbringt, ergab eine Retortenverkohlung nach Hambly 25—27 Gewichtsprocente garer Kohlen.

Gegen die Verkohlung im Freien stellt sich nur ein unbedeutender Vortheil heraus, der, abgesehen von allen anderen Bedingungen, den Vorzug der Ofen- und Retortenverkohlung nicht genügend begründet.

c) Von dem Torfe.

160. Was versteht man unter Torf?

Torf nennt man die aus untergehenden Vegetabilien in sumpfigen Bezirken sich fortwährend bildenden als Brennstoffe verwerthbaren Ablagerungen; die Decke des Sumpfes, aus verfaulten pflanzlichen Ueberresten bestehend, sinkt immer tiefer ein, indem sie sich auf der Oberseite durch fortdauernden Nachwuchs ergänzt.

Dadurch entstehen in einzelnen Niederungen, z. B. Rußland, Norddeutschland, Dänemark, Holland, Westfrankreich, Irland u. s. w., sehr ausgedehnte und mächtige Lager recentester Bildung. Doch nicht nur in Niederungen treten Torfbildungen auf, sondern auch in Gebirgen an allen Stellen, wo dauernde Wasseransammlungen entstehen können, bilden sich Moore, namentlich, wenn thonige nicht durchlässige Gesteine die Unterlage bilden oder trichterartige Einkesselungen, mit Trümmern angefüllte vulkanische Krater sich mit Wasser anfüllen und allmählich überwachsen.

So findet man Torfmoore auf der Grimsele, im Riesengebirge, am Brocken u. s. f.; dann in dem Bereich vulkanischer Erhebungen, in der Eifel, auf der Rhön u. a. a. D.

Der Gegensatz zwischen dem Wiesenmoor der Flachlande und dem Hochmoor der Gebirge prägt

sich auch in den volksthümlichen Bezeichnungen aus, die man für die beiden Moorarten findet.

In Süddeutschland nennt man das Wiesenmoor „Moos“, das Hochmoor „Fitz“, während man in den norddeutschen Bezirken die Bezeichnungen „Grünlandsmoor“ und „Hochmoor“ gebraucht. Während die Unterlage der Hochmoore die oben geschilderte ist und meist aus wenig durchdringlichen Lehm- und Thonschichten besteht, ruhen die Wiesenmoore auf sehr verschiedenem Grund, Sand, Lehm, oft auch auf recenten Kalkbildungen.

161. Welches sind die äußeren Eigenschaften des Torfs?

Der Torf ist eine meist braungefärbte Masse von sehr verschiedenartiger Textur, welche theils die einzelnen Pflanzenformen, theils die Charaktere der beigemischten erdigen Substanzen, endlich das Aussehen des Pflanzenmoders in den schwankendsten Combinationen und Mischungen zeigt. Die verschiedenen Modificationen, welche daraus resultiren, finden sich in einem und demselben Torflager vor und lagern sich je nach der Schwere und Beschaffenheit ihrer Hauptbestandtheile zusammen. Es entstehen daraus Schichten von wechselndem Reichthum an organischen und nichtorganischen Bestandtheilen, die in Folge dessen von verschiedenem Werth; letzterer kann nur durch Versuche und Analysen genau festgestellt werden.

162. Welche Hauptarten kann man unterscheiden?

Nach der Structur unterscheidet man die deutlich charakterisirten Arten:

Wurzeltorf, Blättertorf, Papiertorf, Rasentorf, Moortorf, Pectorf, neben denen noch eine ganze Anzahl nicht deutlich charakterisirter Uebergangs- und Mischarten existiren, die sich nicht bestimmt abgrenzen lassen. Für die Technik hat die „petrographische“ Unterscheidung keinen besonderen Werth; wichtiger ist in dieser Hinsicht der Hinweis auf die Gewinnungsmethode durch die Benennungen:

Stechtorf — für den mit spatenartigen Werkzeugen gestochenen Torf;

- Streichtorf — für den schlammigen, in Formen gestrichenen Moortorf;
 Baggertorf — für den durch Baggern unter Wasser gewonnenen Torf.

Dieser Artenreihe schließt sich der Preßtorf an, der aus einer besonderen Behandlung frischgewonnenen oder vorbereiteten Torfes hervorgeht.

163. Wie ist die Zusammensetzung des Torfes?

Die vielen vorhandenen Untersuchungen ergeben, daß der Torf aus wechselnden Mengen organischer Substanz, Wasser und mineralischen Bestandtheilen besteht und eine sehr geringe Uebereinstimmung in den Zusammensetzungsverhältnissen bei diesen verschiedenen Sorten zeigt.

Nach zahlreichen Untersuchungen von Websky schwankt der Gehalt der Torfmasse ohne Wasser

an Kohlenstoff	zwischen	49,6—63,9/00
„ Wasserstoff	„	4,7—6,8/00
„ Sauerstoff	„	28,6—44,1/00
„ Stickstoff	„	0,0—2,6/00

Genauere Angaben gewährt die folgende Tabelle (s. S. 135), die sich auf trocknen Torf bezieht.

Man kann durchschnittlich für guten trocknen Torf annehmen (Scheerer):

25/00	hygroscopisches Wasser,
28,5/00	wassergebende Bestandtheile in der Torfmasse,
1,5/00	Wasserstoffüberschuß,
45,0/00	Kohlenstoff

und muß darauf einen den jedesmaligen Verhältnissen entsprechenden Aschengehalt schlagen.

164. Wie ist der Wärmeeffect des Torfes?

Trockner und reiner Torf entwickelt mehr Wärme als das Holz, während der Torf von gewöhnlicher Zusammensetzung und Beschaffenheit einen nicht so hohen Effect zeigt.

Fundorte und Länder.	Gehalte an				Asche.
	C.	H.	O.	N.	
Kolbermoor . (Deutschland)	46,98	4,96	27,63	0,72	4,21
Haspelmoor . "	49,82	4,35	26,99	—	8,34
Linum . . . "	50,36	4,20	34,27	—	11,17
Salzwedel . . "	46,76	4,75	29,50	—	15,9
Schopfloch . . "	54,38	5,48	32,59	—	7,55
Sindelfingen . . "	47,75	4,74	29,74	—	17,76
Bremen . . . "	43,15	4,45	28,98	—	23,42
Buchfeld = Neulangen . . . "	56,61	5,56	36,27	—	1,56
Harz "	51,54	4,69	33,90	—	9,87
Reichswald . . "	61,86	6,73	28,91	1,41	1,09
Reichswald . . "	62,14	6,30	27,16	1,70	2,70
Cappoge . . . (Irland)	51,05	6,85	39,55	—	2,55
Kilbeggan . . . "	61,04	6,67	30,46	—	1,83
Kilbaha "	51,13	6,33	34,48	—	8,06
Phillipstown . . "	57,53	6,83	32,23	1,42	1,99
— "	58,48	5,90	31,47	0,85	3,30
Wood of Allan . . "	58,27	6,43	31,33	1,23	2,74
Devonshire . . (England)	54,02	5,21	23,48	2,30	9,73
Abbeville . . . (Frankreich)	57,03	5,63	28,18	2,21	5,58
— "	58,09	5,93	29,55	—	4,61
Framont "	57,79	6,11	31,37	—	5,33
Thesy "	50,76	5,76	30,77	1,92	6,70
Gamon "	46,11	5,99	34,95	2,63	9,40
Kaschmir . . . (Indien)	37,51	4,08	35,87	2,02	33,27
Döhta (Rußland)	39,084	3,788	51,088	—	—

Für einen Torf ohne Asche und Wassergehalt berechnet sich bei 60/00 Kohlenstoff, 6/00 Wasserstoff, 32/00 Sauerstoff und 2/00 Stickstoff der gesammte Effect auf 5237 Wärmeeinheiten, während der Effect des durchschnittlich verwertheten Torfs nicht über 3000 Einheiten hinausgeht.

165. Zu welchen technischen Consequenzen führt die gewöhnliche Zusammensetzung des lufttrocknen Torfs?

Der hohe Wassergehalt selbst im lufttrocknen Torf und die noch etwas größere Quantität nicht verbundener Elemente des

Wassers führt bei der technischen Verwendung des Torfs zum Bestreben, den größten Theil dieses Wassergehalts zu eliminiren und zu dem Behuf den Torf einem Vorbereitungsproceß durch Trocknen in höherer Temperatur zu unterwerfen. Damit verbindet man sehr häufig einen Verdichtungsproceß lockerer Torfarten durch Pressen, und erzielt Producte von geringerem Volumen und größerer Haltbarkeit in den Feuerungsanlagen.

Die Zersetzung des Torfs beginnt, sobald die Temperatur 120° übersteigt, und hinterläßt, wenn mit der Erhitzung bis 350° gegangen wird, eine schwarze Kohle von gleicher Form wie die eingesetzten Torfstücke, doch stark zusammengeschwunden.

166. Welche Apparate wendet man zum Trocknen des Torfs an?

Man benützt zum Trocknen, Darren des Torfs entweder gemauerte Räume mit unmittelbarer Heizung oder solche, die mittelst äußerer Feuerung oder erwärmter Luft den Trocknungsproceß möglich machen.

Ein Beispiel erster Art ist der Torfdarofen von Lippitzbach in Kärnthén, der auch zu Neustadt am Rügenberg angewandt worden und in Fig. 65 (S. 137) dargestellt ist. Eine von außen zugängliche Kofstfeuerung dient zur Erzeugung der Wärme und steht in Verbindung mit dem überwölbten Untertheil des Ofens, einer Art Flammenkammer, aus der zahlreiche Oeffnungen im darübergespannten Gewölbe nach dem eigentlichen Darraum führen. Die Abführung der Trockengase und der sich entwickelnden Dämpfe geschieht durch einen Fuchs am Boden des Ofens und eine mit Regulirvorrichtung versehene Esse.

Bei anderen Ofen treibt man die von einer Feuerung kommenden Verbrennungsgase mittelst eines Ventilators unter der gewölbten Decke der Trockenkammer ein, und zieht die verbrauchte mit Feuchtigkeit beladene Luft am Boden durch mit Kaminen in Verbindung stehende Füchse ab.

Vielfach gebraucht man die Abhize verschiedener Apparate der Metallurgie, um Torf zu darren; ein interessantes Beispiel ist der von Elm an construirte Darofen, durch welchen mittelst eines Exhaustors die Gase eines Frischfeuers oder eines Schmiedefeuers gezogen werden.

Diese Gase gelangen durch die punkirt abgegrenzte Oeffnung a Fig. 66 u. 67 (S. 138) in den zum Ansammeln der Funken geräumig disponirten Canal b, und vor die durch einen Schieber verschließbare Eintrittsoeffnung c zum oberen Theil der Darrkammer.

Von da aus durchstreichen die Gase den über dachförmig gelegten Rosten aufgeschütteten Torf (der durch die Oeffnung e eingeführt wird) und gelangen in einen Canal f, welcher unterhalb der Hüttensohle liegt und mit einem in beliebiger Entfernung aufgestellten Exhaustor in Verbindung steht. Der Torf wird nach erfolgter Absperrung der Gase und Abkühlung durch die beiden vor den mittleren Rostdächern gelegenen in Fig. 66 punktirt angeedeuteten, in Fig. 67 im Mauerprofil abgegrenzten Thüren entladen.

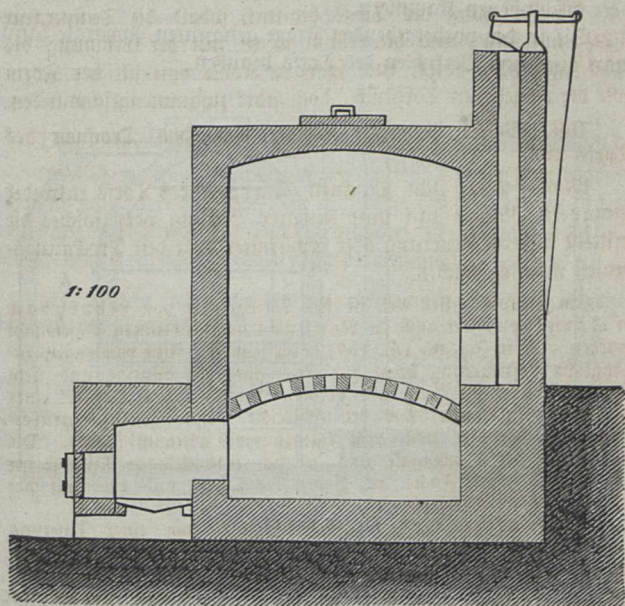


Fig. 65.

Welfner hat mit Erfolg versucht, den Torf in einem aus Eisenplatten zusammengestellten kegelförmigen Reservoir zu trocknen, indem er an dessen, mit einer Entladungsthür versehenen unteren Ende einen breiten Strom warmer Luft einführte. Es wurden hierbei täglich aus 10 Tons = 10,000 Kilo Torf mit Hilfe eines Luftaufwandes von 62,5 Cubikmetern und 100° Temperatur ca. 20/00 Wasser entfernt.

d) Von der Torfkohle.

167. Wann bildet sich Torfkohle?

Torfkohle entsteht, wenn der Torf einer trocknen Destillation unterworfen wird, überhaupt jedesmal, wenn er über 350° erhitzt wird. Die Torfverkohlung kann, wie die Holzverkohlung, in Meilern ausgeführt werden, geschieht aber meistens in Defen oder geschlossenen Kammern.

Die in der vorhergehenden Frage genannten Apparate kann man auch zum Verkohlen des Torfs benutzen.

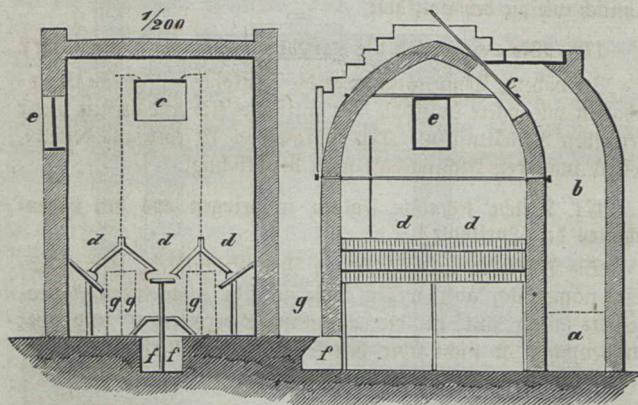


Fig. 66 und 67.

168. Wie sind die physikalischen Eigenschaften der Torfkohle?

Die Torfkohle zeigt äußerlich die gleichen Charaktere wie der Torf; Textur, Fasern, Wurzeln, Alles ist geblieben, nur die Farbe ist tiefschwarz ohne Glanz. Die gare Kohle ist porös und zerreiblich, wenn sie von einer leichten, wenig erdigen Torfforte stammt; dagegen fest und dicht, wenn der Torf viel Asche enthält oder vorher stark gepreßt worden ist.

Das Gewicht der Torfkohle ist sehr verschieden, je nach der Reinheit des angewandten Torfs, die aschenfreieste Kohle wiegt

230—250 Kilo im Cubikmeter, die gewöhnliche, unreinere Kohle
300—350 Kilo.

169. Wie ist die Zusammensetzung der Torfkohle?

Die Torfkohle besteht aus Kohle und Asche, enthält aber, wie die Holzkohle, noch verschiedene Mengen gas- und dampfförmiger Substanzen eingeschlossen. Der Aschengehalt beträgt meist 10—20/100 und sinkt höchstens bis 4—5/100 herunter. Die Aschen sind sehr unrein und enthalten namentlich Gyps und verschiedene Phosphate. Die Hygroskopicität der Torfkohle ist ähnlich wie die der Holzkohle.

170. Wie verhält sich die Torfkohle in höherer Temperatur?

In höherer Temperatur zeigt die Torfkohle fast gleiche Eigenschaften wie lockere Holzkohle; sie entzündet sich und brennt unter denselben Verhältnissen. Der Wärmeeffect ist ebenfalls derselbe, sobald man den Aschengehalt nicht berücksichtigt.

171. Welche technische Folgen entspringen aus den Eigenschaften der Torfkohle?

Die Torfkohle läßt sich wegen ihrer Leichtigkeit, Zerreiblichkeit, namentlich aber wegen ihres so sehr wechselnden Aschengehalts nicht gut in der Metallurgie verwerthen und ihre Anwendung ist nicht über das Stadium der Versuche hinausgerathen.

e) Von den Braunkohlen.

172. Was nennt man Braunkohlen?

Unter Braunkohlen versteht man im Allgemeinen alle fossilen Kohlen, welche älter sind als der Torf und jünger als die in der productiven Steinkohlenformation existirenden Mineralkohlen. Andere Autoren beschränken die Benennung Braunkohle auf die Kohlen des Tertiärgebirges. Indessen sind an verschiedenen Stellen der Kreide und des Jura, also der oberen Secundärformationen Kohlen vorhanden, welche den Tertiärkohlen in den meisten Eigenschaften entsprechen. Auch die Lettenkohle der Keuperbildungen ist noch nicht wirkliche Steinkohle.

Die meiste Braunkohle besitzt die organische Textur des Holzes und verschiedener anderer Pflanzentheile in deutlicher Erhaltung, obwohl auch bei der Braunkohle sich vollkommene Mineralisation zeigt, und auch erdige Texturen vorkommen können.

173. Wie theilt man die Braunkohlen ein?

Man unterscheidet bei den Braunkohlen ganz abgesehen von Vorkommen und Lagerung vier verschiedene ziemlich kenntliche Typen:

- 1) Fossiles Holz und bituminöses Holz, auch faserige Braunkohle, Blätter-, Bast-, Faserkohle genannt;
- 2) Erdige Braunkohle, fest bis mulmig, die gewöhnliche dichte Braunkohle enthaltend, oft auch von grobschieferiger Textur;
- 3) Muschelige Braunkohle, magerer Brennstoff ohne deutliche vegetabile Structur meist von flachem oder von muscheligem Bruch;
- 4) Fette asphaltartige Braunkohle oder bituminöse Braunkohle, Theerkohle, meist von muscheligem, oft aber auch von unebenem und erdigem Bruch.

Für die Metallurgie haben nur die drei ersten Typen Bedeutung, den vierten Typus benutzt man häufiger als Material zur Theerproductendarstellung, denn als directen Brennstoff.

174. Welches sind die besonderen Eigenschaften des bituminösen Holzes?

Das fossile Holz besteht vorwiegend aus zusammengedrückten, mehr oder minder dunkel und braun gewordenen Baumstämmen, die oft nur wenig sich von den in Torfmooren vorkommenden unterscheiden. Sie lassen sich schneiden, behauen, bearbeiten und brennen wie gewöhnliches Holz.

Schreitet die Veränderung weiter voran, so findet man einen von der faserigen Textur unabhängigen muscheligen Bruch, und kann den allmählichen Uebergang zur muscheligen Braunkohle constatiren; diese Uebergangsform bezeichnet man mit der Benennung bituminöses Holz.

Das fossile Holz ist stark hygroskopisch und kann oft 50/00 Wasser aufnehmen, trocknet an der Luft unter Zerspringen, nimmt aber, wenn es künstlich getrocknet ist, doch wieder 10—15/00 Feuchtigkeit auf.

Dadurch schwankt die Dichtigkeit zwischen 0,5 und 1,3; im letzteren Fall wiegt der Cubikmeter 550—700 Kilo, wobei das höchste Gewicht wiederum den aschenreichsten Substanzen zukommt.

175. Welches sind die besonderen Eigenschaften der erdigen Braunkohle?

Die erdigen Braunkohlen entsprechen in ihrem Verhältniß zum fossilen Holz der Beziehung des Torfs zum darauf wachsenden Holze; wahrscheinlich muß man in den erdigen Braunkohlen die Torfbildungen der tertiären Epochen vermuthen. Wie die Torfarten Baumstämme, so enthalten die erdigen mulmigen Braunkohlen Partien von fossilem und bituminösem Holz.

Die erdige Braunkohle ist im trocknen Zustand ein hellgelb bis schwarzbraun gefärbtes stäubendes Pulver oder eine leicht zerreibliche, structurlose Masse. Man kann sie als Brennstoff gebrauchen, wenn der Aschengehalt nicht zu bedeutend ist; dann ist es aber gut, die Kohlenmasse zu verziegeln, wie es in der Gegend von Merseburg und Weisensfels geschieht. Oft ist die Kohle so sehr kieshaltig, daß man die Asche als Dünger oder als Material der Bitriolgewinnung benutzen kann.

Obwohl die Zusammensetzung der erdigen Braunkohle der des fossilen Holzes nahesteht, so machen doch der Wassergehalt (— 50/00) und der Aschengehalt (— 30/00) einen bedeutenden Unterschied aus.

176. Welches sind die besonderen Eigenschaften der muscheligen Braunkohle?

Die muschelige, oft auch dicke oder derbe Braunkohle genannt, ist dunkelbraun bis schwarz von Farbe und meist ziemlich hart und fest, von ebenem oder muscheligem Bruch, eher matt als glänzend. Das mittlere specifische Gewicht ist

1,20—1,25, und es wird der Cubikmeter in mäßigen Stücken auf ca. 700 Kilo zu rechnen sein.

Beim Brennen entwickelt diese Kohlenart eine rußende ziemlich lange Flamme, einen höchst widerwärtigen, eigenthümlichen Geruch, der die Benutzung zum Hausbrand unangenehm macht.

An der Luft zerspringt die muschelige Kohle weniger stark als das fossile Holz; sie enthält nie mehr als 5—10/100 Wasser und nicht so viel Schwefelkies, dagegen Schwefel in freiem oder in anderweitig gebundenem Zustand.

Wie unrein diese Braunkohlen sein können, geht daraus hervor, daß die Asche einer thüringer Kohle 32,78/100 Eisenoxyd und 9,17/100 Schwefelsäure, die Asche einer elsässer Kohle sogar Arsenik enthielt.

Diese Braunkohle ist, wie weiter unten gezeigt wird, anwendbar zur Heizung, sobald die Verbrennungsgase dem Zweck der Heizanlage sonst nicht schädlich sind.

177. Welches sind die besonderen Eigenschaften der fetten oder bituminösen Braunkohle?

Die fetten Braunkohlen sind von ebenem oder muscheligem Bruch, wie die dichten Kohlen, aber sie sind weniger hart und dicht (1,15—1,20 spec. Gewicht), haben einen lebhafteren und fetteren Glanz und brennen mit lebhafter, reichlicher und sehr stark rußender Flamme. Beim Brennen erweichen sie und zeigen eine Art von Schmelzung unter beträchtlicher Anschwellung.

Diese fetten Braunkohlen sind seltener und bilden den Uebergang zu den eigentlichen Asphalt- oder Bitumenarten; sie kommen als Feuerungsmaterial deshalb auch nicht so stark in Anwendung.

178. Wie ist die Zusammensetzung der Braunkohlen?

Die chemische Untersuchung verschiedener Braunkohlensorten ergab nachstehend zusammengestellte Resultate:

Fundorte und Länder	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Bemerkungen
1. Fossiles Holz.				
Fossiles Holz von Uznach am Züricher See. (Regnault)	57,29	5,83	36,88	Vollkommene Holztextur braun-schwarz.
Fossiles Holz von Laubach (Hessen-Darmst.). (Liebig)	57,62	6,06	36,32	Gleiche Beschaffenheit.
Fossiles Holz im Uebergang zur dichten Kohle (Nordböhmen).	66,56	4,72	28,77	Matt im faserigen Bruch, glänzend im Querbruch; gab 40/00 Kohle.
Scheurer-Restner.	67,60	4,55	27,85	Aehnlich; gab 48/00 Kohle.
2. Erdige Braunkohle.				
Wörschen	60,76	5,99	23,13	Mit 49,9 hydr. Wasser u. 10/00 Asche.
Leuditz	54,02	5,28	27,90	Mit 46,6 hydr. Wasser u. 12,8 Asche.
Altenweddingen	57,71	4,75	22,94	Mit 47,3 hydr. Wasser u. 14,6 Asche.
Lebendorf	47,73	4,34	17,64	Mit 30,37/00 Asche.
Perleberg Knorpelkohle.	64,00	5,00	27,50	Mit 17,3 Wasser und 3,3 Asche.
Frankfurt a. D. Knorpelkohle.	49,65	4,86	26,41	Mit 16,08 Wasser und 9,08 Asche.
Polnisch Neudorf (Schlesien) sogenannte Formkohle.	34,60	3,8	19,3	Mit 14,0 Wasser und 28,3 Asche.
Stillberg (Hessen-Rassau)*	50,78	4,62	21,38	Mit 16,2 Wasser und 6,95 Asche.
Cöln (Rheinprovinz) zerreibliche Kohle.	63,29	4,98	26,24	Mit 5,49/00 Asche.
Schöningen (Braunschweig)	63,71	5,07	22,79	Ohne Angabe des Aschengehalts.
Rhonemündungen (Frankreich) erdige Kohle.	63,89	4,58	18,98	Mit 13,43 Asche.
3. Muschelige Braunkohle.				
Utweiler (Rheinprovinz)	77,1	2,54	19,35	Mit nur 1,0 Asche.

*) Die hier angeführten Analysen der erdigen Braunkohlen sind alle mit Einschluß des Aschengehalts gegeben; das hygroskopische Wasser ist nur bei der Stillberger Kohle mit eingerechnet. Da die erdige Braunkohle ohne Aschenbestandtheile eigentlich nicht gedacht werden kann, ist die Umrechnung der Analysen auf reine Kohlensubstanz nicht vorgenommen worden.

Fundorte und Länder	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Bemerkungen
Obernkirchen (Hannover)	78,27	4,83	5,91	Mit nur 1,0 Asche.
Kohled. Wealdenformation	90,4	4,88	4,72	Dhne Asche.
Weißner (Hessen-Nassau). (Regnault)	73,0	4,93	22,07	Dhne Einrechnung von Asche und Wasser; gab 47,6/100 glänzend schwarze Kohle.
Birtatobel im Bregenzer Wald, Gemenge aus sechs Kohlenflözen.	73,08	5,03	21,89	Dhne Wasser und Asche.
Grünbach (Oesterreich) Pechkohle aus der Kreide.	74,84	4,6	20,56	Dhne Wasser und Asche.
Leoben (Steiermark) Glanzkohle.	57,92	5,22	23,86	Mit 11,0 Asche.
Szilththal (Siebenbürgen) tiefschwarze, pechglänzende Kohle.	75,00	5,00	10,00	Mit 0,5 Schwefel und 9,5 Asche.
Banat, Viaskohle theils bakend, theils nur sintern und sandig.	82,54	4,35	5,27	Mit 1,10—3,06 Wasser und 1,6—12,05 Asche.
Day (Südfrankreich). (Regnault)	89,69	5,09	13,1	Dhne Einrechnung von Wasser und Asche.
Aix (Südfrankreich). (Regnault)	74,19	5,88	20,13	
Aix (Südfrankreich). (Regnault)	73,79	5,29	20,92	
Dep. Basses Alpes (Südfrankreich). (Regnault.)	72,19	5,36	22,45	
Rocher bleu d'Aix, Dep. Bouches du Rhone, (Südfrankreich). (Scheurer-Kestner)	72,98	4,04	22,98	
Manosque, Basses Alpes (Südfrankreich). (Scheurer-Kestner)	66,31	4,85	28,84	
Voltigen (Simmenthal), Schweiz — Jurakohle.	74,73	—	—	Mit 5,02 Asche.
4. Fette Braunkohlen.				
Nordamerika	80,21	6,30	8,54	Mit 3,94 Asche.
Patagonien	75,85	7,25	10,96	
Cuba — schwarze, fettglänzende, leicht entzündliche Kohle.	75,63	5,2	13,57	

Fundorte und Gänder	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Bemerkungen
Trinidad — schwarzglänzend	73,11	5,63	17,68	Mit 0,57 Schwefel, 5,90 Wasser, 3,61 Asche.
Verschiedene Sorten nach Regnault und Scheurer-Kestner.	70,57	5,44	23,99	
	81,46	9,57	8,97	

179. Welche Durchschnittsverhältnisse ergeben sich aus den vorstehenden Analysen?

Es enthalten an	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff u. Stickstoff
1) die faserige Braunkohle (fossiles u. bituminöses Holz)	57—67	6—5	37—28
2) die erdige Braunkohle (mülmige und lockere Kohle)	45—70	6—5	30—25
3) die muschelige Braunkohle	65—75	6—4	29—21
4) die fette Braunkohle	70—80	6—8	24—12.

Betrachtet man das Verhältniß $\frac{\text{Sauerstoff} + \text{Stickstoff}}{\text{Wasserstoff}}$, so ergibt sich für die Kohlensorten

	1)	2)	3)	4)
$\frac{O + N}{H} =$	6—5	5	5—4	4—2

180. Welche Wärmeeffecte haben die Braunkohlen?

Es berechnen sich für die Sorten nach Plattner:	1)	2)	3)	4)
im lufttrocknen Zustand . . .	3900	4836	5460	6400 Einheiten,
im gedarrten Zustand	4914	5928	6552	7200 „

Bezieht man die Leistung auf reine Kohlensubstanz, so berechnen sich nach dem Gesetz von Dulong höhere Werthe. Auch Scheurer-Kestner u. hat für einzelne Fälle mehr ermittelt, z. B.

6211	—	6480	7363	„
—	—	—	—	„
6358	—	6991	7924	„

Man irrt nicht, wenn man				
den Effect annähernd be-	1)	2)	3)	4)
stimmt auf	5000	(5700)	6500	7000 Einheiten,
	6400	(6800)	7000	8000 „ *)

Die Werthe der Braunkohlen erscheinen hiernach ziemlich hoch; für die praktische Anwendung ist jedoch nicht zu vergessen, daß die Voraussetzung vollkommener Trockenheit nicht erreichbar ist, sondern daß stets auf einen beträchtlichen Feuchtigkeitsgehalt gerechnet werden muß.

181. In welcher Weise steigert man den Wärmeeffect der Braunkohlen?

Wie bei dem Torf, so ist auch bei den Braunkohlen Entwässerung der einzige praktische Weg, die Leistung zu steigern.

Das Trocknen an der Luft, das Darren in Meilern und Defen sind vielfach mit Compressionsarbeiten combinirt worden und haben stellenweise bedeutende Resultate ergeben.

Bei dem Abliegen der Braunkohlen ist hervorzuheben, daß erdige Kohlen durch Aufnahme von Wasser verlieren, sobald sie nicht unter Dach sind; dagegen schwinden sie, unter Dach gebracht, sehr leicht und geben zerreibliche Producte. Dasselbe geschieht auch bei faserigen und muscheligen Kohlen; dieselben bedecken sich mit Sprüngen, sind aber alsdann wegen ihrer gesteigerten Entzündbarkeit besser zu verwerthen. Nur darf kein vollständiges Zerspringen, Decrepitiren eintreten, sondern die Erwärmung muß mit Vorsicht geschehen.

Das Darren wird deshalb auch nicht in gleichem Maß angewendet wie beim Torf, wiewohl man ausgedehnte Versuche in dieser Richtung gemacht hat. Auch die Anwendung der Braunkohlendarrlinge hat nicht die gewünschten Erfolge gehabt und ist nicht im Stand gewesen, die Anwendung der Holzkohlen zu ersetzen.

*) Unter die letztangeführten Annäherungswerthe, die auch Gruner adoptirt hat, sind die für erdige Kohle nicht auf Grund der Scheurer-Kestner'schen Versuche festgestellt, sondern abgeschätzt worden.

182. Welches ist die beste Verwendung roher und getrockneter gedarrter Braunkohlen?

Die rohen, abgelagerten oder getrockneten Braunkohlen können zu indirecter Feuerung, wobei die Flamme des Brennstoffs den Einsaß bespült, benutzt werden, also zu allen Flamöfen, sobald man die Feuerkammern entsprechend geräumig baut. Nur vereinzelt hat man gedarrte Braunkohlen zum Schachtofenbetrieb angewandt und angeblich günstige Resultate erzielt. In manchen Gegenden brennt man sogar die pulverige Braunkohle auf besonders construirten Kofen und betreibt damit z. B. die Dampferzeugung.

f) Von den verkohlten Braunkohlen.

183. Welche Resultate giebt im Allgemeinen die trockene Destillation der Braunkohlen?

Die Resultate der trockenen Destillation der Braunkohlen nähern sich den gleichen Resultaten für Holz und Torf; doch zeigen die einzelnen Braunkohlenarten eine weitergehende Verschiedenheit, je mehr sie den Holzcharakter verlieren.

Das fossile Holz giebt z. B. weniger Säure und mehr Theer als das frische Holz, aber auch ein größeres Kohlenausbringen; dasselbe beträgt 35—40/00, während das bituminöse Holz 45—50/00 ergiebt. In beiden Fällen behält die Kohle die Form des rohen Materials, nur erscheint sie nach allen Richtungen hin gesprungen.

Während die mulmige Braunkohle sich nicht verkohlen läßt oder ein nicht brauchbares Kohlenpulver giebt, erhält man aus den muscheligen und dichten Braunkohlen nicht wesentlich veränderte, nur stark zersprungene Kohlenstücke; das Ausbringen beträgt 40—50/00, und die flüssigen Producte bestehen aus Wasser von schwachsaurem oder ammoniakalischem Charakter, so wie einer schwankenden Menge brauner Oele. Die Gase sind reichlich vorhanden und brennen mit leuchtender Flamme.

Das Verhältniß aller Destillationsproducte und Rückstände drückt sich durch nachstehende Zahlenwerthe aus:

Producten findet sich weniger Wasser als im gleichen Fall bei jüngeren fossilen Brennstoffen; das Wasser ist demnächst auch sehr selten sauer, sondern häufiger basisch.

Beim Brennen entwickeln sie nicht den unangenehmen stinkenden Geruch der Braunkohlen, dagegen zeigen sie häufig einen starken Geruch nach Theer.

Im natürlichen Zustand enthalten die Steinkohlen sehr wenig Wasser und zeigen sich nach erfolgtem Trocknen bei über 100° C. auch bedeutend weniger hygroskopisch als die Holzarten und Ligniten.

Die Dichtigkeit der reinen Steinkohlen, mit geringem Aschengehalt, schwankt zwischen 1,25 und 1,35, wobei sich die kohlenstoffreichsten als die dichtesten herausstellen. Der Cubikmeter wiegt ca. 700—900 Kilo.

186. Welche Arten von Steinkohlen giebt es?

Die sämtlichen Steinkohlen, nach Aussehen, Beschaffenheit, Zusammensetzung und Verhalten in hoher Temperatur, bilden eine ununterbrochene Reihe von veränderlichen Erscheinungen zwischen den Braunkohlen einerseits und den Anthraciten oder ältesten Kohlenblenden andererseits. Wo die Reihe an die Nebengruppen sich anschließt, findet zwischen den angrenzenden Gliedern der Reihe und der beiden Gruppen ein unmerklicher Uebergang statt; manche derselben könnte man gleichzeitig Braunkohlen und Steinkohlen oder Steinkohlen und Anthracite nennen, ohne einen Irrthum zu begehen. Außerhalb dieser Uebergangsglieder bilden die eigentlichen Steinkohlen ein wohlcharakterisirtes zusammengehöriges Ganzes, das sich von Braunkohlen und Anthraciten wesentlich unterscheidet.

Das Verhältniß von Kohle oder Coles schwankt zwischen 50 und 90, und die elementare Zusammensetzung bewegt sich zwischen

75—93/00 Kohlenstoff,

6—4/00 Wasserstoff,

19—3/00 Sauerstoff (einschließlich 1—2/00 Stickstoff)

100

so daß also das Verhältniß $\frac{\text{Sauerstoff} + \text{Stickstoff}}{\text{Wasserstoff}}$

von 3 zu 1 herabsinkt. Die erstgenannten Werthe entsprechen der Zusammensetzung einer den Braunkohlen nahestehenden Kohle, die letztgenannten dagegen der Zusammensetzung einer anthracitischen Kohle.

Zwischen diesen Extremen lassen sich verschiedene in größeren Massen auftretende und deshalb wichtig werdende Arten erkennen, die man in den einzelnen Gewinnungsrevieren vielfach nach den Gruben und Flözen, von denen sie stammen, bezeichnen hört, die aber auch durch eine allgemeine Bezeichnung festgestellt werden können.

187. Worauf gründet sich eine technische Classification der Kohlen?

Ganz abzusehen ist hierbei natürlich von rein petrographischen Charakteren, da dieselben oft sehr verschieden sich verhaltenden Kohlen in gleicher Bedeutung und Ausdehnung zukommen, und da die sogenannten mineralogischen Species in keiner Weise mit den Ergebnissen der technischen Classification sich decken.

Um die letztere in zufriedenstellender Weise zu ermöglichen, untersucht man die Kohlen in Bezug auf ihr Verhalten im Feuer und auf die Resultate der trocknen Destillation; man stellt dieselbe in einer Retorte an und bestimmt die relativen Mengen Wasser, bituminöse Substanzen und zurückbleibende Kohle. Da die sich ergebende Wassermenge wesentlich von dem Sauerstoffgehalt des Rohmaterials, die sich producirenden bituminösen Substanzen mit dem Wasserstoffgehalt der Kohle, der Rückstand dagegen mit dem Kohlenstoffgehalt der Kohle zu- und abnimmt, so sollte man annehmen, daß auch die Elementaranalyse hinreichende Grundlagen der Kohlenclassification in ihren Ergebnissen liefere. Indessen treten in den erwähnten Beziehungen Anomalien ein, welche in dem Verbindungsmodus der drei genannten Elemente ihren Grund haben. Deshalb erkennt man die Wirkungsfähigkeit einer Kohle besser aus ihrem Verhalten bei der Vercofung resp. der trocknen Destillation.

Schon früher hatte Karsten die Methode des Vercofungsversuchs als Mittel für die Erkennung der technischen Qualität vorgeschlagen; man vercofte abgewogene Mengen der feingepulverten Kohlen in be-

deckten Probirtuten, indem man sie in einer geschlossenen Muffel (Fr. 79 S. 61) einer Gelbrothglühhitze aussetzte; man erhielt eine Colesmenge, die weniger auf ihr Quantum als auf ihre Beschaffenheit untersucht wurde. Fand man ein loses Pulver vercocter Kohle, so war die untersuchte Substanz eine Sandkohle; zeigte sich eine zusammengesinterte Masse, aus oberflächlich gefritteten Körnern bestehend, so hatte man es mit einer Sinterkohle zu thun; war der Rückstand wie geschmolzen in eine bimssteinartig aufgeblähte Masse verwandelt, so erwies sich die Kohle als Backkohle.

Diese nur der Colesfabrikation angepaßte Unterscheidung sämtlicher Kohlen in Sandkohlen,
Sinterkohlen,

Backkohlen ergab, als man sie mit den Resultaten der Elementaranalysen, dem Verhalten der Kohlen bei der Leuchtgasfabrikation zc. verglich, eine Reihe Widersprüche und man mußte verschiedene Arten von Sand-, Sinter- und Backkohlen acceptiren, deren Colesergebniß namentlich äußerst verschieden sich zeigte.

Nach vielen Versuchen, die alte Classification mit den analytischen Ergebnissen wie mit den Anforderungen der Technik in Einklang zu bringen, führte die Untersuchung der Steinkohlen des Beckens der Loire durch Gruner und die Untersuchung der westfälisch-belgischen Flöhsolge, so wie des Saarbeckens durch Silt zu der obengenannten durch die umfassenden Destillationsversuche von Scheurer-Kestner und Meunier unterstützten besseren Grundlage der Kohlenclassification*), nachdem schon Regnault 1839 eine den Analysen mehr entsprechende Eintheilung aufgestellt.

188. Welche einzelnen Typen entwickeln sich aus der vorgetragenen Classificationsgrundlage?

Man kann auf der genannten Grundlage fünf Typen von Steinkohlen unterscheiden; es sind dies an die ältesten Braunkohlen anstoßend:

- die sandigen Kohlen mit langer Flamme,
- die fetten Kohlen mit langer Flamme,
- die fetten Kohlen mit mäßiger Flamme,
- die fetten Kohlen mit kurzer Flamme,
- die anthracitischen mageren Kohlen mit sehr kurzer Flamme.

Diese Eintheilung, welche sich vor Allem auf das Verhältniß der flüchtigen Stoffe und der zurückbleibenden festen Kohle stützt,

*) Da Silt sechs, Gruner nur fünf Kohlentypen unterscheidet, so ist hier die letzterwähnte Anschauung der größeren Einfachheit wegen gewählt worden. Im Uebrigen decken sich die Einzelheiten beider Systeme fast vollständig.

stimmt vollkommen überein mit den Eintheilungen nach dem Heizeffect und dem geologischen Alter.

Der Heizeffect wächst gewöhnlich von den langflammigen sandigen Kohlen bis zu den kurzflammigen mageren Kohlen und im selben Kohlenbecken constatirt man im Allgemeinen, daß die oberen Schichten reich an flüchtigen Producten, die unteren reich an festem Kohlenstoff sind.

Es ist allerdings erforderlich, um diese Relation zwischen Lagerung und Verhalten wahrzunehmen, in einer Verticalebene zu bleiben, da sich nicht bloß zwischen verschiedenen Kohlenmulden, sondern auch zwischen verschiedenen Theilen derselben Mulde, Unterschiede in den Kohlen gleichen Horizontes zeigen. In Südwaes z. B. sind die Kohlen eines Flözes im Osten fett, im Westen mager; in dem Hauptflöz des Reviers Rive-de-Gier ist die Kohle langflammig im Osten, anthracitisch im Westen. Während ferner die der untersten Kohlenformation angehörigen Kohlen Schottlands langflammig und sandig sind, erscheinen die Kohlen der Alpen, den jüngsten Theilen der Kohlenformation zugehörig, vollkommen anthracitisch.

189. Was ist über Eigenschaften und Zusammensetzung der sandigen Flammkohlen zu sagen?

Dieser Typus charakterisirt sich besonders durch die Beschaffenheit der Rückstände von der trocknen Destillation. Die Kohlenstücke behalten ihre Form, nur zerspringen sie, ohne eine Schmelzung oder Agglomeration zu zeigen; wendet man Staub an, so erhält man auch staubförmige Cokes und kann die Kohle nach der alten Classification „Sandkohle“ nennen.

Eine Verwechslung mit den ähnlich sich verhaltenden anthracitischen mageren Kohlen ist deshalb nicht gut möglich, weil die Verhältnisse des Rückstandes zu der Gesamtmasse sehr abweichen und auch die sonstigen Charaktere nicht übereinstimmen.

Die sandigen Flammkohlen sind im Allgemeinen hart und wenig zerreiblich, obwohl von nicht zu großer specifischer Dichtigkeit (ca. 1,25); der Cubikmeter wiegt 700 Kilo. Der Bruch ist eben oder muschelrig, nicht selten stengelig, weshalb einzelne Varietäten dieser Kohle in England auch Splint-Coal genannt werden. Die Farbe ist selten rein und tiefschwarz, der Staub dieser Kohlen fast immer braun. Wie es der Name be-

sagt, brennen die Kohlen leicht und bequem mit langer Flamme und starker Rauchentwicklung.

Die mittlere Zusammensetzung ist:

75—80 Kohlenstoff,
5,5—4,5 Wasserstoff,
19,5—15,5 Sauerstoff, so daß das

Verhältniß von $\frac{\text{Sauerstoff (+ Stickstoff)}}{\text{Wasserstoff}}$ zwischen 4 und 3 liegt.

Die Resultate der trocknen Destillation sind:

Nichtagglomerirter Rückstand	50—60	} Flüchtige Producte im Ganzen 45—40.
Ammoniakalisches Wasser	12— 5	
Bituminöse Substanzen	18—15	
Gase	20—20	
	<u>100.</u>	

Die Verbreitung dieser Kohlen ist nicht groß, sie gehen überall in die halbfetten Kohlen über und beschränken sich eigentlich auf die jüngsten Schichten der betreffenden Reviere. Man findet sie z. B. in den oberen Partien der Kohlenbecken von Oberschlesien und Saarbrücken, stets in Sinterkohle übergehend; in den oberen Schichten der westfälischen Formation sind sie durch die neuen Bohrversuche an der Emser nachgewiesen worden.

In Frankreich treten sie nur bei Blanzg und Montceau auf, wogegen sie eine industrielle Wichtigkeit in einzelnen Bezirken Großbritanniens erreichen; sie speisen fast den ganzen Hochofenbetrieb Schottlands und finden sich außerdem noch in Derbyshire, Staffordshire zc.

Ihre verschiedene Zusammensetzung erhellt aus der beigefügten Tabelle (s. S. 154), in der die Kohlen nach dem steigenden Cokesgehalt und nach dem abnehmenden Gehalt an flüchtigen Producten geordnet sind.

Fundorte und Länder	C.	H.	O + N.	Flüchtige Destillate	Cokesbeschaffenheit
Mittel des ganzen oberen Saarbrücker Systems (nach Gasch)	75,75	4,87	19,38	45,51	Sandig=pulverig.
Kohle von Blanzyn, der von Montceau entsprechend (nach Regnault)	78,26	5,35	16,39	43,00	Leichtgefinterte Cokes.
Großes Flöz von Staf-fordshire, Mittel von vier Bänken (nach Percy)	78,00	4,79	17,21	Nicht bestimmt	Sandige Cokes.
Harte Kohle v. Königin Louise=Grube, Oberschlesien (nach Heintz)	74,16	5,57	20,27	Nicht bestimmt	Sandige Cokes.
Obere Flöze des Saar=Reviers (nach Gasch)	75,75	4,87	19,38	41,9	Sandige Cokes.
Sandkohle von Louisen-thal (Saar) (Scheurer=Kestner u.)	76,87	4,68	18,45	41,0	Sandige Cokes.
Mittlere Zusammensetzung von elf Mitteln aus Ober-schlesien (Heintz)	78,87	5,14	15,09	Nicht bestimmt	Sandige oder leicht=gefrittete Cokes.
Kohle von Gartley b. New Castle (nach de Mar-silly)	79,54	5,63	14,83	39,05	Gefinterte Cokes.
Schottische Splint=coal (nach Percy)	80,98	5,42	13,60	Nicht bestimmt	Gefinterte Cokes.
Mittlere Zusammensetzung der drei Flöze der Köni-gin Louise=Grube (Heintz)	80,39	5,16	14,45	Nicht bestimmt	Gefinterte Cokes.

Man ersieht aus den vorstehenden Resultaten, daß das Sintern beginnt, sobald das Gehaltsverhältniß des Kohlenstoffs 80/100 erreicht und der Sauerstoff unter 15/100 heruntergeht.

Die Leistung der langflammigen Sandkohlen beträgt nach Scheurer=Kestner für die Kohle von Louisen-thal 8215 Einheiten, für die Uebergangskohle von Montceau 8325 Einheiten; indessen kann man mit Gruner annehmen, daß die

Grenzen der Leistung 8000 bis 8500 Einheiten sind. Die Leistung der reinsten und trockensten Kohlen, auf Wasserdampf bezogen, beträgt höchstens 6,70—7,50 Kilo Wasser bei 112°; gewöhnlich beziffert sie sich nur auf etwa 6—6,50 Kilo.

Das Cokesausbringen kann auf nur 55—60/100 veranschlagt werden.

190. Was ist über Eigenschaften und Zusammensetzung der backenden langflammigen Kohlen zu sagen?

Dieser Typus unterscheidet sich von dem vorhergehenden durch die Beschaffenheit der Cokes, welche die oben bereits erklärte (Frage 187) Erscheinung des Backens zeigen. Die Uebergänge zu den langflammigen Sandkohlen sind Sinterkohlen, welche in den daraus fabricirten Cokes nur Anfänge der Schmelzung zeigen.

Außerlich erscheinen diese langflammigen Backkohlen (gasreichen Backkohlen nach Hilt) hart und zäh, wiewohl in geringerem Grad als die Kohle des vorigen Typus; der Bruch ist eher blätterig als stengelig. Das specifische Gewicht der aschenfreieren Kohle ist 1,28—1,30 und der Cubikmeter wiegt 700—750 Kilo. Die Farbe ist dunkler und der Glanz stärker als bei den Sandkohlen.

Diese langflammigen backenden Kohlen brennen mit Flamme und Rauch, entzünden sich rasch und verzehren sich schnell; man benutzte sie deshalb sehr gern zu energischen Feuerungen und Heizungen.

Die elementare Zusammensetzung bewegt sich zwischen den folgenden Grenzen:

80—85 Kohlenstoff,

5,8—5,0 Wasserstoff,

14,2—10,0 Sauerstoff und Stickstoff

100; woraus sich das Verhältniß

$\frac{\text{Sauerstoff} + \text{Stickstoff}}{\text{Wasserstoff}}$ zwischen 3 und 2 liegend berechnet.

Die trockne Destillation ergibt andererseits:

Cokes	60—68	} im Ganzen flüchtige Producte 40—32.
Ammoniak und Wasser	5— 3	
Bituminöse Stoffe	15—12	
Gas	20—17	

Die Gasmenge ist bei dieser Kohle geringer als bei den gasreichen Sandkohlen, doch ist die Leuchtkraft des Gases bedeutender und man bezeichnet deshalb hauptsächlich diesen Typus mit der Benennung Gaskohle.

Zur Cokesbereitung sind sie weniger geschätzt, da die resultierende Cokesmenge zu klein und die Qualität der Cokes eine zu lockere ist.

Die Verbreitung dieser Kohlen ist eine bedeutendere als die der gasreichen Sand- und Sinterkohlen; sie finden sich im ober-schlesischen, im Saarbrücker Revier, sie bilden die obersten Flöze des westfälischen Reviers, kommen in Belgien (Mons) und in Nordfrankreich (Pas-de-Calais) vor. Auch die oberen Kohlen des Loirebeckens (Blanzv und Commentry) und des Reviers von Northumberland gehören hierher.

Ihre verschiedene Zusammensetzung ergibt sich aus der beifolgenden Tabelle (s. S. 157), in welcher die Kohlen nach dem zunehmenden Kohlenstoffgehalt und der abnehmenden Production flüchtiger Producte geordnet sind.

Man ersieht daraus, daß die anfänglich einfach zusammengesetzten Cokes schließlich sich aufgebläht und locker zeigen.

Die Leistung der backenden Flammkohlen ist von Scheurer-Kestner speciell für die Kohlen von Dutweiler, Sulzbach und von der Heydt auf 8724, 8603 und 8462 Einheiten bestimmt worden; die Grenzen der Leistung liegen bei 8500—8800 Einheiten.

Die Wasserverdampfung beträgt durchschnittlich bei reiner und trockner Kohle 8 Kilo (7,50—8,30 Kilo) und 7—7,50 Kilo für die gewöhnliche Qualität; die Cokesausbeute ist 60—68/00.

Fundorte und Länder	C.	H.	O ⁺ N.	Flüchtige Destillate	Cokesbeschaffenheit
Mittel der sieben unteren Flöze zu Friedrichs= thal=Quierschied (nach Gasch)	80,25	5,23	14,52	40,0	Zusammengebackene, nicht sehr aufgeblähte Cokes.
Mittel des unteren Saar= brücker Systems (nach Gasch)	82,08	5,04	12,88	38,3	do.
Kohle von Commentry (nach Regnault)	82,92	5,30	11,78	36,7	Metallglänzende Back= cokes.
Kohle von Epinac (nach Regnault)	83,22	5,23	11,55	37,3	Zusammengebackene, dichte Cokes.
Mittel von drei Flözen zu Bruay, Marhes, Bully (Pas-de-Calais, nach de Marsilly)	83,42	5,82	10,76	37,5	Gut gebackene, leichte Cokes.
Fettkohle von Mons, so= genannter fenu gras, Mittel von vier Flözen .	85,20	5,66	9,14	31,9	do.

191. Wie gestalten sich Eigenschaften und Zusammensetzung der eigentlichen Backkohlen?

Die Kohlen dieses dritten Typus sind schwarz, von lebhaftem Glanz, wenig hart und vorwiegend lamellenartiger oder blättriger Structur. Sie brennen mit weniger langer und weniger Rauch gebender Flamme als die Kohlen der beiden vorherbetrachteten Typen. Im Feuer erweichen sie, schmelzen selbst theilweise, nach der Art des Harzes oder des Pechs, und blähen sich, obschon sie weniger flüchtige Producte enthalten, stärker auf als die langflammigen beiden Kohlenforten.

Das Erweichen der Kohlen verursacht die Erscheinung des Backens und macht die Kohlen sehr geeignet zu allen Arbeiten der Schmiedeherde; sie bildet ein schützendes Gewölbe über dem zu bearbeitenden Eisenstück und wird deshalb vielfach mit dem Namen Schmiedekohle, Eßkohle bezeichnet, gewöhnlich aber Backkohle oder Fettkohle genannt.

Die beiden letztgenannten Benennungen umfassen aber auch die langflammige, wie auch die kurzflammige Backkohle, die alle beide

wie die echte Backkohle von mittlerer Flammbarkeit, als Gas-, Schmiede- und Cokeskohlen dienen können, wiewohl mit ungleichem Vortheil.

Man verwendet besser die langflammigen Kohlen als Gaskohlen, die kurzflammigen als Cokeskohlen.

Das mittlere Gewicht der Backkohlen ist 1,30 und der Cubikmeter ist auf 750—800 Kilo zu setzen.

Die elementare Zusammensetzung der eigentlichen Backkohlen bewegt sich in den Grenzen:

84—89,0 Kohlenstoff,
5— 5,5 Wasserstoff,
<u>11— 5,5 Sauerstoff und Stickstoff</u>

100; danach ergibt sich das Verhältniß

$$\frac{\text{Sauerstoff} + \text{Stickstoff}}{\text{Wasserstoff}} = 2-1.$$

Die trockne Destillation ergibt andererseits:

Compakte und gut geflossene Cokes	68—74		
Ammoniakalisches Wasser	3— 1	}	
Bituminöse Substanzen	13—10		flüchtige Sub- stanzen im Gasen 32—26
Gas	<u>16—13</u>		
	100.		

Die echten Backkohlen sind in Deutschland, besonders in Westfalen (Ruhrgebiet), zum Theil in dem Revier von Aachen verbreitet; sie bilden in Belgien das Becken von Lüttich und den unteren Theil des Beckens von Mons, und kommen in England in Nord-Yorkshire, Durham, Northumberland und im östlichen Theil des Beckens von Südwaless vor. Sehr verbreitet sind sie in Frankreich, in dem Becken der Loire (St. Etienne) und in dem mittleren Theil der nordfranzösischen Kohlenbecken.

Die verschiedene Zusammensetzung ergibt sich aus der folgenden Tabelle (s. S. 159), deren Glieder in ähnlicher Weise geordnet sind wie die Zusammenstellungen der anderen Typen.

Fundorte und Länder	C.	H.	O + N.	Flüchtige Destillate	Cokesbeschaffenheit
Zeche Westend, Mittel von elf Flözen. (Dr. Muck)	87,56	4,46	7,98	20,11	} Gut geschmolzene feste Cokes.
Zeche Ruhr a. Rhein, Mittel v. fünf Flözen. (Dr. Muck)	85,98	4,49	9,52	17,02	
Zeche Massen, Mittel von acht Flözen. (Dr. Muck)	86,53	4,18	9,29	19,68	
Zeche Prosper, Mittel von je drei Packen zu vier Flözen. (Dr. Muck)	85,81	4,56	9,65	26,48	
Dieselbe, Mittel von je drei Packen zu vier Flözen	86,83	5,21	7,97	28,15	
Fettkohle von Durham. (Richardson)	85,43	5,30	9,27	Nicht bestimmt	Gut geschmolzene Cokes.
Mittel von fünf Flözen zu Denain b. Valenciennes. (de Marfillh)	86,79	5,54	7,67	32,8—35,0	do.
Mittel von neun Flözen aus dem Becken von Valenciennes	87,75	5,19	7,06	26,2—32,3	do.
Mittel von neun Flözen aus dem Becken des Pas-de-Calais	87,59	5,43	6,98	24—32	do.
Fettkohle von Grande Croix (b. Rive-de-Gier), oberer Theil des großen Flözes. (Regnault)	89,04	5,23	5,75	31,5	Geschmolzene sehr aufgeblähte Cokes.
Dieselbe, unterer Theil des großen Flözes. (Regnault)	89,07	4,93	6,00	30,2	do.
Fettkohle von Newcastle. (Richardson)	89,19	5,31	5,50	Nicht bestimmt	Gut geschmolzene Cokes.

Von diesen Kohlenmustern gehen die von Valenciennes und Pas-de-Calais bereits in das Bereich der kurzflammigen Kohlen über, während die übrigen Beispiele einen Unterschied in der gegenseitigen Beziehung zwischen chemischer Zusammensetzung und Lieferung flüchtiger Substanzen zeigen, der wieder darauf hinweist, daß als Grundlage der technischen Classification die Analyse durch trockne Destillation die allein brauchbare ist.

Die Leistung der eigentlichen Backkohlen schwankt zwischen 8800 und 9300 Einheiten; die Wasserverdampfung beträgt 8,80 Kilo im Mittel (8,40—9,20 Kilo).

192. Welches sind die Eigenschaften und Zusammensetzung der kurzflammigen Backkohlen?

Die Kohlen dieses Typus haben dieselbe Textur, wie die des vorhergehenden, nur zeigen sie einen geringeren Glanz und erscheinen auf dem Bruch vielfach streifig durch Abwechslung matter und glänzender Lagen.

Die Dichtigkeit liegt zwischen 1,30 und 1,35 und der Cubikmeter wiegt 800 Kilo durchschnittlich.

Trotzdem ist die Festigkeit keine große, wenn man diese Kohlen auch (ihres langdauernden Brennens halber) harte zu nennen pflegt.

In der Hitze entwickeln diese Kohlen wenig Gase, entzünden sich schwer und brennen mit wenig ausgedehnter Flamme; dieselbe ist hell, weiß, etwas ins Blaue gehend und raucharm.

Bei der trocknen Destillation sintern die Fragmente und schwellen selbst auf, aber die resultirenden Coques sind stets compact und ziemlich hart; im Uebergang zum fünften Typus, dem der anthracitischen Kohlen, wird das Backen allerdings unvollständiger. Auch das Liegen der Kohlen an der Luft modificirt die backende Eigenschaft bedeutend und man muß deshalb diese Art Kohlen im möglichst frischgeförderten Zustand vercocken, um vortreffliche und harte, dichte Coques zu erhalten.

Die Elementarzusammensetzung dieser Kohlen schwankt innerhalb der nachstehenden Grenzen:

Kohlenstoff	88—91
Wasserstoff	5,5—4,5
Sauerstoff	6,5—4,5
Stickstoff	

100 woraus sich das Verhältniß

$$\frac{\text{Sauerstoff} + \text{Stickstoff}}{\text{Wasserstoff}} \text{ etwa} = 1 \text{ ergibt.}$$

Die trockne Destillation liefert:

Cokes	74—82		
Ammoniakalisches Wasser	1—1	} Flüchtige Substanzen im Ganzen	} 26—18.
Bituminöse Substanzen	10—5		
Gase	15—12		

Die Verbreitung dieser Kohlen in Deutschland beschränkt sich auf die nordwestlichen Steinkohlenbecken, besonders das Inde-Revier bei Eschweiler und das Wormrevier bei Aachen. In Belgien finden sich diese Kohlen in der Gegend von Charleroi und Mons; in Frankreich treten sie bei Creusot, Rive-de-Gier und im Garddepartement u. s. f. auf, und bilden eine bedeutende Grundlage dortiger Fabricationen. England weist die Lagerstätten von Cardiff in Südwaales auf und überall, wo diese Kohlen in Verbindung mit backenderen Sorten zusammen vorkommen, nehmen sie die unterste Stelle ein, während sie andererseits stets über den anthracitischen Steinkohlen liegen.

Die Zusammensetzung einzelner Species dieser Kohlen giebt die folgende Tabelle (s. S. 162).

Aus dieser Tabelle geht eben so wie beim vorigen Typus eine Nichtübereinstimmung von Zusammensetzung und Gasproduction hervor; besonders fällt dieses beim Vergleich der Kohlen verschiedener Becken auf. Die Wärmeleistung liegt zwischen 9300 und 9600; die Wasserverdampfung ist etwa 9,25—10,0 Kilo.

193. Wie ist Beschaffenheit und Zusammensetzung der mageren oder anthracitischen Steinkohlen?

Diese Kohlen bilden den Uebergang zu den eigentlichen Anthraciten und schließen auch die industriell wichtigen Anthracite ein. Sie sind schwarz, mit matten Streifen durchzogen von geringer Cohäsion, welche nur in den Uebergängen zu compacten Anthraciten wächst. Die Dichtigkeit dieser Kohle ist im Allgemeinen zwischen 1,33 und 1,40 enthalten, und der Cubikmeter erreicht ein Gewicht von 850 Kilo.

Herkunft der Kohle	Gehalt an			Flüchtige Destillate	Cokesbeschaffenheit
	C.	N.	O + N.		
James=Grube. Eschweiler=Inde=Revier.	89,5	4,2	4,0	—	—
Alte Grube. Großlangenberg, Worm=Revier.	90,4	4,0	4,1	—	—
Mittel von sechs Flözen von Mons. (de Marfilly)	88,66	4,88	6,46	22,2	Gut geschmolzen.
Mittel von sieben Flözen des belg. Centrums. (Derselbe)	89,09	4,79	6,12	19,75	—
Mittel von drei Flözen von Charleroi. (Derselbe)	89,29	4,80	5,91	18,31	—
Puits Henry zu Rive=de=Gier. (Regnault)	90,53	5,05	4,42	23,7	Geschmolzen.
Rochebelle b. Alais. (Regnault)	90,55	4,92	4,53	22,3	Vollkommen geschmolzen.
Puits Chaptal zu Creusot. (Scheurer=Kestner)	88,48	4,41	7,11	19,6	do.

Dem Feuer ausgesetzt, entzünden sie sich schwer und brennen mit kurzer Flamme von geringer Dauer und fast ohne Rauch; oft decrepitiren sie und sind dann schwer zu verwenden.

Der trocknen Destillation unterworfen, geben sie kaum zusammenhängende, selbst sandige Cokes; im Gegensatz lassen sie sich, sobald sie nicht decrepitiren, im Hochofen roh anwenden.

Die Zusammensetzung dieser Kohlen variirt in nachstehender Weise:

Kohlenstoff	90—93
Wasserstoff	4,5—4
Sauerstoff=Stickstoff . . .	5,5—3

100 woraus sich das Verhältniß

$\frac{\text{Sauerstoff} + \text{Stickstoff}}{\text{Wasserstoff}}$ meist 1 ableitet.

Die trockne Destillation giebt:

Cokes	82—90	} zusammen flüchtige Sub- stanzen 18—10.
Ammoniakwasser . . .	1—0	
Vitaminöse Substanzen	5—2	
Gase	12—8	
	100.	

Diese Kohlen sind nicht sehr häufig; in Deutschland treten sie vorzugsweise im Wormrevier bei Aachen auf (Gruben der Vereinigungsgesellschaft in Kohlscheid). In Belgien finden sie sich bei Charleroi, in Frankreich am Nordrand des Beckens von Valenciennes, in dem Becken der Sarthe, des Roannais, der unteren Loire und theilweise in den Becken des Gard, der Creuse zc. England weist sie auf in der Umgegend von Swansea und Merthyr Tydwil (Südwaless); dagegen finden sie sich sehr bedeutend entwickelt in Nordamerika (Pennsylvanien).

In der nachstehenden Tabelle sind verschiedene Zusammen-
setzungen vereinigt.

Herkunft der Kohle	Gehalt an			Flüchtige Destillate	Cokes- beschaffenheit
	C.	N.	O+ N.		
Kohle des Aachener Reviers. (Regnault)	93,56	4,28	2,16	10,9	Sandcokes.
Mittel von acht Flözen zu Charleroi. (de Marfilly)	90,42	4,27	5,31	15—11	Gefintert.
Mittel von fünf Flözen zu Charleroi. (de Marfilly)	91,03	3,96	5,01	13,7—8,3	Sandig.
Puits St. Paul zu Creusot. (Scheurer-Kestner) . . .	90,79	4,24	4,97	15,8	Gefrittet.
Anthracitische Kohle zu Creusot. (Derselbe) . .	92,36	3,66	3,98	11,9	Sandig.
Anthracit von Mayenne. (Regnault)	92,85	3,96	3,19	9,1	do.

Der Wärmeeffect ist zwischen 9200 und 9500 Ein-
heiten; die Wasserverdampfung 8,12—9,50 Kilo.

194. Es ist noch eine recapitulirende Zusammenstellung der Haupteigenschaften der fünf Typen zu geben?

Nr.	Bezeichnungen der Kohlen und Hauptverwendung	Ergebniß an		Beschaffenheit der Cokes	Wärmeeffect-Einheiten	Wasser- verdampfung Kilo
		Cokes %	Gasen %			
1	Langflammige Sandkohlen (gasreiche Sandkohlen) = Flammosenkohlen und Gaskohlen geringerer Beschaffenheit.	55—60	45—40	Sandig oder leicht gesintert.	8000—8500	6,7—7,5
2	Langflammige Backkohlen (gasreiche Sinter- und Backkohlen), Flammosenkohlen, Gaskohlen, zum Theil schon Cokeskohlen geringerer Qualität.	60—68	40—32	Vollkommen gesintert; meist gebacken.	8500—8800	7,6—8,3
3	Eigentliche Backkohlen (Schmiedekohlen, Gßkohlen, Fettkohlen), Gaskohlen, Flammosen- und Cokeskohlen.	68—74	32—26	Geschmolzen u. mehr od. minder aufgebläht.	8800—9300	8,4—9,2
4	Kurzflammige Backkohlen (gasarme ältere Back- und Sinterkohlen), beste Cokeskohle, gute Dampfkesselkohle.	74—82	26—18	Geschmolzen u. compact bis gesintert.	9300—9600	9,2—10
5	Anthracitische Kohle (gasarme, magere Kohle, ältere Sandkohle), Hausbrandkohle, Kesselkohle selten vercofbar.	92—90	18—10	Leichtgesrittet oder sandig.	9200—9500	9,0—9,5

h) Von den Cokes.

195. Was versteht man unter Cokes?

Cokes sind die fabrikmäßig dargestellten oder bei der Leuchtgasfabrikation gewonnenen Rückstände der trockenen Destillation der Steinkohlen. Doch setzt man bei dieser Definition stillschweigend voraus, daß die Cokes in Stücken darstellbar sind, deren Größe ihre Verwendung in metallurgischen und anderen Feuerungen gestattet. Rückstände in pulveriger oder leicht zerstörbarer Form sind nicht verwendbar; der Werth der Cokes wird im Gegentheil mit bedingt durch eine möglichst große Festigkeit gegen das Zerdrücken. Deshalb können nur solche Kohlen, welche bei der trockenen Destillation festzusammengebackene Rückstände geben, vortheilhafte Verwendung finden.

Zur Bercokung geeignet sind deshalb nur die Kohlen der zweiten, dritten und vierten Gruppe der Gruner'schen Classification, die Backkohlen und vorzugsweise eignen sich die Backkohlen mit mäßiger und kurzer Flamme zur Darstellung solcher Cokes, wie sie die Metallurgie verlangt. Ein hoher Aschengehalt wirkt meist störend auf den Erfolg der Bercokung ein, insofern derselbe die dichte Agglomeration verhindert und zur Bildung zerreiblicher Producte aus sonst geeignetstem Material führt; man beseitigt dann diesen Uebelstand durch Aufbereitung, Waschen und Schlämmen der Kohlen.

196. Welches sind die äußeren Haupteigenschaften der Cokes?

Die Cokes erscheinen als zellig, blasig, steinig und dicht gefügte, in eckige, prismatische Stücke klüftende Massen, von eisengrauer Farbe und metallischem Glanz; sie zeigen je nach der mehr oder minder vollkommenen Backfähigkeit des Materials ein mehr oder minder überschmolzenes Korn, oft sogar stalaktitische Anflüge, Sublimationen an Klufrändern zc.

197. Wie verhält sich die Dichtigkeit und Festigkeit der Cokes?

Dichtigkeit und Festigkeit der Cokes, beides Folgen des Gefüges, sind ebenso schwankend wie das letztere und lassen eine Menge Unterschiede erkennen. Die Cokes sind um so leichter und zerreiblicher, als die Kohle gasreicher ist, die man zu ihrer Herstellung verwendet, so daß die Cokes der langflammigen Kohlen stets

weniger compact oder fest ausfallen als die Cokes der an flüchtigen Bestandtheilen ärmeren Kohlen; gleichwohl dehnen sich die letzteren im Augenblicke der Vercofung oft stärker aus als jene, geben aber doch compactere und fester gefügte Rückstände.

Dichtigkeit und Festigkeit der Cokes können aber auch beeinflusst werden durch den Modus des Vercofungsprocesses. Eine rasche und unter schwacher Belastung stattfindende Vercofung liefert in der Regel leichtere und zerreiblichere Cokes als die langsame Erhizung unter hoher Beschüttung, wo die Massen an der stärkeren Ausdehnung durch ihre eigene Schwere verhindert sind.

198. Wie groß ist das Gewicht der Cokes?

Trockene, nicht sehr aschenreiche Cokes sind, die Poren eingerechnet, leichter als Wasser, aber stets schwerer, sobald sie die Durchschnittsmenge von 10—12/100 erdigen Materialien enthalten. Poröse Cokes in Stücken wiegen 350—400 Kilo der Cubikmeter; dichtere Cokes, von guter Qualität, erreichen 400—450 Kilo, selbst noch mehr.

199. Welche Folgen hat die größere oder geringere Porosität der Cokes?

Die Porosität der Cokes veranlaßt eine gewisse Absorptionsfähigkeit gegenüber Dämpfen und Gasen, die, wenn auch geringer als bei der Holzkohle, doch eine technische Bedeutung erlangt.

Zunächst läßt sich in den meisten Cokes ein Rückhalt an Gasen nachweisen, wiewohl die Temperatur der Vercofung einer vollkommenen Rothgluth entspricht.

B. B.: Belgische Locomotivencokes enthielten nach de Marsilly

97,3 Kohlenstoff

0,35—0,50 Wasserstoff

2,18—2,32 Sauerstoff.

Die Cokes sind hygroskopisch, wie die Holzkohle, wiewohl in geringerem Maße; sie absorbiren bei trockener Luft und bei gewöhnlicher Temperatur nur 1—2¹/₂/100 Wasser (de Marsilly). Taucht man dagegen Cokesstücke in Wasser, so vermögen sie 20—50/100 zu verschlucken, um durch mehrtägigen Einfluß der Luft wiederum auf 5—15/100 Wassergehalt zurückzugehen.

Dieser Rückhalt an Feuchtigkeit ist aber groß genug, um die Wärmeleistung erheblich zu vermindern, und verlangt die Anwendung einer Temperatur von 100—150°, um verjagt zu werden; deshalb ist es nicht zu rechtfertigen, wenn beim Ziehen der Cokes ein Wasserüberschuß zum Ablöschten derselben verwendet wird.

200. Wann entzündeten sich die Cokes?

Die Cokes sind weniger leicht entzündlich, als die Holzkohlen; es gehört Rothglühhitze dazu und dicke Schichtung der Cokesstücke. Isolierte Bruchstücke erlöschen sehr bald, dagegen entwickeln die Cokes in dicker Schicht und unter dem Einfluß starken Luftzuges eine weit höhere Temperatur als die Holzkohlen. Nur aschenreiche und sinternde Schlacken bildende Cokes verhalten sich nicht ganz so günstig und es ist auf diese Ausnahme um so mehr Rücksicht zu nehmen, als der Minimalaschengehalt wohl kaum weniger als 6—8/100, der durchschnittliche Aschengehalt dagegen oftmals 12—20/100 beträgt.

201. Wie gestaltet sich der Wärmeeffect der Cokes?

Der Wärmeeffect der Cokes, nach Abrechnung der Aschenbestandtheile, ist fast dem des reinen Kohlenstoffes gleich, d. h. etwa 8000 Einheiten, erreicht mithin nicht den Effect der unter gleicher Voraussetzung betrachteten fetten Steinkohlen, welche im Stande sind, 9000 Einheiten zu produciren.

202. Wie werden die Cokes im Großen fabricirt?

Die Fabrication der Cokes hat sich, aus ziemlich rohen Anfängen hervorgegangen, neuerdings sehr vervollkommenet und sowohl den Eigenthümlichkeiten des Materials als auch den Anforderungen des Productes anzupassen gesucht, so daß heutzutage Materialien vercoft und Producte erzielt werden, die man früher als nicht vereinbar bezeichnete.

Man fing mit der Vercofung der Steinkohlen in Meilern an, ging über zu Stadeln (mit Seitenmauern geschlossenen Meilern) und kam schließlich zur Anwendung langgestreckter Defen, während an anderen Orten von Anfang an runde oder oblonge Backöfen verschiedener Constructionen angewendet wurden, die späterhin auch in eine langgestreckte Form übergingen.

Die Meilervercofung und die in Stadeln, ferner die Vercofung in Backöfen sind verlassen; es blieb nur die Vercofung in gestreckten Defen in Anwendung, an deren Seite sich die Vercofung in Schachtöfen mit verticaler und mit geneigter Aze ausbildete.

In allen diesen Apparaten ist das Arbeitsverfahren das gleiche und ein im Principe sehr einfaches.

Die zur Vercofung bestimmten Kohlen (Stückkohlen sowohl als Staubkohlen — rohes von der Halde kommendes und aufbereitetes, von den Aschenbestandtheilen befreites Material) werden mehr oder minder rasch in die bereits durch vorgängige oder benachbarte Vercofungsprocesse erhitzten Ofenräume geschüttet und dadurch partiell in Brand gesteckt. Die Entzündung verbreitet sich nicht weit, weil man den Luftzutritt hemmt oder von Anfang an ganz verhindert, die entwickelte Wärme aber hilft die Destillation der ganzen Kohlenmasse bewirken.

Bei den Meilern und Meileröfen, so wie theilweise bei den isolirten Backöfen packte man die Kohlen um Feuercanäle herum oder schüttete sie direct auf eine brennende Unterlage; Meiler und Meilerhausen erhielten natürlich zur Regulirung des Ganges eine bewegliche Decke von Cokeslösche, wie sie bei dem Holzmeiler beschrieben wurde.

203. Wie classificirt man die zur Vercofung überhaupt angewandten älteren und neueren Apparate am Besten?

Man kann, von bloß äußerlichen Charakteren ausgehend, die Vercofungsapparate eintheilen in Meiler resp. Stadel und Defen und erhält zwei Gruppen von sehr ungleicher Bedeutung, von denen die der Defen eine weitere Theilung erhalten muß, während die Meilergruppe einer solchen nicht bedarf. Es ist in dieser, wie noch anderer Beziehung, besser, die Eigenthümlichkeit des Vercofungsprocesses bei der Classification zu Grunde zu legen. Von den hierbei sich bietenden Gesichtspunkten ist der Charakter des Luftzutrittes der wichtigste; man unterscheidet

Vercofung mit Luftzutritt und
Vercofung ohne Luftzutritt.

aa) Von der Vercofung mit Luftzutritt.

204. Was ist das Princip der Vercofung mit Luftzutritt?

Bei der Vercofung mit Luftzutritt wird ein gewisser, nicht geringer Theil der Kohle verbrannt; die producirte Wärme dient dazu, die Destillation des ganzen Materialquantums, das der Procedur unterworfen wird, zu bewirken. Insofern gleicht das Verfahren vollkommen dem Holzkohlen darstellungsverfahren in Meilern und ist auch von einem Meilerverfahren ausgegangen. Die ältesten Cokes sind wahrscheinlich überall in Meilern dargestellt worden; daraus entwickelten sich die Meileröfen und schließlich die vollkommenen Oefen von verschiedenartiger Form und Gestaltung.

205. Was ist über die Vercofung in Meilern zu bemerken?

Zur Vercofung in Hausen oder Meilern eignen sich nur Sinter- und Sandkohlen in größeren Stücken; Backkohlen geben aufgeblähte sehr poröse Producte und Steinkohlen können nur als Decke gebraucht werden.

Das Meilerverfahren ist deshalb in der Anwendung sehr beschränkt und hat für die meisten Kohlenbezirke keinen besondern Werth mehr.

Die Meiler haben 4—7 m Durchmesser und $2\frac{1}{2}$ —5 m Höhe, werden steil abgeböschet und innen mit Feuerschächten von 25—30 cm Weite versehen. Die Hausen sind dagegen 25 bis 100 m lang, bis 4 m breit, 1—2 m hoch und haben einen Böschungswinkel von über 45° ; im Innern befindet sich auf der Mitte der Sohle alle 2—2,5 m ein Quandelschacht zum Feueranlegen. Vielsach hat man auch die Meiler und Hausen mit unterirdischen gemauerten Zuecanälen für die Theercondensation versehen und darin ein Theil der flüchtigen Substanzen gewonnen.

Der Betrieb der Meiler ist einfach; man entzündet sie in der Mitte durch Feuereinwerfen in den Quandelschacht, schließt nach erfolgter Entzündung den Schacht und zieht das Feuer durch Einstechen von Raumlöchern gleichmäßig nach allen Seiten hin. Im Anfang zeigen sich Dämpfe, dann entzündliche Gase,

welche eine leuchtende gelbrothe Flamme bilden und die Periode der Entgasung kennzeichnen; sobald sie in der Energie der Erscheinung nachlassen und namentlich blau werden oder ganz verschwinden, ist an der bezüglichen Stelle nicht nur die Vercofung beendet, sondern es hat schon ein Verbrennen der Coles begonnen.

Die ganze Procedur des eigentlichen Brennens dauert bei einem Meiler von 4 m Durchmesser und 2 m Höhe 2—3 Tage; das Abkühlen nimmt 3—4 Tage in Anspruch, während große Meiler im Ganzen gegen 10 Tage Betriebszeit verlangen.

206. Wie sind die Meileröfen eingerichtet und wie verläuft der Vercofungsproceß in denselben?

Die Einrichtung der Meileröfen erhellt aus der Fig. 68, welche einen Querschnitt gegen die Längsaxe eines solchen Vercofungsapparates zeigt.

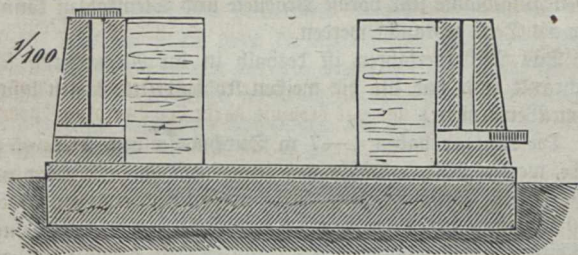


Fig. 68.

Die Dimensionen variiren zwischen 10—30 m Länge, 2,5—5 m Breite und 1—2,5 m Höhe. Die Oefen sind an den Schmalseiten mit einer thürartigen Durchbrechung der Umfassungsmauer versehen, um behufs des Besehens und Entleerens in das Innere des Oefens gelangen zu können; diese Oeffnungen werden beim Betrieb mit Steinen lose versehen.

In den Langwänden sind in Entfernungen von etwa 0,5 m verticale Zugcanäle von etwa 16 cm im Quadrat angebracht,

welche wieder auf horizontalen Canälen stehen, die das Innere der Dfen mit dem Aeußeren verbinden.

Diese Canäle dienen zunächst zum Anlegen des Feuers, später zur Regulirung desselben; man kann ihre oberen Oeffnungen und auch die äußeren seitlichen Oeffnungen willkürlich verstopfen und aufmachen.

Die Dfensohle wird beim Beginn des Betriebes bis zu den Horizontalzügen mit Kohlenklein beschüttet, darauf Stückkohlen in allmählich abnehmender Größe gestürzt und das Ganze mit einer ziemlich dichten Decke von nassem Klein, Ginders und Lehm versehen. Man entzündet durch die Horizontalzüge von beiden Seiten her den Dfen und schließt dann abwechselnd die horizontalen einer und die verticalen Zugmündungen der anderen Seite, um das Feuer von der einen Langseite nach der anderen zu ziehen. Wenn also auf der einen Seite die oberen Oeffnungen verschlossen und die unteren offen sind, müssen auf der anderen Seite die unteren Oeffnungen verschlossen und die oberen offen sein. (Vgl. Fig. 68.) Dieses Wechseln des Zuges geschieht alle 2—12 Stunden, so lange, bis die entweichenden Flammen rauchfrei, weiß oder blau sind.

Ein Dfen mittlerer Größe bedarf etwa 8 Tage zur vollkommenen Bercokung des Inhaltes.

207. Wie sind die mit Luftzutritt arbeitenden geschlossenen Dfen eingerichtet und wie verläuft darin der Bercokungsproceß?

Die geschlossenen Dfen, welche man zur Verhütung von Wärmeverlust an Stelle der Meiler und Meileröfen einführte und in Gang brachte, sind sehr verschieden gestaltet gewesen. Anfänglich auf quadratischem oder rundem Grundriß, einzeln oder zu Gruppen vereinigt, erbaut, wurden sie später birnförmig, oblong und retortenartig, erhielten zwei anstatt einer Thür und führten allmählich zu den jetzt bei der Bercokung ohne Luftzutritt allgemein üblichen retortenartigen Dfenprofilen.

Die Figuren 69 und 70 S. 172 zeigen die Disposition eines solchen einzelnen runden beziehungsweise viereckigen Dfens.

Der Apparat hatte eine einzige Thüröffnung, durch welche die Kohlen eingeworfen und später die Coques herausgezogen wurden.

Diese Oeffnung wurde mit einer eisernen, innen mit Steinen ausgefetzten oder mit Lehm bestrichenen Thür verschlossen und durch Oeffnungen in derselben die zur Unterhaltung des Processes erforderliche Luftmenge zugelassen.

Den Scheitel des Gewölbes krönte ein kurzer Schornstein, welcher durch einen Schieber oder eine Klappe verschlossen werden konnte und die brennenden Gase der ersten Periode entweichen ließ.

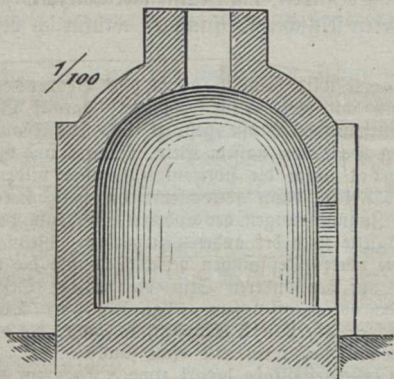


Fig. 69.

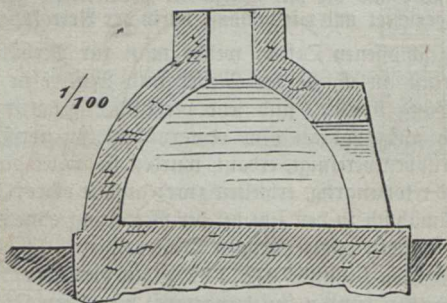


Fig. 70.

Eine etwas vollkommnere zu einer Gruppe vereinte Disposition von Cokesöfen dieser Art ist aus den Fig. 71 und 72 S. 173 ersichtlich, wo die Defen auf freisrunder Basis, anfänglich conisch sich erweiternd, dann cylindrisch werdend, nebeneinander in zwei langen

Reihen sich aufbauen; ein flaches Gewölbe deckt jeden einzelnen Ofenraum und trägt in der Mitte die kurze Esse zum Abführen der Gase.

Die Construction des Ofens ist sorgfältig; man erkennt ein feuerfestes Futter, durch eine Isolirschiicht mit dem äußeren, einen langen Mauerblock bildenden Bau zusammenhängend.

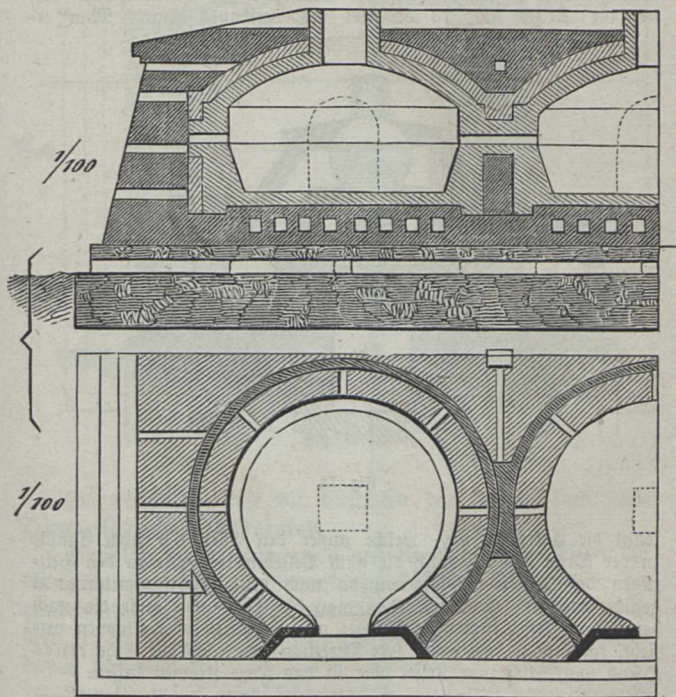


Fig. 71 und 72.

In den letzteren führen Trockenzüge, unter der Sohle her und auch von den Ofenwänden nach außen hin, um das Ganze möglichst trocken zu legen.

Ein weiteres System von Abzügen für Feuchtigkeit zc. liegt im Sockel des ganzen Baues.

Die Arbeitsthür ist auch bei dieser letzteren Anordnung verhältnißmäßig schmal und verursacht einen bedeutenden Arbeitsaufwand in der Bedienung des Ofens.

Diese Anordnung der Einzelöfen in zwei Reihen wurde vielfach bedingt durch die Anwendung der Cokesgase zur Kesselheizung, von der die Skizze Fig. 73 die Art des Aufbaues zeigt. Man er-

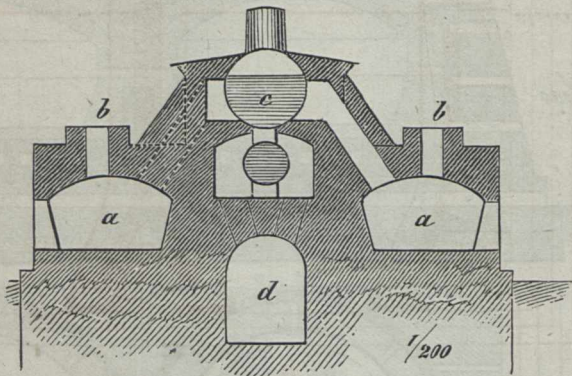


Fig. 73.

kennt die Cokesöfen *aa*, welche außer den Essen *bb* noch Canäle in der Decke haben, durch die nach Belieben die Gase zu den Heizzügen des Kessels *c* oder von da nach dem Hauptsammelcanal *d* geführt werden. Dadurch, daß man die Essen wie auch die nach dem Dampfkessel führenden Canäle mit Schiebern oder Klappen versehen, kann man dem Feuer jede Direction geben und die Gase eines Ofens willkürlich zum Kessel oder in das Freie strömen lassen.

Aus dieser gegenseitigen Disposition der Ofen, in der stets zwei Ofenräume mit der Rückwand gegeneinanderstoßen, entwickelte sich allmählich der gestreckte Ofen mit zwei einander gegenüberliegenden Thüren, wie er in Fig. 74 S. 175 skizzirt ist und noch häufig in alten Bezirken sich findet. Es ist einfach die Wand, welche sonst zwei Ofen trennte, durchbrochen und beide Ofenräume vereinigen sich zu einem einzigen.

Diese Bauart hat den Vorzug, eine Entleerung durch Maschinen zuzulassen, wie sie bei den Horizontalöfen der folgenden Classe allgemein in Anwendung steht; auch die Beschüttung konnte man hier durch eine centrale Oeffnung im Gewölbe leichter bewirken als bei den runden Ofengrundrissen.

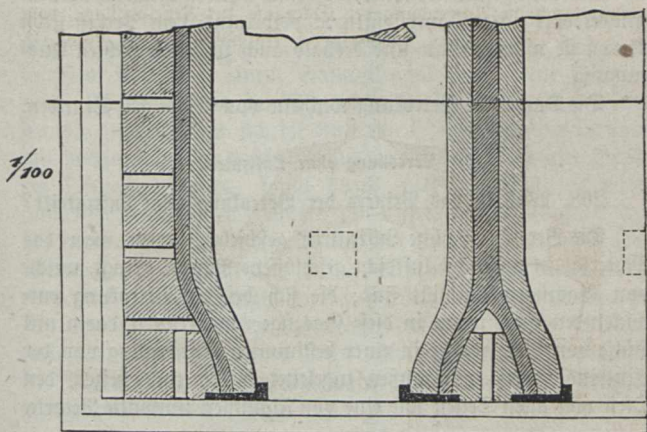


Fig. 74.

So verschieden wie die Gestalten der Defen, sind auch Dimensionen und Betrieb.

Bezüglich der ersteren wird auf die gegebenen Skizzen zu verweisen sein mit der Bemerkung, daß der Durchmesser der runden oder quadratischen Defen 2—4 m, die Höhe 1,5—3 m beträgt; die länglichen Defen und die durchgehenden Defen weichen davon natürlich ab.

Der Betrieb war sehr einfach; auf die noch glühende Sohle oder auf eine Schicht von Kohlenklein wurde die Charge (1500—4500 Kilo) mit Schaufeln eingeworfen, möglichst gleich vertheilt, dann die Thür vorgesezt, verschmiert und die Verbrennung eingeleitet. Im Fall der Defen kalt war, wurde vor dem Schließen Feuer aufgeworfen und durch Offenhalten

der Löcher in der unteren Thürhälfte zum Durchschlagen nach der Sohle gebracht. Die Bercokung ging von oben nach unten, während allmählich die dem sinkenden Niveau der Reaction entsprechenden Luftlöcher der Thür zugemacht wurden.

Die Gase zogen ab, wurden oft nach Condensationsapparaten geleitet oder unter Dampfkesseln zc. verbrannt; dem Proceß selbst kamen sie nicht zu Gute und deshalb auch zu keiner rechten Ausnützung.

Die Dauer der Bercokung wechselte von 24—48 Stunden.

ββ) Bercokung ohne Luftzutritt.

208. Was ist das Princip der Bercokung ohne Luftzutritt?

Die Bercokung ohne Luftzutritt geschieht, indem man das Material in möglichst luftdicht geschlossene Räume bringt, welche von Gaszügen umhüllt sind; die sich bei der Bercokung entwickelnden Gase treten in diese Gaszüge, verbrennen darin mit Hülfe von Luft, welche in einer bestimmten Entfernung von der Eintrittsöffnung von außen zugeleitet wird, und heizen den Ofen von allen Seiten wie eine von Flammen umspülte Retorte.

Die Verbrennungshitze der entwickelten Gase genügt vollkommen, den Bercokungsproceß mit großer Energie zu Ende zu führen; dadurch, daß man unmittelbar nach dem Entleeren eines Ofenraums denselben wieder verschließt und von Neuem anfüllt, wird die Gasentwicklung sehr rasch eingeleitet und nur im Anfang einer Campagne sind ein Anzünden der Charge und beschränkter Luftzutritt nothwendig.

Bei diesem System der Bercokung legt man hie und da unter die Ofensohlen noch Hülfsfeuerungen, besonders, wenn man es mit sehr mageren, schlecht backenden Gemischen zu thun hat, oder gesonnen ist, die flüchtigen Producte der Bercokung partiell zu condensiren.

209. Wie sind die Ofenräume für die Bercokung ohne Luftzutritt im Allgemeinen gestaltet und welche Systeme der Construction lassen sich unterscheiden?

Alle Ofenräume für die Bercokung ohne Luftzutritt haben eine prismatische Gestalt mit vierseitigem Querschnitt und einer in der Ausdehnung prävalirenden Ase, welche in verschiedener Lage zum Horizonte angeordnet sein kann.

Die vorherrschende Lage ist die horizontale und es stellt dann der Ofenraum einen mit flachem oder mit stechendem Bogen überwölbten parallelepipedischen Raum dar, der an beiden Enden mit Thüren möglichst dicht verschlossen ist und durch besondere Oeffnungen im Gewölbe beschickt wird. Die Canäle umziehen den Ofen auf allen Seiten und in allen möglichen Richtungen und führen die brennenden Gasesgase auf dem längsten Weg nach einem Sammelcanal und einem Schornstein. Abgesehen von der sehr abweichenden Disposition dieser Canäle unterscheiden sich die einzelnen Ofenformen der Gruppe mit horizontaler Aze durch das Verhältniß von Höhe und Breite des Ofenquerschnittes, sowie durch andere constructive mehr äußerliche Einzelheiten. Außer den Ofen mit horizontaler Aze hat man auch Ofen mit verticaler und Ofen mit schief liegender Aze construirt, doch ist nur je eine Construction zur Ausführung oder Anwendung gelangt. In der Handhabung unterscheiden sie sich von den horizontalen Ofen noch dadurch, daß sie sich selbst entleeren, sobald die tiefere Verschlussthür geöffnet ist, während das Product der horizontalen Ofen durch Maschinen herausgepreßt werden muß. (Fig. 84.)

210. Welche Ofen mit horizontaler Aze sind vorzugsweise zu erwähnen?

Die Ofen mit horizontaler Aze sind in sehr verschiedener Construction ausgeführt und mit mehr oder weniger Erfolg in Betrieb gewesen. In allen Ofen war man indessen bestrebt, die Ausnützung der Gase zu einer möglichst hohen Vollkommenheit zu bringen. Anfänglich führte dieses zu theilweise complicirten Constructionen, die sich aber nach und nach vereinfacht haben; dadurch reducirt sich der Unterschied in den Heizsystemen und der Disposition der Gascanäle auf den Umstand, ob die Gase einer Ofenkammer nur die Wände und den Boden dieser Kammer resp. des Nebenraums umspülen, oder ob die Gase zweier Ofen, die neben einander liegen, sich zur Heizung der beiden Apparate vereinigen. Complicirter sind die Dispositionen, wo die Hälfte der Gase nach rechts, die andere Hälfte nach links abzieht, um nach

Bestreichung des Bodens in zwei nebeneinander liegenden aber doch getrennten Kaminen nach einem Sammelcanal abzuführen.

Beispiele der einfachsten Art sind die Defen von Galdy, Fig. 75, 76, und die von François und Keyroth, Fig. 77, 78, die beide an einer Langseite des Apparats eine Reihe Oeffnungen zum Austritt

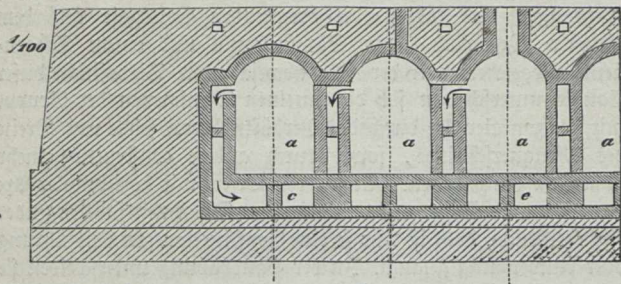


Fig. 75.

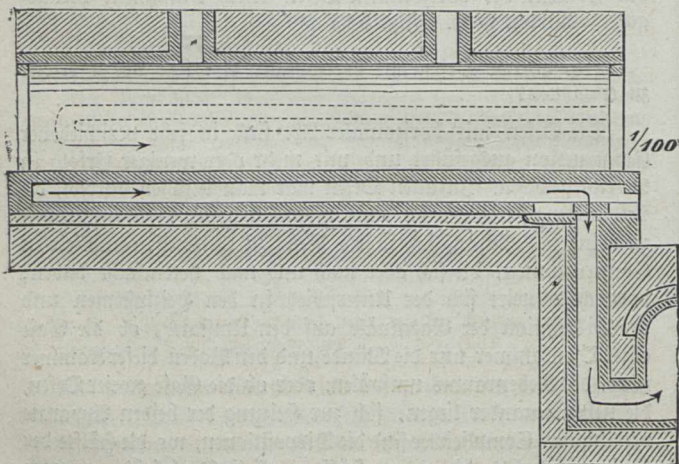


Fig. 76.

der Gase zeigen. Diese Oeffnungen münden bei dem Galdyschen Ofen in einen horizontal zwischen den beiden Kammerwänden eingelegten, sich einmal wieder horizontal umbiegenden Canal, aus dem sie endlich nach einem ebenfalls einmal geknickten Canal unter der Sohle und von da in eine Sammelrösche gelangen. (Die Pfeile oder Linien deuten den Gang des Gasstromes an und sind in den nicht durchschnittenen Canälen punktirt.) Der Ofen von François-Meyroth heizt, wie die Fig. 77, 78 (S. 180) zeigen, die Zwischenwände der Kammern lediglich mit Verticalzügen, die in den einen Zweig des unter der Sohle liegenden geknickten Canals münden. Beide Oefen aber haben in den Canälen unter der Sohle eine oder mehrere Luftzuführungen, welche zur besseren Verbrennung der Gase an diesen Stellen beitragen sollen, meist aber mit beweglichen und verstellbaren Verschlüssen versehen sind.

Zusammengesetztere Constructionen haben die Oefen von Smet, die neuerdings von Büttgenbach u. A. modificirt worden sind; aus den Fig. 79 und 80 (S. 181) geht ihre Bauart zur Genüge hervor.

In der einen Hälfte jeder Seitenwand befindet sich eine Reihe von Oeffnungen, durch welche die Gase nach den in den Wänden befindlichen Zügen hin- und hergehend heruntergeführt werden, um den Boden zu erwärmen und dann durch in der Mitte der Wand nebeneinander liegende Verticalcanäle nach einem auf dem ganzen Ofensystem befindlichen Horizontalsammelcanal ziehen. Dieses System zeichnet sich vor den vorhergehenden dadurch aus, daß jede Hälfte der Kammer mit frischen Gasen geheizt wird — die Wirkung der Gasheizung mithin überhaupt an allen Stellen eine gleichmäßigere wird.

Der Ofen von Gobiet (Fig. 81 S. 182) zeigt in jeder Wand eine Reihe von Verticalcanälen, welche die Gase der beiden Kammern in abwechselnder Folge auffangen und an die einfach disponirten Sohlencanäle der Kammern abgeben*). Jede Ofenkammer wird in den Seiten von den eigenen und den Gasen ihrer Nachbarn, in der Sohle nur von den eigenen Gasen geheizt. Der Bau der Wände erfordert einen sorgsamem Steinverband und deshalb kann man, wie auch bei den Oefen von François, Galdy und Smet, nicht unter eine gewisse Wandstärke heruntergehen, ohne die Solidität der Bauart zu gefährden.

In dieser Hinsicht ist der Ofen von Coppée (Fig. 82 S. 182 und Fig. 83 S. 183) am Weitesten zu gehen fähig, weil er im Bau der Seitenwandcanäle mit großer Ausdehnung der Heizflächen einen sehr festen Verband in den Constructionen vereinigt.

*) Der Theil der Abbildung über der Linie AB giebt einen Horizontalschnitt durch die Abzugsöffnungen der Gase, während der übrige Theil den Grundriß des Bodens zeigt.

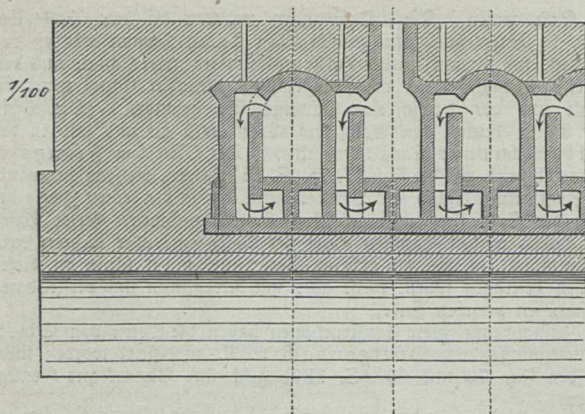


Fig. 77.

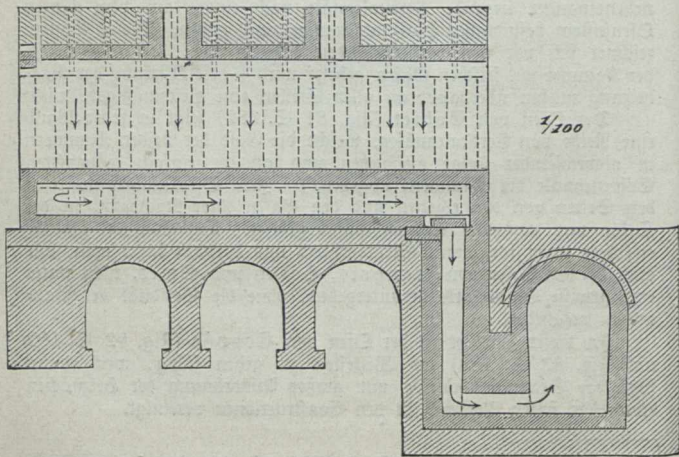


Fig. 78.

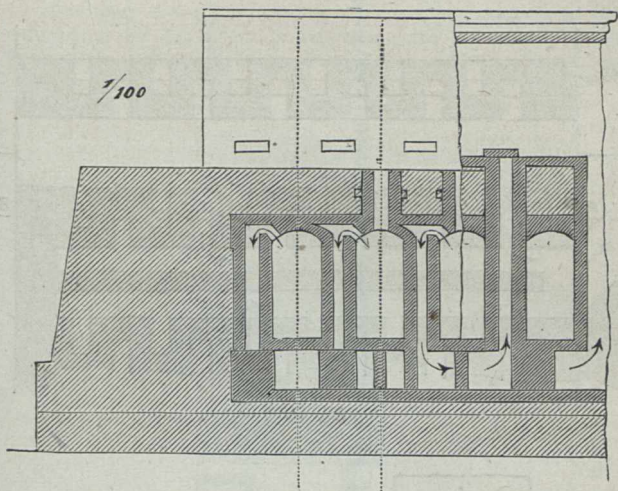


Fig. 79.

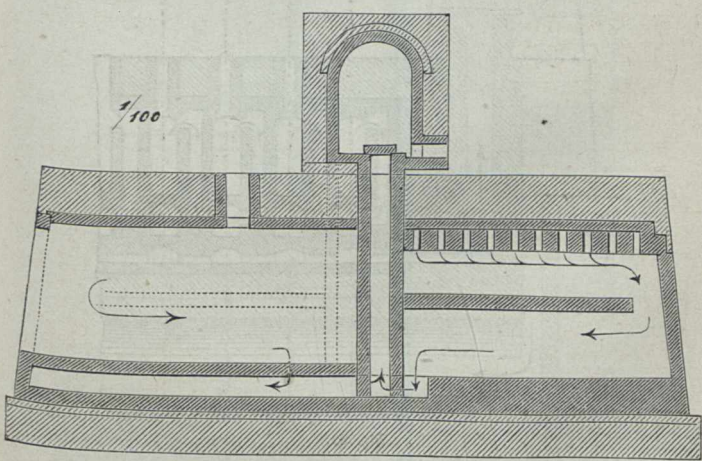


Fig. 80.

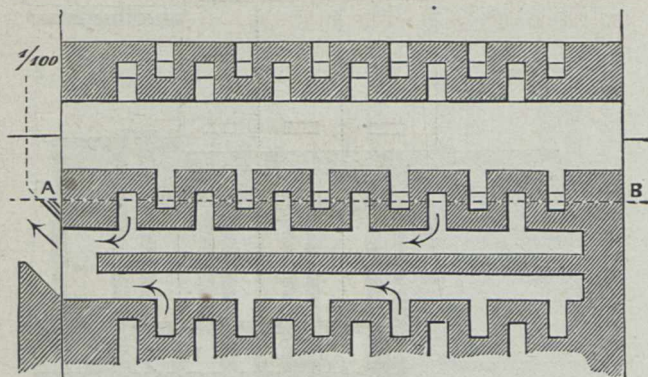


Fig. 81.

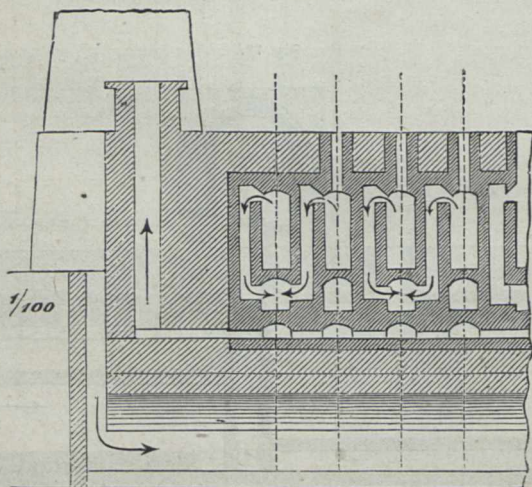


Fig. 82.

Die Gase des ersten und des zweiten Ofens einer Reihe (und entsprechend die der folgenden Kammernpaare) werden an derselben Seite durch verticale Gaszüge, deren Wände mittelst Steinversatzes

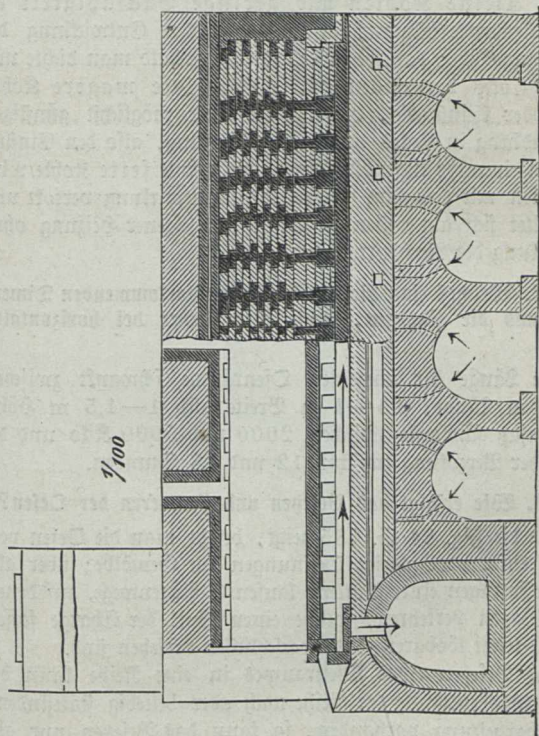


Fig. 83.

eine größere Oberfläche zeigen, herabgezogen und in einem unter der Sohle des ersten Ofens angelegten Canal vereinigt, dann unter der Sohle des zweiten Ofens in den längs der ganzen Anlage sich hinziehenden unterirdischen Sammelcanal geführt.

211. Welche Erfahrungen sind im Allgemeinen für die Construction und den Betrieb der Ofen mit horizontaler Arzmaßegebend?

Bei allen Ofen dieser Art gelten folgende Constructionregeln: Kleine Kohlen und geringe Backfähigkeit erfordern schmale Räume, also eine stärkere Entwicklung der Schichtungshöhe; dasselbe ist erforderlich, sobald man dicke und schwere Cokes darzustellen beabsichtigt. Jede magere Kohle, groß- oder kleinstückig, verlangt zu ihrer möglichst günstigen Verwandlung in Cokes eine rasche Erhitzung, also den Einfluß nahe an einander liegender Ofenräume. Alle fette Kohle wird am besten mit langsam steigender Wärmewirkung vercoft und verarbeitet sich am besten in Ofen mit eigener Heizung ohne Einwirkung der Nachbarretorten.

212. Welches sind die am häufigsten vorkommenden Dimensionen und die Chargen, sowie ihre Dauer bei horizontalen Ofen?

Die Länge der einzelnen Ofenräume schwankt zwischen 6—10 m Länge, 0,5—1 m Breite und 1—1,5 m Höhe. Der Einsatz schwankt zwischen 2000 und 5000 Kilo und die Dauer der Vercofung zwischen 12 und 48 Stunden.

213. Wie erfolgt das Befüllen und Entleeren der Ofen?

Wie die Fig. 84 S. 185 zeigt, befüllt man die Ofen vermittelft einer oder zweier Oeffnungen im Gewölbe; über alle diese Oeffnungen einer Batterie laufen Schienenwege, auf denen kleine Wagen verkehren, welche einen Theil der Charge fassen und mit leicht lösbaren Bodenverschlüssen versehen sind.

Das Befüllen eines Ofenraumes in eine Reihe kann bei isolirter Gasbenutzung der Reihe nach oder beliebig stattfinden; ist Nachbarheizung vorhanden, so kann das Befüllen nur abwechselnd geschehen.

Nach erfolgter Vercofung wird (Fig. 84) der Cokeskuchen durch eine an der Batterie entlang fahrende Ausdrückmaschine entfernt und der Ofen kann sofort wieder chargirt werden.

Das Abkühlen des Cokeskuchens erfolgt durch Uebersprizen

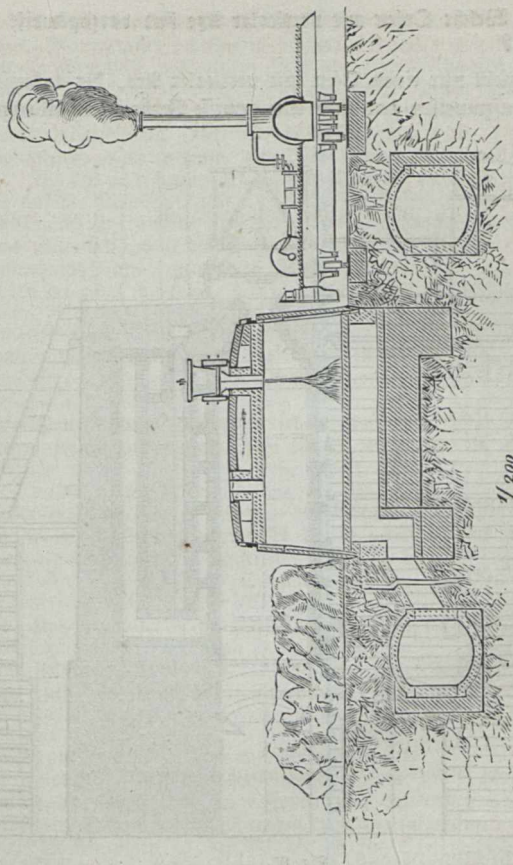


Fig. 84.

mit Wasser, das aber beim Nachlassen sofortiger Verdampfung einzustellen ist, um die Cokes nicht zu naß zu machen*).

*) F. Kerroth hat an einer Cokesanlage bei Saarbrücken (die Einrichtung getroffen, daß die Cokes in ummauerte Gruben vor den Defen gedrückt, beschüttet und einer langsamen Abkühlung unterworfen werden.

214. Welche Ofen mit verticaler Ase sind vorzugsweise zu erwähnen?

Es giebt nur einen Ofen mit verticaler Ase, der technische Erfolge aufzuweisen hat und eine gewisse Verbreitung erlangte;

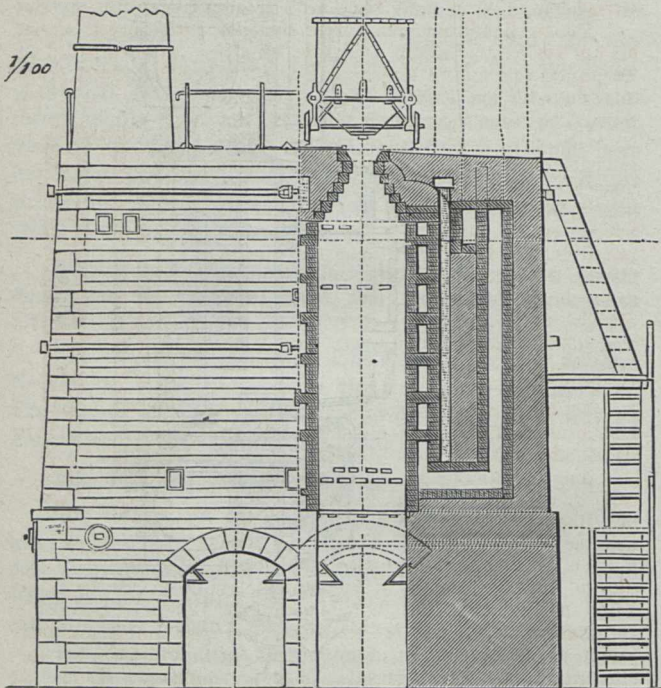


Fig. 85.

es ist dies der in Fig. 85 und 86 (Fig. 86 S. 187) in Aufsicht und Verticalschnitt, in Fig. 87 S. 188 im Horizontalschnitt dargestellte Appolt'sche Ofen, welcher seit dem Jahre 1856 die Ansichten über Vercofung, Gasbenutzung zc. vollkommen umgewandelt hat.

Der Cokesofen von Appolt besteht aus 12 einzelnen in einem Mauermassiv vereinigten verticalen Räumen von länglich vier-eckigem Grundriß und einem nach oben sich verjüngenden Verticalprofil. Der Ofen ist oben mit einem Deckel, unten mit einer nach außen aufgehenden Thür, die den Boden des geschlossenen Raumes bildet, abgeschlossen (Fig. 88 S. 188), nach deren Oeffnung die CokeschARGE in einen unter dem Ofen stehenden Wagen stürzen kann.

Da die Chargirung der Kohlen ebenfalls durch Wagen erfolgt, die auf der terrassenartigen Oberfläche der Ofen circuliren, so ist die Bedienung eine äußerst einfache. Das Ofenschachtmauerwerk besteht aus zweierlei von einander durch Zwischenräume und Canäle getrennten Schichten, von denen die eine, innere je einen einzelnen Ofenraum, die andere, äußere, sämtliche Ofenräume umgiebt und direct an das Mauerwerk des ganzen Massives sich anschließt. Dadurch ist zwischen den Ofenmauern ein Netz von Canälen hergestellt, welches zur Heizung der inneren Ofenwand dient. Die Gase jeder Kammer treten unten sowohl als oben durch kleine Schlitze in die Züge und treffen dort auf von außen eingeleitete Luftströme, die sich beliebig reguliren lassen und zur Verbrennung der Gase des Bercokungsprocesses dienen, ehe dieselben die an beiden Langseiten des Massives hinlaufenden gemeinsamen Sammelcanäle erreichen und nach der Esse gelangen.

Um die Wirkung der Gase möglichst intensiv zu machen, führt man sie in dem Canal- und Zugsystem so tief als möglich herab und läßt sie dann horizontal seitlich aus dem inneren Mauerwerk heraustreten, um durch einzelne senkrechte Canäle in die horizontalen wiederum ganz oben liegenden Sammelcanäle zu gelangen. Die aus der untersten Zone des Futtermauerwerks seitlich herausführenden Züge stoßen mit den Lufteinzügen am Fuß der vertical nach oben führenden Canäle zusammen. Durch alle diese Vorkehrungen in der Bauart ist für eine möglichst energische Ausnützung der Gase gesorgt, welche, in Verbindung mit der starken Druckhöhe, den Appolt'schen Ofen zu dem geeignetsten Apparat macht, ungünstige Einflüsse beim Bercoken zu überwinden.

215. Welche Resultate giebt der Appolt'sche Ofen, wie verläuft der Betrieb?

Der Betrieb verläuft sehr einfach, nachdem man den Ofen

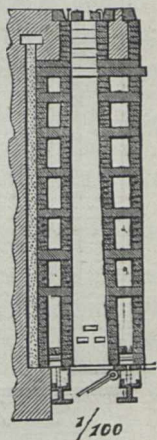


Fig. 86.

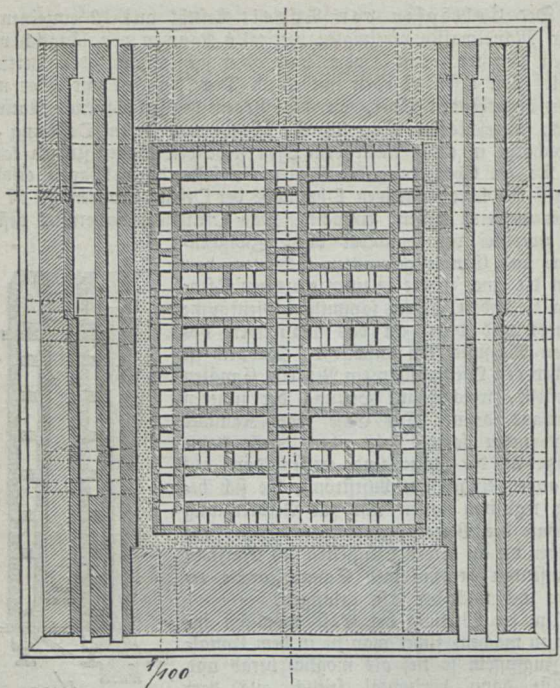


Fig. 87.

in allen Kammern mit Feuer auf einem an Stelle der Thür eingeschobenen Kofst angeheizt hat, was ungefähr 10—12 Tage in Anspruch nimmt. Dabei arbeitet man anfänglich mit offener Deckelöffnung, später mit geschlossener, um die Gase in die Canäle zu treiben. Ist der Ofen ganz heiß, so besetzt man nach Ausstürzen des Feuers, Einhängen der Bodenthüren und Decken derselben mit Lösche, einen Schacht nach dem anderen in Zeitabständen von 1 Stunde.



Fig. 88.

Dadurch werden 12 Stunden zum successiven Befeuern verwendet, worauf weitere 12 Stunden zur ruhigen Bercofung beansprucht werden, um nach 24 Stunden mit der Entleerung und Neubeschickung der ersten Ofenkammer wieder zu beginnen.

Daraus ergibt sich eine Dauer des Bercofungsprocesses von 24 Stunden für jede einzelne Charge und ein genaues Ineinandergreifen der Operation. Das Quantum, welches ein Ofenraum faßt, ist gewöhnlich 1350—1400 Kilo, so daß im Maximum gegen 17,000 Kilo im ganzen Ofen in 24 Stunden zur Bercofung kommen.

Die Ausbeute ist bedeutend größer als bei den älteren Ofen, übertrifft aber doch nicht sehr viel die der neueren Constructionen unter den horizontalen Ofen.

Nur für schwer cokende Kohlen, besonders für Gemische, ferner für die Cokesdarstellung zum Export empfiehlt sich der in der Anlage theuere Appolt'sche Ofen, weil er die härtesten Cokes zu liefern fähig ist.

Englische Backkohlen ergaben in Marquise 80—82/00 Cokes.

216. Was ist über die Ofen mit schiefer Hauptaxe zu sagen?

Die Ofen mit schiefer Hauptaxe sind vorübergehend in der Gegend von Saarbrücken in Betrieb gewesen, und bestanden aus zwei hinter und über einander liegenden Retortensystemen, in denen ebenfalls mit Hülfe der Cokes die Kohlen zunächst abgeflammt, dann mit Luftabschluß abgekühlt wurden.

Die complicirte Bauart, auf größere Dimensionen nicht anwendbar, und die im Verhältniß nicht bedeutende Leistung erschwerte die Verbreitung.

i) Von den flüssigen Brennstoffen.

217. Was versteht man unter flüssigen Brennstoffen?

Flüssige Brennstoffe sind alle tropfbarflüssigen Kohlenwasserstoffe, welche wie das Naphtha und das Petroleum in der Natur sich finden oder wie Theeröle, Schieferöle u. s. f. Destillationsproducte verschiedener Processen sind. Sie müssen, um von der Industrie berücksichtigt werden zu können, in hin-

reichender Masse auftreten oder sich billig genug herstellen lassen, um den Verbrauch im Großen und die Concurrenz mit den übrigen Brennstoffen überhaupt möglich zu machen.

218. Was ist über das Vorkommen der flüssigen Brennstoffe zu bemerken?

Ganze Formationsgruppen unter den die feste Erdrinde bildenden Gesteinen und Einzelgliedern sind mit bituminösen Substanzen durchzogen, die gewöhnlich als Verwesungsproducte untergegangener Organismen sich charakterisiren; die meisten dieser bituminösen Gesteine sind versteinierungsreich oder befinden sich in unmittelbarem Contact mit versteinierungsreichen Schichten.

Das nichtorganische Material solcher Schichten ist gewöhnlich porös und dadurch zur Auffaugung flüssiger Substanzen geeignet; immer findet man Thon, Mergel, Sand und Schiefer mit denselben imprägnirt. Die Imprägnirung kann einen solchen Grad erreichen, daß die Gesteine brennbar werden; es entstehen dann die Brandschiefer, die sandigen weißen bituminösen Einschlüsse der sächsischen Braunkohlen u. s. w. Da der bedeutende Aschengehalt solcher Vorkommnisse ein Hinderniß für die directe und einfache Verbrennung ist, unterwirft man gewöhnlich die genannten Substanzen einer Destillation und gewinnt daraus Oel, Theerproducte und Gase.

So liefert beispielsweise die Bogheadkohle, ein bituminöser Schiefer der schottischen Kohlenformation,

19,60/00 Asche,

10,13/00 Kohle,

70,10/00 brennbare Gase und findet eine ausgedehnte Verwendung als Gaskohle.

Treten die bituminösen Bestandtheile solcher Schichten in größerer Menge auf, so entstehen selbständige Absonderungen, die zur Bildung von Naphtha- und Petroleumquellen und auch zur Ausscheidung von Asphaltmassen Veranlassung geben können.

Die schon im Alterthum gekannten Naphthaquellen zu Baku am Kaspijsee, die Delausscheidungen an den Schlammvulkanen der Krim, an den Ufern des Todten Meeres, der Asphaltseen in Aegypten, auf Trinidad u. a. a. D. sind natürliche Austritte solcher Oel- und Bitumenreservoirs nach der Erdoberfläche hin.

Eine industrielle Bedeutung erlangten die Mineralöle erst durch die in Pennsylvanien begonnenen, später in Südrußland unternommenen Tiefbohrungen und das Erschließen von Oelbrunnen mit

enormer Produktionsfähigkeit. Das Areal der ölführenden Lagerstätten Nordamerikas wird auf ca. 66,000 Quadratmeilen (englisch) angegeben oder ca. 200,000 Quadratkilometer.

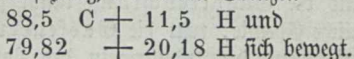
219. Welche äußeren Eigenschaften hat das Steinöl oder Petroleum?

Das Steinöl oder Petroleum ist eine bewegliche, mehr oder minder dunkel gefärbte, im reinen Zustand fast wasserklare, einen eigenthümlich opalisirenden Schimmer zeigende Flüssigkeit von charakteristischem Geruch, dessen Intensität und Beschaffenheit mit dem Grade der Reinheit wechselt.

Die künstlichen Theeröle sind dunkelgefärbte, mehr oder minder dickflüssige Substanzen, die sich durch einen unangenehmen penetranten Geruch auszeichnen.

220. Welche Zusammensetzung hat das Petroleum?

Das Petroleum unterscheidet sich von den Steinkohlen durch einen sehr hohen Wasserstoffgehalt, der 12—15/100 in den festen bituminösen Stoffen erreichen kann. Durch Destillation erhält man aus dem rohen Petroleum ein Product von etwas constanterer Zusammensetzung, die in den Grenzen



221. Wie verhält sich das Petroleum in höherer Temperatur?

Das Petroleum verwandelt sich, sobald es bis zu einer bestimmten Temperatur erhitzt wird, in Dampf; der Siedepunkt schwankt in seiner Lage mit der Zusammensetzung und liegt zwischen 110° und 280° Celsius. Der Dampf ist leicht entzündlich, wiewohl auch fein vertheiltes zerstäubtes Petroleum sich unter der Verdampfungs-temperatur entzünden läßt, besonders wenn es unrein ist. Es brennt mit rußender Flamme, die sich bei Gegenwart ausreichender Luftmengen in eine rauchlose Flamme verwandelt. Feuerungsanlagen mit Petroleum und auch solche mit künstlich dargestellten flüssigen Brennstoffen betrieben, bedürfen deshalb zu ihrer Wirksamkeit einer starken Vertheilung des Brennstoffs in der Verbrennungsluft durch Zerstäubung oder durch rostartige Verdampfungsunterlagen.

222. Wie gestaltet sich der Wärmeeffect des Petroleum und der sonstigen künstlichen Brennstoffe?

Der berechnete Wärmeeffect des Petroleum beträgt über 11,700 Einheiten. Der von Deville gefundene Wärmeeffect nähert sich für die rohen Oele 10,000 Einheiten und übertrifft den Effect für die raffinierten. Der Effect des Steinkohlentheers und der daraus dargestellten Oele, sowie der Schieferöle schwankt zwischen 8500 und 9500 Einheiten.

k) Von den gasförmigen Brennstoffen.

223. Was sind gasförmige Brennstoffe?

Im weitesten Sinn kann man alle brennbaren Gase als gasförmige Brennstoffe ansehen, im engeren Sinn nur die in ausreichender Menge und ohne besondere Schwierigkeiten darstellbaren.

Während man eine Menge brennbarer Gase kennt, benützt man als Brennstoffe, d. h. in großem Maßstabe, nur die brennbaren Verbindungen des Kohlenstoffs und nebenher noch in sehr geringem Maße den reinen Wasserstoff.

Während die Gasbeleuchtung kaum so alt ist als die wissenschaftliche Chemie, tritt die Gasfeuerung erst seit dem jüngsten Aufschwung der Industrie in den Vordergrund, nachdem freilich eine gelegentliche Benutzung gewisser brennbarer Gase vorangegangen war.

224. Was ist über die generelle Entwicklung der metallurgischen Gasfeuerungen zu sagen?

Die Gasfeuerungen, soweit sie die Metallurgie betreffen, weisen zahlreiche Phasen der Entwicklung auf.

Benutzung der aus den Eisenhochöfen und verwandten Apparaten abziehenden Gase zur Erneuerung der Gebläseluft, zum Befeuern von Dampfkesseln.

Versuch, in besonderen Apparaten, den Generatoren, brennbare Gase aus verschiedenen Brennstoffen durch Verbrennung und Destillation zu erzielen.

Benutzung der Gase von Cokesöfen und Eisenflamöfen zur Dampferzeugung und anderen metallurgischen Zwecken.

Erfindung der Gasabfänge an den Schachtöfen, mit beweglichem Gichtenverschluß und erleichtertem Aufgeben der Beschickungen. Ausnutzung der Hochofengase, um den Dampf zur Gebläsebewegung zu produciren, den Wind selbst zu erwärmen und die Erze zu rösten.

Construction von energischen Gasgeneratoren mit verbesserter Windzuführung und erweiterten Verbrennungsvorrichtungen.

Anwendung der Regeneration verlorener Wärme durch ihre Uebertragung auf die Verbrennungsluft, welche die Gase beim Eintreten in die zu heizenden Räume vorfinden müssen.

Ueberführung der verlorenen Wärme von Gasfeuerungen an steinerne Apparate, welche später als Leitungen für die Verbrennungselemente (Gas und Luft) oder zur Wiedererwärmung benutzt werden.

225. Wie classificirt man die gasförmigen Brennstoffe?

Man unterscheidet am Besten:

$\alpha\alpha$) Ofengase d. h. die Träger der Ueberhize verschiedener metallurgischer Prozesse;

$\beta\beta$) Generatorgase d. h. die Resultate einer richtig geleiteten Verbrennung in besonderen Feuerräumen.

$\alpha\alpha$) Ofengase.

226. Was sind Ofengase?

Ofengase, wie vorher bemerkt die Träger der Ueberhize verschiedener metallurgischer Prozesse, sind Gemische von sehr schwankender Zusammensetzung, die nur bei einem gleichmäßig geleiteten Proceß eine nahezu constante wird.

Die Gemische bestehen aus Verbrennungs- und Zersetzungproducten, so wie aus Rückständen der Verbrennung. Zu den Verbrennungproducten eines Ofens sind zu rechnen die Kohlen säure, der Wasserdampf, das Kohlenoxyd; Zersetzungproducte sind Wasserstoff, Kohlenwasserstoff; zu den Verbrennungsrückständen gehört u. A. der Stickstoff.

Während bei vollkommener Verbrennung eines aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden Brennstoffes mittelst

atmosphärischer Luft nur Kohlensäure und Wasserdampf entstehen und Stickstoff zurückbleiben können, bilden sich bei der in den meisten Apparaten der Metallurgie stattfindenden unvollkommenen Verbrennung die verschiedenartigsten Verhältnisse aus.

227. Wodurch bestimmt sich der technische Werth der Ofengase?

Der technische Werth der Ofengase, d. h. ihre Verwendbarkeit als Brennstoffe bestimmt sich durch das Verhältniß der brennbaren zu den nicht brennbaren Bestandtheilen. Dieses Verhältniß darf nicht unter einen gewissen Werth sinken, geht aber eben so wenig über eine gewisse Grenze hinaus, indem sonst die Wirksamkeit des Ofens, dem die Gase entstammen, eine zu geringe sein würde. Ein wichtiger Factor bei der Werthbestimmung der Ofengase als Brennstoffe ist noch ihre gleich bleibende Zusammensetzung. Gase, bei welchen diese Zusammensetzung und besonders das Verhältniß der brennbaren zu den nicht brennbaren Gasen stärkeren Schwankungen ausgesetzt ist, geben bei ihrer Verbrennung eben so wenig eine gleichmäßige Leistung und sind häufig nicht benutzbar. Deshalb sind Gase aus Defen, die stetige metallurgische Reactionen einschließen, brauchbarer und technisch werthvoller als Gase, die aus periodisch veränderlichem Betrieb von Defen hervorgehen.

228. Welche Ofengase wendet man in der Praxis zumeist an?

Man wendet vorzugsweise die Hochofengase zur Heizung anderer Apparate an, demnächst die Gase der übrigen Schachtöfen; weniger verbreitet ist der Gebrauch der Gase aus Cokesöfen, Heerdfeuerungen und den Flammöfen.

Einerseits wirkt die ungleichmäßige Zusammensetzung, andererseits die Periodicität der Entwicklung schädlich auf die Verwendung ein, dann hat sich eine gewisse Relation zwischen Production und Gasverbrauch als nothwendig herausgestellt, wenn der Erfolg erträglich sein soll. Der Hüttenproceß, der die Gase liefert, muß dieselben auch wieder verbrauchen, so daß mit der Unterbrechung der Gaslieferung auch die Unterbrechung der Gasverbrennung zusammenfällt und die Gase entbehrlich werden, wenn keine mehr producirt werden sollen oder können.

So gebraucht man die Gase des Eisenhochofens zum Betrieb der Hülfsapparate desselben; man heizt damit die Kessel der Gebläse und anderen maschinellen Anlagen, man erwärmt den Wind und röstet die Erze. Es sind Functionen, deren Nothwendigkeit aufhört mit dem Ausblasen des Hochofens d. h. mit dem Aufhören der Gasproduction. Wenn dagegen die Gase einer Cokesofenanlage (abgesehen von der Periodicität der Production) zur Heizung von Dampfkesseln benutzt werden, welche den Dampf zu Hochöfengebläsen liefern, so entsteht eine Divergenz der Interessen, da die Cokerei weiter arbeiten kann auch wenn der Hochofen nicht im Betrieb ist und da Betriebsunterbrechungen in der Cokerei vorkommen können, während der Hochofen im vollen Gang erhalten werden muß. Die hieraus sich ergebenden Verlegenheiten haben allmählich dazu geführt, nur die Gase der Schachtöfen und einzelner Flammöfen und Heerde als Brennstoffe zu verwenden, womöglich aber im Kreislauf des eigenen Betriebes. Während bei Flammöfen und Heerden die mit den Gasen zu heizenden Anlagen direct an die Gas gebenden Apparate angeschlossen werden, werden die Gase bei den Schachtöfen in eine besondere Sammel- und Vertheilungsvorrichtung eingeleitet und daraus nach Bedarf den Verbrennungsstellen zugeführt. Man hat deswegen die Hochöfengase zum Gegenstand eingehenderer Studien gemacht als die anderen Gase und namentlich den Einfluß verschiedener Betriebswandelungen auf ihre Brennkraft untersucht.

229. Was ist über die Zusammensetzung der Ofengase zu bemerken?

Die Zusammensetzung der Ofengase schwankt nach der Art der Ofen, aus denen sie stammen. Einer Untersuchung unterworfen wurden die Gase

der Bercokungsapparate,
der Flammenfeuerungen,
der Heerde und Schachtöfen.

Die gefundenen Resultate zeigen, daß dem Brennwerthe nach geordnet die aus der möglichst vollkommenen Destillation der

Steinkohlen hervorgehenden Gase der Cokesöfen die erste Stelle einnehmen und daß denselben die Gase der Heerde und Schachtöfen folgen, während die Gase der Flammenfeuerung im Allgemeinen und die Gase der mit Luftzutritt arbeitenden älteren Cokesöfen einen sehr niederen Brennwerth haben.

In Folge dessen kann man die letztgenannten Gase nur mit der vollen Wärme, die sie aus dem Erzeugungsapparat mitführen, also direct verwerthen, während sich Destillationsgase, Heerd- und Schachtöfengase auch nach geschehener Abkühlung als hinreichend werthvoller Brennstoff erweisen. Dabei stellen sich aber der Verwendung von Destillationsgasen andere aus dem intermittirenden Betrieb hervorgehende Uebelstände hindernd entgegen, so daß auch hier die directe Benutzung d. h. die Ueberleitung der noch heißen Gase geboten ist wie bei der Flammöfenfeuerung, abgesehen davon, daß man heute vorzieht, die Gase in den um die Cokesöfen herum gelegten Canalssystemen zu verbrennen.

230. Woraus bestehen die gasförmigen Destillationsproducte der rohen Steinkohlen?

Es sind darin nachgewiesen worden:

	durch Bunsen und Playfair	Durchschnitt (durch Andere berechnet)	
Sumpfgas	62,27	50—60	
Schwerer Kohlenwasserstoff	6,67	9—10	
Schwefelwasserstoff	4,87	—	
Wasserstoff	1,42	9—7	
Ammoniak	1,87	} —	
Stickstoff	0,32		
Kohlenoxyd	10,07	27—17	} 5—6
Kohlensäure	9,51		

Der Brennwerth, von 11500 Wärmeeinheiten, ist ein sehr hoher, da nur 12/100 der Bestandtheile nicht verbrennliche sind und da der Rest einen hohen Wasserstoffgehalt besitzt. Außer bei der Vercofung in eisernen Retorten, kommen so günstige Zusammensetzungen in der Praxis nicht vor, und wo sie auftreten, unterstützen sie durch Verbrennung in den Apparaten den Destillations- und Vercofungsproceß selbst.

231. Wie sind die Gase der gewöhnlichen Cokesöfen zusammengesetzt?

Ebelmen fand in den (beständigen) Gasen der alten mit viel Luftzutritt arbeitenden Cokesöfen von Seraing bei Lüttich neben 80,80/00 Stickstoff und 10,93/00 Kohlenensäure nur noch 8,27/00 brennbare Substanzen, die aus Wasserstoff, Kohlenoxyd und Sumpfgas bestanden. Derartige Gasmischungen sind für sich nicht zu gebrauchen; nur als Träger der Hitze lassen sie sich direct verwenden und dann am Besten zur Heizung der Ofenwände (vgl. Frage 208). Sollten wider Erwarten nach Erreichung dieses Zweckes noch Vortheile aus der Weiterverwendung der Gase sich ergeben, so kann man sie in eine Dampfkesselfeuerung einleiten, die außerdem noch mit einem anderen Brennstoff gefeuert ist, und führt sie am Besten an der ersten oder zweiten Umbiegung des Feuerzugsystems ein. Einen Nutzen erreicht man aber nur bei directester Ueberführung der Gase unter die Kessel.

232. Was ist über die Gase der Flammöfen zu sagen?

Die Flammofengase kommen als Brennstoff nur dann in Betracht, wenn eine größere Anzahl gleichartiger Apparate in einer Anlage vereinigt sind und in einem technischen Zusammenhang zu umfänglicher Dampfproduction stehen.

Puddelöfen und Schweißöfen für gewöhnliches Eisen können sehr gut ihre verlorene Hitze d. h. die brennend abziehenden Gase zur Dampferzeugung für die Hämmer, Walzwerke, Scheeren zc. hergeben, die im selben Raume thätig sind.

Abziehende Gase aus Schweißöfen ergaben bei der chemischen Untersuchung neben 76,8 Volumprocenten Stickstoff und 15,8 Volumprocenten Kohlenensäure nur 5,7 Volumprocente Kohlenoxyd und 1,7 Volumprocente Wasserstoff. Bei den Puddelöfen, welche periodisch mit vermindertem Luftzutritt arbeiten, mag das Verhältniß besser sein, doch erreicht der Gehalt an brennbaren Substanzen nicht die erforderliche Höhe, um die Benutzung der Gase anders als in directem Anschluß an den producirenden Apparat zu gestatten.

233. Was kennzeichnet die Gase der Heerde?

Die Gase der offenen Heerde, obwohl ursprünglich kohlenoxydreich, lassen sich doch auch, der Beschaffenheit des erzeugenden Apparats zufolge, nicht gut anders als direct zum Ausglühen von Metallen, zum Wärmen des Windes verwerthen. Man kann den Luftzutritt nicht verhindern und die Gase verbrennen an der Oberfläche der Feuerbeschüttung, so daß sie nur kohlenoxydarm aufgefangen und fortgeführt werden könnten. Auch ist die in einem Heerd producirte Gasmenge zu unbedeutend, um größere Anwendungen zu gestatten.

234. Was ist über die Gase der Schachtöfen zu sagen?

Die Gase der Schachtöfen, die in ihrer Anwendung die erspriesslichsten Resultate gebenden Ofengase überhaupt, bestehen aus Gemischen von Stickstoff, Kohlenoxyd und Kohlenensäure, denen sich unter Umständen noch Wasserstoff und Kohlenwasserstoff, Wasserdämpfe so wie eine große Menge von anderen mechanisch mitgerissenen Bestandtheilen zugesellen.

Bernachlässigt man die Dämpfe und sonstigen Verunreinigungen der Hochofengase, so ergeben ältere Bestimmungen (Ebelmen, Bunsen, Scheerer u. A.)

	für Holzkohlen- hochofengase		für Gokess- hochofengase	für Steinkohlen- hochofengase
	a	b		
Stickstoff	63,4	59,7	64,4	56,3
Kohlenensäure . . .	5,9	19,4	0,9	15,2
Kohlenoxyd	29,6	20,2	34,6	21,2
Kohlenwasserstoff	1,0	0,3	—	4,2
Wasserstoff	0,1	0,4	0,1	1,0
Schwerer Kohlen- wasserstoff	—	—	—	1,8
	Gewichtsprocente.			

Weitere Untersuchungen von Rinman und Fernquist, die sich speciell auf Holzkohlenhochöfen beziehen, ergaben keine zu großen Abweichungen gegen die beiden oben mitgetheilten Analysen. Die neuesten Untersuchungen von Lowthian Bell und Gruner,

so wie von Stöckmann in Ruhrort haben, ohne von den alten Bestimmungen sich sehr zu unterscheiden, viel dazu beigetragen, die Beziehungen zwischen der Qualität der Gase und dem Gang so wie dem Umfang des Hochofenbetriebes aufzuklären.

Namentlich hat Stöckmann nachgewiesen, daß die Benützung der Gichtgase als Brennstoff nicht mehr möglich ist, sobald

- 1) der Kohlenoxyd- und der Kohlensäuregehalt ungefähr gleich d. h. = 17/100 ist,
- 2) die Gase wasserhaltig sind,
- 3) die Gase sehr viel Staub enthalten.

Während die erste Ursache des Nichtbrennens in einem unrichtigen oder abnormen Ofengang begründet und durch dessen Aenderung zu beseitigen ist, wird sowohl der Wasser- als auch der Staubgehalt der Gase durch geeignete Condensations- und Waschapparate entfernt.

235. Welche Einrichtungen und Anlagen werden zur Gewinnung und Benützung der Gase angewendet?

Besondere Anlagen zur Gewinnung der Ofengase sind nur bei den Schachtöfen und speciell bei den Eisenhochofen gebräuchlich; sie zerfallen in die Apparate zur Gewinnung, zur Reinigung und zur Fortleitung der Gase. Die eigentlichen Verbrennungsapparate sind Theile der betreffenden Feuerungsanlagen selbst und kommen später zur Besprechung.

236. Wie entzieht man im Allgemeinen den Schachtöfen die Gase?

Man entzieht den Schachtöfen die Gase in verschiedenster Weise. Während man anfänglich den zur Wärmeverwerthung bestimmten Apparat (Winderwärmungsapparat, Dampfkessel etc.) halb über die Ofengicht hing und mit Hülfe eines kleinen Kamins den größten Theil der Gichtgase in denselben zog (Fig. 89 S. 200), ging man später dazu über, die Gichtgasabführung unter die Gichte ebene zu verlegen, hauptsächlich um die Arbeiten des Aufgebens möglichst zu erleichtern und die Wirksamkeit der Gase nicht durch das Aufschütten der kalten Betriebsmaterialien plötzlich zu unterbrechen. Man hing zunächst einen eisernen

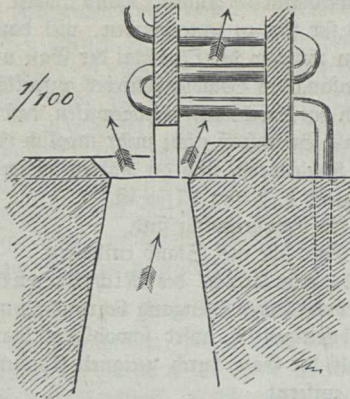


Fig. 89.

Cylinder von der anfänglichen Sichtweite in den Ofen ein, verband ihn gasdicht mit der ringförmig die Sichtkante bedeckenden Platte und erweiterte den Schacht hinter dem Cylinder zu einem ringförmigen Canal, aus welchem ein seitlicher Abzug die Sichtgase abführte. Durch diese Einrichtung (Fig. 90) wurde

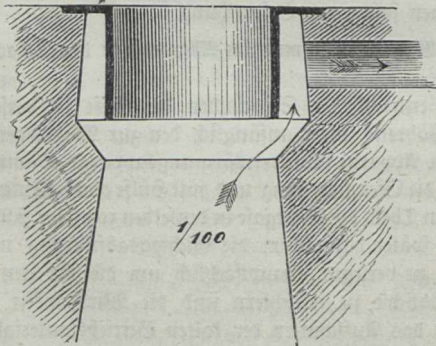


Fig. 90.

es möglich, ohne große Gasverluste zu arbeiten, sobald man nur die Leitung nach den Verbrennungsstellen hinreichend weit machte und den Gasen durch Kamine eine etwas größere Geschwindigkeit gab, als sie beim Ausgang aus der Gicht hatten.

Da man nicht überall das gewünschte Resultat erreichte und in Folge mangelhafter Einrichtungen viel Gas verlor, suchte man durch tiefangesezte steigende Abzüge rings um den Ofen den Zweck vollkommener Gasabführung zu erreichen. Fig. 91 zeigt einen solchen Apparat, bei welchem ein Ring a

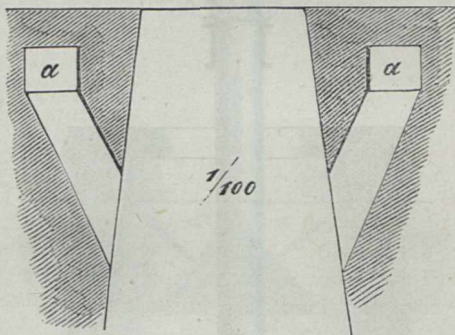


Fig. 91.

die Gase der einzelnen Abzüge vereinigt, und sie dann an die Verbrennungsstellen abgibt. Der Nachtheil einer derartigen Einrichtung ist, abgesehen von der mangelhaften Vorwärmung der Gichten, denen die Einwirkung der Gase entzogen ist, die Unzugänglichkeit der Abzüge, die sich leicht mit Staub, metallischen Sublimaten (Gichtschwamm) vollsetzen und an wirksamem Querschnitt verlieren.

Während man in den vorgenannten Apparaten die Gase am Rand des Schachtes abzieht, versuchte Darby, dieselben durch ein in der Mitte der Gichtöffnung niedergeführtes hinlänglich weites eisernes Rohr aufzufangen und abzuleiten.

Das Rohr (Fig. 92), oben über den Köpfen der Arbeiter auf dem Gichtplateau in eine horizontale Leitung übergehend, ist an Trägern aufgehängt und läßt eine vollkommen zugängliche ringförmige Gichtöffnung frei. Oft erweitert man das Rohr trichterartig nach unten hin, doch hat dies keinen rechten Zweck, sobald das Rohr im Ganzen gleichmäßig weit genug ist, die Gase ohne starken Zug fortzuleiten.

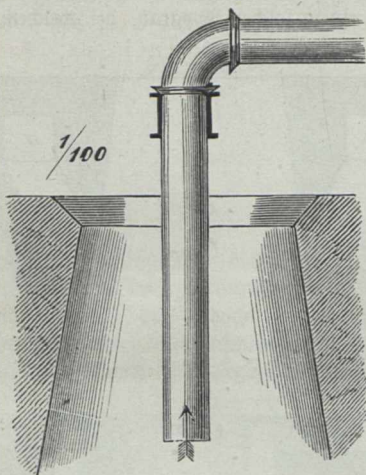


Fig. 92.

In neuester Zeit haben Goedeke u. A. das Darby'sche Rohr und den Cylinder Fig. 90 mit Vortheil vereinigt und dadurch ein gleichmäßiges Durchdringen der Schmelzsäule durch die Gase und die Vermeidung jeglichen Verlustes herbeigeführt.

237. In welcher Weise entzieht man den Schachtöfen die Gase durch geschlossene Gichten?

Schon bei der Anwendung der eingehängten Cylinder und des Darby'schen Rohres brachte man in einigen Hütten-

werken flache oder halbkugelförmige, kreisförmige oder ringförmige Deckel an, welche bei jedem Aufgeben an Betriebsmaterial aufgezogen und nach geschehener Beschüttung niedergelassen wurden. Da die alten Gasabführungen alle zu eng waren, traten die Gase beim Lüften der Deckel jedesmal in die Gichtöffnung, entzündeten sich und belästigten die Aufgeber in sehr bedenklicher Weise.

Barry war der Erste, der einen Deckel erfand, welcher beim Deffnen der Gicht das Ausschütten selbstthätig besorgt. Der Barry'sche Trichter Fig. 93 verschließt die Gicht, wenn er durch ein Gegengewicht in die Höhe gezogen ist, und öffnet sie, sobald man das Gegengewicht hebt. Durch Combination dieses Ver-

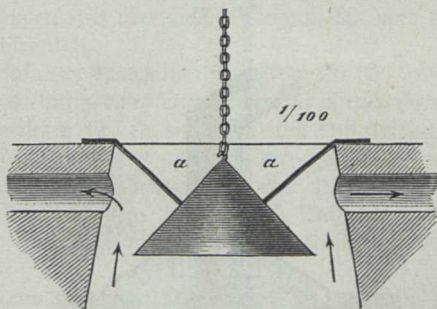


Fig. 93.

schlußapparats mit einem trichterartigen Gichttring, hinter dem die Gase abziehen können, wird auf der Außenseite des ganzen Verschlusses eine Rinne *a a* gebildet, in welcher man die Beschickung vertheilt und aus welcher sie beim Senken des Kegels gleichmäßig in den Hochofen gleitet.

Die vollkommensten Gichtenverschlüsse mit centraler und eventuell auch peripherischer Gasabführung sind die in Fig. 94 und 95 (S. 204) abgebildeten Apparate von Langen und von Hoff. Beide sind aus den Abbildungen leicht verständlich und unterscheiden sich nur darin, daß die ringförmige Glocke bei

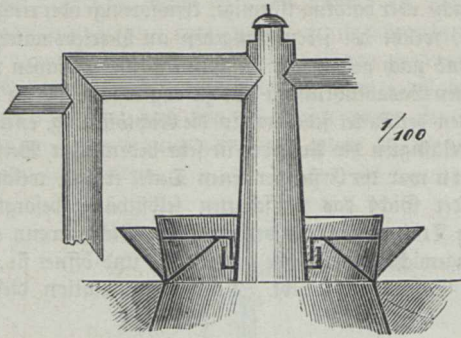


Fig. 94.

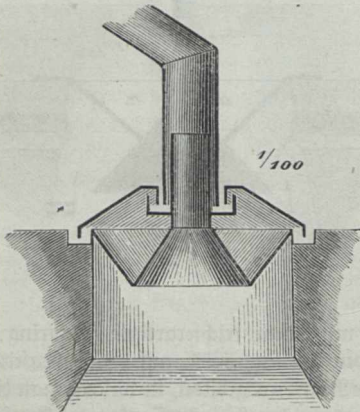


Fig. 95.

Langen gehoben, bei von Hoff gesenkt wird und daß bei Letzterem noch ein besonderer Deckel den Apparat schließt, während der eigentliche Verschluß (ein ringförmiger Parry'scher Trichter) sich senkt. Die beiden Apparate haben trotz einzelner Mängel zu

einer allgemeinen Einführung der Gasentziehung allein den Weg gebahnt, da man vor ihrem Bekanntwerden nur sehr vereinzelt es wagte, bei großen Hochöfen die Gase zu benutzen.

Die Vortheile, welche das bei diesen Apparaten mögliche und nothwendige geregelte Aufgeben für den Hochofenbetrieb selbst mit sich brachte, müssen in einem später erscheinenden „Katechismus der Eisenhüttenkunde“ erörtert werden.

238. In welcher Weise reinigt man die Gase?

Die Gase können in verschiedener Weise gereinigt werden: einmal, indem man sie in weiter Leitung von der Ofengicht herunter führt und in ein Reservoir treten läßt, wo sie Zeit gewinnen den mitgerissenen Gichtstaub abzusetzen; dann, indem man sie längere Zeit über Wasser streichen läßt oder mit starken Brausen behandelt.

Die einfachste Disposition ist in Fig. 96 (S. 206) gegeben, wo die Gasleitung eines Ofens, der bei offener Gicht nur mit Trichter versehen ist, in ein erweitertes cylindrisches Rohrstück mit kegelförmigem Boden und Schieberverschluß übergeht. Dieser Staubsack eignet sich natürlich nur zur Ansammlung der größten Unreinigkeiten, welche durch Aufziehen des Schiebers rasch und ohne Unterbrechung des Gasstroms entfernt werden können.

(Aus dem Staubsack führt ein Rohr B abwärts in einen unterirdischen Canal C, der die Gase an die zu heizenden Warmwindapparate Whitwell'schen Princip's D abgibt. Die verbrannten Gase werden wieder in einem unterirdischen Canal E gesammelt und nach der Esse geleitet.)

Etwas complicirter ist die Anlage eines unterirdischen Reservoirs, einer wirklichen Flugstaubkammer A in Fig. 97 (S. 207). Aus dem Hochofen O werden die Gase durch einen Goedekes'schen Gasfang (Centralrohr und Randtrichter) abgezogen. Beide Leitungen vereinen sich in einem weiten verticalen Rohr C, welches mittelst eines Ventiles D mit einem kegelförmig sich nach unten erweiternden Rohr B in Verbindung steht, das seinerseits auf der Deckplatte der Kammer A gasdicht aufgestellt ist. Ueber dem Ventilkasten D führt ein Rohr E, gleichfalls noch

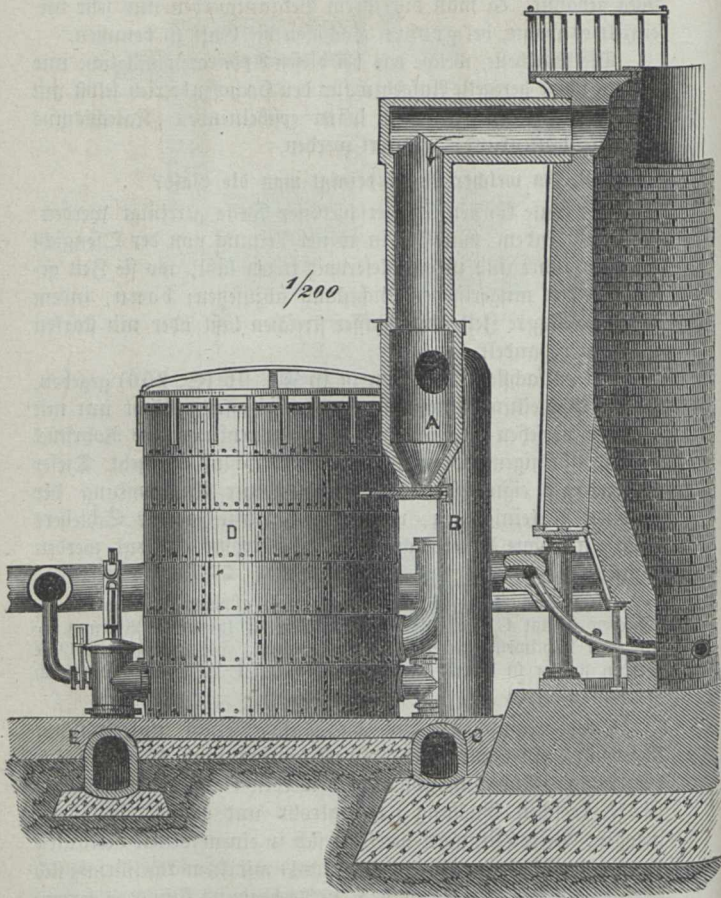


Fig. 96.

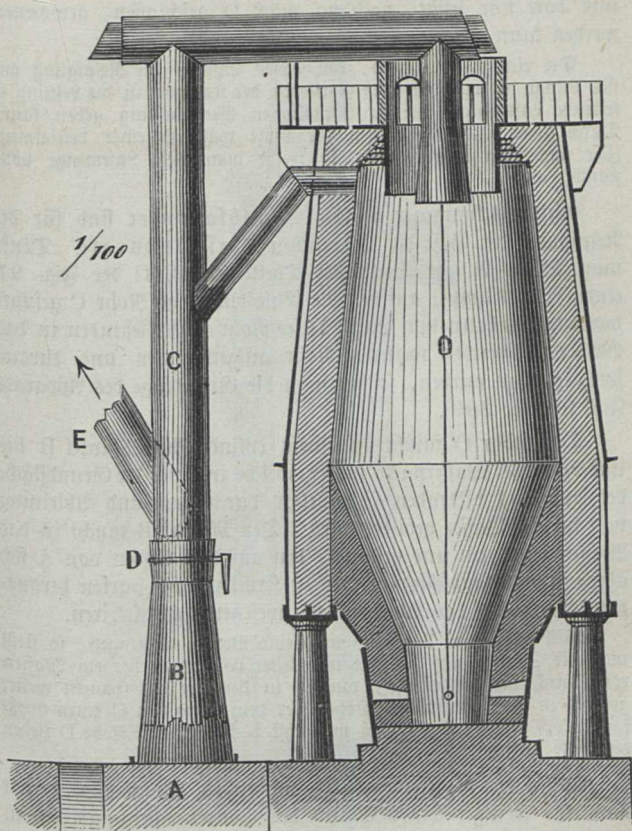


Fig. 97.

steil ansteigend, die Gase nach dem Hauptvertheilungsrohr. (S. folgende Frage.) Bei dem Niedersteigen und Emporziehen der Gase entledigen sie sich ihres Staubes, der an dem offenen Ventil D vorbei durch B in die Kammer A fällt

und dort sehr leicht, nachdem man D geschlossen, gewonnen werden kann.

Der einzige Uebelstand, den dieses System der Reinigung mit sich bringt, ist die nach dem Entleeren der Kammer in die Leitung E tretende Luftmenge, die zu Explosionen Veranlassung geben kann. Durch freies Ausströmenlassen der Gase während einer bestimmten Zeit nach dem Öffnen von D treibt man diese Luftmenge vollständig aus.

Weit vollkommener als die Staubsammler sind für die Reinigung der Gase die eigentlichen Waschapparate. Denkt man sich z. B. an Stelle der Theile A, B, C der Fig. 97 einen Wasserumpf, auf den die Gase durch das Rohr C geführt werden, um dann von einem dieses Rohr umschließenden in das Wasser tauchenden weiteren Rohr aufgenommen und daraus fortgeleitet zu werden, so hat man die Grundzüge des Apparats Fig. 98 (S. 209).

Das Rohr C taucht in einem cylindrischen Mantel B bis nahe zu einer Wasseroberfläche nieder, welche in einer die Grundfläche des Apparats bildenden Schüssel A durch Zu- und Ableitung von kaltem Wasser gebildet wird. Der Mantel B taucht in das Wasser selbst ein und gestattet, den auf dem Boden von A sich absetzenden Staubschlamm mittelst Krücken und Harken herauszunehmen, ohne das Wasserniveau wesentlich zu alteriren.

Will man zum Ueberfluß noch eine Brause anbringen, so stellt man die Schüssel auf Ständer und leitet von unten her ein Wasserrohr durch den Boden ein, welches in der Aue des Ganzen weiter geführt in einer bestimmten Höhe über dem Rand von C einen Gießkannenkopf trägt. Durch das möglichst hoch angelegte Rohr D ziehen die Gase weiter.

Außer diesem sehr energisch wirkenden Waschapparat hat man für weniger feinen Staub das Hauptvertheilungsrohr in eine Waschorrichtung verwandelt, indem man demselben die Querschnitte der Fig. 99 a und b (S. 210) gab. Man hat das Rohr einfach aufgeschnitten und die Ränder über einander gezogen, dann das Ganze so gelegt, daß der entstandene Schliß etwas über dem Boden sich befand. In dieses horizontal liegende Rohr münden die Zuführungen C, C, wie auch die Leitungen D, D,

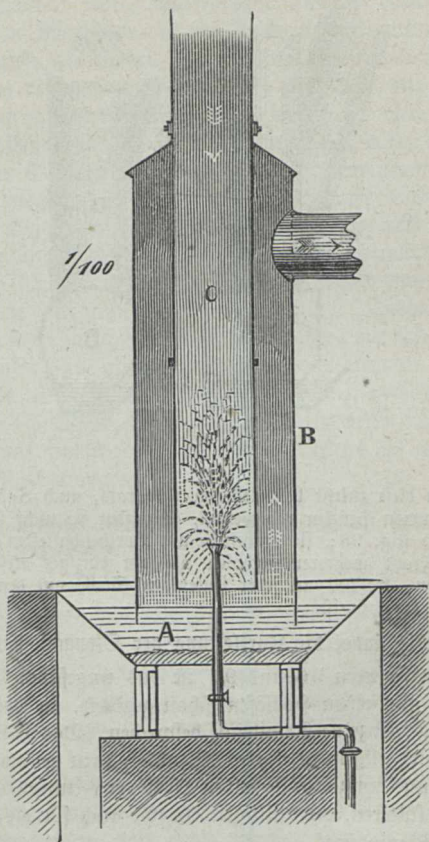


Fig. 98.

für die weitere Verwendung der Gase. Vor dem Schließ befindet sich eine kleine Plattform, um dem die Räumung besorgenden Arbeiter einen sicheren Stand zu gewähren.

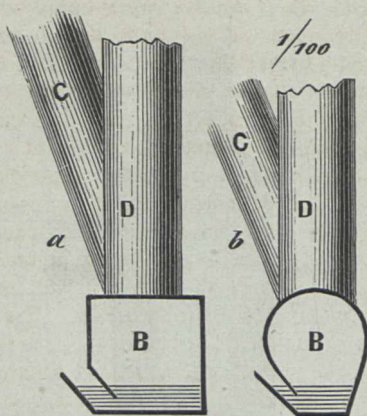


Fig. 99.

Werden diese zuletzt beschriebenen Apparate, auch S-Rohre genannt, in kurzen Stücken angewendet, so leisten sie nicht so viel wie die Apparate Fig. 98; sie erscheinen am Vortheilhaftesten, wenn sie längs der Front mehrerer Hochofen als ein einziges Reservoir angelegt werden, welches an jeder beliebigen Stelle mit den Zu- und Ableitungen versehen ist.

239. Wie findet die Fortleitung der Ofengase statt?

In den Figuren 96 und 97 ist das ungefähre Bild einer Gasleitung für einen Hochofen schon gegeben, so daß es nur noch erübrigt, einzelne Details zu besprechen. Das Material anlangend, wird allgemein starkes Eisenblech dazu genommen, für die heißeren und horizontalliegenden Theile der Leitung 8—10 mm dick, für die kälteren, verticalliegenden, wie auch für die dünneren Rohre 5—8 mm stark.

Ventile, Ventilsitze, Klappen, müssen von Gußeisen gemacht sein, um eine sichere Garantie für Dichtigkeit zu geben.

Die Dimensionen sind schwer zu bestimmen, da die Gase sich allmählich abkühlen, an Spannung verlieren, Dämpfe und Staub niederschlagen und sich in jeder Beziehung dem Volumen

nach verändern. Da, wie bei der Leitung heißer elastischer Flüssigkeiten überhaupt, es viel mehr darauf ankommt, hinreichend große, als knappe Querschnitte zu haben, so macht man die Leitung von Anfang bis zu Ende gleich weit und schaltet an den Verbrennungsstellen Schieber ein, mit denen man den Zufluß regulirt. Wenn man die Summe sämmtlicher in den Feuerungen befindlicher Gasausströmungen und den Querschnitt der vom Hochofen ausgehenden Hauptleitung gleich groß macht, so wird man im Allgemeinen das Rechte treffen. Bewährt haben sich weitere Leitungen gegenüber den anfänglich gebrauchten engeren, doch lassen sich die letzteren auch benutzen, sobald nur die nöthige Zugkraft die Bewegung der Gase unterstützt. Deshalb sind bei Gasfeuerungen in umfänglichen Apparaten, wo sich die Widerstände häufen, gut ziehende und geräumige Ramine ein Haupterforderniß. So z. B. betreibt man keinen der Hochofen Fig. 96, die mit 4—5 Whitwell'schen Apparaten betrieben werden, ohne die Gase mit gewaltigen Essen von mindestens 50 m Höhe und 5 m Weite abzusaugen.

240. Welche Details der Gasleitungen sind noch von speciellem Interesse?

Abgesehen von den Ventil- oder Schieberconstructions, welche den bei den Apparaten zur Besprechung kommenden vollkommen gleich sind, verdient eine eigenthümliche Einrichtung Erwähnung, die den schädlichen Wirkungen etwaiger Explosionen begegnen soll. Treten derartige Erscheinungen, die übrigens seltener vorkommen als im Beginn des Betriebs der Gasfeuerungen, in einer Leitung aus starrem Material auf, so ist deren partielle Zerstörung unvermeidlich. Hat die Leitung aber mehrere bewegliche Verschlüsse, die sich öffnen können, sobald der Inhalt der Leitung mit einer gewissen Gewalt expandirt, so gleichen sich die Spannungsunterschiede innerhalb und außerhalb der Leitung aus und die Gefahr ist zum größten Theil beseitigt. Die gewöhnliche Form der genannten Verschlüsse, der Explosionsklappen, ist die in Fig. 100 (S. 212) abgebildete; ein schräg liegender belasteter in Scharnieren beweglicher Deckel

schließt einen viereckigen gußeisernen Hals, der an die Verschlussscheibe eines horizontalen Leitungstheils angegossen ist. Außer diesen Explosionsklappen dienen auch die Wasserniveaus der

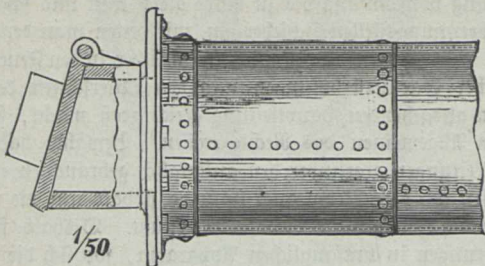


Fig. 100.

Waschapparate selbst als sehr wirksame Ausgleichungsmittel von Druckdifferenzen und es bildet dieser Vorzug ein weiteres Moment der zu empfehlenden Anwendung derartiger Wascheinrichtungen.

Es ist praktisch, in der Gasleitung an einer oder der anderen Stelle, am besten auf dem Hochofen oder in seiner Nähe, einen Abschluß herzustellen, durch den man die Gase zwingt ins Freie zu gehen, wenn an der Leitung irgend Etwas beschädigt ist. Zu diesem Behuf versteht man das centrale Abzugsrohr oder das obere Ende des verticalen Abfallrohrs mit einem 3—4 m großen durch eine einfache Klappe geschlossenen Ramin und bringt über der nach unten führenden Gasleitung am Ende des Horizontalrohrs (Fig. 96 und 97) ein Glockenventil an, dessen einfache Einrichtung und Bewegung aus Fig. 101 (S. 213) ohne Weiteres hervorgeht. Der bequemen Handhabung wegen ist ein solches Ventil einem Schieber stets vorzuziehen.

ββ) Generatoren gas e.

241. Was sind Generatoren gas e?

Die Generatoren gas e, d. h. Resultate einer richtig geleiteten Verbrennung in besonderen Feuerräumen, Generatoren, sind sehr verschiedene Gemische je nach der Beschaffenheit

der zu ihrer Fabrikation benutzten Materialien und nach dem Charakter des Darstellungsprocesses. Das Grundprincip ihrer Darstellung ist Verwandlung des Kohlenstoff- und des Wasserstoffgehalts von irgend einem natürlichen, rohen oder einem raffinirten Brennstoff in brennbare gasförmige Verbindungen unter Zurücklassung der festen Verunreinigungen und unter gleichzeitiger Beseitigung der nicht brennbaren dampfförmigen Bestandtheile der Vergasungsproducte.

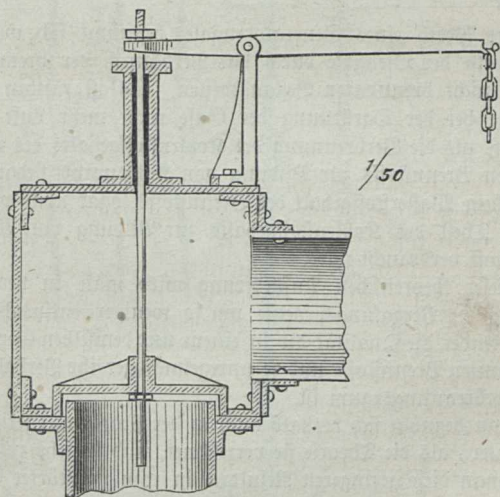


Fig. 101.

Dieser Darstellungsproceß, die Vergasung, erfordert Wärme und diese Wärme wird durch vollständige Verbrennung eines möglichst kleinen Theils von dem zu vergasenden Brennstoff geliefert, wie es bei dem Verkohlungs- und Vercolungsproceß auch geschieht. Die hierbei entstehenden, nicht brennbaren Producte, Kohlen säure und Wasserdampf, treten zu den brennbaren, Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff (auch

Wasserstoff), in dem Generatorensgasgemisch hinzu und außerdem findet sich in demselben noch immer der Stickstoffgehalt der Luft, welcher zur Vergasung in den Generator geleitet wurde, vollständig vor. Weitere Elemente der Generatorensgase sind Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Cyan, doch stets in sehr geringer Menge, und ohne Einfluß auf den Brennwerth der Gase.

242. Wodurch wird der Werth eines Generatorensgases bestimmt?

Der Werth eines Generatorensgases bestimmt sich wie auch der Werth der Dfengase durch das Verhältniß der brennbaren zu den nicht brennbaren Bestandtheilen. Es ist mithin nothwendig, bei der Darstellung der Gase nicht mehr Luft anzuwenden, als die Verbrennung des Kohlenstoffgehalts des zu vergasenden Brennstoffs zur Bildung von Kohlenoxyd bedarf, bei merklichem Wasserstoffgehalt des Brennstoffs sogar noch weniger, da ein Theil des Kohlenstoffgehalts zur Bildung von Kohlenwasserstoff verbraucht wird.

Dieser theoretischen Anforderung wird man in der Ausführung der Vergasungsprocesse um so weniger entsprechen, je schwankender die Qualität der in einem und demselben Generator verbrannten Brennstoffe und je unregelmäßiger ihr Verhalten in dem Verbrennungsraum ist.

Man begnügt sich deshalb auch in der Praxis mit geringeren Resultaten, als die Theorie sie verzeichnet, und ist sehr zufrieden, wenn man diese geringeren Resultate in wenig gestörter Gleichmäßigkeit benutzen kann.

243. Was ist die durchschnittliche Zusammensetzung der verschiedenen Generatorgase?

Die nachfolgende Tabelle giebt Analysen einzelner Generatorgasarten in Volumprocenten:

	Stickstoff- gehalt	Kohlensäure	Kohlenoxyd	Wasserstoff	Kohlen- wasserstoff	Wasser	Sauerstoff	
<i>α) Holzgas.</i>								
Holzgas getrocknet (Ebelmen)	50,3	10,2	25,2	13,9				
Gas aus nassen Sägespänen: (Kinman)								
von alten Spänen } vor Passiren	52,8	11,3	21,3	10,4	4,2	} 32,86 dem Ge- wicht nach	—	
von neuen Spänen } eines			ohne Wasser					—
von neuen Spänen } Condensators	52,7	11,4	19,2	10,4	6,3			
von neuen Spänen (nach Passiren eines Condensators)	53,1	11,8	19,8	11,3	4,0	2,00 dem Ge- wicht nach	—	
<i>β) Holzkohlengas.</i>								
Holzkohlengas (Ebelmen-Knapp)	63,4	0,5	33,3	2,8	—	—	—	
<i>γ) Torfgas.</i>								
Torfgas (Ebelmen-Knapp)	61,5	9,1	21,8	7,9	—	—	—	
<i>δ) Braunkohlengas.</i>								
Braunkohlengas	Hiervon fehlen genaue Analysen.							
<i>ε) Steinkohlengas.</i>								
Gas von St. Gobain (Kraus)	61,2	4,2	24,2	8,2	2,2	—	—	
Gas einer anderen Fabrik (Kerl)	55—65	3—10	17—22	5—16	3—6	—	0,1—3,2	
Gas der Schweißöfen	60,82	7,35	19,79	5,24	1,13	5,67	—	
do. } Phönix	61,06	5,84	19,82	6,96	2,41	3,91	—	
do. } zu	62,39	5,42	22,24	4,56	2,02	3,37	—	
Gas der Martinstahlöfen	62,57	7,43	18,81	5,54	2,04	3,61	—	
do. } Laar bei	62,01	6,92	19,25	4,92	2,31	4,59	—	
do. } Ruhrort	59,16	6,23	20,68	7,49	1,90	4,54	—	
do. } (Stöckmann)								
<i>ζ) Cokesgas.</i>								
Generatorgas (Ebelmen)	64,26	0,73	33,54	1,47	—	—	—	

244. Was geht aus den Zahlen der vorstehenden Tabelle hervor?

Es ist ersichtlich, daß den Ofengasen gegenüber die Generatorgase sich durch einen größeren Inhalt brennbarer Substanzen auszeichnen und daß sie, da ihre Fabrication Zweck, nicht Nebensache des erzeugenden Apparats ist, eine constantere Zusammensetzung zeigen, die nur durch schwankende Qualität einer Brennstoffart und durch Fehler im Betrieb alterirt werden kann.

Weiter ist ersichtlich, daß über die Hälfte, fast $\frac{2}{3}$ des Generatorenproducts aus Stickstoff besteht und daß außerdem noch immer Kohlen säure vorhanden ist, deren Menge zwischen $5\frac{1}{2}$ und 12 Volumprocenten schwankt; auch Wasser ist, selbst bei den von Stöckmann analysirten Ruhrorter Steinkohlengasen, reichlich vorhanden. Diese Verhältnisse deuten darauf hin, daß es schwer ist, in der Praxis des Generatorenbetriebes nur mit der theoretisch erforderlichen Luft auszukommen und daß dem entsprechend die Gase in der Regel bei zu hoher Temperatur dargestellt werden.

Die bei der Bildung von Kohlen säure und Wasser entwickelte Wärme, welche im Generator frei wird, geht für den Heizproceß verloren, sobald die Gase sich auf dem Weg nach dem Verbrennungsraum abkühlen müssen. Auch die bei der Vergasung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs zu Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoff im Generator entwickelte Wärme geht zum größten Theil verloren und wird nicht wiedergewonnen.

245. Welche Vorzüge hat trotzdem die Gasfeuerung mit Generatorenbetrieb?

Die Vergasung von Brennstoffen in Generatoren ermöglicht im Allgemeinen die Verwendung jeden Brennstoffs, auch desjenigen, der wegen seiner äußerlichen und constitutiven Eigenschaften in directer Feuerung ungenügend erscheint, höhere Temperaturen hervorzubringen. Man beseitigt durch Vergasung den Einfluß der Asche und umgeht die Nothwendigkeit, umfängliche und schwer zu betreibende Feuerungsanlagen zu bauen.

Durch Condensationsanlagen gelingt es, auch sehr wasserreiche Abfälle, welche, wie die von Kinman analysirten

Sägespänprouducte beweisen, in den Gasen bis $\frac{1}{3}$ ihres Gewichts Wasserdampf geben können, zur Hervorbringung hoher Temperaturen zu benutzen.

Ein weiteres Mittel, den pyrometrischen Effect d. h. die hervorgebrachte Temperatur zu steigern, ist die Vorwärmung der eventuell entwässerten Gase und der dazu tretenden Verbrennungsluft vor dem Mischen und Eintreten derselben in den Heizraum; bei directer Verwendung fester Brennstoffe kann man dieses Princip nur bezüglich der Verbrennungsluft der in den Ofen tretenden Gase anwenden.

Der getrennt von den Ofen geführte Generatorenbetrieb hat außerdem den Vortheil, eine Unabhängigkeit der Gasproduction von der Heizungsanlage hervorzubringen, die besonders dann empfunden wird, wenn voluminöse Brennstoffe, welche in großen Mengen vergast werden müssen, kleine aber energisch wirkende Apparate betreiben sollen.

Ein Vortheil, der bis jetzt noch nicht immer ausgenutzt worden, ist die Möglichkeit, bei einer noch so umfanglichen Gasfeuerung, wie bei einer Gaslampe, den Charakter der Flamme durch größere oder kleinere Luftzuführung ändern zu können.

246. Was ist noch besonders in Bezug auf das Material zur Gasfeuerung zu bemerken?

Es lassen sich in Generatoren alle rohen und verkohlten, auch die künstlich agglomerirten Brennstoffe, Kohlenziegel oder Briquettes, verarbeiten; ihre Wirksamkeit steigt natürlich mit dem Gehalt an Kohlen- und Wasserstoff, so wie mit der Abnahme des Wassergehalts. Wegen des letzteren ist ein vorgängiges Darren und Trocknen erwünscht, wenn auch nicht absolut nöthig, da man sich des Wasserdampfs in den Gasen selbst durch Condensation entledigen kann; es kommt darauf an, ob das Trocknen des Brennstoffs mehr kostet als der Wärmeverlust durch Verdampfen des Wassers und Ueberhizen des entstandenen Dampfes im Generator beträgt.

Alle Brennstoffe, welche im Feuer backen, also die fetten Steinkohlen z. B., sind für den Generatorenbetrieb weniger

geeignet, als die mageren Brennstoffe; ebenso sind Materialien, die vermöge ihrer äußeren Beschaffenheit sich im Feuerraum fest auf einander legen, also alle stäubigen, pulverigen Brennstoffe schwieriger zu vergasen, als solche, die Hauswerke von gleichmäßiger Lockerheit bilden.

Der Grund ist sowohl bei den backenden als bei den pulverigen Brennstoffen die Bildung von Hohlräumen in Folge des ungleichmäßigen Niedersinkens bei fortschreitender Verbrennung; diese Hohlräume geben zu starken Luftauffaugungen und vorwiegend der Kohlensäure-Entwicklung Veranlassung.

247. Wie verhält sich der Vergasungsproceß in seinem Verlauf bei den verschiedenen Brennmaterialien?

Bei den verschiedenen zur Gasdarstellung für Heizzwecke angewandten Brennstoffen läßt sich Folgendes constatiren:

Die Vergasung beginnt nicht immer bei gleicher Temperatur, sondern tritt bei den leichter entzündlichen Brennstoffen, also Holz und Torf, eher ein als bei Braunkohlen, Steinkohlen und Cokes.

Das Abschmauchen, die Wasserverdampfung, erfordert ebenfalls verschiedene Zeitdauer, da es viel Wärme bindet und da diese Wärme um so langsamer zur Wirkung kommt, je mehr Wasser in dem Brennstoff vorhanden ist. Während Steinkohlen und Cokes wenig Zeit zum Abschmauchen haben müssen, verbleiben Holz und Torf länger in dieser Periode.

Man kann bei einmal im Gang befindlichen Generatoren die Wirkung des Schmauchens durch regelmäßiges Beschütten abschwächen und in besonders schwierigen Fällen durch Zuführung heißer Verbrennungsluft die Verdampfung beschleunigen; das letztere Mittel ist aber gefährlicher als das zu beseitigende Uebel und es wird mehr durch Construction und Betrieb auf die Abkürzung des Schmauchens zu wirken sein.

248. Wie classificirt man die praktisch bewährten Generatoren?

Die sehr zahlreichen bewährten Generatoren zu classificiren ist schwierig, da der Systeme sehr viele sind und selbst für den gleichen Brennstoff die verschiedensten Lösungen des Constructionsproblems existiren. Da die Eigenschaften der Brennstoffe unzweifelhaft

den größten Einfluß auf den Unterschied der Constructionen haben, so kann man sich am Besten orientiren, wenn man nach den Brennstoffen vorgeht und

Generatoren für leichte Brennstoffe und

Generatoren für schwere Brennstoffe unterscheidet.

249. Was ist bezüglich der Generatoren für leichte Brennstoffe zu bemerken?

Die Generatoren für leichte Brennstoffe sind meist geräumige dem großen Volumen der Brennstoffe (Holz und Torf) entsprechende Apparate, die sich unter einander durch verschiedene Bauart und Dimensionirung unterscheiden, jenachdem sie in weiterer oder engerer Verbindung mit dem zu heizenden Apparat stehen.

Eine besondere Gruppe wird gebildet durch diejenigen Generatoren, welche pulverige Abfälle, Sägemehl, Lohe u. dgl., verarbeiten und die eine durchaus andere Construction haben müssen, als die für stückigen Brennstoff gebrauchten.

250. Welches sind die bewährteren Constructionen von Generatoren für Holz und Torf in Stücken, sobald sie nicht in enge Verbindung zum Heizapparat gebracht werden müssen?

Die älteste Form der Generatoren, die man lediglich für leichte Brennstoffe construirte, ist die in Fig. 102 (S. 220)-dargestellte, welche von Bischoff herrührt.

In einen conisch nach oben zusammengezogenen Schacht A wird das Brennmaterial durch die Mündung B aus dem Füllraum C, der nach unten durch einen Schieber, nach oben durch einen Deckel abgeschlossen ist, aufgegeben und sinkt durch die sich verengende Zone (Rost) des Ofens D auf den schräg liegenden Rost E, unter welchem sich der mit einer Thürplatte G verschlossene Aschenfall F befindet.

Eine Oeffnung in der Thürplatte G und die Thür H, so wie den Zwischenraum zwischen der Schwellenplatte L und dem Rost benützt man zur Luftzuführung und zum Arbeiten im Feuer, während sich der Niedergang des Brennstoffs durch die mit Ziegeln verschlossenen Schaulöcher J, J, J übersehen läßt. Der Gasabzug K ist mit einem Register verschlossen, um event. die Zuströmung des Gases plötzlich abstellen zu können und um den Zug zu reguliren.

Für noch voluminösere Brennstoffe (Rasen- und Moostorf, Waldstreu, Kienzapfen, Reifig etc.), die aber leicht backende Asche

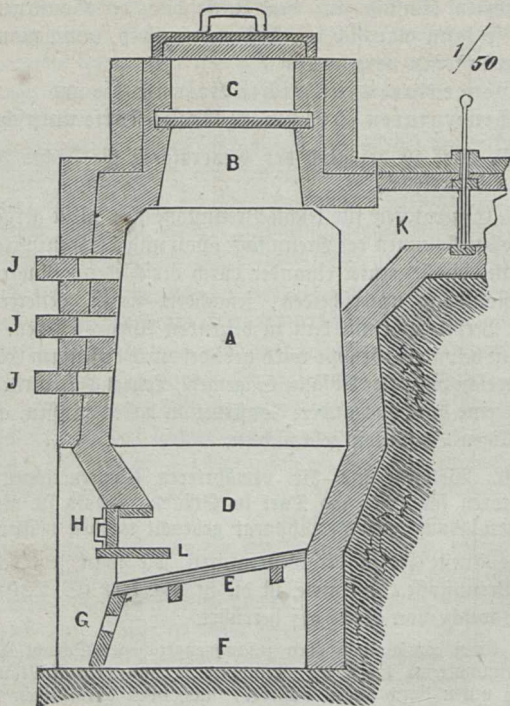


Fig. 102.

geben, empfiehlt sich der in Fig. 103 (S. 221) dargestellte Generator, der mit einem gebrochenen Kofst versehen ist.

Durch den Füllcylinder B, der immer voll zu erhalten ist, werden die Brennstoffe in den Schacht A gestürzt, gelangen auf den Kofst D, der den Aschenfall E nach oben hin abgrenzt. Der Zwischenraum F zwischen Vorderwand und Kofstante ist reichlich gewählt, wie auch der Abstand beider Kofste, um das Herausfallen der Asche und das Arbeiten zu erleichtern; bei zu heißem Gang läßt sich F durch Auflegen von Ziegeln verringern. Durch den Canal C ziehen die Gase am oberen Ende hinter dem Füllcylinder ab.

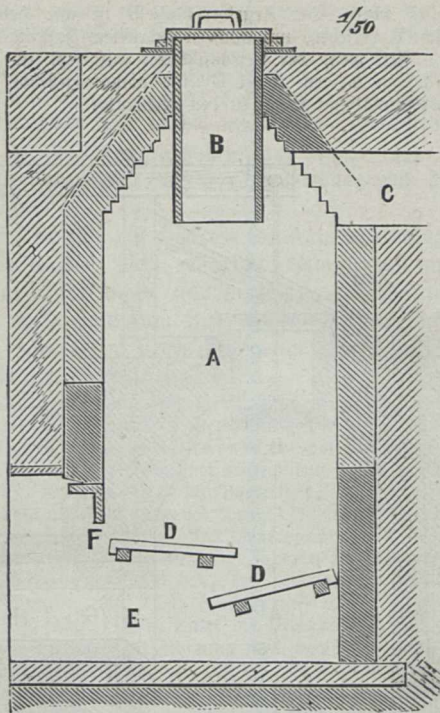


Fig. 103.

Da Holz und die meisten Torfarten vegetabilen Aussehens zu den leichter verbrennlichen Stoffen gehören und auf Roosten oft zu heiße Gase geben können, ist man in neuester Zeit bei Generatoren namentlich für mittlere Holz- und Torfabfälle darauf gekommen, die Rooste ganz fortlassen zu lassen.

Einen solchen Generator, von Albert Pütsch construiert, stellt Fig. 104 (S. 222) dar; der weite Schacht A zieht sich nach oben conisch zusammen und geht in einen Füllraum C mit Deckel und

Regelverschluß über. Der Regelverschluß B ist mit Hebel D und Gegengewicht E versehen, um auch in belastetem Zustand verschlossen zu bleiben. Erst wenn der Verschlußdeckel aufgesetzt ist giebt man durch Heben von E dem Regel B eine abwärtsgehende Bewegung und das Brennmaterial stürzt in den Generator.

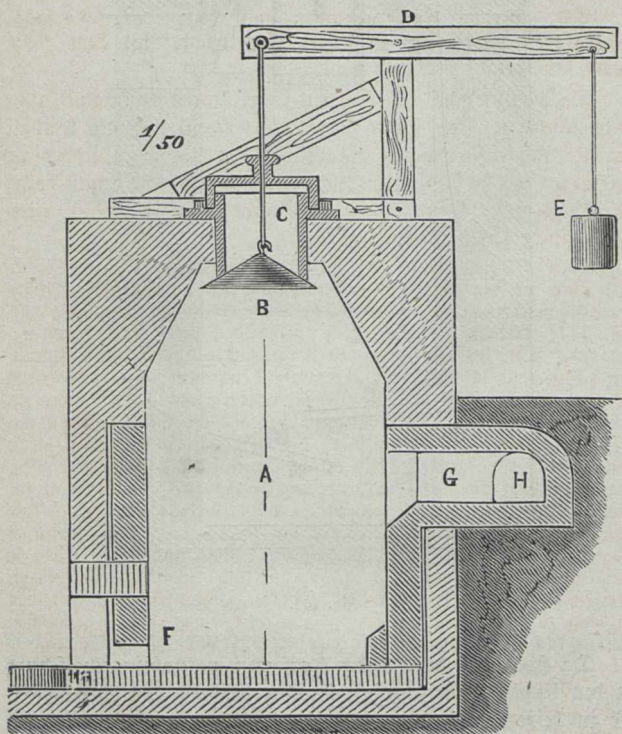


Fig. 104.

Der Gascanal G, der nach einem Quercanal H führt (welcher mehrere Generatoren verbinden kann), ist ziemlich niedrig angelegt; die Feuchtigkeit des frisch eingeschütteten Brennstoßes wird, ehe sie

abwärts bis G zieht, erwärmt und unterbricht nicht den Effect des Ofens nach jeder Aufgabe, wie wenn das Gas über der Schüttfläche abgezogen würde. Durch Oeffnungen in dem als Aschenthür dienenden Steinversatz F zieht die nothwendige Verbrennungsluft ein und nach Wegnahme von F geschieht die Reinigung der Generatorsohle von angeschmolzener Asche in den nothwendigen Zeitabständen.

251. Welche Constructionen von Holz- und Torfgasgeneratoren haben sich in enger Verbindung mit dem Heizraum bewährt?

Da die Versuche mit isolirten Generatoren anfänglich nicht recht glücken wollten, suchte man durch Erweiterung und Umbau der Flammofenfeuerungen eine Vergasung des Brennstoffes zu erreichen, welche sicher zum Ziel führen sollte. Es bekam dann allerdings jeder Ofen seinen Generator, wo er früher seine gewöhnliche directe Befuerung hatte.

Eine in diesem Sinn sehr bewährte Construction, deren Erfolge wesentlich zu der schließlichen Verbreitung der metallurgischen Gasfeuerung beigetragen hat, ist der Kärnthner Holzgasgenerator Fig. 105 (S. 224), der auf den Kärnthner Eisenhütten zuerst in Anwendung gelangte. Der Generator ist in den Vordertheil des zu heizenden Flammofens eingebaut und steht durch den Canal C mit dem Inneren desselben in unmittelbarer Verbindung. Der Generatorschacht A stellt einen im Längsprofil des Ofens nur 40 cm, dagegen im Querprofil 84 cm weiten rechtwinkligen Raum dar, der von der Vorderseite B durch einen mit schrägliegender Thür verschlossenen Canal beschützt wird. Der Rost liegt über $1\frac{1}{2}$ m unter der Feuerbrücke, während er bei dem System der directen Feuerung mit demselben Brennstoff (geschnittenem und gedarrtem Holz) nur $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ m unter dem genannten Niveau sich befand. In Folge dessen ist Rost und Aschengrube E weit unter die Hüttensohle J gekommen und ein theilweise offener oder mit durchbrochenen Platten gedeckter Canal H vermittelt den Zugang zu dem Aschenfall E, der auch mit einer Thür G geschlossen werden kann. In eine Nische der Feuerschachtwand ist ein Schlangrohr F eingelassen, durch welches mittelst eines geeigneten Gebläses Wind getrieben wird, der, nachdem er sich hier im Contact von Asche und Feuer erhitzt hat, zur Verbrennung der Gase im Ofen benutzt wird.

Bei den Generatoren, deren Gase in directer Weise und ohne Abkühlung in den Verbrennungsraum gelangen, kann man, um die Energie der Feuerung etwas zu steigern, auch den Generator selbst mit gepresster Luft speisen.

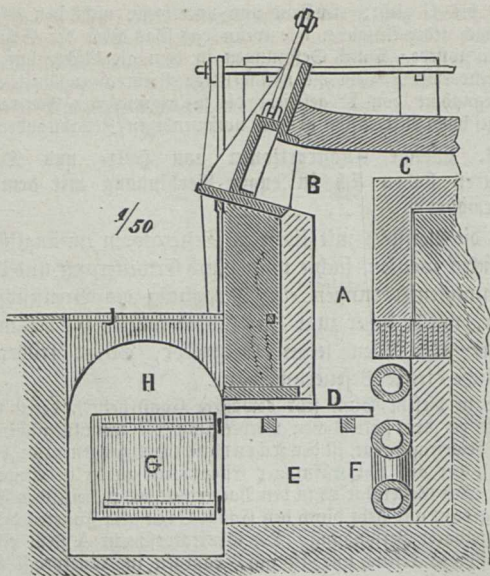


Fig. 105.

Es existirt eine Varietät des Kärnthner Generators, welche eine etwas andere Kofconstruction besitzt und mit Unterwind betrieben wird. Eine gleichfalls bewährte Construction ist der in Fig. 106 (S. 225) dargestellte Generator von Billotte bei Chatillon (Frankreich). Der im Querschnitt gezeichnete Apparat steht neben einem Flammofen, und giebt seine Gase aus dem Schacht A durch einen Canal C nach einem Aschensammler ab, aus dem eine Oeffnung D die wenig abgekühlten Gase in den Feuerraum des Flammofens E führt. Das Brennmaterial wird in einem Fülltrichter mit Schieberboden und Deckel aufgegeben; unter dem Kof G befindet sich der verschlossene Aschensfall F, in den eine Rohrmündung H den Unterwind führt.

Eine eigenthümliche Form zeigen die Gebläsegeneratoren von Ekman, welche bei schwedischen, und später auch bei steirischen Schweißöfen angewandt worden sind. Es sind mit Düsen (Windzuführungen) versehene Schächte, in denen die Brennstoffe niederfallen

und ihre Gase am unteren Ende entweichen lassen, wo der Schacht auf dem gewöhnlichen Ofenfeuererraum steht. Das Feuerungsprincip ist richtiger, da die Producte des Abschmauchens erst die ganze glühende und brennende Kohlensäule passiren müssen, ehe sie in das Ofeninnere gelangen. Fig. 107 (S. 226) giebt einen Begriff dieses Apparats.

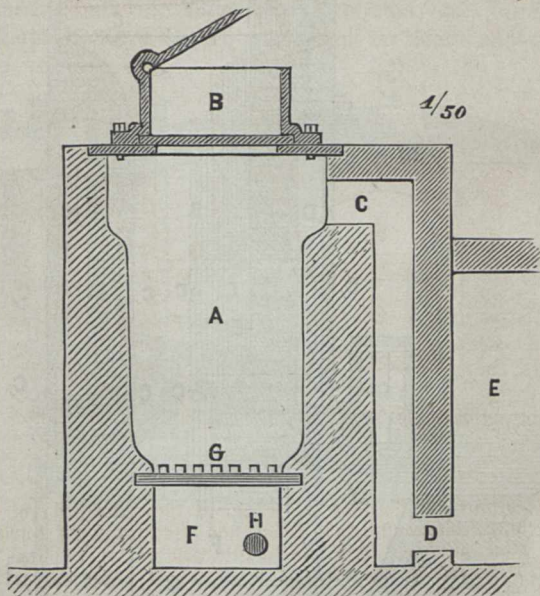


Fig. 106.

Der in A aufgegebenene Brennstoff gelangt nach dem zusammengezogenen Schacht B, wo er durch Windströme verbrannt wird, welche durch zahlreiche (4—7) Düsen C, C aus einem ringförmig den Ofenkörper umgebenden Windreservoir in das Innere gelangen. In E schließt sich die vom Gebläse herkommende Windleitung an, welche auch noch den Kasten K versorgt, der quer über dem Gewölbe der Feuerbrücke liegt. Durch Visire C, C, in dem Eisenmantel des Generators kann man in die Düsen sehen und sich von dem gleichmäßigen Fortgang des Brandes überzeugen. In der eigentlichen

Feuerkammer F, welche durch eine Thüröffnung H zugänglich ist, befindet sich jederseits eine Düse G, um den niedergegangenen Brennstoff vollständig zu verbrennen. Die Gase treten bei J über die

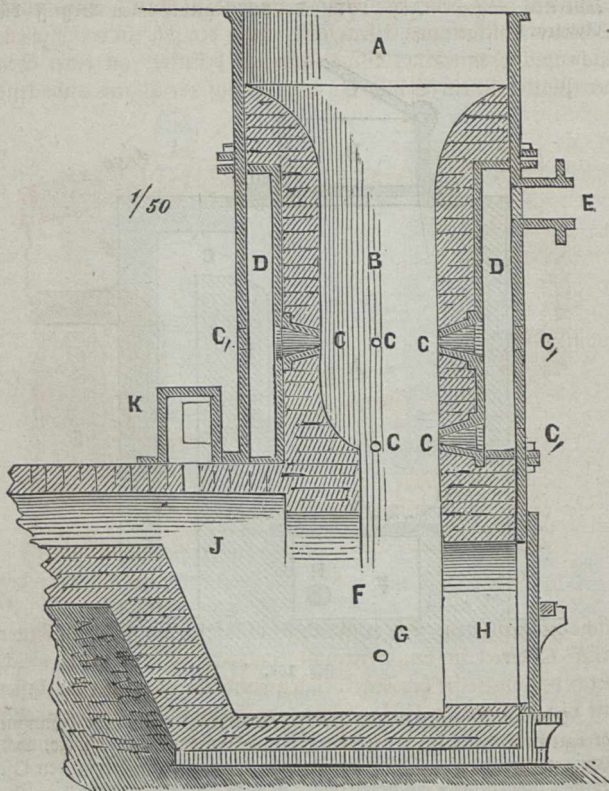


Fig. 107.

Feuerbrücke und in den Ofen, nachdem von oben her aus dem Kasten K durch 7—9 Schlitze im Gewölbe fein vertheilte Luft zu ihrer Verbrennung zugeführt worden ist.

Eine Feuerung mit Müller'schem Heizpult stellt Fig. 108 dar; der Vergasungsraum A empfängt durch die mit einer Thür C verschlossene Oeffnung B den Brennstoff. Derselbe verbrennt auf dem den Rost vertretenden Pult, einer durchlöcherten schiefgelegten Eisenplatte, unter der sich ein verschlossener Aschenfall F mit einer Windleitung E befindet; an einer Seite der Platte ist ein Schliß G, um die auf der Platte anbackende

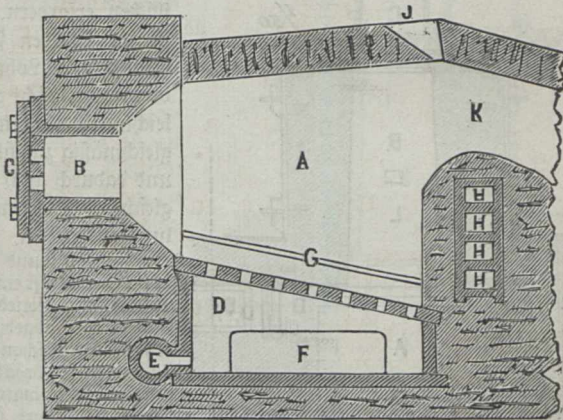


Fig. 108.

Asche zu entfernen. Die entstandenen Gase ziehen über die Feuerbrücke K direct in den Heizraum, nachdem sie mit Luft, welche durch den einen in der Feuerbrückenwand eingelassenen Heizkasten mit vielen Canälen HH geführt, erwärmt und dann von oben her durch den Schliß J in den Ofen geblasen wird, sich gemischt und entzündet haben.

252. Welche Constructions sind besonders für Holzklein, Sägespäne, Lohe u. dgl. zu empfehlen?

Die Generatoren zur Vergasung von Holzabfällen aller Art müssen in den meisten Fällen mit gepresster Luft betrieben werden;

nur, wenn die Gase zu geringeren Leistungen benutzt werden sollen, genügt natürlicher Luftzug. Bei einigermaßen lockeren Abfällen d. h. solchen von nicht regelmäßiger Gestalt ist eine schachtartige Construction des Generators mit hoher Schüttung

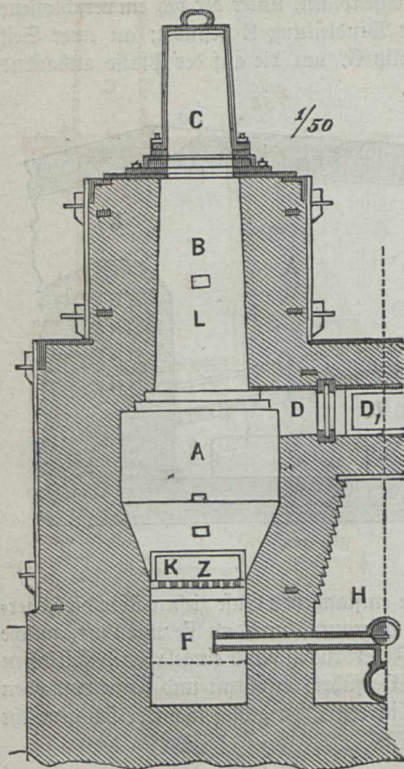


Fig. 109.

anwendbar, wogegen Lohe und Sägespäne eine flache Schüttung auf ausgedehnten Rostrflächen erfordern. Es ist im letzteren Fall, besonders bei Loheverbrennung, nicht ganz leicht, die Verbrennung gleichmäßig zu führen und dadurch auch eine gleiche Gasentwicklung zu erzielen.

Fig. 109 und Fig. 110 (S. 229) ist ein mit Luftpressung betriebener Generator abgebildet, den Thoma schon vor 30 Jahren für bröckliges unreines Brennmaterial, kleines Holz, Torf, selbst für stückige unreine Braunkohlen construiert hat. Der oftmaligen Reinigung wegen sind, anstatt eines großen, zwei kleine mit einander in Verbindung stehende Apparate angewandt, von denen in der Figur der rechtsstehende weggelassen ist. Der eigentliche Verbrennungsschacht A erhält

durch B und den verschiebbaren Aufgebeycylinder C den Brennstoff, welcher auf dem Rost E vollends verbrennt und durch den verschließbaren Canal D die Gase nach einer gemeinschaftlichen Leitung D,

abgibt. Unter dem Rost befindet sich der durch eine Thür G verschlossene Aschenfall F, in welchen von der Seite her die mit Wechselhahn versehene Windleitung H führt. Der Betrieb wird durch die Visire J, J, beobachtet und durch die Arbeitsöffnungen K, K, über dem Rost und L, L, im Oberschacht mittelst Brechstangen und Kraken unterstützt.

Ein Ofen zur Verbrennung von Sägemehl und Lohe, der in Frankreich erbaut und betrieben worden ist, gehört ebenfalls in die Classe der Generatoren, auch wenn die sich bildenden Feuer-gase direct unter einen Dampfkessel ziehen.

Der ganze Apparat Fig. 111 und 112 (S. 230) stellt eine offene Grube dar, auf deren Boden zwei Roste liegen, die über $\frac{2}{3}$ der ganzen Grundfläche einnehmen. Ueber diesen Rosten sind zwei Gurtbögen gespannt, um das Brennmaterial nicht von oben her, sondern von den Seiten auf beide Rostflächen gelangen zu lassen. In der einen Langseite befinden sich Thüren zur Bedienung der Roste, während

gegenüber die Füchse zum Abzug der Gase liegen. Den Brennstoff, der durch Pressen eines Theils seiner Feuchtigkeit beraubt wird, schüttet man haufenweise oben ein und schürt ihn sowohl von oben als von unten nach den Rosten hin, wo er partiell verbrennt und vergast.

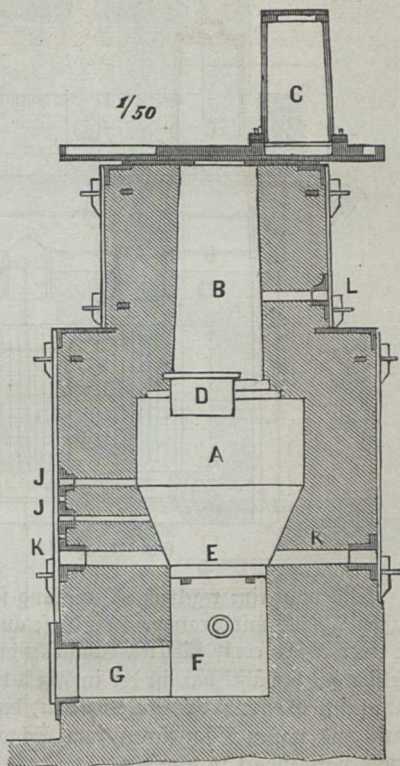


Fig. 110.

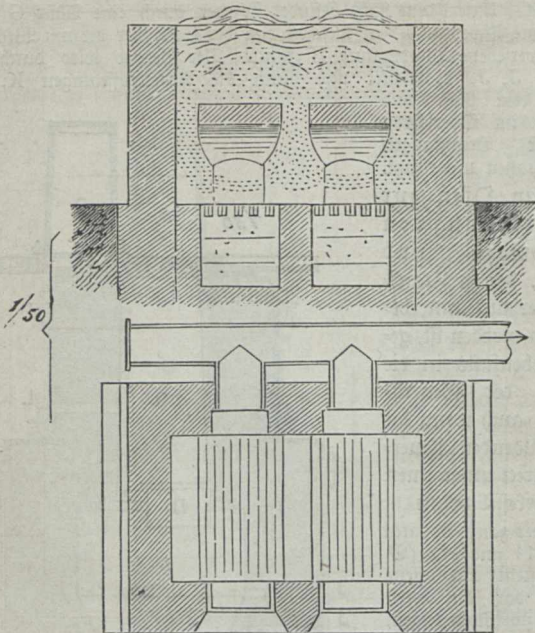


Fig. 111 und 112.

Will man eine regelrechte Vergasung solchen pulverigen und nassen Abfalls mit Transport der Gase ausführen, so muß man zu einer etwas complicirteren Construction greifen; eine solche, die sich gut bewährt hat, ist der in Fig. 113 (S. 231) im Profil dargestellte Generator von Lundin, der es zuerst ermöglichte, Gase aus nassen Sägespänen zum Schweißen von Eisen und Stahl vortheilhaft zu benutzen.

Dieses Material wird in abgemessenen Portionen, welche einen conischen Fülltrichter mit Deckel- und Bodenverschluß füllen, aufgegeben und gelangt aus dem Fülltrichter mittelst Senken des conischen Bodens in das eiserne Rohr A, welches die Fortsetzung der Aufgebeföffnung des eigentlichen Generators C bildet.

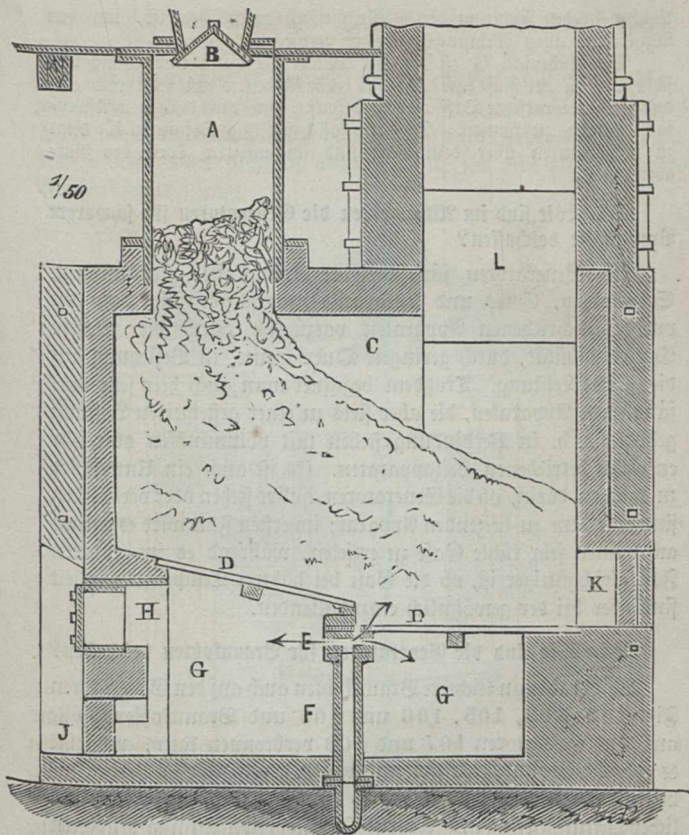


Fig. 113.

Dieser Generator, von bedeutender Ausdehnung, wird nach unten durch einen gebrochenen Krost D abgeschlossen, welcher in der Mitte durch einen hohlen Balken E unterstützt wird, der seinerseits auf einem Rohr F ruht. Dieses Rohr ist die Windleitung zum Betrieb des Generators und führt die gepresste Luft zunächst nach dem Balken E,

welcher in der Richtung der Pfeile vielfach durchlöchert ist, um den Wind nach allen Richtungen hin zu vertheilen.

Der Aschenfall G ist an der Vorderseite durch eine Wand verschlossen, in der sich eine Thür H zum Arbeiten am Rost und eine durch Steine versezte Oeffnung J befindet, um periodisch den Aschenfall räumen zu können. Die ebenfalls versezte Oeffnung K dient zu Reparaturen über dem Rost und im unteren Theil des Gasabzuges L.

253. Wie sind im Allgemeinen die Generatoren für schwerere Brennstoffe beschaffen?

Die Generatoren für schwerere Brennstoffe, Braunkohlen, Steinkohlen, Cokes und Anthracite unterscheiden sich von den vorher beschriebenen Apparaten vorzüglich durch die relative Compendiosität, durch geringere Querschnitte, in Beziehung auf die gleiche Leistung. Trotzdem begegnet man auch hier sehr umfanglichen Apparaten, die aber stets zu einer gesteigerten Leistung gehören d. h. in Verbindung stehen mit voluminösen oder sehr energisch betriebenen Heizapparaten. Es ist auch ein Unterschied zu machen darin, ob die Generatoren isolirt stehen oder verbunden sind mit dem zu heizenden Apparat; im ersten Fall wird es darauf ankommen sehr kühle Gase zu erzielen, während es im anderen Fall gleichgültiger ist, ob die Gase bei höherer Temperatur erzielt sind oder bei der gewöhnlich einzuhaltenden.

254. Wie sind die Generatoren für Braunkohlen beschaffen?

Während man leichtere Braunkohlen auch auf den Generatoren Fig. 102, 103, 105, 106 und 108 und Braunkohlenabfälle auf den Generatoren 107 und 109 verbrennen kann, empfiehlt es sich für Braunkohlen von mittlerer d. h. erdig-erber Beschaffenheit Apparate anzuwenden, welche bequeme Beschüttung mit reichlicher Luftzuführung und einer Rostconstruction zur ungehinderten Entfernung der Asche verbinden.

Für die Anwendung von großen Stücken ist der von Steinmann angegebene Generator Fig. 114 (S. 233) vollkommen geeignet. Derselbe stellt einen in den Ecken gebrochenen quadratischen Schacht A dar, unter dessen Oeffnung sich ein großer überstehender Rost B befindet, der der Luft ausreichend

Zutritt giebt und die Arbeit über wie unter dem Kofte bequem gestattet.

Der Fülltrichter C hat nur einfachen Verschluß und reicht nicht bis unter die Sohle des Gasabführungschanals D herab, sodaß nasser Brennstoff nicht in dem Generator verbrannt werden darf, wenn man nicht in anderer Weise für eine gleichmäßige Abschmauchung sorgt.

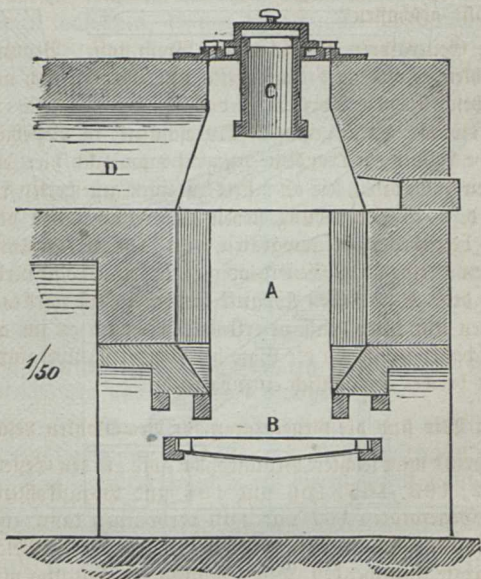


Fig. 114.

Alare Braunkohle kann mit Hülfe von Gebläse, aber auch mit Hülfe besonders angeordneter Kofte verbrannt werden; eine solche Construction, welche ähnliche Dimensionen besitzt wie der Lundin'sche Generator Fig. 113, zeigt Fig. 115 (S. 234).

1/50

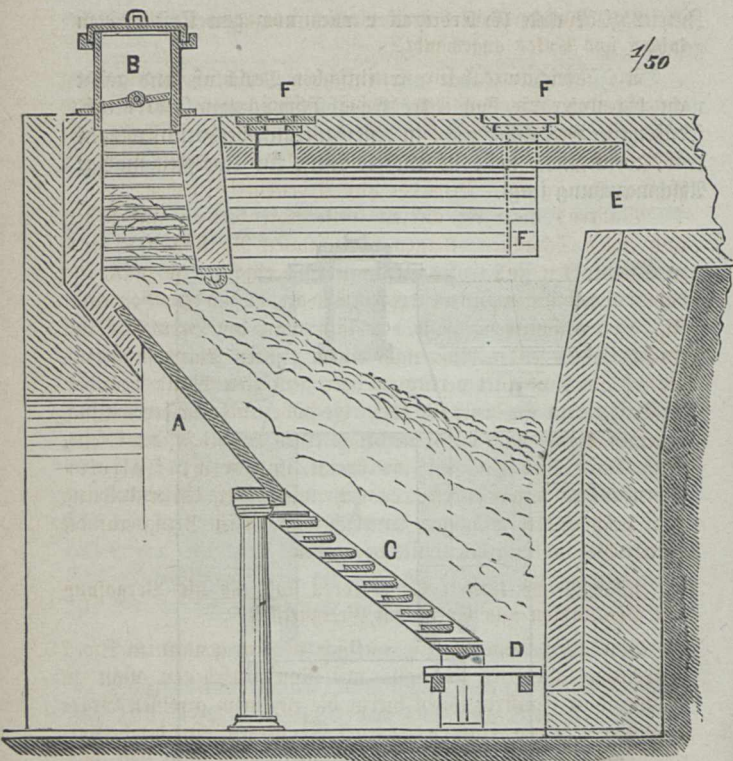


Fig. 115.

Auf einer schrägen, durch eine Eisenplatte gebildeten Fläche A rutscht der durch den Füllcylinder B aufgegebenene Brennstoff nach dem Treppenrost C, wo er langsam verbrennt. Der abschließende Planrost D dient zur Verbrennung der letzten Rückstände und zur Sonderung der Asche. Die Gase ziehen durch den verhältnißmäßig engen Canal E ab, drei Oeffnungen F, F dienen zum Schüren von oben her und zur Controlle des Processes.

255. Welche Generatoren werden vorzugsweise für Steinkohlen und Cokes angewandt?

Die Generatoren für Steinkohlen- und Cokesvergasung unterscheiden sich von den früher beschriebenen hauptsächlich durch eine geringere Capacität, bezogen auf gleiche Leistung; die übrigen Eigenschaften und Eigenthümlichkeiten variiren nach den zu Grunde liegenden Betriebs- und Arbeitsverhältnissen.

Während man die älteren Generatorenformen mit hohen und engen Schächten, kleinen horizontalen Rostflächen zc. auch zu Steinkohlen und Cokes anzuwenden versuchte, ist man jetzt davon abgekommen und wendet Formen an, die sich dem Generator Fig. 115 anschließen. Wie hier läßt man den Brennstoff auf einem schief liegenden Rost nach einem kleinen Planrost gleiten, der sich am Fuß einer verticalen oder geneigten Wand befindet; die Gase ziehen an dieser Wand in die Höhe und nach der Leitung, beziehungsweise nach der Feuerbrücke eines anschließenden Ofens. Man kann hier zwischen isolirten und nicht isolirten Generatoren unterscheiden, da sich mit dieser Unterscheidung auch noch andere wichtigere Unterscheidungen in Bezug auf die weitere Behandlung des Gases verbinden.

256. Welche isolirte Generatoren sind für die Vergasung von Steinkohlen und Cokes am Geeignetesten?

Von allen Generatoren, die sich zu dem genannten Zweck verwenden lassen (es sind alle mit Rost versehenen nicht zu voluminösen Constructionen hierzu bis zu einem gewissen Grade brauchbar), ist der Generator von Siemens, eine der hervorragendsten metallurgischen Constructionen der neueren Zeit, vorzugsweise zu empfehlen, da er sich für die verschiedensten Anwendungen bewährt hat.

Die Doppelfigur 116 und 117 (S. 236) stellt zwei (etwas abweichend gebaute) aneinanderstoßende Generatorschächte dar, während Figur 118 (S. 238) die Skizze einer ganzen Generatorenanlage wiedergibt, wie sie jetzt allgemein errichtet werden.

Der Siemens'sche Generator besteht aus einem zwischen zwei leicht nach oben convergirenden Seitenwänden, einer verticalen Rückwand und einer schrägen, die Fortsetzung des Rostes bildenden Vorderwand eingeschlossenen Raum A, zu dem der Brennstoff durch die Oeffnung B,

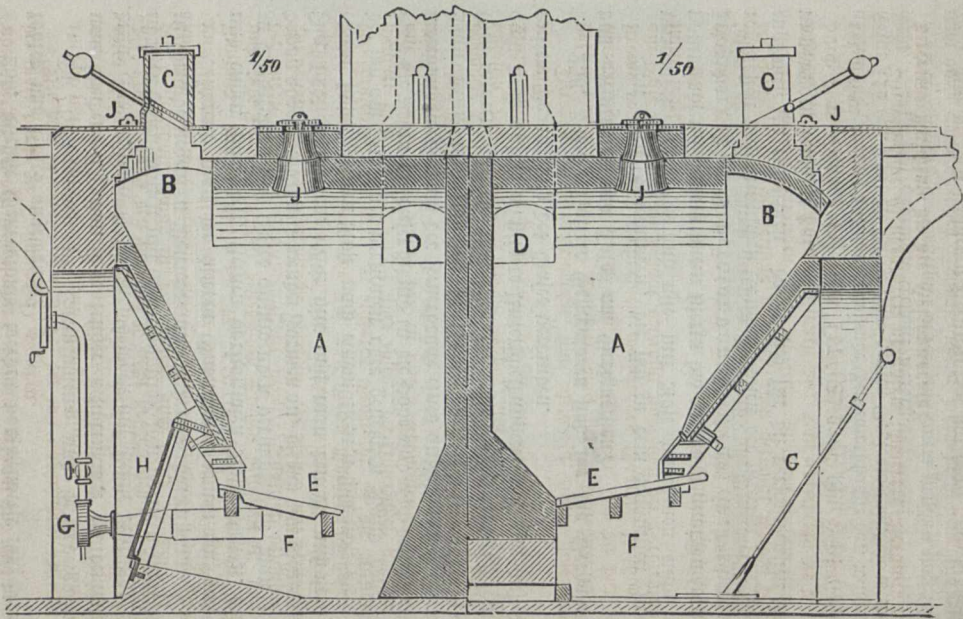


Fig. 116 und 117.

über welcher sich der Füllcylinder C befindet, gelangt und aus welchem die Gase durch die Oeffnung D abziehen.

Bei dem Generator Fig. 117, der mit natürlichem Luftzug betrieben wird, schließt ein etwas schräger Planrost E den Raum A von dem etwas schmaleren und kürzeren Aschenfall F ab, der mittelst eines Rohres G durch Wasser geführt werden kann. Der Generator Fig. 116 ist durch den Planrost E nicht vollkommen von dem Aschenfall F getrennt, dafür ist der letztere auch durch die Thür H verschlossen und wird mittelst eines Injectionsapparats G durch gepresste Luft erfüllt. Der Unterschied der Construction ist bedingt durch den Umstand, daß der Generator Fig. 116 zur Aufnahme von leichten und zum Theil aus Abfall bestehenden Stoffen bestimmt ist, während der andere Apparat Stückbrennstoffe besserer Qualität vergasen soll. In beiden wird die Rutschfläche oberhalb des Rostes mit dem letzteren verbunden durch ein paar Stufen, zwischen denen auch noch Luft eintreten kann. Im Generator Fig. 116 ist die Rutschfläche steiler und der Stufenrost luftiger, im anderen Generator ist die Rutschfläche weniger steil, der Stufenrost aber enger; der Unterschied gründet sich auf die verschiedene Natur der in beiden Apparaten zu vergasenden Brennstoffe.

Zur Beobachtung, wie auch zum Schüren von oben her dienen besondere Oeffnungen J, J; diese Oeffnungen sind mit Deckeln verschlossen, haben aber noch eiserne Stöpsel, um nicht immer den ganzen Deckel öffnen und nicht zu viel Luft in den Generator fallen lassen zu müssen.

Derartige Generatorschächte sind stets zu einem sogenannten Block vereinigt. Auf der Durchkreuzung der Mittelwände steht ein thurmartiger Schornstein A (Fig. 118 S. 238), der die vier Gasströme vereinigt und nach einem wagerechten Gasrohr B führt, das alle Gase einer ganzen Anlage vereinigt und nach der Verbrennungsstätte leitet.

Man kann dieses Rohr B über sämtliche Verticalabzüge leiten oder die letzteren durch besondere Seitenleitungen in jenes münden lassen; es müssen durch geeignete Verschlüsse alle Generatorblocks von der gemeinsamen Gasleitung nach Belieben getrennt werden können.

Bei langen Leitungen, die sich leicht zusammenziehen und ausdehnen, bringt man Compensationen an; man unterbricht die Leitung durch Verticalstücke, auf deren Oeffnungen sich die Horizontalstücke verschieben können.

257. Welche Generatoren vergasen schwerere Brennstoffe in directem Anschluß an die Heizapparate?

Wie bei den leichteren Brennstoffen hat man auch bei Steinkohlen und Cokes daran gedacht, die Vergasung nicht in isolirten

Generatoren auszuführen, sondern im Anschluß an den zu heizenden Ofen, wie die Constructionen Fig. 105 und 108 für andere Materialien bezweckten.

Man hat, da eine Abkühlung der erzeugten Gase und folglich ein Wärmeverlust nicht mehr stattfinden kann, auf mäßige Temperatur keine Rücksicht genommen, vielfach sogar mit Unterwindbetrieb und mit erwärmter Verbrennungsluft gearbeitet.

Diese directe Vergasung ist oftmals, um sie mit den Wirkungen der Siemens'schen Regenerativöfen concurriren zu lassen, mit einer starken Erwärmung der zur Gasverbrennung selbst bestimmten Luft

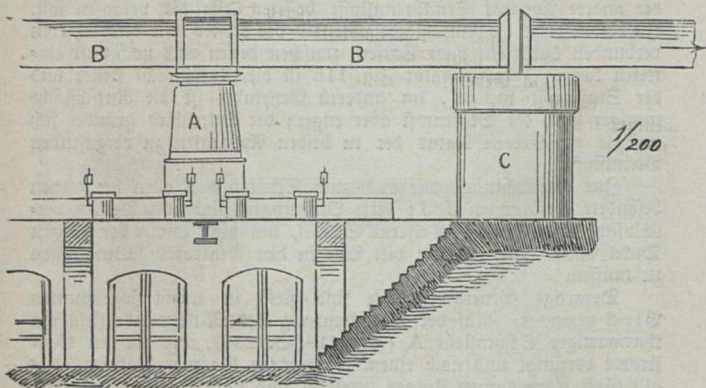


Fig. 118.

combinirt worden, welche man im Feuerungsherd-Gewölbe der Ofen circuliren ließ oder auf die man fast sämtliche Ueberhize des geheizten Apparats durch verschiedene Mittel zu übertragen suchte.

Der in Fig. 119 (S. 239) dargestellte Generator von Boëtius ist die Grundform solcher Apparate und zu verschiedenen Heizzwecken vortheilhaft zur Anwendung gekommen.

Der Brennstoff (kleine Kohlen wie auch ungleiche und stückige Kohlen) gelangt auf der Stirnseite des Ofens durch die Oeffnung A in den Generator, welcher durch einen gebrochenen Kof, von dem der obere Theil B voll, der untere C durchbrochen ist, abgeschlossen wird; der Aschenfall ist offen oder verschlossen, jenachdem man gewöhn-

lichen Luftzug oder Gebläse anwendet. Der Canal E führt die Gase unmittelbar auf die Feuerbrücke des Ofens. Dort werden sie von zwei Seiten her mit Luft zusammengebracht; ein Strom kommt aus der Leitung F, passirt die in der Feuerbrückenwand befindlichen Canäle

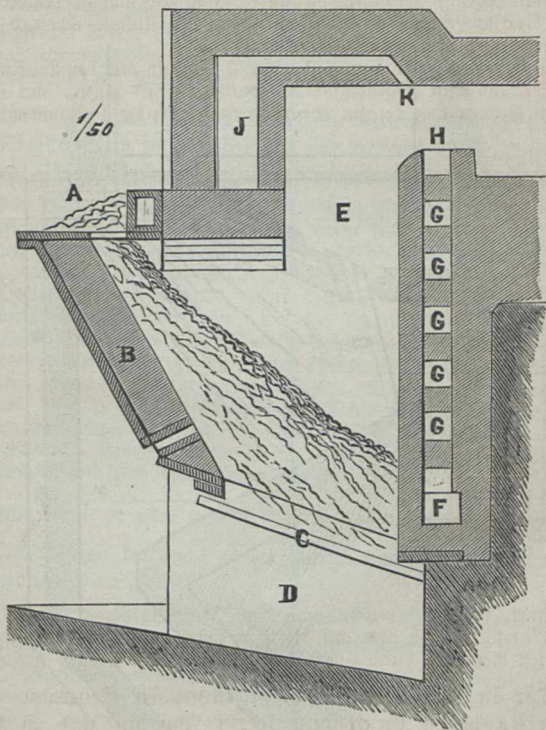
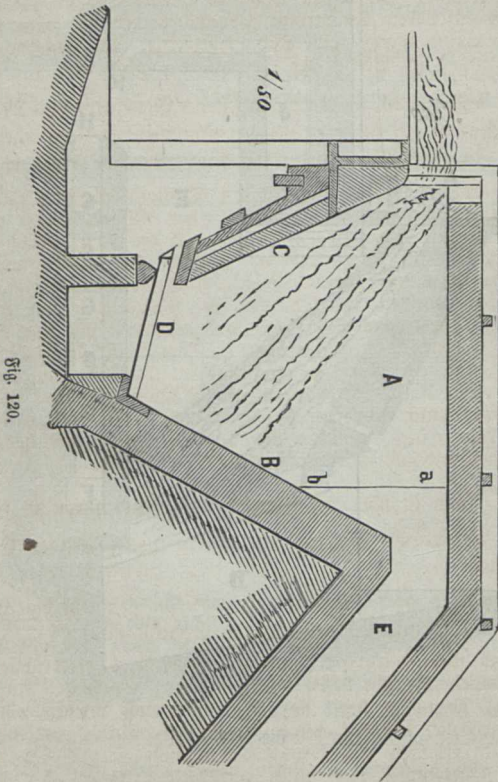


Fig. 119.

G, G, G und strömt durch eine Reihe in der Feuerbrückenfläche gleichmäßig vertheilter Oeffnungen H aus, der andere Strom erwärmt sich in dem Canal J und gelangt durch die ebenfalls in größerer Anzahl vorhandenen Canäle K in die Zone über der Feuerbrücke.

Der in Fig. 120 dargestellte Generator von Bicherour entspricht im Grundgedanken dem Boëtius'schen Generator, weicht aber sowohl in der Bauart des Vergasungsschachts, als auch in der Art der Lufterwärmung wesentlich von ihm ab.



Der Schacht A ist zunächst sehr viel breiter, als der von Boëtius angewandte (2,5 m gegen 0,90 m) und verjüngt sich an der Stelle a b gleichmäßig bis zum Fuß des Feuerschachts vom zu heizenden

Flammofen. Die Feuerbrückenwand B ist stark geneigt, die volle Rosthälfte C sehr steil, der durchbrochene Roß D nur schwach geneigt.

Die entstandenen Gase, in dem abwärts ziehenden Canal E nach dem Ofen geführt, finden im Feuerschacht desselben die Gelegenheit sich mit der dort eintretenden Verbrennungsluft zu mischen, welche durch Heerdcanäle und andere nach der Ofeninnenwand hinziehende Leitungen auf höhere Temperatur gebracht worden ist. Nur bei der Generatorenanwendung zum Dampfkesselbetrieb hat Bicherour auch Lufterwärmung im Bereich des Generators angeordnet.

Der in Fig. 121 (S. 242) dargestellte Generator von Müller und Fichet ist ein weiteres Beispiel von neueren Constructionen und hat sich in den verschiedensten Anwendungen bewährt.

Der Generator Fig. 121 ist für Dampfkesselbetrieb construirt und zeigt, daß der Brennstoff, welcher einen Aufgebeylinder passiert, in einem langen Schacht herunter und auf den Roß rutscht. Dasselbst, auf schief liegenden Stäben, geschieht die Verbrennung mit Hülfe gehemmten Luftzutrittes, ohne daß die wirksame Roßfläche so verkleinert zu werden brauchte, wie bei Generatoren mit offenem Aschenfall. Der letztere ist bei Fichet's Construction mit einer doppelwandigen hohlen Thür versehen, deren Wände je eine kleine Oeffnung enthalten, doch an entgegengesetzter Stelle. Die Luft tritt bei a in die Thür, bei b aus derselben in den Aschenraum; wird geschürt, so kann man durch Absperren des Gasabzugs C den Luftzutritt möglichst hindern. Eine besondere Oeffnung D dient zur Beobachtung des Ganges und zum Niederstoßen des Brennstoffes.

258. Was ist über den Betrieb der Generatoren zu sagen?

Der Betrieb der Generatoren besteht aus folgenden Einzeloperationen:

- Aufgeben oder Chargiren; dasselbe geschieht regelmäßig und womöglich mit gleichen Mengen Brennstoffs.

Die meisten Generatoren haben, wie die Mehrzahl der beschriebenen Constructionen erkennen lassen, Vorrichtungen, welche das Aufgeben erleichtern, genau machen und jeden Gasverlust vermeiden lassen. Man bedient sich der Aufgebetrichter, Aufgebeylinder und Aufgebekästen beim Schüren von obenher und versieht sie mit Schieberverschlüssen, Regelventilen nach unten, mit Deckel in Sand- oder Wasser- versluß nach oben hin. Schürt man von der Seite, so verschließt man gewöhnlich durch in Charnieren hängende leicht aufzuklappende Thüren oder durch Thüren, die auf schrägem Anschluß auf- und niedergleiten können.

Ausräumen der Asche; geschieht ebenfalls regelmäßig und ehe sich feste Ansätze oder große Aschenmengen bilden konnten.

Man fängt bei allen Generatoren, mit und ohne Kofst, den Brennstoff durch eingetriebene Brechstangen über dem Kofst, oder über dem Boden des Generators ab, und zieht alles darunter Befindliche heraus. Ansätze an den etwa vorhandenen Windeinläffen werden im

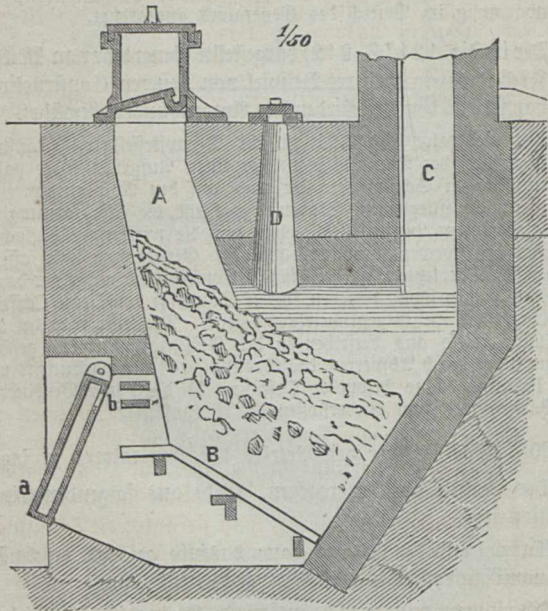


Fig. 121.

Lauf des Betriebes von außen her abgestoßen. Versuche, die Asche durch besondere Zuschläge zu verschlacken, haben keinen anderen Erfolg gehabt, als die Wände der Generatoren vorzeitig abzunutzen.

Reguliren des Luftzutritts und der Temperatur; geschieht unausgesetzt, besonders wenn man Brennstoffe vergasen muß, welche leicht backen.

Bemerkt man, daß die Gluth einseitig heruntergeht, so muß man von oben her sofort an der stehen bleibenden Oberfläche des Brennstoffs stören oder stochern, um etwa entstandene Agglomerationen zu zerstoßen. Auch ist dann an der vorangesunkenen Stelle Brennstoff nachzuschütten, um die Bedingungen gleichmäßigen Niedergangs wieder herbeizuführen. Wird vorsichtig aufgegeben, so können derartige Unregelmäßigkeiten nicht eintreten und es ist beim Anlassen eines Generators ganz besonders auf sorgfältige Aufgabe zu sehen; ein schlecht angefüllter und nicht gleichmäßig angeheizter Generator ist nicht leicht wieder in Ordnung zu bringen.

Geht der Generator zu heiß, so versetzt man den Rost theilweise mit Steinen, geht er zu kalt, was kaum vorkommt, so lüftet man die Roststäbe, nimmt einige heraus und vergrößert dergestalt die freie Rostfläche.

Außer der Beobachtung der angeführten ganz allgemeinen Regeln für den Generatorbetrieb erfordert jede Art Brennstoff besondere Kunstgriffe, um gut zu vergasen, selbst wenn man eine ganz richtige Construction gewählt hat.

259. Was ist über Leitung der Generatorgase zu sagen?

Bei den meisten Generatoren beschränkt sich die ganze Leitung der Gase auf einen unmittelbar nach dem betreffenden Ofen führenden Canal, der alsdann eine einfache Abschlußvorrichtung, die auch zur Regulirung benutzt werden kann, enthalten muß.

Längere Leitungen haben nur zu ganzen Systemen vereinigte Generatoren, z. B. der Siemens'sche Generator oder solche Generatoren, welche mit Reinigungs- und Condensationsanlagen verbunden werden müssen. Derartige längere Leitungen werden von Eisenblech oder, wenn man sie unter die Terrainsohle legen kann, von Mauerwerk gemacht, sind aber im ersten Fall viel leichter zu controliren und zu reinigen.

260. Wann reinigt man die Gase der Generatoren?

Die Generatorgase bedürfen der Reinigung seltener als die Ofengase; sie enthalten weniger oft Staub- oder Aschenmassen, die man vor der Verbrennung der Gase beseitigen muß. Alles, was man bei sehr unreinen aber lockeren Brennstoffen z. B. Torf thun kann, ist, namentlich bei Unterwindbetrieb, eine Flugstaubkammer oder einen Aschenkasten in die Leitung einzuschalten, wie z. B. beim Generator von Billotte Fig. 106.

261. Wann schaltet man in die Leitung der Generatorgase Condensationsapparate ein?

Man unterbricht die Gasleitung durch die Anlage von Condensatoren nur bei sehr bedeutendem Wasserdampfgehalt der Gase.

Es ist kein Vortheil in der Condensation, sobald der Wärmeverlust durch Abkühlung der Gase gleich ist dem Wärmeverbrauch durch Erhitzen des vorhandenen Wasserdampfs auf die Temperatur des Ofens. Erst wenn die letztgenannte Größe wächst, empfiehlt es sich das Wasser zu condensiren, und es tritt dieser Fall in der Praxis so selten ein, daß man nur ein Beispiel für bewährte Condensationsvorrichtungen anführen kann. Es ist dies die Condensationsanlage, welche Lundin mit seinem Generator Fig. 113 verbunden hat und welche Fig. 122 wiedergegeben ist.

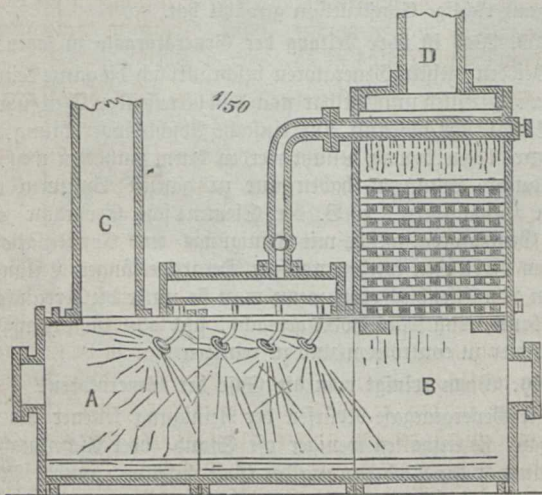


Fig. 122.

Der Lundin'sche Condensator besteht aus zwei Theilen, einem Brausencondensator A und einem Oberflächencondensator B, die

indessen ein Ganzes bilden. Die Gase treten durch das Rohr C in den Kasten A, in dem vier Brausen den Gasstrom mit Wasserstrahlen besprengen. Aus dem Raum A treten sie in den unteren Theil vom Raume B und befinden sich unter einem rostartig aus Eisenstäben aufgebauten, mit Wasser berieselten Apparat, der im oberen Theil B liegt und einen Condensator von bedeutender Oberfläche darstellt. Durch diese Aufeinanderfolge von Kosten müssen die Gase, um durch das Rohr D ihren weiteren Weg zu finden. Wie früher erwähnt wurde, verlieren die Gase in dem beschriebenen Apparat etwa 95/100 ihres Wassergehalts.

Was die Condensation des Theers und ähnlicher Destillationsproducte der rohen Brennstoffe anbetrifft, so hat Siemens in der von ihm angegebenen Leitung eigene Theereservoirs angelegt. Da diese Destillate aber einen namhaften Wärmeeffect besitzen, so ist es viel richtiger, bei gas- und theerreichen Kohlen die Gase nicht so weit abzukühlen, daß sich die betreffenden Substanzen condensiren können, sondern die Leitung so kurz als möglich zu machen, ohne deshalb im Generator mit der Temperatur sorglos in die Höhe zu gehen.

262. Welche Mittel wendet man an, um den Effect der Gase zu steigern?

Der Effect der Gase, der in einzelnen Fällen schon durch die Condensation vergrößert wird, wird gesteigert, sobald man dieselben vor ihrer Verbrennung erhitzt, ohne daß hierzu ein besonderer Verbrauch an Brennstoff nöthig würde. Eine derartige Vorwärmung der Gase wird möglich, wenn man die Ueberhize des mit den Gasen geheizten Apparates auf die in den Apparat strömenden Gase übertragen kann. Diese Uebertragung ist nicht direct ausführbar, da die beiden Gasströme nicht in Contact gerathen dürfen, sondern es muß die Ueberhize, d. h. der größte Theil der in den abziehenden verbrannten Gasen enthaltenen Wärme, zuerst an eine andere Substanz und von dieser an die abgekühlten Gase des Generators übertragen werden. Siemens hat auch dieses Problem gelöst, indem er seine Regeneratoren construirte und dabei nicht allein an das Vorwärmen der Gase, sondern auch an das der Verbrennungsluft dachte.

263. Wie ist das Princip und die Anordnung der Siemens'schen Regeneratoren?

Die Anordnung der Siemens'schen Regeneratoren erläutern die Fig. 123 und 124 (S. 247) in Beziehung zu einem Schmelzofen für Stahl, oder Roheisen. Während Fig. 123 einen senkrechten Durchschnitt nach der Längsaxe des Ofens (a b in Fig. 124) darstellt, verdeutlicht Fig. 124 den halben Grundriß des Ofenunterbaues und den daranstoßenden Grundriß der Gas- und Luftcanäle. Wie aus Fig. 123 hervorgeht, hat der Schmelzraum A jederseits zweierlei Zugänge L_{II} , G_{II} und L_{III} , G_{III} , welche mit vier Kammern unter dem Ofen L_I , G_I , L_{IV} , G_{IV} zusammenhängen. Diese Kammern und die sie mit dem Ofenraum A verbindenden Canäle sind abwechselnd Zuleitungen von Luft und Gas und Ableitungen von verbrannten Gasen, jenachdem die Richtung ist, welche das Feuer durch den Ofen nimmt.

Denkt man sich die Kammern L_I , G_I , G_{IV} , L_{IV} mit feuerfesten Steinen derart ausgefüllt, daß sich zahlreiche Canäle von geringem Querschnitt bilden müssen, die alle wesentlich vertical laufen (vgl. Fig. 125), so ergibt sich für die durchpassirenden elastischen Flüssigkeiten eine sehr bedeutende Berührungsfläche.

Berfolgt man den Betrieb und denkt sich z. B., daß in die Kammern L_I , G_I Luft und Gas eintreten, die Steinzüge passiren und durch die Oeffnungen L_{II} , G_{II} in den Ofen tretend sich entzünden, und daß die Verbrennungsproducte durch die Oeffnungen L_{III} , G_{III} nach den Kammern L_{IV} , G_{IV} ziehen, so ist klar, daß die Steinzüge der letzteren einen sehr großen Theil der mitgeführten Wärme den Ofengasen entziehen werden. Die zuletzt angeführten beiden Kammern erreichen nach und nach die Temperatur der Ueberhize des Ofens. Wechselt man jetzt die Richtung des Durchzugs der Gase und läßt Gas und Luft zuerst nach G_{IV} und L_{IV} , so nehmen Gas und Luft diesen Kammern den größten Theil der darin aufgespeicherten Wärme und treten mit dieser Wärme durch G_{III} und L_{III} in den Ofen, um zu verbrennen. Der Ofen erhält dadurch außer der durch die Gasverbrennung selbst hervorgebrachten Wärme noch die von dem Material der Verbrennung mitgebrachte Wärme zugeführt und eine weit höhere Temperatur als vorher. Die abziehenden Gase, ebenfalls heißer als vorher, erhitzen nun die Kammern L_I , G_I , ehe sie nach dem Kamin gelangen. Ein abermaliger Wechsel in der Richtung des durch den Ofen geführten Gasstroms steigert die Temperatur noch mehr, bis zu dem durch eigenthümliche Erscheinungen in den gasförmigen Verbindungen der Flamme begrenzten

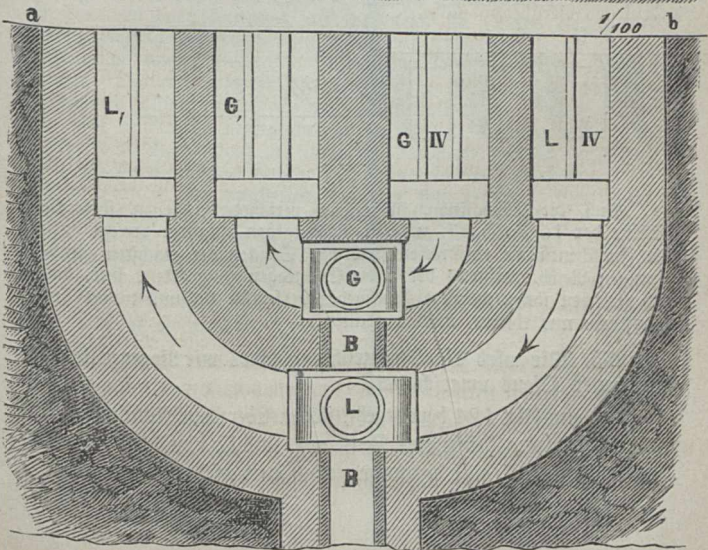
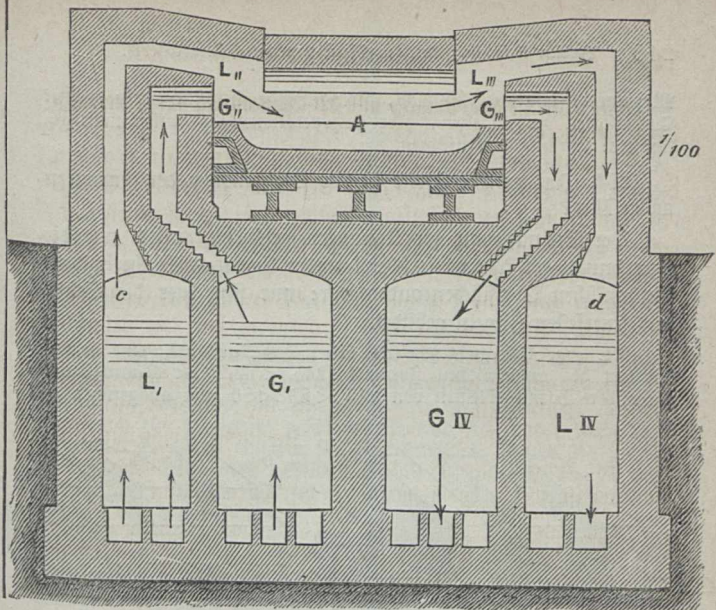


Fig. 123 und 124.

Maximum, das aber hinreicht, strengflüssige Substanzen in großen Quantitäten zu schmelzen, oder Heizoperationen in vorher nicht gekanntem Umfang auszuführen.

264. In welcher Weise ist der Steinausbau der Kammern ausgeführt?

Der Steinausbau der Kammern geschieht ähnlich wie die Anordnung der kreuzweise übereinander liegenden Stäbe in dem Lundin'schen Oberflächencondensator; nur sind hier die Stäbe aus feuerfesten Ziegeln gebildet.

Die Fig. 125 giebt zweierlei Arten des Ausbaues; eine a aus Steinen des gewöhnlichen Formats ($245 \times 12,25 \times 80$ mm) und die andere b mit Steinen von $245 \times 80 \times 80$ mm ausgeführt.

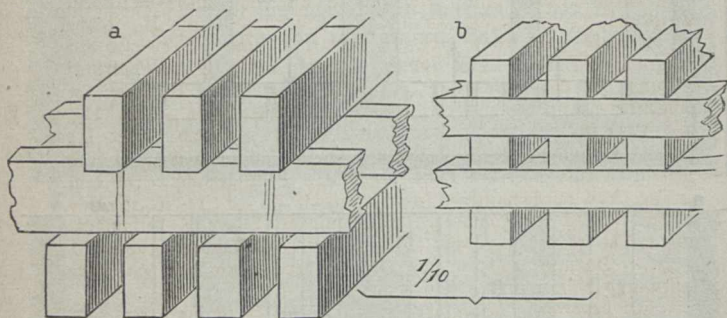


Fig. 125.

Auch die Disposition ist etwas verschieden; bei a sind die Steine der 1., 3., 5., 7. u. s. f. Reihe gegen einander versetzt d. h. die Zwischenräume entsprechen stets den Steinen der nächsten gleichsinnigen Reihe, während bei b die Steinlagen so geordnet sind, daß sich zwischen ihnen vertical durchgehende Canäle bilden, welche den Gasstrom nur theilen, nicht aufhalten.

265. Wie wird die Stromrichtung eines mit Regeneratoren versehenen Ofens umgeschaltet?

Wie aus Fig. 124 hervorgeht, stehen über dem Rauchcanal B zwei Vertheilungskästen mit Ventilen G und L, von denen G mit der Gasleitung, L mit der umgebenden Luft in Verbindung steht.

In jedem Vertheilungskasten ist, abgesehen von einem Abschlußventil, noch eine Drosselklappe, welche einmal G und L mit L_I und G_I , so wie G_{IV} und L_{IV} mit B in Verbindung setzt und nach einer Drehung von 90 Grad um eine horizontale Aze G und L wiederum mit G_{IV} und L_{IV} so wie G_I und L_I mit B vereint. Gas und Luft werden einmal nach rechts und einmal nach links getrieben, die verbrannten Gase einmal von links, das andere Mal von rechts her in den Canal B geführt.

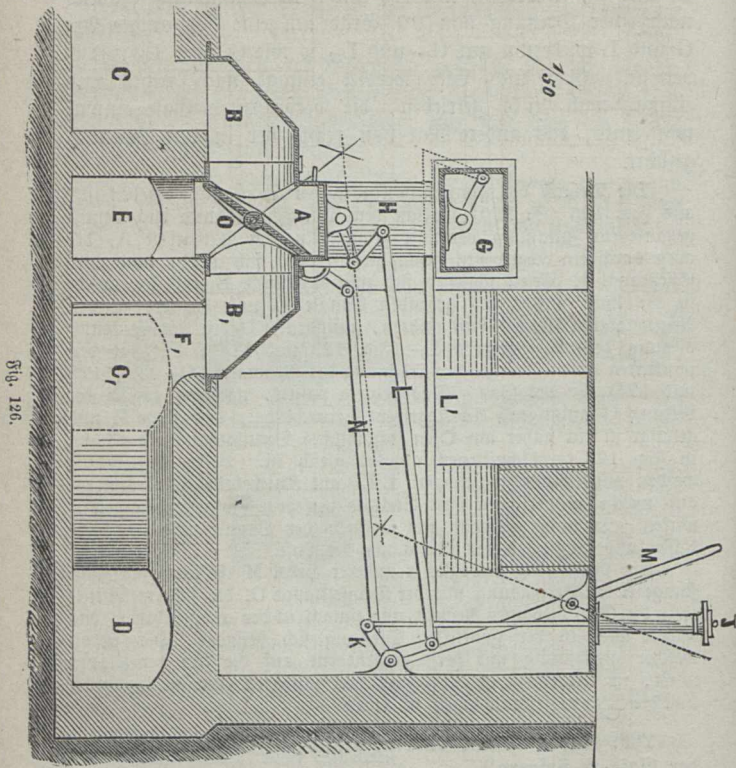
Die Details der Construction und der Bewegung ergeben sich aus Fig. 126 (S. 250), welche den Durchschnitt durch das Ventilgehäuse für Zulassung der Luft zeigt. An dem Mitteltheil A, der oben durch ein Regelventil geschlossen ist und sich unten nach dem Essencanal E öffnet, schließen sich zwei Kniestücke B und B_I , welche in die links und rechts gehenden Canäle C und C_I , die zu den Regeneratoren für die Luft führen, münden. D_I ist die Eintrittsöffnung des Regenerators L_{IV} (Fig. 123 und 124), F_I zeigt den punktirten Umriß der gleichen Oeffnung des Generators G_{IV} (Fig. 123 und 124) für das Gas. Das letztere passiert, nachdem es in der Leitung G anlangend ein Regelventil erreicht hat, das Rohr H und gelangt in ein näher am Ofen befindliches Ventilgehäuse, das dem in Fig. 126 durchschnittenen absolut gleich ist. Beide Regelventile werden mittelst der Zugstangen LL_I mit Kniehebeln K verbunden, auf welche wieder zwei mit Stellrad versehene Zugvorrichtungen J wirken. Dadurch geschieht das Oeffnen der Ventile und das Zulassen und Absperren des Gases wie der Luft.

Ein pendelartig beweglicher anderer Hebel M ist durch die Zugstange N in Verbindung mit der Drosselklappe O, die sich im Mitteltheil des Ventilgehäuses bewegt und einmal in der ausgeführten, das andere Mal in der punktirten Stellung sich befindet. Der Hebel, welcher gleichsinnig mit der Klappenebene auf die Aze der Klappe wirkt, ist mit einem in der Figur halb sichtbaren Gewicht beschwert, um die Klappe festanschlagen zu lassen.

266. Giebt es noch andere, einfachere Mittel, den Effect der Gase zu steigern?

Bei der Beschreibung verschiedener Generatoren ist auf die Einrichtung zur Erwärmung der Gebläseluft mittelst Abhize des geheizten Ofens aufmerksam gemacht. Einzelne Apparate brauchen sogar, wie es die Generatoren von Boëtius und Bicheroux thun, die durch die Feuerkästen und Herdwände, die

Gewölbschichten zc. transmittirende Wärme des Ofeninnern zur Erhizung des Gasverbrennungsluft.



Ziemlich energisch wirkt in derselben Weise der Apparat von Fonsard, dessen Bauart die Skizzen Fig. 127 und 128 (S. 251) wiedergeben.

Die aus dem bezüglichen Ofenraum sich entfernenden Gase passiren einen aus zwei Steinformen mittelst eines sinnreichen Ver-

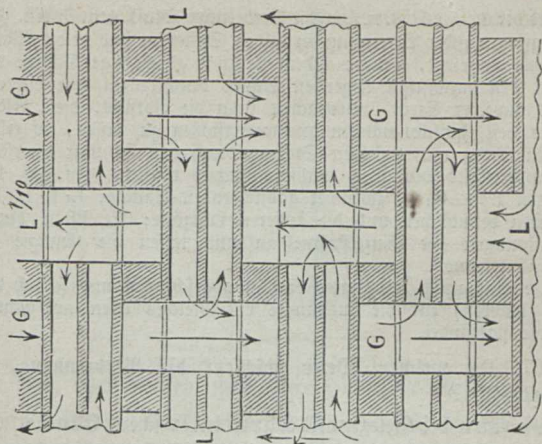
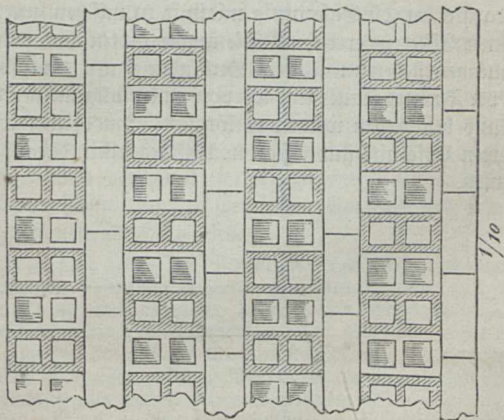


Fig. 127 und 128.



bandes hergestellten Luftherhizer. Dieser Luftherhizer, den Ponsard, um einer Verwechslung mit dem Siemens'schen Regenerator vorzubeugen, Recuperator genannt hat, besteht aus breiten Schlägen, von denen der 1., 3., 5., 7., 9. u. s. w. die Dfengase herabföhren,

während der 2., 4., 6., 8. u. s. w. die Verbrennungsluft herausleiten. Zur Verlangsamung der Bewegung in beiden Systemen sind in die Wände Hohlsteine eingelegt, welche, indem sie zwei gleichartige Schlitze verbinden, den dazwischen liegenden Schlitz durchkreuzen wie ein eingelegter massiver Stein. Beobachtet man die Vorsicht, diese Steine stets in den Zwischenwänden aneinanderstoßen zu lassen, so erhält man ein Gitter mit verfesten Stäben, durch das sich Luft einerseits, Gas andererseits den Weg mühsam suchen müssen. In Fig. 128 bezeichnen z. B. $G_1 G_1$ zwei der gasführenden Canäle, $L_1 L_1 L_1$ den dazwischen befindlichen und die äußeren Luftzüge; die Pfeile deuten die Richtungen der Einzelströme an und lassen die Energie des Apparats erkennen.

Die Gascanäle sind unten einzeln abgeschlossen und seitlich vereinigt, während für die Luftcanäle ein Gleiches oben am Eintritt der Gase stattfindet.

267. In welcher Weise geschieht die Verbrennung der Generatorgase?

Wie schon bei Gelegenheit Kärnthner'scher, Ekman'scher und anderer Generatoren gezeigt worden ist, kommt es vorzugsweise darauf an, die Gase innig mit Luft zu mischen, um den gewünschten Effect zu erreichen. Die angewandten Verbrennungseinrichtungen stehen zu sehr in Verbindung mit dem sonstigen Zweck der Feuerungsanlagen, um von einem allgemeinen Standpunkt aus beschrieben werden zu können. Im dritten wie auch im vierten Abschnitt findet sich noch Gelegenheit darauf zurückzukommen.

Dritter Abschnitt.

Von den Hüttenprocessen.

268. Was versteht man unter Hüttenprocessen?

Die Summe der chemischen und der physikalischen Reactionen, welche den Uebergang des vererzten Metalls in den für die Industrie- und Handelsverhältnisse geeignetsten Zustand begleiten.

Tritt hierbei ein Uebergangsstadium ein und geschieht die Ueberführung des Erzes in den Metallzustand nicht in einem Zuge, sondern in getrennter Verarbeitung, so zerfällt der Hüttenproceß in weiterem Sinn in mehrere Einzelprocessse, die insgesammt die Darstellung des Metalls zusammensetzen. Der allgemeinere Sprachgebrauch bezeichnet vorwiegend die Summe der in unmittelbarer Folge und in demselben Apparat vor sich gehenden Reactionen als Hüttenproceß.

Beispiele: Bei der Verhüttung von Eisencarbonaten und wasserhaltigen Eisenerzen beschickt man den Apparat für die Roheisendarstellung mit rohen d. h. aus dem Bergwerksbetrieb ohne sonstige Vorbereitung hervorgehenden Erzen oder man röstet dieselben vorher, um die Kohlensäure und das Wasser nicht im Hochofen selbst austreiben zu müssen. Es zerfällt dann die Roheisenfabrikation in zwei räumlich und zeitlich getrennte Arbeiten:

den Erzröstproceß,

den Erzschmelzproceß.

Will man Bleiglanz auf Blei und andere im Erz noch vorhandene Metalle verarbeiten, so müssen eine noch größere Zahl von getrennten Operationen ausgeführt werden, als im vorher genannten Beispiel. Man entschwefelt den Bleiglanz in besonderen Röstprocessen und ver-

wandelt das erhaltene Bleioryd in Bleisilicat durch Ueberhizen des mit kieseliger Gangart verunreinigten Röstgutes. Das Bleisilicat bildet das Product dieses ersten, eines sogenannten Röstprocesses und tritt als Material in den zweiten, den Reductionsprocess, wobei es mit oxydischen Bleierzen (das Sulfat ausgenommen) und leichtflüssigen Zuschlägen beschielt einen mit Gebläseluft gespeisten Schachtofen passirt und sich in metallisches Blei und Schlacken verwandelt. Ist Kupfer mit in dem Erz vorhanden, so sorgt man für die Anwesenheit von Schwefel in der Schachtofenbeschieltung und gewinnt noch einen sogenannten Bleistein. Die drei genannten Producte durchlaufen jedes für sich eine Reihe von Processen; das Blei wird entfilbert, das entfilberte Blei raffinirt, aus den anderen Producten der Entfilberung und der Refination werden Brandsilber, Antimonblei, metallisches Antimon, Bleioryd etc. als verkäufliche Waaren hergestellt. Die Schlacken, soweit sie einen bestimmten Bleigehalt besitzen, geben eine andere, unreinere Suite von Producten. Der Bleistein wird einem Röstprocess unterworfen, dann dem Erz oder Schlackenschmelzen zugesetzt; dadurch erhält man schließlich einen kupferreichen Stein, der den Ausgangspunkt für eine neue Reihe von Gewinnungsprocessen bildet und sich eben so verhält wie ein wirkliches Kupfererz.

Weit complicirter noch sind die nothwendigen Reihen von Manipulationen und Processen bei Mischerzen von Kupfer, Blei, Silber, Zink, Arsen u. s. f., wie sie im Freiburger Revier z. B. sich vorfinden. Aus allgemeinen Trennungsarbeiten, die sich auf die Sonderung der arsen- und zinkhaltigen Producte beziehen, entwickeln sich die einzelnen Prozesse zur Darstellung von Blei, Bleiprodukten, Kupfer, Silber, Zink und Arsenikalien.

Eine ähnliche Complication, doch wieder ganz anderer Art, zeigt die Fabrikation des gewalzten Eisens und Stahls. Das Erz, welches das zur Fabrikation nothwendige Metall enthält, wird, unter Umständen nach einem vorgängigen Röstprocess, im Hochofen auf Roheisen verarbeitet. Dieses Roheisen kommt im Puddelofen oder in einem anderen Frischapparate zur weiteren Verarbeitung und liefert ein schwammiges, mehr oder minder unreines, oder ein zwar compacter erstarrtes aber stets blasiges Product, das in dem genannten Zustand absolut unbrauchbar ist. Die Temperatur der Darstellung wird benutzt, dem rohen Product die erste mechanische Behandlung durch Hämmer und Walzwerke zu geben und dasselbe in Stäbe oder in geschmiedete Blöcke zu verwandeln. Nur bei der Stahlfabrikation geschieht das Letztere nicht immer, weil bestimmte Methoden der Stahldarstellung sofort dichte Blöcke liefern. In solchem Fall walzt man nach erfolgtem Durchwärmen der Blöcke dieselben unter kräftigen Walzwerken vor und nach Zerschneiden und nochmaligem Einsetzen in die Wärmeöfen sofort zu Schienen aus. Bei der übrigen Eisen-

und Stahlschienenfabrikation vereint man wohlfortirte gewalzte Eisenstäbe der ersten Arbeit mit bereits zweimal geschweißten Producten zu Packeten und walzt sie, nachdem sie in stärkste Schweißhitze gebracht wurden, zu Schienen aus. Daran schließen sich Vollendungsarbeiten, die zum Theil an dem noch heißen, zum Theil an dem wieder kalt gewordenen Object geschehen.

In einem andern Fall hat man fein eingesprengte Edelmetalle zu gewinnen, Goldquarze, Silberhornerze zc., die sich durch einen Schmelzproceß wegen der großen Menge strengflüssigster Bestandtheile nicht gut verarbeiten lassen; sie werden durch Röstproceß zur Extraction mittelst verschiedener Lösungsmittel (Chlormetalle, Säuren, Quecksilber zc.) vorbereitet, ihr Metallgehalt in Laugen verwandelt und nach erfolgter Concentration durch verschiedene Mittel niedergeschlagen. Diese auf nassem Weg gewonnenen Cementmetalle werden ihrer Unreinheit wegen auf dem trocknen Weg raffinirt und in verkäufliche Form übergeführt.

Aus den angeführten Beispielen ist zu ersehen, daß die Darstellung eines Metalles oft aus einer großen Zahl von Processen bestehen kann, von denen jeder einzelne eine abgeschlossene Reaction darstellt und welche zeitlich wie räumlich vollkommen unabhängig von einander sind.

269. Welche Anforderungen sind im Allgemeinen an einen Hüttenproceß zu stellen?

Der Hüttenproceß entwickelt sich aus dem Charakter d. h. der chemischen Zusammensetzung des Materials, aus den verschiedenen Eigenschaften des zu gewinnenden Metalles und dem Verhalten seiner vererzenden oder verunreinigenden Beimengungen.

Bei der Führung eines Hüttenprocesses ist das gesteckte Ziel stets:

Die Trennung des zu gewinnenden Metalles von den Nebenbestandtheilen des Materials (sei es Erz, Roh- oder Zwischenproduct), häufig aber auch von andern durch besondere Processen und Methoden ebenfalls zu gewinnenden Metallen und Nichtmetallen.

270. Wodurch wird die Wahl des einzuschlagenden Weges bestimmt?

Bei der Organisation eines Hüttenprocesses wird die Wahl des einzuschlagenden Weges bestimmt:

einmal durch vorliegende Erfahrungen mit gleichen Erzen oder Materialien;

dann durch Analogie, d. h. Modification vorliegender Erfahrungen, welche mit ähnlichen, qualitativ gleich, quantitativ anders zusammengesetzten Materialien gemacht worden sind;

endlich durch Versuche, d. h. Untersuchungen in kleinerem, später in größerem Maßstabe, sobald neue, in dieser Zusammensetzung noch nicht bekannte Materialien vorliegen*).

Die Richtigkeit der getroffenen Wahl controlirt sich in zweierlei Weise:

einerseits durch die Reinheit der Producte;

andererseits durch die finanziellen Resultate der Herstellung.

Es ist die durch die Weiterverwendung des Productes geforderte Qualität des Productes mit einem möglichst niedrigen Herstellungspreis zu vereinen. Da es viele Hüttenprocesse giebt, welche an manchen Orten der ersten Bedingung vollkommen genügen, ohne die andere zu erfüllen, und da die Concurrenzfähigkeit nicht immer durch Qualitätssteigerung, sondern durch Druck auf die Selbstkosten erzielt wird, ist der Ausspruch nicht ungerechtfertigt, den hervorragende Techniker gethan:

Die Hütten technik besteht darin, die Selbstkosten der Producte herunter zu drücken.

271. Wie theilt man die Hüttenprocesse ein?

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich die Nothwendigkeit, zur Orientirung unter der großen Anzahl von verschiedenartigsten Hüttenprocessen eine Classification aufzustellen. Zur Ausführung sowohl der chemischen als auch vieler physikalischer Reactionen bei der Metall darstellung bedarf man eines Zustandes feiner Vertheilung und großer Beweglichkeit der betreffenden Substanzen. Besonders bedürfen alle etwas unreineren Erze dieser Bedingung chemischer Reaction.

Der verlangte Zustand wird hervorgerufen durch Flüssigmachen oder Schmelzen mittelst der Wärme, so wie durch

*) Diese Versuche sind auf Grund genauer wissenschaftlicher Ermittlungen nach einem wohlüberdachten System, in ganz bestimmter Reihenfolge, ähnlich wie eine gut disponirte qualitative Analyse oder eine Löthrohrprobe zu führen, und in der Kunst, die Versuche entscheidend anzustellen, documentirt sich vorzugsweise der wissenschaftlich ausgerüstete Techniker, während der Empiriker nicht wagen darf, von althergebrachter Schablone abzugehen.

Behandlung mit Lösungsmitteln und Herstellen von metallischen Lösungen, die als weiteres Material dienen. Viele Reactionen sind nicht ohne Temperatursteigerung ausführbar, selbst wenn der Aggregatzustand in keiner Weise verändert wird.

Die Isolirung der Metalle kann auch durch Anwendung elektrischer oder elektromagnetischer Ströme geschehen, ohne daß man andere als mechanisch vorbereitende Hilfsreactionen außerdem zu verwenden brauchte.

Viele Metalle werden einer mechanischen Verfeinerung und Formgebung unterworfen, die im Anschluß an den chemischen Darstellungsproceß, oft auch getrennt ausgeführt werden. Diese meist in hoher Temperatur mit Zuhülfenahme der Schweißbarkeit und der erleichterten Dehnbarkeit ausgeführten Prozesse sind nur selten mit chemischen Reactionen verbunden.

Es bilden sich von selbst vier Gruppen von Hüttenprocessen:

1. Die mit Hülfe von der Wärme oder auf trockenem Weg ausgeführten Hüttenprocessen;
2. Die mit Hülfe von Lösungsmitteln oder auf nassem Weg ausgeführten Hüttenprocessen;
3. Die elektrochemischen Hüttenprocessen;
4. Die mechanischen Hüttenprocessen.

Erstes Kapitel.

Von den Hüttenprocessen auf trockenem Wege.

272. Was ist die Grundlage der Hüttenprocessen auf trockenem Weg?

Alle Hüttenprocessen auf trockenem Weg setzen eine hohe Temperatur voraus; in Folge dessen ist die Wärmeerzeugung die Grundlage aller hierher gehörigen Arbeiten.

Während der Physiker in sehr verschiedener Weise Wärme zu entwickeln vermag, ist der Metallurg aus ökonomischen Rücksichten gezwungen, sich an eine einzige Wärmequelle, die Verbrennung, zu halten, d. h. die Verbindung eines Brennstoffs mit Sauerstoff.

Unter Brennstoff können, wie aus Früherem hervorgeht, wiederum nur solche Materien verstanden werden, welche in hinreichender Menge und Verbreitung sich finden, um eine allgemeinere und in großem Maßstab ausführbare Verwendung zuzulassen.

Die solchen Bedingungen genügenden Stoffe sind die unter Frage 109—267 geschilderten natürlichen und künstlich veränderten Substanzen, d. h. die vegetabilen Brennstoffe, die Hölzer und die daraus durch partielle Drydation entstandenen fossilen Kohlen.

In speciellen Fällen kann man indessen auch die Drydation einiger anderer Körper z. B. der Schwefelmetalle, des Siliciumgehalts einiger Metalle, der gewöhnlichen Metalle selbst als Wärmequelle in Anspruch nehmen, doch geschieht das nur ausnahmsweise und mehr in Combination mit anderen daraus unmittelbar resultirenden chemischen Reactionen.

Die Hauptumstände der Wärmeproduction durch Verbrennung, die Mittel daraus Nutzen zu ziehen, die Wahl der besten Verwendung sind so wichtig, daß ein besonderes Studium der Wärmeentwicklung dem der übrigen Prozesse auf trockenem Weg vorausgehen muß*).

273. Wie kann man die Hüttenprocesse auf trockenem Weg classificiren?

Man unterscheidet die Hüttenprocesse auf trockenem Weg nach den dabei stattfindenden physikalischen oder chemischen Veränderungen des behandelten Materials.

Manches Mal wirkt die Hitze allein, ohne daß ein anderes Reagens dazutritt; dahin gehören die Glüh- und Schweißprocesse, denen die Metalle behufs mechanischer Bearbeitung ausgesetzt werden. Das Calciniren, Verkohlen und Destilliren sind weitere Operationen ohne fremden Zusatz, die eine partielle Zersetzung, oft nur eine Auflockerung des Gefüges zur Folge haben. Schmelzen, Sublimiren, Saigern, Krystallisiren, Härten sind Anwendungen der Hitze, bei welchen bereits Veränderungen des Aggregatzustandes und Trennung von Körpern verschiedener Schmelzpunkte, endlich Strukturveränderungen eintreten. Das Rösten, Adouciren, Braten und Raffiniren sind Erhitzungsprocesse mit starker Drydation, das Erzschnmelzen, das Cementiren, Garmachen zc. sind Reductionsprocesse.

*) Dieses Studium muß um so ausführlicher ausfallen, als es zu Resultaten führt, die für alle Hüttenprocesse auf trockenem Weg einen gleichen Nutzen haben; die ausführliche Beschreibung der einzelnen Hüttenprocesse geschieht dagegen am Besten bei der Behandlung der speciellen Hüttenkunde der verschiedenen Metalle.

Es zerfällt mithin dieses Kapitel in folgende Unterabtheilungen:

- a) Wärmeproduction,
- b) Calorische Proceffe,
- c) Oxydations=Proceffe,
- d) Reductions=Proceffe.

a) Von der Wärmeproduction.

274. Was versteht man unter Verbrennung?

Die Verbrennung einer Substanz ist ihre Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft in höherer Temperatur und unter Licht- und Wärmeentwicklung.

Die langsame bei gewöhnlicher oder wenig erhöhter Temperatur geschehene Oxydation producirt nur wenig Wärme. Um den Namen der Verbrennung zu verdienen, muß die Verbindung lebhaft geschehen und dies ist nur bei vorgängiger Erhitzung der beiden Elemente der Verbrennung möglich.

275. Gibt es verschiedene Grade der Verbrennung?

Man unterscheidet vollkommene und unvollkommene Verbrennung, je nach dem vorhandenen Verhältniß zwischen den Mengen des Brennstoffs und des Sauerstoffs.

Die Verbrennung ist vollkommen, sobald der Sauerstoff im Ueberschuß vorhanden ist und die Endproducte der Verbrennung des Brennstoffs aus Wasser und Kohlenäure bestehen.

Sie ist dagegen unvollkommen, sobald die gasförmigen Verbrennungsproducte noch brennbare Bestandtheile enthalten, also: Kohlenoxyd, freien Wasserstoff und Kohlenwasserstoff.

Im letzteren Fall ist ein Wärmeverlust unvermeidlich; man muß deswegen suchen, jede unvollkommene Verbrennung zu vermeiden, sobald der vorgesezte Zweck es verlangt, die producirte Wärme unmittelbar und vollständig zu benutzen.

276. In welchen Fällen kann es dennoch vortheilhaft sein, eine unvollkommene Verbrennung zu unterhalten?

Wenn die vorhandenen Brennstoffe sich nicht zur unmittelbaren und vollständigen Ausnützung der Wärme qualificiren,

vergast man sie, ehe sie in vollkommener Weise verbrannt werden. Dann geschieht gewissermaßen die Verbrennung in zwei Zeitabschnitten: in einem Generator producirt man zuerst Gas von möglichst brennbarer Beschaffenheit und unterwirft dann das producirte Gas einer weiteren Oxydation um weitere Wärme zu erzeugen. (S. Kapitel III, k des vorigen Abschnittes.)

Bei den Reductionsprozessen und bei den Verkohlungsprozessen bilden sich durch die Natur der Hauptreactionen unvollständig verbrannte Gase, welche wirklich verlorene Wärme mit sich entführen, wenn man diese accessorischen Producte der Hoerdeöfen nicht nachträglich noch zu besonderen Zwecken als Brennstoffe verbraucht. (S. Kapitel III, k, *cc* des vorigen Abschnittes.)

277. Welche allgemeinen Eigenschaften der früher beschriebenen Brennstoffe sind von besonderer Wichtigkeit für den Verlauf der Verbrennungsvorgänge?

Vor Betrachtung der Verbrennungsprozesse im Großen ist es nothwendig noch einige allgemeine zusammenfassende Bemerkungen in Betreff der Brennstoffe zu machen und besonders ihre Entzündbarkeit und Brennbarkeit, die Ausdehnung der Flamme, die Reinheit der Brennstoffe, den Einfluß des Zustandes feiner Vertheilung, ihren Wärmeeffect und die bei der Verbrennung hervorgebrachte Temperatur zu untersuchen. Bei der früher schon mitgetheilten physikalisch-technischen Beschreibung der einzelnen Brennstoffe ist bereits Einiges über obige Beziehungen und Eigenschaften gesagt worden.

278. Was versteht man unter Entzündbarkeit und Brennbarkeit und wie verhalten sich dieselben?

Die Eigenschaft, mehr oder weniger leicht sich zu entzünden und zu verbrennen. Zur Entzündung und zur Dauer der Verbrennung müssen die brennbaren Stoffe oder die zur Verbrennung dienende Luft, besser noch beide zugleich mehr oder minder erwärmt werden.

Die Entzündungstemperatur schwankt mit der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der Brennstoffe; sehr compacte und

dichte, eben so wie sehr verdünnte Brennstoffe sind der Entzündbarkeit gleich wenig ausgesetzt.

Anthracit, besonders aber Graphit und Diamant, die krystallisirten Varietäten des Kohlenstoffs, brennen ihres hohen Dichtigkeitsgrades wegen schwerer; die brennbaren Gase z. B. Wasserstoff und Kohlenoxyd entzünden sich ihrer Leichtigkeit wegen nie unter Rothglühhitze. Im Gegensatz hierzu entzünden sich die porösen Brennstoffe weit unter den Gluthtemperaturen und man constatirt leicht, daß z. B. die weichen Holzarten leichter als die harten und dichten brennen.

Es entzünden sich beispielsweise:

Trockener Torf	bei 225°	} (Marbach)
Nadelholz	„ 295°	
Steinkohle	„ 326°	
Holzkohle (bei 300—400° dargestellt)	„ 360°	} (Violette)
Holzkohle (bei 1200—1300° dargestellt)	„ 600—800°	
Wasserstoff	„ 800—1000°	(Frankland).

Noch ist zu bemerken, daß wasserstoffhaltige Brennstoffe, fette Kohlen und fette Hölzer sich leichter entzünden, als Fragmente magerer Brennstoffe; die chemische Zusammensetzung hat mithin auch einen Einfluß auf die Entzündbarkeit.

279. Was ist bezüglich der Flammbarkeit der Brennstoffe zu sagen?

Wie schon bei der speciellen Beschreibung der natürlichen Brennmaterialien angedeutet worden, ist die Flammerscheinung der Verbrennung durchaus nicht gleichmäßig. Es sind lang- und kurzflammige Kohlen derselben Kategorie angeführt worden, deren technische Verwendung in Folge dessen sehr verschieden ausfallen mußte.

Um Ofenräume von großer Ausdehnung gleichmäßig erhitzen zu können, bedarf man langflammiger Brennstoffe d. h. solcher, die bei ihrer Verbrennung eine große Menge von flüchtigen Destillationsproducten entwickeln, welche die Verbrennungsercheinung weiter ausdehnen. Diese langflammigen, viele flüchtige Destillationsproducte gebenden Brennstoffe sind meist wasserstoffhaltige Substanzen, wie Holz, Torf, Steinkohlen, während die wasserstoffarmen Substanzen, wie alle verkohlten Brennstoffe und alle älteren Kohlen z. B. die Anthracite kurzflammige Brennstoffe sind.

Doch auch die Art der Verwendung, die Construction der Feuerungsanlage wirkt auf den Charakter der Flamme ein; die Stärke des Luftzuges, d. h. die Zutrittsgeschwindigkeit der Verbrennungsluft trägt ein erhebliches Theil zur Steigerung oder Ermäßigung der Flammenbildung bei.

280. Welche Rücksichten sind auf die verschiedene Reinheit der Brennstoffe zu nehmen?

Man beurtheilt und qualificirt die vorkommenden natürlichen Brennstoffe nicht allein nach ihrer Leistungsfähigkeit, sondern auch nach ihrer Reinheit; man hat dabei hauptsächlich solche Bestandtheile im Auge, welche auf die mittelst der Brennstoffe behandelten Metalle nachtheilig einwirken können. Solche schädliche Einflüsse beruhen meist auf einem bedeutenden Aschengehalt und auf einem Gehalt der Asche an Verbindungen, deren Grundelemente von den darzustellenden Metallen leicht aufgenommen werden. Da diese Aufnahme und die daraus resultirende Qualitätsverschlechterung des Hauptproductes vom Hüttenproceß nur bei directem Contact der betheiligten Materialien eintreten kann, so vermeidet man bei der Ausführung von Contactreactionen die unreinen, rohen Brennstoffe und wendet geläuterte, möglichst reine an. Umgekehrt arbeitet man bei sehr vielen Hüttenprocessen nur mit der Flamme der Brennstoffe, die in vom Schmelz- und Arbeitsraum getrennten Feuerkammern dargestellt wird.

281. Uebt die Zerkleinerung des Brennstoffes, die größere oder geringere Vertheilung einen bemerkbaren Einfluß auf die Verbrennung aus und welchen?

Obwohl die mit der weitergehenden Zerkleinerung des Brennstoffes wachsende Oberfläche die Verbrennung steigert, so ist zu dieser Steigerung eine bestimmte Zugänglichkeit erforderlich, die durch eine andere Eigenschaft des pulver- und staubförmigen Brennstoffes beeinträchtigt wird. Alle diese feinvertheilten Brennstoffe haben die Eigenschaft sich festzulegen, d. h. eine durch die Verbrennungsluft schwer durchdringbare Schicht zu bilden; um sie gut und günstig zu verbrennen, ist es erforderlich besondere auflockernde Rostconstructions, starke Pressung der Verbrennungs-

luft oder vorgängige Agglomeration zu stückiger Beschaffenheit anzuwenden.

Neuerdings hat der Engländer Crampton sehr gelungene Versuche gemacht, Kohlenstaub mit Luft gemischt in die Feuerungen zu blasen.

282. Was versteht man unter dem Heizeffect oder Wärmeeffect eines Brennstoffs?

Der Heizeffect oder Wärmeeffect eines Brennstoffs ist die bei seiner Verbrennung entwickelte Wärmemenge, bezogen auf eine Gewichtseinheit, heut allgemein das Kilogramm, und ausgedrückt in Wärmeeinheiten, Verdampfungseinheiten oder Arbeitseinheiten.

283. Was ist die Wärmeeinheit?

Um beliebige Wärmemengen in ihrer Wirkung vergleichen zu können, haben die Physiker angenommen, daß die Wärmemenge, welche die Temperatur von einem Kilogramm Wasser um 1° Celsius steigert, als Einheit zu bezeichnen sei.

Wenn also gesagt wird, ein Brennstoff entwickle bei seiner Verbrennung 8000 Wärmeeinheiten, so bedeutet dieses nichts Anderes, als daß die bei der vollständigen Verbrennung von 1 Kilogramm dieses Brennstoffs producirte Wärme ausreicht, um entweder 8000 Kilogramm Wasser um 1° wärmer zu machen oder 1 Kilogramm Wasser um 8000° in der Temperatur zu steigern. Dabei ist vorausgesetzt, daß die frei gewordene Wärme ausschließlich zur Erwärmung des Wassers benutzt worden ist.

284. Was ist die Verdampfungseinheit?

Unter Verdampfungseinheit versteht man die von 1 Kilogramm Wasser bei seiner Verdampfung aufgenommene Wärmemenge; die Verdampfung muß bei 100° C. geschehen. (Katechismus der Physik, Fr. 361.)

Um diese von Rankine vorgeschlagene Einheit*) mit der Wärmeeinheit der Physiker zu vergleichen, ist festzuhalten, daß die latente Wärme des Wasserdampfs 537 Wärmeeinheiten ent-

*) Bei industriellen Rechnungen erhält man durch Benützen der physikalischen Wärmeeinheit leicht sehr große Zahlen; deshalb ist die Verdampfungseinheit vorgeschlagen worden.

spricht und daß die gesammte Wärmemenge des Wasserdampfes bei 1° Celsius nach Regnault

$$W = 606,5 + 0,305 \cdot 1, \text{ also für } 1^{\circ} = 100^{\circ} \\ = 606,5 + 30,5 = 637 \text{ Wärmeeinheiten beträgt.}$$

Man beurtheilt übrigens die Brennstoffleistungen auch nach der Anzahl der Kilogramme Wasser, welche ein Kilogramm Brennstoff in einer Dampfkesselanlage zu verdampfen im Stande ist. Bei der Beschreibung der einzelnen Brennstoffarten ist auf diese Größe vielfach Rücksicht genommen worden.

285. Was ist die Arbeitseinheit der Wärme?

Die Arbeitseinheit oder das mechanische Aequivalent der Wärme (Katechismus der Physik, Fr. 390) ist 424 Kilogramm-meter oder etwa 6 Pferdestärkte per Wärmeeinheit. Ein Kilogramm Wasser um 1° C. erwärmt, absorbiert eine Kraft von 6 Pferdestärken.

286. Welche Verhältnisse verändern den Wärmeeffect einer Substanz?

Der Wärmeeffect eines Brennstoffs wird nicht allein durch seine chemische Natur beeinflusst, sondern auch durch seinen Molecularzustand.

Mit der Zunahme der Dichtigkeit vermindert sich der Wärmeeffect einer bestimmten Substanz und dimorphe Körper zeigen in beiden Modificationen verschiedene Effecte.

Für den Kohlenstoff ergaben die Untersuchungen von Favre und Silbermann, daß die Effecte der verschiedenen amorphen und krystallisirten Sorten variiren:

Diamant zeigte	7770 Einheiten
Graphit (natürlicher)	7797 "
Retortengraphit	8047 "
Reine Holzkohle	8080 "
Für den hypothetischen Kohlenstoff-	
dampf steigt der berechnete Effect	
sogar auf	11214 "
Krystallisirter Schwefel ergiebt . . .	2262 "
Geschmolzener " "	2217 "

287. Welche Wärmeeffecte einfacher Körper außer den angeführten sind für das Studium der Metallurgie von Wichtigkeit?

Während für den reinen Kohlenstoff gewöhnlich der bei Verbrennung von ausgeglühter Holzkohle gefundene Effect von 8080 Einheiten in Rechnung gezogen wird, ergaben sich

für die Bildung von flüssigem Wasser aus Wasserstoff 34462 Einheiten.

Für das Silicium fanden Troost und Hautefeuille 7830 "

Für das Eisen fanden Favre und Silbermann auf nassem Weg (Drydulbildung) 1352 "

Dulong erhielt durch Verbrennung in Sauerstoff unter Annahme ausschließlicher Bildung von Drydrydul 1648 "

Andrews auf gleichem Weg 1582 "

Gruner berechnet aus diesen Beobachtungswerthen:

für die Drydulbildung einen Effect von 1258 "

für die Drydrydulbildung 1677 "

für die Drydbildung 1887 "

Für den Phosphor fand Andrews 5747 "

288. Was versteht man unter dem Welter'schen Gesetz?

Gestützt auf die ersten und ältesten Messungen der Verbrennungstemperaturen (Lavoisier u. A.) stellte Welter das Gesetz auf, daß die von den verschiedenen Elementen bei ihrer Verbrennung in Sauerstoff entwickelten Wärmemengen stets proportional seien den absorbirten Sauerstoffmengen und daß die mit der Absorption eines Gewichtstheils Sauerstoff verbundenen Wärmeproductionen bei allen Elementen dieselben seien oder in einfachem Verhältniß stehen.

Dieses Gesetz, später durch die genauen Calorimeterversuche Dulong's, Andrews' und Silbermann's zc. scheinbar umgestoßen und unrichtig befunden, ist durch die Annahme Rankine's

dahin rehabilitirt worden, daß es nur für gleichbleibende Aggregatzustände der verbrennenden Substanzen Geltung besitzen könne.

Sobald ein verbrennender Körper Producte bildet von einem anderen Aggregatzustand, werde das Gesetz durch zutretende Wärmeabsorption oder Wärmeauscheidung verändert und führe dann zu den beobachteten Versuchsergebnissen.

Gelegentlich der Gegenüberstellung der Wärmeproduction bei der Kohlenoxydbildung und bei der

Kohlenoxydverbrennung ergibt sich z. B. die Nothwendigkeit, eine Verdampfungswärme für den Kohlenstoff und die Existenz eines besonderen Wärmeeffectes für den Kohlenstoffdampf anzunehmen.

289. Durch welche Ursachen wird der Wärmeeffect der zusammengesetzten Körper beeinflusst?

Die gleichen Ursachen, welche auf den Wärmeeffect der einfachen Stoffe Einfluß ausüben, beherrschen auch die Verbrennungsergebnisse der zusammengesetzteren und meist in noch höherem Grade.

Manche hierher gehörende Verbindungen sind unter Wärmeabsorption aus einfachen Körpern entstanden und ihre Verbrennung und Zersetzung läßt diese vorher gebunden gewesene Wärme frei werden und zu der Wärmeproduction der brennbaren Bestandtheile hinzutreten. Es ist das besonders der Fall bei allen explosiblen Substanzen, tritt aber auch bei einigen gewöhnlichen Brennstoffen auf.

290. Kann man die Wärmeeffecte der zusammengesetzten Brennstoffe aus denen der Elemente ermitteln?

Sobald die zusammengesetzten Brennstoffe einfache Gemische sind, läßt sich der Wärmeeffect aus der Zusammensetzung des Gemisches und den Effectgrößen der Bestandtheile bestimmen, denn er ist absolut gleich der Summe der Wärmeeinheiten, die von den Bestandtheilen producirt worden sind.

Bei zusammengesetzten Brennstoffen, die wirkliche chemische Verbindungen sind, giebt eine aus der Analyse hervorgehende Berechnung der Effecte Resultate, die ihrer Unsicherheit halber nicht einmal zu industriellen Voranschlägen zu gebrauchen sind.

Die meisten der hierher gehörenden Verbindungen sind Kohlenwasserstoffe; nun ist der Kohlenstoff fest, der Wasserstoff gasförmig,

die Kohlenwasserstoffe aber theils fest, theils flüssig und theils gasförmig. Einer der Bestandtheile mußte mithin seinen gewöhnlichen Aggregatzustand bei der Bildung der betreffenden Verbindung verändern. Mit einer solchen Aenderung ist stets eine Volumänderung verbunden und eine Wärmereaction, welche bei der Verbrennung des zusammengesetzten Brennstoffs das Eintreten der entgegengesetzten Wärmeübertragung veranlaßt.

Abgesehen hiervon ist man in Verlegenheit, welcher Werth für den Wärmeeffect des Kohlenstoffs in jedem einzelnen Fall zu nehmen ist.

Noch bedenklicher ist die Berücksichtigung des Sauerstoffs in einzelnen natürlich vorkommenden Brennmaterialien; derselbe erscheint nicht allein als träger, für die Wärmeproduction unfruchtbarer Bestandtheil, sondern als Wärme bindender Factor des ursprünglichen Vegetationsprocesses.

Aus diesem Grund hat Dulong auch für derartige Brennstoffe die folgende Formel des Wärmeeffects unter Berücksichtigung der Wärmeabsorption des Sauerstoffs angegeben:

$$P = 8080 C + 34462 \left(H - \frac{O}{8} \right)$$

(C, H, O, bezeichnet die procentalen Gehalte des Brennstoffs an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff).

Da indessen nicht aller Sauerstoff eines natürlichen Brennstoffs an den Wasserstoff gebunden zu sein braucht, so entbehrt auch die Dulong'sche Formel der Sicherheit und es ist besser, für jeden zusammengesetzten Brennstoff Versuche und Effectbestimmungen zu machen.

291. Was ist über den Wärmeeffect des Kohlenoxyds zu sagen?

Den Wärmeeffect des Kohlenoxyds haben Favre und Silbermann auf 2403 Einheiten bestimmt; er ist also viel geringer als der des festen Kohlenstoffs und des Wasserstoffs, kann aber doch, wie sich noch zeigen wird, sehr hohe Temperaturen hervorbringen helfen.

Aus dem genannten Wärmeeffect und dem des Kohlenstoffs läßt sich leicht berechnen, wie groß der Effect des letzteren ist, wenn er nur Kohlenoxyd bildet.

Da ein Theil Kohlenstoff $\frac{7}{3}$ Theile Kohlenoxyd bildet und dieses Quantum nach Obigem $\frac{7}{3} \times 2403$ oder 5607 Einheiten bei der Verbrennung zu Kohlenensäure entwickelt, so bleiben für die

Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlenoxyd 8080 — 5607 oder 2473 Einheiten übrig.

Man kann mithin einen Gewichtstheil Kohlenstoff sehr verschieden ausnutzen, jenachdem man ihn zu Kohlenäure mit 8080 Einheiten Effect oder zu Kohlenoxyd mit 2473 Einheiten verbrennt; man wird das letztere nur in zwingenden Umständen thun.

292. Was ergibt sich aus der Gegenüberstellung der beiden Wärmeeffecte des Kohlenstoffs und der consumirten Sauerstoffmengen?

Das Welter'sche Gesetz (Fr. 288) in der von Rankine ihm gegebenen Auslegung gestattet aus den ebenberechneten zwei verschiedenen Effecten für dieselbe Kohlenstoffmenge einen Schluß zu ziehen auf die Vergasungswärme des Kohlenstoffs und den vermuthlichen (schon Fr. 287 erwähnten) Effect des hypothetischen Kohlenstoffdampfes.

- | | |
|---|-----------------|
| 1 Gewichtstheil Kohlenstoff producirt zu Kohlenoxyd
verbrennend | 2473 Einheiten. |
| 1 Gewichtstheil Kohlenstoff (in $\frac{7}{3}$ Gewichtstheilen
Kohlenoxyd enthalten) producirt zu Kohlenäure
verbrennend | 5607 Einheiten. |

In beiden Fällen wird dieselbe Menge Sauerstoff, nämlich $\frac{4}{7}$ Einheiten, verbraucht, man kann also nicht füglich eine größere Energie der chemischen Verbindung im Fall der Kohlenäurebildung voraussetzen. Ein Unterschied in den beiden Verbrennungserrscheinungen existirt lediglich im Aggregatzustand des Kohlenstoffs. Das eine Mal ist der verbrennende Kohlenstoff in fester Form, das andere Mal in gasförmiger Gestalt; da das Product in beiden Fällen ein permanentes Gas ist, so übernimmt augenscheinlich der zuerst erwähnte Verbrennungsproceß die Vergasungsarbeit, die bei dem zweiten Proceß bereits vollzogen ist, ehe die Verbrennung beginnt. Man kann weiter schließen, daß bei der Verbrennung des Kohlenoxyds der gesammte Wärmeeffect des Kohlenstoffs zum Vorschein kommt, während bei der Verbrennung des festen Kohlenstoffs ein Theil des ursprünglichen Effects zur Vergasung des Kohlenstoffs verbraucht wird.

Dieser Theil ist offenbar = 5607 — 2473 oder 3134 Einheiten.

Die Wärmeeffecte des bereits vergasteten Kohlenstoffs — des hypothetischen Kohlenstoffdampfes — betragen hiernach:

$$2473 + 3134 = 5607 \text{ Einheiten bei der Kohlenoxydbildung und}$$

$$8080 + 3134 = 11214 \text{ Einheiten bei der Kohlenäurebildung.}$$

293. Was ist über die Wärmeeffecte der gasförmigen Kohlenwasserstoffe zu bemerken?

Die Wärmeeffecte der gasförmigen Kohlenwasserstoffe haben Favre und Silbermann ebenfalls durch directe Verbrennung gemessen und

für schweres Kohlenwasserstoffgas (Aethylen
oder ölbildendes Gas) auf 11858 Einheiten
für leichtes Kohlenwasserstoffgas (Sumpfgas) „ 13063 „
bestimmt. (Das producirte Wasser ist dabei nicht als Dampf erhalten worden.)

Berechnet man aus der chemischen Zusammensetzung die Effecte nach dem Gesetze von Dulong und supponirt den Kohlenstoff in vergastem Zustande, so erhält man

für schweres Kohlenwasserstoffgas:

$$\text{Kohlenstoffeffect } 11214 \times 0,857 = 9610 \text{ Einheiten}$$

$$\text{Wasserstoffeffect } 34462 \times 0,143 = 4928 \text{ „}$$

Zusammen 14538 Einheiten,

für leichtes Kohlenwasserstoffgas:

$$\text{Kohlenstoffeffect } 11214 \times 0,751 = 8410,5 \text{ Einheiten}$$

$$\text{Wasserstoffeffect } 34462 \times 0,250 = 8615,5 \text{ „}$$

Zusammen 17026,0 Einheiten.

Man sieht aus dem Unterschied der beobachteten und der berechneten Effecte, daß bei der Bestimmung der Wärmeeffecte die Rechnung sich, wie hervorgehoben (Fr. 290), auf chemische Verbindungen nicht anwenden läßt.

Im vorliegenden Fall muß man annehmen, daß die Zerlegungswärme des

$$\text{schweren Kohlenwasserstoffs } 14538 - 11858 = 2680 \text{ Einh.}$$

$$\text{leichten „ } 17026 - 13063 = 3963 \text{ „}$$

beträgt.

294. Was ist über den Wärmeeffect der flüssigen Kohlenwasserstoffe zu bemerken?

Bereits in Frage 222 ist angegeben worden, daß auch hier der berechnete Effect sich im Allgemeinen weit höher gestalte als der beobachtete.

St. Claire Deville fand für ein Del von Oil-creek in Pennsylvanien, welches in der Analyse

82,0 Kohlenstoff

14,8 Wasserstoff

3,2 Sauerstoff

zeigte, einen Effect von 9887 Einheiten gegenüber einer berechneten Leistung von 11588 Einheiten.

Ein destillirtes Del von Burning Springs (Virginia), das

84,0 Kohlenstoff

14,4 Wasserstoff

1,6 Sauerstoff

enthielt, zeigte einen beobachteten Effect von 10146 Einheiten, einen berechneten von 11681 Einheiten.

Ein Theeröl der Pariser Gasanstalten, welches

82,0 Kohlenstoff

7,6 Wasserstoff

10,4 Sauerstoff

enthielt, zeigte einen beobachteten Effect von 8849 Einheiten gegenüber einem berechneten von 8797 Einheiten.

Je weniger Wasserstoff also ein Brennstoff enthält, um so eher stimmen die beiden Effecte, der gefundene und der berechnete, mit einander überein.

295. Was ist über den Wärmeeffect der festen aus Kohlenwasserstoff, Kohlen- und Sauerstoff bestehenden Brennstoffe zu bemerken?*)

Die Berechnung dieser Wärmeeffecte aus den Analysen ist eben so unsicher in den Resultaten als die der flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffe.

In der nebenstehenden Tabelle sind von Gruner die auf aschenfreie bei 110° getrocknete Brennstoffe bezogenen Resultate zusammengestellt.

*) In dem die Brennstoffbeschreibung umfassenden dritten Kapitel des vorigen Abschnittes sind einzelne Wärmeeffecte bereits mitgetheilt; die hier erfolgende Zusammenstellung recapitulirt das Gesagte und vervollständigt es durch die Beziehung zwischen dem beobachteten und dem berechneten Effect.

	Probad- ter Effect	Chem. Zusammensetzung			Wärme- effect	Wärme- effect n. Dulong	Kohlen- stoff %	
		C	H	O + N	C + H			
Anthracitische Kohle	Creusot	9456	92,36	3,66	3,98	8724	8552	88,1
Magere kurzflammige Kohle	"	9263	90,79	4,24	4,97	8897	8683	84,2
Fette kurzflammige Kohle	"	9622	88,48	4,41	7,11	8670	8363	80,4
Fette Kohle	Ronchamp	9077	88,32	4,79	6,89	8790	8494	73,0
Fettkohle mittlerer Beschaffenheit	Denain	9050	83,94	4,43	11,63	8310	7810	70,3
Fettkohle langflammig	Duttweiler	8724	83,82	4,60	11,58	8358	7858	63,5
Fettkohle langflammig	Sulzbach	8603	83,35	5,17	11,48	8517	8024	64,4
Fettkohle mit sehr langer Flamme	von der Heydt	8462	81,56	4,98	13,46	8306	7727	60,4
Sandkohle mit langer Flamme	Monceau	8325	78,58	5,23	16,19	8151	7455	60,6
do.	Friedrichsthal	8457	78,97	4,67	16,36	7990	7287	58,5
do.	Louisenthal	8215	76,87	4,68	18,45	7824	7032	59,0
Fette Braunkohle	Böhmen	7924	76,58	8,27	15,15	9038	8387	25,0
do.	Manosque	7363	70,57	5,44	23,99	7576	6542	48,8
Magere Braunkohle	"	7006	66,31	4,85	28,84	7029	5788	46,8
do.	Rocher bleu	6480	72,98	4,04	22,98	7289	6300	52,0
Fossiles Holz	Böhmen	6358	66,51	4,72	28,77	7001	5760	50,4
do.	"	6311	67,60	4,55	27,85	7030	5831	51,4
Cellulose C ₁₂ H ₁₀ O ₂₀	"	3622	44,44	6,17	49,39	5717	3590	28—30

Vergleicht man die nach der Methode von Scheurer=Restner und Meunier gefundenen Effecte mit den berechneten, so findet man, daß mit Ausnahme der böhmischen fetten Braunkohle der wirkliche Brennwerth größer ist, als man ihn durch Rechnung findet. Jedenfalls wirkt in solchen Brennstoffen, die feste oder halbflüssige Kohlenwasserstoffe enthalten, der Kohlenstoff mit einem zwischen 8080—11214 Einheiten liegenden Effect, während der Wasserstoff mit einem geringeren Effect als die für den gasförmigen Zustand desselben gefundenen 34462 Einheiten in Rechnung treten muß. Da diese Verhältnisse noch vollkommen dunkel sind, ist es für die Technik richtiger, die durch Versuche gefundenen Effecte zu benutzen, als solche aus den Analysen zu berechnen.

Um abgerundete Werthe zu erhalten, nimmt man an: für				
die anthracitischen Steinkohlen einen Effect von	9200—	9500	Einheiten.	
die cohesreichen Fettkohlen	9300—	9600	Einheiten.	„
die gewöhnlichen Fettkohlen	8800—	9300	Einheiten.	„
die langflammigen Fettkohlen	8500—	8800	Einheiten.	„
die gasreichen Sandkohlen	8000—	8500	Einheiten.	„
die fetten Braunkohlen	7000—	8000	Einheiten.	„
die erdigen Braunkohlen und fossilen Hölzer	6000—	7000	Einheiten.	„
die Cellulose	3600		Einheiten.	„

296. Was versteht man unter Verbrennungstemperatur der Brennstoffe?

Der industrielle Werth eines Brennstoffs hängt in letzter Instanz von der Verbrennungstemperatur ab, d. h. der theoretischen Temperatur sämmtlicher aus dem Verbrennungsproceß hervorgehenden Producte. Dabei ist vorausgesetzt, daß die producirte Wärme lediglich durch die Verbrennungsproducte absorhirt werde und daß die Wärmecapacitäten derselben in allen Temperaturen sich gleich bleiben.

Beide Voraussetzungen treffen bekanntlich niemals zu. Die Apparate, in denen die Verbrennung vor sich geht, verschlucken stets eine bedeutende Wärmemenge und ihre Wände strahlen außerdem sehr variable Mengen aufgenommener Wärme in die umgebende Luft aus. Die Wärmecapacitäten aller Substanzen zeigen eine merkliche Veränderung mit zunehmender Temperatur; sie nehmen allmählich zu und man kann in Folge dessen von den Zahlenwerthen, welche die Physik für die Wärmecapacitäten bei

niederer Temperatur ($0-100^{\circ}$) aufstellt, für industrielle Rechnungen nur einen beschränkten Gebrauch machen.

297. Wie ermittelt man die theoretische Verbrennungstemperatur der Brennstoffe?

Zwischen der Wärmeproduction einer Verbrennung und der Temperatur der sämtlichen Producte der Verbrennung existirt folgende Relation. Bezeichnet man mit

- P das Gewicht des verbrannten Körpers,
- C den Wärmeeffect desselben,
- p das Gewicht des Verbrennungsproductes,
- t. die Temperatur und
- c die Wärmecapacität desselben,

$$\text{so ist } PC = p c t \text{ und } t = \frac{PC}{p c}.$$

Setzen sich P, p aus mehreren fest constituirten Substanzen zusammen, deren Effecte und beziehungsweise Wärmecapacitäten verschieden sind, so wird

$$t = \frac{\Sigma PC}{\Sigma p c}.$$

Bei der Aufstellung dieser Formel ist vorausgesetzt, daß kein einziges der Verbrennungsproducte zwischen 0° und t° seinen Aggregatzustand ändert. Tritt diese Erscheinung ein, so sind die absorbirten oder freiwerdenden Wärmequantitäten in Zugang oder in Abzug zu bringen und es ist dann

$$t = \frac{\Sigma PC + \Sigma k K - \Sigma \lambda L}{\Sigma p c}$$

wenn K und L die ihren Aggregatzustand zwischen 0° und t° verändernden Verbrennungsproducte und k, λ die pro Einheit producirten oder absorbirten Wärmemengen bezeichnen.

298. Welche Erscheinung beeinflusst noch abgesehen von allen Wärmeabsorptionen der Apparate die Verbrennungstemperatur?

Die Verbrennungstemperatur wird beeinflusst durch eine bei hoher Temperatur eintretende geringere Beständigkeit der entstandenen Sauerstoffverbindungen, welche unter starker Wärme-

absorption sich in ihre Bestandtheile spalten, ohne dauernd zerlegt zu sein. Diese von St. Claire Deville entdeckte Eigenschaft gas- und dampfförmiger Verbrennungsproducte bezeichnet man mit dem Namen der Dissociation, um sie von der wirklichen Zersetzung zu unterscheiden.

Sie tritt nach den Versuchen des genannten Gelehrten
für den Wasserdampf bereits bei $900-1000^{\circ}$
für die Kohlensäure " " $1000-1200^{\circ}$

ein, also bei weit niedrigeren Temperaturen als die vorstehend entwickelte Relation zwischen Verbrennungswärme und Temperatur (Gruner) ergibt.

Die theoretischen Temperaturen sind nämlich in Sauerstoff:

für Kohlenstoffverbrennung 10015°
für Kohlenoxydverbrennung 6950°
für Wasserstoffverbrennung 6744°

(nach Abzug der latenten Wärme des Wasserdampfes).

Deville fand dagegen die Temperaturen

einer Kohlensäureatmosphäre im Maximum $2500-2700^{\circ}$
einer Wasserdampfatmosphäre " " 2500°

bei gewöhnlichem Luftdruck.

299. Wie gestalten sich die Verbrennungstemperaturen bei der Verbrennung in atmosphärischer Luft?

Berechnet man, daß 1 Theil Kohlenstoff $\frac{8}{3}$ Theile Sauerstoff zur Bildung von $\frac{11}{3}$ Theilen Kohlensäure verlangt und daß die Wärmecapacitäten der Kohlensäure und des Stickstoffs resp. 0,22 und 0,244 sind, so ist für Kohlenstoffverbrennung:

$$t^{\circ} = \frac{8080}{\frac{11}{3} \times 0,22 + \frac{8}{3} \times 3,35 \times 0,244} = 2716^{\circ} \text{ (Gruner).}$$

In analoger Weise findet man t°

für Kohlenoxydverbrennung in Luft = 2967° (Gruner),
für Wasserstoffverbrennung = 2694° (Gruner).

Die wirklichen Verbrennungstemperaturen steigen aber nach Bunsen's Versuchen nie über $1700^{\circ}-1800^{\circ}$ hinaus.

300. Wie hoch ist die Verbrennungstemperatur für die unvollständige Verbrennung einer Substanz z. B. des Kohlenstoffs bei der Kohlenoxydbildung?

Da in diesem Fall der Kohlenstoff nur 2473 Einheiten entwickelt, so wird

$$t^{\circ} = \frac{2473}{\frac{7}{3} \times 0,226 + \frac{4}{3} \times 3,33 \times 0,244} = 1536^{\circ} \text{ (Gruner).}$$

Der Unterschied zwischen vollkommener und unvollkommener Verbrennung des Kohlenstoffs in atmosphärischer Luft repräsentirt sonach eine Temperaturdifferenz von

$$2716 - 1536 = 1180 \text{ Grad.$$

301. In welcher Weise berücksichtigt man bei der Temperaturbestimmung, wenn eins der beiden Verbrennungselemente oder beide eine andere Temperatur als 0° haben?

Wenn T_I die Temperatur der Luftmenge P_I , c_I deren Wärmecapacität, ferner T_{II} die Temperatur des Brennstoffquantums P und c_{II} seine Wärmecapacität bedeuten, so verwandelt sich die Gleichung

$$t = \frac{\Sigma P C}{\Sigma p c}$$

in die erweiterte Relation

$$t = \frac{\Sigma P C + P_I T_I c_I + P c_{II} T_{II}}{\Sigma p c}$$

302. Wird die Verbrennung aller technischen Brennstoffe in durchaus gleicher Weise geleitet?

Man unterscheidet sehr verschiedene Methoden, Brennstoffe möglichst vollkommen zu verbrennen; nach dem Aggregatzustand lassen sich die betreffenden Methoden wie Vorrichtungen am besten theilen, so daß sich drei Gruppen ergeben:

$\alpha\alpha$) Verbrennung gasförmiger Brennstoffe*);

$\beta\beta$) Verbrennung flüssiger Brennstoffe;

$\gamma\gamma$) Verbrennung fester Brennstoffe.

*) Die Reihe beginnt mit den Gasen, weil sich dabei die idealste Form der Verbrennungen ergibt.

aa) Von der Verbrennung gasförmiger Brennstoffe.

303. Welche Bedingungen sind für die Gasverbrennung nothwendig?

Zur Verbrennung der Gase, wie sie in dem Hüttenbetrieb verwendet werden, gehört vor allem die Herbeiführung einer geeigneten Temperatur zur Entzündung.

Wegen der großen Verdünnung der brennbaren Bestandtheile technischer Gasgemische durch nichtbrennbare Substanzen, wie Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf, entzünden sich die Gase meist nur bei Rothglühhitze. Es ist mithin nothwendig, die Gase zu dieser Temperatur zu bringen und zwar ehe sie mit der Verbrennungsluft gemischt werden, weil sonst Explosionen entstehen. Auch die Verbrennungsluft muß zu möglichst hoher Temperatur gebracht werden, da sie sonst die Gase abkühlt, ehe sie Zeit gehabt haben, sich zu entzünden.

304. In welcher Weise bewirkt man die Gaserwärmung und Entzündung?

Indem man die Gase in dünnen Schichten ausströmen läßt, wie es bei den Leuchtgasbrennern geschieht, und dann mit einem brennenden Körper entzündet, oder indem man die Gase in dickeren Strahlen und Strömen auf einem mit Brennstoffen bedeckten Rost ausströmen läßt.

Im ersten Fall überträgt sich die Hitze aus der Flamme allmählich auf die Umhüllung der Ausströmungsöffnung und erleichtert das Vorwärmen des ausströmenden Gases durch das Heißwerden der metallnen Brenner.

Im zweiten Fall, der im Hüttenbetrieb vorwiegend angewendet wird, erwärmt sich das Gas an der Flamme des Rostes und verbrennt, sobald es die rechte Temperatur erreicht hat, mittelst der durch den leicht bedeckten Rost strömenden Luft.

Einen besonderen Fall bilden die Regenerativöfen, wo durch Uebertragen der Ofenüberhitze an die Elemente der Verbrennung die letzteren so stark vorgewärmt werden, daß eine augenblickliche Verbrennung des Gases stattfindet, sobald es mit der Luft zusammenkommt. In den Siemens'schen Öfen werden Gas und Luft vorgewärmt, während andere Gasöfen die direct dem

Generator entnommenen glühenden Gase mit vorgeheizter Luft verbrennen. (Vgl. Frage 257.)

305. Was läßt sich im Allgemeinen bei der Gasverbrennung beobachten?

Die Gasverbrennung erfolgt mehr oder minder vollständig, jenachdem der Zuzug der Verbrennungsluft angeordnet wird. Außer der zur vollständigen Drydation der brennbaren Bestandtheile des Gases erforderlichen Sauerstoffbeziehungsweise Luftmenge ist zur vollkommenen Verbrennung noch eine möglichst große Berührungsfläche nothwendig.

Es genügt nicht, einen Gas- und einen Luftstrom nebeneinander in einen Apparat zu leiten, oder den Gasstrom nur mit einer Lufthülle zu umgeben; es würde, wie bei einer Lampe mit einfachem Luftzug, eine nur unvollkommene Verbrennung, bei kohlenwasserstoffhaltigen Gasen kenntlich durch ein Rußen der Flamme, stattfinden.

Das von Argand für Dellampen zuerst angewandte Princip des doppelten Luftzuges, wo der von einem Luftstrom umgebene Brennstoffstrom seinerseits wieder einen centralen Luftstrom ringförmig einschließt, liefert bei richtiger Stellung des Ramins (Lampencylinders) und des Dochtes eine rußfreie Flamme, also vollkommene Verbrennung; der bei vielen Lampen, besonders den Steinöl- und Photogenbrennern, angewandte gebrochene oder mit einer Einschnürung versehene Lampencylinder befördert in sehr merklicher Weise die innige Mischung von Gas und Luft in der Flamme, eben so die in verschiedener Form angewandten Mundstücke für flache und ringförmige Dochte.

306. Wie wirkt die größere oder geringere Vollkommenheit der Verbrennung auf das Aussehen der Flamme?

Man bemerkt bei gut construirten Beleuchtungsapparaten, daß die beim Anzünden lange und in einem Rußfaden endende Flamme kurz und intensiv leuchtend wird, sobald der Cylinder aufgesteckt und die sonstige Regulirung des Brenners in Thätigkeit ist.

Es würde hiernach eine vollkommene Verbrennung stets eine kürzere Flammeercheinung bedingen als eine nicht vollkommene Verbrennung.

Die Verkürzung der Flamme durch das Eintreten von vollkommeneren Verbrennungszuständen ist um so augenfälliger, je kälter die zutretende atmosphärische Luft ist, während bei der Benutzung von vorgewärmter heißer Verbrennungsluft die Flamme eine größere Ausdehnung behält. Den Grund dieser Erscheinung bildet die Dissociation der verbrannten Gase; man kann, wie es Deville bewiesen hat, in der Axe der Stichtlamme eines Gasgebläses mit vorgewärmten Verbrennungsmaterialien sowohl freien Sauerstoff als feinvertheilten Kohlenstoff finden. Ist eine solche Flamme von kalter Luft umgeben oder brennt sie in einem Mittel von gewöhnlicher Temperatur, so wird der Wärmeüberschuß sehr rasch übertragen und die dissociirten Elemente können sich von Neuem verbinden.

In einem stark erhitzten Raume dagegen, z. B. einem energisch wirkenden Ofen, dessen mittlere Temperatur auf $1500\text{—}2000^\circ$ steigt, bleiben die Elemente der Verbrennungsproducte theilweise dissociirt und die Flamme hört erst auf, wenn die ersteren in den Kamin treten.

307. Welchen Bedingungen haben nach dem Vorstehenden die technischen Einrichtungen zur Gasverbrennung zu genügen?

Die Bedingungen günstiger Verbrennung der Gase sind:

Vorwärmen der Gase vor dem Entzünden.

Vergrößern der gegenseitigen Contactflächen von Gas und Luft, indem man entweder beide abwechselnd in dünnen aber breiten Schichten in den Verbrennungsraum führt, oder indem man die Verbrennungsluft in vielen einzelnen Strahlen in den Gasstrom treten läßt.

Reguliren der Geschwindigkeit des Luftzutrittes je nach der Ausdehnung und dem Umfang des zu heizenden Raums; große Räume, die eine ausgedehnte Flamme verlangen, sind mit mäßiger, kleine Räume mit starker Wärmeconcent-

tration sind mit stärkerer Geschwindigkeit des Luftstroms zu versehen.

Steigern der Vorwärmtemperatur beider Verbrennungsbestandtheile, sobald es sich um die Production einer sehr intensiven Hitze in weiten Ofenräumen handelt.

308. Wie erwärmt man durch Gasverbrennung am besten große Räume, die eine mäßige, aber gleichförmige Temperatur erhalten sollen?

Winderwärmungsapparate, Dampfkessel, Röstöfen für Eisenerze sind Apparate, deren Feuerräume eine größere Ausdehnung und verhältnißmäßig niedere Temperatur erhalten. Sie sind, da man sie mit Hochofengasen betreibt, einer zufälligen Unterbrechung des Heizbetriebes ausgesetzt und müssen deshalb praktische Vorwärm- und Entzündungseinrichtungen haben.

Man benutzt deshalb zur ersten wie auch zu den weiter nothwendigen Entzündungen ein auf einem hinreichend großen Kofst brennendes Feuer, über welchem der Gasstrom ausmündet. Ist der Feuerraum einmal glühend geworden, so können sich die Gase, auch nach längerer Unterbrechung des Stromes, wieder entzünden. Immer aber ist es rathsam, das Feuer auf dem Kofst in Brand zu erhalten.

309. Wie richtet man bei solchen voluminösen Heizräumen die Theilung des Luft- und Gasstroms ein, und wie vergrößert man die gegenseitige Contactfläche?

Obwohl es bei den mäßig zu heizenden Apparaten nicht auf eine rasch eintretende Intensität der Verbrennung ankommt, so erfordert doch die Gleichmäßigkeit, mit welcher der innere Raum eines solchen Apparats erwärmt werden soll, eine regulirbare Vertheilung der beiden (Gas- und Luft-) Ströme und eine ausreichende Mischung beider.

Meistens reicht für die vorliegenden Zwecke die Einführung von Gas und Luft in sich kreuzenden Strömen oder die Anwendung paralleler aber alternirender Ströme von Gas und Luft aus und man kann die concentrische Anordnung von Gas

und Luft oder die Anwendung von dünnen aber zahlreichen Luftströmen, die eine breitere Gasmasse durchbrechen, entbehren.

310. Welche Einrichtungen haben sich hierfür bewährt?

Eine sehr einfache Einrichtung der Art ist die von Fig. 129, wo der Gasstrom vor der Brust des Ofens in einem Rohr (dessen

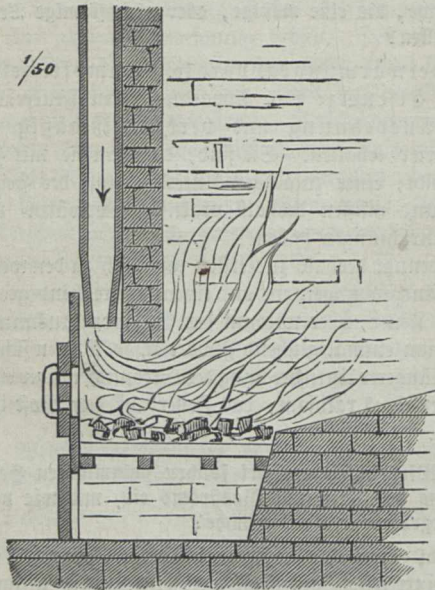


Fig. 129.

unteres Ende nach einer Richtung trichterartig verbreitert ist, während es sich in der Ebene der Abbildung zusammenzieht) auf den Krost trifft, der mit Kohlen beschüttet ist. In der Thür der Feuerung sind eine größere Anzahl Oeffnungen angebracht, welche den Gasen Verbrennungsluft zuführen, während der Aschenfall mit einer Thür lose verschlossen erscheint.

Ebenfalls einfach ist die in Fig. 130 angedeutete seitliche Einführung der Gase; bei Kesselfeuerungen mit Hochofengasen hat man dies vielfach angewandt. In der Seitenwand der Heizkammer ist ein Canal A (punktirt) herauf geführt, der in vier Zügen sich über dem Kofst öffnet und die Gase quer über das Feuer sendet.

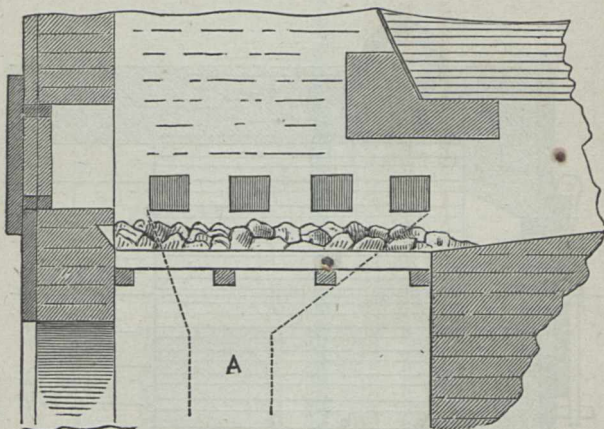


Fig. 130.

Manchmal wendet man eiserne Leitungen an, die, wie in der Doppelfigur 131 und 132 (S. 282), obere Hälfte Fig. 131, angedeutet ist, durch eine trichterartige Röhre das Gas nach dem Kofst befördern. Alle diese Vorrichtungen haben meist keine besonders scharfe Regulirung des Luftzutrittes, wiewohl man die in den Feuerthüren und dem Aschenfallverschluß vorhandenen Löcher und Wisire mit Schiebern versehen und zur Regulirung passend ausstatten kann.

In der unteren Hälfte des Grundrisses, Fig. 132, ist eine in Frankreich übliche Einrichtung skizzirt, die schon eher eine genaue Regulirung anbringen läßt; das Gasrohr mündet in einen in der Ofenwand eingelassenen Blechkasten, der mit durch-

gehenden Winddüsen a, a, a und dazwischen liegenden aus dem Kasten nach dem Feuer führenden Gasdüsen b, b, b versehen ist. Vor die Oeffnungen a, a, a kann man halbdurchbrochene Birschieber anbringen, während der Gaszufluß sich mittelst eines Schiebers regulirt, der zwischen dem Leitungsrohr und dem Kasten liegen muß.

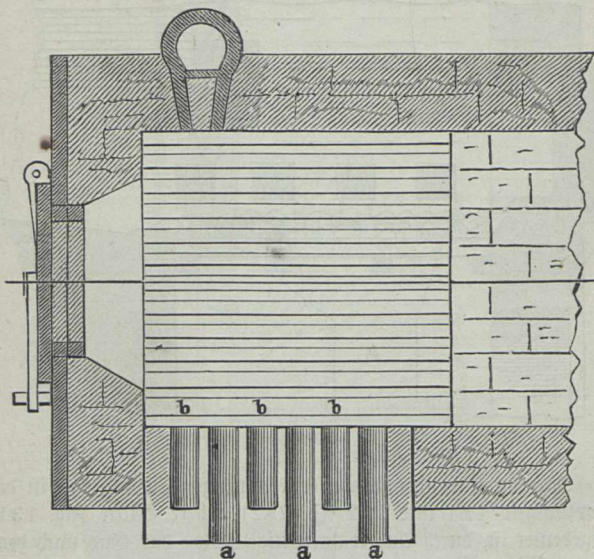


Fig. 131 und 132.

Eine bei englischen und deutschen Hochofen gebräuchliche Gasverbrennung ist die Fig. 133 (S. 283) skizzirte. In einem cylindrischen Brenner befinden sich drei durchgehende Luftcanäle, deren äußere Mündungen durch einen mit Handhabe versehenen drehbaren Deckel geöffnet oder verschlossen werden, jenachdem die Oeffnungen des Deckels und die der Luftcanäle congruiren oder nicht. Eine

Drehung von 60° genügt, den Verschluß resp. die Oeffnung zu bewirken.

311. Wie kann man die Verbrennungsluft bequem vorwärmen?

Die Vorwärmung der Verbrennungsluft, welche bei den beschriebenen Vorrichtungen nur wenig stattfinden konnte, wird,

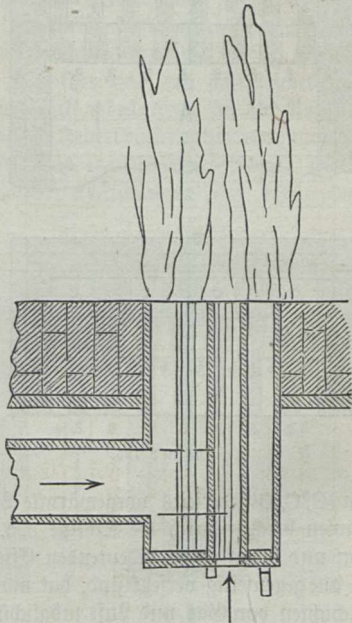


Fig. 133.

sobald es sich um Generatoren handelt, am besten in bereits früher (Frage 251 und 257) beschriebener Weise bewirkt. Bei Hochofengasen indessen läßt sich mit viel Vortheil von der Emil Müller'schen Vorrichtung Gebrauch machen, die in Fig. 134

und 135 dargestellt ist. Die Gase gelangen aus einer Sammelkammer A durch eine in deren Decke befindliche größere Anzahl von Schlitzen a, a, a, a nach der Verbrennungskammer B; in dieselbe Kammer tritt von der Seite her durch Schlitze b, b, b

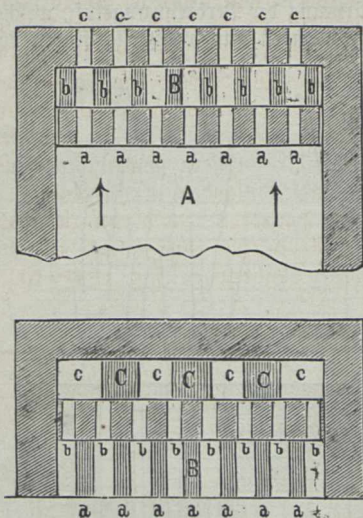


Fig. 134 und 135.

die in Canälen C, C, C jederseits vorgewärmte Luft. Die entstehenden Flammen brechen durch die Schlitze c, c, c in den zu heizenden Raum und geben einen bedeutenden Effect. Dadurch, daß die Schlitze alle gegenseitig versetzt sind, hat man die Bildung alternirender Schichten von Gas und Luft möglichst prädisponirt und erreicht in dieser Weise das Maximum der Leistung.

312. Wie wird bei Feuerungen mit concentrirter Wirkung der Wärme die Theilung des Luft- und Gasstroms und die Vorwärmung zu bewirken sein?

Um eine sehr hohe Temperatur in begrenzter Ausdehnung zu haben, ist es nothwendig, die Flamme zu verkürzen und in

einem kleinen Raum eine große Menge Gas zu verbrennen. Dazu gehört eine bedeutende Geschwindigkeit des Gasstroms und in Folge dessen der Gebrauch gepresster Luftströme, wenn nicht das starke Vorwärmen von Gas und Luft wie bei den Siemens'schen Oefen (Frage 263) stattfindet. Da man nach der letzten Methode kleinere wie auch größere Feuerungsanlagen mit einer sehr bedeutenden Energie betreiben kann, so ist die Anwendung gepresster Windströme ziemlich verschwunden und hat allgemein der Anwendung energischer Vorwärmer Platz gemacht. Die alten Vorrichtungen, die bei dem Generator von Billotte, dem Kärntner und den schwedischen Generatoren angedeutet worden sind, bestanden in der Anlage eines Windleitungsrohres (im Feuerbrückenraum oder außerhalb des Ofens über demselben), das mittelst einer Anzahl conischer nach dem Ofenheerd gerichteter Mündungen (Fig. 136) oder einer breiten

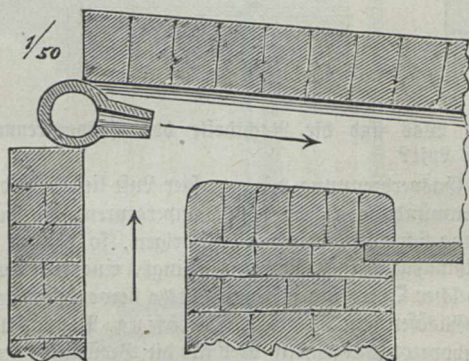


Fig. 136.

über den ganzen Ofen sich erstreckenden Winddüse (Fig. 137 S. 286) dem Gasstrom die Verbrennungsluft zuführte.

Die energichste Wirkung dieser Art wird allerdings erst durch vollkommene Ringbrenner in größerer Anzahl hervorgebracht, wie solche in dem Ofen Fig. 138 S. 287, den schon früher Thomas

und Laurens für die Verbrennung von Ofengasen construirt hatten, angeordnet sind.

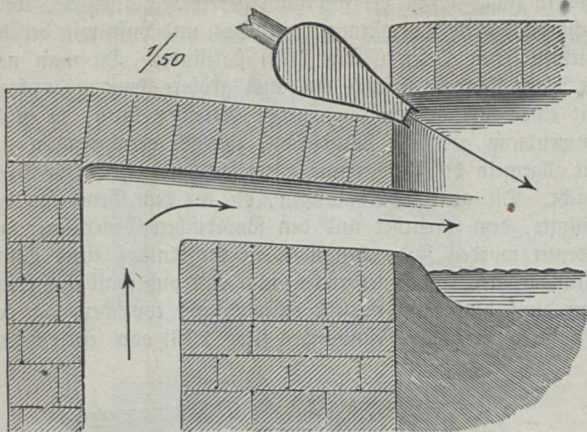


Fig. 137.

313. Was sind die Nachteile der Gasverbrennung mit gepresster Luft?

Die Gasverbrennung mit gepresster Luft liefert in der Nähe der Düsenmündungen sehr hohe Temperaturen, die in einiger Entfernung sich außerordentlich erniedrigen, so daß es nur in verhältnißmäßig kleinen Räumen gelingt, eine zur Vornahme irgend welcher Operation genügende Hitze hervorzubringen.

Die Gasöfen von Deville, Schlösing, Perrot und Co., die zu Laboratoriumszwecken oder für die Bedürfnisse der Kleinindustrie construirt worden sind, erfüllen ihren Zweck vollkommen, solange sie in gewissen Dimensionsgrenzen bleiben, und können dazu gebraucht werden, die strengflüssigsten Substanzen z. B. Platin und Eisen zu schmelzen.

Für die Erreichung sehr hoher Temperaturen bei industriellen Arbeiten, auch in engeren Räumen, ist eine Gasverbrennung mit natürlichem Luftzug und passender Vorwärmung der Ver-

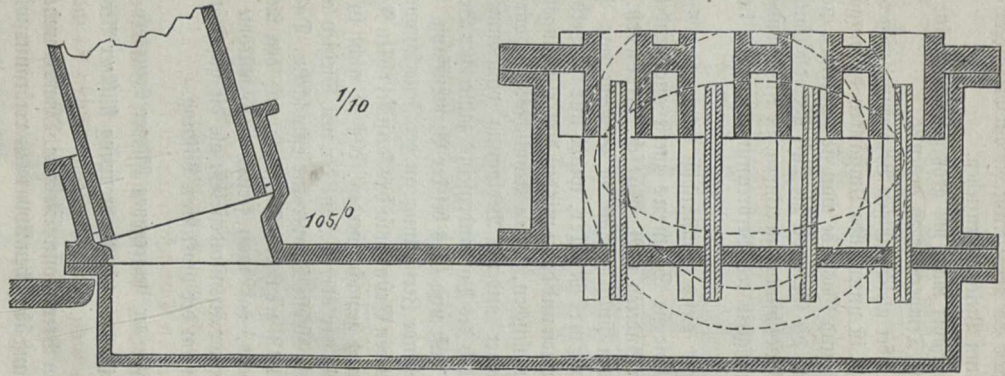


Fig. 138.

brennungsluft und der Gase, wie sie der Regenerativofen von Siemens bietet, um Vieles vorzuziehen.

314. Wie verfährt man, um großen Räumen eine sehr hohe aber gleichmäßige Temperatur zu geben?

Zur starken aber gleichmäßigen Befueerung größerer Arbeitsräume mit Gasen ist unter allen Umständen die vorgängige Erhizung von Luft und Gas, ehe man sie verbrennt, nothwendig. Wenn es gelingt, die Gase wie die Luft über die Entzündungstemperatur des Gases hinaus zu erhizen, ist ein besonders heftiger Luftzug zur Thätigkeit des Verbrennungsprocesses kaum nothwendig.

Man erreicht dieses vollständig durch die Anlage von Regeneratoren, wie sie Siemens zuerst angewendet hat und wie sie auch von Anderen z. B. Pütsch, Ziebarth, Lundin verwerthet worden sind. Selbst die Systeme von Bonfard, Bicheroux und Emil Müller, welche nur die Verbrennungsluft stark vorwärmen und dann mit den die Erzeugungstemperatur besitzenden Gasen mischen, leisten Aehnliches. Schwierig ist nur die Erfüllung einer anderen Bedingung vollkommenster Verbrennung, nämlich des Vorhandenseins zahlreicher Berührungspunkte zwischen Luft und Gas bei der Verbrennung.

Eine weitgehende Zertheilung an der Feuerkammer verbietet sich aus constructiven Gründen und es kann bei vielen Regenerativöfen die Erfahrung gemacht werden, daß sie nicht in dem Heizraum, sondern in der oberen Zone der mit Steinen ausgesetzten Regeneratoren die höchste Temperatur entwickeln. Dadurch, daß man wie Fig. 123 zeigt den Gasstrom wie den Luftstrom in 3—4 Theile theilt, daß man ferner die Gasströme stets tiefer in der Feuerkammer ausmünden läßt als die Luftströme, erreicht man das Maximum der praktischen Leistung.

ββ) Von der Verbrennung flüssiger Brennstoffe.

315. Was ist über die Verbrennung flüssiger Brennstoffe zu bemerken?

Die flüssigen Brennstoffe, Steinöle, Theeröle und verwandte Stoffe, werden auf ähnlichen Apparaten verbrannt wie die Gase.

Auch hier ist Vertheilung des Brennstoffs bezüglich der Verbrennungsluft, ferner Vorwärmung wo möglich Verdampfung nothwendig.

Außer einer Art Brenner, welche von Agnelet in Paris angewandt wird und die Anwendung gepreßter Luft verlangt,

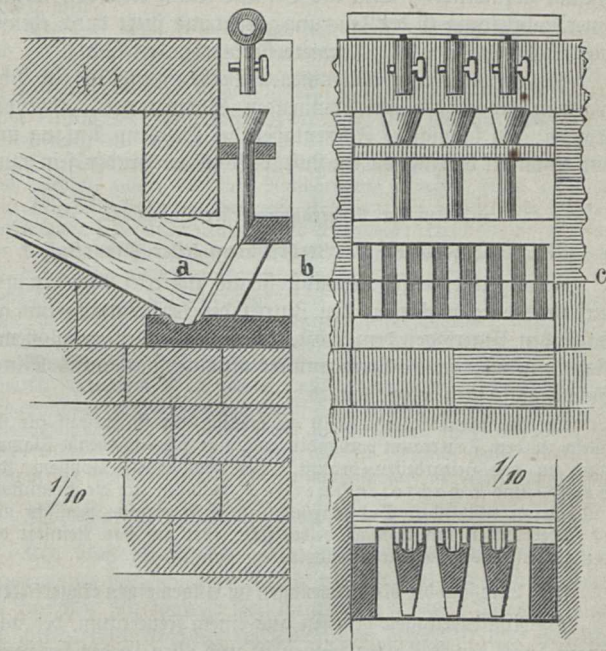


Fig. 139, 140 und 141.

ist besonders erwähnenswerth der von Audouin erdachte und in dem Deville'schen Laboratorium in Paris wie auch in dem Laboratorium der Bergschule vielfach angewandte Rost Fig. 139, 140 und 141 (Durchschnitt von a b c Fig. 139 und 140), dessen Construction aus den Abbildungen sich von selbst ergibt. Auf

die mit Rinnen versehenen schrägen Kofststäbe fließt aus ebensoviele Trichterröhren das Brennmaterial und verbrennt, sofort beim Auftreffen auf den heißen Kofst in Dampfform verwandelt, mit anfangs stark rauchender, später heller leuchtender und vollkommener Flamme. Um bei leicht entzündlichen Brennstoffen dieser Art alle Gefahr abzuwenden, wird das Del aus einem Reservoir mittelst einer Rohrleitung zu der Feuerung geleitet und fließt durch ebensoviele Hahnrohre aus, als Trichterrohre vorhanden sind.

Nothwendig zur vollkommenen Verbrennung ist ein Vorwärmen des Kofstes mit brennenden Spänen oder glühenden Kohlen, ein langsames Fließenlassen des Deles im Anfang und ein reichlicher Luftzug, da ein Luftüberschuß vorhanden sein muß.

77) Von der Verbrennung fester Brennstoffe.

316. Wie geschieht die Verbrennung fester Brennstoffe?

Man verbrennt feste Brennstoffe auf zweierlei Art; ein mal auf einer durchbrochenen, den Zutritt der Verbrennungsluft gestattenden Unterlage, dem Kofst, dann in einem geschlossenen Raum, in welchen die Verbrennungsluft durch mechanische Mittel, Gebläsemaschinen, gepreßt wird.

Bei Kofstfeuerungen ist gewöhnlich der Brennstoff für sich allein in dem Feuerraum vorhanden und nur die entstehende Flamme wird zu den Heizarbeiten benutzt. Bei dem anderen System, der Heerd- und Schachtofenfeuerungen, befinden sich die Brennstoffe und die zu erhitzenden Substanzen in dem Feuerraum gemischt und es findet mithin ein Contact beider statt, der auf das Resultat des bezüglichen Processes von unmittelbarem Einfluß ist.

317. Wie sind die Kofstfeuerungen im Allgemeinen eingerichtet?

Die Kofstfeuerungen bestehen aus einem Feuerraum, der nach unten durch den Kofst abgeschlossen ist und oben in den Heizraum übergeht. Aus dem Heizraum strömen dann die verbrannten und ausgenützten Gase zu der den Zug vermittelnden Esse und verlassen den Apparat.

Abgesehen von den verschiedenen Formen der Heizräume, welche sich vollständig nach dem Zweck der Arbeit richten müssen, ist doch auch die Kofstconstruction selbst je nach Brennstoff, verlangter Leistung &c. sehr verschieden.

Die im vorigen Abschnitt besprochenen Generatoren gehören zum großen Theil zu den Kofstfeuerungen und geben schon einen genügenden Begriff von der Vielartigkeit solcher Constructionen. Einige derselben zeigen auch, daß man die Verbrennungsluft durch Gebläse, als Ersatz des Essenzuges, unter den Kofst schaffen kann. Für die Wirkung des Kofstes bleibt dieser Unterschied ohne Einfluß, während der Heizraum selbst wegen der Aenderung des Luftdruckes im Innern verschieden afficirt wird.

Die Luft tritt in der Regel kalt unter den Kofst und erwärmt sich vor ihrem Eintritt in die Feuerung, durch die Strahlung sowohl, als durch Contact der Constructionstheile des Kofstes und der untersten Brennstofflagen. Sehr bald ist die Entzündungstemperatur der Brennstoffe erreicht und man bemerkt in der Regel keine sichtliche Temperaturveränderung auf dem Kofste selbst.

Der Brennstoff wird ebenfalls kalt aufgeschüttet, erwärmt sich auch ziemlich rasch; da diese Vorwärmung indessen durch die nach dem Heizraum ziehenden Feuergase stattfindet, so bewirkt jede Brennstoffaufgabe eine Unterbrechung des Betriebes, insofern, als für ein bestimmtes Zeitfragment Destillate und Verdampfungsproducte an die Stelle glühender Verbrennungsproducte treten. Daraus ergibt sich für den Kofstfeuerungsbetrieb die Regel gleichmäßigster Aufgabe in kleinen Portionen und kurzen Zeitabschnitten, wenn man nicht, wie bei einzelnen Generatoren, ein Abschmauchen und Vorwärmen der Brennstoffe durch seitliches Aufgeben und Nachrollenlassen, bewirkt. Trotzdem ist es schwer, auf einem Kofst eine vollkommene und gleichmäßige Verbrennung praktisch zu erzielen; deshalb verdrängen die Gasfeuerungen, theils mit direct anschließender, theils mit indirecter Heizwirkung, die Kofstfeuerungen, die im Grunde nur unvollkommene Gasfeuerungen sind, allmählich aus allen Anwendungen.

318. Woraus besteht ein Kofst?

Ein Kofst besteht aus einer gewissen nach der Größe des Feuerraums sich richtenden Anzahl von parallel liegenden Stäben, die zwischen sich schmale Zwischenräume lassen. Dadurch wird ein gitterartiger Abschluß im Feuerraum hergestellt und eine für den Luftzutritt hinlänglich durchlässige Unterlage des Feuers.

Die gegenseitige Entfernung zweier Kofststäbe wird bedingt durch die Stückgröße des Brennstoffs und durch seine größere oder geringere Brennbarkeit; auch die Zugkraft des mit der Kofstfeuerung verbundenen Kamins beeinflusst die Entfernung der Kofststäbe von einander. Enge Kofste werden für kleinstückigen und für leicht verbrennlichen Brennstoff gewählt werden können; grobstückige und schwerverbrennliche Brennstoffe verlangen weite lustige Kofste. Starke Luftzug der

Kamine gestattet die Anwendung engerer Roste, als bei schwächerem Zug möglich ist.

319. Wie sind die Roststäbe beschaffen?

Die Roststäbe sind gewöhnlich von Gußeisen oder Schmiedeeisen, von quadratischer rechteckiger oder keilförmiger Querschnittsform. Gußeisernen Rosten kann man eher complicirtere Gestalten geben, während die schmiedeeisernen in der Regel zerschnittene Walzeisenstäbe von einfachem glatten Profil sind.

Verschiedene Formen und Profile gußeiserner Roste sind in Fig. 142—145 (S. 293) dargestellt. Der Roststab, Fig. 142 im Längsprofil und Grundriß gegeben, ist ein einfach rechteckiger Stab, an dessen Enden Verstärkungen, sogenannte Köpfe, angegossen sind. Dieselben gestatten das Zusammenschieben der Roststäbe, ohne daß man für das Verschwinden der Zwischenräume besorgt zu sein braucht.

Die Form Fig. 143 zeigt eine besonders im Interesse der Haltbarkeit des Rostes häufig angewandte Construction, der Roststab baucht sich in der Höhe nach unten aus, weshalb solche Roste auch Fischbauchroste genannt werden.

Um die nachtheiligen Wirkungen der schmelzenden Asche auf dem Rost zu verhindern, giebt man der Feuerfläche des Stabes entweder die rinnenartige Form, Fig. 144 a, oder man rundet die Kanten des Stabes ganz ab, Fig. 144 b. Im ersten Fall wird durch das Liegenbleiben der Asche in der Rinne, der Aschenth, das Abschmelzen der Kanten verhindert, während im andern Fall die abgerundeten Kanten das sofortige Durchrieseln der Asche erleichtern.

Um die gegossenen Roststäbe, die dem Verbrennen, Abschmelzen, Werfen u. s. f. sehr ausgesetzt sind, länger zu erhalten, hat man ihre Wandungen vielfach durchbrochen und Roststabskelette hergestellt, von denen Fig. 145 eine bewährte und nicht zu complicirte Form darstellt.

Anderer Gestalten, die hin und wider empfohlen wurden, leiden an unnützer Complication, sind theuer und halten durchschnittlich nicht länger als gewöhnliche Roste, deren Effect sie dauernd auch nie zu übertreffen vermögen.

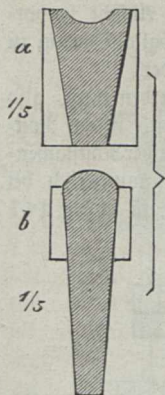


Fig. 144.

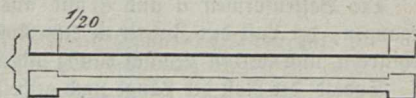


Fig. 142.

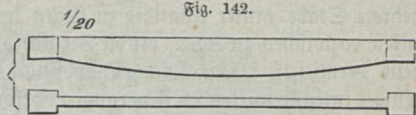


Fig. 143.

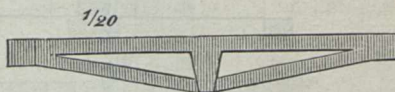


Fig. 145.

320. Woraus besteht die Unterlage oder Stütze der Rooststäbe?

Die gewöhnlichen Rooststäbe liegen auf Roostbalken, stärkeren Eisenträgern, welche einen Theil der festen Ofenconstruction bilden und gewöhnlich in den Längswänden des Feuerraums eingemauert sind. Ihre Profilirung ist verschieden wie Fig. 146 a—e zeigt; außer der gewöhnlichen Stabform a, die hochkantig gestellt wird, benutzt man auch winkelförmige b und doppelTförmige Balken c. (Winkel- und Tförmige Profile findet man in leichterem Ausführung auch unter den Walzwerkproducten.)

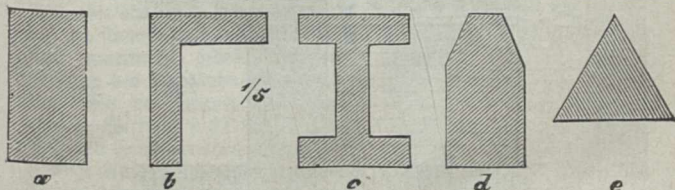


Fig. 146.

Die Balkenformen d und e sind aus der Absicht hervorgegangen, der Luft den Zutritt zu dem Roost möglichst wenig zu behindern, und werden ziemlich häufig angewendet.

Sobald der Roost der Länge nach getheilt werden muß, also mehrere Stäbe hinter einander zu liegen kommen, ist ein Roostbalken dazwischen zu legen, der die Vermittlung beider Roostflächentheile vermittelt. Eine solche Disposition, die namentlich bei weniger intensiv wirkenden Feuerungen vorkommt, ist in Fig. 147 dargestellt.

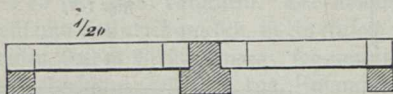


Fig. 147.

321. Welche Roostfeuerungsdispositionen sind hauptsächlich zu unterscheiden?

Die Roostfeuerungen unterscheiden sich nach zweierlei Richtungen; einmal nach der Disposition der Rooststäbe, dann nach dem gewählten System der Brennstoffaufgabe.

Während in Fig. 148 die Feuerung eines gewöhnlichen Flammofens, mit Planroost und seitlicher Aufgabethür darstellt, ist in Fig. 149

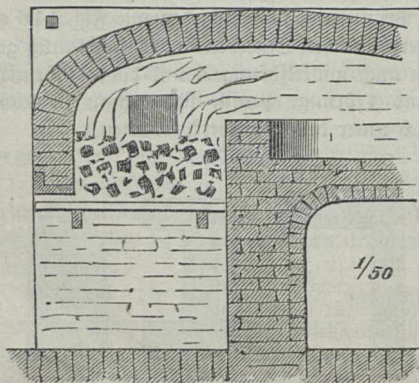


Fig. 148.

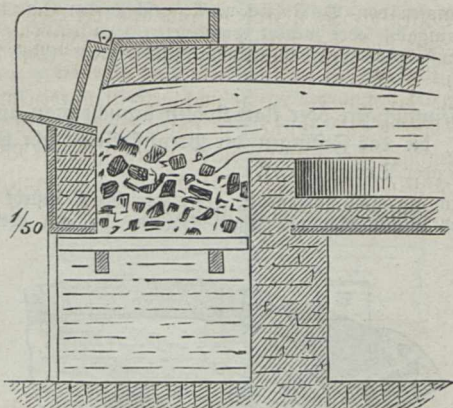


Fig. 149.

die Skizze einer ganz gleichen Flammofenfeuerung dargestellt, wo der Brennstoff nicht von der Seite her, sondern durch eine oder mehrere auf dem Stirnende des Ofens befindliche gewöhnlich in der Mitte oder in beiden Ecken angebrachte Thüren aufgeschüttet wird.

Obwohl die Planroste in der Regel so gelegt werden, daß die Stäbe der Längsaxe des Ofens parallel sind, kommt es auch vor, daß namentlich bei in dieser Richtung kurzen Feuerungen die Roste normal zur Längsaxe liegen, wie Fig. 150 zeigt.

Bei allen drei Rostfeuerungen wird aber das frische Brennmaterial auf die flammende Fläche geschüttet und unterbricht jedes Mal die Leistung des Apparats. Diese für den Effect des Heizprocesses nachtheilige Wirkung sucht man bei so einfachen Constructions durch regelmäßige Aufgabe möglichst geringer Brennstoffmengen zu mildern, bedient sich auch wohl der bereits bei

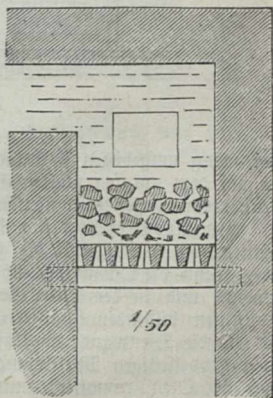


Fig. 150.

den Generatoren von Voëtius u. A. geschilderten Einrichtung der Brennstoffaufgabe, oder wendet complicirtere Constructions an, wie sie für gewisse Fälle weiter unten mitgetheilt werden. (Vgl. Fig. 153, 154, 155.)

Für feinstückigere oder klare Kohlen braucht man anstatt der Planroste, die das Festliegen der Brennstoffe zu sehr befördern, geneigte oder Treppenroste.

Der in Fig. 151 dargestellte geneigte Rost besteht aus einfachen quadratischen oder rechteckigen Stäben, die am oberen Ende

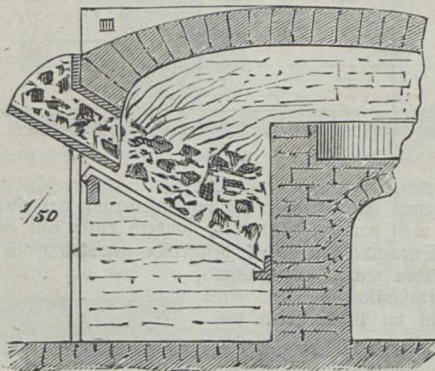


Fig. 151.

hakenartig umgebogen sind und auf dem Rostbalken hängen, während sie mit dem anderen platten Ende auf dem tiefer und an der Feuerbrückenwand liegenden winkelförmigen zweiten Rostbalken sich aufstützen.

Der Treppenrost Fig. 152 (S. 297) besteht aus flachen Eisenplatten, die so lang wie die ganze Breite der Feuerung sein müssen oder, wenn die Ofenanlage über 70—80 cm breit ist, halb so lang gemacht und in der Mitte nochmals unterstützt werden. Diese die Roststufen bildenden Platten liegen auf leistenartigen Vorsprüngen der in die Ofenwand eingelassenen gußeisernen Wangenstücke resp. einer doppelseitigen Mittelwange, die sich oben an die eiserne Unterlage der Ofenstirnmauer, unten an den ersten Balken des den Abschluß der Feuerung bildenden kurzen Planrostes anlegen und dadurch gehalten werden.

Sowohl die geneigten als die Treppenroste hat man zur leichteren Reinigung beweglich zu machen gesucht und damit eine rationellere Brennstoffaufgabe verbunden. Unter den hierauf bezüglichen Verbesserungen nehmen die Roste von Langen und Bolzano die ersten Stellen ein und verdienen auch die Aufmerksamkeit der Metallurgie, wiewohl ihre Construction hauptsächlich durch die Dampfkesselbefeuerung mit klaren Brennstoffen bedingt worden ist.

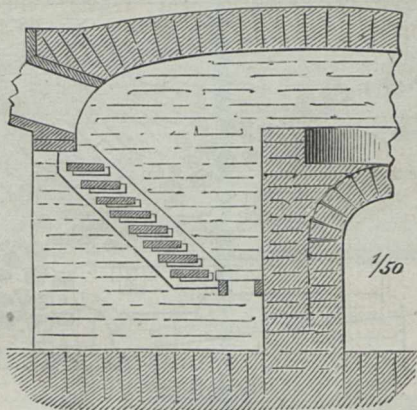


Fig. 152.

In Fig. 153 (S. 298) ist der Stagenrost von Langen abgebildet, er besteht aus drei übereinander liegenden Stufenrosten und einem abschließenden Planrost.

Der oberste und der zweite Stufenrost a, b haben gebrochene, theils plane, theils geneigte Stabflächen, der dritte Stufenrost c hat dagegen gerade Stäbe, deren vorderes verstärktes Ende in einem gewissen Abstand vom untersten Rost d sich befindet, um die Reinigung der Feuerung nach Wegnahme eines sünften aufrecht stehenden Rostes e bewirken zu können. Die drei Stufenroste stoßen an Platten, die bis zur Stirn der Feuerung durchgeführt sind und auf denen man das Brennmaterial in die Feuerung schieben kann, nachdem es bereits vorgewärmt ist. Die Rostbalken, die Feuerplatten u. ruhen auf großen Seitenwangen, welche in die Feuerung eingelassen sind und eine selbständige Aufstellung des ganzen Rostes ermöglichen.

Ein eigenthümlicher Kofst ohne Stäbe ist die in der Fig. 154 (S. 299) angedeutete Pultfeuerung für Holz, die besonders bei dem Kärnthner Ofen für Bleigewinnung gebräuchlich ist. Auf steinernen Stufen verbrennen die von unten nach geschobenen Holz-scheite und geben seitlich ihre Flamme ab.

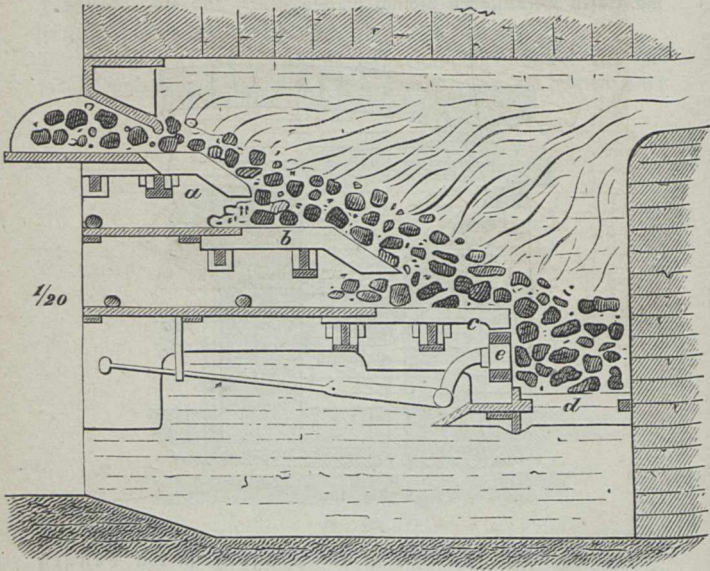


Fig. 153.

Als Beispiele von Flammenfeuerung ohne Kofst dienen die in Fig. 155 (S. 299) und 156 (S. 300) dargestellten Constructions. Die erstere, eine Holzfeuerung, dient besonders bei Ofen für Brennen von Porzellan und Steingut, kann aber auch für metallurgische Apparate benutzt werden. Das Holz wird außen aufgegeben und dann unter der Stirnwand des Ofens durch in die Feuergrube gestoßen, wo es vollends verbrennt. Die hiermit verbundene genügende Vorwärmung des Brennstoffs charakterisirt diese Feuerung, doch ergeben die Generatoren von Billotte und die Kärnthner Construction bessere Resultate.

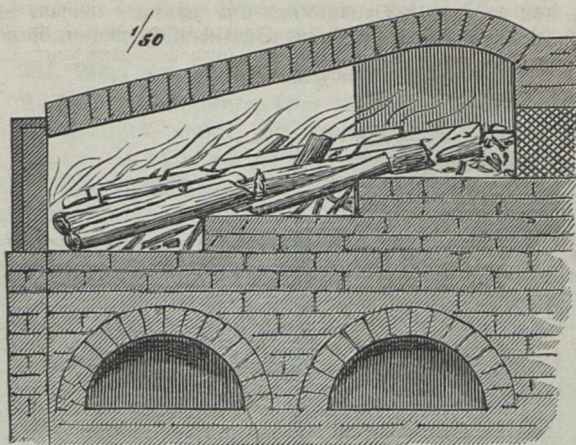


Fig. 154.

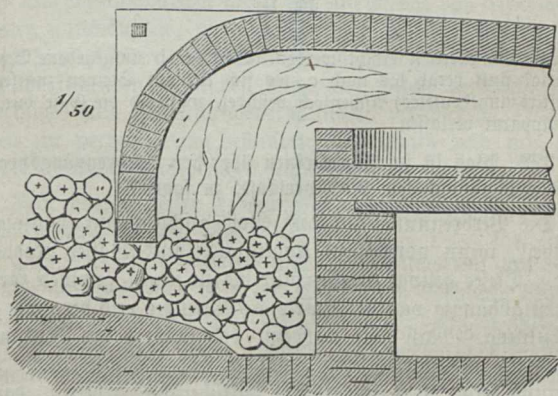


Fig. 155.

Sehr eigenthümlich ist die von Wilson erdachte Construction Fig. 156 für gute Schmiedekohlen. Der Apparat, ebenfalls ohne Rost, dient zum Schweißen kleiner Schmiedestücke, Bolzen, Riete zc.

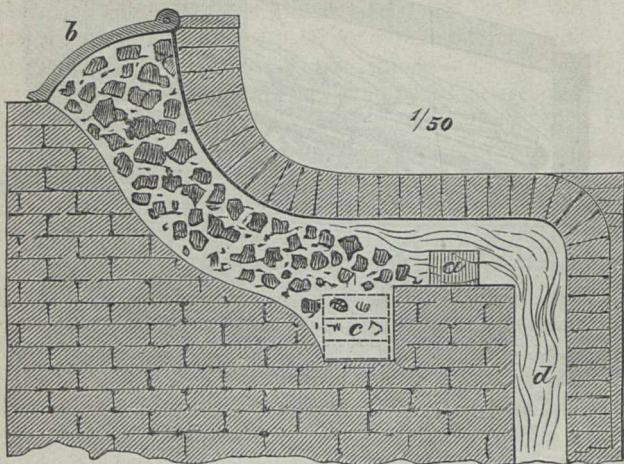


Fig. 156.

die auf dem Heerd a erhitzt werden. Das bei b aufgegebene Brennmaterial sinkt herab bis nach c, wo sich ein mit Steinen zugesehtes (punktirt angeedeutetes) Aschenloch befindet, während die Gase durch d den Apparat verlassen.

322. Was ist im Allgemeinen über den Verbrennungsproceß selbst, wie er auf dem Rost verläuft, zu sagen?

Die Verbrennung auf dem Rost geschieht nur dann mit Vortheil, wenn vorwiegend Kohlensäure und Wasser producirt wird. Dieses gelingt indessen nur bis zu einem gewissen Grade und ist abhängig von der Stärke des Luftzuges und der Höhe der Beschüttung. Man muß trotzdem, daß man in den Flammenfeuerungen für starken Zug, mäßige und oft wiederholte Beschüttung sorgt, stets mit großem Luftüberschuß arbeiten, damit man nur sicher ist, die Brennstoffe vollkommen zu verbrennen.

Dieser Luftüberschuß wird nicht immer durch den Kofst eingeführt, sondern, wie bei vielen Gasfeuerungen, mittelst besonderer Zuläße, dann aber vorgewärmt und unter gewissem Druck.

323. Wozu verwendet man Flammenfeuerungen?

Aus dem Vorhergehenden folgt, daß sich Kofstfeuerungen sehr gut zu Processen eignen, bei denen Sauerstoff nothwendig ist, wogegen es bedenklich wird, eine gute Wärmeentwicklung durch Flammenfeuerungen ohne Sauerstoffüberschuß und ohne oxydirende Wirkung auszuführen.

Alle gegen Sauerstoff empfindlichen Substanzen muß man deshalb bei Anwendung von Kofstfeuerungen in Gefäße einschließen, wenn man nicht wechselnde und schwer zu beeinflussende Wirkungen des Sauerstoffs constatiren will.

324. Wie sind die Feuerungsanlagen eingerichtet, in denen der Brennstoff im directen Contact mit dem zu erhitzenden Stoff sich befindet?

Die Heerd- und Schachtofenfeuerungen, in welchen der Brennstoff die zu erhitzenden Substanzen direct berührt, sind sehr verschiedener Art. Vom freien auf einer ebenen Fläche brennenden Feuer an bis zu den kunstvollsten Schachtofen zum Erz- und Metallschmelzen lassen sich eine Menge von Uebergangsformen unterscheiden, die abgesehen vom Heizzweck sich in ihren Eigenthümlichkeiten hauptsächlich nach der dem Hüttenproceß zu Grunde liegenden chemischen Reaction, welche verschiedene Berührungs- und Bertheilungsverhältnisse, verschiedene Temperaturen zur Herbeiführung bestimmter Wirkungen und zum Verhindern anderer beanspruchen, richten müssen.

325. Welche dieser Feuerungsanlagen arbeiten für schwache Glühtemperaturen und ohne Schmelzung?

Das Erhitzen von Erzen und Hüttenproducten zum Zweck der Texturauslockerung oder der Entfernung flüchtiger Bestandtheile wird in freien Haufen oder in Stadeln betrieben. Der S. 170 Fig. 68 abgebildete Cokesofen ist ein solcher Stadel, dessen Wände eben nur noch mit Canälen durchzogen sind, welche beim Bercokungsproceß nothwendig, bei anderen in

Stadeln verlaufenden Processen, z. B. dem Brenn- und Röstproceß, entbehrlich sind, wo die Luft von außen in die Zwischenräume der Schüttung treten kann.

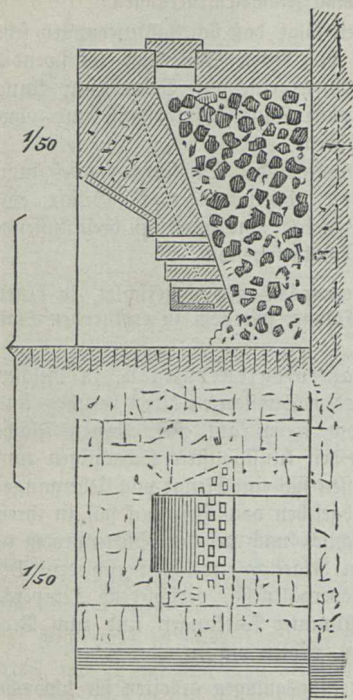


Fig. 157.

Handelt es sich um stärkere Erhitzung, oder um eine bessere Ausnützung des Brennstoffes, so macht man aus dem offenen Stadel einen mehr hohen als weiten Apparat, in den von oben her die zu erheizenden Materialien mit dem Brennstoff abwechselnd gestürzt werden und langsam niedersinken, während an dem unteren Ende sich Oeffnungen zum Einzug der Luft und zur Entleerung des Apparates befinden. In diese Kategorie gehören die Apparate Fig. 157 und 158 (158 S. 303). Der erstere ist ein zur Röstung von schwefelreichen Erzen, die selbst brennbar sind, vorzugsweise gebrauchter Schachtofen und unter dem Namen Riesbrenner, auch unter der dem Englischen entlehnten Be-

zeichnung *Kiln* bekannt. Er hat schiefe Wände, von denen zwei nach oben convergiren, die dritte dagegen sich nach außen neigt. Dadurch wird eine gehörige Mengung des Inhalts und ein erfolgreiches Durchdringen mit Luft ermöglicht. Der andere Apparat ist ein Erzröstofen, in dem unter Anwendung von Brennstoff nicht-

brennbare Erze und andere Rohmaterialien gebrannt resp. geröstet werden. Er hat einen runden Schacht von spindelförmiger Gestalt (auch einfache und doppelconische Formen werden angewandt) mit weiter Mündung und engzusammengezogenem Fuß.

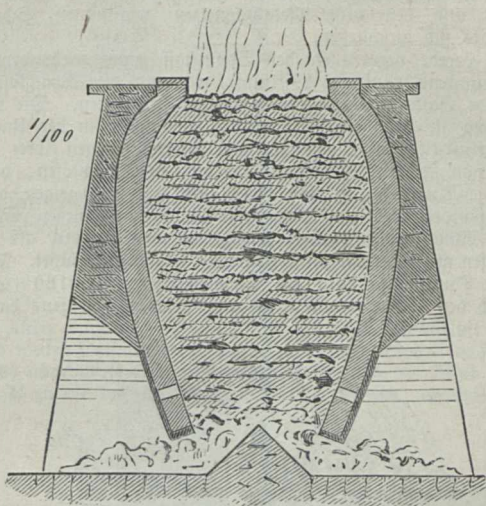


Fig. 158.

326. Wie sind die Heerd- und Schachtofenfeuerungen zur Erzielung geschmolzener Producte eingerichtet?

Sobald die Producte eines Heerdfeuerungs- oder Schachtofenprocesses geschmolzen sein müssen und es sich namentlich um Sonderung von Schlacken und Metallen handelt, genügt nicht mehr der bloße Brennstoffcontact mit dem natürlichen Luftzug, sondern es müssen Hülfsvorrichtungen angewandt werden, die Verbrennungsluft in reicherm Maß in den Apparat treten zu lassen. Man arbeitet dann mit gepreßter Luft oder unter Anwendung von Gebläsen und wendet auch heiße Luft an, um

den Effect der Feuerungsanlage möglichst zu steigern. (Vgl. Fragen 306 und 307.)

Der Wind wird in solche Apparate so tief als möglich, man kann sagen, zwischen Material und Product, und theils in einem, theils in mehreren Strömen eingeführt. Daraus ergeben sich verschiedene Anordnungen, welche an den gewöhnlichen Schmiedeheerd einerseits und den zum Metallschmelzen gebrauchten Schachtöfen andererseits sich anschließen.

Die Heerde verbrennen den Brennstoff unter mehr oxydirender oder wenigstens neutraler Wirkung, während die Schachtöfen stets reducirende Gase in vorwiegender Menge produciren. Die Wärmeentwicklung ist bei beiden Apparaten, concentrirt in der Umgebung des Lufteintrittes und wird bei den Heerden wegen ihrer offenen Construction schlechter ausgenutzt als bei den Schachtöfen, die, wie die Hochofenskizzen Fig. 96 und 97 (S. 206 und 207) zeigen, den Verbrennungsproceß mehr umschließen und Verluste nach außen verhindern.

Die Windstrahlen werden sowohl bei den Heerden als bei den Schachtöfen meist normal zur betreffenden Wand eingeführt. Fig. 159 stellt den Durchschnitt durch ein Schmiedefeuer, Fig. 160 (S. 305) den durch den Schmelzraum eines gewöhnlichen Hochofens dar. Der

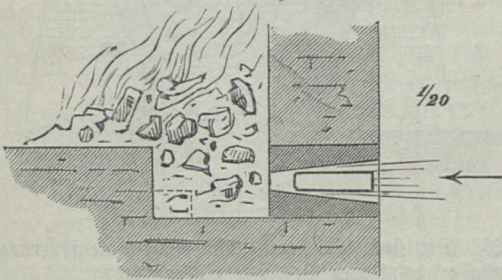


Fig. 159.

Wind gelangt beim Schmiedefeuer durch eine in einem Eisenblock ausgesparte conische Oeffnung in die Feuergrube, die nach vorn einen (punktirt angedeuteten) Schlackenstich hat. Bei den Hochofen liegen halbkugelförmige oder vollkommen conische Metallfutter in den Oeffnungen der Ofenwand, um die Einföhrung des Windes zu ermöglichen. Für kleinere Schmelzöfen, z. B. zum Roheisenschmelzen, legt man oft mehrere Windeinlässe über einander, wie in Fig. 161 (S. 305), welche den Untertheil eines Cupolofens darstellt.

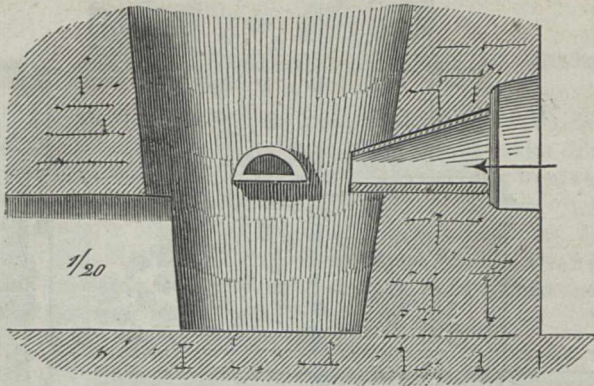


Fig. 160.

Anstatt vieler einzelnen Einlässe kann man die Gebläseluft auch in wenigen weiten Oeffnungen eintreten lassen, wie es das in Fig. 162 (S. 306) abgebildete Ofenunterstück beweist, wo der Wind aus der Leitung B in die beiden Kammern C und von da abwärts in den

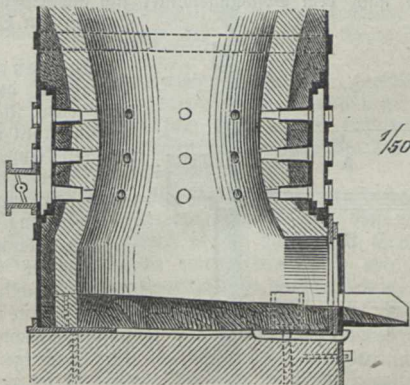


Fig. 161.

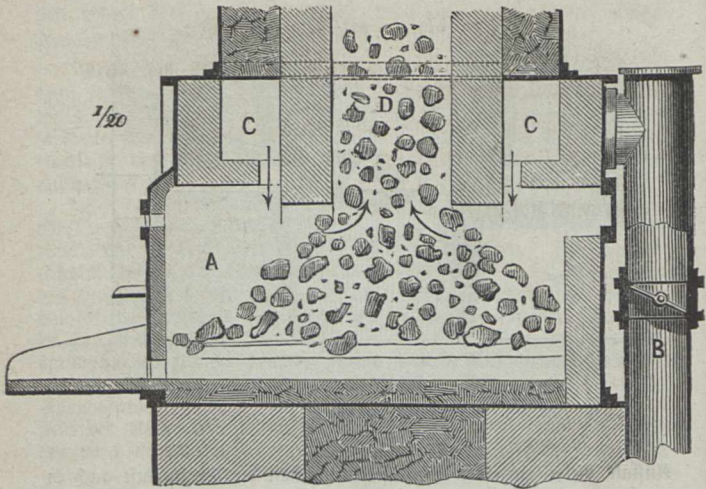


Fig. 162.

weiten Schmelz- und Sammelraum A strömt, um durch die nieder-
gehende und nach dem Böschungswinkel sich ausbreitende Schmelz-
säule in den Ofenschacht D zu dringen.

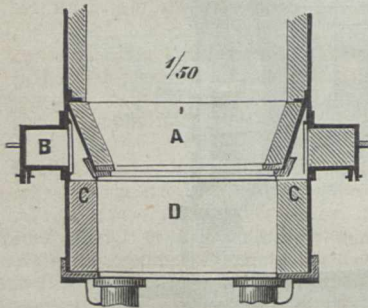


Fig. 163.

Eine noch vollkommene
Disposition des Windein-
lasses bietet Fig. 163, die
das Untertheil eines ameri-
kanischen Cupolofens dar-
stellt. Der Wind tritt hier
aus der Leitung B in einen
den Ofen umgebenden ring-
förmigen Raum und von
da abwärts durch einen
schmalen Schlitze C in den
Sammelraum D, über dem
sich der Schacht A aufbaut.
Eine derartige Windzufüh-
rung ist die vollkommenste,

aber in der Praxis, wegen der zufällig und leicht eintretenden Ver-
stopfung von C, nicht immer von gleichmäßigem Erfolg.

b) Von den calorischen Processen.

327. Welche calorische Processen werden in der metallurgischen Technik ausgeführt?

Die calorischen Processen des Hüttenbetriebes sind, abgesehen von der Dampferzeugung und den mit dem nassen Weg verbundenen Eindampfungen und Concentrationen von Laugen und Lösungen aller Art, hauptsächlich Wärme- und Heizprocessen ohne Veränderung des Aggregatzustandes des betreffenden Materials, oder Schmelz- und Destillationsprocessen, welche theils nur zum Umformen, theils zum Trennen der Bestandtheile des Materials dienen.

1. Man glüht Erze und andere Materialien zur Auflockerung der Textur, wobei es aber nie ohne eine theilweise Veränderung der chemischen Natur abgehen kann; es wird Wasser, Kohlensäure ausgetrieben und es tritt hier und da eine Oxydation vorhandener Metalloxyde zu höheren Oxydationsstufen ein, die den Process zu einem combinirten Glüh- und Röstprocess umgestaltet.

2. Man wärmt Metalle aller Art, um sie biegsam, weich und bearbeitbar zu machen; diese Procedur wird bei Temperaturen vorgenommen, die bei 150° anfangend (Zinkblechwalzerei) bis zu der blendendsten Schweißhitze des Eisens (Schmieden und Walzen des Eisens) gesteigert werden. Es richtet sich die anzuwendende Temperatur vollständig und lediglich nach der wechselnden Bearbeitbarkeit des Metalls.

Metalle, die bei gewöhnlicher Temperatur bearbeitet werden (Messing und a. Kupferlegierungen) und solche, deren in hoher Temperatur beginnende Bearbeitung bis zum fast völligen Erfalten fortgesetzt werden (Eisen und Stahl) müssen, da die kalte Bearbeitung sie hart und spröde macht, nachgeglüht werden.

3. Man schmilzt schwefelhaltige Erzgemische, welche durch Röstung in niedrige Schwefelungsstufen umgewandelt sind, ohne eine intensive chemische Reaction auszuüben; es ist mehr eine Sondernung der Schwefelmetalle einerseits, die einen Stein (Blei- oder Kupferstein) bilden, und der Schlackenbestandtheile in der Beschickung andererseits, die zu einem Schlackengemisch zusammentreten.

4. Man schmilzt Metalle, die gediegen vorkommen, aus ihren Gangarten aus (Ausfaigern des Wismuth); man trennt auch verschieden strengflüssige Metalle, die man in Mischungen erhalten hat oder vorfindet, durch einen Ausschmelz- oder durch einen Krystallisationsprocess (Blei und Silber).

5. Man sublimirt Metalle, die gediegen vorkommen, aus ihren Erzarten heraus (Quecksilber) oder reinigt flüssige Metalle durch wiederholte Destillation (Zink).

6. Man schmilzt Metalle, um sie durch Gießereiprocesse besser verwerthen zu können (Gußeisen, Stahl, Kupferlegirungen, Zink).

c) Von den Oxydationsprocessen.

328. Welche Oxydationsprocesse auf trockenem Wege werden im Großen ausgeführt?

Da die Oxydation meist technisch nicht brauchbare Producte giebt, so wendet sich ein Oxydationsproceß nie gegen das Hauptproduct einer metallurgischen Industrie, sondern stets gegen die Nebenbestandtheile der natürlich auftretenden Verbindungen jenes Hauptproduct's. Man wendet deshalb die Oxydationsprocesse zur Elimination bestimmter Bestandtheile des Erzes an z. B. des Schwefels, Phosphors, Arsens u. s. f.; dann gebraucht man sie, um Rohmetalle von verunreinigenden Beimengungen metallischer Natur zu reinigen, um sie zu raffiniren. Wenn, wie bei dem Eisen, das Product der Erzverarbeitung von bestimmten Substanzen mehr enthält, als zur Constituirung der anderen Eisenarten nothwendig ist, so kann ein Oxydationsproceß angewendet werden, um das Product des Erzsammelns, das Roheisen, in Schmiedeeisen und Stahl überzuführen.

329. Durch welche Mittel wird ein Oxydationsproceß ausgeführt?

Man oxydirt auf trockenem Weg in verschiedener Weise, einmal, indem man den Sauerstoff der Atmosphäre benutzt, dann, indem man sauerstoffreiche Substanzen, die unter den obwaltenden Umständen ihren Sauerstoffgehalt ganz oder theilweise abgeben, in die Reaction einführt. Oft wird der atmosphärische Sauerstoff zunächst zur Oxydation metallischer Haupt- und Nebenbestandtheile benutzt, die dann im Verlauf der Reaction wieder Sauerstoff hergeben, um die eigentliche Oxydationsarbeit zu leisten.

Außer dem Sauerstoff der Atmosphäre verwendet man auch den des Wassers, welches zu diesem Behuf in Dampfform über-

geführt und stark überhitzt werden muß. Man gebraucht diesen Weg bei der Raffinationsarbeit des Bleies und der Entsilberung von Bleihüttenproducten.

330. Welche Drydationsprocesse ergeben sich aus dem Vorstehenden?

Man unterscheidet in der hüttenmännischen Praxis folgende Anwendungen der Drydationsprocesse:

Röstprocesse zur Entfernung des Schwefels aus Erzen und Zwischenproducten, besonders bei der Gewinnung von Blei, Kupfer, Silber, Zink eine wichtige Rolle spielend;

Röstprocesse zur Zerlegung mancher Carbonate und Hydrate unter Drydation der vorhandenen niedrigen Drydationsstufen der Metalle zu höheren, namentlich für Eisenerze wichtig;

Brat- und Temperprocesse für kohlenstoffhaltige Metalle, in Contact mit Metalloxyden ausgeführt — bei der Darstellung schmiedbaren Eisengusses und Glühstahls auftretend;

Frischprocesse für Eisen- und Stahlgewinnung aus Roheisen, dem kohle-, silicium-, schwefel- etc.-haltigen Product der Erzverarbeitung — Processe von verschiedener Gestaltung;

Treib- und Raffinirprocesse zur Trennung und Reinigung der Rohmetalle durch die Drydation ihrer Nebenbestandtheile, besonders bei Blei und Kupfer von Wichtigkeit.

Während die Röst-, Brat- und Temperprocesse eine Veränderung des Aggregatzustandes im Material der Arbeit ausschließen, wird bei den Frisch- und Raffinirprocessen eine Ueberführung in den flüssigen Zustand, eine Hauptbedingung des Gelingens.

d) Von den Reductionsprocessen.

331. Wann wendet man im Großen Reductionsprocesse an?

Während die Drydation in den Hüttenprocessen vorwiegend an den Nebenbestandtheilen, welche nach und nach als Gase oder als Schlacken beseitigt werden, geübt wird, betrifft die Reduction d. h. die Sauerstoffentziehung ausschließlich die zu gewinnenden Metalle.

In dem hieraus entstehenden Gegensatz liegt der Grundgedanke der sämmtlichen metallurgischen Prozesse, soweit sie sich auf die Erzverarbeitung beziehen. Der geschickte Techniker sucht die Reduction der Nebenbestandtheile ebenso zu vermeiden als die Oxydation der Hauptbestandtheile, und in der wohlfeilen Combination vom Gegentheil der eben genannten Vorgänge d. h. in der zweckmäßigen ökonomisch richtigen Verbindung von Oxydations- und Reductionsprocessen besteht der gut geleitete Hüttenproceß auf trockenem Weg.

Das Verhältniß wird durch das Vorwiegen des Einen oder des Andern keineswegs alterirt; im Gegentheil, je mehr das zu gewinnende Metall oder der lästige Nebenbestandtheil dominirt, um so schärfer muß die räumliche wie zeitliche Scheidung der beiden Reactionen sein.

332. Durch welche Mittel wird der Reductionsproceß ausgeführt?

Die zur Ausführung des Reductionsprocesses erforderlichen Mittel sind außer einer bei den verschiedenen Metalloxyden verschiedenen Temperatur und Wärmequantität hauptsächlich solche Körper, welche sich unter den gegebenen Umständen mit Sauerstoff leicht verbinden, die Reductionsmittel.

Die gebräuchlichsten darunter sind die industriellen Brennstoffe d. h. deren Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff in der Form von Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff und Wasserstoff; nur vereinzelt tritt auch der feste Kohlenstoff als Reductionsmittel auf und neben ihm noch andere metallische wie nichtmetallische Bestandtheile des Processes, z. B. Schwefel, Phosphor, Silicium etc.

In Betreff des Wärmeaufwandes bei der Reduction ist zu bemerken, daß die resultirende Temperatur niemals den Schmelzpunkt des Oxyds erreicht; in den zur Ausführung der Reduction bestimmten Apparaten tritt bei steigender Erhitzung die Reduction stets eher ein als die Schmelzung. Die umgekehrte Erscheinung ist stets von einem in die Schlacken übergehenden Erzverlust begleitet.

333. Welche Reductionsproceße sind speciell anzuführen?

Man kann unterscheiden:

Reine Reductionsproceße, wobei aus natürlichen oder künstlichen Metalloxyden **reine** Rohmetalle und werthlose Schlacken erfolgen;

Gemischte Reductionsproceße, wobei aus theilweise in Oxyde verwandelten Schwefel- und Arsenmetallen außer Rohmetallen und Schlacken noch Steine d. h. niedrige

Schwefelungsstufen und Speisen d. h. Arsenverbindungen erfolgen.

Raffinirreductionsprocesse, wobei aus durch Drydation raffinirten aber etwas oxydirten Metallen der eingemengte gelöste Gehalt an Suboxyden durch Behandeln mit Kohlenstaub oder Holz entfernt wird.

Zweites Kapitel.

Von den Hüttenprocessen auf nassem Wege.

334. Wann führt man die Hüttenprocesse auf nassem Wege aus?

Wenn der trockene Weg zu kostspielig ist, wählt man den (an sich theurer, in besonderen Fällen aber billiger ausfallenden) Proceß auf nassem Weg, vorausgesetzt, daß das gleiche Ziel, z. B. die Metallertraction aus Erzen, sich auf beiden Wegen erreichen lasse.

Besondere Ursachen der Wahl des nassen Wegs können verschiedene sein; Vorhandensein von Beimischungen des Erzes, die sich schwer oder gar nicht durch den trockenen Weg vom zu gewinnenden Metall trennen lassen; sparsames Erzvorkommen in sehr strengflüssigen oder eine große Menge von Zuschlägen erfordernden Gebirgsarten; Aussicht, auch Metallsalze als Producte gut verwerthen zu können u. s. f.

Es ist dabei zu bemerken, daß bei der Darstellung eines Metalls der nasse Weg nur sehr selten ausschließlich angewandt wird, daß aber einzelne Theile des ganzen Processes sich oft besser auf nassem als auf trockenem Weg erledigen lassen.

335. Welche chemischen Reactionen hauptsächlich begründen die Ausführung des nassen Wegs?

Es sind vor Allem zwei Reactionen, die hier in Frage kommen: Lösung und Fällung von Metallen; danach kann man das ganze engbegrenzte Gebiet des nassen Wegs eintheilen.

a) Von den Lösungsprocessen.

336. Wann ist der Lösungsproceß ohne Weiteres anwendbar?

Man kann die Lösung ohne Weiteres, anwenden, sobald der Zustand des Erzes durch Anwendung eines der in großem Maßstab zu Gebote stehenden Lösungsmittel die Isolirung des Metalls vollkommen gestattet.

Sobald die Extraction der metallischen Erztheile nicht vollständig oder nur sehr langsam erfolgt, sind vorbereitende Operationen nothwendig, wogegen, falls die Lösung mehrere Metalle enthält, die nicht alle gewinnswerth sind, entweder durch Vorbereitung des Erzes oder durch spätere Scheidung der gelösten Metalle das Ziel erreicht werden muß.

337. Welche Lösungsmittel wendet man hauptsächlich an?

Man braucht als Lösungsmittel außer dem Wasser selbst die billigeren Mineralsäuren, Chloralkalien und andere Chlorverbindungen, Quecksilber, sehr selten Ammoniak und Ammoniumsalze.

338. Wann braucht man die Mineralsäuren?

Als Lösungsmittel der meisten metallischen Verbindungen können Mineralsäuren in mehr oder minder concentrirter wässriger Lösung verwendet werden. Sie greifen die meisten Verbindungen der auf nassem Weg gewinnbaren Metalle an und isoliren letztere von den nicht-metallischen Nebenbestandtheilen des Erzes. Dagegen sind die entstandenen Lösungen meist unrein, weil leicht noch andere Stoffe mit in Lösung gegangen sind. Man benutzt die Mineralsäuren, namentlich die Schwefelsäure und die Salzsäure, stets nur da, wo reine Metallverbindungen in nicht angreifbarer Gangart, Kieselsäure und Silicaten, fein eingesprengt auftreten.

339. In welchen Fällen wendet man Chloralkalien an?

Chloralkalien wendet man an, um die aus der energischen Zersetzung der Schwefelverbindungen mittelst chlorhaltiger Substanzen hervorgegangenen Chlormetalle aufzulösen und von den Rückständen der Röftung zu trennen.

Die gebräuchlichste Lösung ist eine concentrirte Kochsalzlauge, in welcher sich z. B. Chlor Silber und Chlor Kupfer leicht auflösen. (Augustin'scher Extractionsproceß.)

340. Wann wendet man andere Chlorverbindungen an?

Die Extraction des Goldes sowohl aus Erzen, wie aus Röstrückständen wird am Leichtesten durch Chlorgas oder, da sich dessen Anwendung im Großen nicht sehr bequem ausführen läßt, durch Metallchloride, z. B. Eisenchlorid, bewirkt.

341. Wann kommt das Quecksilber als Lösungsmittel zur Verwendung?

Man hat schon sehr früh angefangen, zur Extraction des Silbers aus mexikanischen Erzen das Quecksilber anzuwenden und seit Mitte des vorigen Jahrhunderts die Amalgamation in freien Haufen betrieben, aus der sich die europäische Amalgamation in Fässern und neuerdings die nordamerikanische Pfannenamalgamation entwickelten. Allen diesen Processen liegt wesentlich dieselbe Theorie zu Grunde; das durch Röstungen, Behandeln mit sauren Reagentien zc. in salinische Verbindungen übergeführte Silber des Erzes wird durch Metall-, besonders Eisenzusätze, in feinsten Vertheilung durch die ganze Masse hindurch metallisch ausgeschieden. Das nunmehr erst durch Treten, Schütteln und Drehen eingemengte Quecksilber bindet das Silber zu einem schweren, sich auf dem Boden der Apparate zusammensetzenden Amalgam, das nach erfolgter Reinigung durch Destillation von dem Quecksilbergehalt befreit wird.

Da die Amalgamation des Quecksilbers wegen theuer und gesundheitsgefährlich ist, so hat man sie in Deutschland durch andere Extractionsproceße zu ersetzen versucht, unter denen die Augustin'sche Kochsalzlaugerei die älteste Stelle einnimmt, später aber von anderen Methoden verdrängt wurde.

342. Wann tritt das Wasser als Extractionsmittel auf?

Man kann das Wasser stets als Extractionsmittel anwenden, sobald die Metalle, um die es sich handelt, in löslichem Zustand sich in dem zu verarbeitenden Material befinden. Dies tritt

ohne Ausnahme erst in Folge besonderer Vorbereitungsarbeiten, besonders vorsichtiger Röstungen ein.

So röstet man den aus zweimaliger Schmelzung resultirenden kupferreichen und silberhaltigen Stein mancher Reviere bis zur Bildung von Silbervitriol und zur Zersetzung der früher schon entstandenen Eisen- und Kupfervitriole; behandelt man das Röstproduct mit schwach saurem Wasser, so löst sich der Silbervitriol, während Eisen und Kupfer im Rückstand bleiben. (Ziervogel'sche Wasserlaugerei.)

Bei der Extraction kupferarmer Kiese und anderer sehr armer schwefelhaltiger Erze, sowie in anderen Fällen arbeitet man periodisch auch nur mit der Löslichkeit der betreffenden Substanzen in Wasser.

343. Was ist über die Anwendung des Ammoniak und der Ammoniumverbindungen zu sagen?

Man hat versucht Dryde und Carbonate mancher Metalle, z. B. des Zinks, aus ihren Erzmischungen durch Anwendung der genannten Lösungsmittel zu extrahiren. Das Verfahren hat aber in ökonomischer Beziehung die Concurrenz mit den sonstigen Methoden nicht bestehen können.

344. Was ist betreffs der Ausführung der Lösungsprocesse zu bemerken?

Ohne der Beschreibung einzelner Metallgewinnungen vorzugreifen, ist zu erwähnen, daß die Lösungsprocesse sich am besten in Perioden getheilt ausführen lassen.

Man füllt mehrere Behälter mit der auszulauenden Substanz und läßt dies Lösungsmittel zunächst in einen derselben treten und darin eine gewisse Zeit verweilen; dann zieht man die entstandene Lauge ab und führt sie nach dem zweiten Behälter, während in den ersten frisches noch nicht gebrauchtes Lösungsmittel nachtritt. Nachdem wieder eine gewisse Zeit verstrichen, leitet man die Lauge aus dem zweiten in den dritten und aus dem ersten in den zweiten Behälter und füllt den ersten wieder mit frischen Lösungsmitteln. Man fährt in dieser Weise so lange fort, als sich in den Rückständen des ersten Bottichs

noch Spuren des zu gewinnenden Metalls nachweisen lassen; jenachdem die Auslaugung selbst rascher oder langsamer voranschreitet, sind die einzelnen Perioden zu bemessen.

b) Von den Fällungsprocessen.

345. Auf welche Metalle beziehen sich die Fällungsproceſſe?

Fällungsproceſſe ſind ausführbar für alle Metalle, welche aus ihren verſchiedenen Löſungen durch andere Metalle oder ſonſtige leicht zu beſchaffende Reagentien in metalliſcher Form niedergeſchlagen werden. Die durch Löſungsproceſſe gewonnenen Laugen werden in geeigneten Apparaten über die Fällungsmittel geleitet, nachdem ſie durch verſchiedenartige Proceſſen, Verdunſten an der Luft, Eindampfen über Feuerungen, die wünſchenswerthe Concentration erlangt haben.

346. Welche Anwendungen im Großen ſind bekannt?

Man benützt die Fällungsproceſſe bei der Kupfer-, Silber- und Goldgewinnung und fällt z. B. aus ſilberhaltigen Kupferlaugen erſt das Silber durch Kupferabfälle, dann das Kupfer durch Eiſen aus. Bei Goldlöſungen benützt man Eiſenvitriol, um das Gold als ſtaubförmigen Niederſchlag zu gewinnen.

Den Fällungen ſchließt ſich eine Filtration, ein Zuſammenpreſſen, Glühen, Schmelzen und Raffiniren an.

Drittes Kapitel.

Von den elektrochemiſchen Hüttenproceſſen.

347. Waß iſt darüber zu bemerken?

Obwohl man der oft mit verunreinigenden Momenten verknüpften Metallfällung die Fällung durch den galvanischen Strom ſubſtituiren kann, ſo iſt doch biß jetzt kein techniſcher Gebrauch von beſonderen galvanischen Apparaten gemacht worden; die Koſten der meiſten davon verboten ihre Anwendung im Großen.

Man kann aber bei den Fällungsprocessen auch galvanische Vorgänge unterscheiden, weil man stets mit Ueberschüssen von Fällungsmitteln arbeitet und die Wände der metallnen Gefäße galvanische Strömungen fast immer hervorrufen. Insofern kann die Fällung zum Theil ein galvanischer Proceß sein; es unterliegt also keinem Zweifel, daß der schon von Becquerel dem Älteren gemachte Vorschlag, den Galvanismus zur Erzzerzeugung zu verwenden, in späterer Zeit Verwirklichung finden wird.

Viertes Kapitel.

Von den mechanischen Hüttenprocessen.

348. Was sind mechanische Hüttenprocessse?

Mechanische Hüttenprocessse sind Vorgänge, welche weder die einfache Erhitzung noch eine chemische Reaction als Grundlage haben, sondern theils Hülfsarbeiten, theils ergänzende Arbeiten der eigentlichen Fabrikation ausmachen. Viele der hierher gehörenden Processse kann man auch zum Gebiet der mechanischen Technologie rechnen, da sie, wie z. B. die Metallgießerei, nur selten in unmittelbarer Verbindung mit der Metallproduction selbst betrieben werden.

Man kann am besten unterscheiden:

- a) Vorbereitungsprocessse,
- b) Hülfsprocessse,
- c) Vollendungsprocessse.

a) Von den mechanischen Vorbereitungsprocessen.

349. Welche Processse sind hierher zu rechnen?

Zu den Vorbereitungsprocessen gehören alle bei gewöhnlicher Temperatur ausführbaren Aufbereitungsarbeiten der verschiedenen Materialien, soweit sie in das Bereich der hüttenmännischen Thätigkeit fallen können. Waschen, Zerkleinern, Separiren der Erze*), Waschen der Kohlen, Agglomeriren

*) Bei der Betrachtung der Erze im zweiten Abschnitt sind eine Reihe Vorrichtungen beschrieben, welche zur mechanischen Vorbereitung dienen.

der Erze und Brennstoffe, Zerkleinern der Rohmetalle bei Umschmelzung und Raffinationsarbeiten.

Jeder einzelne dieser Prozesse richtet sich, wie überhaupt die meisten der mechanischen Arbeiten, nach den Eigenthümlichkeiten des zu verarbeitenden Materials, und wird ohne directe Beziehung auf dasselbe nicht wohl verstanden.

b) Von den mechanischen Hülfsprocessen.

350. Welche Hülfsprocessen sind zu unterscheiden?

Zu den mechanisch ausführbaren Hülfsprocessen gehören die Beschaffung von gepresster Luft zum Betrieb verschiedener Schmelzprocessen, dann die ebenfalls nothwendig werdende Erwärmung der Verbrennungsluft in ganz besonderen, von den Defen getrennten Apparaten.

Das Nähere darüber steht in so enger Verbindung mit dem Bau der Defen und der Construction der Gebläsevorrichtungen und Warmwindapparate selbst, daß im vierten Abschnitt das Wenige mitgetheilt werden soll, was von einem allgemeinen Standpunkt aus darüber gesagt werden kann.

c) Von den mechanischen Vollendungsprocessen.

351. Welche Vollendungsprocessen werden in dem Hüttenbetrieb ausgeführt?

Zu den Vollendungsprocessen, die mit Rohmetallen, Halb- und Ganzfabrikaten vorgenommen werden, gehören zunächst die Gießereiprocesse, das Abformen und Ausgießen mit flüssigem Metall, dann das Granuliren mancher Zwischenproducte zum Behuf bequemerer Weiterverarbeitung, das Abzängen, Schmieden, Strecken und Walzen der geschmeidigen Rohmetalle, das Zerschneiden, Paketiren (Gärben) der gewonnenen Rohstäbe, das Auswalzen der Pakete, Richten, Beschneiden und Bestoßen der fertigen verkäuflichen Waare, das Draht- und Röhrenziehen, das Schlagen, Prägen und Pressen.

Auch hierbei ist die Arbeit so sehr vom Material, der Construction der Vorrichtungen und einer Menge von Details abhängig, daß sich ein allgemeiner Standpunkt nur schwer finden läßt und dennoch eine Menge Ausnahmen vom allgemeinen Gesetz ergeben würde.

Vierter Abschnitt.

Von den Apparaten des Hüttenbetriebes.

352. Wie classificirt man die Apparate des Hüttenbetriebes?

Man unterscheidet unter den Apparaten des Hüttenbetriebes:

1. Apparate zur Ausführung der Proceffe auf trockenem Wege, umfassend die Defen und ihre Hülfsconstructionen, Flugstaubkammern &c.;

2. Apparate zur Ausführung der Proceffe auf nassem Wege, einschließend die Auslaagevorrichtungen, Concentrations- und Fällungsapparate &c.;

3. Apparate zur Ausführung der mechanischen Hüttenproceffe, umfassend die zur Luftcompression angewandten Apparate, die Gebläse, die zur Erwärmung der Gebläseluft benutzten Winderhitzungsapparate, die Apparate und Maschinen zur Bedienung der Defen, zum Hämmern, Strecken und Ziehen der Metalle u. s. f.

Von allen diesen in sehr verschiedener Ausführung gebräuchlichen Apparaten und Constructionen sind nur die von Interesse, welche besonderen Ansprüchen des Hüttenbauers genügen, während eine Menge anderer unter denselben Gesichtspunkten construirt sind, wie sonstigen Zwecken dienende Mechanismen gleicher Specialität. Dampfpumpen, Krane, manche Aufzüge und Transportvorrichtungen lassen sich für metallurgische Zwecke in derselben Bauart anwenden wie für andere Bestimmungen und werden von den Maschinenfabriken selbstständig für bestimmte und abgestufte Kraftwirkungen gebaut. Bei einigen anderen behält sich der Käufer oder Besteller einen Einfluß auf die specielle Gestaltung einzelner Theile vor, die für den technischen

Proceß besondere Wichtigkeit besitzen; so bestimmt er die Verhältnisse, Ventilconstruction der Windcylinder bei den Gebläsen, die Amboßformen und Hammerflöze bei den großen Schmiedewerkzeugen, die Lagerung und Bewegungsübertragung bei den Walzwerken 2c.

Erstes Kapitel.

Von den Apparaten zur Ausführung der Hüttenproceße auf trockenem Wege.

353. Welche bestimmte Arten von Apparaten lassen sich hier unterscheiden?

Unter den bei den Hüttenproceßen auf trockenem Weg gebräuchlichen Apparaten unterscheidet man die Defen und die Nebenapparate derselben, soweit sie baulich mit der Ofenconstruction zusammenhängen. Diese Nebenapparate sind theils Condensationseinrichtungen und Flugstaubkammern, die man anwenden muß, um entweder den schädlichen Einfluß der Ofengase zu paralyßiren oder werthvolle Bestandtheile derselben, Metalldämpfe, zu condensiren; theils sind es die zur Gasgewinnung bestimmten Abzüge und Leitungen, deren Einrichtung bereits früher beschrieben wurde.

a) Von den Defen.

354. Welche Defen unterscheidet man bei dem Hüttenbetrieb?

Man unterscheidet zunächst Defen, in denen die zu behandelnde Substanz mit dem Brennstoff in Contact sich befindet und wo der letztere theils durch die Berührung, theils durch die entwickelten Gasmassen wirkt. Je nach der Höhe und der Construction theilt sich diese Gruppe wieder in Heerde und Schachtöfen; jene sind unvollkommnere Apparate und wirken gewöhnlich nicht continuirlich, während bei den Schachtöfen die Continuität der Wirkung, die gegenseitige Unabhängigkeit der einzelnen Functionen Hauptvorzüge sind. Eine andere Gruppe wird von den Flammöfen gebildet, zu denen auch die Gasöfen zu rechnen sind; der

Einsatz, d. h. die zu behandelnde Substanz wird nur von den Flammen der Brennstoffe berührt. Eine dritte und letzte Gruppe wird von den Oefen gebildet, in denen der Einsatz von dem Brennstoff oder seinen Gasen nicht direct berührt wird, sondern durch Wandungen davon getrennt ist, welche die Wärme transmittiren. Diese Wandungen gehören meist bestimmten Gefäßformen an, die den Einsatz einschließen, nur selten sind die transmittirenden Wände Theile des Ofenbaues selbst. Es ergeben sich mithin nachstehende Gruppen:

- αα) Heerde und Schachtöfen,
- ββ) Flammöfen,
- γγ) Gefäßöfen.

αα) Von den Heerden und Schachtöfen.

355. Was versteht man unter einem Heerd?

Ein Heerd ist jede flachgebaute Feuerungsanlage, in welcher die zu behandelnde Substanz der directen Einwirkung fester Brennstoffe ausgesetzt wird.

Wie schon früher angedeutet, rechnet man auch die Rösthaufen und Stadel zu den Heerden, weil die Wirkungsweise des Brennstoffs dieselbe ist. Daraus ergibt sich die Erfahrung, daß Heerde nicht nothwendigerweise umschlossene Feuerungen sein müssen, sondern ohne alle hauliche Hilfsconstructions existiren können.

356. Welche Arten von Heerden kann man unterscheiden?

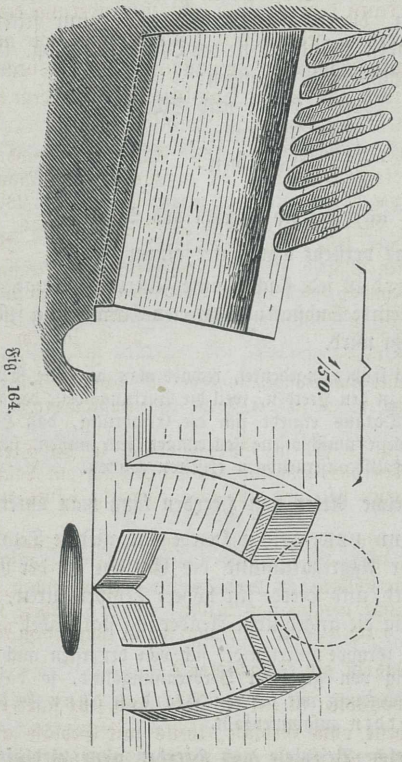
Man kann unterscheiden Heerde für niedere Temperaturen, bei denen der Aggregatzustand der Einsätze in der Regel nicht verändert wird, und Heerde für höhere Temperaturen, bei denen fast regelmäßig die angedeutete Aenderung stattfindet.

Die letzte Gruppe unterscheidet sich von der ersten auch noch durch die Anwendung von gepreßter Verbrennungsluft, so daß die eben ausgeführte Scheidung mit der von Heerden ohne Gebläse und Gebläseheerden zusammenfällt.

357. Welche Beispiele von Heerden ohne Gebläse sind anzuführen?

Außer den Haufen für Röstung von Erzen und Zwischenproducten (Steine und Leche) und den Stadeln (vergl. den

Cokesöfen Fig. 68 S. 170, dessen Einrichtung sich aus der Abbildung ohne Weiteres ergibt), sind hier noch die alten Saigerheerde erinnerungshalber anzuführen, die dazu dienten, leichtflüssige Bestandtheile aus Metallmischungen auszuschmelzen (Fig. 164).



Bei diesen primitiven und jetzt vollständig durch Defen namentlich Flammöfen ersetzten Feuerungen war der Brennstoff

gleichmäßig unter die über und in dem Haufwerk zu erhitzende Massen vertheilt oder umgab, wie in den Saigerheerden, den ganzen Einsaß.

358. Wie ist ein Gebläseheerd eingerichtet?

Der Gebläseheerd kann zweierlei Zwecken dienen; einmal dem Schmelzen, dann dem Erhitzen ohne Veränderung des Aggregatzustandes aber zu sehr hohen Temperaturen, wie man sie zum Schweißen und Schmieden strengflüssiger Metalle braucht. Beide Zwecke vereinen sich in der Construction und dem Betrieb des Mischheerdes, in welchem man Roheisen darstellt.

Ein solcher Mischheerd (Fig. 165: Aufsriß und Grundriß, S. 324) besteht aus der Feuergrube A, die in einem breiten Mauerwerksockel, den ein eiserner Mantel umgiebt, eingelassen ist, der Windmauer B, durch die der Gebläsewind in den Heerd geführt wird, dem Essenmantel C und der Esse D, die etwas zurückliegen muß. Die Grube A ist mit eisernen Platten gefüttert, die verschiedene Neigungen haben und unter einander, wie mit dem Boden keinen rechten Winkel bilden. Die Windströme gelangen durch die in der Windmauer liegende Form in den Heerd und werden je nach dem Zwecke in sehr verschiedener Neigung dem Heerde zugeführt. Gewöhnlich ist noch ein Windkasten über dem Feuer aufgehängt, in dem sich nach Gefallen der Wind erwärmt, ehe er das in der Form liegende Düsenrohr erreicht und ausströmt.

Nach vorn zu ist ein Schlackenabstich in der Heerdumfangung ausgespart, den man während der Schmelzung mit Lösche oder mit Sand verschlossen hält und nur ausnahmsweise öffnet, um Schlacken abzulassen.

In Fig. 166 (S. 325) ist die gefüllte Heerdgrube im Betriebe dargestellt; a ist der Roheisenstoß, welcher vor dem Wind liegt und abschmilzt, bb Kolben des Products der vorhergehenden Arbeit, die unter dem Wind vorgewärmt werden, und cc andere Kolben, die abgeschmiedet werden sollen und unmittelbar unter dem Wind liegen.

359. Was ist ein Schachtofen?

Ein Schachtofen ist ein der Höhe nach sehr stark vergrößerter Heerd, der theils ohne Gebläse, theils mit Gebläse arbeitet und je nach der Art des darin umgehenden Betriebes sehr verschieden construirt sein kann.

Die Schachtöfen sind vollkommenere Apparate als die Heerde, insofern sie einen continuirlichen Betrieb zulassen, während in

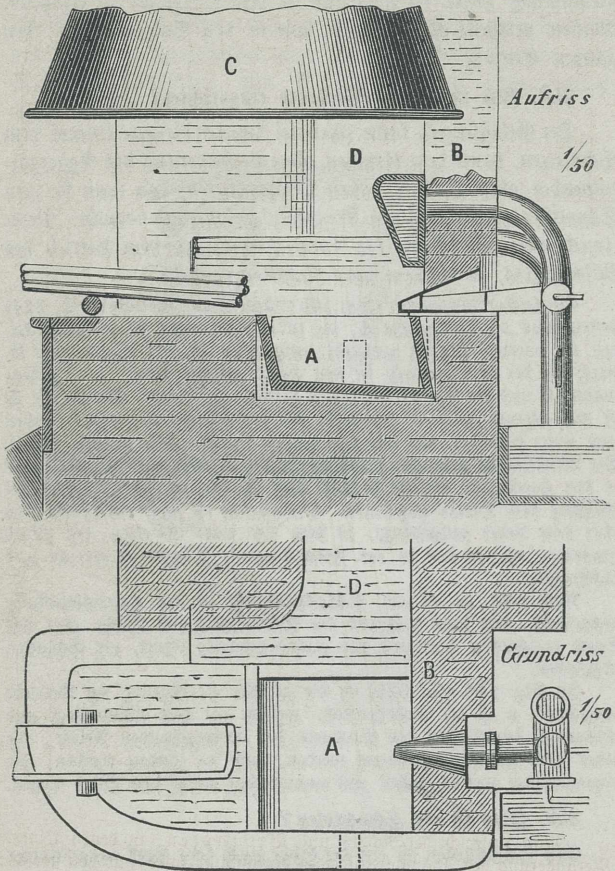


Fig. 165.

einem Herd der Einsatz, das dem Hüttenproceß unterworfenen Material, nur in Portionen verarbeitet werden kann.

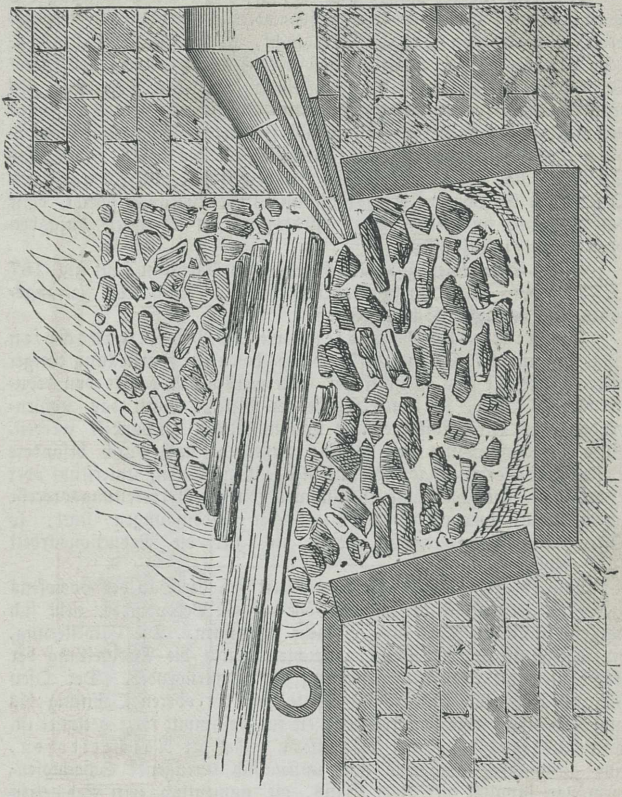


Fig. 166.

Man unterscheidet Röst- und Brennöfen, in denen keinerlei Veränderung des Aggregatzustandes beabsichtigt wird und von welchen bereits Fig. 158 ein Beispiel giebt; dann Schmelzschachtöfen, in denen zur Trennung oder zur Umgestaltung bestimmte Materialien in den flüssigen Aggregatzustand übergeführt werden; endlich Reactionsöfen, in welchen irgend ein chemischer Proceß, gewöhnlich in Verbindung mit dem Flüssigmachen, Schmelzen, des ausgegebenen Materials betrieben wird.

Während für die Röst- und Brennöfen die Profilirung des Schachtes eine verschiedene sein muß, jenachdem zu dem bloßen Erhitzungsproceß eine Reaction hinzutritt oder nicht, ist sie für die Schmelzschachtöfen so zu wählen, daß der Schmelzzone ein geringerer Querschnitt gegeben wird als dem oberen Theil des Schachtes. Es entspricht diese Construction den Verhältnissen insofern, als das Volumen des gleichzeitig aufgegebenen Materials sich in der Schmelzzone sowohl durch das Verzehrtwerden des Brennstoffes als auch durch das Schmelzen des übrigen Materials vermindert hat und einen gleichen Querschnitt wie an der Aufgabeeöffnung nicht ausfüllen würde, ohne daß Störung im gleichmäßigen Niedergang der einzelnen Aufgaben oder Gichten entstände.

Einen Schachtofen zum Umschmelzen von Metallen stellt Fig. 167 (S. 327) vor; es ist ein Gießereicupolofen von 7500 kgr Fassungsraum mit verengter Schmelzzone.

Die Reactionsschachtöfen, wie z. B. der Eisenhochofen (Fig. 96 und 97 S. 206, 207), die Hochöfen zur Darstellung einiger anderen Metalle aus ihren Erzen, sind meistens Apparate von reducirender Wirkung, in denen Dryde der Metalle durch das Kohlenoxydgas des Brennstoffes reducirt und in Metall verwandelt werden. Wird die Abscheidung des Metalls außerdem noch durch besondere Bestandtheile der Aufgabe, die als Reagentien wirken, unterstützt oder findet eine Ausschmelzung bestimmter durch Vorbereitungsproceße im Material hervorgerufener metallischer Verbindungen statt, so ist die Profilirung etwas anders als für die Reductionsarbeit durch Gase.

Wie es die Figur 97 zeigt, erweitert sich der Bau des Hochofens in der mittleren Zone der ganzen Höhe um ein Bedeutendes, zieht sich aber im untersten Theil um so mehr zusammen. Die Erweiterung, der sogenannte Kohlensack, erleichtert durch die Ausbreitung der Erzschichten die reducirende Wirkung des Kohlenoxydes. Der Ofen Fig. 96 zeigt eine gleichmäßige Weite von der oberen Oeffnung bis zum Kohlensack, eine Construction, die für bestimmte Erze geeignet ist. Eine Ausnahme von dieser Schachtform bildet der Raschettofen, eine gleichmäßig von oben nach unten sich verengende Schachtofenform von länglich viereckiger Basis, die namentlich zum Schmelzen von Kupfer- und Bleierzen gebraucht wird, zur Eisenerzverarbeitung aber sich untauglich erwiesen hat.

ββ) Von den Flammöfen.

360. Wie ist die allgemeine Bauart der Flammöfen?

Flammöfen bestehen aus einer Feuerungsanlage (gewöhnliche Rost- oder Generatorenfeuerung), einem Arbeits- oder Heizraum,

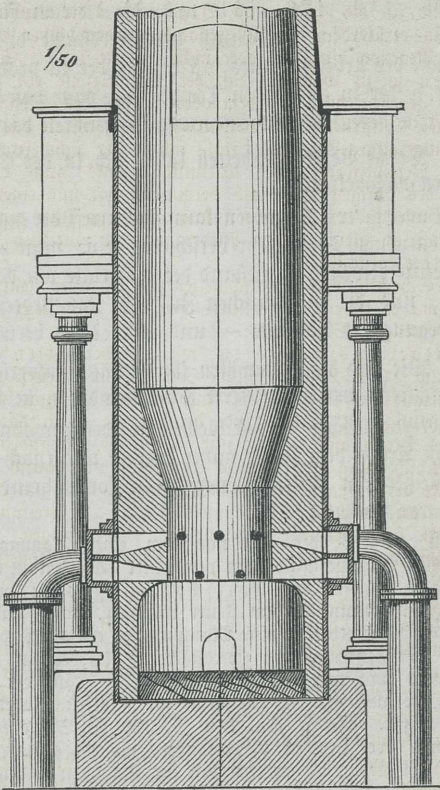


Fig. 167.

und dem zur Abführung der verbrannten Gase bestimmten vielfach als Zugerzeuger wirkenden Schornstein.

Construction und Größe richten sich bei den Flammöfen nach dem gleichzeitig in den Öfen zu setzenden Quantum von zu bearbeitendem Material und nach der zu erzielenden Temperatur. Die Feuerungsanlage (vergl. die Generatoren Fig. 105, 106,

107, 108, 119, 120, 121 und die directen Feuerungen Fig. 148—156) im Verhältniß zur Heerdfläche d. h. zu der Grundfläche des Arbeitsraumes wächst mit der zu producirenden Wärme d. h. der zu erzielenden Temperatur, ohne daß ihre Construction eine bedeutende Umänderung zu erfahren hätte.

361. Welche Verschiedenheiten lassen sich in der Bauart der Flammöfen nachweisen?

Die Bauart der Flammöfen kann in Betreff der gegenseitigen Lage der einzelnen Theile sehr verschieden sein; man hat hierbei in erster Linie den Aggregatzustand des Materials wie des fertigen Products, und die mechanischen Zustände des Processes (Ruhe oder Bewegung des Einsazes — und welche?) zu berücksichtigen.

362. Wie sind die Flammöfen für Einsätze pulveriger Natur z. B. Erzschiebe und zerkleinerte Hüttenproducte, beschaffen?

Pulverige Einsätze, die fest bleiben, werden gewöhnlich durch mechanische Arbeit dem Feuer näher bewegt und (nach Maßgabe der sich steigenden Reactionsenergie) in fortwährend steigende Temperaturen versetzt.

Es ist das z. B. der Fall mit dem einer Flammofenröstung unterworfenen Bleierzschliech; man verarbeitet denselben in einem sehr geräumigen Flammofen, dem Fortschaulungsöfen, und bewegt den Einsatz portionenweise dem Feuer entgegen, wobei durch stufenweise Absätze der Heerdsohle diese Manipulation erleichtert wird. Das Verhältniß der Feuerung zur Heerdfläche ist hierbei ein sehr stark zurücktretendes und nur in der unmittelbaren Nähe der Feuerung reicht die Hitze aus, um ein Bleisilicat zur Sinterung oder Schmelzung zu bringen. Vergl. Fig. 168 S. 329 die Skizze eines Bleiröstofens mit zwei Heerden übereinander, wo die gefiederten Pfeile den Gang des Erzes, die anderen den der Flammen andeuten.

363. Welche Disposition hat man gewählt, um möglichst viel mechanische Arbeit zu ersparen?

Um pulverförmige Substanzen einer starken Einwirkung gasförmiger Reagentien zu unterwerfen und einen continuirlichen Betrieb, den die Fortschaulungsöfen nur in Folge starker mechanischer Arbeit gewähren, zu haben, hat man den Arbeitsraum aufrecht gestellt oder bedeutend erhöht und läßt in einen Schacht, der von unten nach oben durch die Flamme von seitlich liegenden Feuerungen

durchzogen wird, das Material in einem Staubregen frei herunterfallen oder hält es in seinem Fall durch Hindernisse (Stäbe und Platten) auf.

Ein Apparat erstgenannter Art ist der Ofen von C. Stetefeldt Fig. 169 (S. 330) zur Röftung von silberhaltigen Erzen — während die Ofen von Gerstenhöfer Fig. 170 (S. 331) und Hasenclever Fig. 171 (S. 332) zu der zweiten Gruppe gehören, speciell für andere Fälle construirt und vorzugsweise geeignet für die Verwendung der Röstgase zur Schwefelsäurefabrikation sind.

Im Ofen von Stetefeldt wird das Erzpulver mit den Zuschlägen (chlorirende Röstzuschläge) durch die Gicht A, die mit Rüttelvorrichtungen oder Riffelwalzen besetzt ist, in Form eines Staubregens eingeführt, fällt in dem nach unten weiter werdenden Schacht langsam nieder und passiert dabei die aus zwei seitlich liegenden Feuerungen durch die Füchse Bentwickelsten Flammen. Für das nicht zu Boden gelangende, sondern über die scharfkantige Abzugsbrücke C hinweggeführte Quantum Erz ist eine dritte Feuerung D angebracht, welche die Reaction des

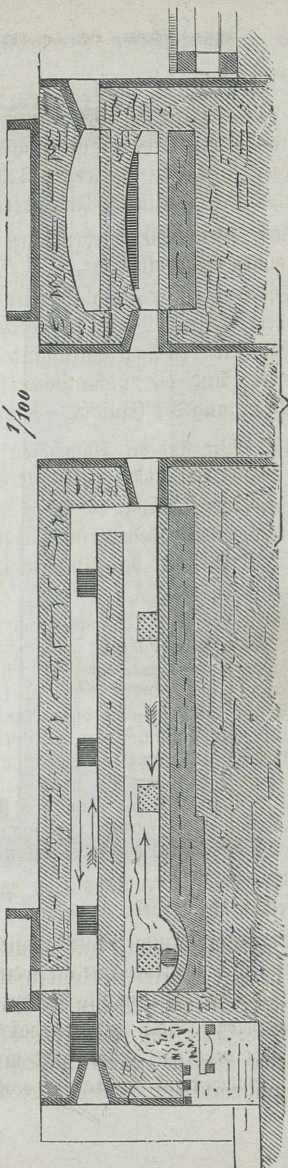


Fig. 168.

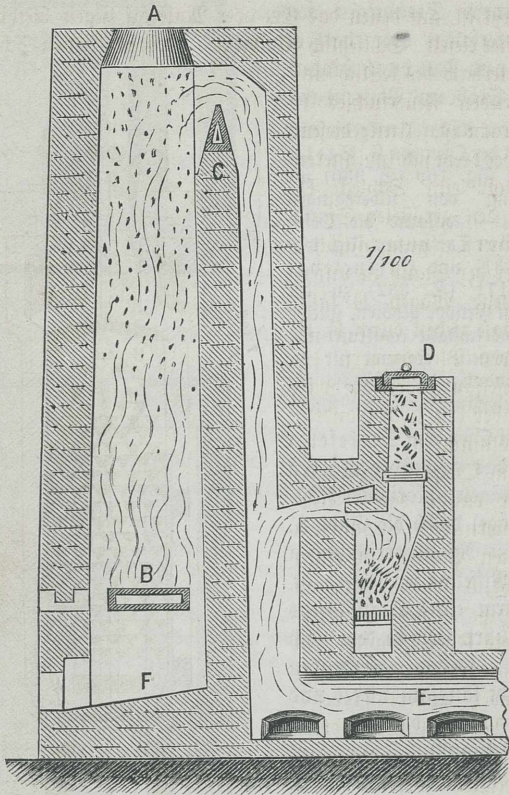


Fig. 169.

Hauptschachtes ergänzt und verursacht, daß das Erz vollkommen geröstet und chlorirt die Condensationskammer E erreicht, so weit es nicht bereits am Boden des Hauptschachtes F sich ansammelt.

Im Ofen von Gerstenhöfer fällt das Erz durch einen mit zwei Walzen garnirten Trog A in den Ofenschacht B, der mit prismatischen Balken oder Stücken aus feuerfester Masse

durchsetzt ist, auf denen das Erz oder Material liegen bleibt, bis es weiter rieselt. Schließlich gelangt es auf einen eisernen Schieber, der unterhalb des seitlich einmündenden Feuerfuchses C angebracht ist. Unter diesem Schieber dreht sich im inneren Reservoir eine Schnecke D, welche den gerösteten Staub nach einer Deffnung hinsührt, aus der der Staub in untergeschobene Wagen E fällt. Die Gase ziehen durch F, F, nach den Bleikammern der Schwefelsäurefabrik ab, passieren aber erst noch Condensationskammern.

Im Ofen von Hasen-clever rutscht das Erzklein auf alternirend disponirten geneigten Platten in einen Schacht A herab, der von der Hitze eines Stückerbrenners B geheizt wird. In letzterem verbrennen die Stückkiese oder andere schwefelreiche Mineralien auf drehbaren Roßstäben, die einen horizontalen Roß von großer Ausdehnung bilden. Der geröstete Staub fällt durch die Drehung einer Riffelwalze C regulirt in einen Wagen D, während die Röstproducte der Stückkiese in derselben Weise aufgefangen werden können. (Eine andre Ofenconstruction wird bei der Zinkfabrikation beschrieben werden.)

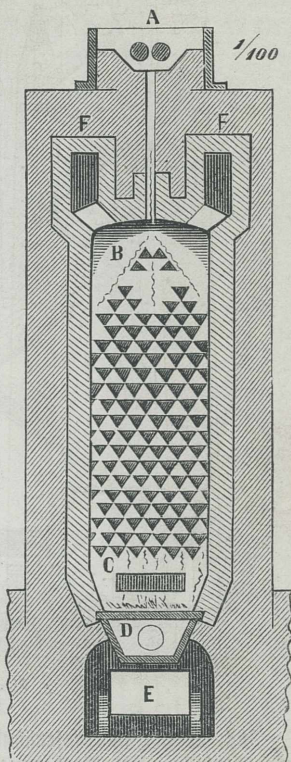


Fig. 170.

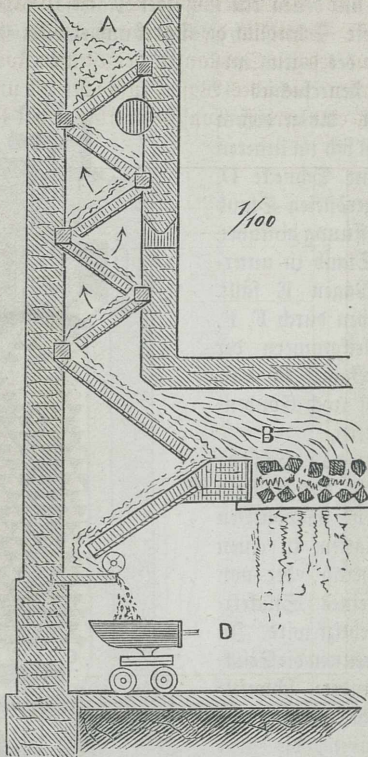


Fig. 171.

364. Welche flammofenähnliche Einrichtungen benutzt man, um, ebenfalls ohne Aenderung des Aggregatzustandes, geringe aber gleichmäßige Erhitzungen von größeren Gegenständen durchzuführen?

Zu den in der Hütten Technik zum mäßigen Erwärmen z. B. bei Trocknungsprocessen angewandten Apparaten mit Flammenfeuerung gehören beispielsweise die Trockenöfen für Ofenbau-

materialien und Conſtructionstheile, die Darrvorrichtungen für Brennſtoffe — endlich die Darrkammern der Gießereien, in welchen die aus erdigen Subſtanzen hergeſtellten Formen ſo lange getrocknet werden, bis alles Waſſer entwichen iſt und das Material der Form eine gewiſſe Conſiſtenz erlangt hat (Fig. 172).

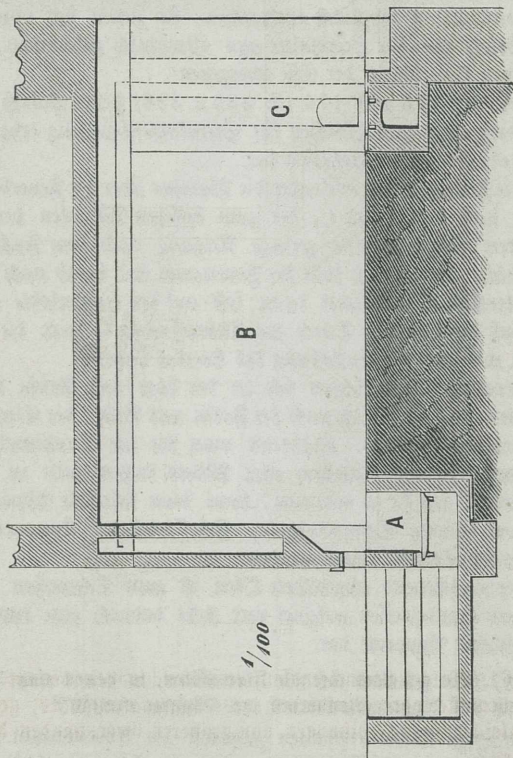


Fig. 172.

Die Koſtfeuerung A iſt von außen zugängig, liegt aber doch in der Kammer B; der Abzug C führt die verbrannten Gaſe nach außen.

365. Welche Flammöfen benutzt man, um ohne den Aggregatzustand der Einsätze zu ändern höhere Temperaturen zu produciren?

Zu höheren Temperaturen, die schon im Bereich der Gluthitze liegen, wendet man Flammöfen von zusammengezogenerem Bau an, die der Flammenausdehnung und Flammenlänge in der Construction möglichst entsprechen; sie ziehen sich von der Feuerbrücke oder der Heerdmitte aus allmählich zusammen, ehe sie in den Querschnitt der Esse übergehen.

Die Fig. 173 und 174 (S. 335 u. 336) stellen Aufsriß und Grundriß eines gewöhnlichen für Steinkohlenfeuerung erbauten Schweißofens für Stabeisen dar.

Die Feuergrube A entsendet die Flamme über die Feuerbrücke B fort nach dem Heerd C, der zum besseren Ablausen der sich bildenden Schlacken eine geringe Neigung nach dem Fuchs D hin erhält. Von da an fällt der Feuercanal steil herab nach dem Schlackenstich E und führt dann fast auf der Hottensohle nach dem Fuß der Esse F. Durch die Thüröffnung G wird die Befegung wie auch die Entladung des Heerdes bewirkt.

Derartige Ofen richten sich in der Lage und Größe ihres Arbeitsraumes wesentlich nach der Form und Größe der Einsätze, die bedeutend variiren. Während man die zur Drahtwalzerei bestimmten kleinen Klobchen oder Billets dugendweise in den Ofen wirft, um sie zu wärmen, baut man kolossale Apparate, in denen schwere Schmiedestücke, Schiffswellen, Kanonen zc. nur bruchstückweise erhitzt werden.

Der nachstehend abgebildete Ofen ist zum Schweißen von mittlerem Handelseisen geeignet und stellt dadurch eine typische Form solcher Apparate dar.

366. Wie gestalten sich die Flammöfen, in denen eine Veränderung des Aggregatzustandes der Einsätze eintritt?

Derartige Ofen enthalten zunächst im Arbeitsraum eine Vertiefung, um den flüssig gewordenen Einsatz sicher einzuschließen, und werden wegen der in manchen Fällen eintretenden Corrosion der Wände des Heerdes mit Kühlvorrichtungen versehen, die den Bau des ganzen Apparates compliciren.

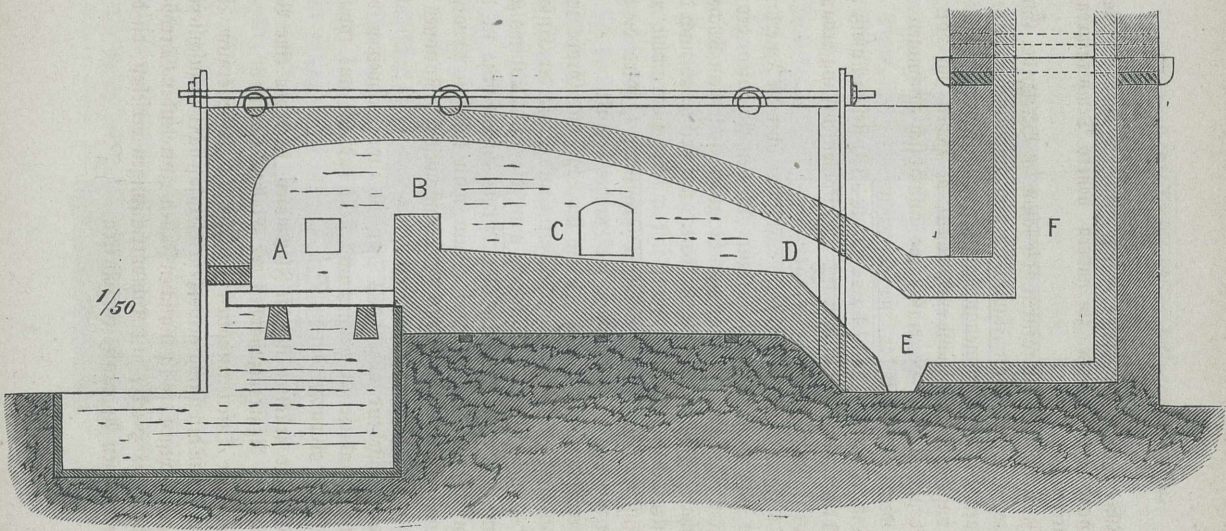


Fig. 173.

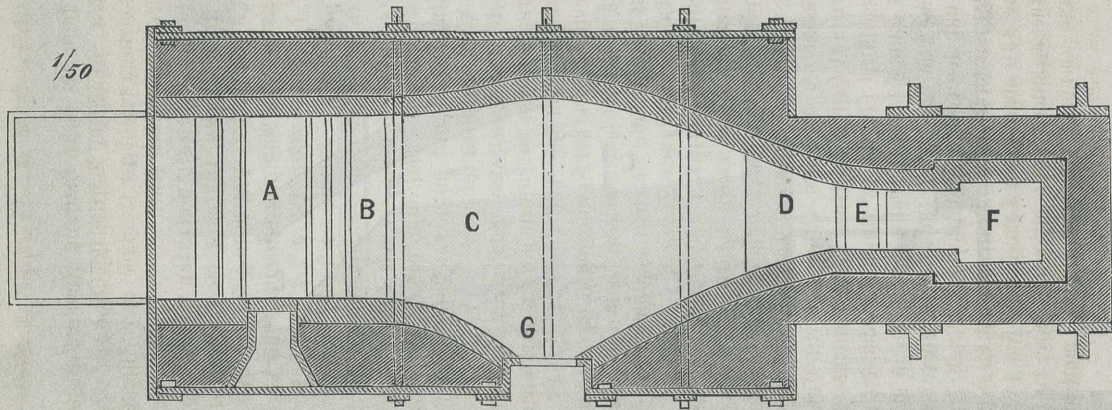


Fig. 174.

Man kann bei dieser Gattung Flammöfen zwei Gruppen unterscheiden, jenachdem Reactionschmelzungen, Schmelzungen unter Einwirkung besonderer Einflüsse oder einfache Umschmelzungen ausgeführt werden sollen.

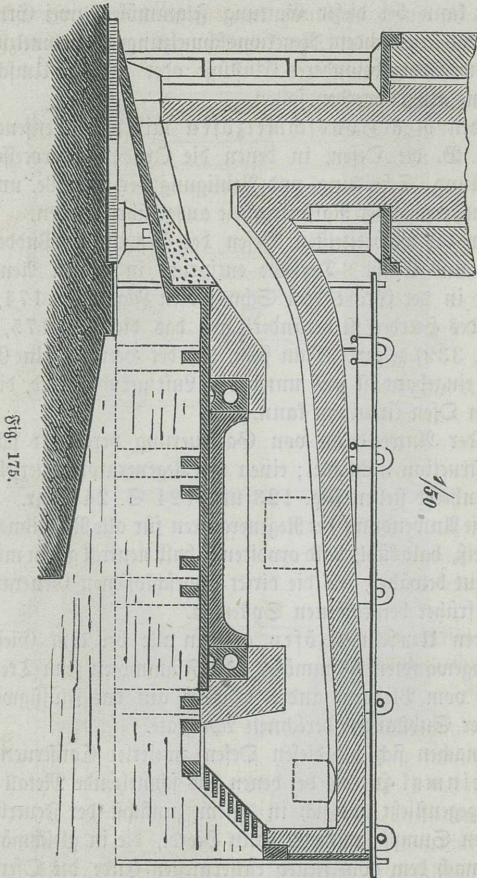
Zu den Reactionschmelzöfen mit Flammenfeuerung gehören z. B. die Defen, in denen die Oxydationsprocesse zur Umwandlung, Scheidung und Reinigung der Metalle, und die Reductionsprocesse der Raffinirarbeit ausgeführt werden.

Einer der verbreitetsten Defen der Art ist der Buddelofen für Eisen und Stahl. Derselbe entspricht in seinem Aeußeren und auch in der Größe dem Schweißofen Fig. 173, 174, nur der Bau des Heerdes ist verändert wie das die Fig. 175, 176 (S. 338, 339) zeigen. Man sieht, daß der Heerd in eine Eisengarnitur eingebaut ist und unten von Luft gekühlt wird, die frei unter dem Ofen circuliren kann.

Bei der Anwendung von Gasfeuerung verändert sich die Heerdconstruction nicht viel; einen mit Regeneratoren versehenen Buddelofenheerd stellen Fig. 123 und 124 S. 247 dar. Doch hat sich die Anwendung der Regeneratoren für alle Reactionsöfen, die bald heiß, bald kühl, bald oxydirend, bald neutral gehen müssen, nicht so gut bewährt, als die direct angeschlossenen Generatoren nach den früher besprochenen Systemen.

Zu den Umschmelzöfen gehören alle bei dem Gießereibetrieb angewandten Flammöfen, die Flammöfen zum Trennen des Zinks vom Blei und andere lediglich auf das Flüssigwerden metallischer Substanzen berechnete Apparate.

Es machen sich bei diesen Defen zweierlei Constructionsarten geltend, einmal Heerde, bei denen das schmelzende Metall dem Feuer entgegenfließt und sich in einem zunächst der Feuerbrücke disponirten Sumpf sammelt; dann Heerde, die in gleichmäßiger Neigung nach dem vom Feuer entferntesten Ende des Ofens zu sich senken und wo das in Fluß gerathene Metall dieselbe Richtung verfolgt wie die Flamme. Denkt man sich die Heerdfläche des S. 335 und 336 abgebildeten Schweißofens Fig. 173, 174 bis unter die Esse verlängert, und mit einem durch die Stirnfläche der Essenwand gehenden Stich versehen, so hat man ungefähr die



Bauart der Gußflammöfen mit gestrecktem Heerd. Die Fig. 177, 178 (S. 340, 341) dagegen stellen Durchschnitt und Aufsicht eines Flammofens ersterwähnter Bauart dar, dessen Sohle durch die hindurch geführten Rauchgase noch besonders erhitzt

werden kann, eine Einrichtung, die namentlich bei feuchtem Grund verwerthet werden kann. Das Schmelzmaterial wird auf der Fläche A (Fig. 177) aufgestapelt, rinnt geschmolzen nach der Grube B, deſſen Sohle von der Flamme ſtark vorgeheizt worden iſt, und wird auf der einen Seite, bei C (Fig. 178) abgeſtochen, während die Beſetzung durch die Thür D (Fig. 178) und das Schüren durch E (Fig. 178) geſchieht. Bei großen Einſäzen baut man auch wohl eine Kammer A über der Einſatzfläche, wie der Flammofen Fig. 179 (S. 342) zeigt, der für den Guß riesenhafter Kanonen conſtruirt iſt.

367. Gibt es noch andere Conſtructionen von Flammöfen?

Eine beſondere Gruppe von Flammöfen bilden die beweglichen Deſen, die man in neuereſter Zeit zu der Durchführung mechaniſcher Drydationsproceſſe benutzt hat, und welche, außer einem feſten die Feuerung einerſeits und den Abzug andererſeits enthaltenden Theil — einen beweglichen um eine Aze rotirenden oder einen oſcillirenden Heerd

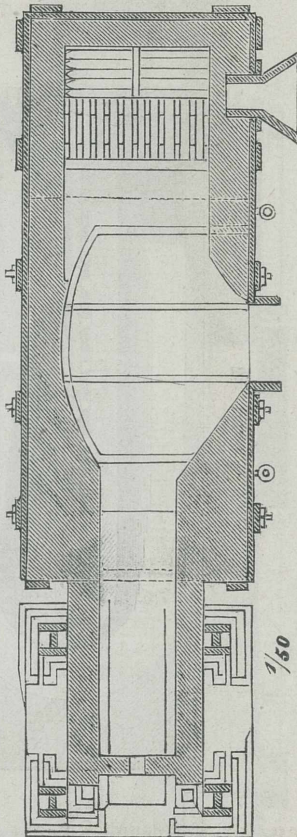


Fig. 176.

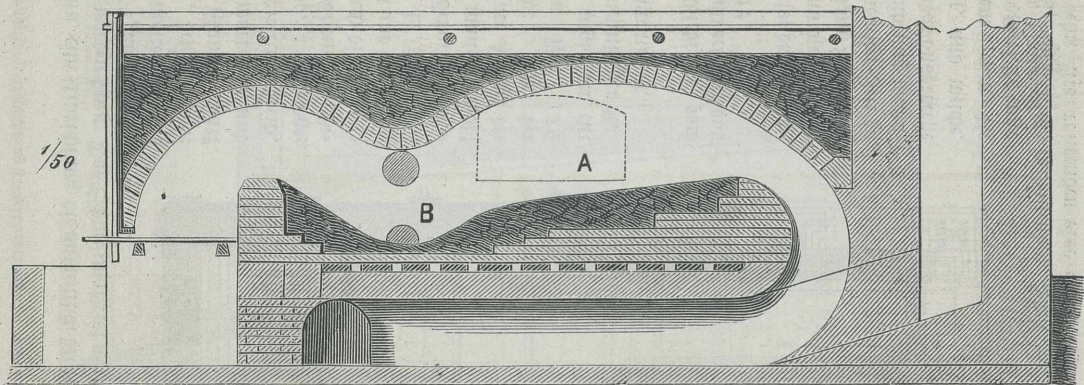


Fig. 177.

enthalten. Sie ſind verſchieden groß, je nachdem der Drydationsproceß ohne Veränderung des Aggregatzuſtandes oder unter Schmelzung der Einſätze verläuft. Bloße Röſtöfen, wie ſie beſonders im Kupferhüttenproceß angewandt werden, haben in der Regel größere Heerdflächen, als die zum Eiſen- oder Stahlfrühen gebrauchten Schmelzöfen. Die Rotationsaxe iſt für Röſtöfen vertical, die Heerdfläche horizontal; bei Schmelzöfen iſt neben derſelben Anordnung der Bewegung auch noch die Rotation einer Heerdmulde um eine ſchrägſtehende Axe und die Bewegung einer cylindriſchen oder ſpindelſörmigen Heerdfläche um eine horizontale Axe verſucht worden.

Fig. 180 ſtellt den Längſchnitt eines Puddeſofens mit verticaler Heerdaxe dar, wie er von von Ehrenwerth

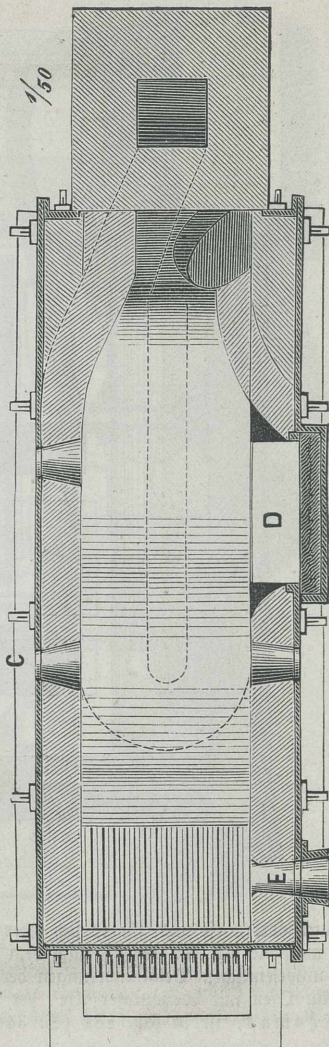


Fig. 178.

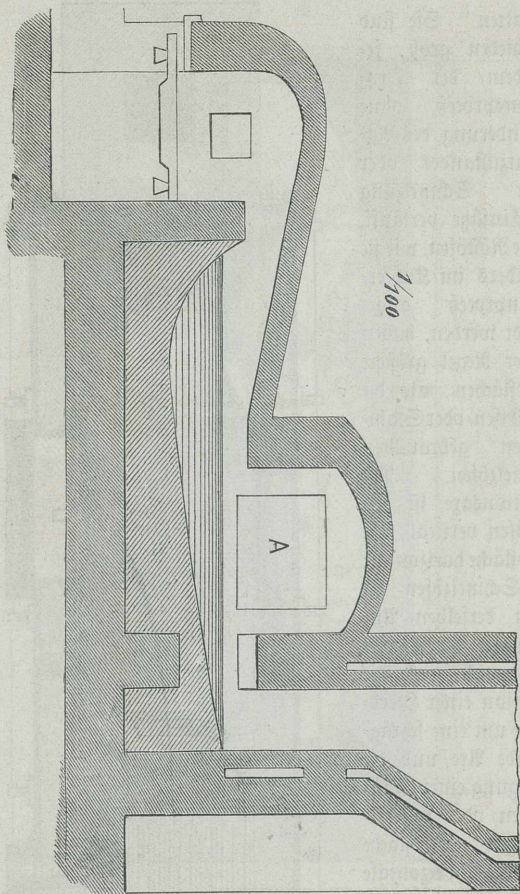


Fig. 179.

construirt worden ist und wie er sich jeder Feuerung anschließen läßt. Neigt man die Ase um ca. 7° nach dem Beschauer zu, so entsteht unter unwesentlichen Detailänderungen der Puddelofen von Pernot.

Ein Ofen mit horizontaler Ase, der Puddelofen von Howson und Thomas, ist in Fig. 181 (S. 344) dargestellt und zeigt die

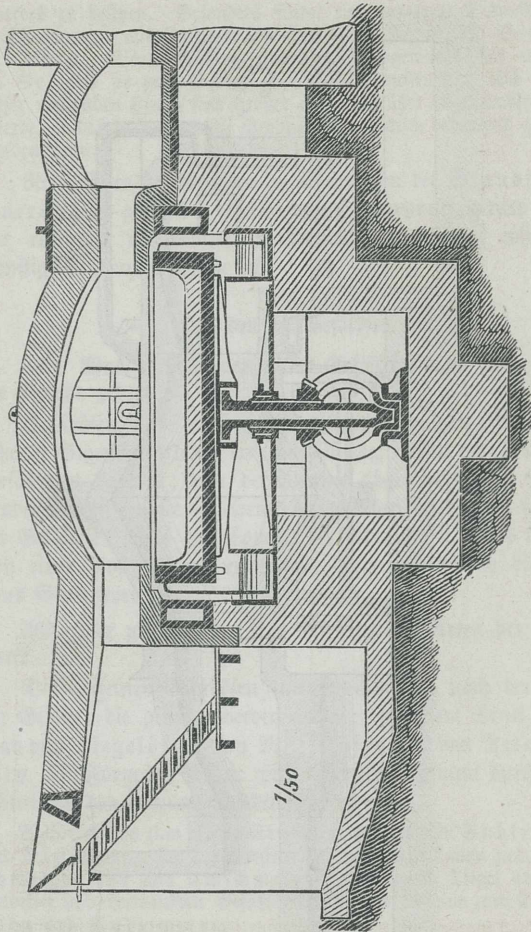


Fig. 180.

einfachste Anordnung derartiger Apparate; andere rotirende Cylinderherde sind mit Gasheizungen combinirt und zeigen die Eigenthümlichkeit, den Abzug neben dem Feuerloch auf derselben Seite des

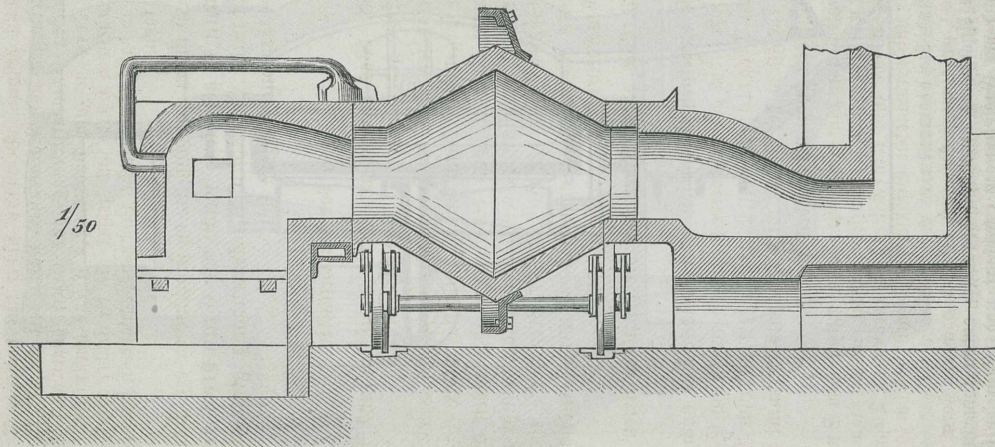


Fig. 181.

Heerdes zu beſitzen. Beſonders findet eine derartige Diſpoſition bei Gaſſfeuerungen mit Regeneration ſtatt, wie ſie C. W. Siemens zur directen Eiſendarſtellung aus Erzen angewandt hat und wie C. Sellers ſie zum Puddeln des Eiſens conſtruirte. Die meiſten dieſer rotirenden Heerde ſind größer als die früher angewandten feſten Heerde, ſo daß das einmalige Productionſquantum bedeutend geſteigert werden kann.

Noch iſt im Anſchluß an die Flammöfen der Staubſtrom-
feuerung zu gedenken, welche von Crampton gerade ſpeciell für rotirende Puddelöfen in Anwendung gebracht wird und günſtige Ergebniſſe liefern ſoll.

27) Von den Gefäßöfen.

368. Was verſteht man unter Gefäßöfen und wie werden die Gefäße geheizt?

Gefäßöfen ſind die Heizungsanlagen, bei denen der zu er-
hitzende Gegenſtand durch eine Umhüllung, welche eine beſtimmte Gefäßform darſtellt, von der Wärme abgebenden oder Wärme producirenden Subſtanz getrennt wird. Man benützt zur Heizung der Gefäßöfen theils den Contact der Brennſtoffe, theils nur die von einer Koſtfeuerung entwickelte Flamme, endlich die Gaſe eines Generators.

369. Wie unterſcheidet man die einzelnen Arten der Gefäß-
öfen?

Die einzelnen Gefäßöfen unterſcheiden ſich nach der Form der Gefäße, die geheizt werden ſollen; in dieſem Sinn ſpricht man von Tiegelöfen, von Muffelöfen und von Retorten-
öfen. Die Form der Gefäße wird ihrerſeits beſtimmt durch Rückſichten auf den vorzunehmenden Proceß.

Während man zum bloßen Erhitzen, ſeltener zum Sublimiren und Deſtilliren ſich der Muffeln bedient, wendet man zum Aufſchmelzen wie zum Umſchmelzen vorwiegend Tiegel an. Die Retorten und verwandten Gefäßformen dienen lediglich zum Deſtilliren und Sublimiren.

Die Ofenräume richten ſich inſofern nach der Form und Größe der Gefäße, als ſie Umhüllungen dieſer Gefäße darſtellen ſollen, zwiſchen denen und den Gefäßwänden das Feuer liegt oder die Flamme circulirt. Sollen mehrere Gefäße in einem Ofen erhitzt

werden, so stehen sie so nah an einander, als die Ofenwände von den Gefäßwänden entfernt sind, und die Ofenwand umgiebt die ganze Gefäßgruppe.

370. Welche Arten von Gefäßöfen sind als Typen zu erwähnen?

Außer den in Fig. 26 bis 29 dargestellten Probiröfen, die unter die Classe der Gefäßöfen zu rechnen sind, erscheinen als Typen der Gefäßöfen der gewöhnliche Windofen, wie ihn die Gelbgießer zum Ziegelschmelzen benutzen, der Gußstahlziegelofen mit Regenerativsystem, die Muffelröstöfen zur Gewinnung einer rauchfreien schwefligen Säure, die Muffel- und die Retortenöfen für die Zinkfabrikation, endlich die Ofen mit eisernen Muffeln zum Wärmen des Zinks bei der Zinkblechfabrikation.

Der gewöhnliche Windofen unterscheidet sich in Nichts von dem in Fig. 28 gegebenen Windofen zum Probiren; lediglich die Dimensionen variiren nach der Größe und Zahl der einzusetzenden Tiegel, welche bei den älteren Ofen zum Gußstahlschmelzen die Zahl 4 selten übertrafen. Zur leichteren Handhabung legte man diese Windöfen so tief, daß die obere Mündung in die Hüttensohle fiel, und ließ die Aschenfalle zu beiden Seiten weiter gewölbter Gänge ausmünden, um von unten her den Gang des Feuers controliren zu können.

Der Ziegelgasofen, wie er zum Gußstahlschmelzen vorwiegend gebraucht wird, ist in Fig. 182 (S. 347) dargestellt. A ist ein langer Schmelzraum, in dem die Tiegel paarweise zusammen stehen; dieser Schmelzraum ist mit Deckelstücken B abgedeckt, die eine theilweise Oeffnung des Ofens gestatten, ohne die Arbeiter sehr stark zu belästigen. An den Breitseiten befinden sich die Einnündungen der Regeneratorenzüge, es sind jederseits neun Züge, in deren vordersten Theil C die Mischung von Gas und Luft, sowie die Verbrennung bereits begonnen hat. Der Ausbau der Regeneratoren ist derselbe, wie bei anderen Regenerativfeuerungen.

Die Muffelröstöfen zur Gewinnung einer rauchfreien schwefligen Säure unterscheiden sich von dem Rostflammosen Fig. 168 nur dadurch, daß die Ofensohle hohl ist und die Feuer gas unter derselben durchgeführt werden, so daß die schweflige

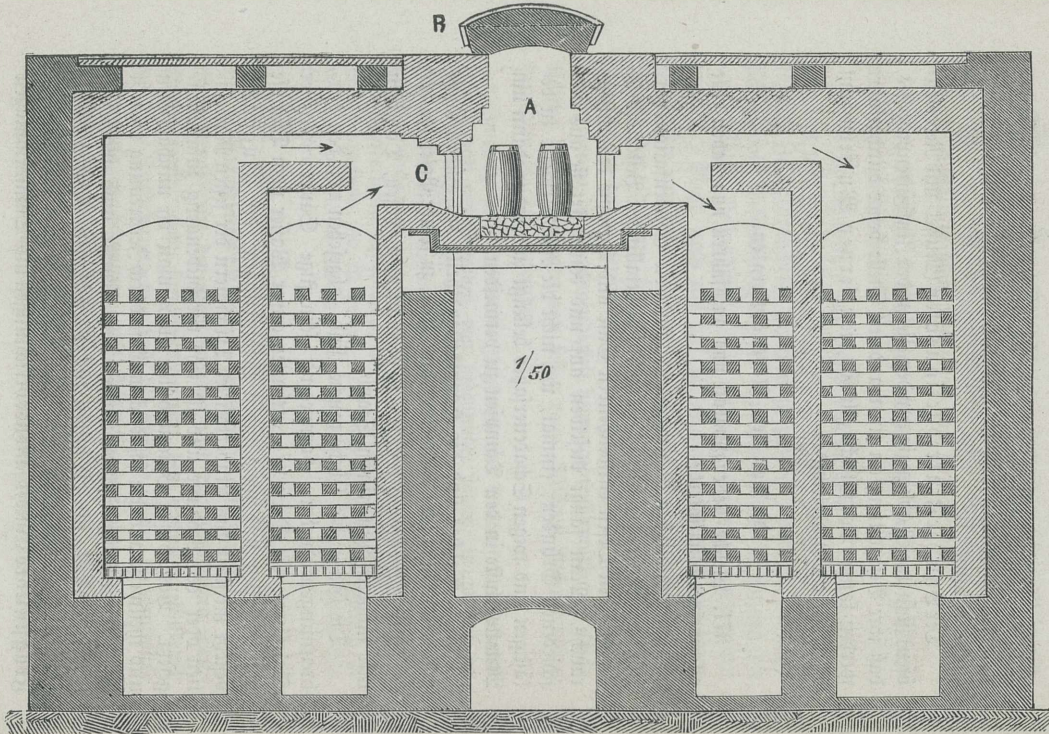


Fig. 182.

Säure in dem eigentlichen Ofenraum, verdünnt durch den Stickstoff der benutzten atmosphärischen Luft, nicht mit jenen zusammenkommen kann.

Der Bau der Zinkreductionsöfen (Muffel- und Retortenöfen) ist so speciell abhängig von den Zielen des Zinkhüttenprocesses, daß ihre Betrachtung an einer anderen Stelle besser durchgeführt werden kann. Das Gleiche gilt für die eisernen Muffeln zum Wärmen der Zinkbleche.

b) Von den Nebenapparaten.

371. Welche Nebenapparate sind anzuführen und haben eine allgemeine Wichtigkeit?

Die wichtigsten Nebenapparate sind die Condensationsvorrichtungen für die festen, namentlich metallischen Bestandtheile der aus den Oefen entweichenden Gase und Dämpfe des Hüttenrauchs. Man fängt dieselben auf und condensirt sie aus verschiedenen Gründen; einmal, um nicht die Nachbarschaft zu belästigen und wegen Schadenersatzes belangt zu werden, dann um Metallverluste in den Dämpfen zu vermeiden.

372. Welches sind die Hauptbestandtheile des Hüttenrauchs und welches sind im Allgemeinen die Mittel zu seiner Beseitigung?

Der Hüttenrauch besteht aus permanenten Gasen, Dämpfen und mitgerissenem feinem Staub.

Die Gase des Hüttenrauchs sind, abgesehen von den Verbrennungsproducten, vorwiegend schweflige Säure, seltener Salzsäure; die Dämpfe enthalten außer Wasser noch Dämpfe von Metallen und metallischen Verbindungen; der Flugstaub besteht meistens aus feinvertheilten Trümmern der festen Materialien oder der Producte und ist sehr verschiedenartig zusammengesetzt. Von diesen Bestandtheilen sucht man die unschädlichen und theilweise auch die schädlichen Gase durch Zerstreuung mittelst hoher Essen unschädlich zu machen und benutzt auch wohl Absorptionsmittel, um die beiden zuletzt erwähnten Säuren zu beseitigen; man wendet zur Gewinnung der Dämpfe wie auch des Flugstaubes Condensationsvorrichtungen und Sammelanlagen

an. Die letztgenannten Einrichtungen ſind ſchon alt im Gebrauch und noch immer ziemlich einfach, während Abſorptionsapparate und Eſſen complicirte und koſtſpielige Apparate genannt werden müſſen.

373. Welchen Bedingungen müſſen die Condensationsvorrichtungen entſprechen?

Die Vorrichtungen zur Condensation müſſen ſo ausgedehnt angelegt und gebaut ſein, daß die Gaſe der Hauptapparate eine längere Zeit gebrauchen, dieſelben zu paſſiren; dadurch ermäßigt ſich ſowohl Geſchwindigkeit als Temperatur und es können die condensiblen Beſtandtheile mit größerer Sicherheit gewonnen werden. Mehr noch als auf die zu verminderte Temperatur iſt auf die ermäßigte Geſchwindigkeit Gewicht zu legen, da ſich gezeigt hat, daß an ſolchen Stellen der Condensationsvorrichtungen, wo durch Veränderung der Stromrichtung eine plötzliche Veränderung der Geſchwindigkeit hervorgebracht wird, die reichlichſten Anſammlungen von feſten resp. flüſſigen Beſtandtheilen der Dſengäſe ſich vorfinden.

In Folge deſſen bilden die Flugſtaub- oder Condensationsſammelräume meiſt ein Canalnetz von bedeutender Länge, in welches die Züge der verſchiedenen Deſen münden; da die Zugverhältniſſe der Deſen unter dieſer Entwicklung der Abzüge ſehr ſchlecht werden, muß an das Ende der ganzen Condensationsvorrichtung eine Eſſe von dem erforderlichen Effect angeſchloſſen werden. Zieht auch dieſe Eſſe nicht hinreichend, ſo iſt ſie mit einer beſonderen Heizvorrichtung zu verſehen, um ſie zu erwärmen und dadurch den nöthigen Luftwechſel hervorzubringen.

374. Wie ſind Abſorptionsanlagen zu machen?

Abſorptionsanlagen verlangen eine möglichſt große Berührungsfläche der abſorbirenden und der abſorbirten Subſtanz, ferner eine ſtete Erneuerung der erſteren. Dadurch wird die Ausdehnung wie auch der Betrieb ſolcher Abſorptionsvorrichtungen bedeutend und koſtſpielig. Wenn nun hinzukommt, daß die Wirksamkeit trotz aller Mühe oft beſchränkt, die gewonnenen Producte aber ungleich in der Concentration und von geringem Werthe ſind — ſo iſt Veranlaſſung genug da,

nach anderen Mitteln zu suchen, um die Säuren des Hüttenrauchs unschädlich zu machen.

Man hat früher vorgeschlagen und auch versuchsweise durchgeführt: die Lösung der sauren Gase in Wasser, welches regenartig niederrieselnd den Gasstrom durchkreuzt, oder die Absorption durch Sodalösung und Kalkmilch zu bewirken. Die erste Methode verlangte bedeutende Wassermassen, da heiße Gase schwerer löslich sind als kalte, die anderen Methoden sind kostspielig und in allen Fällen weiß man selten etwas mit dem Producte des Absorptionsprocesses anzufangen.

375. Gibt es noch andere Wege, die gasförmigen Säuren des Hüttenrauchs unschädlich zu machen?

Die gasförmigen Säuren des Hüttenrauchs, in erster Linie die schweflige Säure, können auch dadurch beseitigt werden, daß man sie zerlegt oder in einen chemischen Proceß einführt, der nutzbare Producte giebt.

Die schweflige Säure z. B. kann durch Contact mit glühendem Kohlenstoff zu Schwefel reducirt werden, doch bildet sich hierbei leicht Schwefelkohlenstoff, der eben so lästig ist wie die schweflige Säure; außerdem ist der Proceß wegen des Wärmearaufwands kostspielig.

Dann läßt sich die schweflige Säure zur Bitriolbildung aus geeigneten Materialien, armen Kupfererzen, Alaunschiefer zc. benutzen; läßt man die Gase von Röstöfen z. B., wie es an einigen Orten in Belgien gemacht wird, durch Hauswerke von Alaunschiefern streichen, so bildet sich Thonerdesulfat, das später ausgelaugt wird.

Wo die bezüglichlichen vitriolbildenden Materialien fehlen und wo gleichzeitig bedeutende Massen von schwefliger Säure entwickelt werden, läßt sich die Schwefelsäurefabrikation in Bleikammersystemen betreiben, deren richtige Leitung eine erhebliche Emanation schädlicher Dämpfe unmöglich macht. So kann eine Zinkhütte, welche auf 8 Röstöfen Blende von 30/00 Schwefelgehalt röstet, ganz wohl ein Kammerssystem von 8000—8500 Kubikmeter und eine Tagesproduction von 16,000 bis 17,000 Kilo mit der nöthigen schwefligen Säure versorgen.

Zweites Kapitel.

Von den Apparaten zur Ausführung der Hüttenprocesse auf nassem Wege.

376. Welche Arten von Apparaten sind hierbei zu unterscheiden?

Bei der Ausführung des nassen Wegs benützt man zunächst: Auslauge-, dann Concentrations- und endlich Fällungsapparate, deren Bau oft sehr primitiv und einfach, oft aber auch sehr sinnreich und complicirt ist, jenachdem die Dekonomie des Processes eine solche Aufwendung von Kosten gestattet oder nicht.

377. Welchen Bedingungen haben die Auslaugevorrichtungen nach Material und Disposition zu genügen?

Das Material darf von den Laugen auch im concentrirten Zustand gar nicht oder nur sehr wenig angegriffen werden und falls ein Angriff der Wände nicht zu vermeiden ist, darf doch keine nachtheilige Verunreinigung der Laugen aus solcher Corrosion hervorgehen.

Als Material wendet man Holz, Metall und Stein an. Das in der Anwendung bequemere Holz ist indeß wenig widerstandsfähig und muß in bedeutender Wandstärke gebraucht werden, wenn das Gefäß längere Zeit halten soll. Oft überzieht man das Holz mit Anstrichen, Metallbeschlägen, um es längere Zeit benutzen zu können. Metallische Gefäße sind meist aus Gußeisen oder Schmiedeeisen gefertigt und oft mit schützenden Ueberzügen, Emaillen, Cementschichten zc. versehen; sie eignen sich besonders zu den beweglichen Auslaugevorrichtungen z. B. den Amalgamirmühlen, wo das Metall der Reservoirs selbst auf den Proceß einwirkt. Steinerne Gefäße, aus Cement, Granitplatten zc., sind nur für schwächere Laugen und einen sehr umfangreichen Betrieb geeignet.

Die Disposition muß den früher (Fr. 344, S. 314) formulirten Anforderungen genügen, eine bequeme und wo möglich selbstthätige Bewegung der Laugen zulassen und auch die Ausschaltung einzelner Reservoirs aus der Reihe gestatten. (Die Details der Constructionen sind bei der speciellen Hütten-

kunde zu besprechen, da sie von der Natur des einzelnen Processes zu sehr abhängen.)

Gewöhnlich disponirt man die Reihe der Auslaugungsgefäße staffelartig nebeneinander und läßt die Lauge aus dem höheren nach dem nächst niedern Gefäß entweder durch Ueberlaufen oder durch regulirbare Heberverbindung treten. Eigenthümliche Auslaugungsprozesse, die sich auf Hauswerke zersetzter Materialien z. B. Alaun-schiefer richten, arbeiten mit Canalsystemen, durch welche das Lösungsmittel in das Hauswerk dringt, sich dort vertheilt, während die Resultate der Auslaugung sich in einem anderen Canalsystem sammeln und zum Theil auch abcheiden. (Solche Ausnahmen von der gewöhnlichen Regel sind stets durch locale Verhältnisse bedingt.)

378. Was ist in Betreff der Concentrationsapparate zu bemerken?

Die Concentrationsapparate sind entweder offene Bassins von verschieden großer Ausdehnung, in denen der Anreicherungsproceß der Laugen durch die Einwirkung der Luft auf die Wasserverdampfung geschieht, oder beseuerte Pfannen in der Art der beim Salinenbetrieb verwendeten.

Für die Concentration sehr schwacher Laugen, wie sie bei der Bitriolisation und Berieselung mancher Erze sich bilden, ist die Anlage freier und offener Bassins von Vortheil, sobald die Terrainbeschaffenheit ein hinreichendes Gefälle und der Terrainwerth die Benutzung einer größeren Fläche gestatten. Bei der rasch auszuführenden Concentration von werthvolleren und gehaltreicheren Laugen und dem Vorhandensein billiger Brennstoffe ist eine Pfannenanlage vorzuziehen. In den meisten Fällen beider Methoden concentrirt man doch nur bis zu dem der Fällung günstigsten Grade.

Das Material der freien Bassins ist am besten Cement oder Cementmauerwerk, während die Siedepfannen am besten von Eisen gefertigt werden. Fürchtet man eine zu starke Corrosion und eine Verunreinigung der Laugen, so kann man auch in Holzgefäßen mittelst Dampfschlangen concentriren.

379. Wie sind die Fällungsapparate eingerichtet?

Die Fällungsapparate sind (abgesehen von den Amalgamirapparaten, in denen ja Extraction und Fällung in gewissem Sinne sich vereinen) meist Gefäße mit Doppelböden, von denen der obere, durchlöchernte das Fällungsmittel trägt, während die Lauge zwischen beiden Böden austritt. Die Aufschichtung des

Fällungsmittels geschieht nicht direct auf dem durchlöcherten Boden, sondern auf einem Filter, das aus Holzspänen, Reifig, Steinbrocken u. zusammengestellt und meist beweglich ist, um das niedergeschlagene Metallmehl loszuschütteln zu können.

380. Sind noch andere auf den nassen Weg sich beziehende Apparate anzuführen?

Zur Ausführung der Processe auf nassem Wege gehören noch Pressen, um das Metallhaufwerk, z. B. das Cementsilber, in Kuchen von zusammenhängender Beschaffenheit zu verwandeln, die sich durch Glüh- und andere Raffinirprocesse behandeln lassen, ohne Metallverluste zu geben.

Drittes Kapitel.

Von den Apparaten zur Ausführung der mechanischen Hüttenprocesse.

381. Welche Gruppen von Apparaten sind hier zu unterscheiden?

Wie schon oben (S. 319) angedeutet, gehören zur Ausführung der mechanischen Hüttenprocesse zunächst die zur Zug-erzeugung und zur Luftcompression angewandten Essen und Gebläse, die zur Erhizung der Gebläseluft benutzten Wind-wärmungsapparate, die Apparate zur Bedienung der Defen, die Aufzüge verschiedenster Construction, endlich die mechanischen Hülfsmittel zum Bearbeiten der fertigen Metalle. Es ergeben sich daher folgende Unterabtheilungen:

- a) Zugerzeuger,
- b) Winderwärmungsapparate,
- c) Aufzüge und Transportmittel,
- d) Bearbeitungsapparate.

a) Von den Zugerzeugern.

382. Wie wird das vorliegende Material zu classificiren sein?

Da die meisten Ofen und Feuerungsanlagen eine schwankende Summe von Widerständen bezüglich des Durchgangs der verbrannten Gase aufweisen, müssen sie mit Einrichtungen versehen werden, welche den Durchgang der Gase befördern und den Zutritt der Luft zu dem Verbrennungsheerd erleichtern.

Diese Einrichtungen sind theils saugende, theils blasende; entweder saugen sie die aus dem Ofen sich entwickelnden heißen Gase auf und befördern sie mit einer gewissen Geschwindigkeit, welche von der Bauart der Vorrichtung abhängig ist, in das Freie, oder sie drücken comprimirte Luft in die Verbrennungszone des Ofens und veranlassen in beiden Fällen, hier direct, dort indirect, eine regelmäßige und beliebig zu verändernde Erneuerung der Verbrennungsluft an ihrem Eintritt in den Ofen. Man kann mithin unterscheiden:

saugende Vorrichtungen, Zug zu erzeugen,
blasende Vorrichtungen, Zug zu erzeugen.

Zu den erstgenannten gehören die Essen und die Exhaustoren, zu den anderen die sämtlichen Gebläse, so daß zwei Abtheilungen entstehen:

αα) Essen und Exhaustoren,
ββ) Gebläse.

αα) Von den Essen und Exhaustoren.

383. Welche Bedingungen hat eine Esse zu erfüllen?

Eine Esse hat die aus dem bezüglichen Heizapparat (Ofen, Dampfkessel zc.) tretenden heißen Gase mit solcher Geschwindigkeit zu befördern, daß der Verbrennungsproceß auf dem Roost des Heizapparats mit der erfahrungsmäßig größten Geschwindigkeit vor sich geht und daß der Apparat das Maximum der Leistungsfähigkeit entwickeln kann.

Außer diesen auf die Rolle der Essen sich beziehenden Anforderungen muß die Esse auch noch bestimmten Bedingungen der Stabilität und der haultichen Ausführung genügen. Wegen der relativ sehr

bedeutenden Höhe müssen sich die Essen kegelförmig resp. pyramidal aufbauen, ihr Horizontalquerschnitt ist am besten kreisrund zu machen, um den Stürmen sicherer zu widerstehen, und die Materialien, Steine wie auch Bindemittel, müssen eine gewisse Festigkeit gegen Zerreißen und Zerdrücken besitzen. Der Reibung wegen müssen die Innenflächen der Essen glatt sein und entweder verpußt oder sorgsam gefugt werden.

384. Welche Relation ergibt sich aus der theoretischen Betrachtung des Essenzuges zwischen den Essendimensionen, der Essentemperatur und der durchgesaugten Luftquantität?

Die theoretische Betrachtung des Essenzuges ergibt, daß bei unverändertem freiem Essenquerschnitt die durchgesaugte Luftmenge zunächst direct proportional sei der Essenhöhe und in weiterem Sinn abhängig von der Temperatur des Apparates.

Daraus folgt, daß von zwei Essen gleichen freien Querschnittes die höhere derselben ein größeres Luft- resp. Gasquantum durchsaugen wird und daß man also einer höheren Esse stets eine relativ größere Wirksamkeit wird zuschreiben können. Weiter geht aus dem Obengesagten hervor, daß von zwei gleichgroßen Essen (von gleicher Höhe und gleichem Querschnitt) die heißere besser saugen wird als die kühlere.

Diese allgemeinen Folgerungen modificiren sich bei näherer theoretischer Betrachtung dahin, daß die Steigerung des Essenzuges durch Steigerung der Höhe sowohl als der Temperatur nicht gleichmäßig fortschreiten, sondern daß diese Steigerung des Effects mit jedem Schritt kleiner wird.

Das gleichmäßige Wachsen der Höhe z. B. steigert den Zug in stetig abnehmenden Abständen, so daß kein praktisches Bedürfnis vorliegt, mit der Schornsteinhöhe über ein gewisses Maximum zu gehen, um so weniger, als die Reibung mit der Höhe des Apparates ebenfalls wächst. Gewöhnlich genügen 15—20 m und die äußerste Grenze für Zugamine ist eine Höhe von 30—50 m. Nur die Sammelkamine für giftigen Hüttenrauch machen eine Ausnahme, da sie oft riesenhafte Gasmenngen zu evacuiren haben oder dieselben in höher gelegene Schichten der Atmosphäre transportiren müssen.

Das gleichmäßige Wachsen der Temperatur ergibt zwar ein ebenso gleichmäßiges Wachsen der Zuggeschwindigkeit, aber, wegen der gleichzeitig eintretenden Volumvergrößerung der Luft, ein gleichmäßiges Zurückbleiben der durchgesaugten Luft- und Gasmasse.

Im Allgemeinen ist eine Temperatur von 300° der Entwicklung des Maximalzugs am Günstigsten, selbst eine Temperatur von 200°

genügt, da der Esseneffect alsdann dem Maximum schon recht nahe gerückt ist, und der Unterschied durch den um ca. $33,3/00$ geringeren Wärmeverlust des mit der Esse arbeitenden Apparates in den abziehenden Gasen reichlich aufgewogen wird.

385. Was ist bezüglich des freien Essenquerschnittes zu bemerken?

Der freie Essenquerschnitt, d. h. die Summe aller kleinen Raumquerschnitte, durch welche die Luft die am Fuß jeder Esse oder in einer bestimmten Beziehung dazu befindlichen Feuerungsanlagen passiren muß, und welcher in der vorigen Frage als nicht veränderlich angenommen wurde, ist dies im höchsten Maße, sobald man die wirklichen Verhältnisse beobachtet. Die Qualität der Brennstoffe ist es besonders, welche von großem Einfluß ist; demnächst ändert sich der freie Querschnitt auch nach der Höhe der Brennstoffschüttung auf dem Rost.

Magere, harte Stein- und Braunkohlen, Holz, agglomerirte Brennstoffe, Briquettes aller Art lassen viel Luft durch und es wird der freie Querschnitt ein bedeutender Bruchtheil des ganzen Essenquerschnittes. Das Gegentheil findet für alle Kleinkohlen, die technisch verwendeten Abfälle, sowie für die hackenden Brennstoffe statt.

Die Schüttung anlangend, die bekanntlich auch den Charakter der Verbrennung beeinflusst, zeigt sich eine niedere Schüttung dem Zuge günstiger als eine hohe, ganz abgesehen von dem höheren Effect der Verbrennung. Das Maximum der beiden Effecte tritt bei dem zulässigen Minimum der Beschüttung ein, welches dem mittleren Stükdurchmesser des Brennstoffes gleich zu setzen ist.

386. In welchem Verhältniß steht der freie zu dem totalen Querschnitt des Kamins?

Das Verhältniß beider ist durch eine complicirte Relation zwischen der einer gewissen Verbrennungsintensität entsprechenden Luftzuführung einerseits und der Abführung der entstandenen Verbrennungsproducte andererseits bestimmt, welche Relation aber im höchsten Grad veränderlich ist, weil die Verbrennungsintensität der einzelnen Feuerungen nie constant erhalten werden kann.

Je dichter das Brennmaterial liegt, um so mehr wird das Verhältniß von der gemachten Voraussetzung abweichen, so daß sich dasselbe sehr schwer im Voraus bestimmen läßt. Man wird indessen

nicht irren, wenn man, gegenüber den immerwährenden Anstrengungen in Verbesserung der Feuerungsanlagen, das Verhältniß kurzweg = 1 setzt, d. h. beide Querschnitte gleich annimmt; bei Windöfen für Cokes und Holzkohlen, bei Flammöfen für Stückkohlen z. B. kann man das ohne Bedenken.

387. Was ist über das Verhältniß: Höhe und Temperatur der Esse zur Zuggeschwindigkeit zu bemerken?

Die Höhe und Temperatur der Essen wirken selbstverständlich auf die Zuggeschwindigkeit in so fern, als eine Steigerung der Höhe und der Temperatur zu einem größeren Effect des Zugapparates führt. Es ist von Interesse für die Betrachtung der Zugerzeuger, Essen und Gebläse, sowie für den Werth derselben, zu constatiren, daß selbst unter den günstigsten, in der Praxis kaum zutreffenden Verhältnissen Geschwindigkeit und daraus abgeleitet die Spannung der Essengase weit hinter den Werthen zurückbleiben, welche die Gebläse liefern.

Gruner berechnet für Essen von:

	10 m	20 m	100 m Höhe
und Tempera- turen von			
50°	5,94 m	8,39 m	18,78 m
300°	10,13 "	14,49 "	32,03 "
1000°	12,41 "	17,54 "	39,25 "

Zuggeschwindigkeit.

Daraus resultiren folgende Spannungen in Millimeter Quecksilber:
bei 10 m 20 m 100 m Höhe

	10 m	20 m	100 m Höhe
und Tempera- turen von			
50°	0,15 mm	0,30 mm	0,50 mm
300°	0,50 "	1,00 "	5,00 "
1000°	0,75 "	1,50 "	7,50 "

Ein Gebläse ergiebt schon bei dem niedrigsten Druck, der überhaupt eintreten kann und in den Windberechnungstabellen figurirt, und unter der Annahme sehr enger Ausflußquerschnitte über 41 m Geschwindigkeit, welche bei regelmäßigem, wenn auch langsamem Gang leicht auf 100 m wachsen.

388. Welche Consequenzen entspringen hieraus für den Hüttenbetrieb?

Es folgt aus der vorstehenden Darlegung, daß Schachtöfen nur dann durch eigene Saugarbeit sich ihre Verbrennungsluft

beschaffen können, wenn die Spannung derselben nicht über ein gewisses Maß zu steigen braucht.

Das ist nur bei solchen Apparaten der Fall, wo entweder die Widerstände in der Schmelzfäule auf ein Minimum reducirt sind oder wo die Luftgeschwindigkeit überhaupt eine sehr geringe sein kann. Röst- und Brennöfen für Erze und andere Mineralien können durch eigene Luftsaugung in Betrieb gehalten werden; Schmelzöfen dagegen bedürfen stets der durch Gebläse comprimirtcn Luft, da sie große Widerstände bei relativ geringer (nicht über 26 m reichender) Höhe haben und eines sehr kräftigen Luftzuges benöthigen.

389. Aus welchen Momenten entsteht die Reibung in den Essen?

Die Reibung in einer Esse, d. h. der Unterschied der Druckhöhe am Eingang und der Druckhöhe am Ausgang entsteht durch die Adhäsion der durchgehenden Flüssigkeiten an den Innenwänden und ist proportional der Größe dieser Wände einerseits, und dem Quadrat der mittleren Geschwindigkeit des Durchgangs.

Daraus ergibt sich weiter die umgekehrte Proportionalität zwischen der Größe der Reibung und dem Querschnitt der Esse, so daß eine enge Esse eine größere, eine weite Esse eine geringere Reibung der Gase an den Wänden verursacht. Außerdem modificirt ein durch Versuche zu ermittelnder Coëfficient, je nach der materiellen Beschaffenheit der Innenflächen, die erwähnten Verhältnisse zu den Dimensionen und dem Effect der Esse.

390. Welchen Einfluß haben im Allgemeinen die Essenzlänge und die Temperatur der Esse auf die Reibung?

Aus weiteren Untersuchungen über die Reibung in den Essen ergibt sich, daß die Reibungseffecte mit der Länge der Esse wachsen, und daß in Folge davon die Bewegung der Gase in der Esse mit der zunehmenden Länge, besonders aber mit dem abnehmenden Durchmesser kleiner wird.

Dagegen ist das Bewegungsverhältniß nicht abhängig von der Temperatur; das Zugmaximum wird trotz Veränderungen der Dimensionen stets bei 300° stehen bleiben.

391. Welche praktische Consequenzen für den Bau der Essen folgen hieraus?

Um gut arbeitende Essen zu haben, muß man stets für eine der Höhe entsprechende Weite sorgen und muß die Innenfläche der Esse möglichst glatt ausführen, was durch genaue Mauerarbeit, Ausfugen und vielleicht noch durch Verputzen mit hartem sich gut glättenden Ueberzuge geschehen kann.

392. Was versteht man unter Sammel- oder Saugessen?

Sammel- oder Saugessen nennt man Apparate, welche bestimmt sind, nicht allein eine einzige Feuerungsanlage, sondern eine größere Zahl derselben im Betrieb zu unterstützen. Häufig sind solche Essen auch bestimmt, schädliche Gase, z. B. solche, die vom Rösten und Verschmelzen schwefelhaltiger Erze herrühren, zu sammeln und in größerer Höhe (über 100 m) in der Atmosphäre zu zerstreuen.

Bei der Anlage und dem Betrieb solcher Essen ist zunächst zu ermitteln, ob sie von den einströmenden Gasen hinreichend erwärmt werden, um in die wünschenswerthe Betriebsintensität zu gelangen. Ist das nicht der Fall, müssen die Essen auch zur Ventilation nicht erwärmter Räume (die mit schädlichen Gasen angefüllt sind) benutzt werden, oder kühlen sich die Feuergase auf ihrem Weg zu der in der Regel etwas entfernt von den Defen aufzustellenden Esse zu sehr ab, so müssen besondere Feuerungen angelegt werden, um die Esse zu heizen.

Bei der Bereinigung dieser Feuerungen mit der Esse ist zu beachten, daß die heizenden Gase in einen der Axe der Esse parallelen Canal eingeführt werden müssen, um alle Stöße und Effectverluste zu vermeiden. Alle Ofenfüchse müssen durch Register absperrbar sein.

Die Dimensionen solcher Sammelessen sind so zu nehmen, daß die Geschwindigkeit der durchziehenden elastischen Flüssigkeiten 3—4 m nicht zu übersteigen braucht. Das aus der genauen Ausmittlung der Betriebsverhältnisse (unter Zuhülfenahme von Gasanalysen) hervorgegangene Gasvolum wird für eine Temperatur von ca. 300° bestimmt und dann Höhe und Weite der Esse berechnet.

Sammelessen für metallurgische Heizanlagen übersteigen in der Höhe selten 100 m, wogegen Sammelessen für giftigen Hüttenrauch und für die Dämpfe chemischer Fabriken bis zu 150 m Höhe erbaut worden sind. Die Mündungsweite kann dann immer noch 3—5 m betragen, wogegen die Weite am Fuß durch die statischen Bedingungen ausreichender Stabilität gegeben ist.

393. Was versteht man unter Exhaustoren?

Unter Exhaustoren versteht man vorwiegend maschinelle Vorrichtungen, welche die Feuergase einer Heizungsanlage oder die schädlichen Gase eines benutzten Raumes auffangen und in das Freie blasen.

Sie sind nach denselben Principien construirt wie die Gebläse, nur brauchen sie keine so bedeutenden Widerstände zu überwinden und man benutzt in Folge dessen nur diejenigen Gebläseconstruktionen zu Exhaustionszwecken, welche bei geringer Pressung große Luft- oder Gasmassen fortzubewegen vermögen. Am meisten angewandt sind die Ventilatoren und einige der Kapselraderformen.

ββ) Von den Gebläsen*).

394. Welche Arten Gebläse lassen sich unterscheiden?

Die zur Herstellung eines Stromes comprimirtcr Luft benutzbaren Vorrichtungen sind von sehr verschiedener Construction, besonders wenn man auch die nur noch selten oder gar nicht mehr in Anwendung stehenden älteren Apparate mitberücksichtigen will.

Im Anfang der Hüttenindustrie kannte man nur Balgengebläse, welche, von dem jetzt noch in gewöhnlichen Schmiede- und Schlosserwerkstätten gebräuchlichen Blasebalg abgeleitet, zuerst einfach dann doppelwirkend gebaut worden waren. Da das Leder dieser Balgengebläse in der Atmosphäre der Werkstätten oft sehr rasch unbiegsam und brüchig wurde, kam man nach und nach dazu, hölzerne Balgen mit übergreifenden gut schließenden Seitenwänden zu bauen. Daraus entstanden die Kasten-gebläse mit einfachwirkender Kolbenbewegung, bis die Wandelbarkeit des Constructionsmaterials und die allmähliche Ausbildung der Gießereiprocesse dazu führte, dem Holz das Gußeisen vollständig zu substituiren und man zu der noch jetzt verbreitetsten Gebläseform, dem eisernen Cylindergebläse, gelangte. Daneben haben sich für schwache Pressungen und reichliche Windlieferung die Windräder oder Ventilatoren, sowie in jüngster Zeit die Kapselräder ziemlich stark verbreitet. Andere ungewöhnliche Gebläseformen wie das Wassertrommelgebläse, das Kettengebläse, das Wassertonnengebläse und die

*) Die folgenden Fragen behandeln lediglich die Bauart der Gebläse, ohne die theoretischen Principien, welche in das Gebiet der Maschinenlehre fallen, zu erörtern.

Cagniardelle, welche auf der Compression und Verdrängung der Luft in bewegten in Wasser untergetauchten gekammerten Gefäßen, oder auf dem Saugen von Luft durch hoch herabstürzende Wassersäulen beruhen, geben zwar oft gute Nugeffecte, liefern aber stets feuchte Luft von geringer Pressung und sind theilweise an das Vorhandensein von größeren Wassermengen und Gefällen gebunden.

Sie kommen fast überall ganz in Wegfall und werden bei Neuanlagen nicht mehr berücksichtigt, so daß hier nur drei Arten der Gebläse zu unterscheiden sind:

Cylindergebläse oder Kolbengebläse,
Ventilatoren oder Windradgebläse,
Kapselräder.

395. Wie ist im Allgemeinen ein Cylindergebläse eingerichtet?

Ein Cylindergebläse besteht aus einem hinreichend geräumigen gußeisernen Cylinder, in welchem sich ein gutschließender Kolben hin und her bewegt und bei jedem Lauf auf der einen Seite Luft in den Cylinder einsaugt, auf der anderen Seite comprimirt Luft in ein Reservoir oder in die Windleitung hinausdrückt. Die Verbindung des inneren Cylinderraums mit der Atmosphäre einerseits und mit dem Windreservoir andererseits geschieht durch Ventile mit leichtbeweglichen Verschlüssen, die in dem Deckel oder dem Boden des Cylinders angebracht sind und in besonderen Verhältnissen zu der Größe des Cylinders stehen müssen.

Das Detail eines Gebläsecylinders mit Zubehör in verschiedener Ausstattung wird in Fig. 183 (S. 362) wiedergegeben. Im Cylinder A bewegt sich der Kolben B, dessen Stange C durch den Deckel des Cylinders mittelst einer Stopfbüchse durchgeführt ist und mit der Kraftmaschine (Dampfcylinder, Wasserradvorgelege zc.) in passender mechanischer Verbindung steht.

Der Deckel D wie auch der Boden E des Cylinders sind mit den Ventilen zum Ein- und Austritt der Luft versehen, die in verschiedener Weise construirt sein können.

Die Lufteintrittsventile F und F₁ F₁ öffnen sich von Außen nach Innen, sobald der Kolben nach der entgegengesetzten Seite sich bewegt. Der Gesamtquerschnitt dieser Ventile muß so groß als möglich gemacht werden, damit die Arbeit des Kolbens durch das Einsaugen der Luft nur wenig vermehrt wird. Die Lufteintrittsventile G und G₁ öffnen sich vom Cylinder nach den zum Sammelraum führenden Canälen H und H₁; ihr Querschnitt kann knapper sein als der der Eintrittsventile, weil die Luft im

comprimirten Zustand weniger Raum einnimmt als die von gewöhnlicher Dichtigkeit; man giebt den ersteren $1/7-1/2$, den letzteren $1/10-1/4$ der Kolbenfläche.

Die Construction der Verschlüsse ist verschieden; entweder sind es Scharnierklappen, wie bei F_1 , G und G_1 (wobei man die ganze Oeffnung mit einer Klappe (G und G_1) oder mit zwei und mehr Klappen bedecken kann (F_1 und F_1) oder es sind Scheiben- oder

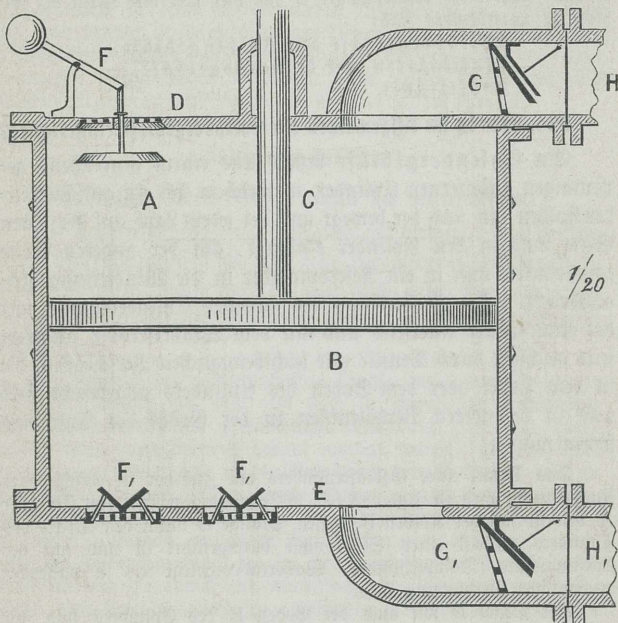


Fig. 183.

Plattenventile, die normal zur Wandfläche bewegt und geführt werden. Oft, wie das bei F angedeutet ist, wird das Gewicht der Verschlussplatte durch ein Gegengewicht ausgeglichen, um den Schluß des Ventils sicherer zu machen.

Der Ausschlag der Ventile ist begrenzt durch Anschlagplatten, wie bei G , G_1 oder durch Anschlagstifte mit Knaggen, wie bei F und F_1 ; dieser Anschlag ist nothwendig, um das rechtzeitige Schließen der Ventile möglich zu machen, wenn der Kolben wechselt.

Der Schieber A, durch Treibstangen BB von der Schwungradwelle aus bewegt, umschließt den Cylinder CC, so daß nur immer eine Reihe der oben und unten angebrachten Oeffnungen $\alpha, \alpha, \alpha \dots$ unbedeckt und mit der Luft in Verbindung ist. Die andere, entgegengesetzte Reihe Oeffnungen mündet dann in die vom Schieber selbst gebildete Höhlung, welche an der einen Seite nach dem Windreservoir DD sich öffnet, auf dem die Rückseite des Schiebers in möglichst genauem Anschluß gleitet.

(Direct an den Blasecylinder stößt hierbei der Dampfcylinder E, dessen Kolbenstange F mit den beiden Kolbenstangen GG des Blasecylinders in einem Querschnitt vereinigt ist, an welches sich die Treibstange der tiefer liegenden Schwungradwelle ankuppelt.)

Elastische Ventile, aus Gummischeiben oder Gummiringen bestehend, wendet man meist bei rasch gehenden Gebläsen zur Bessemerstahlfabrikation an und es wird ihrer bei Erläuterung der speciellen Hüttenprocesse gedacht werden.

396. In welcher Weise bringt man die Kraftmaschine in Verbindung mit der Gebläsevorrichtung und welche Dispositionen sind im Allgemeinen üblich?

Die Verbindung der Kraftmaschine mit der eigentlichen Gebläsevorrichtung kann in verschiedener Weise geschehen, jenachdem die erstere ein Wasserrad oder eine Dampfmaschine ist. Nach der getroffenen Wahl richtet sich schließlich auch die allgemeine Disposition der Maschine.

Die Skizze Fig. 185 (S. 365) giebt die Anordnung eines mit Wasserrad betriebenen Gebläses; das Wasserrad a a trägt auf seiner Welle ein Getriebe b, welches die Bewegung auf ein größeres Getriebe c überträgt, dessen Welle wiederum durch eine Kurbel d, eine Treibstange e und den Balancier f bewegt. Am anderen Ende des Balanciers hängt in einer Geradföhrung g, die Stange h des Blasekolbens i und wird der letztere im Cylinder k auf- und abbewegt.

Fig. 186 (S. 365) zeigt die Skizze eines Dampfmaschinengebläses nach der älteren Wattschen Disposition. In dem Dampfcylinder a ist der Kolben soeben auf seinem höchsten Stand angelangt und hat mittelst der Stange b und der Geradföhrung c den Balancier e gehoben, dessen anderes Ende durch die Geradföhrung f mit der Stange g des Gebläsekolbens verbunden ist, welcher im Blasecylinder h augenblicklich den tiefsten Stand erreicht hat. Zur Bewegungsregulirung ist an dem Balancier mittelst der Treibstange i und der Kurbel k das Schwungrad l angehängt, dessen Lage bei neueren Constructionen oftmals auf die andere Balancierseite und sogar außerhalb des Blasecylinders verlegt worden ist.

Unter den Maschinen der Disposition Fig. 186 sind es besonders die in England und Westfalen gebauten, welche alle Vorzüge einer guten Gebläsemaschine vereinigen. Die auf umstehender Doppelseite Fig. 186 a dargestellte Woolf'sche Maschine, aus der Märkischen Maschinenbauanstalt zu Wetter a. d. Ruhr stammend, zeigt die Verhältnisse solcher Gebläse. Die beiden Dampfkolben greifen mit ihren Stangen die Punkte a und b des Balanciers, während in dem Punkte c die Treibstange d aufgehängt ist, welche mittelst der Kurbel e das zur Bewegungsregulirung angehängte Schwungrad dreht. Am anderen Ende f des Balanciers hängt die Stange des Gebläsekolbens, der im Blasecylinder g auf- und abbewegt wird. Der Wind geht durch die Austrittventile in das Sammelrohr h und von da in das unterirdisch disponirte Hauptleitungsrohr. Die zum Betrieb der Dampfmaschine nothwendigen Pumpen sind am Balancier in k und l aufgehängt.

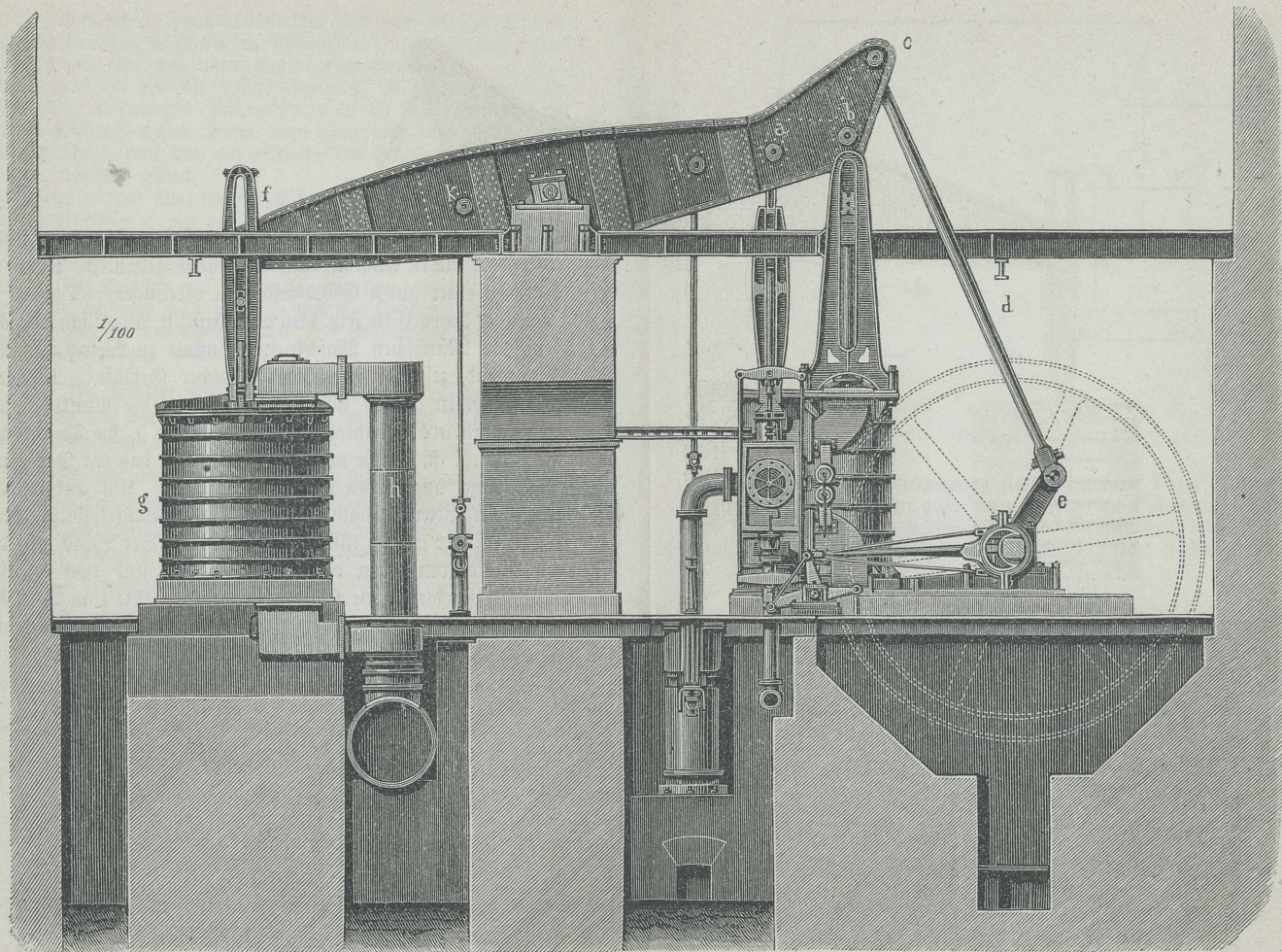


Fig. 186 a. Darstellung eines Gebläses nach der in der Skizze Fig. 186 veranschaulichten Disposition.

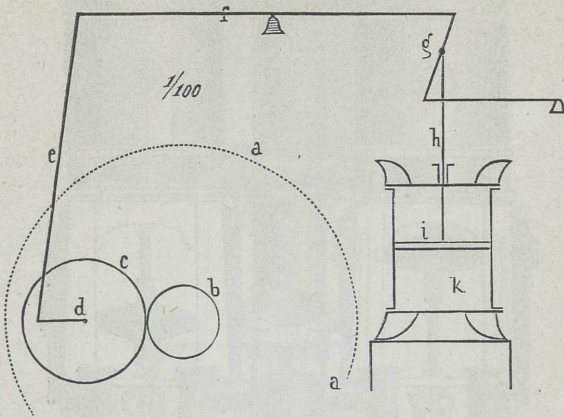


Fig. 185.

Mit zunehmender Anwendung stark gespannten Dampfes kamen direct wirkende Maschinen auf; man cassirte den Balancier gänzlich und verband die beiden Kolben durch eine Kolbenstange, indem man Blase- und Dampfzylinder übereinander stellte oder hintereinander-

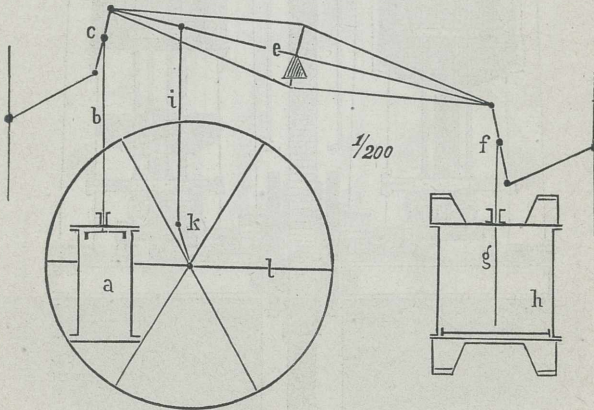


Fig. 186.

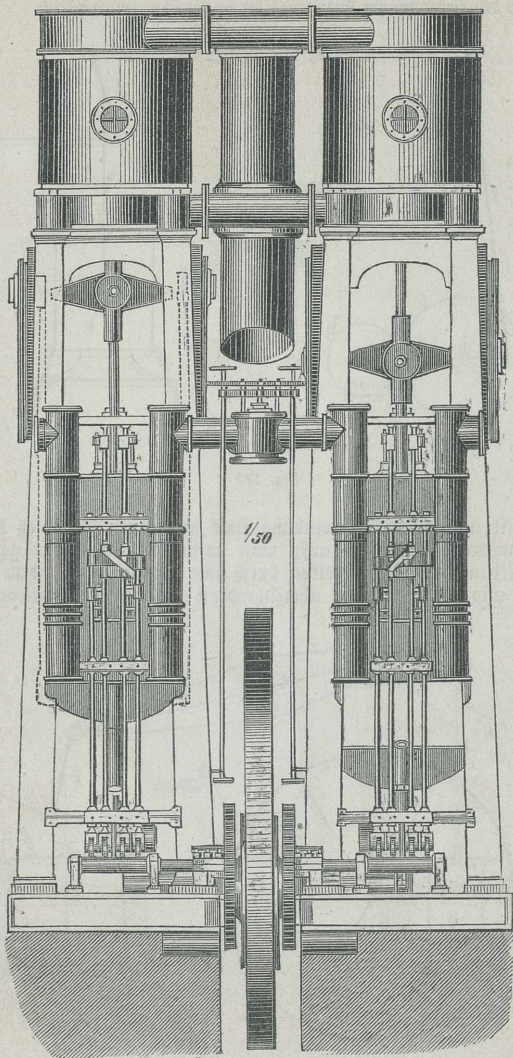


Fig. 187.

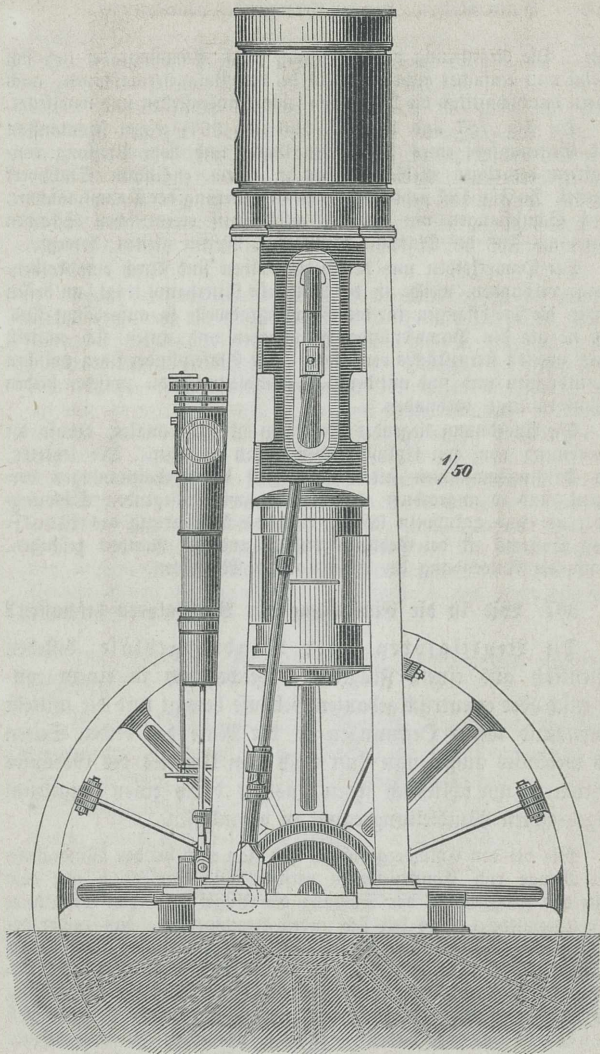


Fig. 188.

legte. Die Regulirung der Bewegung durch Schwungräder ließ sich hierbei weit einfacher anbringen als bei den Balanciermaschinen; auch waren durchschnittlich die Maschinen leichter aufzustellen und wohlfeiler.

Die Fig. 187 und 188 (S. 366 und 367) zeigen Frontansicht und Seitenansicht eines für raschen Gang und hohe Pressung construirten derartigen Gebläses, das in einem englischen Stahlwerk arbeitet. In Fig. 187 sieht man die Ventilsteuerung der Dampfmaschine, durch Schubstangen mit Rollen, welche auf excentrischen Scheiben zweier am Fuß der Maschine befindlichen Wellen gleiten, bewegt.

Der Dampfkolben und der Gebläsekolben sind durch eine Kolbenstange verbunden, welche in der Mitte ein Querkreuz trägt, an dessen Enden die Treibstangen für die Schwungradwelle so aufgehängt sind, daß sie um den Dampfzylinder herumgehen und unten sich mittelst eines zweiten Kreuzstückes vereinigen. Die Blasenzylinder sitzen zwischen Ventiltüchsen und sind mit der Hauptwindleitung, die zwischen beiden Cylindern liegt, verbunden.

Die Anordnung liegender Maschinen ist ganz analog, ebenso die Anordnung von drei Cylinderreihen neben einander. Die letzteren, als Drillingsmaschinen seit neuerer Zeit bei Hochofenanlagen verbreitet, sind so angeordnet, daß sich die zwischenliegenden Schwungräder ab- und antuppeln lassen. Auch die Anwendung des Woolf'schen Systems ist bei Gebläsen vielfach und mit Vortheil geschehen, ebenso die Anwendung der Compound-Maschinen.

397. Wie ist die Einrichtung der Ventilatoren beschaffen?

Die Ventilatoren oder Windradgebläse bestehen wesentlich aus einem Flügelrad, welches sich in einem concentrisch oder excentrisch gebauten Gehäuse bewegt und die mittelst hinreichend weiter Oeffnungen in der Mitte der beiden Seiten des Gehäuses aufgesaugte Luft nach dem Umkreis des Gehäuses schleudert, um schließlich ihren Austritt durch einen tangential angebrachten Windleitungschanal zu veranlassen.

Wie bei den Cylindergebläsen, hat man auch bei den Windrädern eine Menge von Constructionen versucht und namentlich mit dem Bau des Flügelrades, der Stellung der Flügel und ihrer Gestalt viel experimentirt. Es hat sich indeß herausgestellt, daß außer der Flügelfläche, dem mittleren Durchmesser des Flügelrades, den Querschnitten der Luftein- und Auslässe weiter keine Dimension oder Gestalt irgend eines Theils von wesentlichem Einfluß auf die Leistung des Apparates ist. Diese letztere erwies sich durch Versuche von Reuleaux mit verschieden gestalteten Modellen als proportional der Tourenzahl und der Flügelfläche, während die Luftein- und

Auslässe in mindestens gleicher Größe mit der Flügelfläche sich dem Resultat günstig zeigten. Eine Berührung des etwas excentrisch eingebauten Flügelrades und des Gehäuses, zum Charakter älterer Constructionen gehörig, vergrößerte bei nicht sehr genauer Montage oder bei eintretender ungleicher Abnutzung der Lager das Geräusch und Schlagen des Ventilators in bedenklicher Weise und ein hoher Druck, der durch große Schaufelzahl, bedeutenden Durchmesser und geringe Breite des ganzen Rades, sowie durch genauesten Anschluß des bewegten Theils und des Gehäuses erzielt werden sollte, war nicht immer sicher und oft nur mit großem Kraftaufwand zu erzielen.

Unter den empfehlenswerthen Constructionen ist der Ventilator von Lloyd, den die Fig. 189 und 190 (S. 370) darstellen, einer der besten. Er enthält ein durch zwei schildartig gewölbte ringförmige Blechplatten geschlossenes Flügelrad *a* mit 6—8 Flügeln, die leicht gebogen sind. Dieses Rad schließt sich an die Oeffnungen im Gehäuse genau an und ist mit Filzstreifen besetzt, um diesen Anschluß so genau als möglich zu machen. Die Luft stürzt von beiden Seiten (siehe die Pfeiler in Fig. 189) in das Flügelrad, wird durch dessen rasche Rotation in den freien Raum des concentrisch gehaltenen Gehäuses *b* getrieben und strömt durch *c* in die Windleitung aus. Die außerhalb der Lagerung befindliche Riemscheibe *d* vermittelt von einem großen Rade her die Bewegung des Ganzen. In einem Cupolofen von raschem Schmelzgang ist ein solcher Apparat im Stande, einen Ueberdruck von 40 mm Quecksilber herzustellen und etwa 100 Cubikmeter Luft per Minute zu liefern.

398. Wie sind die als Gebläse angewandten Kapselräder beschaffen?

Die als Gebläse für große Mengen schwachgepreßten Windes neuerdings viel benutzten Kapselräder sind Constructionen, welche aus zwei wie Zahnräder in einander greifenden um parallele Axen rotirenden Körpern Fig. 191 *a* und *a*₁ bestehen, die in einem genau anschließenden Gehäuse entgegengesetzt sich bewegen, wie die Pfeile es andeuten.

Bei dieser, durch eine außerhalb des Gehäuses liegende Getriebeübertragung genau regulirten Bewegung wird die von oben her durch eine vergitterte Oeffnung eintretende Luft an den Wänden des Gehäuses abwechselnd von dem rechtsliegenden und dem linksliegenden Rad eingeschlossen und nach dem Abzugsrohr getrieben.

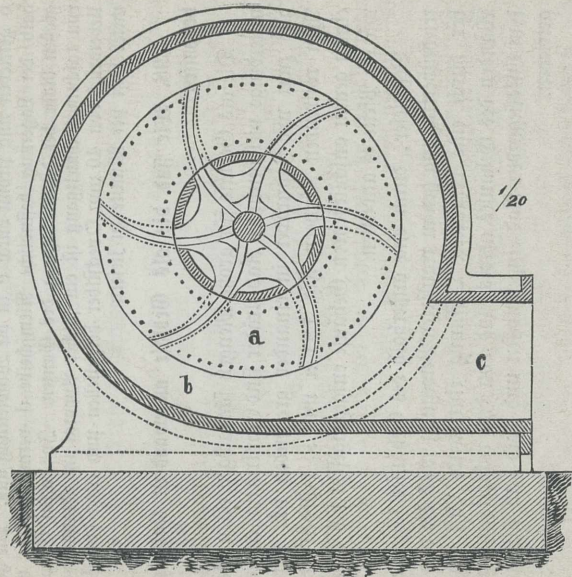
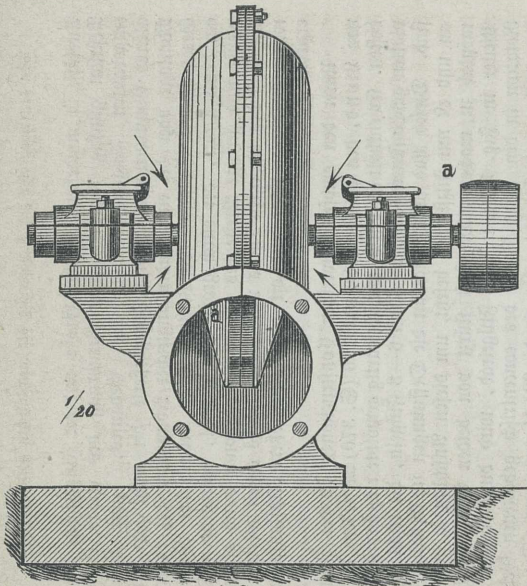


Fig. 189 und 190.

Man hat den rotirenden Kolben auch andere Abwicklungsformen gegeben, namentlich auch scharfkantig gebrochene Flächen versucht, hat aber gefunden, daß die in Fig. 191 dargestellte Profilirung am leichtesten herzustellen und zu unterhalten ist. Das Material der Kolben ist für kleine Gebläse Gußeisen, für größere Apparate Holz, welches mittelst auf den Axen befestigter gußeiserner Naben gehalten wird. Eine gleichmäßige Temperatur und Verhindern aller größeren Verletzungen der Flächen bedingt eine lange Haltbarkeit dieser Apparate. In der Leistung kommen sie den besten Ventilatoren gleich, ohne eine so hohe Umdrehungszahl zu beanspruchen.

399. In welcher Weise beurtheilt man die Leistung oder den Effect der Gebläse?

Man beurtheilt die Leistung eines Gebläses nach der producirten Windmenge und der Spannung d. h. dem Ueberdruck derselben. Beide sind

abhängig von der Größe der Construction und der Intensität des Betriebes, doch giebt es unter Gebläsen gleicher Größe und ähnlicher Bauart oft Unterschiede in der Leistung, die in Nebenverhältnissen ihren Grund haben.

Die Windmenge, gewöhnlich in Kubikmetern pro Minute ausgedrückt, läßt sich aus dem Volumen des Gebläsecylinders, und der Zahl der Umgänge berechnen, während die Spannung durch ein Manometer*) mit Quecksilberniveau, das auf irgend einer Stelle der Windleitung angebracht ist, indicirt wird.

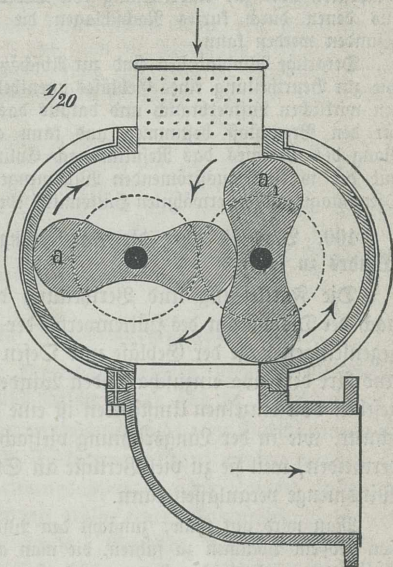


Fig. 191.

*) Vgl. Katechismus der Physik. 2. Aufl. S. 73.

Man kann aber die wirklich in einen Apparat strömende Windmenge aus der dicht an den Einstromungsöffnungen ermittelten Manometerhöhe und dem Durchmesser einer Einstromungsöffnung mittelst aërostatischer Formeln ausrechnen, welche durch Berücksichtigung aller auf die Luftspannung einwirkenden Momente sehr complicirt, aber zur Ausrechnung von Tabellen benutzt worden sind, aus denen durch kurzes Nachschlagen die verlangte Angabe leicht gefunden werden kann.

Derartige Windtabellen sind zur Abschätzung eines Ofenbetriebes, wie zur Beurtheilung eines Gebläses unentbehrlich; man kann danach den wirklichen Luftverbrauch und daraus das Verbrennungsverhältniß für den Brennstoff bestimmen und kann auch für einen gewissen Gang des Gebläses das Resultat nach Cylinderfüllungen vergleichen mit der wirklich ausströmenden Windmenge. Beim Entwurf einer Ofenanlage sind die erwähnten Hülfsmittel ebensowenig zu entbehren*).

400. Was ist über die Fortleitung und Vertheilung des Windes zu sagen?

Die Fortleitung und Vertheilung des Windes richtet sich nach der Disposition des Hüttenwerks, der daraus hervorgehenden gegenseitigen Lage der Gebläse und Ofen, sowie nach der Zahl und Art der etwa einzuschaltenden Winderhitzungsapparate. Abgesehen von einzelnen Umständen ist eine zu lange und im Querschnitt, wie in der Längsrichtung vielfach veränderte Leitung zu vermeiden, weil sie zu viel Verluste an Spannung und selbst an Windmenge veranlassen kann.

Man wird gut thun, zunächst den Wind in eine Hauptleitung von großem Volumen zu führen, die man am besten in Form eines Cylinders anordnet, der lang genug ist, um gleich weit von allen Verbrennungsstellen vorbeizuführen. Das große Volumen dieser Leitung erspart jede besondere Regulirvorrichtung, die ehemals benützt wurde, um die Kolbenwechsel des Gebläses nicht bis an den Ausflußöffnungen fühlbar zu machen. Von dieser Leitung aus führen Zweigleitungen auf dem kürzesten Weg nach den mit Gebläseluft zu speisenden Apparaten und es sind die Zugänge zu den letzteren durch Schieber und Klappen verschließbar gemacht, um jeden Apparat in einigen Minuten vollkommen auszuhängen, ohne die Arbeit der Gebläse unterbrechen zu müssen. So lange der Wind die gewöhnliche Temperatur besitzet, macht man am besten die Haupt-

*) Die vollständigsten Tabellen hat J. von Hauer geliefert: „Tabellen zur Berechnung der Windmengen“. Wien 1876. Hölder. Man findet in derselben Broschüre alle zur Berechnung angewandten Formeln und Hülfsmittel.

die Nebenleitungen von Eisenblech und stellt oder hängt sie in solcher Höhe vom Boden auf, daß der Verkehr nicht gehemmt und selbst die Aufstellung kleinerer Apparate unter den Leitungen möglich wird. Hat man dagegen heißen Wind zu leiten, also zwischen den Winderwärmungsapparaten und den Defen, so wählt man als Material Gußeisen oder füttert weite Rohre von Eisenblech mit feuerfesten Steinen aus, um die Abkühlung möglichst zu verhindern. Aus dem gleichen Grund rückt man die Winderwärmungsapparate so nahe als möglich an die Defen, die den heißen Wind erhalten sollen.

Die Details der eigentlichen Winderführung und der Bau der Düsenapparate richten sich ganz und gar nach dem Betrieb und der Bauart der Defen, und werden bei der speciellen Hüttenkunde zu erläutern sein. Die umfangreichsten und complicirtesten Apparate der Art braucht der Eisenhochofen; Fig. 96, S. 206 zeigt bereits die Anordnung einer mit Steinen theilweise gefütterten Windleitung für sehr gesteigerte Windtemperaturen.

b) Von den Winderwärmungsapparaten.

401. Auf welchen Betriebsgrundlagen beruhen die Winderwärmungsapparate und welche Arten sind zu unterscheiden?

Da für die Verbrennungsintensität, die Vorwärmung der Luft als eine bedeutende Förderung erkannt werden muß, ist der Nutzen der Winderwärmungsapparate außer Zweifel, sobald die Vorwärmung der Luft mit Hülfe einer ökonomisch günstigeren Wärmequelle geschehen kann. Geschähe die Winderwärmung mit demselben Brennstoff, welcher zum Ofenbetrieb selbst gebraucht wird, so würde der Vortheil höchst fraglich erscheinen. Man betreibt aber die Winderwärmungsapparate wie die meisten der Vorbereitungsöfen der Metallurgie mit leichteren Brennstoffen oder mit Ofengasen.

Nach der Heizungsanlage classificiren sich die Apparate in:
solche, die durch eine besondere Feuerung mit festem Brennstoff;
solche, die durch Schachtofengase; und
solche, die durch die ächte Abhitz von Heerd- und Flammenfeuerungen betrieben werden und Theile einer Ofenanlage sind.

Nach der Construction der Apparate unterscheidet man
directe Wärmeübertragung und
indirecte Wärmeübertragung.

402. Wie wendet man die directe Wärmeübertragung auf die Erhitzung des Windes an?

Die Winderhitzung durch directe Uebertragung geschieht, indem man die Gebläseluft durch eine Kofstfeuerung treibt, wobei ein kleiner Theil der Luft zur Speisung dieser Feuerung gebraucht wird.

Diese Art der Wärmeübertragung, in Südfrankreich einmal angewendet, ist hauptsächlich wegen der fortwährenden Ungleichheit in der chemischen Veränderung wie in der Erwärmung der Luft verlassen worden.

403. Nach welchen Systemen führt man die indirecte Wärmeübertragung bei der Winderhitzung aus?

Es existiren zwei verschiedene Systeme der Winderwärmung durch indirecte Uebertragung, nach denen überhaupt dieser technische Vorbereitungsproceß ausgeführt wird.

Man unterscheidet:

Wärmeübertragung durch continuirliche Leitung, indem auf einer Seite einer dünnen Wand ein Strom Feuergase, auf der anderen Seite der zu erhitzende Windstrom in entgegengesetzter Richtung an einander vorübergeführt wird;

Wärmeübertragung durch abwechselnde Auffaugung und Entziehung, indem eine mit Maximaloberfläche versehene Masse einmal durch die Feuergase bespült und erhitzt, dann vom Wind umspült und abgekühlt wird. Während das erste System durch die Fig. 192 erläutert wird, in welcher die

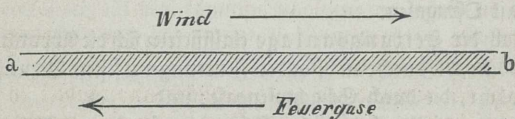


Fig. 192.

Wand a b die transmittirende materielle Fläche darstellt, repräsentirt der Siemens'sche Regenerator die vollkommenste Ausführung

des zweiten Systems in kleinerem Maßstab *). Für große Aufgaben der Winderhitzung hat man indessen neben der Construction des Siemensschen Regenerators noch eine etwas andere Auffassung der wechselnden Aufsaugung und Entziehung zur Ausführung gebracht, die darin besteht, einen weiten und ziemlich langen Canal abwechselnd zu heizen und abzukühlen.

αα) Vor den Winderwärmungsapparaten mit Wärmeübertragung durch Leitung.

404. Aus welchem Material construirt man die transmittirenden Wände?

Für die Erhitzung der Gebläseluft benutzt man vorwiegend das Gußeisen, selten das Schmiedeeisen als transmittirendes Material der Apparatwände. Andere Materialien z. B. feuerfeste Substanzen sind für einen einigermaßen stark gespannten Wind zu leicht durchdringbar und können deshalb nur bei der Frage der Lusterwärmung in Gasfeuerung z. B. in dem Bonsardofen Fig. 127 u. 128 S. 251 in Betracht kommen.

Da nicht jedes Gußeisen luftdicht ist, wie die Erfahrungen bei der Fabrikation der Gasleitungen beweisen, und da die Porosität in höherer Temperatur noch mehr zunimmt, ist bei der Herstellung der Rohre zu den Winderwärmungsapparaten nur ganz dicht erstarrendes Material zu benutzen und jeder Texturlockerung entgegen zu wirken.

405. Wonach richtet sich die Construction eines Apparates?

Die Construction eines Apparates richtet sich

nach der verlangten Windtemperatur, durch welche hauptsächlich die Größe der Heizfläche bestimmt wird;

nach den vorhandenen Heizungsbedingungen, wodurch die Feuerungsanlage bedingt ist;

nach der vorhandenen und möglichst unverändert in den Ofen zu führenden Pressung des Windes, wovon die zulässige Geschwindigkeit und das Verhältniß zwischen Querschnitt und Länge der Leitung abhängig ist.

*) Vgl. Frage 263 und 264.

Die verschiedenen in der Praxis vorhandenen Dispositionen entsprechen den vorgenannten Verhältnissen in ungleicher Weise, so daß nicht alle vorhandenen Apparate richtig construirt erscheinen, sondern vorzugsweise nach der einen oder anderen Richtung ihren Zweck erfüllen.

406. In welchem Verhältniß stehen Windtemperatur und Heizfläche einander gegenüber?

Zwischen der Windtemperatur t_1 und der Heizfläche F existirt die Relation:

$t_1 = \alpha F W$ worin W den Heizeffect des Apparates und α einen Erfahrungscoefficienten bedeutet. Wenn F oder W gesteigert werden, muß natürlich auch t_1 wachsen, doch kann jene Steigerung nur bis zu einem gewissen Grad stattfinden.

Eine zu weit gehende Steigerung von F ist durch die Schwierigkeit weite Heizrohre dicht und dauerhaft herzustellen, wie auch durch den Widerstand einer zu langen Leitung begrenzt. Die Größe W darf nicht so groß werden, daß eine dauernde Erhitzung der Heizrohre auf 500° eintritt; d. h. αW darf $500 Q c$ eben nur erreichen, wenn Q das Gewicht der Windleitung und c den Coefficienten der specifischen Wärme des Roheisens bedeutet.

Die in der Praxis ausgeführten Windwärmungsapparate ergeben im Mittel 300° bei einer Heizfläche von 1 Quadratmeter pro Cubikmeter durchpassirenden Wind. Vergleicht man die älteren und kleineren mit den neueren und größeren Apparaten, wie sie der Eishochöfen beansprucht, so findet man bei einem Verhältniß von

0,50—0,60	Quadr. Heizfl. pro Cubikm. Wind	(Holzfohlenhochöfen)	90—180° C.
1,00—1,50	" " " " "	(Ältere Gofeshochöfen)	300° C.
3,00—4,00	" " " " "	(Neuere Gofeshochöfen)	4—500° C.
5,00	" " " " "	(Neueste Gofeshochöfen)	550—600° C.

407. Was ist über die Anlage der Heizung bei den Warmwindapparaten zu sagen?

Der eigentliche Heizungsproceß muß methodisch sein; er muß auf der Anwendung des Gegenstromsystems beruhen.

Im Gegenstromsystem liegt die Möglichkeit, die Arbeit der Wärmeübertragung in allen Stellen des Apparates gleich zu machen und die Heizfläche vollkommen auszunutzen.

Ein einzelnes Rohr in einem cylindrischen Canal würde den vollkommensten Apparat vorstellen, sobald der Wind im Rohre, wie die Feuergase im cylindrischen Canal in entgegengesetzter Richtung sich bewegten.

Die übrigen Qualitäten der Heizungsanlagen hängen von dem gewählten Brennmaterial ab, und sind nach den früher (vgl. Frage 302—327) mitgetheilten Grundsätzen zu beurtheilen.

408. Was ist über die zulässige Geschwindigkeit und über die Reibung der Luft in den Winderwärmungsapparaten zu bemerken?

Geschwindigkeit der Luft und Reibung sind von einander im gleichen Sinne abhängig, da sie in gleicher Weise mit einzelnen Dimensionsänderungen der Apparate zusammenhängen.

Für ein gegebenes Luftvolum kann man Durchmesser und Länge der Leitung variiren, ohne die Heizfläche selbst zu ändern, doch wächst die Luftgeschwindigkeit mit abnehmendem Querschnitt oder zunehmender Länge. In gleichem Sinn, doch stärkerem Verhältniß wächst die Reibung, die bei constanter Heizfläche proportional einem Ausdruck $\frac{1}{D^6}$ sich zeigt, in welchem D den Durchmesser der Leitung bezeichnet.

409. Welche technische Folgerungen ergeben sich aus dem Vorigen?

Da der Reibungsverlust bei möglichst großem Durchmesser am Kleinsten erscheinen, die stärkste Erwärmung aber bei einem Maximalwerth des Perimeters, also sehr engen und langen Leitungen eintreten dürfte, so sind kurze und dicke Leitungsrohre dem Reibungsverhältniß, lange und dünne Leitungsrohre dem Heizeffect des Apparates am Günstigsten. Zwischen diesen entgegengesetzten Anforderungen muß die Erfahrung vermitteln.

Gruener hat aus Berechnungen der Pressungsverluste in den Windleitungen abgeleitet, daß für gewöhnliche Apparate eine Windgeschwindigkeit von 10 Metern einen Verlust von 0,0019 Metern ca. 2 Millimetern Quecksilberdruck hervorruft, während Windgeschwindigkeiten von 20—30 Metern bereits das Vier- bis Neunfache im Gefolge haben. Da in vielen Schachtöfen nur 30—40 Millimeter Spannung der Gase constatirt worden sind, kann jener Pressungsverlust unter Umständen bedenklich werden.

Man kann annehmen, daß die Windgeschwindigkeit des warmen Windes für schwache Pressung mäßiger Temperaturen und lange Leitungen nicht über 12—13 Meter, für starke Pressung hoher Temperaturen und kurze Leitungen nicht über 20—25 Meter betragen darf.

410. Was ist über die bauliche Ausführung der Apparate zu sagen?

Die einzelnen Theile eines Winderwärmungsapparates, deren Zahl möglichst zu vermindern ist, müssen gut und dicht zusammengefügt werden und ein Ganzes darstellen. Deshalb ist jede Verschraubung mittelst Flanschen nicht anwendbar und nur Muffenverbindung denkbar.

Im Gegensatz zu Leitungen, die nicht erhitzt werden, muß die Rohrleitung des Winderwärmungsapparates eine kräftige Construction der Muffen und Verbindungsstücke zeigen, die zudem in möglichst geringer Zahl und außerhalb jeder directen Feuerberührung anzubringen sind, um leicht gelöst werden zu können, wenn eine Auswechslung nöthig wird.

411. Welche Haupttypen der eisernen Winderwärmungsapparate sind anzuführen?

Die sämmtlichen heute in der hüttenmännischen Praxis vorhandenen Winderwärmungsapparate lassen sich auf zwei Haupttypen zurückführen, die fast gleichzeitig zur Anwendung gelangten.

Im Jahre 1833 erfand Faber du Faur in Wasseralfingen einen Winderhitzungsapparat, der aus einem einzigen Rohr bestand, das, zu 16 Windungen gebogen, in einer durch Hochofengase heizbaren Feuerkammer eingeschlossen und direct auf der Ofengicht aufgestellt war.

Der Apparat setzte sich zusammen aus 16 geraden Rohrstücken zu 2 m Länge und 8 Knieen mit im Ganzen 12,50 m Länge, zeigte eine einschließlich der Leitung nach der Düse eine Totallänge von 55 m, die bei einer Weite von 0,155 m und einer Luftlieferung von 20 Cubikm. pro Minute — 26 m Secundengeschwindigkeit der Luft ergab. Der Pressungsverlust betrug über $\frac{50}{100}$ der ursprünglichen Spannung der Gebläseluft.

Eine etwas verbesserte Form des Wasseralfinger Apparates ist der Fig. 193 (S. 379) abgebildete Apparat von Pouzin in Frankreich (1847). Es sind 18 Rohrstücke in 6 Reihen übereinander angeordnet und sie liegen mit ihrem glatten Theil in der Feuerkammer, während die verbindenden Knieerohre in besonderen Vorkammern, die Muffen aber in den Scheidewänden beider Kammern sich befinden. Da die Rohre weiter sind als bei dem ursprünglichen Apparat von Wasseralfingen, ist die Secundengeschwindigkeit des warmen Windes nur ca. 20 m und der Pressungsverlust beträgt ca. $\frac{5}{100}$ des ursprünglichen Manometerdruckes.

Außerhalb des Apparates kann Flanschen- und Schraubverbindung angewandt werden, wie aus der Skizze hervorgeht.

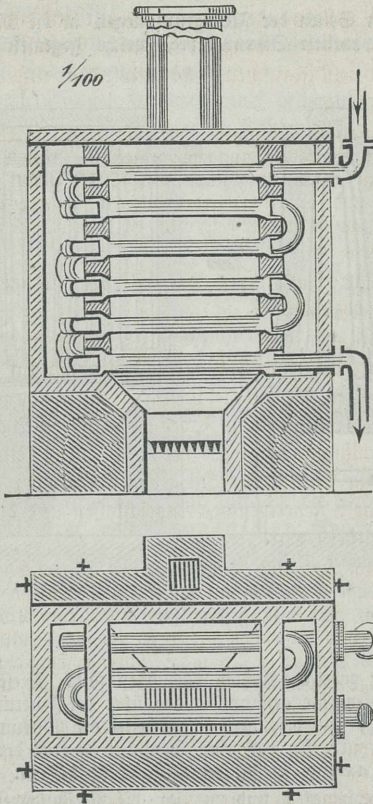


Fig. 193.

Der zweite Grundtypus der eisernen Windwärmungsapparate ist der Apparat, welcher nach dem Hochofenwerk Calder in Schottland benannt wird.

Dieser in Fig. 194 veranschaulichte Apparat unterscheidet sich von dem Wasseralfinger Apparat durch die Theilung des Windstroms bei dem Durchgang durch die Feuerungsanlage.

Zu beiden Seiten der Feuergrube liegen in die Mauerung eingebettet zwei parallele Sammelrohre, welche gegenseitig durch zahl-

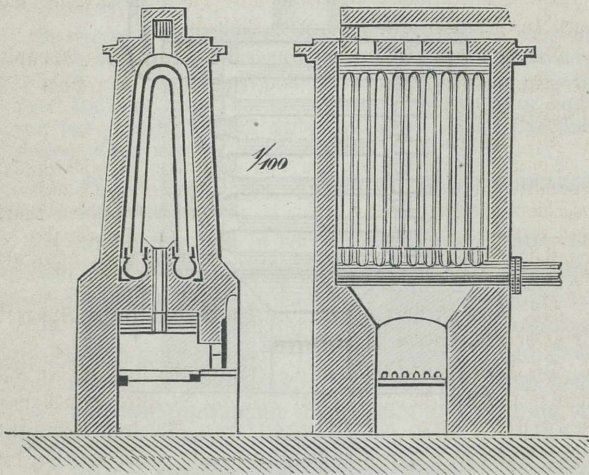


Fig. 194.

reiche V-förmig gebogene Röhren verbunden sind. Diese Röhre, auch Heber- oder Hosenrohr genannt, bilden über der Feuerung ein durchbrochenes Dach, das besonders im Scheitel der Wirkung des Feuers stark ausgesetzt ist. In das eine Sammelrohr tritt der kalte Wind, und aus dem anderen streicht der heiße Wind heraus.

Die Geschwindigkeit und mit ihr die Pressungsverluste können durch vergrößerte Zahl und Querschnitte der Heberrohre innerhalb gewisser durch Constructionsstände bedingter Grenzen vermindert werden. Die begrenzenden Umstände sind: Abnahme der Heizfläche bei sehr stark wachsenden Querschnitten; Zunahme der Masse des Constructionsmaterials und Steigen der Herstellungskosten; endlich Wachsen der Ausdehnungen bei sehr langen und ausgedehnten Rohrsystemen.

Die Sammelrohre werden deshalb nicht länger als höchstens 5—6 m gemacht, das beste Mittel der Länge ist 4 m, so daß bei verlangter größerer Leistung die Zahl der Apparate wachsen muß.

412. Welche Apparate sind aus den beiden vorgenannten Typen hervorgegangen?

Aus der Aenderung und der Combination der beiden beschriebenen Typen sind hervorgegangen:

Die Wasseralfinger Apparate mit getheiltem Strom und liegenden, stehenden und hängenden Röhren;

Die von den Calderschen Apparaten abgeleiteten Apparate mit gekammerten, geraden und gekrümmten, aufrechten und geneigten Röhren;

Der Apparat von Giers in Nyresome.

Außer den hier angedeuteten, im Folgenden zu beschreibenden Apparaten sind noch viele Constructionen entworfen, auch theilweise ausgeführt und angewandt worden, die im Princip den beiden Haupttypen verwandt sind, in der Disposition und den Details aber sich wesentlich unterscheiden, ohne jedoch besondere Vorzüge zu zeigen und eine größere Verbreitung gefunden zu haben.

413. Was ist über die modificirten Wasseralfinger Apparate mit getheiltem Strom zu bemerken?

Die Uebertragung des Princip's der Stromtheilung auf den Bau der Wasseralfinger Apparate ergab zunächst die unter dem Namen der Westfälischen oder Langenschen Apparate bekannten großen und sehr effectreichen Constructionen, denen man bei den deutschen Eisenhochofenwerken am Häufigsten begegnet und von denen eine ältere Modification in Fig. 195 (S. 382) im Aufsriß und Grundriß dargestellt ist.

Man sieht daraus, daß sechs Reihen elliptische Rohre in einer Feuerkammer übereinander liegen und gegenseitig durch Knierohre, die in zwei ebenfalls mit Feuerung versehenen besonderen Kammern liegen, verbunden sind. Die Zahl der Rohre ist in dem vorliegenden Fall in der untersten Reihe auf drei bemessen, welche sich mittelst gegabelter Knierohre (siehe den Grundriß) an die sechs Rohre der fünf übrigen Reihen anschließen. Der Wind tritt in die oberen Reihen zuerst ein und erwärmt sich beim Niedergehen, bis er durch die drei Rohre der untersten Reihe den Apparat verläßt.

Der Luftbedarf jedes einzelnen Rohres ist wie bei dem Einzelapparat von Wasseralfingen zu veranschlagen, also wenn die

Verhältnisse der Frage 411 zu Grunde gelegt werden auf 0,3 Cubikmeter pro Secunde, so daß durch Vermehrung der Schlangenhöhre oder Theilströme die Leistungsfähigkeit des Apparates nach der Frage der Windmenge hin ebenso gesteigert werden kann, wie durch Anlage von 7, 8 und noch mehr Reihen übereinander die Ausnutzung der Feuerung.

Der hier abgebildete Apparat enthält ca. 140 Quadratmeter Heizfläche auf 90 Cubikmeter Windlieferung, so daß 1,55 Quadratmeter Heizfläche auf einen Cubikmeter Wind kommen und daß das Verhältniß mehr als ausreichend zur Erzielung einer Windtemperatur von 300° ist. Weitere Rechnungen ergaben eine Geschwindigkeit von 10 m für den heißen Wind und einen verschwindenden Pressungsverlust, der noch nicht 0,1 Procent der Anfangspressung erreicht.

Der Langensche Apparat zeichnet sich durch gute Ausnutzung der Feuerung aus, obwohl die Gase noch immer ziemlich warm abziehen; dagegen verursacht die horizontale Lage der Röhre leicht ein Verdrücken und Durchbiegen derselben und die zahlreichen Dichtungsstellen erschweren die Auswechslung.

Auf Lothringer Werken ist eine Vereinfachung dadurch versucht worden, daß man gekammerte Röhre einführt, die nur an einer Seite mit Knieröhren in Verbindung stehen und gute Resultate geben sollen. Fig. 196 (S. 384) giebt eine Skizze der Anordnung, die ohne Weiteres verständlich ist. Wird ein Kammerrohr untauglich, so braucht man es nicht auszuwechslern, sondern verbindet nur das darunter liegende mit dem darunter liegenden Rohr durch ein längeres Doppelnie und schaltet das schadhafte Rohr einfach aus, bis Zeit und Muße zum vollständigen Ersatz vorhanden ist.

414. Was ist über die Wasseralfinger Apparate mit verticalen Röhren zu bemerken?

Die Wasseralfinger Apparate mit verticalen, entweder stehenden oder hängenden Röhren verhalten sich absolut gleich den vorher beschriebenen, sobald das Grundverhältniß der Construction dasselbe ist. Sie sind hervorgegangen aus dem Wunsch, den

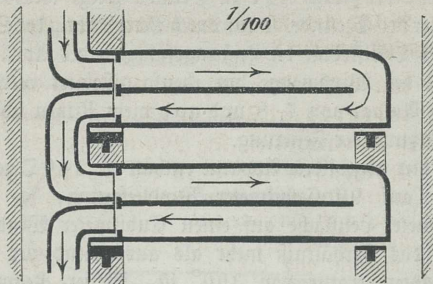


Fig. 196.

westfälischen Apparat dauerhafter zu machen, ohne ihm die Zugänglichkeit zu nehmen, und lassen sich in Apparate mit auf-

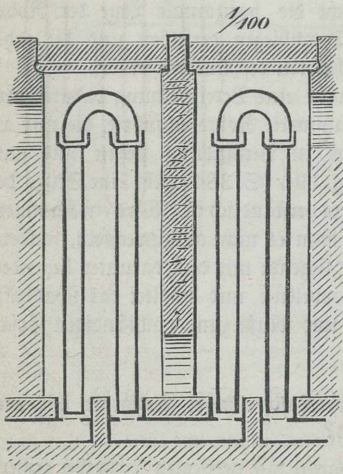


Fig. 197.

stehenden Röhren Fig. 197 und solche mit hängenden Röhren Fig. 198 (S. 385) gruppieren. Die ersteren, am Niederrhein vielfach angewandt, zeigen eine Reihenfolge Uförmiger Röhren, die in einem gekammerten Raum untergebracht sind und von einem ebenfalls schlangenförmigen Gasstrom bespült werden. Die unteren Dichtungsstellen liegen geschützt, die oberen sind leicht zugänglich gemacht.

Der Hängeröhrenapparat Fig. 198 ist leicht zugänglich, aber er ist dem Abbrennen der

unteren Enden der Kammerrohre sehr stark ausgesetzt.

415. Welche Ableitungen des Calder'schen Apparates haben ſich namentlich bewährt?

Aus dem Calder'schen Apparat entwickelte ſich zunächſt der Piſtolenrohrapparat Fig. 199 (S. 386), dann der Apparat mit geraden Kammerrohren, Fig 200 (S. 387).

Der Piſtolenapparat ergab ſich als Folge der mit ſtark geheizten Calder's gemachten üblen Erfahrung, daß die Scheitel der Heberrohre ſehr raſch durchbrannten und den Apparat in ſehr kurzer Zeit defect machten und daß eine Auswechſelung ohne Abnehmen des Deckgewölbes unmöglich war. Man bog deſhalb das Heberrohr zu einem Kammerrohr zuſammen und vereinte die früheren Sammelrohre zu einem gekammerten Zuſtafen. Natürlich kam zu beiden Seiten der Feuerungsanlage eine Reihe ſolcher Rohre zu ſtehen, die man ihres Profils wegen mit dem Namen Piſtolenrohr unterſchied. Die Kolben dieſer Piſtolen wurden nach und nach immer weniger vorgebogen, weil auch jezt noch die früher conſtatirte ſtarke Feuerwirkung nicht ganz ausblieb, und es entſtanden endlich dieſelben geraden Rohre, die in den Lothringer Apparaten Fig. 196 und in den Apparaten mit hängenden Röhren ſich finden, nur anders aufgeſtellt und anders in Verbindung gebracht.

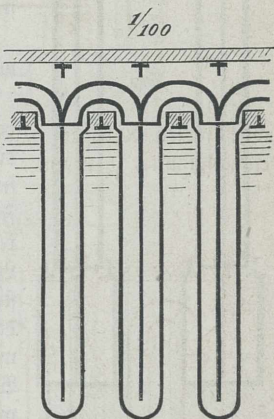


Fig. 198.

Einen ſolchen Apparat kleinerer Dimension ſtellt Fig. 200 im Aufriß und Grundriß dar (die Pfeile im Innern der Abbildung bedeuten die Feuerrihtung, während die Windrihtung durch gefiederte Pfeile an zwei Stellen angedeutet iſt). Derſelbe hat drei Kammern mit je 16, 11 und 9, alſo zuſammen 36 Röhren, welche eine Heizfläche von circa 100 Quadratmeter zeigen und nur 70 Cubikmeter Wind pro Minute zu heizen haben. Daraus ergibt ſich das günſtige Verhältniß 1,45 Quadratmeter auf 1 Cubikmeter, während der Preſſungsverluſt bei der noch unter 10 m bleibenden Geſchwindigkeit ein verſchwindend kleiner iſt.

Ein unter Umſtänden mißlicher Punkt iſt die größere Grundfläche dieſer Apparate im Verhältniß zu den weſfälischen; in der

That zeigt der hier beschriebene ca. 24 Quadratmeter Grundfläche, also 0,33 Quadratmeter pro Cubikmeter Wind, während der westfälische Apparat Fig. 195 nur ca. 21 Quadratmeter, also 0,23 Quadratmeter für die Einheit der Windlieferung ergibt.

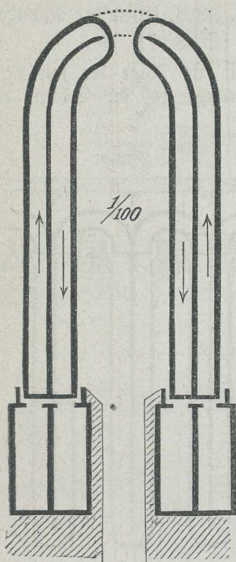


Fig. 199.

Fig. 202 (S. 388) giebt eine Skizze eines Kammerdurchschnittes und eines der Uförmig gebogenen Rohre, die auf dem gekammerten Rohr stehen, sodasß stets eine Querscheidewand zwischen den beiden Muffen eines Heizrohres sich befinden. In Aylesome sind für ein Luftquantum von 150 Cubikmetern 6 Kammern mit 12 Schlangen, auf einer anderen Hütte für 200 Cubikmeter 8 Kammern oder 16 Schlangen angelegt.

Für beide Fälle ergibt sich hieraus durchschnittlich eine Geschwindigkeit von 20 m für die erhitzte Luft und trotzdem ein Pressungsverlust von nur $1/2$ Procent.

Das Verhältniß der Heizfläche zur Windmenge ist

bei dem Apparat auf Aylesome works 5,50 Quadratmeter,

bei dem Apparat auf Newport works 4,80 Quadratmeter pro Cubikmeter Wind und in Folge dessen hat man mit diesen

Man hat versucht durch Anlage von drei Fußkästen Fig. 201 (S. 388) die Zahl der in einen Apparat einstellbaren Fußkästen zu steigern, hat aber dadurch eine erschwerte Reparaturfähigkeit hervorgebracht, ohne die Leistung im gleichen Maß zu steigern.

416. Was ist über den Apparat von Gjerø in Aylesome zu bemerken?

Der Apparat von Aylesome besteht aus zwei Schlangenrohren, die zu jeder Seite einer langen Gasfeuerung stehen und sich über der Feuerung an einander lehnen; mehrere Paare dieser convergirenden Leitungen, in besonderen an einander stoßenden Kammern aufgestellt, bilden einen compacten Apparat, den man mit einem der aufrecht stehenden Wasseralfinger vergleichen könnte, wenn seine Basis nicht aus einem einzigen gekammerten Rohre jederseits von jeder Feuerung bestünde.

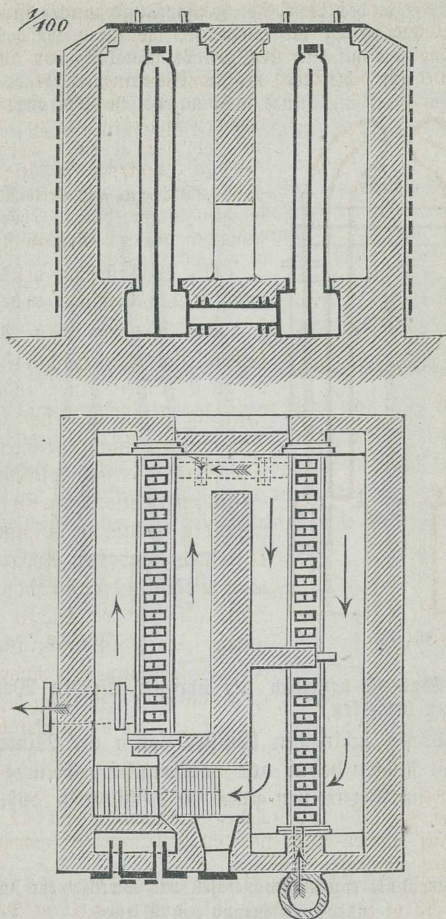


Fig. 200.

Apparaten auch Temperaturen von 600° erreichen können, die nur mit Rücksicht auf das Material der Heizrohre nicht dauernd beibehalten worden sind.

Ein Mangel des sonst sehr wirksamen Apparates ist außer der schwierigen Darstellung der Heberöhre, die sich indeß ganz gut in Kammerrohre (nur mit einer Heizflächenverminderung von 50 Procent) verwandeln ließen, die den meisten Winderneuerungsapparaten in verschiedenem Grad anhaftende nicht methodische Feuerung.

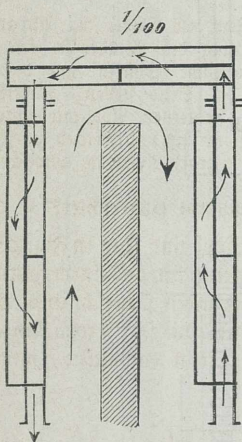


Fig. 201.

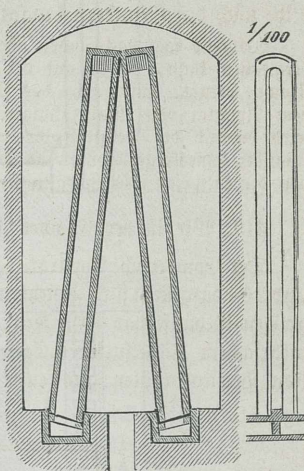


Fig. 202.

417. Was ist bezüglich der übrigen eisernen Warmwindapparate zu bemerken?

Die übrigen zahlreichen Constructions zur Winderhizung in eisernen Rohren haben nur vorübergehend Geltung erlangt und stehen im Allgemeinen gegen die geschilderten außerordentlich zurück.

ββ) Von den Winderwärmungsapparaten mit abwechselnder Auffassung und Uebertragung von Wärme.

418. Welche Apparate sind hier zu unterscheiden?

Die nach dem Princip abwechselnder Wärmeauffassung durch Steinflächen und Uebertragung der Wärme auf vorbeigeführten

Wind construirten Apparate sind der 1860 durch Cowper für das Werk von Cochrane zu Middlesbro' construirte, wesentlich wie ein Siemens'scher Regenerator eingerichtete Apparat und der 1865 durch Whitwell für Thornaby works zu Stokton erbaute aus einem weiten gemauerten Schlangenrohr bestehende Apparat, beide nach den Erfindern benannt.

Während man das Cowper'sche System dem Galder'schen Apparat vergleichen kann, da es auf der Theilung des Windes in Einzelströme beruht, läßt sich das Whitwell'sche System am besten dem Apparat von Wasseralfingen an die Seite stellen. Indessen wird dadurch der Vergleich der beiden steinernen Apparate untereinander keineswegs bedingt, da Dimensionirung und Betrieb zu sehr von den entsprechenden Verhältnissen der eisernen Apparate abweichen.

419. Wie ist der Cowper'sche Apparat eingerichtet?

Der Cowper'sche Apparat, dessen Kopf und Fuß in Fig. 203 und 204 dargestellt sind, besteht im Wesentlichen aus einem thurm-artigen Gehäuse von Eisenblech, freisrunden Querschnittes, mit mehrfachem Ziegelfutter ausgesetzt und eine sehr große Anzahl von Verticalcanälen aus feuerfestem Stein enthaltend, welche

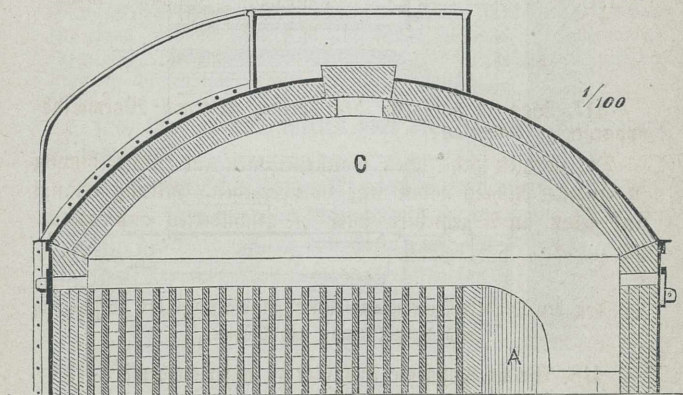


Fig. 203.

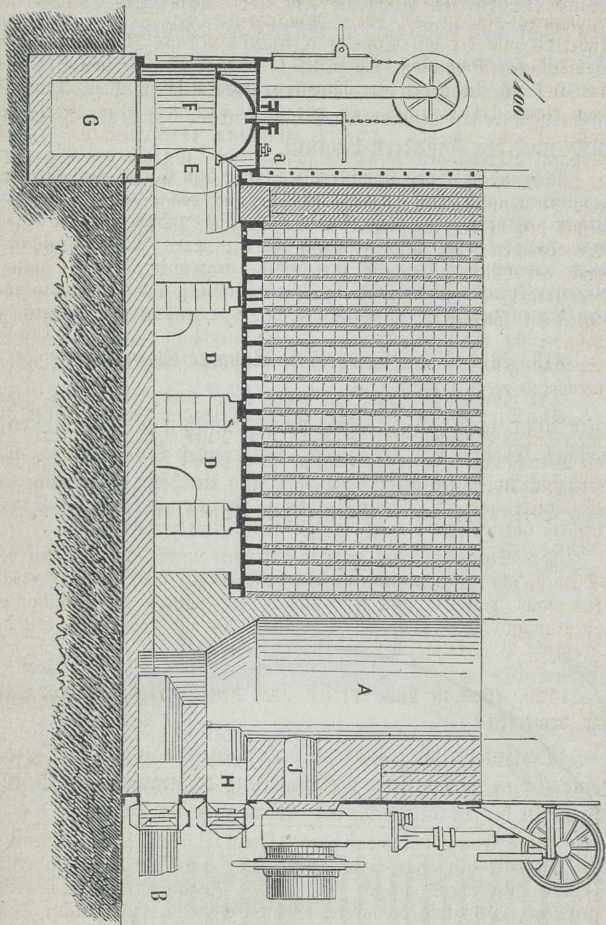


Fig. 204.

um einen an der Seite liegenden, etwas weiteren Canal gruppirt sind.

Dieser Canal A von 1,5 m Weite steigt vom Boden des Apparates bis an die obere Niveaugrenze der Steinschichten und führt die aus der mit Schieber versehenen Leitung B ausströmenden gasförmigen Brennstoffe bis unter die Haube C des Apparates, von wo aus sie sich durch die zahlreichen quadratischen Steinzüge nach dem Raum DD herunterziehen und durch das Rohr E in den Ventilkasten F und von da nach dem Essencanal G entweichen. Ist der Apparat glühend geworden, so schließt man zunächst den Canal B, dann den darüber befindlichen Canal H, durch welchen die Heizgase mit Verbrennungsluft versorgt werden, endlich die Glocke in F und öffnet den in der Abbildung nicht sichtbaren Zuflußcanal des kalten Windes (der neben F liegt) sowie den Canal J, der die erhitzte Luft nach der Windleitung des Schachtofens führt. Der Wind nimmt denselben Weg wie die Gase, nur in umgekehrtem Sinn, und passiert zuerst die Steinzüge, dann den Canal A. Auf dem Ventilkasten F befindet sich ein kleines Ventil a zur Ausglei chung innerer und äußerer Spannungen, so daß Explosionen und Luftauffaugungen vollständig vermieden werden können.

Die Dimensionen des Apparates sind neuerdings andere geworden; man hat das Verhältniß der Höhe zum Durchmesser gesteigert, um die Berrichtung besser auszunutzen. Der äußere Durchmesser des hier skizzirten Apparates beträgt 7,9 m und seine Höhe 8 m; man hat die letztere aber in neuerer Zeit bis 16 m gebracht, ohne den Durchmesser, überhaupt die Horizontalquerschnitte zu verändern.

Der Steinversatz der Züge war früher durchbrochen wie bei den Siemens'schen Regeneratoren (Frage 264); im Interesse der Haltbarkeit macht man die Züge jetzt mit vollen Wänden und gewinnt an Ziegelmasse, was man an Oberfläche einbüßt, abgesehen von der größeren Bequemlichkeit beim Reinigen der Züge.

420. Was ist noch speciell über den Betrieb des Apparats zu bemerken?

Die Cowper'schen Apparate verlangen, um ungestört zu gehen, eine gewisse Vorsicht in der Behandlung der Klappen und Ventile sowie in der Vorbereitung d. h. Reinigung des Brennstoffs.

Jeder Apparat hat wie in voriger Frage erläutert, fünf mit Ventilen verschließbare Zugänge, von denen jeder einzelne dem bestimmten Zwecke entsprechend gebaut ist. Diese Zugänge werden bei eingetretener Weißgluth der oberen Steinschichten in nachstehender Folge behandelt:

- Schließen der Gasklappe;
- Schließen der Luftklappe;
- Schließen des Schornsteinventils;

Öeffnen des Kaltwindventils;

Öeffnen des Heißwindventils, wonach der Apparat vollkommen „in Wind steht“, wie man sich ausdrückt. Bemerket man an der Gluthfarbe der oberen Steinschichten eine solche Temperaturabnahme, daß die Entzündungstemperatur der Gase nahezu erreicht sein kann, so wird nach Schließen der Windventile das Gleichgewicht des inneren und äußeren Druckes durch Öeffnen von a hergestellt; dann erst kann man wieder „in Gas umstellen“. Der Centralcanal wenigstens muß noch so heiß sein, daß die Gase beim Eintritt in den Apparat sich entzünden können.

Obwohl man sich bemüht, die Gase durch Waschapparate u. s. f. so viel als möglich von dem Staub zu reinigen, ehe man sie in den Apparat leitet, so muß ein jeder Cowper'scher Apparat doch periodisch gereinigt werden und es ist deshalb eine Reserve nothwendig.

Man rechnet für jeden Betrieb d. h. für jeden Schachtofen einen Apparat „in Gas“, einen „in Wind“ und einen zur Reserve. Bei größeren Anlagen vermindert sich die Zahl, weil stets nur ein Reserveapparat nothwendig ist, auch wenn zwei, drei und mehr Apparate „in Gas“ wie „in Wind“ stehen.

421. Wie ist der Effect der Cowper'schen Apparate zu bestimmen?

Gruner hat einen 8 m hohen Cowper'schen Apparat in seiner Wirkung der Art veranschlagt, daß er zunächst $\frac{7}{16}$ des Innenraums als Steinzugmasse herausrechnete, dazu eine gewisse Größe für die Wand des Hauptzugcanals addirte, das Gewicht der Masse ermittelte und unter Annahme einer Temperaturerhöhung des Windes von 800° die Temperaturverminderung bestimmte, welche die Steinmassen durch diese Wärmeübertragung erleiden würden.

Bernachlässigt man die Wärmeaufnahme der feuerfesten Garnitur des Mantels, welche doch den Strahlungsverlust decken muß, so ergeben sich

für die Ziegelmasse der Züge 118 Cubikmeter

für die Wand des Hauptcanals 16 „

Zusammen 134 Cubikmeter, welche etwa 241000 Kilogramm wiegen.

Beträgt die Luftlieferung 180 Cubikmeter pro Minute oder

10800 „ pro Stunde, d. h.

13390 Kilogramm und ist die Wärme-

capacität der feuchten Luft = 0,239, die der Steine = 0,23, so hat man die Gleichung:

$$13390 \times 0,239 \times 800 = 241000 \quad 0,23 \times x$$

und die durchschnittliche Temperaturverminderung des Comper'schen Apparates würde eine Stunde

$$\frac{1339 \cdot 0,239 \cdot 8}{241 \cdot 0,23} = 46^\circ \text{ betragen.}$$

In Wirklichkeit ist die Temperaturerniedrigung am Eintritt des Windes viel bedeutender als in den oberen Steinlagen, die bis zur Umstellung der Klappen hell glühend bleiben.

Bei höheren Apparaten ist das Verhältniß noch günstiger und man kann die Zeiträume zwischen den Wechsellagen der Klappen noch weit mehr ausdehnen.

422. Wie ist die Einrichtung des Whitwell-Apparates beschaffen?

Der Whitwell-Apparat, dessen äußerer Zusammenhang mit einem Eisenhochofen bereits in Fig. 96 dargestellt worden ist, besitzt die in den Fig. 205 und 206 im Aufsicht und Grundriß wiedergegebene innere Einrichtung*); er ist Nichts weiter als ein gemauertes durch drei Wände gefammertes Schlangrohr, das in einem cylindrischen Gehäuse excentrisch eingeschlossen ist und einerseits einen Gaszugang und einen Windausgang, andererseits einen Gasabzug und Windzugang besitzt, während die Verbrennungsluft für das Heizgas seitlich an mehreren Stellen eingeführt wird.

Aus dem Canal AI, der unterirdisch angelegt ist, strömen die Heizgase durch den Ventilkasten A in die erste Kammer B des Apparates, sie mischen sich hier mit der in der ersten Quierwand vorgewärmten, durch das Ventil C regulirbaren Verbrennungsluft, welche durch die Oeffnungen aa in das Innere tritt, und beginnen zu brennen. Weitere Luftzuführungen sind, außer bei d durch das Ventil F, noch bei b im zweiten und bei cc im fünften Kammerraum, wohin durch ein besonderes Einlassventil D die Regulirung stattfindet. Die verbrannten Gase ziehen bei E in den Fig. 207 (S. 396) dargestellten Ventilkasten und in der Richtung des Pfeils nach dem ähnlich wie AI unterirdisch angelegten Rauchcanal, der mit einer Esse in Verbindung steht. Die drei Längswände, die den Apparat in vier Zweige theilen, reichen nicht bis an die Gewölbe und ebenso wenig bis an den Fußboden; auch sind sie in der ersten und in der letzten Kammer durchbrochen, um jede Ausgleichung zu ermöglichen.

*) Wegen Raummangels mußte an den beiden Abbildungen die Windzuführung und der Gasabzug fortgelassen werden, die aber in Fig. 207 detaillirter besonders dargestellt sind.

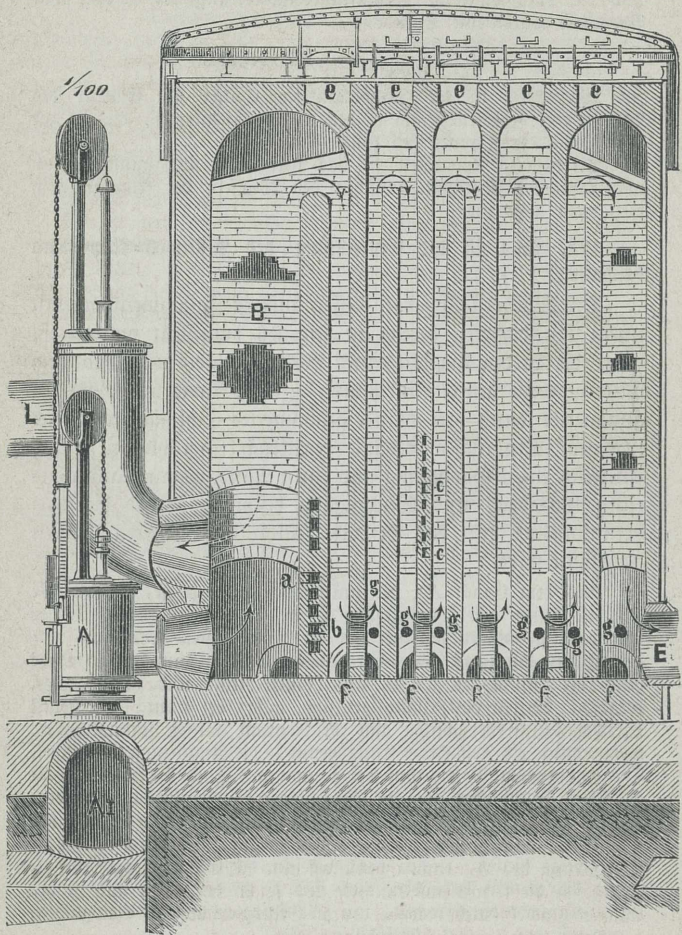


Fig. 205.

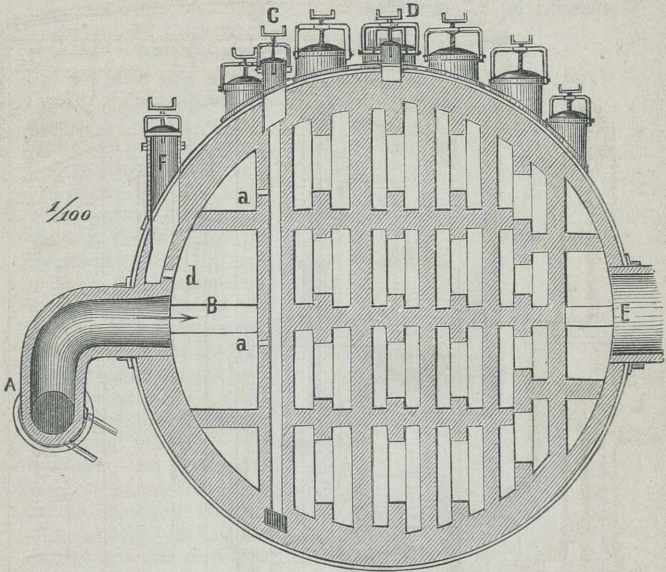


Fig. 206.

Die Oeffnungen e, e, e . . . in den Gewölbscheiteln und f, f, f . . . am Fuß der Kammern dienen zum Reinigen des Apparates, während die runden Löcher g, g, g . . . in der einen Seitenwand zur Temperaturbeobachtung und zur Controle des Apparates benutzt werden.

Die Verschlüsse des Apparates sind zum Theil Schieber, wie sie bei G, H in Fig. 207 dargestellt sind, zum Theil Ventile; diese letzteren sind entweder einfache Teller, wie J in Fig. 207 oder hohle, mit Wasser gekühlte Constructionen, wie K in Fig. 208 (der vergrößerten Darstellung des Windauslaßventilkastens). Die Bewegung der Verschlüsse geschieht, wie aus den Figuren leicht ersichtlich, mit Zahnstangen und Getriebe, wobei durch Gegengewichte an Kettenrollen die Beweglichkeit möglichst gesteigert wird.

Die bleibenden Verschlüsse, wie e und f (Fig. 205), sind mit Bügeln und Schrauben befestigt, in der Art der Mannlochdeckel der Dampfkesselanlagen.

Die Dimensionen des Apparates sind gewöhnlich 6,7 m äußerer Durchmesser bei 8,7 m Höhe.

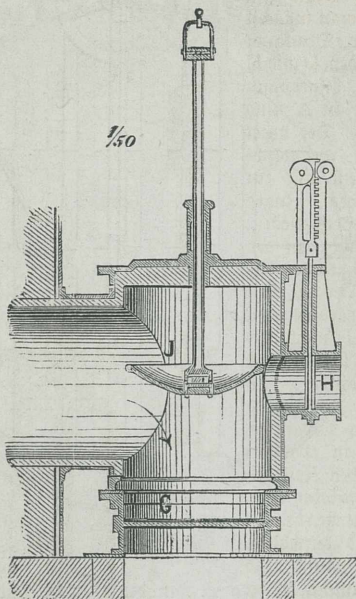


Fig. 207.

423. Was ist über den Betrieb der Whitwell-Apparate zu bemerken?

Der Betrieb der Whitwell-Apparate ist ähnlich wie der der Cowper'schen Apparate, nur ist Windzulaf H und Gasabzug G in einem Ventilgehäuse (Fig. 207) vereint, während Gaseinlaf A und Windauslaf L (Fig. 205) getrennt angebracht sind.

Wie bei dem Cowper'schen Apparat schließt man nach Eintreten der erforderlichen Glühhitze (die indessen niemals die Weißgluth erreicht) zunächst die Gasklappe in A, dann die Lufteinlässe C, D, F (Fig. 205) und die Schornsteinklappe C (Fig. 207); dann öffnet

man den Windschieber H (Fig. 207) und das Heißwindventil K (Fig. 208). Bei dem Wiederumsetzen auf Gas lüftet man zunächst C, D, F zur Druckausgleichung, nachdem D und K verschlossen sind, öffnet dann das Gasventil in A und das Ventil J. Der unter dem letzteren befindliche Schieber G dient nur zur Regulirung des Zuges während der Heizperioden, er participirt nicht an den Wechselbewegungen des Betriebes. Eine etwaige Reinigung des Apparates kann man, wenn sich nicht feste Ansätze gebildet haben, durch Ausblasen bewirken — indem man, vor der Benutzung des heißen Apparates, bei verschlossenen Gasventilen zunächst den Kaltluftschieber und eine oder mehrere der Oeffnungen f, f, f . . . öffnet und durchbläst, dann letztere schließt und das Heißwindventil K öffnet. Der Effect wird natürlich durch ein solches Ausblasen des Apparates beeinträchtigt und es erscheint bei der Anlage der Whitwells ebenso rathsam, auf gründliche Gasreinigung zu bestehen, wie bei den Cowper's.

424. Wie ist der Effect der Whitwell'schen Apparate zu bestimmen?

Der Effect der Whitwell'schen Apparate kann

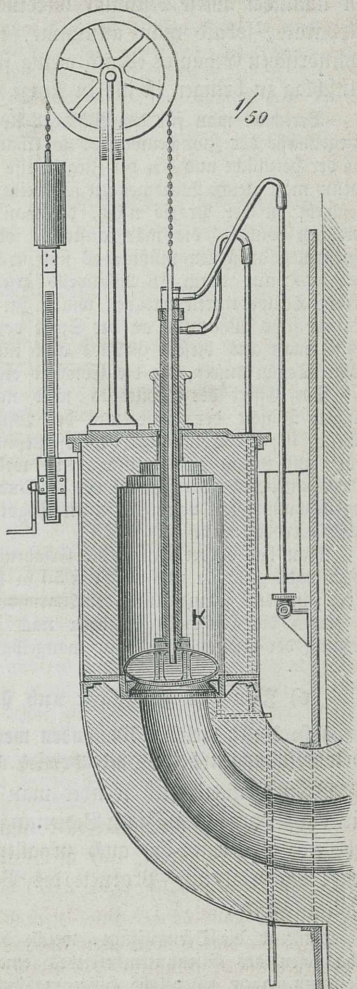


Fig. 208.

in ähnlicher Weise bestimmt werden wie der der Comper'schen Apparate, sobald man annimmt, daß die Ausmauerung des cylindrischen Gehäuses ebenso wenig für die Winderwärmung in Anschlag zu bringen ist als in Frage 421.

Berechnet man für den Whitwell-Apparat die Heizfläche und die Ziegelmasse der Zwischenwände, so erhält man pro Windeinheit nur $\frac{2}{9}$ der Heizfläche und $\frac{5}{18}$ der Ziegelmasse des Comper'schen Apparates, wenn man gleiche Windmengen für beide Apparate voraussetzt. Dies geschieht in der Praxis nicht, da man sonst die Temperaturen nie erreichen würde, die man anstrebt, oder eine kolossale Zahl von Apparaten aufstellen müßte; es sind in der That nach Obigem 4—5 Compers nur durch 18 Whitwells ersetzbar, sobald man absolut gleiche Temperaturen erreichen will. In der Praxis, wo man erst bis zu sechs Whitwells an der Stelle von zwei Compers gelangt ist, erzielt man aus diesem Grunde auch nie mit gleicher Sicherheit die hohen Temperaturen, die die Compers ergeben.

Der Effect der Whitwells wird noch beeinträchtigt durch den langen Traject der Gase und des Windes, der dem Zuge nicht günstig ist; die Totallänge ist einschließlich der Zugänge und Füchse wohl auf 80 m zu veranschlagen, welche unter Annahme eines durchschnittlichen Querschnitts von 1 Quadratmeter und einer Durchzugs geschwindigkeit von 5 m einen Zugverlust von 0,0005 m Quecksilber hervorbringen.

Man hat in der Praxis die Erfahrung gemacht, daß 30 m hohe Essen nicht genügen und daß erst 50 m hohe Essen bessere Resultate geben; ist der Essenzug hinter den Warmwindapparaten nicht genügend, so ziehen die Hochofengase lieber nach den Dampffesseln und die Heizung der ersteren findet nur mangelhaft statt.

c) Von den Aufzügen und Transportmitteln.

425. Unter welchen Umständen werden Aufzüge und Transportvorrichtungen beim Hüttenbetrieb angewendet?

Beim Hüttenbetrieb wendet man Aufzüge und Transportmittel außer zur regelmäßigen Bedienung der Oefen, deren Gichtenhöhe eine bedeutende ist, auch zu allen Ortsveränderungen an, welche Material und Producte des Betriebes regelmäßig oder zufällig fordern.

Während die Ofenaufzüge, welche besonders bei den größeren Schachtofen des Eisenhüttenbetriebes eine bedeutende Entwicklung bekommen haben, eigentliche Hüttenmaschinen sind, unterscheiden sich die sonstigen Transportmittel zum Lastenheben wie zum Fortbewegen in

feiner Weise von den gewöhnlich angewandten Constructionen gleicher Stärke. Es sind dieses alle Arten Winden, Krähne, einfache Flaschenzüge, dann fahrbare Gefäße von der einfachen Schubkarre bis zum Eisenbahnwaggon. Besonders der Eisenhüttenbetrieb macht mit seinen zu bewältigenden großen Massen die Einrichtung sehr wirksamer Transportmittel nothwendig, die sich an die öffentlichen Transportbahnen und Wege in der bequemsten und förderlichsten Weise anschließen müssen.

426. Welche Arten von Aufzügen sind zu unterscheiden?

Man unterscheidet nach ihrem Constructionsprincip eine Reihe der verschiedensten Aufzüge, von denen aber ein großer Theil nur noch in beschränkter Anwendung steht, einige sogar ganz verlassen sind.

Vom einfachen Handhaspel ausgehend, welcher mit einem um eine Welle oder Trommel geschlungenen Seil, an dessen zwei freien Enden die Gefäße zur Aufnahme des zu hebenden Materials hängen, abwechselnd das eine dann das andere Gefäß hebt — hat man mit Wasserrädern und Dampfmaschinen getriebene raschlaufende Aufzüge construirt, welche unter die besten und einfachsten Constructionen gehören.

Ist wenig Kraft disponibel, so zieht man die Last nicht vertical auf, sondern läßt sie auf einer schrägen Bahn den Weg zurücklegen; diese Anordnung ist so lange gut, als das mehr erforderliche Terrain und die bauliche Anlage solcher schiefen Ebenen billiger sind als die für einen Verticalaufzug mehr erforderliche Kraft. Das Gegentheil dieser Voraussetzung ist der gewöhnlichere Fall.

Anderer Aufzüge beruhen darauf, daß man die auf einem Fördergestell befindliche Last durch einen mit Wasser aus einem Druckreservoir gefüllten Kasten, der an dem anderen Fördergestell hängt, heraufzieht, während der Wasserkasten der belasteten Seite augenblicklich leer ist und man mit einer an der die beiden Gestelle verbindenden Seiltrommel angebrachten Handbremse bremst. Diese Art Aufzug, die man auch Wassertonnenaufzug genannt hat, ist für Gegenden mit strengem Winter unverwendbar, da das Gefrieren des Wassers in den Leitungen nach dem Hochdruckreservoir trotz aller Vorsicht leicht eintritt und die Röhren sprengt. Auch kostet das Wasserheben nach dem noch etliche Meter über der Dsengicht befindlichen Hochdruckreservoir eine Menge Dampf, die sich vortheilhafter in der Anlage eines Dampfhaspels verwerthet.

Für geringere Höhen, große Lasten und recht sichere Bewegung wendet man gern Krafttransmission durch Wasser an, indem man in einem hinreichend hohen Cylinder einen Kolben durch Wasser hebt und senkt, das aus einer unter hohem Druck stehenden Leitung zugelassen oder abgesperrt werden kann. Eine besonders ausgiebige Verwendung findet dieses Princip bei der Fabrication des Stahls nach

der Bessermethode und ist auch erst nach dem Bekanntwerden und der Verbreitung derselben zu weiterer Geltung gekommen. Indes wendet man diesen Betrieb durch gedrücktes Wasser auch für Ofenbedienung an und hebt damit die Schmelzgiichten über 16—20 m hoch.

Das neueste Princip für Aufzüge ist die Anwendung der Luft zum Bewegen der Massen. Es existiren zweierlei Ausführungen dieses Princip's; einmal wird Luft unter eine mit Wasser gefüllte Glocke gedrückt, die auf ihrer oberen Fläche die Gichtenschale trägt, dann wird der größte Theil der zu hebenden Last durch ein Gegengewicht ausgeglichen, das in einem oben offenen Rohr luftdicht auf- und niedergleitet und abwechselnd, durch Luftcompression nach oben, durch Luftverdünnung nach unten, bewegt wird.

Von diesen beiden Anordnungen ist die erstere die kostspieligste, außerdem arbeitet sie sehr langsam, wenn nicht bedeutende Luftcompressoren vorhanden sind, sondern (wie es vorwiegend der Fall ist) das Gebläse neben seiner sonstigen Leistung auch noch diese verrichten muß. Dann erfordert die ganze Construction die Anlage eines weiten Brunnens zur Aufnahme der Glocke beim tiefsten Stand der Förderschale; dieser Brunnen muß etliche Meter tiefer sein als die Hubhöhe (15—20 m) des Apparats es beträgt, und bietet in der Anlage bei schlechtem Grund bedeutende Schwierigkeiten. Die neueren pneumatischen Aufzüge arbeiten dagegen sehr sicher und billig; um das cylindrische Rohr mit dem als Gegengewicht fungirenden Kolben gleitet die geräumige Bühne auf und nieder. Sie ist in den vier Ecken mit Seilen aufgehängt, welche oben über vier Seilscheiben gelegt sind und sich mit den anderen Enden auf dem Kolben vereinigen. Das Seilscheibengerüst steht auf der die Ofen verbindenden Gichtbrücke und die einfach wirkenden Luftpumpen nebst Betriebsdampfmaschine vor dem Fuß des Aufzuges, so daß der Leiter der Maschine stets die Bewegung vor Augen hat.

Das Kolbengewicht liegt in der Mitte zwischen dem Gewicht der mit den vollen Gefäßen und dem Gewicht der mit den leeren Gefäßen belasteten Schalen, so daß sich die Leistung des Apparates bei jedem Auf- und Niedergang nur auf das Heben des halben Gewichtes der Füllung der Fördergefäße und die Ueberwindung der Reibungswiderstände beläuft. Die alten Taucherglockenaufzüge mußten neben der Last der eigentlichen Gicht noch die des Apparates und der Gefäße schleppen.

d) Von den Bearbeitungsapparaten.

427. Welche Bearbeitungsapparate sind hier anzuführen?

Die in der Hütten-technik angewandten Bearbeitungsapparate sind sehr zahlreich und dienen abgesehen von den zur Material-

vorbereitung nothwendigen, von denen die Fig. 36—45 einen Begriff gab, zur Bearbeitung und Fertigstellung roher Metalle.

Sie sind in ihren Constructionsprincipien und ihrer Bauart, wie alle technologischen Hülfsmittel, im höchsten Grad abhängig von der Beschaffenheit des zu bearbeitenden Stoffes und der Gliederung des ganzen mechanischen Bearbeitungsprocesses.

Ohne eine ausführliche Darlegung beider bestimmenden Momente läßt sich gar nicht die Grundlage zu einer Detailbehandlung gewinnen, weshalb an dieser Stelle nur die Aufzählung der Hauptgruppen und ihrer Unterscheidungsmerkmale möglich ist, die Beschreibung einzelner Details aber gehört in das Bereich der speciellen Betriebs schilderungen.

Zur mechanischen Reinigung wie zur Verdichtung der Rohmetalle, zur Umgestaltung der Rohproducte in Mittel- und Fertigproducte bedient man sich hauptsächlich zweierlei Arten von Hauptapparaten: der Hämmer- und der Walzwerke. Daneben finden zum Zerschneiden, Zurichten und Vollenden eine größere Zahl von Neben- oder Hülfapparaten Verwendung.

428. Wie sind die in der Hütten technik gebrauchten Hämmer eingerichtet?

Die Hämmer der Hüttenwerke sind Borrichtungen, welche aus einem schweren eisernen Block, der, in geeigneter Weise geführt, abwechselnd gehoben und auf einen Amboss niederfallen gelassen wird, und der zur Hebung des Hammers nothwendigen Kraftmaschine bestehen.

Jenachdem der Hammerblock mittelst eines massiven Stiels um eine Aze sich bewegt, oder in einem Gerüst vertical auf- und abgeführt resp. fallengelassen wird, unterscheidet man **Stielhämmer** und **Rahmenhämmer**. Constructiv sind die letzteren die besten und auch in Bezug auf die Wirkungsgrenze gestatten sie dem Erbauer mehr Freiheit als die ersteren. Die Stielhämmer, bei deren Bau viel Holz verwendet wird, gehören der Entwicklungszeit des Hüttengewerbes an und werden meist mit Wassertreibwerken bewegt. Die Rahmenhämmer, bei deren Bau nur Metall angewandt wird (Holz, Kautschuk, Hanf zc. nur bei untergeordneten Theilen), schließen die große Mehrzahl der heute vorhandenen und betriebenen Constructions ein. Zu ihrer Bewegung wird meist der Dampf angewendet, selten treten andere Mittel auf.

Ein Stielhammer (zum Erzpochen) ist bereits Fig. 38 und 39 dargestellt; ein gleicher Apparat zum Metallschmieden unterscheidet sich nur durch Form der Hammerbahn und der des Ambosses von dem abgebildeten Beispiel.

Die Construction der Rahmenhämmer wird bei der Behandlung der Hüttenkunde des Eisens zur Besprechung kommen, da die größte Zahl der im Hüttenwesen angewandten Dampfhammer bei der Bearbeitung des Eisens und Stahls im Gebrauch stehen.

Während das Gewicht der Stielhammer zwischen 15 und 300 Kilos sich bewegt und nur bei Stirnhämmern zum Luppenzängen bis auf 4000 Kilo steigt, baut man die Rahmenhammer und speciell die Dampfhammer in sehr viel weiteren Grenzen und geht von 15 und 20 Kilo (selbst noch weniger) bis zu 50,000 Kilo und darüber.

Die Bearbeitung des Eisens verlangt selten Hämmer, die schwerer sind als 10,000 Kilo, während das Stahlschmieden nur in kleinen Dimensionen bei diesen leichteren Constructionen bewirkt werden kann, die Fabrication der schweren Stahlartikel dagegen die Riesenhämmer erfordert, die man in den Ateliers von Krupp in Essen, Petin Gaudet in St. Chamond und in den Arsenalen von Woolwich (England), Perm (Ural) u. a. a. D. anstaunen kann. Besondere Ausnahmeconstructions ergeben sich noch durch die Bewältigung großer Schweißungen, z. B. der Verschweißung großer eiserner Wagen- und Triebräder nach bestimmten Methoden u. s. f.

429. Was sind Walzwerke?

Unter Walzwerken versteht man maschinelle Anlagen, welche zwischen zweckmäßig gelagerten parallelaxigen Walzen von hartem Metall andere an sich weiche und dehnbare oder durch Erhitzung weich und dehnbar gemachte Metalle strecken und in stab- resp. plattenförmige Handelswaare verwandeln*).

Noch mehr als bei den Hämmern kommt es bei den Walzwerken auf die Eigenthümlichkeiten des zu bearbeitenden Materials an, ob schon die allgemeine Anordnung und einzelne Details der Walzwerke allen Arten dieser Vorrichtung gemeinsam sind. Um unter den Walzwerken bestimmte Profile hervorzubringen, werden in die glatten cylindrischen Flächen der Walzen Furchen eingedreht, die man „Kaliber“ nennt und welche in einer bestimmten Folge den Querschnitt eines Stabes verkleinern und umgestalten. Der Materialstab passirt allmählich die auf einander folgenden Kaliber und verwandelt sich in kurzer Zeit in das zu erzielende Fertigproduct. Man ist z. B. ganz gut im Stande, mit einem aus zwei Walzenpaaren bestehenden Walzwerk in drei Minuten zwei Eisenbahnschienen zu walzen. Durch

* Das Erzwalzwerk Fig. 41 wird zu einem Metallwalzwerk, sobald die Walzen über einander liegen und in starken rahmenartigen Ständen gelagert sind. Skizzen der Walzwerksarten werden in dem Katechismus für specielle Hüttenkunde mitgetheilt werden.

Hilfsmittel aller Art hat man es zu Wege gebracht, über 1000 Stäbe stählerne Schienen mit einer Walzwerksanlage in ca. 24 Stunden bequem herstellen zu können, also mehr als $11\frac{1}{2}$ Kilometer Doppelgeleise.

Die Kalibrung der Walzen d. h. die richtige Verzeichnung der Walzenkaliber, die Bestimmung ihrer allmählichen Querschnitts-abnahme und ihrer Formveränderung bildet ein sehr wichtiges Moment der Walzkunst und ist von sehr verschiedenen Einflüssen abhängig, welche zumeist durch Erfahrung erkannt und bestimmt werden.

Die Herstellung der Walzen aus möglichst widerstandsfähigem Material, gewöhnlich hartem Gußeisen, erfordert ebenfalls besondere Vorsichtsmaßregeln und bildet ein wichtiges Kapitel des Eisengießereibetriebes beziehungsweise des Walzwerkbaues.

Die Hauptanwendung des Walzwerksbetriebes findet bei der Verarbeitung von Eisen und Stahl statt, dann bei der Verarbeitung von Kupfer, Kupferlegierungen, Zink und Blei, in ganz untergeordnetem Maße bei der Herstellung der Münzplatten in der Bearbeitung edler Metalle.

430. Welche Nebenapparate werden bei der Bearbeitung der Metalle hauptsächlich benutzt?

Man benutzt bei der Metallbearbeitung außer Hämmern und Walzwerken noch eine große Zahl anderer Apparate, welche besonders zum Zerschneiden und Zertheilen der Zwischenproducte sowie zum Vollenden und Adjustiren der Fertigproducte dienen.

Da die Schweißbarkeit einzelner Metalle benutzt wird, um aus nicht ganz reinen und homogenen Rohproducten durch Vereinigung einzelner Stäbe und Platten Materialblöcke für die Fertigarbeiten herzustellen, so müssen Schneidvorrichtungen da sein, um die Rohstäbe oder Platten auf jede gewünschte Dimension zu bringen.

Diese Vorrichtungen, die Scheeren, schneiden das Eisen z. B. kalt entzwei, selbst wenn es bedeutende Querschnitte hat, und werden durch besondere Dampfmaschinen und sehr massige Räderübersetzungen betrieben. Man benutzt die Scheeren außer zum Kleinschneiden der Rohproducte auch zum Beschneiden der Fertigproducte z. B. der Metallbleche und giebt ihnen zu diesem Zweck eine besonders sichere Construction. Auch Schneid-scheiben wendet man zum Beschneiden von Blechen an, während man profilirte Eisen- und Stahlstäbe an den Enden mittelst

Kreisssägen von Stahl beschneidet, da hierdurch das in den gewöhnlichen Scheeren leicht eintretende Quetschen des Stabendes vermieden wird. Diese Kreisssägen schneiden das Eisen und den Stahl meist warm, sobald der noch glühende Stab das letzte Walzkaliber verlassen hat.

Andere Nebenapparate sind noch die Richtmaschinen, Ruthstoß- und Lochmaschinen, Fraismaschinen — vornehmlich, um bestimmte Profileisenarten vollkommen verkäuflich zu machen; die Pressen um feine Bleche gerade zu richten, die Blechbiegemaschinen, die Apparate zum Umbörteln und Tümpeln, die Vorrichtungen um Bleche zu wellen u. s. w., deren Betrieb bereits den Uebergang des Hüttenwesens in die mechanische Technologie bildet. Noch mag der Ziehvorrichtungen gedacht werden, welche zum Drahtziehen, zum Herstellen von Röhren, gewissen Metallprofilen zc. gebraucht werden.

Fünfter Abschnitt.

Von den Producten des Hüttenbetriebes.

431. Wie sind die Hüttenproducte im Allgemeinen zu classificiren?

Die Hüttenproducte classificirt man entweder nach dem Proceß, bei dem sie fallen, nach ihrer Zusammensetzung, ihrem nutzbaren Metallgehalt oder nach ihrer Beziehung zum Ziel der Fabrication.

Nach dem erstgenannten Gesichtspunkte unterscheidet man z. B. Bleihüttenproducte, Kupferhüttenproducte u., Röstproducte, Sublimationsproducte, Schmelzproducte; nach dem zweiten Princip Rohproducte, Zwischenproducte, Fertigproducte, Abfälle u.; in zuletzt erwähnter Hinsicht spricht man von Hauptproducten und Nebenproducten.

Es ergeben sich aus diesen gesammten Gesichtspunkten nachstehende Gruppen von Hüttenproducten:

Fertigproducte: theils Metalle, theils Metallfabrikate;

Roh- und Zwischenproducte: theils unreine Metalle und Legirungen, theils Schwefel- und Arsenmetalle, Kohlenmetalle, Metallsalze;

Abfälle: theils verwerthbare, theils nicht verwerthbare in möglichster Beschränkung der Production zu haltende Nebenproducte, deren Darstellung immer mit Verlusten verknüpft ist aber nie ganz vermieden werden kann. Außer den Schlacken gehören hierher Ofenrückstände und Sublimationen in den Feuerungsanlagen, Flugstaub und condensirter Hüttenrauch.

Die Kenntniß der Hüttenproducte ist unzertrennlich von der Charakteristik des einzelnen Hüttenprocesses; hier kann nur in großen Zügen der gemeinschaftliche Charakter angedeutet werden.

432. Welche Fertigproducte unterscheidet man?

Man unterscheidet zunächst die verkäuflichen möglichst reinen Metalle (Antimon, Arsen, Blei, Cadmium, Gold, Kupfer, Nickel, Platin, Quecksilber, Silber, Wismuth, Zink, Zinn), die nach dem Grade der Reinheit mit den Bezeichnungen fein, raffinirt, gar, roh belegt werden.

Dann unterscheidet man verkäufliche Legirungen z. B. güldisches Silber, Antimonblei, Messing, Tomback u. A.

Endlich sind als Fertigproducte zu erwähnen: metallische Verbindungen z. B. Dryde (weißer Arsenik, Glätte, Zinkoxyd), Schwefelverbindungen (Schwefelantimon, Schwefelarsen, Zinnober u. A.), Kohle- und Siliciumverbindungen (Roheisen, Stahl, Stabeisen) und Salze (Bitriole von Eisen, Kupfer, Zink).

433. Welche Roh- und Zwischenproducte kommen vor?

Die Roh- und Zwischenproducte des Hüttenbetriebes sind entweder Metalle und Legirungen oder metallische Verbindungen.

Als Metalle kommen Quecksilber und Zink vor (Quecksilberstupp und Zinkstaub), beide in feinvertheiltem Zustand mit Dryden und anderen staubförmigen Substanzen nachträglich agglomerirt und nur am chemischen Verhalten erkennbar.

Als Legirungen kommen Gold, Silber, Blei, Kupfer, Zink und Zinn vor (güldisches Silber, gold- und silberhaltiges Werkblei, Blicksilber, Gold- und Silberamalgam, Schwarzkupfer, Tropfzink, Rohzinn).

Als Verbindungen unter den Roh- und Zwischenproducten treten Dryde, Schwefel-, Phosphor-, Arsen-, Antimonmetalle, Kohlenstoff- und Siliciumverbindungen und Salze auf, deren Entstehung und Zerstörung bereits in den Fragen 40—57 vielfach erörtert worden ist. Hier braucht nur erwähnt zu werden, daß man Rohproducte

als Dryde (Glätten, Aschen, Hammerschlag, Sinter) bei der Blei- und Kupfer-, Zink- und Eisensfabrikation (Lech und Stein);

als Schwefelmetalle bei der Blei-, Kupfer- und Silberfabrikation;

als Phosphormetalle bei der Eisenerzverarbeitung;

als Arsen- und Antimonmetalle (Speisen) bei der Blei- und Kupferverarbeitung;

als Kohlenstoff- und Siliciummetalle bei der Eisensfabrikation;

als Salze bei verschiedenen Röst- und Schmelzprocessen, namentlich aber bei nassen Hüttenprocessen (zur Kupfer-, Silber- und Goldgewinnung) hauptsächlich gewinnt.

434. Was ist über die Abfälle der Hüttenindustrie zu sagen?

Die Abfälle der Hüttenindustrie, entweder Erzeugnisse von untergeordneter Bedeutung oder nothwendige Producte der Ausscheidungsprocesse des Metalls aus den Erzen sind relativ werthlose Substanzen. Relativ werthlos sind sie zu nennen, weil man immer mehr dazu kommt, die ursprünglich behauptete absolute Werthlosigkeit industrieller Abfälle als eine falsche Ansicht zu erkennen und sich bemüht, Verwendungen für diese Abfälle zu schaffen.

Außer den mannigfachen metallischen und anderen Ansätzen und Rückständen in den Apparaten sind die in enormen Quantitäten bei den Schmelzprocessen erfolgenden Schlacken als Abfälle zu betrachten. Ihre Darstellung ist unvermeidlich, sobald die Nebenbestandtheile des Erzes durch den Schmelzproceß gehen müssen, und oft wird an Schlacken die zehnfache Menge des schließlich ausgebrachten Metalls producirt.

435. Welche Abfälle sind zu unterscheiden?

Es sind unter den Abfällen zu unterscheiden:

Ofenbrüche: amorphe krystallinische und krystallisirte Bildungen im Innern des Ofens, gewöhnlich durch Sublimation verflüchtigter Producte des Schmelzprocesses oder auch durch Eindringen heißflüssiger Massen in Spalten des Gemäuers, der Heerd- und Fundamentmassen entstanden;

Ofensauen, Härtlinge, Geschur und Gekräz: nichtschmelzbare oder strengflüssige Ansammlungen von Producten und Rückständen des Schmelzprocesses untermengt mit Abfällen des Baumaterials der Ofen;

Flugstaub, Ofenrauch, Hüttenrauch, Sichtstaub: condensirte Metalloxyde, abgeriebene und durch den Ofenzug mitgerissene feine Staubtrümmer der Beschickungsmaterialien, welche bei stärkerer Abkühlung der Ofengicht im Innern des Ofens als Ofenbruch sich festsetzen würden, bei geregelter Gasabzug aber als Staub sich sammeln lassen und in den Waschapparaten sich vorfinden (Fr. 238).

Rückstände: erfolgen bei Ausfäigerungs- und Sublimationsprocessen sowohl als bei Lösungs- und Extractionsprocessen, wo in einer genügend vorbereiteten Materialmasse das zu gewinnende Product in einem anderen Aggregatzustand abgetrennt und abgetrennt ist;

Schlacken: das hauptsächlichliche Nebenproduct der Schmelzprocessen, nur selten in den Betrieb zurückkehrend (Blei- und Kupferhüttenproceß, Eisenfrischproceß zc.), meist als nicht metallhaltig abgesetzt, oder als Baumaterial (für Wege zc.) verwertbet.

436. Welche Substanzen kommen als Ofenbrüche vor?

Als Ofenbrüche treten einfache Körper, Legirungen, Dryde, Schwefelmetalle, Chlorverbindungen und Salze auf.

Unter den einfachen Körpern sind besonders zu erwähnen: der Kohlenstoff (Graphitabscheidungen in verschiedenen Ofen des Eisenhüttenbetriebes), Eisen, Blei und Zink (in Eisenhochöfen), Cadmium (Bleiöfen).

Die als Ofenbrüche bekanntesten Legirungen sind Antimonblei in Bleiöfen, eisenhaltiges Blei in Eisenhochöfen.

Die häufig vorkommenden Dryde sind Zink- und Cadmiumoxyd (Blei-, Zink-, Eisenschmelzöfen); Eisenoxyd und Eisenoxydul (Kupfer- und Eisenschmelzöfen), Kupferoxyd (Kupferrostoöfen); seltener finden sich Zinnoxyd (Kupferöfen), Titansäure (als Rutil in Eisenhochöfen), Kieselsäure (in Eisenhochöfen) arsenige Säure (in Kupfer- und Bleiöfen), Antimonoxyd (in Antimonöfen). Als Schwefelmetalle sind anzuführen: Schwefelzink, Schwefelantimon, Schwefelblei (in Blei-, Kupfer- und Eisenschmelzöfen), Schwefelkupfer, Kupferkies und Buntkupfererz (in Kupferschmelzöfen), Schwefelcalcium und Schwefelmangan (in Eisenhochöfen), zusammengesetztere Schwefelmetalle z. B. Schwefelkupferblei, Schwefelkupferantimonblei (in Kupferflammoöfen). Die Chlorverbindungen treten besonders in Eisenhochöfen auf (Chlorkalium, Chlornatrium), seltener in Bleiöfen (Chlorcadmium). Unter den Salzen sind Sulfate (Bleiöfen), Molybdate (Bleiöfen), Carbonate, Phosphate, Silicate (Eisenhochöfen und Kupferöfen) anzuführen.

Ganz eigenthümlich sind die Cyanverbindungen, hervorgegangen aus einer Wirkung von Basen auf gasförmige Kohlenoxyde und Wasserdampf; bekannt ist außer dem Cyankalium, das in sämt-

lichen Schachtföfen austritt, das Hochofentitan (Titanit und Stickstofftitan).

437. Was ist über Geschur, Gekräz, Ofensauen und Härtlinge zu bemerken?

Während Geschur und Gekräz hauptsächlich bei der Vornahme regelmäßiger mechanischer Ofenarbeiten sich bemerkbar machen, finden sich Ofensauen und Härtlinge als Resultate größerer Betriebscampagnen vor und nehmen oft bedeutende Dimensionen an.

Die meisten dieser Abfälle gelangen in den Betrieb zurück, da sie stets metallhaltig sind; bestehen sie aus gesinterten Mischungen von Metallen und verschiedenen Unreinigkeiten, so bereitet man sie durch Pochen, Waschen und Schlämmen vor. Die Ofensauen und Härtlinge werden bei manchen Kupfer-Hüttenprocessen absichtlich gebildet, um das Eisen zur Abscheidung zu bringen, während sie bei der Zinn- und Eisenschmelzerei, sowie bei fehlerhafter Kupfer- und Bleiarbeit, ohne Zuthun des Technikers als nicht angenehme Begleiter des Betriebes sich finden. Sie alteriren das Gestell des Ofens in Gestalt und Größe und führen häufig ein vorzeitiges Ende der Campagne herbei. Bei dem Eisenhochofenbetrieb bilden sie Massen, deren Gewicht 30—40,000 Kilo überschreiten kann, und die man erst seit Erfindung der starken Sprengmittel (Nitroglycerin und Dynamit) zerkleinern und wieder verwertthen kann.

438. Welche Substanzen treten im Flugstaub und Hüttenrauch des Betriebes auf?

Der Flugstaub oder Hüttenrauch enthält die festen und condensirten Bestandtheile des aus den Ofen entweichenden Gasstroms; außer Metalloxyden, die durch Verbrennen von Metalldämpfen entstehen, findet man in dem Flugstaub feingeriebene Bestandtheile der Beschickung und der Brennstoffe, auch Brennstoffaschen und flüchtige Verbindungen, die aus der Reaction des Ofens hervorgegangen sind.

Der Flugstaub der Blei-, Silber- und Kupferöfen enthält silberhaltiges Bleioxyd, Zinkoxyd, Carbonate, Sulfate, Antimoniate und Arseniate der verschiedenen Metalle, daneben Erzstaub und andere mechanische Verunreinigungen; häufig concentriren sich seltene Bestandtheile der Erze in dem Flugstaub, z. B. Selen, Thallium, Indium.

Der Gichtstaub der Eisenhochöfen besteht vorwiegend aus Zinkoxyd, Eisen- und Manganoxyd, seltener Bleioxyd, neben größeren Mengen von Kieselsäure (aus flüchtigen Siliciumverbindungen durch Wasserdampf ausgeschieden) und mechanischen Nebenbestandtheilen.

439. Welche Rückstände sind von technischer Wichtigkeit?

Die Rückstände der Saigerungs-, Destillations- und Extractionsproceſſe ſind bei vollkommener Ausführung des Proceſſes werthlos und können abgeſekt werden; häufig enthalten ſie noch Rückhalte an demſelben Metall, bei deſſen Gewinnung ſie fallen, oder an einer anderen gewinnbaren Subſtanz, und werden dann einer weiteren Verarbeitung unterworfen.

Die Rückstände der Zinkgewinnung aus Galmeien und ſilberfreien Blenden ſowie die Rückstände der Erzamalgamation werden z. B. abgeſekt, während ſilberhaltige Rückstände der Zinkgewinnung, Rückstände der Bleiarbeit u. A. bei anderen Hüttenproceſſen mit verarbeitet oder einer beſonderen Behandlung unterworfen werden.

440. Waß iſt im Allgemeinen über die Schlacken zu ſagen?

Die Schlacken der Hüttenproceſſe ſind glasartige Miſchungen von verſchiedenartig conſtituirten Silicaten der verſchiedenſten Baſen. Ihre Zuſammeneſetzung iſt bedingt durch die im Erze oder der zu ſchmelzenden Subſtanz befindlichen Nebenbeſtandtheile und die diſponiblen Zuſchläge, hauptſächlich aber durch die Reactionstemperatur deſ betreffenden Proceſſes, welcher der mit der Zuſammeneſetzung variirende Schlackeſchmelzpunkt mehr oder minder genau entſprechen muß.

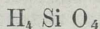
441. Wie laſſen ſich die Schlacken am Beſten claſſificiren?

Abgeſehen davon, daß man die einzelnen Schlacken nach den Apparaten und den Proceſſen benennt, denen ſie entſtammen (Eiſenhochofenſchlacken, Bleiſchlammofenſchlacken, Kupfergartheerdſchlacken u. ſ. w.), claſſificirt man ſie in mehr theoretischer Beziehung nach dem Säuregehaltsverhältniß, der Zahl der Baſen und anderen aus der Kenntniß der Zuſammeneſetzung ſich ergebenden Geſichtspunkten.

Man unterſcheidet verſchiedene Silicatſtufen, einfache und zuſammengeſetzte Silicate, Silicate mit theilweiſem Erſatz der Säure durch die Thonerde (Aluminosilicate), oxydhaltige Silicate u. ſ. w.

442. Welche Silicatſtufe iſt zunächſt feſtzuſtellen?

Geht man von der Form deſ theoretischen Kieſelſäurehydrats aus:



so ergibt sich bei Ersatz der Atomgruppe H_4 durch eine gleichwerthige Atomgruppe irgend eines Metalls die Form des einfachen neutralen Silicats (auch Singulo- oder Monosilicat genannt).

Für ein Alkalimetall und für das Silber ist die Form dieselbe wie oben; bezeichnet R das neue Radical: $R_4 Si O_4$. Für ein zweierwerthiges Element (Frage 39 Gruppen VIII, IX, X) entsteht die Form: $R_2 Si O_4$; drei- oder vierwerthige Radicale treten in den Schlacken nicht auf, dagegen bilden einige der zweierwerthigen Elemente (die der IX. Gruppe der Frage 39) unter Umständen Sauerstoffverbindungen von der Form (im Anhydrid) $R_2 O_3$ oder $R O_3$, in denen die Elemente sechswerthig auftreten.

Für einen solchen Fall construirt sich das einfache Silicat durch Umwandlung von 3 ($H_4 Si O_4$) einer vielfacheren des Kieselsäurehydrats = $H_{12} Si_3 O_{12}$. Substituirt man den zwölf Atomen Wasserstoff zwei Doppelatome des sechswerthig auftretenden Radicals, so entsteht die Form $R_2 Si_3 O_{12}$ für das einfache Silicat der Elemente mit der Oxydationsstufe RO_3 .

Es sind an Grundformen des einfachen Silicats mithin abgeleitet:

$R_4^I Si O_4$ für das einwerthige Atom R^I

$R_2^{II} Si O_4$ für das zweierwerthige Atom R^{II}

$R_2^{VI} Si_3 O_{12}$ für das sechswerthige Doppel-Atom R^{VI} .

443. Welche Silicatsstufen lassen sich aus den vorstehend entwickelten Grundformen ableiten?

Durch Vergrößerung des Gehalts an Basen oder Säuren in bestimmtem einfachem Verhältniß lassen sich die Typen der verschiedenen Silicatsstufen für die Radicale R^I R^{II} und R^{VI} leicht auffinden. In der Praxis kommen indessen nur Subsilicate, Singulosilicate, Bisilicate und Trisilicate vor, welche auch in der nachstehenden Tabelle vereint sind.

	Einwerthige Radicale	Zweierwerthige Radicale	Sechswerthige Radicale in der Form eines Doppelatoms.
	R^I	R^{II}	R^{VI}
Subsilicat —	$R_8^I Si O_6$	$R_4^{II} Si O_6$	$R_4^{VI} Si O_{18}$
Singulosilicat —	$R_4^I Si O_4$	$R_2^{II} Si O_4$	$R_2^{VI} Si_3 O_{12}$
Bisilicat —	$R_4^I Si_2 O_6$	$R_2^{II} Si_2 O_6$	$R_2^{VI} Si_6 O_{18}$
Trisilicat —	$R_4^I Si_3 O_8$	$R_2^{II} Si_3 O_8$	$R_2^{VI} Si_9 O_{24}$

In der vorstehend schematisirten einfachen Form treten indessen nur sehr wenige Schlacken der Technik auf; die meisten

enthalten gleichstufige Silicate mehrerer theils gleichwerthiger, theils ungleichwerthiger Radicale und es kommen selbst Mischungen verschiedenflüssiger Silicate vor, die sich naturgemäß in einer unendlichen Anzahl von Verhältnissen aus dem vorstehenden construiren lassen. Außerdem kommen Dryde in Silicaten gelöst vor, welche die Fälle noch mehr compliciren.

444. Welche Erfahrungen liegen für die Beziehungen zwischen Schmelzpunkt und Constitution der Schlacken vor?

Man weiß, daß von einbasigen Schlacken (die nur einerlei Radical haben) die Singulosilicate am leichtflüssigsten, die starkbasischen wie die sauren Silicate dagegen strengflüssig sind. Man weiß ferner, daß Doppelsilicate stets leichtflüssiger sind als die einfachen Silicate gleicher Stufe und derselben Radicale. Man weiß weiter, daß die einwerthigen Radicale die leichtflüssigsten, die zweiwerthigen Radicale die strengflüssigeren und die in sechswerthigen Doppelatomen R^{VI} auftretenden Radicale mit einer einzigen Ausnahme wiederum leichtflüssigere Silicate bilden und daß die einzelnen Elemente der drei Gruppen sich wieder von einander unterscheiden.

Auf diese Erfahrungen und ihre richtige Combination baut man für gegebene Verhältnisse die Construction der gewünschten Schlacken auf und corrigirt sie noch während des Betriebes an der Hand der eintretenden Betrieberscheinungen. Die Basenradicale, mit denen man arbeitet, sind außer unbedeutenden Mengen von Alkalimetallen hauptsächlich Calcium, Magnesium, Aluminium, Mangan und Eisen; das letztere nur bei nicht Eisen darstellenden Processen, z. B. dem Blei- und Kupferhüttenproceß.

In welcher Weise durch die Praxis den theoretischen Anforderungen entsprochen wird, kann nur bei der Betrachtung der speciellen Hüttenkunde gezeigt werden.



Im Verlage von J. J. Weber in Leipzig sind erschienen und durch jede Buchhandlung zu beziehen:

Illustrierte Katechismen.

Belehrungen aus dem Gebiete
der
Wissenschaften, Künste und Gewerbe etc.

In Original-Leinenbänden
(sofern nicht anders angegeben).

- Ackerbau. Dritte Auflage. — Katechismus des praktischen Ackerbaues. Von Dr. Wilhelm Hamm. Dritte Auflage, gänzlich umgearbeitet von A. G. Schmitter. Mit 138 Abbildungen. 1890. 3 Mark.
- Agrikulturchemie. Sechste Auflage. — Katechismus der Agrikulturchemie. Von Dr. E. Wilt. Sechste Auflage, neu bearbeitet unter Benutzung der fünften Auflage von Hamm's „Katechismus der Ackerbauchemie, der Bodenkunde und Düngerlehre“. Mit 41 Abbildungen. 1884. 3 Mark.
- Algebra. Dritte Auflage. — Katechismus der Algebra, oder die Grundlehren der allgemeinen Arithmetik. Von Friedr. Hermann. Dritte Auflage, vermehrt und verbessert von K. Fr. Seym. Mit 8 Figuren und vielen Übungsbeispielen. 1887. 2 Mark.
- Anstandslehre. — Katechismus des guten Tons und der feinen Sitte. Von Cusemia von Adlersfeld geb. Gräfin Balkeström. 1892. 2 Mark.
- Archäologie. — Katechismus der Archäologie. Übersicht über die Entwicklung der Kunst bei den Völkern des Altertums. Von Dr. Ernst Proker. Mit 3 Tafeln und 127 Abbildungen. 1888. 3 Mark.
- Archivkunde s. Registratur.
- Arithmetik. Dritte Auflage. — Katechismus der praktischen Arithmetik. Kurzgefaßtes Lehrbuch der Rechenkunst für Lehrende und Lernende. Von E. Schick. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Max Meyer. 1889. 3 Mark.
- Ästhetik. Zweite Auflage. — Katechismus der Ästhetik. Belehrungen über die Wissenschaft vom Schönen und der Kunst. Von Robert Pröls. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1889. 3 Mark.
- Astronomie. Achte Auflage. — Katechismus der Astronomie. Belehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender. Bearbeitet von Dr. Hermann J. Klein. Achte, vielfach verbesserte Auflage. Mit einer Sternkarte und 163 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
- Auswanderung. Sechste Auflage. — Kompaß für Auswanderer nach Ungarn, Rumänien, Serbien, Bosnien, Polen, Rußland, Algerien, der Kapkolonie, nach Australien, den Samoa-Inseln, den süd- und mittelamerikanischen Staaten, den westindischen Inseln, Mexiko, den Vereinigten Staaten von Nordamerika und Kanada. Von Eduard Pelz. Sechste, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 4 Karten und einer Abbildung. 1881. 1 Mark 50 Pf.
- Bankwesen. — Katechismus des Bankwesens. Von Dr. E. Glöckberg. Mit 4 Check-Formularen u. einer Übersicht über d. deutschen Notenbanken. 1890. 2 Mark.
- Baukonstruktionslehre. Zweite Auflage. — Katechismus der Baukonstruktionslehre. Mit besonderer Berücksichtigung von Reparaturen und Umbauten. Von Walther Sange. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 277 Abbildungen. 1890. 3 Mark.

- Bauweise.** Zehnte Auflage. — **Katechismus der Bauweise, oder Lehre der architektonischen Stilarten von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart.** Von Dr. Ed. Freiherrn von Sacken. Zehnte, verbesserte Auflage. Mit einem Verzeichnis von Kunstausdrücken und 103 Abbildungen. 1892. 2 Mark.
- Bergbaukunde.** — **Katechismus der Bergbaukunde.** Von Bergrat G. Köhler. Mit 217 Abbildungen. 1890. 4 Mark.
- Bergsteigen.** — **Katechismus für Bergsteiger, Gebirgstouristen und Alpenreisende.** Von Julius Meurer. Mit 22 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
- Bewegungsspiele.** — **Katechismus der Bewegungsspiele für die deutsche Jugend.** Herausgegeben von F. C. Lion und F. H. Wortmann. Mit 29 Abbildungen. 1891. 2 Mark.
- Bibliothekswissenschaft.** — **Grundzüge der Bibliothekswissenschaft mit bibliographischen und erläuternden Anmerkungen.** Neubearbeitung von Dr. Julius Beholdts **Katechismus der Bibliothekswissenschaft.** Von Dr. Arnim Gräfel. Mit 33 Abbildungen und 11 Schrifttafeln. 1890. 4 Mark 50 Pf.
- Bienenzucht.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Bienenkunde und Bienenzucht.** Von G. Kirsten. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage, herausgegeben von F. Kirsten. Mit 51 Abbildungen. 1887. 2 Mark.
- Bleicherei s. Wäscherei u.**
- Botanik.** — **Katechismus der Allgemeinen Botanik.** Von Prof. Dr. Ernst Hallier. Mit 95 Abbildungen. 1879. Kartoniert 2 Mark.
- Botanik, landwirtschaftliche.** Zweite Auflage. — **Katechismus der landwirtschaftlichen Botanik.** Von Karl Müller. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage von R. Herrmann. Mit 4 Tafeln und 48 Abbildungen. 1876. Geheftet 1 Mark 50 Pf.
- Buchdruckerkunst.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Buchdruckerkunst und der verwandten Geschäftszweige.** Von C. A. Franke. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, bearbeitet von Alexander Waldow. Mit 43 Abbildungen und Tafeln. 1886. 2 Mark 50 Pf.
- Buchführung.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Kaufmännischen Buchführung.** Von Oskar Klemich. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 7 Abbildungen und 3 Wechselformularen. 1889. 2 Mark 50 Pf.
- Buchführung, landwirtschaftliche.** — **Katechismus der Landwirtschaftlichen Buchführung.** Von Prof. Dr. R. Birnbaum. 1879. 2 Mark.
- Chemie.** Sechste Auflage. — **Katechismus der Chemie.** Von Prof. Dr. H. Hirzel. Sechste, vermehrte Auflage. Mit 31 Abbildungen. 1889. 3 Mark.
- Chemikalienkunde.** — **Katechismus der Chemikalienkunde.** Eine kurze Beschreibung der wichtigsten Chemikalien des Handels. Von Dr. G. Heppel. 1880. 2 Mark.
- Chronologie.** Dritte Auflage. — **Kalenderbüchlein.** **Katechismus der Chronologie mit Beschreibung von 33 Kalendern verschiedener Völker und Zeiten.** Von Dr. Adolph Drechsler. Dritte, verbesserte und sehr vermehrte Auflage. 1881. 1 Mark 50 Pf.
- Dampfmaschinen.** Vierte Auflage. — **Katechismus der stationären Dampfessel, Dampfmaschinen und anderer Wärmemotoren.** Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Praktiker, Techniker und Industrielle. Von Ingenieur Th. Schwabe. Vierte vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 264 in den Text gedruckten und 13 Tafeln Abbildungen. 1892. 4 Mark 50 Pf.
- Darwinismus.** — **Katechismus des Darwinismus.** Von Dr. Otto Schariak. Mit dem Porträt Darwins, 30 in den Text gedruckten und 1 Tafel Abbildungen. 1892. 2 Mark 50 Pf.
- Drainierung.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Drainierung und der Entwässerung des Bodens überhaupt.** Von Dr. William Böbe. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 92 Abbildungen. 1881. 2 Mark.
- Dramaturgie.** — **Katechismus der Dramaturgie.** Von Robert Prüll. 1877. Geheftet 2 Mark 50 Pf.

- Drogenkunde.** — **Katechismus der Drogenkunde.** Von Dr. G. Heppé. Mit 30 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.
- Einjährig-Freiwillige.** — **Der Weg zum Einjährig-Freiwilligen und zum Offizier des Beurlaubtenstandes in Armee und Marine.** Von Oberstleutnant J. D. Exner. 1891. 2 Mark.
- Elektrotechnik.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Elektrotechnik. Ein Lehrbuch für Praktiker, Techniker und Industrielle.** Von Ingenieur Th. Schwarze. Vierte, verb. und verm. Aufl. Mit 243 Abbild. 1891. 4 Mark 50 Pf.
- Ethik.** — **Katechismus der Sittenlehre.** Von Lic. Dr. Friedrich Kirchner. 1881. 2 Mark 50 Pf.
- Färberei und Zeugdruck.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Färberei und des Zeugdrucks.** Von Dr. Hermann Grothe. Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 78 Abbildungen. 1885. 2 Mark 50 Pf.
- Farbwarenkunde.** — **Katechismus der Farbwarenkunde.** Von Dr. G. Heppé. 1881. 2 Mark.
- Feldmehrkunst.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Feldmehrkunst.** Von Dr. C. Pietsch. Fünfte, neu bearbeitete Auflage. Mit 75 Abbildungen. 1891. 1 Mark 50 Pf.
- Feuerwerkerei.** — **Katechismus der Luftfeuerwerkerei.** Kurzer Lehrgang für die gründliche Ausbildung in allen Theilen der Pyrotechnik. Von C. A. v. Rida. Mit 124 Abbildungen. 1883. 2 Mark.
- Finanzwissenschaft.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Finanzwissenschaft oder die Kenntnis der Grundbegriffe und Hauptlehren der Verwaltung der Staatsrentkassen.** Von A. Bischof. Fünfte, verb. Aufl. 1890. 1 Mark 50 Pf.
- Fischzucht.** — **Katechismus der künstlichen Fischzucht und der Teichwirtschaft.** Wirtschaftslehre der zahmen Fischerei. Von C. A. Schroeder. Mit 52 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.
- Flachsban.** — **Katechismus des Flachsbaues und der Flachsbereitung.** Von R. Sonntag. Mit 12 Abbildungen. 1872. Geheftet 1 Mark.
- Fleischbeschau.** Zweite Auflage. — **Katechismus der mikroskopischen Fleischbeschau.** Von F. W. Ruffert. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 40 Abbildungen. 1887. 1 Mark 20 Pf.
- Forstbotanik.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Forstbotanik.** Von H. Fischbach. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 79 Abbildungen. 1884. 2 Mark 50 Pf.
- Freimaurerei.** — **Katechismus der Freimaurerei.** Von Dr. Willem Smitt, Meister vom Stuhl der Loge Apollo zu Leipzig. 1891. 2 Mark.
- Galvanoplastik.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Galvanoplastik und Galvanostegie.** Ein Handbuch für das Selbststudium und den Gebrauch in der Werkstatt. Von Dr. G. Seelhorst. Dritte, durchgesehene und vermehrte Auflage. Von Dr. G. Langhein. Mit 43 Abbildungen. 1888. 2 Mark.
- Gedächtniskunst.** Siebente Auflage. — **Katechismus der Gedächtniskunst oder Mnemotechnik.** Von Hermann Rothé. Siebente, von G. Pietsch bearbeitete Auflage. 1893. 1 Mark 50 Pf.
- Geflügelzucht.** — **Katechismus der Geflügelzucht. Ein Merkbüchlein für Liebhaber, Pächter und Aussteller schönen Rassegeflügels.** Von Bruno Dürigen. Mit 40 in den Text gedruckten und 7 Tafeln Abbildungen. 1890. 4 Mark.
- Geographie.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Geographie.** Vierte Auflage, gänzlich umgearbeitet von Karl Arenz, Kaiserl. Rat und Direktor der Prager Handelsakademie. Mit 57 Karten und Ansichten. 1884. 2 Mark 40 Pf.
- Geographie, mathematische.** — **Katechismus der mathematischen Geographie.** Von Dr. Ad. Drechsler. Mit 113 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.
- Geologie.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Geologie, oder Lehre vom innern Bau der festen Erdruste und von deren Bildungsweise.** Von Prof. Hippolyt Haas. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 149 Abbildungen und einer Tabelle. 1893. 3 Mark.

- Geometrie. Dritte Auflage. — Katechismus der ebenen und räumlichen Geometrie. Von Prof. Dr. K. Ed. Zeyher. Dritte, vermehrte u. verbesserte Aufl. Mit 223 Abbildungen und 2 Tabellen zur Maßverwandlung. 1893. 8 Mark.
- Geometrie, analytische. — Katechismus der analytischen Geometrie. Von Dr. Max Friedrich. Mit 56 Abbildungen. 1884. 2 Mark 40 Pf.
- Gefangenskunst. Vierte Auflage. — Katechismus der Gefangenskunst. Von F. Steber. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1885. 2 Mark 40 Pf.
- Geschichte s. Weltgeschichte.
- Geschichte, deutsche. — Katechismus der deutschen Geschichte. Von Dr. Wilhelm Kenzler. 1879. Kartoniert 2 Mark 50 Pf.
- Gesundheitslehre. — Naturgemäße Gesundheitslehre auf physiologischer Grundlage. Von Dr. Fr. Scholz. Mit 7 Abbildungen. 1884. 3 Mark 50 Pf. (Unter gleichem Titel auch Band 20 von Webers Illust. Gesundheitsbüchern.)
- Girowesen. — Katechismus des Girowesens. Von Karl Berger. Mit 21 Geschäfts-Formularen. 1881. 2 Mark.
- Handelsmarine. — Katechismus der Handelsmarine. Von Kapitän zur See z. D. R. Dittmer. Mit 66 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.
- Handelsrecht. Dritte Auflage. — Katechismus des deutschen Handelsrechts, nach dem Allgemeinen Deutschen Handelsgesetzbuche. Von Reg.-Rat Robert Fischer. Dritte, umgearbeitete Auflage. 1885. 1 Mark 50 Pf.
- Handelswissenschaft. Sechste Auflage. — Katechismus der Handelswissenschaft. Von R. Arenz. Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Gust. Rothbaum und Ed. Deimel. 1890. 2 Mark.
- Heerwesen. — Katechismus des Deutschen Heerwesens. Von Oberstleutnant a. D. H. Vogt. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von R. v. Hirsch, Hauptmann a. D. Mit einem Nachtrag und 7 Abbildungen. 1890. 2 Mark 50 Pf.
- Heizung, Beleuchtung und Ventilation. — Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Von Ingenieur Th. Schwarze. Mit 159 Abbildungen. 1884. 3 Mark.
- Heraldik. Fünfte Auflage. — Katechismus der Heraldik. Grundzüge der Wappenkunde. Von Dr. Ed. Freih. v. Sacken. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 215 Abbildungen. 1893. 2 Mark.
- Hufbeschlag. Dritte Auflage. — Katechismus des Hufbeschlages. Zum Selbstunterricht für Jedermann. Von E. Th. Walther. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 67 Abbildungen. 1889. 1 Mark 50 Pf.
- Hunderassen. — Katechismus der Hunderassen. Von F. Krichler. Mit 42 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
- Hüttenkunde. — Katechismus der Allgemeinen Hüttenkunde. Von Dr. E. F. Dürre. Mit 209 Abbildungen. 1877. 4 Mark 50 Pf.
- Jagdkunde. — Katechismus für Jäger und Jagdfreunde. Von Franz Krichler. Mit 33 Abbildungen. 1891. 2 Mark 50 Pf.
- Kalenderbüchlein s. Chronologie.
- Kalenderkunde. — Katechismus der Kalenderkunde. Belehrungen über Zeitrechnung, Kalenderwesen und Feste. Von D. Freih. von Reinsberg-Düringfeld. Mit 2 Tafeln. 1876. Gesehenet 1 Mark.
- Kindergärtnerei. Dritte Auflage. — Katechismus der praktischen Kindergärtnerei. Von Fr. Seidel. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 35 Abbildungen. 1887. 1 Mark 50 Pf.
- Kirchengeschichte. — Katechismus der Kirchengeschichte. Von Lic. Dr. Friedr. Kirchner. 1880. 2 Mark 50 Pf.
- Klavierspiel. Zweite Auflage. — Katechismus des Klavierspiels. Von Fr. Taylor, deutsch von Math. Stegmayer. Mit vielen Notenbeispielen. Zweite, verbesserte Auflage. 1893. 2 Mark.
- Knabenhandarbeits-Unterricht. — Katechismus des Knabenhandarbeits-Unterrichts. Ein Handbuch des erzehlichen Arbeitsunterrichts. Von Dr. Wolde mar Göpke. Mit 69 Abbildungen. 1892. 3 Mark.

- Kompositionslehre.** Fünfte Auflage. — Katechismus der Kompositionslehre. Von Prof. F. C. Lobe. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit vielen Musikbeispielen. 1887. 2 Mark.
- Korrespondenz.** Dritte Auflage. — Katechismus der kaufm. Korrespondenz in deutscher Sprache. Von C. F. Findeisen. Dritte, verb. Aufl. 1893. 2 Mark.
- Kostümkunde.** — Katechismus der Kostümkunde. Von Wolsfg. Quinke. Mit 453 Kostümfiguren in 152 Abbildungen. 1889. 4 Mark.
- Kriegsmarine, deutsche.** — Katechismus der Deutschen Kriegsmarine. Von Kapitän zur See z. D. R. Dittmer. Mit 126 Abbildungen. 1890. 3 Mark.
- Kulturgeschichte.** Zweite Auflage. — Katechismus der Kulturgeschichte. Von Prof. Dr. F. S. Honegger. Zweite, verm. und verb. Auflage. 1889. 2 Mark.
- Kunstgeschichte.** Dritte Auflage. — Katechismus der Kunstgeschichte. Von Bruno Bucher. Dritte, verb. Auflage. Mit 276 Abbild. 1890. 4 Mark.
- Litteraturgeschichte, allgemeine.** Dritte Auflage. — Katechismus der allg. Litteraturgeschichte. Von Dr. A. b. Stern. Dritte, durchgef. Aufl. 1892. 3 Mark.
- Litteraturgeschichte, deutsche.** Sechste Auflage. — Katechismus der deutschen Litteraturgeschichte. Von Oberschulrat Dr. Paul Möbius. Sechste, vervollständigte Auflage. 1882. 2 Mark.
- Logarithmen.** — Katechismus der Logarithmen. Von Max Meyer. Mit 3 Tafeln und 7 Abbildungen. 1880. 2 Mark.
- Logik.** Zweite Auflage. — Katechismus der Logik. Von Lic. Dr. Friedr. Kirchner. Zweite, durchgef. Aufl. Mit 36 Abbild. 1890. 2 Mark 50 Pf.
- Malerei.** — Katechismus der Malerei. Von Karl Raupp. Mit 48 Abbildungen und 4 Tafeln. 1891. 3 Mark.
- Marine** s. Handels- bez. Kriegsmarine.
- Marktscheidkunst.** — Katechismus der Marktscheidkunst. Von D. Brathuhn. Mit 174 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
- Mechanik.** Fünfte Auflage. — Katechismus der Mechanik. Von Ph. Huber. Fünfte, wesentlich vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 207 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
- Meteorologie.** Dritte Auflage. — Katechismus der Meteorologie. — Von Prof. Dr. W. F. van Beber. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 63 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
- Mikroskopie.** Katechismus der Mikroskopie. — Von Prof. Carl Chun. Mit 97 Abbildungen. 1885. 2 Mark.
- Milchwirtschaft.** — Katechismus der Milchwirtschaft. Von Dr. Eugen Werner. Mit 23 Abbildungen. 1884. 3 Mark.
- Mimik.** — Katechismus der Mimik und der Gebärden Sprache. Von Karl Straup. Mit 60 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.
- Mineralogie.** Vierte Auflage. — Katechismus der Mineralogie. Von Privatdozent Dr. Eugen Hussal. Vierte, neu bearbeitete Auflage. Mit 154 Abbildungen. 1888. 2 Mark.
- Münzkunde.** — Grundzüge der Münzkunde. Von H. Dannenberg. Mit 11 Tafeln Abbildungen. 1891. 4 Mark.
- Musik.** Fünfundzwanzigste Auflage. — Katechismus der Musik. Erläuterung der Begriffe und Grundsätze der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. F. C. Lobe. Fünfundzwanzigste Auflage. 1893. 1 Mark 50 Pf.
- Musikgeschichte.** — Katechismus der Musikgeschichte. Von R. Musiol. Mit 15 Abbildungen und 34 Notenbeispielen. 1888. 2 Mark 50 Pf.
- Musikinstrumente.** Fünfte Auflage. — Katechismus der Musikinstrumente. Von Richard Hofmann. Fünfte, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 189 Abbildungen. 1890. 4 Mark.
- Mythologie.** — Katechismus der Mythologie aller Kulturvölker. Von Dr. E. Kroker. Mit 73 Abbildungen. 1891. 4 Mark.

- Naturlehre.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Naturlehre, oder Erklärung** der wichtigsten physikalischen, meteorologischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens. Von Dr. C. C. Brewer. Vierte umgearbeitete Auflage. Mit 53 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
- Nivellierkunst.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Nivellierkunst.** Von Dr. C. Pietsch. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 61 Abbildungen. 1887. 2 Mark.
- Nutzgärtnerei.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Nutzgärtnerei, oder Grundzüge des Gemüse- und Obstbaues.** Von Hermann Jäger. Fünfte, verm. und verb. Auflage. Mit 63 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.
- Orden.** — **Handbuch der Ritter- und Verdienstorden aller Kulturstaaten der Welt** innerhalb des 19. Jahrh. Auf Grund amtlicher und anderer zuverlässiger Quellen zusammengestellt von Maximilian Griener. Mit 760 in den Text gedruckten Abbildungen. 1893. 9 Mark.
- Orgel.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Orgel.** Erklärung ihrer Struktur, besonders in Beziehung auf technische Behandlung beim Spiel. Von Prof. E. F. Richter. Dritte, durchgesehene Auflage. Mit 25 Abbildungen. 1885. 1 Mark 50 Pf.
- Ornamentik.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Ornamentik.** Leitfaden über die Geschichte, Entwicklung und die charakteristischen Formen der Verzierungsstile aller Zeiten. Von F. Pantz. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 131 Abbildungen und einem Verzeichnis von 100 Spezialwerken zum Studium der Ornamentikstile. 1891. 2 Mark.
- Orthographie.** Vierte Auflage. — **Katechismus der deutschen Orthographie.** Von Dr. D. Sanders. Vierte, verb. Auflage. 1878. Kart. 1 Mark 50 Pf.
- Pädagogik.** — **Katechismus der Pädagogik.** Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. 1890. 2 Mark.
- Perspektive.** — **Katechismus der Angewandten Perspektive.** Nebst einem Anhang über Schattenkonstruktion und Spiegelbilder. Von Max Kleiber. Mit 129 Abbildungen. 1892. 2 Mark 50 Pf.
- Petrographie.** — **Katechismus der Petrographie.** Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungswelse der Gesteine. Von Dr. J. Blas. Mit 40 Abbildungen. 1882. 2 Mark.
- Philosophie.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Philosophie.** Von J. H. v. Kirchmann. Dritte, verbesserte Auflage. 1888. 2 Mark 50 Pf.
- Philosophie, Geschichte der.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Geschichte der Philosophie** von Thales bis zur Gegenwart. Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1884. 3 Mark.
- Photographie.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Photographie, oder Anleitung zur Erzeugung photogr. Bilder.** Von Dr. J. Schauf. Vierte, den neuesten Fortschritten entsprechend verbesserte Auflage. Mit 34 Abbildungen. 1888. 2 Mark.
- Phrenologie.** Siebente Auflage. — **Katechismus der Phrenologie.** Von Dr. G. Schebe. Siebente Auflage. Mit einem Titelbild und 18 Abbildungen. 1884. 2 Mark.
- Physik.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Physik.** Von Dr. J. Kollert. Vierte, vollständig neu bearbeitete Aufl. Mit 231 Abbild. 1888. 4 Mark.
- Poetik.** Zweite Auflage. — **Katechismus der deutschen Poetik.** Von Prof. Dr. J. M inckwitz. Zweite, verm. und verb. Auflage. 1877. 1 Mark 80 Pf.
- Projektionslehre.** — **Katechismus der Projektionslehre.** Von Julius Hoch. Mit 100 Abbildungen. 1891. 2 Mark.
- Psychologie.** — **Katechismus der Psychologie.** Von Lic. Dr. Fr. Kirchner. 1883. 3 Mark.
- Raumberechnung.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Raumberechnung.** Anleitung zur Größenbestimmung von Flächen und Körpern jeder Art. Von Fr. Herrmann. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage von Dr. C. Pietsch. Mit 55 Abbildungen. 1888. 1 Mark 80 Pf.

- Redekunst.** Vierte Auflage. — **Katechismus der Redekunst.** Anleitung zum mündlichen Vortrage. Von Dr. Roderich Benedix. Vierte, durchgesehene Auflage. 1889. 1 Mark 50 Pf.
- Registratur- und Archivkunde.** — **Katechismus der Registratur- und Archivkunde.** Handbuch für das Registratur- und Archivwesen bei den Reichs-, Staats-, Hof-, Kirchen-, Schul- und Gemeindebehörden, den Rechtsanwälten etc., sowie bei den Staatsarchiven. Von Georg Holzinger. Mit Beiträgen von Dr. Friedr. Leist. 1883. 3 Mark.
- Reichspost.** — **Katechismus der Deutschen Reichspost.** Von Wilh. Lenz. Mit 10 Formularen. 1882. 2 Mark 50 Pf.
- Reichsverfassung.** Zweite Auflage. — **Katechismus des Deutschen Reiches.** Ein Unterrichtsbuch in den Grundsätzen des Deutschen Staatsrechts, der Verfassung und Gesetzgebung des Deutschen Reiches. Von Dr. Wilh. Zeller. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1880. 3 Mark.
- Rosenzucht.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Rosenzucht.** Von Herm. Jäger. Zweite Auflage. Mit 70 Abbild. 1893. 2 Mark 50 Pf.
- Schachspielkunst.** Zehnte Auflage. — **Katechismus der Schachspielkunst.** Von K. Z. S. Portius. Zehnte, verm. und verb. Aufl. 1889. 2 Mark.
- Schreibunterricht.** Dritte Auflage. — **Katechismus des Schreibunterrichts.** Mit einem Anhang: Die Kundschrift. Dritte, neubearbeitete Aufl. Von Gg. Funt. Mit 82 Figuren. 1893. 1 Mark 50 Pf.
- Schwimmkunst.** — **Katechismus der Schwimmkunst.** Von Martin Schwägerl. Mit 113 Abbildungen. 1880. 2 Mark.
- Spinnerei und Weberei.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Spinnerei, Weberei und Appretur, oder Lehre von der mechan. Verarbeitung der Gespinnstfasern.** Dritte, bedeutend vermehrte Auflage, bearbeitet v. Dr. A. Ganswindt. Mit 196 Abbild. 1890. 4 Mark.
- Sprachlehre.** Dritte Auflage. — **Katechismus der deutschen Sprachlehre.** Von Dr. Konrad Michelsen. Dritte, verbesserte Auflage, herausgegeben von Eduard Michelsen. 1878. 2 Mark 50 Pf.
- Stenographie.** Zweite Auflage. — **Katechismus der deutschen Stenographie.** Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende. Von Prof. H. Krieg. Zweite, verbesserte Auflage. Mit vielen stenograph. Vorlagen. 1888. 2 Mark 50 Pf.
- Stilistik.** Zweite Auflage. — **Katechismus der Stilistik.** Eine Anweisung zur Ausarbeitung schriftlicher Aufsätze. Von Dr. Konrad Michelsen. Zweite, durchgesehene Auflage, herausgegeben von E. Michelsen. 1889. 2 Mark.
- Tanzkunst.** Fünfte Auflage. — **Katechismus der Tanzkunst.** Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende. Von Bernhard Klemm. Fünfte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 82 Abbildungen. 1887. 2 Mark 50 Pf.
- Technologie, mechanische.** — **Katechismus der mechanischen Technologie.** Von A. v. Sbering. Mit 163 Abbildungen. 1888. 4 Mark.
- Telegraphie.** Sechste Auflage. — **Katechismus der elektrischen Telegraphie.** Von Prof. Dr. K. G. Bessche. Sechste, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 315 Abbildungen. 1883. 4 Mark.
- Tierzucht, landwirtschaftliche.** — **Katechismus der landwirtschaftlichen Tierzucht.** Von Dr. Eugen Werner. Mit 20 Abbildungen. 1880. 2 Mark 50 Pf.
- Ton, der gute, s. Anstandslehre.**
- Trigonometrie.** — **Katechismus der ebenen und sphärischen Trigonometrie.** Von Franz Bendt. Mit 39 Abbildungen. 1882. 1 Mark 50 Pf.
- Turnkunst.** Sechste Auflage. — **Katechismus der Turnkunst.** Von Dr. W. Kloss. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 100 Abbildungen. 1887. 3 Mark.
- Uhrmacherkunst.** Dritte Auflage. — **Katechismus der Uhrmacherkunst.** Von F. W. Küffert. Dritte, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 229 Abbildungen und 7 Tabellen. 1885. 4 Mark.

- Urkundenlehre. — Katechismus der Diplomatie, Paläographie, Chronologie und Sphragistik. Von Dr. Fr. Leist. Mit 5 Tafeln Abbild. 1882. 4 Mark.
- Versicherungsweisen. Zweite Auflage. — Katechismus des Versicherungswezens. Von Oskar Lemde. Zweite, verm. und verb. Aufl. 1888. 2 Mark 40 Pf.
- Verkunst. Zweite Auflage. — Katechismus der deutschen Verkunst. Von Dr. Roderich Benedig. Zweite Auflage. 1879. 1 Mark 20 Pf.
- Versteinerungskunde. — Katechismus der Versteinerungskunde (Petrefaktenkunde, Paläontologie). Von Prof. G. Haas. Mit 178 Abbild. 1886. 3 Mark.
- Völkerkunde. — Katechismus der Völkerkunde. Von Dr. Heinrich Schurz. Mit 67 Abbildungen. 1893. 4 Mark.
- Völkerrecht. — Katechismus des Völkerrechts. Mit Rücksicht auf die Zeit- und Streitfragen des internat. Rechtes. Von A. Bischof. 1877. Geh. 1 Mark 20 Pf.
- Volkswirtschaftslehre. Vierte Auflage. — Katechismus der Volkswirtschaftslehre. Unterricht in den Anfangsgründen der Wirtschaftslehre. Von Dr. Hugo Schöber. Vierte, durchgesehene Auflage. 1888. 3 Mark.
- Warenkunde. Fünfte Auflage. — Katechismus der Warenkunde. Von C. Schid. Fünfte, verm. u. verb. Aufl., bearb. von Dr. G. Heppel. 1886. 3 Mark.
- Wäscherei, Reinigung und Bleicherei. Zweite Auflage. — Katechismus der Wäscherei, Reinigung und Bleicherei. Von Dr. Herm. Grothe. Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1884. 2 Mark.
- Wechselrecht. Dritte Auflage. — Katechismus des allgemeinen deutschen Wechselrechts. Mit besonderer Berücksichtigung der Abweichungen und Zusätze der österreichischen und ungarischen Wechselordnung und des eidgenössischen Wechsel- und Check-Gesetzes. Von Karl Arenz. Dritte, ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage. 1884. 2 Mark.
- Weinbau. Zweite Auflage. — Katechismus des Weinbaues. Von Fr. Jac. Dochnahl. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 38 Abbildungen. 1873. 1 Mark 50 Pf.
- Weltgeschichte. Zweite Auflage. — Katechismus der Allgemeinen Weltgeschichte. Von Prof. Dr. Theodor Flath. Zweite Auflage. Mit 5 Stammtafeln und einer tabellarischen Übersicht. 1884. 3 Mark.
- Ziergärtnerei. Fünfte Auflage. — Katechismus der Ziergärtnerei, oder Belehrung über Anlage, Ausschmückung und Unterhaltung der Gärten, so wie über Blumenzucht. Von Herm. Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 76 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.
- Zimmergärtnerei. — Katechismus der Zimmergärtnerei. Nebst einem Anhang über Anlegung und Ausschmückung kleiner Gärten an den Wohngebäuden. Von M. Lebl. Mit 56 Abbildungen. 1890. 2 Mark.
- Zoologie. — Katechismus der Zoologie. Von Prof. Dr. C. G. Siebel. Mit 124 Abbildungen. 1879. Kartoniert 2 Mark.

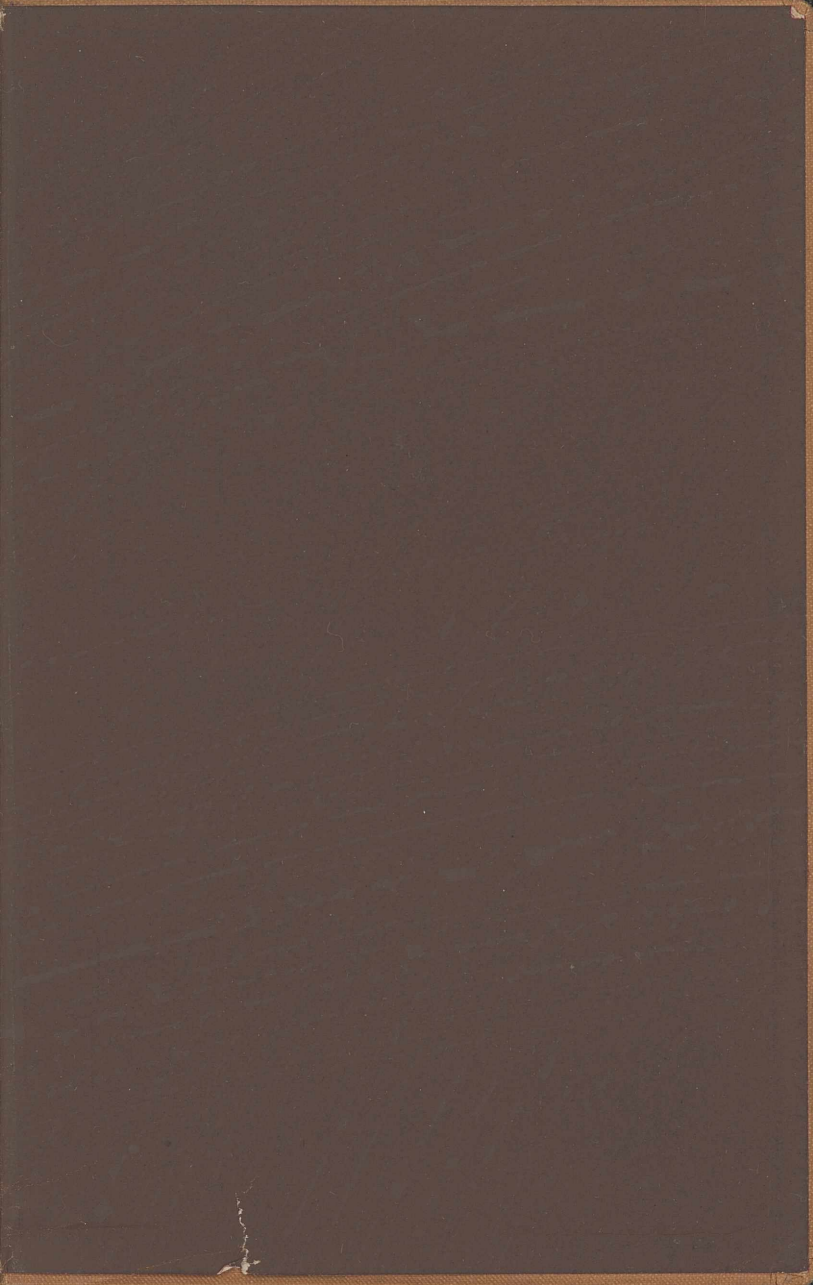
Ein ausführliches Verzeichnis mit Inhaltsangabe jedes einzelnen Bandes wird auf Verlangen unberechnet abgegeben.

Verlag von J. J. Weber in Leipzig.

(Juli 1893.)

Druck von J. J. Weber in Leipzig.





Für Familien und Kessertel, Bibliotheken,
Hotels, Cafés und Restaurationen

Einladung zum Abonnement auf die

Illustrierte Zeitung

Wöchentliche Nachrichten

über alle

Zustände, Ereignisse und Persönlichkeiten der Gegenwart,

über

Tagesgeschichte, öffentliches und gesellschaftliches Leben, Wissenschaft und Kunst, Musik, Theater und Mode.

Jeden Sonnabend eine Nummer von
24 Foliosseiten.

Mit jährlich über 1000 Original-Abbildungen.
Probe-Nummern gratis und franco.

Abonnements-Preis vierteljährlich 7 Mark. —
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und
Postanstalten.

Leipzig,

Expedition der Illustrierten Zeitung
J. J. Weber.