

Technische Chemie für Maschinenbauschulen

von S. Jakobi

Technische Chemie für **Maschinenbauschulen**

Ein Lehr- und Hilfsbuch
für Maschinen- und Elektrotechniker, sowie für den Unterricht
an höheren und niederen Maschinenbauschulen und verwandten
technischen Lehranstalten

von

Prof. Dr. Siegfried Jakobi

Diplom-Ingenieur, Oberlehrer der Königl. vereinigten
Maschinenbauschulen Elberfeld-Barmen

Mit 101 Textfiguren



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1913

ISBN 978-3-662-40520-8 ISBN 978-3-662-40997-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-40997-8

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1913

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Vorwort.

Gelegentlich der Verhandlungen des „Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen“ wurden bei den Beratungen über die Maschinenbauschulen an die industriellen Kreise Rundfragen gerichtet betreffs der Organisation und des Unterrichtes dieser Anstalten. — Unter den vielen wertvollen Anregungen, die in den darauf eingehenden Antworten enthalten waren, fand sich auch der Wunsch, den Lehrstoff des chemischen Unterrichtes zu einer Betriebschemie auszugestalten. — Die vorliegende Arbeit zeigt, wie dieses Ziel praktisch erreichbar ist.

Es gibt drei verschiedene Gesichtspunkte, von denen aus man den chemischen Unterricht an unseren Maschinenbauschulen behandeln kann, nämlich erstens als allgemein bildendes Fach, gewissermaßen als „Realschulchemie“, mit gelegentlichen Einschaltungen von chemischen Problemen, die ein besonderes maschinentechnisches Interesse haben; zweitens Aufbau des Unterrichtes als reine chemische Technologie, mit Rücksicht auf den Umstand, daß die Absolventen unserer Anstalten später häufig in der chemischen Industrie Stellung finden. — Der dritte, an den preußischen Anstalten vertretene Standpunkt geht dahin, die Chemie ausschließlich in ihrer Bedeutung für den Maschinenbau und die Elektrotechnik zu behandeln, also eine Betriebschemie zu unterrichten¹⁾.

Abgesehen von einigen Ergänzungen, bringt das vorliegende Werk im wesentlichen das Pensum des Chemieunterrichtes unserer Maschinenbauschulen²⁾.

Sehr wünschenswert wäre es, wenn der Vortrag durch chemische Laboratoriumsübungen ergänzt würde, was bisher nur vereinzelt geschieht. — Dieses Praktikum, das nach dem Prinzip des um den naturwissenschaftlichen Unterricht hochverdienten Barmer Realschuldirektors Prof. Dannemann so einzurichten wäre, daß das Experiment des Lehrers durch dasjenige des Schülers ersetzt oder wenigstens ergänzt wird, könnte nicht nur das Verständnis für chemische Vorgänge vertiefen, sondern es wäre auch eine gute Vorbereitung für den späteren Unterricht im physikalischen, elektrotechnischen und Maschinenbaulaboratorium, indem die

¹⁾ Vgl. Ministerialerlaß IV 8942 vom 26. Juli 1910 betr. die Organisation der Kgl. Preuß. Maschinenbauschulen.

²⁾ An den niederen Maschinenbauschulen werden die theoretischen Betrachtungen wesentlich gekürzt vorgetragen.

Schüler sich frühzeitig eine gewisse Geschicklichkeit im Experimentieren aneignen könnten. Vielleicht ließe sich später, wenn hinsichtlich dieser chemischen Übungen eine längere Erfahrung vorliegt, bei einer Lehrplanänderung ein derartiges Praktikum an unseren Maschinenbauschulen einführen.

Indem ich das Buch der Öffentlichkeit übergebe, richte ich an die im Lehrberuf, sowie in der Praxis tätigen Herren Fachkollegen, die ganz ergebenste Bitte, mir freundlichst die Erfahrungen mitteilen zu wollen, die sie bei Benutzung dieses Werkes gemacht haben. Jede Anregung zu späteren Verbesserungen wird mir willkommen sein.

Ferner ist es mir eine angenehme Pflicht, auch an dieser Stelle den nachbenannten Firmen und im Betrieb tätigen Herren für die lebenswürdige Unterstützung und Förderung der vorliegenden Arbeit meinen allerverbindlichsten Dank auszusprechen:

Autogewerk Sirius, Düsseldorf (Schweißapparate),
 Gustav Barthel, Dresden (Lötapparate),
 Chem. Fabrik Carbonium, Offenbach a. M. (Wasserstoffherzeugung),
 Chem. Fabrik Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M. (Schweißapparate),
 A. L. G. Dehne, Maschinenfabrik, Halle a. S. (Speisewasserreiniger),
 Deutzer Gasmotorenfabrik, Cöln-Deutz (Generatorgasanlagen),
 Jean Frisch & Co., Düsseldorf (Lötapparate, Apparate für flüssige Luft),
 Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co., Elberfeld (künstl. Gummi),
 Herr Revisionsingenieur Paul Fischer, Barmen,
 Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, Wiesbaden (Luftverflüssigungs- und Eismaschinen),
 Th. Goldschmidt, A.-G., Essen (Ruhr) (Thermitverfahren),
 Internationale Galalith-Gesellschaft Hoff & Co., Harburg (Galalith),
 Paul Kyll, Maschinenfabrik, Cöln a. Rh. (Speisewasserreiniger),
 Luftschiffbau Zeppelin G. m. b. H., Friedrichshafen a. B. (Wasserstoffherzeugung),
 Permutit-Filter-Co., Berlin (Speisewasserreiniger),
 Hans Reisert, Armaturenfabrik, Cöln a. Rh. (Speisewasserreiniger),
 Wwe. Joh. Schumacher, Cöln a. Rh. (Acetylschweißapparate),
 Ozongesellschaft, Berlin (Ozonapparate),
 Herr Direktor Dr.-Ing. S. Werner, Elberfeld,
 Herr Revisionsingenieur G. Wirthwein, Barmen,
 Zentralbureau für Acetylen und autogene Metallbearbeitung, Nürnberg.

Schließlich spreche ich auch noch dem Springerschen Verlag für die sorgfältige Drucklegung und sachgemäße Ausstattung des Werkes meinen ganz ergebensten Dank aus.

Elberfeld, im August 1913.

Jakobi.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort.	III—IV
I. Einleitung	1—5
1. Die Chemie als technische Wissenschaft.	1
2. Physikalische und chemische Vorgänge	1—3
3. Analyse und Synthese	3—4
4. Element, chemische Verbindung und mechanisches Gemenge	4—5
II. Die chemischen Umsetzungen	5—12
1. Moleküle und Atome	5
2. Chemische Zeichen und Formeln.	6—7
3. Atom- und Molekulargewicht	7—8
4. Berechnung chemischer Umsetzungen	8—9
5. Die Affinität	9—11
6. Das Energiegesetz	11—12
III. Luft und Wasser	13—32
1. Die Luftbestandteile	13—15
2. Die natürlichen Wasserarten	15
3. Die Lösungsvorgänge	15—18
4. Die Aufbereitung des Trinkwassers	18—20
5. Die Kanalisation	20
6. Darstellung von Sauer- und Wasserstoff.	20—25
7. Eigenschaften des Sauerstoffs	25—31
8. Eigenschaften des Wasserstoffs	31—32
IV. Die Sauerstoffverbindungen (Säuren, Basen und Salze) . .	33—57
1. Die verschiedenen Oxydationsprodukte.	33
2. Metalle und Nichtmetalle	33—34
3. Die Salzbildung.	34
4. Die Elektrolyse	34—36
5. Übersicht über die wichtigsten Säuren.	36
6. Übersicht über die wichtigsten Oxyde und Hydroxyde	37—38
7. Schweflige Säure und Schwefelsäure.	38—41
8. Salzsäure, Kalilauge und Natronlauge	41—46
9. Die Salpetersäure	46—48
10. Die Phosphorsäure	48—49
11. Die Kohlensäure	49—55
12. Die Kieselsäuren	55—57
V. Die Brennstoffe.	57—80
A. Natürliche feste Brennstoffe.	57—59
1. Die Steinkohle.	57—59
2. Die Braunkohle	59

	Seite
3. Das Holz	59
4. Der Torf	59
B. Künstliche feste Brennstoffe	59—62
1. Der Koks	59—62
2. Die Holzkohle	62
C. Flüssige Brennstoffe	62—65
1. Erdölprodukte	62—64
2. Der Spiritus	64—65
D. Luftförmige Brennstoffe	65—76
1. Leuchtgas	65—70
2. Wassergas	70—71
3. Ölgas	71
4. Acetylen	71—73
5. Generatorgas	73—76
6. Luftgas	76
E. Beurteilung der Brennstoffe	77—80
VI. Die Fette, Öle und Harze	80—83
1. Die Schmiermittel	80
2. Die Seifenfabrikation	80—81
3. Die Kerzenfabrikation	81
4. Das Leinöl	81—82
5. Die Gummifabrikation	82—83
VII. Die Kesselspeisewasserreinigung	83—90
1. Hartes Wasser und Kesselstein	83—85
2. Kesselsteinbeseitigung im Kessel	85—86
3. Kesselsteinbeseitigung außerhalb des Kessels	86—89
4. Die Entölung des Kesselspeisewassers	89—90
VIII. Die nichtmetallischen Gebrauchsmaterialien	90—102
1. Das Glas	90—92
2. Die Tonwaren (Porzellan, Steinzeug, Steingut, Töpferwaren)	92
3. Die Bausteine	92—95
a) Natürliche Bausteine	92—93
b) Künstliche Bausteine	93—95
4. Mörtel und Beton	95—98
5. Das Holz	98—100
6. Leder und Leim	100—102
IX. Die metallischen Gebrauchsmaterialien	102—151
A. Halbbedle und edle Metalle	102—106
1. Das Quecksilber	102—103
2. Das Silber	103—105
3. Das Gold	105
4. Das Platin	105—106
B. Unedle Metalle, mit Ausnahme des Eisens	106—114
1. Das Aluminium	106—107
2. Arsen, Antimon und Wismut	107—108
3. Das Blei	108—109

	Seite
4. Das Chrom	109—110
5. Das Kupfer	111
6. Das Magnesium	112
7. Das Nickel	112
8. Das Zink	112—113
9. Das Zinn	113—114
C. Das Eisen	114—125
1. Die Eisensorten	114—117
2. Das Roheisen	117—120
3. Schmiedeeisen und Stahl	120—125
D. Die Legierungen	125—128
E. Die Rostschutzmittel	128—135
1. Allgemeines	128—129
2. Die Metallüberzüge	129—133
a) Vorbehandlung	129—130
b) Metallüberzüge durch Elektrolyse	130—132
c) Metallüberzüge durch Kontakt	132
d) Mechanische Metallüberzüge	132—133
3. Emailleüberzüge	133—134
4. Ölfarbenüberzüge	134
5. Organische Überzüge	134—135
F. Der Lötprozeß	135—137
G. Der Schweißprozeß	137—151
1. Ofenschweißung	137—138
2. Thermiterschweißung	138—143
a) Stumpfschweißung	139—140
b) Umgießverfahren	140—141
c) Kombiniertes Verfahren	142—143
3. Autogenschweißung	143—150
a) Wasser- und Sauerstoffverfahren	143—147
b) Acetylen-Sauerstoffverfahren	148—150
4. Elektroschweißung	150—151
a) Verfahren von Thomson	150
b) Verfahren von Bernardo	150—151
c) Verfahren von Lagrange und Hoho	151
Anhang: 1. Empfehlenswerte Literatur	152
2. Sachregister	153—160

I. Einleitung.

1. Die Chemie als technische Wissenschaft.

Die Tätigkeit des Technikers besteht in der Lösung der Aufgabe, die Naturkräfte und Naturschätze der Allgemeinheit nutzbar zu machen.

Der Winddruck, wie das Gefälle des Wassers, werden in Motoren zur Arbeitsleistung gebracht, die zum Bau der Maschinen erforderlichen Metalle aus den im Erdinnern vorkommenden Erzen gewonnen. Andere Naturschätze, wie die Kohlen und Erdölprodukte, enthalten Kräfte aufgespeichert, die bei der Verbrennung dieser Materialien in der Dampfmaschinenanlage bzw. im Verbrennungsmotor in Erscheinung treten.

Aus diesen Beispielen, die sich leicht vervielfachen ließen, ergibt sich, daß die Grundlage jeder technischen Tätigkeit eine genaue Kenntnis aller in Betracht kommenden Naturgesetze sein muß, also das eingehende Studium der Naturlehre. Der Techniker muß z. B. die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung kennen, wie auch diejenigen des Luftdrucks und der Wärmewirkungen, ferner die Erscheinungen der Elektrizität und des Magnetismus. Andererseits muß der Techniker aber auch mit der stofflichen Zusammensetzung der zu verarbeitenden Materialien vertraut sein, er muß wissen, welche Beimengungen den zu Konstruktionszwecken verwendeten Metallen nützlich bzw. schädlich sind, ebenso die geeignete Zusammensetzung der Schmiermittel, die Bedingungen, unter denen das Wasser für die Kesselspeisung geeignet ist, ferner die Bestandteile der Rauchgase bei richtiger und bei unwirtschaftlicher Ausnutzung der Brennstoffe u. a. m. Die Tätigkeit des Technikers umfaßt somit im wesentlichen die praktische Anwendung der Naturgesetze.

2. Physikalische und chemische Vorgänge.

Die oben angeführten Beispiele zur Naturlehre aus dem Gebiete der Technik sind aber von sehr verschiedener Art, sie gehören teils in das Gebiet der Physik, teils in dasjenige der Chemie.

Zur Ermittlung der gesetzmäßigen Unterschiede zwischen Physik und Chemie, den beiden Zweigen der Naturlehre, dienen folgende Versuche:

a) Ein Platindraht wird in einer nicht leuchtenden Gasflamme erwärmt; er beginnt zu glühen. Beim Entfernen aus der Flamme hört

das Glühen auf, und der Draht ist genau wie vor dem Versuch. — Mit der Ursache, der Wärme, hat auch die Wirkung, das Glühen, aufgehört.

b) Ein Magnesiumdraht unter gleichen Bedingungen in die Flamme gehalten verbrennt mit helleuchtender Flamme zu einer weißen Asche, offenbar einem ganz neuen Stoff, den der Chemiker als Magnesiumoxyd bezeichnet, entstanden durch Vereinigung des Magnesiums mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoff. Die Ursache ist auch hier die Wärme, die Wirkung dagegen die Bildung der weißen Asche. Die Wirkung hört hier mit der Ursache nicht auf.

c) In einer Kochflasche bringen wir Wasser zum Sieden. Leiten wir den Dampf durch eine kühle Glasröhre, so wird er kondensiert, d. h. er verwandelt sich wieder in Wasser. Mit der Ursache, der Wärme, hat hier auch die Wirkung, die Dampfbildung, aufgehört; es ist wieder der Übergang vom luftförmigen in den flüssigen Aggregatzustand erfolgt ¹⁾.

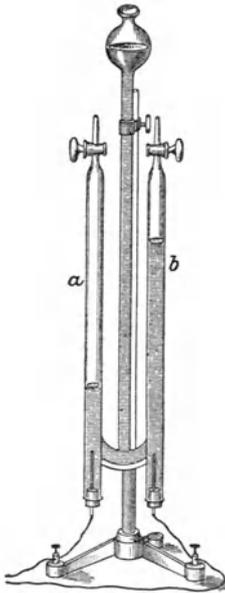


Fig. 1.
Wasserzersetzung *).

d) Der nebenstehende Apparat (Fig. 1) ist mit angesäuertem Wasser gefüllt, das nach dem Gesetz von den kommunizierenden Röhren in allen drei Schenkeln gleich hoch steht, und zwar ist die Flüssigkeitsmenge so gewählt, daß sie gerade bis zu den Hähnen der beiden äußeren Schenkel reicht. In diese letzteren sind durch die Glaswand Platindrähte geführt, welche in Platinblechen (sogenannten Elektroden) endigen. Die Drahtklemmen werden nun mit einer elektrischen Stromquelle (Gleichstrom von ca. 20 Volt) verbunden und die

erwähnten Hähne geschlossen. Bald sehen wir, daß sich von beiden Platinblechen aus luftförmige Stoffe, ohne Temperaturerhöhung, entwickeln und, in den Schenkeln emporsteigend, die Flüssigkeit in die kugelförmige Erweiterung des mittleren Schenkels drängen. Die gebildeten luftförmigen Körper sind offenbar Gase; denn Gase sind bei gewöhnlicher Temperatur und normalem Druck luftförmig (z. B. Leuchtgas), Dämpfe dagegen unter gleichen Bedingungen flüssig oder fest (z. B. Wasserdampf, Schwefeldampf). Bei diesem Versuch kann also nicht, wie beim vorigen, Wasserdampf entstanden sein. Öffnen wir nun den Hahn des Schenkels (a), der genau doppelt so viel Gas enthält, wie der andere (b), und füllen das entweichende Gas in ein einseitig zuge-

¹⁾ Der Aggregatzustand ist die Form (fest, flüssig oder luftförmig), in der die uns umgebenden Stoffe in Erscheinung treten.

*) Obige Figur sowie Fig. 7, 37, 54 und 55 aus Müller, Anfangsgründe der Chemie.

schmolzenes Röhrchen (Reagenzglas), so bemerken wir, daß dieses Gas beim Entzünden unter mehr oder minder heftigem Knall mit bläulicher Flamme verbrennt, wobei am Reagenzglas nachher Wassertröpfchen hängen. Das Gas ist der eine Bestandteil des Wassers, der Wasserstoff. Beim Entzünden des Wasserstoffes vereinigt er sich mit dem Sauerstoff der Luft wieder zu Wasser. Nähern wir nun dem Hahne des anderen Schenkels einen glimmenden Span und lassen das Gas entweichen, so beginnt der Span hell aufleuchtend zu brennen; das Gas ist Sauerstoff, der andere Bestandteil des Wassers: — Das Wasser ist also durch den elektrischen Strom in seine Bestandteile, Wasserstoff und Sauerstoff, zerlegt worden. Bei diesem Vorgang hört mit der Ursache die Wirkung nicht auf.

Beim ersten und dritten Versuch sehen wir, daß mit der Ursache des Vorgangs auch die Wirkung aufhört, und daß das verwendete Material nach dem Versuch genau wie vorher beschaffen ist.

Bei dem zweiten und vierten Versuch hat dagegen mit der Ursache die Wirkung nicht aufgehört, und das dabei verwendete Material hat eine stoffliche Veränderung erfahren.

Wir bezeichnen die Erscheinungen beim ersten und dritten Versuch als physikalischen, beim zweiten und vierten als chemischen Vorgang.

Physikalische Vorgänge sind demnach Veränderungen des Zustandes (nicht der stofflichen Zusammensetzung) der Körper. Bei diesen Vorgängen hört mit der Ursache auch die Wirkung auf.

Chemische Vorgänge dagegen sind Veränderungen der stofflichen Zusammensetzung der Körper. Bei diesen Vorgängen hört mit der Ursache die Wirkung nicht auf, sondern bleibt fortbestehen.

Während wir ferner physikalische Vorgänge mit unseren Sinnesorganen wahrnehmen können, ist dies bei chemischen Vorgängen nicht der Fall, wir beobachten nicht die stoffliche Umsetzung selbst, sondern nur ihre physikalischen Folgeerscheinungen, wie Änderungen des Aggregatzustandes, der Farbe u. a. m.

3. Analyse und Synthese.

Der Verlauf der beiden chemischen Versuche ist aber ein ganz verschiedener gewesen; bei dem einen sind Magnesium und Sauerstoff zu Magnesiumoxyd vereinigt worden, bei dem anderen wurde das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt.

Chemische Vorgänge, wie der erste, bei denen ein Produkt aus seinen stofflichen Bestandteilen gebildet wird, nennt man *Synthese*. Wird dagegen ein Produkt umgekehrt in seine stofflichen Bestandteile zerlegt (z. B. Wasserzersetzung), so nennen wir den Vorgang eine *Analyse*.

Aus Analysen und Synthesen bestehen die Laboratoriumsarbeiten des zünftigen Chemikers. Durch Analyse ist z. B. festgestellt worden,

daß im Steinkohlenteer Produkte enthalten sind, aus denen durch Synthese eine Reihe von Pflanzenfarbstoffen künstlich dargestellt werden können (Krapp, Indigo). Aber auch für den Maschinentechniker haben solche Arbeiten hohe Bedeutung, wie Analyse (Untersuchung) der Eisenarten, Schmieröle, Rauchgase, Synthese geeigneter Metallgemische zu Konstruktionszwecken, Vereinigung von Luft und Gas im richtigen Verhältnis im Zylinder des Verbrennungsmotors, zwecks Erzielung einer günstigen Explosionswirkung usw.

4. Element, chemische Verbindung und mechanisches Gemenge.

Versuchen wir nun das Magnesium, den Wasserstoff oder den Sauerstoff noch weiter durch Analyse in ihre Bestandteile zu zerlegen, so finden wir, daß dies mit allen Hilfsmitteln unmöglich ist; die genannten Stoffe sind Elemente.

Ein Element oder Grundstoff ist also ein Produkt, das sich nicht weiter in stofflich verschiedene Bestandteile zerlegen läßt. Es gibt ca. 80 Elemente (vgl. S. 6).

Im Magnesiumoxyd sind Magnesium und Sauerstoff, im Wasser der Wasserstoff mit dem Sauerstoff zu einem einheitlichen Produkt verbunden, Magnesiumoxyd und Wasser sind daher chemische Verbindungen. Es fragt sich nun, ob alle uns umgebenden Stoffe entweder Elemente oder chemische Verbindungen sind. Hierüber geben uns folgende Versuche Aufschluß:

- a) Wir verreiben in einem Mörser 20 g Eisenpulver und 10 g Schwefelpulver. Das entstehende graugrüne Produkt läßt unter der Lupe noch immer beide Bestandteile erkennen, die man mechanisch wieder trennen kann, z. B. mit Hilfe eines Magneten.

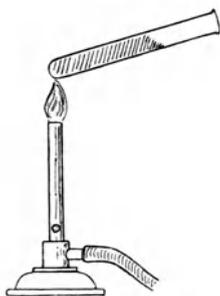


Fig. 2. Reagenzglas*).

- b) Das Gemenge von Eisen und Schwefel wird im Reagenzglas erwärmt (vgl. Fig. 2); plötzlich tritt ein heftiges Glühen ein, und es entsteht aus der pulverförmigen Masse ein festes, hartes, einheitliches Produkt. Dieses läßt sich weder durch den Magneten, noch sonst irgendwie, mechanisch in seine Bestandteile zerlegen. Es ist hier ein neuer Stoff, das Schwefeleisen (welches

stets 63,64 % Eisen und 36,36 % Schwefel enthält), durch chemische Vereinigung von Eisen und Schwefel entstanden.

Beim ersten Versuch hatten wir es mit einem mechanischen Gemenge, beim zweiten mit einer chemischen Verbindung zu tun.

*) Obige Figur sowie Fig. 11, 16, 17, 33, 38—44, 46, 47, 56—58, 62, 63, 65 68 und 90 aus Lubarsch, Elemente der Experimentalchemie.

Ein mechanisches Gemenge hat keine konstante prozentische Zusammensetzung und ist mechanisch in seine Bestandteile zerlegbar. Ein weiteres Beispiel dafür ist das Schießpulver, aus Salpeter, Kohle und Schwefel bestehend; der Salpeter löst sich in Wasser, der Schwefel in einer „Schwefelkohlenstoff“ genannten Flüssigkeit, so daß nur noch die Kohle übrigbleibt; auch den Prozentgehalt kann man innerhalb gewisser Grenzen ändern.

Eine chemische Verbindung dagegen hat eine konstante prozentische Zusammensetzung und ist nur durch chemische Umsetzung in ihre Bestandteile zerlegbar, z. B. auch das Kochsalz. Dasselbe besteht aus 39,3 % Natrium und 60,7 % Chlor, und diese Bestandteile sind nur durch chemische Umsetzung (Zersetzung mit Schwefelsäure, Zerlegung durch den elektrischen Strom) trennbar.

Eine Mittelstellung zwischen mechanischen Gemengen und chemischen Verbindungen nehmen die Legierungen ein, jene Produkte, die durch Zusammenschmelzen mehrerer Metalle entstehen. Sie haben keine konstante prozentische Zusammensetzung, sind aber nicht mechanisch in ihre Bestandteile zerlegbar.

Das Messing z. B. ist eine Legierung von ca. 70 % Kupfer und 30 % Zink; seine Eigenschaften weichen nur unwesentlich ab, wenn man innerhalb gewisser Grenzen die prozentische Zusammensetzung ändert. Das Kupfer schmilzt bei 1050°, das Zink bei 412°; durch die Verschiedenheit der Schmelzpunkte ist aber eine Trennung beider Bestandteile nicht möglich; denn sie schmelzen zu Messing legiert zusammen bei 900°.

II. Die chemischen Umsetzungen.

1. Moleküle und Atome.

Wie aus der Physik bekannt, versteht man unter einem Molekül die kleinste Gewichtsmenge eines Stoffes, die im freien Zustand für sich bestehen kann.

Nun besteht das Kochsalz, wie erwähnt, aus Natrium und Chlor, es muß daher auch das Kochsalzmolekül diese Bestandteile enthalten, und somit gibt es noch kleinere Stoffmengen als die Moleküle, nämlich die **A t o m e**.

Ein Atom ist daher die kleinste Menge eines Elementes, die sich chemisch verbinden kann. Für sich allein können die Atome nicht bestehen, sie vereinigen sich zu Molekülen. Die Zahl der Atome, die in einem Moleküle zusammen verbunden sind, ist sehr verschieden.

Gewisse Atomgruppen des Moleküls pflegt man zur Erklärung der elektrochemischen Vorgänge und der Lösungserscheinungen auch als **I o n e n** zu bezeichnen (vgl. S. 16).

2. Chemische Zeichen und Formeln.

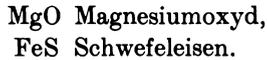
Wie erwähnt, haben die chemischen Verbindungen eine konstante prozentische Zusammensetzung. Um nun das Verhältnis der Stoffmengen zu berechnen, die sich chemisch umsetzen, hat man die Formelsprache eingeführt, die es ermöglicht, die chemischen Umsetzungen (Reaktionen) durch Gleichungen präzise mathematisch auszudrücken. Zu diesem Zwecke bezeichnet man die Elemente mit den Anfangsbuchstaben ihrer griechischen oder lateinischen Namen.

Tabelle der chemischen Grundstoffe.

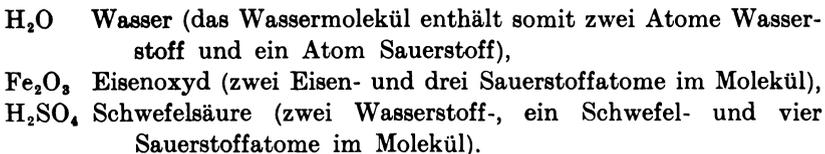
Element	Zeichen	Atomgewicht	Element	Zeichen	Atomgewicht
Aluminium	Al	27,1	Nickel	Ni	58,7
Antimon	Sb	120,2	Niobium	Nb	94,0
Argon	A	39,9	Osmium	Os	191,0
Arsen	As	75,0	Palladium	Pd	106,5
Barium	Ba	137,4	Phosphor	P	31,0
Beryllium	Be	9,1	Platin	Pt	194,8
Blei	Pb	207,1	Präsodym	Pr	141,0
Bor	B	11,0	Quecksilber	Hg	200,0
Brom	Br	79,96	Radium	Ra	225,0
Cadmium	Cd	112,3	Rhodium	Rh	103,0
Cäsium	Cs	132,8	Rubidium	Rb	85,4
Calcium	Ca	40,1	Ruthenium	Ru	101,7
Cer	Ce	140,25	Samarium	Sa	150,4
Chlor	Cl	35,47	Sauerstoff	O	16,0
Chrom	Cr	52,1	Scandium	Sc	44,1
Eisen	Fe	55,9	Schwefel	S	32,06
Erbium	Er	166,0	Selen	Se	79,2
Europium	Eu	151,9	Silber	Ag	107,9
Fluor	F	19,0	Silicium	Si	28,3
Gadolinium	Gd	157,24	Stickstoff	N	14,01
Gallium	Ga	69,9	Strontium	Sr	87,6
Germanium	Ge	72,5	Tantal	Ta	183,0
Gold	Au	197,2	Tellur	Te	127,6
Helium	He	4,0	Terbium	Tb	159,0
Indium	In	114,8	Thallium	Tl	204,0
Iridium	Ir	193,0	Thorium	Th	232,5
Jod	J	126,97	Thulium	Tu	171,0
Kalium	K	39,1	Titan	Ti	48,1
Kobalt	Co	59,0	Uran	U	238,5
Kohlenstoff	C	12,0	Vanadin	V	51,2
Krypton	Kr	81,8	Wasserstoff	H	1,008
Kupfer	Cu	63,6	Wismut	Bi	208,0
Lanthan	La	139,0	Wolfram	W	184,0
Lithium	Li	7,0	Xenon	X	128,0
Magnesium	Mg	24,36	Ytterbium	Yb	173,1
Mangan	Mn	55,0	Yttrium	Y	89,9
Molybdän	Mo	96,0	Zink	Zn	65,4
Natrium	Na	23,0	Zinn	Su	119,0
Neodym	Nd	143,9	Zirkonium	Zr	90,6
Neon	Ne	20,0			

Die Bedeutung des Begriffes **Atomgewicht** wird erst später (vgl. S. 8) erklärt. Das einmal geschriebene Zeichen bedeutet immer ein Atom des betreffenden Elementes.

Chemische Verbindungen werden nun durch eine **Formel** ausgedrückt, in welcher man die Zeichen der Elemente zusammensetzt, die das Molekül des betreffenden Produktes bilden, also z. B.



Mitunter kommen in einem Molekül mehrere Atome ein und desselben Elementes vor. Man drückt diesen Umstand in der Formel dadurch aus, daß man an das Zeichen des betreffenden Elementes rechts unten als Index die Zahl schreibt, die angibt, wieviel Atome des betreffenden Elementes im Molekül vorkommen, also z. B.:



Mit Hilfe dieser Formeln kann man die Umsetzungen auch durch Gleichungen ausdrücken, indem man die Ausgangsprodukte der Reaktion links, deren Endprodukte rechts vom Gleichheitszeichen setzt. Nach dem „Gesetze von der Erhaltung des Stoffes“ ist das Gewicht der Ausgangsprodukte einer Reaktion gleich demjenigen ihrer Endprodukte.

An Beispielen für chemische Umsetzungsgleichungen seien hier folgende angeführt:

a) Bildung von Magnesiumoxyd:



Magnesium + Sauerstoff = Magnesiumoxyd

b) Zersetzung des Wassers:



Wasser = Wasserstoff + Sauerstoff

c) Bildung von Schwefeleisen:



Eisen + Schwefel = Schwefeleisen.

3. Atom- und Molekulargewicht.

Vergleichen wir bei gleichem Druck und gleicher Temperatur das Gewicht gleicher Volumengen Wasserstoff und Sauerstoff, so beobachten wir, daß das Gewicht des letzteren zu demjenigen des ersteren sich wie 16 : 1,008 verhält. Nach der Hypothese von Avogadro enthalten gleiche Volumen zweier Gase die gleiche Anzahl von Molekülen bzw. gleich viele Atome, wenn die betreffenden Moleküle aus gleich

vielen Atomen zusammengesetzt sind. Es müssen daher auch die Gewichte von Sauerstoff- und Wasserstoffatom sich wie 16 : 1,008 verhalten. Wir pflegen zu sagen, die Atomgewichte von Sauerstoff bzw. Wasserstoff sind 16 bzw. 1,008.

Wir führen nun folgende Versuche aus:

Wir wägen eine gewisse Menge Kupferspäne ab, das eine Mal 8,526 g, das andere Mal 7,308 g, und erhitzen beide Proben an der Luft (besser in reinem Sauerstoff), wobei wir 10,668 bzw. 9,146 g Kupferoxyd erhalten, indem das Kupfer also 2,142 bzw. 1,838 g Sauerstoff aufgenommen hat. Hieraus berechnen wir, wieviel Prozent Sauerstoff das Kupferoxyd enthält:

Probe I.	Probe II.
$10,668 : 2,142 = 100 : x;$	$9,146 : 1,838 = 100 : x;$
$x = 20,1 \% \text{ Sauerstoff.}$	$x = 20,1 \% \text{ Sauerstoff.}$

Ferner berechnen wir noch, wieviel Gramm Kupfer auf je 16 g Sauerstoff in beiden Mengen Kupferoxyd kommen:

Probe I.	Probe II.
$2,142 : 8,526 = 16 : x;$	$1,838 : 7,308 = 16 : x;$
$x = 63,6 \text{ g Kupfer.}$	$x = 63,6 \text{ g Kupfer.}$

Entsprechend ergibt sich auch, daß das Schwefelkupfer aus 66,5 % Kupfer und 33,5 % Schwefel besteht, so daß auf 32,06 g Schwefel wiederum 63,6 g Kupfer kommen. Das Verbindungsgewicht ergibt sich aus diesen und vielen anderen Beispielen somit für Kupfer gleich 63,6, für Schwefel gleich 32,06 und für Sauerstoff gleich 16. Da dies offenbar die Gewichtsverhältnisse sind, in denen die Elementaratome das Molekül bilden, so kann man das Verbindungsgewicht als mit dem Atomgewicht identisch betrachten.

Das Atomgewicht ist daher die Zahl, welche angibt, um wieviel ein Atom schwerer oder leichter ist als ein Atom Sauerstoff.

Das Molekulargewicht einer chemischen Verbindung ist entsprechend gleich der Summe der Atomgewichte der Elementaratome, die in einer chemischen Verbindung enthalten sind.

4. Berechnung chemischer Umsetzungen.

Die Ermittlung des Atom- und Molekulargewichtes und der chemischen Formel der betreffenden Verbindung ist die Aufgabe des Fachchemikers. Wir benutzen die in der Tabelle angegebenen Atomgewichtszahlen der Elemente (S. 6) und die bei der Besprechung einzelner chemischer Verbindungen aufgeführten Formeln. Zunächst seien einige Beispiele der Berechnung des Prozentgehaltes chemischer Verbindungen gegeben:

a) Schwefeleisen FeS · Atomgewicht $\text{Fe} = 56$ ¹⁾ und $\text{S} = 32$, also Molekulargewicht $\text{FeS} = 88$. In 88 g FeS sind also 56 g Fe enthalten, in 100 g FeS gleich wieviel?

$$88 : 56 = 100 : x; \quad x = 5600 : 88 = 63,6 \text{ \% Eisen.}$$

Entsprechend erhält man den Schwefelgehalt durch die Proportion:

$$88 : 32 = 100 : y; \quad y = 3200 : 88 = 36,4 \text{ \% Schwefel.}$$

b) Eisenoxyd Fe_2O_3 · Atomgewichte: $\text{Fe} = 56$; $\text{O} = 16$, also Molekulargewicht gleich $(2 \cdot 56) + (3 \cdot 16) = 160$. Der Eisengehalt folgt aus der Proportion: $160 : 112 = 100 : x$; $x = 70 \text{ \% Fe}$, und der Sauerstoffgehalt: $160 : 48 = 100 : y$; $y = 30 \text{ \% O}$.

c) Salpetersäure HNO_3 · Atomgewichte $\text{H} = 1,008$ $\text{N} = 14,04$ und $\text{O} = 16$, also Molekulargewicht 63,048.

$$63,048 : 1,008 = 100 : x; \quad x = 1,6 \text{ \% H,}$$

$$63,048 : 14,04 = 100 : y; \quad y = 22,2 \text{ \% N,}$$

$$63,048 : 16 = 100 : z; \quad z = 76,2 \text{ \% O.}$$

d) Kohlendioxyd CO_2 . Atomgewichte: $\text{C} = 12$ und $\text{O} = 16$. Molekulargewicht also $\text{CO}_2 = 44$. Es ist daher

$$44 : 12 = 100 : x; \quad x = 27,27 \text{ \% C,}$$

$$44 : 32 = 100 : y; \quad y = 72,72 \text{ \% O.}$$

e) Kohlenoxyd CO . Atomgewichte: $\text{C} = 12$ und $\text{O} = 16$. Molekulargewicht also $\text{CO} = 28$. Es ist daher

$$28 : 12 = 100 : x; \quad x = 42,9 \text{ \% C,}$$

$$28 : 16 = 100 : y; \quad y = 57,1 \text{ \% O.}$$

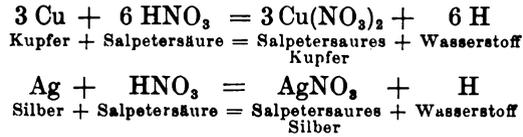
Der Umstand, daß Kohlendioxyd und Kohlenoxyd beide aus Kohlenstoff und Sauerstoff, aber von ungleicher prozentischer Zusammensetzung bestehen, scheint zunächst mit der Tatsache unvereinbar, daß der Prozentgehalt chemischer Verbindungen konstant ist. Nach dem Gesetz der multiplen Proportionen verbinden sich aber die Elemente im Verhältnis ihrer Atomgewichte oder deren ganzzahligen Vielfachen. Der Kohlenstoff verbindet sich mit dem Sauerstoff entweder im Verhältnis $12 : 16$ oder $12 : (2 \cdot 16)$. Ebenso haben wir ein Eisenoxydul FeO und ein Eisenoxyd Fe_2O_3 . Das Verbindungsverhältnis ist also $56 : 16$ bzw. $(2 \cdot 56) : (3 \cdot 16)$.

Dagegen ist der Prozentgehalt ein und derselben Verbindung natürlich immer konstant, also z. B. Kohlendioxyd CO_2 stets $27,27 \text{ \% C}$ und $72,72 \text{ \% O}$.

5. Die Affinität.

Fragen wir nun nach den Ursachen der chemischen Umsetzung, so belehren uns darüber folgende zwei Versuche: In je einer Probe Salpetersäure lösen wir einmal Kupfer, das andere Mal Silber auf.

¹⁾ Abgerundet für 55,9 bzw. 32,06



Durch die chemische Umsetzung hat sich also in beiden Fällen das Metall mit der Atomgruppe NO_3 , dem sogenannten Salpetersäurerest, verbunden, und der Wasserstoff der Salpetersäure ist entwichen. Die Umsetzung erklären wir dadurch, daß die Metalle eine größere chemische Verwandtschaft zur NO_3 -Gruppe besitzen als der Wasserstoff. Demnach ist die chemische Verwandtschaft oder „Affinität“ das Bestreben der Elemente, sich miteinander stofflich zu verbinden.

Halten wir nun in die Kupferlösung ein Stück Eisen, so löst sich letzteres allmählich auf, während das Kupfer sich ausscheidet; aus salpetersaurem Kupfer und Eisen entsteht salpetersaures Eisen und Kupfer.

Wird ebenso ein Stück Kupfer in die Silberlösung gehalten, so scheidet sich das Silber aus, das Kupfer geht in Lösung; aus salpetersaurem Silber und Kupfer entsteht salpetersaures Kupfer und Silber. Der Salpetersäurerest hat demnach eine größere Affinität zum Eisen als zum Kupfer und wiederum eine größere Affinität zum Kupfer als wie zum Silber.

Wie allgemein bekannt, halten sich die edlen Metalle gut an der Luft, die unedlen dagegen verändern sich unter atmosphärischen Ein-

flüssen, weil erstere eine geringe, letztere dagegen eine große Affinität zu den Luftbestandteilen haben. Wesentlich verändert werden die Affinitätseigenschaften durch Licht, Elektrizität und Wärme, durch deren Einfluß man häufig chemische Umsetzungen herbeiführen kann.

Durch das Licht wird die präparierte Schicht der photographischen Platte und des Lichtpaspapiers chemisch verändert; aus den gleichen Gründen „verschießen“ die Farben der Tapeten und Kleiderstoffe.

Durch die Elektrizität haben wir das Wasser in seine Bestandteile zerlegt. Erwärmen wir in einer Retorte (vgl. Fig. 3) rotes Quecksilberoxyd, so zersetzt es sich in Quecksilber und Sauerstoff. $\text{HgO} = \text{Hg} + \text{O}$. Das Quecksilber verdampft und wird an den kühleren Glaswandungen

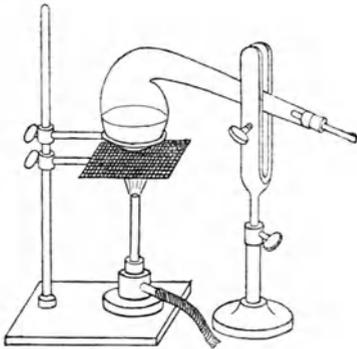


Fig. 3. Sauerstoffgewinnung*).

*) Obige Figur sowie Fig. 6, 12 und 26 aus Lubarsch, Technik des Chemischen Unterrichts.

wieder niedergeschlagen. Der entweichende Sauerstoff wird durch einen glimmenden Span nachgewiesen.

Man pflegt das Gewicht in Grammen, das der Molekulargewichtszahl entspricht, als das „Mol“ der betreffenden Verbindung zu bezeichnen, also z. B. 58,47 g Kochsalz gleich einem Mol NaCl oder 18,016 g H₂O gleich einem Mol Wasser usw.

Fast jeder chemische Prozeß ist mit der Erzeugung oder dem Verbrauch von Wärme verbunden. Die bei Bildung oder Zersetzung eines Mols der betreffenden Verbindung erzeugte oder verbrauchte Wärmemenge pflegt man als positive oder negative Wärmetönung der Verbindung zu bezeichnen. Wir messen die Wärmemengen nach Kalorien.

In der Technik versteht man unter einer Kalorie (große Kalorie oder Kilogrammkalorie) die Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 kg Wasser um 1° C zu erwärmen. Gebräuchliche Abkürzung Cal. oder W E. Für theoretische Erörterungen gebraucht man aber noch die kleine oder Grammkalorie, welche die entsprechende Wärmemenge für 1 g des betreffenden Stoffes angibt. Abkürzung: cal.

Man pflegt vielfach die Zahl der erzeugten oder verbrauchten cal. in der Umsetzungsgleichung mit anzugeben.

Exothermische Verbindungen haben positive Wärmetönung, z. B. die Wasserbildung: $H_2 + O = H_2O + 68,4 \text{ cal.}$

Endothermische Verbindungen haben dagegen negative Wärmetönung, z. B. die Bildung des Jodwasserstoffs: $H + J = HJ - 6 \text{ cal.}$

6. Das Energiegesetz.

Wenn wir eine gewisse Menge Wasser elektrolytisch zerlegt haben, so müßte es bei geeigneten Apparaten möglich sein, die bei der Wiedervereinigung von Wasserstoff und Sauerstoff entstehende Wärmemenge zum Betrieb eines Motors nutzbar zu machen, der mechanische Arbeit leistet, oder, wie wir zu sagen pflegen, die chemische Affinität zwischen Wasserstoff und Sauerstoff wird in mechanische Energie umgesetzt.

Nach den Untersuchungen von Robert Maier (1842) entspricht 1 Cal. einer mechanischen Energie von 428 kg/m¹), also der Arbeit, die geleistet wird, wenn 1 kg um 428 m oder 428 kg um 1 m gehoben werden.

Die Affinität können wir daher auch als chemische Energie bezeichnen, welche den anderen Energieformen (mechanische, kalorische, optische, elektrische und magnetische) vollkommen entspricht und unter gewissen Voraussetzungen in diese umgesetzt werden kann.

Nach Maiers Energiegesetz (Gesetz von der Erhaltung der Kraft) wird bei irgendeiner Arbeitsleistung keine Energie vernichtet, sondern nur in andere Form gebracht; z. B. wird beim Bremsen eines Eisen-

¹) Es ist dies das mechanische Wärmeäquivalent der Wärmeeinheit.

bahnzuges die geleistete mechanische Energie in Form von Wärme wieder in Erscheinung treten.

Bei der Wasserzersetzung wird z. B. die erforderliche elektrische Energie durch eine Dynamomaschine erzeugt, die mit einem Gasmotor direkt gekuppelt ist. Bei der Explosion des Leuchtgas-Luft-Gemisches im Zylinder des Motors wird also zunächst kalorische Energie erzeugt, diese setzt sich in mechanische, letztere in elektrische um, welche ihrerseits bei der Bildung von Wasserstoff und Sauerstoff chemische Energie erzeugt, die bei der Wiedervereinigung beider Bestandteile aufs neue Wärme bildet. Könnten wir die Versuchsanordnungen so treffen, daß bei den einzelnen Umformungen keine Energieverluste entstehen, so müßte die ursprünglich im Gasmotor verbrauchte Wärmemenge gleich der bei der Verbrennung des Wasserstoff-Sauerstoff-Gemisches erhaltenen sein.

Bei jedem Verbrennungsprozeß findet ein Übergang von chemischer in kalorische Energie statt, die dann, z. B. in der Dampfmaschinenanlage oder im Gasmotor, in mechanische Energie umgesetzt wird. Als Brennstoff kommen Kohlen oder Erdölprodukte in Betracht, ferner Holz und Spiritus. Die beiden erstgenannten Stoffe sind die Vermoderungsprodukte pflanzlicher bzw. tierischer Stoffe im Erdinnern, unter hohem Druck, durch Einwirkung der Erdwärme entstanden, die bekanntlich der Sonnenwärme entstammt. Ferner ist für die Bildung des Holzes und aller Pflanzen die Sonnenwärme Bedingung, somit auch für die Entstehung des Spiritus, der bekanntlich aus gewissen pflanzlichen Produkten gewonnen wird. Auf den gleichen Grundursachen beruht auch die Wirkung der Wind- und Wassermotoren; denn durch die Sonnenwärme wird das Wasser von den großen Wasserflächen (Meere, Flüsse usw.) zur Verdunstung gebracht und gewissermaßen auf die Berge gehoben, wo es kondensiert, um dann, zu Tal fließend, durch sein Gefälle zur Krafterzeugung nutzbar gemacht zu werden. Ähnlich können wir den Wind, der zu Motorzwecken benutzt wird, als eine durch die Sonnenwärme bedingte, atmosphärische Ausgleicherscheinung erklären.

Schließlich müssen auch Menschen und Tiere den durch mechanische Arbeit bedingten Kraftverlust durch die Nahrung ersetzen, deren Entstehen wiederum von der Sonnenwärme abhängig ist.

Es ergibt sich somit die wichtige Tatsache, daß die Ursache aller Energie die Sonnenwärme ist.

Im Anschluß hieran seien noch kurz die in der Technik üblichen Bezeichnungen erwähnt:

Der *Effekt* oder die Leistung ist die Arbeit in Kilogrammometer pro Sekunde, und zwar ist:

1 *Pferdestärke* die Arbeit von 75 kg/m pro Sekunde und

1 *Kilowatt* die Arbeit von 102 kg/m pro Sekunde.

Der *Heizwert* ist die Zahl von Kalorien, die bei der Verbrennung von 100 kg eines Brennstoffs entstehen.

III. Luft und Wasser.

1. Die Luftbestandteile.

Luft und Wasser sind die elementarsten Grundbedingungen für die Existenz aller Lebewesen.

Die Luft ist das mechanische Gemenge verschiedener Gase und Dämpfe. Ihr durchschnittliches Verhältnis in Gewichtsprozenten ist das folgende:

76,29 %	Stickstoff (N),
22,84 %	Sauerstoff (O),
0,05 %	Kohlendioxyd (CO ₂),
0,82 %	Wasserdampf (H ₂ O).

Unberücksichtigt sind hierbei die in sehr kleinen Mengen in der Luft enthaltenen Edelgase, nämlich Argon, Helium, Krypton, Neon

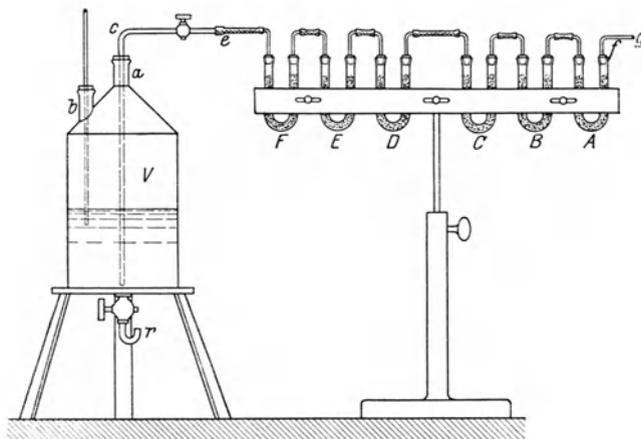


Fig. 4. Luftuntersuchung.

und Xenon; ferner sind Ammoniak NH₃ und Salpetersäure HNO₃, sowie deren Umsetzungsprodukte, die in der Luft ebenfalls nur in sehr geringer Menge enthalten, hier nicht mit aufgeführt worden.

Wir können uns von dieser Zusammensetzung der Luft wie folgt überzeugen:

a) Zur Bestimmung von Kohlendioxyd und Wasserdampf dient nebenstehender Apparat (Fig. 4). In den u-förmigen Röhren A und B befindet sich Chlorcalcium CaCl₂, welches zur Absorption¹⁾ des Wasserdampfes dient, die Röhren C, D, E enthalten Ätzkali KOH, das das Kohlendioxyd absorbiert. (Das sechste Rohr F, das ebenfalls mit CaCl₂ gefüllt ist, dient nur zur Absorption etwaigen Wasserdampfes,

¹⁾ Absorption bedeutet Aufsaugung bzw. Lösung.

der aus dem Aspirator entweicht.) Um nun die Luft durch die Absorptionsröhren zu saugen, bedient man sich des Aspirators *V*, eines Behälters aus Zinkblech von 50 l Fassungsvermögen, der mit Wasser gefüllt ist, dessen Temperatur durch das bei *b* eingeführte Thermometer gemessen wird. Öffnet man nun den Hahn *r*, so tritt das Wasser aus, und die zu untersuchende Luft wird dann durch die Röhren *A* bis *F* gesaugt. Die untersuchte Luftmenge ergibt sich aus derjenigen des ausgeflossenen Wassers unter Berücksichtigung der Temperatur, die darin enthaltene Menge Wasserdampf bzw. Kohlendioxyd aus der Gewichtszunahme der u-förmigen Röhren *A*, *B* bzw. *C*, *D* und *E*.

b) Zur Bestimmung des Stickstoffs (bzw. des Sauerstoffs) dient der in Fig. 5 dargestellte Apparat. In der Kochflasche *A* befindet sich oberhalb des Wassers genau 1 l Luft, die durch langsames Eingießen

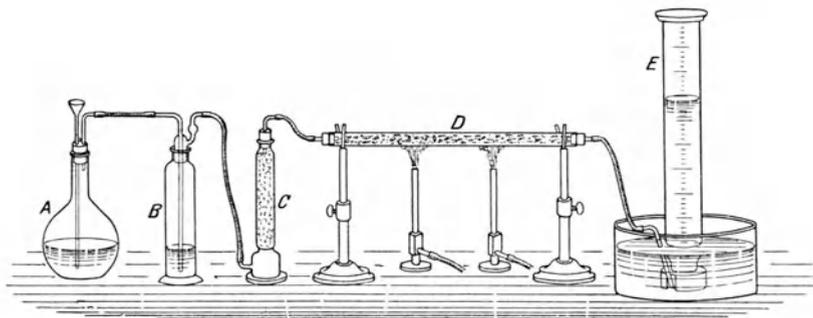


Fig. 5. Luftuntersuchung*).

von weiterem Wasser in die mit *B* bis *E* bezeichneten Teile des Apparates getrieben wird. Die Waschflasche *B* ist mit Kalilauge (Ätzkali in Wasser gelöst) gefüllt, die das Kohlendioxyd absorbiert, der Turm *C* mit Chlorcalcium zur Aufsaugung des Wassergehaltes. Das Rohr *D* aus schwer schmelzbarem Glas, das mit Kupferspänen gefüllt und bei Ausführung des Versuches durch Brenner erhitzt wird, dient zur Abscheidung des Sauerstoffs, der sich mit dem Kupfer zu Kupferoxyd verbindet. Der nunmehr allein übrigbleibende Stickstoff sammelt sich im Zylinder *E*, aus dem er das Wasser verdrängt, das zum hydraulischen Abschluß dient. Das Volumen des erhaltenen Stickstoffs läßt sich durch die Graduierung des Zylinders leicht ermitteln und daraus die Menge des Stickstoffs in Gewichtsprozenten durch Multiplikation des Volumens mit dem spezifischen Gewicht des Stickstoffs (0,96). Indirekt kann man jetzt den Prozentgehalt des Sauerstoffs feststellen, indem man den Prozentgehalt an Wasserdampf, Kohlendioxyd und Stickstoff von 100 abzieht. Mittels Phosphors und unter gewissen Verhältnissen auch

* Obige Figur sowie Fig. 15, 18—20, 24, 25, 27—29, 32, 34, 50 und 64 aus Ochs, Einführung in die Chemie.

mit Pyrogallol kann man den Sauerstoffgehalt der Luft direkt bestimmen (Pyrogallollösung absorbiert den Sauerstoff).

Was nun die einzelnen Luftbestandteile anbetrifft, so ist der Sauerstoff am wichtigsten, weil er, wie wir später sehen werden, Atmung und Verbrennung unterhält, während der Stickstoff (daher der Name) gerade die entgegengesetzten Eigenschaften hat. Das Kohlendioxyd entsteht bei der Atmung und Gärung, der Wasserdampf schließlich bei der Verdunstung des Wassers. Daher wird der Kohlendioxydgehalt der Luft in dicht bevölkerten und industriereichen Gegenden besonders groß sein, die Wasserdampfmenge in der Nähe großer Wasserflächen (Meeresstrand). Das dort durch die Verdunstung (Nebel, Wolken) aufsteigende Wasser wird im Gebirge niedergeschlagen und macht den bekannten Kreislauf: Quelle, Bach, Fluß, Meer. Je tiefer das Wasser ins Erdinnere eindringt, um so wärmer tritt es wieder zutage (Quellen in Aachen 75° und in Wiesbaden 69°).

2. Die natürlichen Wasserarten.

Während das Regenwasser fast chemisch rein ist, denn es enthält nur Luftbestandteile gelöst, sind im Quell- und Grundwasser die wasserlöslichen Bestandteile des durchflossenen Erdbodens enthalten. (Grundwasser ist das durch porösen Boden gesickerte Wasser, das sich auf undurchlässigen Stein- oder Tonschichten ansammelt; es ist meistens keimfrei.) Je nach der Natur der gelösten Salze führt das Wasser verschiedene Namen: Hartes Wasser ist reich, weiches Wasser dagegen arm an Calcium- und Magnesiumsalzen, Solwasser enthält Kochsalz, im Sauerwasser ist Kohlendioxyd und im Stahlwasser finden sich gewisse Eisenverbindungen.

Das Flußwasser endlich enthält außer den mineralischen auch organische Verunreinigungen, bedingt durch die einmündenden Schmutzwasserkanäle, Notauslässe usw. Diese Beimengungen treten besonders in Form von Keimen (Bakterien) in Erscheinung, die zum Teil als sehr gefährliche Erreger ansteckender Krankheiten besondere Vorsichtsmaßregeln erfordern.

3. Die Lösungsvorgänge.

Die Lösung eines festen Stoffes in einer Flüssigkeit erfolgt immer unter Wärmeaufwand. In manchen Fällen braucht die Wärme nicht zugeführt zu werden, sie wird der Flüssigkeit selbst entzogen, die sich dadurch abkühlt, z. B. Rhodankalium im Wasser. Mischt man irgendein wasserlösliches Salz mit Schnee, so wird letzterer zum Teil verflüssigt, und die hierzu verbrauchte Wärme hat eine weitere Temperatureniedrigung des Gemenges zur Folge, wir haben es mit einer Kältemischung zu tun.

Bei jeder Temperatur ist nur eine gewisse Menge eines festen Stoffes in Wasser löslich. Bei der gesättigten oder konzentrierten Lösung vermag das Wasser keine weiteren Stoffmengen mehr aufzulösen, im Gegensatz zur ungesättigten oder verdünnten Lösung.

Ist ein Stoff in Wasser unlöslich, so setzt er sich als Niederschlag zu Boden, z. B. das kohlen saure Calcium CaCO_3 .

Für technische Zwecke genügt es, sich den Lösungsvorgang wie folgt zu erklären: Durch Berührung mit dem Wasser erniedrigt sich der Schmelzpunkt des festen Stoffes derartig, daß er durch die zugeführte (oder die der Flüssigkeit entzogene) Wärmemenge schmilzt und sich dann mit dem Wasser mischt. Mit Rücksicht auf gewisse elektrochemische Vorgänge nimmt man übrigens jetzt an, daß die in Lösung befindlichen Stoffe in bestimmte Atomgruppen, sogenannte Ionen, gespalten in der Flüssigkeit vorhanden sind; also z. B. das Kupfervitriol CuSO_4 in Cu-Ionen und SO_4 -Ionen, das Kochsalz NaCl in Na-Ionen und Cl-Ionen.

Jedenfalls befindet sich der gelöste Stoff in einem veränderten Zustande im Wasser; durch Verdampfen des Wassers kann man aber den ursprünglichen Zustand wieder herstellen. Wir erhalten z. B. beim Verdampfen der Kochsalzlösung wieder Kochsalz, weil zwischen dem lösenden und gelösten Stoff keine chemische Umsetzung stattgefunden hat. Diese Erscheinung bezeichnen wir als *physikalischen Lösungsvorgang*.

Beim *chemischen Lösungsvorgang* findet dagegen eine stoffliche Umsetzung zwischen der lösenden Flüssigkeit und dem gelösten festen Körper statt, und das hierbei neu entstandene Produkt bildet den Rückstand bei der Verdampfung; z. B. Kupfer in Salpetersäure gelöst, gibt salpetersaures Kupfer.

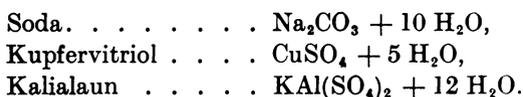
Auch andere Flüssigkeiten, wie das Wasser, vermögen physikalische Lösungsvorgänge zu bewirken, z. B. Alkohol, Äther, Erdölprodukte (Benzin), Benzol, Terpentin, Glyzerin, Schwefelkohlenstoff u. a. m.

Durch die Aufnahme fester Stoffe steigen das spezifische Gewicht und der Siedepunkt dieser Flüssigkeiten. Eine konzentrierte Lösung von Chlorcalcium in Wasser siedet z. B. erst bei 180° .

In der Technik gebraucht man mitunter den Ausdruck „Lösung“, wo eine solche gar nicht vorliegt. Wir sagen z. B., Mennige wird zu Anstrichfarben in Leinöl gelöst; in Wirklichkeit ist die Mennige nur im Leinöl fein verteilt. Diese Erscheinung wäre richtiger als „Suspension“ zu bezeichnen.

Läßt man eine konzentrierte Lösung rasch erkalten, so scheiden sich die Stoffe in amorpher Form, d. h. in unregelmäßiger Gestalt aus, beim langsamen Erkalten bilden sich dagegen Kristalle von bestimmter gesetzmäßiger Gestalt (z. B. Kandiszucker und Streuzucker). Die kristallisierten Körper sind im allgemeinen reiner und spezifisch schwerer als die amorphen.

In vielen Fällen haben die aus Wasser kristallisierten Salze eine bestimmte Menge Wasser an das Molekül gebunden; z. B.



Dieses Kristallwasser ist mitunter von charakteristischem Einfluß auf die physikalischen Eigenschaften des Produktes. Treibt man z. B. aus dem Kupfervitriol durch Erhitzen das Wasser aus, so geht die blaue Farbe in weiß über.

Auch beim Liegen an der Luft verlieren die Kupfervitriolkristalle nach und nach zum Teil ihr Kristallwasser, ändern die Farbe und zerbröckeln schließlich. Diese auch bei anderen Kristallen auftretende Erscheinung bezeichnen wir als „Verwittern“. Im Gegensatz hierzu steht die „Hygrokopizität“ (Wasseranziehung), d. i. die Eigenschaft vieler Stoffe (Chlorcalcium, Chilesalpeter), aus der Luft Feuchtigkeit anzuziehen.

Manche Flüssigkeiten vermögen einander glatt aufzulösen, z. B. Alkohol in Wasser, dagegen löst sich Öl nicht im Wasser, sondern schwimmt auf diesem als spezifisch leichtere Flüssigkeit. Beim Schütteln bilden beide vorübergehend ein einheitliches Gebilde von milchiger Trübung; bald aber trennen sich die Bestandteile wieder. Man nennt diesen Mischungszustand eine „Emulsion“. Unter gewissen Verhältnissen kann die Emulsion auch von dauerndem Bestande sein, z. B. bei den Mischungen von Seifenlösung und Schmieröl, die bei der Bohrmaschine gebraucht werden.

Schließlich haben die Flüssigkeiten, namentlich das Wasser, ein mehr oder minder großes Lösungsvermögen für Gase, besonders bei niedriger Temperatur. Durch die Aufnahme größerer Mengen von Gasen wird das spezifische Gewicht des Wassers erniedrigt.

Wollen wir nun umgekehrt das Wasser von allen gelösten Stoffen befreien, so müssen wir es zum Sieden bringen und den entstehenden Dampf durch Abkühlen verdichten (kondensieren).

Das Kondenswasser unserer Dampfanlagen stellt also ein derartig reines oder, wie wir zu sagen pflegen, „destilliertes Wasser“ dar, das bei den Akkumulatoren sehr gut verwendet werden kann¹⁾.

Die Bezeichnung „destilliertes Wasser“ stammt von Liebig, der seinen Destillationsapparat, wohl auch Kühler genannt, zuerst zum Herstellen von reinem Wasser gebrauchte. Die Einrichtung (vgl. Fig. 6) besteht aus dem Glaskolben *a*, in dem das zu reinigende Wasser erhitzt wird. Der Dampf geht durch das innere Rohr des Kühlers (derselbe besteht aus zwei konzentrischen Rohren), während durch das äußere, mittelst der Schläuche *c* und *d* kaltes Wasser zu- und abfließt. Hier-

¹⁾ Voraussetzung ist ein ölfreies Kondensat.

durch wird der Dampf zur Kondensation gebracht, und das reine Wasser sammelt sich dann in der Vorlage *b*.

In ganz entsprechender Weise kann durch Destillation jede Flüssigkeit gereinigt werden, die ohne chemische Zersetzung siedet. Fig. 7 zeigt eine zu Betriebszwecken eingerichtete Destillationsanlage. Auf Seeschiffen, die für so lange Zeit keinen Hafen anlaufen, daß die Wasservorräte ihrer Tanks nicht ausreichen, ist man gezwungen, Seewasser zu Genußzwecken zu destillieren. Infolge des gänzlichen Fehlens von Salzen, schmeckt aber das destillierte Wasser schal (wie Regenwasser), so daß es sich ohne irgendwelche nachträglichen Zusätze zum Trinken wenig eignet.

4. Die Aufbereitung des Trinkwassers.

Für gewöhnliche Verhältnisse kommen für Genußzwecke nur Quell- und Grundwasser in Betracht und bei Mangel an diesen das gereinigte Flußwasser.

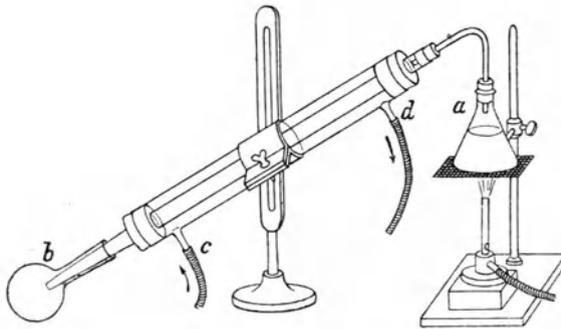


Fig. 6. Liebig's Kühler.

Das Quellwasser gewinnt man durch Fassen (Ummauern) der Quelle (Brunnenstube, Wasserschloß). Den gleichen Zweck erfüllen die Talsperren, die man zur Trinkwassergewinnung vielfach verwendet, indem man ein Tal, in dem sich das Wasser eines großen Niederschlagsgebietes sammelt, durch eine Sperrmauer von entsprechenden Größenverhältnissen abschließt, hinter welcher sich die Wassermassen sammeln. Bei genügend hohem Wasserstand kann man die Niveaudifferenz zur Talsohle in hydraulischen Motoren, die mit Dynamos gekuppelt sind, zur Erzeugung elektrischer Energie ausnutzen. Dies geschieht z. B. bei der Urfttalsperre (Eifel), welche 50 000 000 cbm Fassungsvermögen hat.

Das Grundwasser wird durch Brunnenanlagen gewonnen. Der Schacht (vertikaler Brunnenanteil) wird an einer möglichst tiefen Stelle des Geländes angelegt, um alles zu Tal fließende Wasser abfangen zu können. Der Stollen (beinahe horizontaler Brunnenanteil, aber mit etwas

Neigung zum Schacht), wird so angeordnet, daß er zu den weiter gelegenen Wasseradern führt. Um den Zusammenhang zweier Grundwasserströme ermitteln zu können, benutzt man Fluorescein, einen Teerfarbstoff, der auch noch in äußerst verdünnter Lösung durch die Eigenschaft des Fluoreszierens in Erscheinung tritt, d. h. er zeigt im auffallenden und durchfallenden Licht verschiedene Farben.

Ist man gezwungen, Flußwasser zu verwenden, so wird es, um es in möglichst reinem Zustande zu erhalten, oberhalb der Stadt und tunlichst in der Mitte des Flusses, wo die Strömung am stärksten ist, geschöpft und durch Sand- und Kiesfilter gereinigt, wodurch der Bakteriengehalt bis auf 60–100 Keime pro Kubikzentimeter verringert wird. Das so gereinigte Wasser kann ohne Bedenken zu Trinkzwecken benutzt werden; allerdings erfordert aber jede derartige Anlage eine ständige bakteriologische Kontrolle (mikroskopische Untersuchung)¹⁾.

Für Fabrikationszwecke ist das Leitungswasser meistens zu teuer. Sofern die Möglichkeit bzw. die Berechtigung zur Wasserentnahme aus

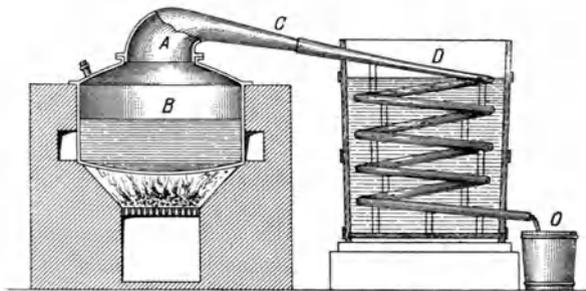


Fig. 7. Wasserdestillation.

dem Flußlauf nicht vorhanden ist, sind Brunnenanlagen erforderlich. Für die Kesselspeisung (vgl. S. 84) ist auf jeden Fall für weiches Wasser zu sorgen.

Während das durch Quelfassungen und Talsperren gewonnene Wasser meistens genügend Druck hat, um durch die Rohrleitungen bis in die höchst gelegenen Wohnungen der Stadt gelangen zu können, ist bei Brunnen- und Flußwasseranlagen die Errichtung von Hochdruckbehältern erforderlich, auf welche das Wasser gepumpt wird. Der große Fassungsraum dieser Behälter dient zum Ausgleich bei ausnahmsweise starkem Wasserverbrauch.

Als Leitungsmaterial kommen Guß- und Schmiedeeisenrohre in Betracht. Gußeisenrohre haben geringe Bruchfestigkeit, rosten aber schwer bei längerem Leerstehen. Schmiedeeisenrohre zeigen das umgekehrte Verhalten. Die Hausanschlüsse werden aus Bleirohren hergestellt, die wegen der Giftigkeit des genannten Metalls innen verzinkt sind.

¹⁾ Über Trinkwasserreinigung mit Ozon vgl. Seite 31.

Der tägliche Wasserverbrauch beträgt in den deutschen Städten 100 l pro Kopf der Bevölkerung. Die Erhebung des Wassergeldes erfolgt nach dem Stande der Wassermesser, die in den einzelnen Häusern aufgestellt sind.

Das Prinzip der Wassermesser beruht darauf, daß das hindurchfließende Wasser ein Flügelrad in Umdrehung setzt. Die Zahl der Umdrehungen wird durch ein Zählwerk angezeigt, das durch entsprechende Eichung den Wasserverbrauch angibt.

5. Die Kanalisation.

Die Beseitigung der Abwässer erfolgt durch Kanäle. Regen- und Schneeabwässer können dem Flußlauf direkt zugeführt werden. Die Hausabwässer bedürfen erst einer besonderen Reinigung in den Klärbecken, ausgemauerten bzw. auszementierten Behältern, in denen die Schmutzstoffe zu Boden sinken. Die abgeschiedenen Fäkalien werden zu Düngezwecken verwendet. Die Reinigung kann auch durch Rieselfelder erfolgen. Es sind dies große Ackerflächen, die durch die Aufsaugung der Schmutzstoffe gedüngt werden, während das gereinigte Wasser abfließt. Die Fabrikabwässer bedürfen je nach Beschaffenheit besonderer Reinigungsverfahren.

6. Darstellung von Sauerstoff und Wasserstoff.

Für die Technik spielt das Wasser, außer zur Kesselspeisung, als Kühl-, Reinigungs- und Lösungsmittel eine Rolle, ferner als Ausgangsmaterial für die elektrolytische Gewinnung von Sauerstoff und Wasserstoff.

Beide Gase kommen in nahtlosen Stahlzylindern aus Mannesmannrohr unter einem Druck von 150 Atmosphären komprimiert (nicht flüssig) in den Handel. Der Inhalt beträgt meistens 36 l, entsprechend einem Gasgehalt von 5,4 cbm (Flaschen der Chemischen Fabrik Griesheim-Elektron). Zur Unterscheidung der Wasserstoff- und Sauerstoffflaschen (Verwechslungen können leicht zu Unglücksfällen führen) haben erstere am Seitenzapfen der Verschlußventile Linksgewinde, die Sauerstoffflaschen dagegen Rechtsgewinde. Näheres über die Ventile vgl. S. 144. Zur weiteren Unterscheidung erhalten die Wasserstoffflaschen einen roten, die anderen einen schwarzen Anstrich. Bei den Sauerstoffflaschen ist jede Berührung des Gases mit brennbaren Stoffen (Dichtungsmaterialien, Fett und Öl) zu vermeiden.

Die Sauerstoffgewinnung geschieht nach Lindes Verfahren aus flüssiger Luft. Die Wirkung der Lindeschen Luftverflüssigungsmaschine beruht auf der Abkühlung, welche die Luft beim Ausströmen von einem höheren auf einen niedrigeren Druck, durch Leistung innerer Arbeit erfährt. Diese Abkühlung beträgt bei gewöhnlicher Temperatur $0,25^{\circ}\text{C}$

pro Atmosphäre Druckdifferenz, ist also selbst bei sehr großen Druckdifferenzen zu klein, um bei einmaliger Ausströmung eine Verflüssigung der Luft herbeizuführen, welche erst unter -140° eintreten kann, unter atmosphärischem Druck aber erst bei -190° , dem Siedepunkt der flüssigen Luft. Es werden daher die Wirkungen beliebig vieler Ausströmungen in der Weise vereinigt, daß jede vorhergehende zur Vorkühlung der Luft der nachfolgenden dient. Dies wird durch Anwendung des Gegenstromprinzips erreicht, welches in zwei langen ineinandergesteckten und zu einer Spirale aufgewundenen Röhren zu sehr vollkommener Wirkung gelangt. Die komprimierte Luft durchfließt das innere Rohr der senkrecht aufgestellten Doppelspirale von oben nach unten, strömt am unteren Ende durch ein Ventil auf niedrigeren Druck aus und kehrt dann durch den ringförmigen Raum zwischen dem inneren und äußeren Rohr nach oben zurück, wobei sie die durch die Ausströmung gewonnene Abkühlung auf die das innere Rohr durchströmende komprimierte Luft überträgt. Hierdurch wird bewirkt, daß die Temperaturen vor und nach der Ausströmung fortwährend sinken, bis die Verflüssigungstemperatur erreicht ist und ein Teil der ausströmenden Luft sich im flüssigen Zustand in einem am unteren Ende des Gegenstromapparates angebrachten Gefäß sammelt.

Da die Kälteleistung des Apparates von der Differenz ($p_2 - p_1$) vor und nach der Ausströmung, die Kompressionsarbeit dagegen von dem Verhältnis derselben Drucke $\frac{p_2}{p_1}$ abhängt, so ist es vorteilhaft, die Differenz groß, das Verhältnis aber klein zu wählen. In den Lindschen Maschinen wird deshalb der größere Teil der Kälte durch das Ausströmen eines Luftquantums von etwa 200 Atm. auf einen Druck produziert, für welchen $\frac{p_2}{p_1}$ je nach der Größe der Maschine 10–4 gewählt ist, während $p_2 - p_1$ 180–150 Atm. beträgt. Nur das zum Füllen und Nachfüllen erforderliche geringe Luftquantum wird aus der Atmosphäre in jenen Kreislauf bei p_1 eingeführt und verläßt denselben wieder teils als Flüssigkeit, teils im Gegenstromapparat als Gas unter atmosphärischem Druck.

Jede Luftverflüssigungsmaschine besteht aus dem Gegenstromapparat, dem Kompressor und der Vorkühlungs- und Trocknungsanlage.

Der Gegenstromapparat besteht, wie aus der Fig. 8 ersichtlich, aus einer durch drei ineinander liegenden Kupferrohren gebildeten Spirale. Der oben erwähnte Kreislauf der Luft findet in der Weise statt, daß die komprimierte Luft von 200 Atm. das innere Rohr von oben nach unten durchläuft, am unteren Ende desselben durch ein Regulier Ventil a auf den Zwischendruck von 20–50 Atm. ausströmt und hierauf durch den ringförmigen Raum zwischen dem inneren und mittleren Rohr nach

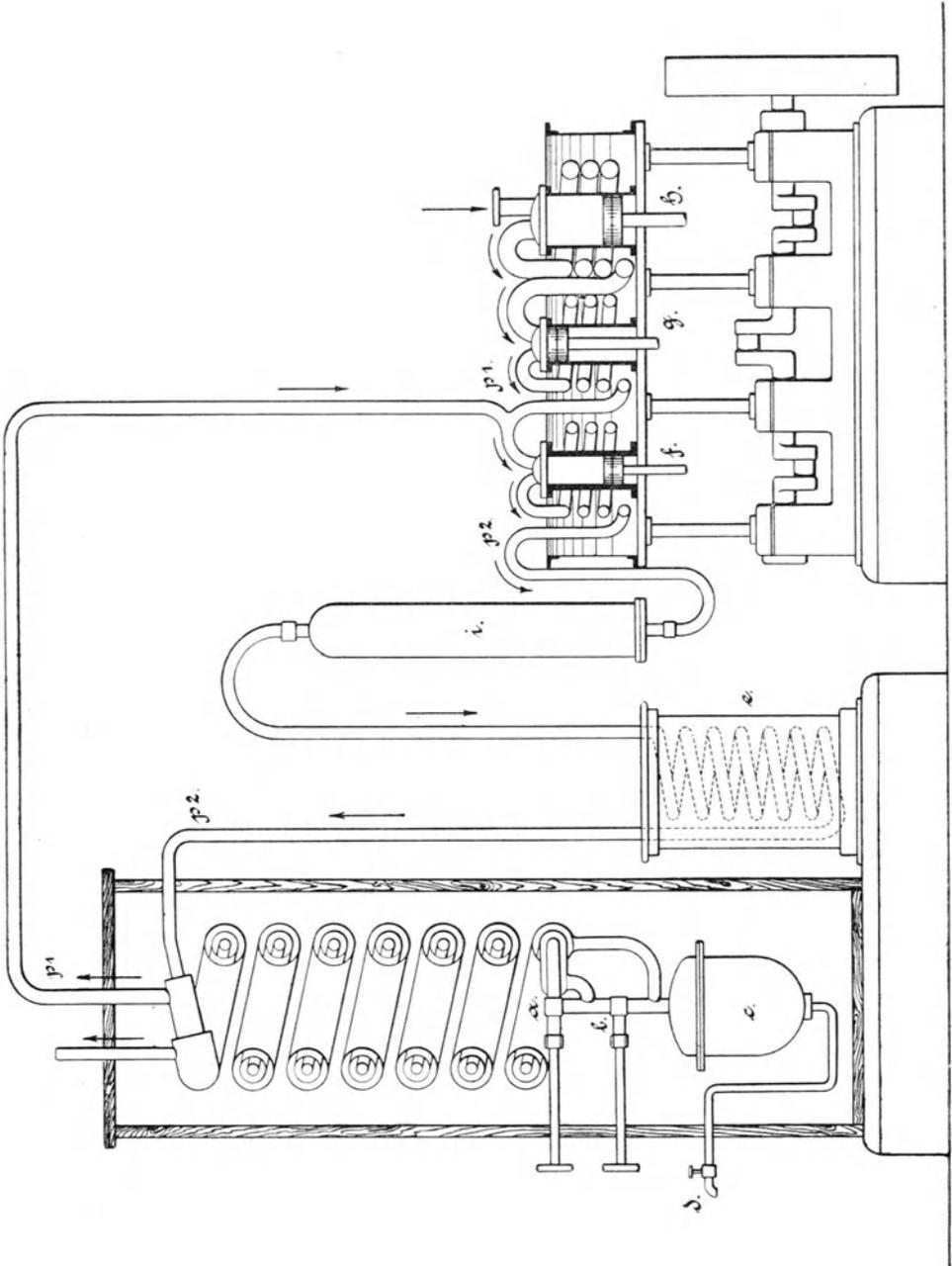


Fig. 8. Luftverflüssigungsmaschine nach Linde.

oben zurückkehrt, um durch abermalige Kompression wieder auf den Druck von 200 Atm. gebracht zu werden und den Kreislauf von neuem zu beginnen. Unmittelbar hinter dem ersten Regulierventil *a* befindet sich ein zweites Ventil *b*, durch welches im Beharrungszustand die gleiche Luftmenge auf Atmosphärendruck ausströmt, welche von außen aus der Atmosphäre in den Kreislauf eingeführt wird. Ein Teil dieser Luft verläßt das zweite Regulierventil in flüssiger Form, welcher sich in dem Gefäß *c* sammelt, der nicht verflüssigte Teil strömt durch den Raum zwischen dem mittleren und äußeren Rohr der Spirale unter Abgabe seiner Kälte frei in die Atmosphäre aus. Die Entnahme der flüssigen Luft erfolgt bei Hahn *d*. Der Kompressor besteht aus drei Zylindern. Der mit *f* bezeichnete Hochdruckzylinder führt den oben beschriebenen Kreislauf aus, indem er die Luft aus dem Gegenstromapparat mit 50 Atm. entnimmt, auf 200 Atm. komprimiert und durch den Kühler *e* nach dem Gegenstromapparat wieder zurückführt. Die aus der Atmosphäre ständig in den Kreislauf nachzuliefernde Luftmenge wird von dem Niederdruckzylinder *h* angesaugt und auf einen Druck von ca. 5 Atm. vorkomprimiert, hierauf von dem Mitteldruckzylinder *g* auf 50 Atm. gebracht und mit diesem Druck gemeinsam mit der vom Gegenstromapparat kommenden Luft vom Hochdruckzylinder angesaugt. Zur Druckregulierung sind Regulierventile mit Manometern bzw. Sicherheitsventile angeordnet.

Die erwähnte Vorkühlung bezweckt eine Erhöhung des kalorischen Effektes durch vorherige Temperaturerniedrigung der zu komprimierenden Luft auf -10° oder bis -15° C. Es geschieht dies durch Kältemischungen.

Meistens dienen die Luftverflüssigungsanlagen zur Sauerstoffgewinnung. Da der Siedepunkt des Sauerstoffs $-182,2^{\circ}$, derjenige des Stickstoffs $-194,4^{\circ}$ ist, so wird beim Erwärmen der flüssigen Luft zuerst der Stickstoff sieden, dann erst der Sauerstoff. Durch den zunehmenden Sauerstoffgehalt nimmt die zunächst farblose Luft eine blaue Farbe an. Der verdampfende Stickstoff dient zur Herstellung des Kalkstickstoffs (vgl. S. 73), während der Sauerstoff in Stahlzylindern komprimiert in den Handel kommt. Es ist ein weit verbreiteter Irrtum, daß Sauerstoff und Wasserstoff in den Stahlflaschen flüssig wären. Dies ist unmöglich, weil die kritische Temperatur, d. i. der Wärme- oder Kältegrad, über den hinaus erwärmt das betreffende Gas unter keinem Druck mehr flüssig ist, für Sauerstoff -119° , für Wasserstoff -242° , also Temperaturen, wie wir sie nirgends von Natur aus auf der Erde finden.

Zum Transport der flüssigen Luft dient der Dewarsche Kolben, ein doppelwandiges Glasgefäß, dessen Zwischenraum zum Schutz gegen Wärmeleitung luftleer gepumpt (evakuiert) ist; außerdem wird der Kolben zum Schutze gegen Wärmestrahlung mit einem Silberspiegel belegt.

Die Figuren 9 und 10 zeigen solche Kolben sowie die ganz entsprechenden Experimentiergefäße für flüssige Luft.

Die meisten Versuche mit flüssiger Luft beruhen auf deren außerordentlich niedriger Temperatur. Quecksilber, Äther, Alkohol, Kohlendioxyd u. a. m. erstarren in der flüssigen Luft, Gummi wird darin hart wie Glas und spröde, ebenso Pflanzen, der Schwefel verliert seine Farbe. Ein glimmender Span brennt in der flüssigen Luft mit blendend weißer Flamme, offenbar wegen des hohen Sauerstoffgehaltes; aus dem gleichen Grunde verbrennt ein mit flüssiger Luft getränkter Wattebausch explosionsartig (Anwendung als Sprengstoff bei Tunnelbauten versucht.)

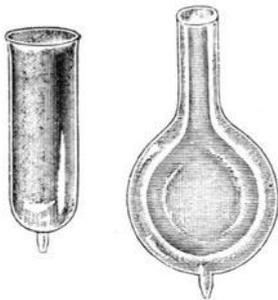


Fig. 9 und 10.
Gefäße für flüssige Luft.

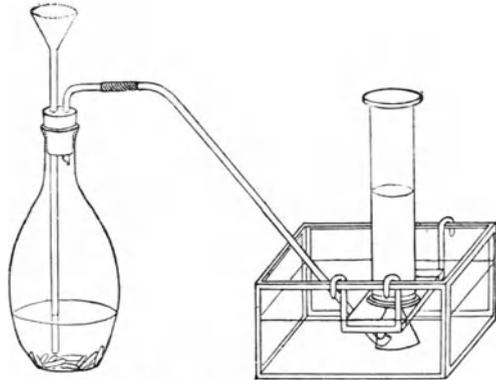
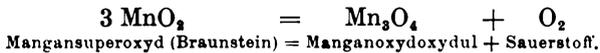
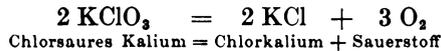


Fig. 11. Wasserstoffgewinnung.

Die längere Aufbewahrung flüssiger Luft ist schwierig, sie kommt daher fast nur da in Betracht, wo es sich um die Herstellung von Temperaturen unter -50° handelt.

Andere Gewinnungsmethoden für Sauerstoff, aber ohne Interesse für industrielle Zwecke, sind aus den Oxydationsmitteln, d. h. Stoffen, die Sauerstoff abgeben oder, wie man zu sagen pflegt, oxydieren, z. B.:



Der Wasserstoff wird, außer durch Elektrolyse des Wassers, durch Zersetzung des Acetylens im elektrischen Ofen gewonnen (vgl. S. 72), ferner aus dem Wassergas und durch Einwirkung von Säuren auf Metalle, z. B. verdünnte Schwefelsäure auf Zink:



Den Versuch zeigt Fig. 11. — In ähnlicher Weise kann man auch andere Metalle auf Säuren einwirken lassen:



Wir sehen also, daß ein Kaliumatom ein Wasserstoffatom der Schwefelsäure ersetzt, das Zink zwei und das Aluminium drei Wasserstoffatome. Unter der Wertigkeit oder Valenz verstehen wir die Zahl, welche angibt, wieviel Atome Wasserstoff durch ein Atom des betreffenden Elementes ersetzt werden können. Einwertig sind z. B. Wasserstoff, Kalium, Natrium, zweiwertig Zink, Magnesium, Calcium, Quecksilber, dreiwertig Aluminium, Bor. Viele Elemente treten in verschiedenen Valenzen auf, z. B. Kohlenstoff zwei- und vierwertig, Phosphor, Arsen und Antimon drei- und fünfwertig.

Ein Nachteil des aus Zink und Schwefelsäure dargestellten Wasserstoffs ist seine Giftigkeit infolge seines Gehaltes an Arsen; andererseits gewinnt jetzt die Chemische Fabrik Griesheim-Elektron als Nebenprodukt der Elektrolyse von Kalium- und Natriumchlorid einen billigen und sehr reinen Wasserstoff (vgl. S. 43).

7. Die Eigenschaften des Sauerstoffs.

Der Sauerstoff (zweiwertig) ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, spezifisches Gewicht 1,106; Holz und Schwefel verbrennen (vorher entzündet) darin mit hell leuchtender Flamme (vgl. Fig. 12).

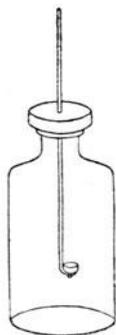


Fig. 12. Schwefelverbrennung im Sauerstoff.

Eine mittelst glimmendem Zunderschwammes vorgewärmte Uhrfeder verbrennt im Sauerstoff

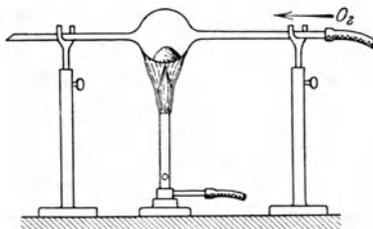
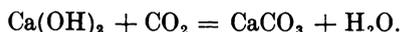


Fig. 13. Verbrennung von Holzkohle im Sauerstoff.

unter Funkensprühen: $2 \text{Fe} + 3 \text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3$. In einem Kugelröhrchen (vgl. Fig. 13) angewärmte Holzkohle verbrennt beim Überleiten von Sauerstoff weißglühend zu CO_2 Kohlendioxyd. Leitet man letzteres in etwas Kalkwasser (Auflösung einer geringen Menge gebrannten Kalkes in Wasser), so entsteht ein Niederschlag von CaCO_3 kohlensaurem Calcium.



Durch Sauerstoff wird das Kalkwasser nicht verändert, letzteres dient daher zum Nachweis oder, wie wir zu sagen pflegen, es ist ein „Reagens“ für das Kohlendioxyd.

Erwärmen wir in einem Kugelrohre Kupfer unter gleichzeitiger Überleitung von Sauerstoff, so färbt letzteres sich schwarz; es hat sich unter Gewichtszunahme Kupferoxyd CuO gebildet; das Kupfer ist oxydiert worden.

Die bisherigen Versuche ergaben, daß die Verbrennung durch den Sauerstoff gefördert wird; hierauf beruht die Hauptanwendung des Sauerstoffs zur autogenen Schweißung (vgl. S. 143). Ohne Sauerstoff ist aber überhaupt keine Verbrennung möglich. — Setzen wir (vgl. Fig. 14) in eine mit Wasser gefüllte Schale eine Glasglocke und führen durch deren Öffnung eine brennende Kerze ein, so wird diese beim Verschließen der Glocke bald erlöschen, weil der erforderliche Sauerstoff verbraucht ist, und das Wasser steigt um zirka ein Fünftel des Luftvolumens (entsprechend dem verbrauchten Sauerstoff) in der Glasglocke. Öffnen wir nun die Glasglocke wieder, so fällt das Wasser, es strömt

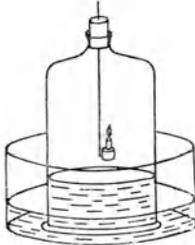


Fig. 14.
Kerze unter Glasglocke.

frische Luft hinzu. Nunmehr sind aber nur 4% Sauerstoff unter der Glasglocke vorhanden, die zur Unterhaltung der Verbrennung nicht mehr genügen; ein brennend eingeführter Span erlischt in der Glasglocke.

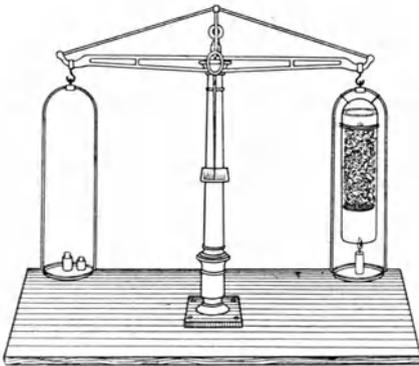


Fig. 15. Gewicht der Verbrennungsprodukte.

Die Verbrennung ist also eine Oxydation, eine Vereinigung mit dem Sauerstoff der Luft. Hiermit scheint die Beobachtung im Widerspruch zu stehen, daß die verbrennenden Körper leichter werden. Wiegt man aber deren Verbrennungsprodukte, so beobachtet man sofort, daß nicht eine Abnahme, sondern eine Zunahme des Gewichtes erfolgt ist.

Man stelle (vgl. Fig. 15) eine Kerze auf eine Waage und hänge über diese einen Zylinder, in dessen oberem Teil sich ein Drahtkorb mit Natronkalk ¹⁾ befindet. Nachdem die Waage ins Gleichgewicht gebracht ist, entzündet man die Kerze, deren Verbrennungsprodukte Wasserdampf und Kohlendioxyd vom Natronkalk absorbiert werden. Bald beobachtet man, daß die Seite der Waage, an der Kerze und Zylinder hängen, schwerer wird.

¹⁾ Es ist dies mit Natronlauge gelöschter Kalk (vgl. Seite 44).

Ist nicht genügend Sauerstoff vorhanden, so entsteht, statt des Kohlendioxyds CO_2 , das Kohlenoxyd CO . Ersteres liefert pro Kilogramm verbrennende Kohle ca. 8100 WE., letzteres nur 2400 WE. Wir müssen daher dafür Sorge tragen, daß die Verbrennung in unseren Heizungsanlagen möglichst vollkommen verläuft, weil sonst die Ausnutzung der Brennstoffe keine rationelle ist. Aus dem gleichen Grunde müssen wir, ganz abgesehen von den diesbezüglichen hygienischen Forderungen, für rauchlose Verbrennung sorgen. Rauch ist nichts anderes, wie Kohlenstoffteilchen, die in den Verbrennungsgasen äußerst fein verteilt sind, und die, unverbrannt durch die Esse entweichend, eine mangelhafte Ausnutzung der Brennstoffe bedeuten.

Diejenigen Brennstoffe, die mit Flamme verbrennen, enthalten (sofern sie nicht schon selbst Gase sind) Bestandteile, die bei der Er-

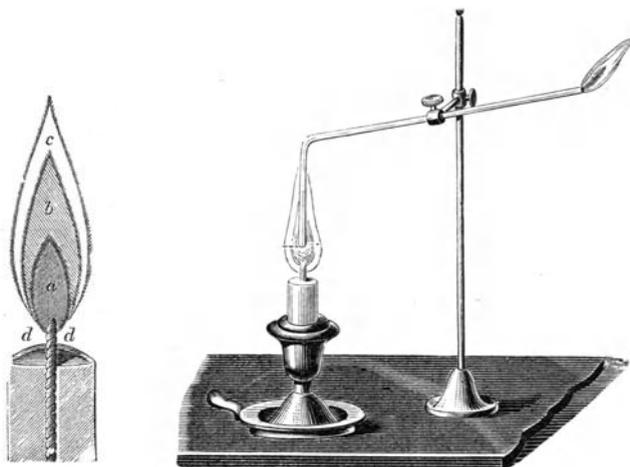


Fig. 16 und 17. Flamme.

wärmung sich verflüchtigen und dann im luftförmigen Zustand verbrennen, z. B. Holz und Kohle. Eine Flamme ist daher eine verbrennende Gasmasse. Die am häufigsten vorkommenden leuchtenden Flammen entstehen meist durch Verbrennen von Kohlenstoffverbindungen. Bei jeder derartigen Flamme unterscheiden wir drei Teile (Fig. 16), nämlich erstens den dunklen Kern *a*, in dem die Gase vorgewärmt werden (von hier können die Gase für sich durch ein Röhrchen abgeleitet und entzündet werden; vgl. Fig. 17), zweitens den leuchtenden Kegel *b*, in dem die Gase zum Glühen gelangen, und drittens den blauen Mantel *c*, in dem die eigentliche Verbrennung erfolgt. Genau so ist auch die gewöhnliche Leuchtgasflamme beschaffen.

In Fig. 18–19 ist der Bunsenbrenner dargestellt. Derselbe besteht aus dem Fuß *A* und dem Brennerrohr *B*. Durch den Fuß gelangt das Leuchtgas in den Brenner und strömt aus der feinen Spitze in das Brennerrohr, mischt sich dabei mit Luft, die es durch die Löcher der

Brennerrohre ansaugt, und verbrennt dann, am oberen Teil des Rohres entzündet, mit nichtleuchtender, aber sehr heißer Flamme¹⁾). Durch einen auf das Brennerrohr aufgesetzten verstellbaren Ring *C* läßt sich die Luftzuführung regulieren.

Bei den Gebläselampen (auch die Anwendung des Blowers beim Schmiedefeuer beruht auf diesem Prinzip), z. B. Lötlampe, Daniellischer Hahn, wird die Verbrennungstemperatur durch Zuführung von Luft (bzw. Sauerstoff) unter Überdruck erhöht.

Da nun die Verbrennung auf der chemischen Bindung des Sauerstoffs beruht, so käme für industrielle Feuerungsanlagen, bei billigeren Herstellungspreisen, der Sauerstoff selbst oder wenigstens eine an Sauerstoff stark angereicherte Luft in Betracht.

Andererseits ergibt sich hieraus aber auch, daß die Feuerlöschvorrichtungen auf nichts anderem beruhen, als Verminderung oder vollständige Aufhebung der Sauerstoffzufuhr. Diesen Zweck erfüllt das Aufwerfen von Sand und Säcken; durch Aufspritzen von Wasser auf die Brandstelle bildet sich Wasserdampf, der den Sauerstoffgehalt in der nächsten Umgebung der Brandstelle prozentual verringert, und gleichzeitig wird der brennende Körper unter seine Entzündungstemperatur abgekühlt. In

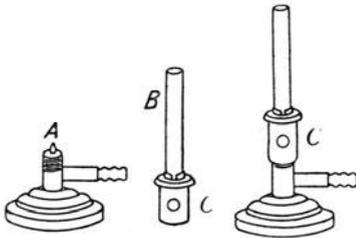


Fig. 18 und 19. Bunsenbrenner.

Fabriken (Modellschreinereien) bläst man zu Löschzwecken wohl auch direkt Wasserdampf in den brennenden Raum ein.

Auf Schiffen dienen Kohlendioxyd CO_2 und Schwefeldioxyd SO_2 zur Brandbekämpfung. Letztere beiden Gase darf man aber nicht anwenden, wenn sich noch Menschen in den brennenden Räumen befinden, wegen der Erstickungsgefahr.

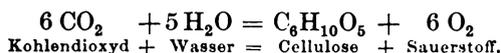
Die Atmung beruht darauf, daß die Lungen dem menschlichen Körper die erforderliche Luft ansaugen, die dann in den Lungen in die Blutgefäße übertritt und an dem durch das Herz regulierten Blutlauf teilnimmt. Bei Rückkehr zu den Lungen tritt die Luft aus den Blutgefäßen wieder aus und wird durch entsprechende Mengen frischer Luft ersetzt. Die ausgeatmete Luft enthält vier Fünftel der normalen Sauerstoffmenge, dagegen die 150-fache Menge Kohlendioxyd. Der Sauerstoff ist offenbar zur Bildung des Kohlendioxyds verbraucht worden, es hat somit eine Oxydation, eine Verbrennung, im Innern des Körpers stattgefunden. (Beweis: Die normale Körpertemperatur beträgt 37° .) Das Kohlendioxyd weisen wir in der ausgeatmeten Luft durch Kalkwasser nach.

Da somit die Atmung gleichbedeutend mit Sauerstoffaufnahme ist, so wird der Sauerstoff vielfach zur künstlichen Atmung benutzt für

¹⁾ Sogenannte Bunsenflamme.

Taucher, Feuerwehrleute, Rettungsmannschaften bei Grubenbränden, für Luftschiffer bei Fahrten in hohe (dünne) Luftschichten und zu Wiederbelebungsversuchen bei Ertrunkenen.

Die Menge des vom Menschen täglich ausgeatmeten Kohlendioxydes beträgt ca. $\frac{1}{2}$ cbm; weil nun ein Kohlendioxydgehalt von mehr als 2 % tödlich wirkt, so muß man in Räumen, in denen sich viele Personen aufhalten, für genügende Zufuhr von frischer Luft sorgen, durch häufiges Öffnen der Fenster bzw. Abführung der verbrauchten Luft durch Lüftungsschächte, die nötigenfalls mit elektrischen Ventilatoren zu versehen sind. Da ferner Kohlenheizung und Gasbeleuchtung den Sauerstoff des Raumes verbrauchen und Kohlendioxyd bilden, so ist es zweckmäßiger, Dampfheizung und elektrisches Licht einzurichten. In Städten empfiehlt es sich auch, zur Luftverbesserung gärtnerische Anlagen zu schaffen; denn die Pflanzen assimilieren das Kohlendioxyd, d. h. sie atmen es ein, zerlegen es in Gegenwart von Wasser unter der Einwirkung des Sonnenlichtes in Cellulose, dem Hauptbestandteile aller Pflanzen, und Sauerstoff, welcher von den Pflanzen ausgeatmet wird.



Der hierdurch bedingte hohe Sauerstoffgehalt der Waldluft ist daher für Kranke und Genesende von großer Bedeutung. Zweifelhaft ist dagegen der hygienische Wert der „ozonreichen Waldluft“.

Ozon O_3 ist dreiatomiger Sauerstoff, der sich namentlich bei Gewittern in der Luft bildet, allmählich aber wieder in gewöhnlichen Sauerstoff übergeht. Das Ozon wirkt stark oxydierend, hat einen charakteristischen Geruch, in größerer Menge eingeatmet ruft es aber Vergiftungserscheinungen hervor. — Die Ozonröhre von W. v. Siemens besteht aus zwei konzentrisch ineinander stehenden Glasröhren; in dem zwischen beiden liegenden Luftraum findet die elektrische Entladung und damit die Ozonbildung statt, wenn eine Hochspannung von ca. 15 000 Volt an die Stanniolbeläge der inneren und äußeren Glaswandungen gebracht wird (vgl. Fig. 20). Bessere Ausbeute erhält man, wenn man Sauerstoff statt Luft in die Röhre leitet.

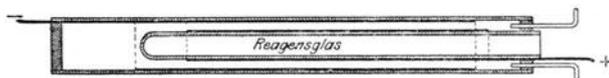


Fig. 20. Ozonröhre nach Siemens.

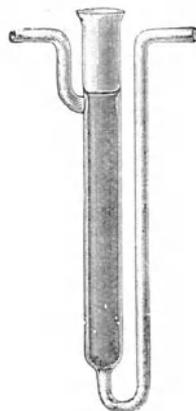


Fig. 21.
Ozonröhre nach
Siemens-Berthelot.

Die technische Ozondarstellung beruht auf dem Prinzip der Röhre von Siemens-Berthelot (Fig. 21), bei der die Stanniolbeläge durch Wasser derartig ersetzt sind, daß die äußere der zusammengeschmolzenen Glas-

röhren in einem Wassergefäß steht und der Innenraum der Innenröhre fast ganz mit Wasser gefüllt wird. In das äußere Wassergefäß taucht der eine, in das innere der andere Pol der Hochspannungsbatterie. Der technische Ozonapparat der Ozongesellschaft in Berlin besteht (vgl. Fig. 22) aus 6—8 Ozonelementen, die in einem Gußeisenkasten liegen. Der mit Wasser gekühlte Außenpol ist aus Glas, der innere aus Aluminium-

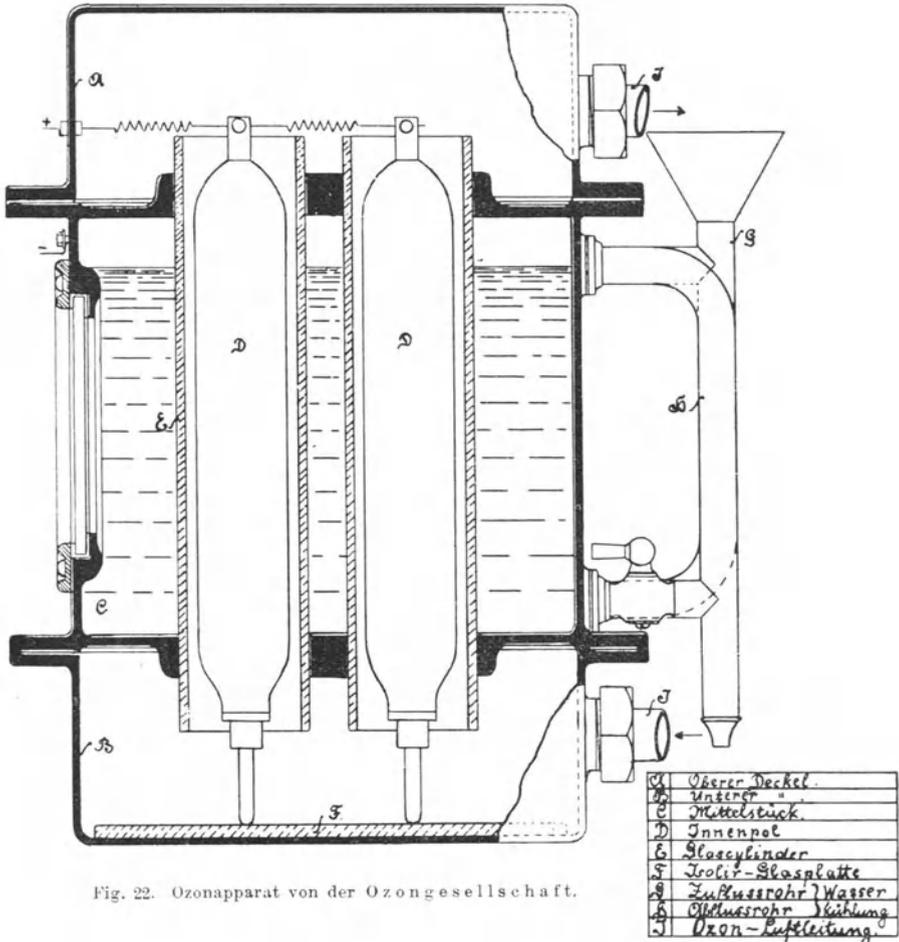


Fig. 22. Ozonapparat von der Ozongesellschaft.

zylindern hergestellt. Der Kasten hat einen kammerartig erweiterten Boden und Deckel, zur Zuleitung von Luft bzw. Ableitung von Ozon. Der Eisenkasten mit dem Kühlwasser und den Glaszylindern liegt an einen Pol der Hochspannung und ist geerdet, so daß er auch während des Betriebes gefahrlos berührt werden kann. Der andere Pol wird gut isoliert in das Kasteninnere geführt und ist während des Betriebes

unzugänglich. Derartige Apparate werden zu Batterien vereinigt, vielfach bei Wasserreinigungsstationen u. a. m. gebraucht.

Das Ozon entsteht auch bei der Elektrisiermaschine und bei den Transformatoren. — In der Praxis benutzt man es zur Garnbleicherei, mit Ventilatoren verteilt, zur Desinfektion der Luft und zur Sterilisierung (Keimfreimachung) des Trinkwassers. Fig. 23 zeigt das Ozonwasserwerk der Stadt St. Petersburg. Die Ozonisierung erfolgt hier in den Sterilisationstürmen, die mit Steinen gefüllt sind, über welche das Wasser herabrieselt, während das Ozon von unten nach oben strömt.

8. Die Eigenschaften des Wasserstoffes.

Der Wasserstoff ist ein farb-, geschmack- und geruchloses Gas, spezifisches Gewicht 0,0693, also 14,5 mal so leicht als die Luft, wie man durch Wägung leicht feststellen kann, indem man eine Glasglocke mit der Öffnung nach unten an eine Wage hängt und tariert. Sowie man Wasserstoff unter die Glocke leitet, wird diese leichter. Der Wasserstoff brennt mit nicht leuchtender, aber sehr heißer Flamme; er hat den größten Heizwert aller Brennstoffe, nämlich 1 kg H gleich 34 100 WE., worauf seine Verwendung zum Löten und Schweißen beim Knallgasgebläse beruht (vgl. S. 143). Auch der hohe Heizwert gewisser in der Technik gebrauchter Brennstoffe (Leuchtgas, Generatorgas, Wassergas) beruht auf deren Wasserstoffgehalt.

Leitet man Wasserstoff durch ein erwärmtes Glasrohr, in dem sich Kupferoxyd befindet, so verwandelt sich letzteres in Kupfer:

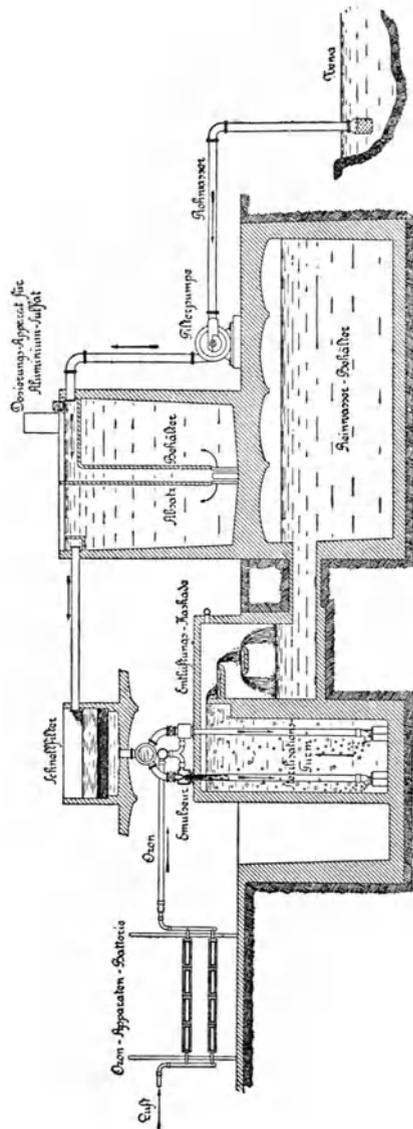
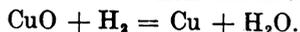


Fig. 23. Ozonwasserwerk St. Petersburg.

Das entstehende Wasser schlägt sich an den Röhrenwandungen nieder. Eine derartige Sauerstoffentziehung nennt man „Reduktion“, im Gegensatz zur Sauerstoffzufuhr, der Oxydation. Bei unserem Versuche wird also das Kupfer reduziert, der Wasserstoff oxydiert. Andere Reduktionsmittel der Technik sind Kohlenstoff, Kohlenoxyd und viele Metalle (Blei, Aluminium).

Füllt man Seifenblasen mit einem Gemisch von zwei Raumteilen Wasserstoff und einem Raumteil Sauerstoff, so verbrennt dieses beim Entzünden unter heftiger Explosion; daher bezeichnet man das genannte Gemisch als „Knallgas“. Eine Explosion ist eine meist durch chemische Ursache bedingte, mit starkem Knall verbundene, plötzliche bedeutende Volumvergrößerung eines Stoffes (Gasbildung).

Ganz allgemein versteht man unter Knallgas¹⁾ das Gemisch von Sauerstoff oder Luft einerseits und einem brennbaren luftförmigen Körper, wie Wasserstoff, Leuchtgas, Acetylen, Benzin- oder Petroleumdampf, andererseits (Anwendung bei den Verbrennungsmotoren).

Hieraus ergibt sich, besonders für geschlossene Räume, die Gefahr der undichten Leuchtgasleitungen, welche die Bildung eines Knallgasgemisches zur Folge haben können, was eine Explosion herbeiführen kann. Man darf daher solche Räume ebensowenig mit einem brennenden Licht betreten, wie auch Hallen, in denen sich Akkumulatorenbatterien befinden, die bekanntlich stets Wasserstoff entwickeln.

Wegen des geringen spezifischen Gewichtes benutzt man den Wasserstoff zum Füllen der Motorballons, während für Freiballons wegen ihrer geringeren Belastung das wesentlich schwerere, aber um 80 % billigere Leuchtgas verwendet wird. Unter dem Eigengewicht des Luftschiffs versteht man die Summe aus dem Gewicht des Ballons und des zum Füllen benutzten Gases. Die Tragkraft ist gleich der Differenz zwischen Eigengewicht des Ballons und dem Gewicht der von ihm verdrängten Luft. Man kann aber die Tragkraft nie voll ausnutzen, muß vielmehr eine gewisse Differenz bestehen lassen, sonst würde der Ballon keinen Auftrieb haben, d. h. er würde am Erdboden schweben, aber nicht hochsteigen. Der Ballon steigt so lange, bis er diejenige Höhe (d. h. eine so dünne Luftschicht) erreicht hat, in der sein Eigengewicht gleich dem der verdrängten Luft ist. Die maximale Steighöhe beträgt für Motorballons 2000 m, für bemannte Freiballons 9000 m; denn der Luftdruck ist in 5600 m nur noch gleich der Hälfte und bei 10 000 m nur noch ein Viertel des normalen.

¹⁾ Vgl. auch „Knallgasgebläse“ Seite 143.

IV. Die Sauerstoffverbindungen (Säuren, Basen und Salze).

1. Die verschiedenen Oxydationsprodukte.

Wir machen folgende zwei Versuche:

a) Natrium, ein Metall, das sich an der Luft so leicht oxydiert, daß es unter Petroleum aufbewahrt werden muß, wird in einem Porzellschälchen verbrannt. Es entsteht eine weiße Asche, das Natriumoxyd Na_2O , das sich in Wasser zu NaOH Natriumhydroxyd (Natronlauge) löst. Letzteres färbt die Lösung von Phenolphthalein (Teerprodukt) rot und vorher rotes Lackmus (Pflanzenfarbstoff) blau. Solche Hydroxyde werden auch Laugen oder Basen genannt.

b) Schwefel wird verbrannt. Es entsteht ein stechend riechendes Gas: SO_2 Schwefligsäureanhydrid (Schwefeldioxyd), das sich in Wasser zu schwefliger Säure H_2SO_3 löst. Letztere entfärbt vorher rotes Phenolphthalein und färbt blaues Lackmus rot.

Säuren und Basen zeigen also ein entgegengesetztes Verhalten, sowohl gegen Phenolphthalein als gegen Lackmus. Da diese Farbstoffe zur Unterscheidung von Säuren und Basen dienen, so bezeichnet man sie als Reagentien. Sie geben mit Säuren die saure Reaktion, mit Basen die basische oder alkalische Reaktion. Zur Erkennung der Säuren und Basen bringt man auch sogenanntes Reagenzpapier in den Handel, das mit Phenolphthalein bzw. Lackmus getränkt ist.

2. Metalle und Nichtmetalle.

Man kann die Elemente nach ihrem Verhalten bei der Oxydation als Metalle und Nichtmetalle unterscheiden.

Nichtmetalle, wie der Schwefel, vereinigen sich mit Sauerstoff zu Säureanhydriden, die sich in Wasser zu Säuren lösen, welche die oben erwähnte saure Reaktion geben. — Metalle, wie das Natrium, vereinigen sich dagegen mit Sauerstoff zu Oxyden, diese mit Wasser zu Hydroxyden, welche die basische (alkalische) Reaktion geben.

Ganz streng läßt sich die Unterscheidung nicht durchführen, manche Metalle zeigen die Eigenschaften der Nichtmetalle und umgekehrt. Im allgemeinen haben aber beide Arten von Elementen noch folgende Unterschiede:

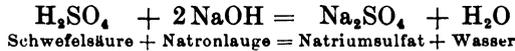
Die Metalle besitzen Glanz, sind gute Leiter für Wärme und Elektrizität und befinden sich bei gewöhnlicher Temperatur im festen Aggregatzustand, außer dem luftförmigen Wasserstoff und dem flüssigen Quecksilber.

Die Nichtmetalle sind dagegen glanzlos, schlechte Wärme- und Elektrizitätsleiter (zum Teil sogar Isolatoren); auch ist bei ihnen der feste Aggregatzustand nicht vorherrschend.

Metalle sind also z. B. Gold, Platin, Eisen, Kupfer u. a. m. Nichtmetalle sind dagegen Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff u. a. m.

3. Die Salzbildung.

Fügen wir zu einer bestimmten Menge Schwefelsäure tropfenweise Natronlauge, so wird schließlich ein Mischungsverhältnis erreicht werden, bei dem die Lösung weder Lackmus noch Phenolphthalein verändert; es hat sich aus beiden Bestandteilen ein neues Produkt gebildet, das auf die genannten Reagentien ohne Einfluß ist, sich also neutral verhält. Dieser neue Stoff ist ein Salz, das schwefelsaure Natrium oder Natriumsulfat Na_2SO_4

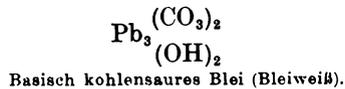
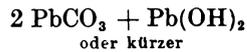
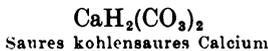
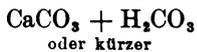


Schwefelsäure + Natronlauge = Natriumsulfat + Wasser

Durch Vereinigung von Säuren und Basen entstehen also Salze, und zwar meist unter starker Wärmeentwicklung. — Die Hinzufügung einer Base zu einer Säure oder umgekehrt bis zum Eintritt des neutralen Verhaltens, der sogenannten neutralen Reaktion, bezeichnen wir als „Neutralisation“.

Solche Neutralisationen müssen häufig vorgenommen werden, wenn Fabrikwässer, die freie Säuren oder Basen enthalten, dem Flußlaufe zugeführt werden sollen, da die Salze im allgemeinen weniger schädlich sind, wie freie Säuren oder Basen (z. B. die Abwässer der Metallbeizereien).

Nicht immer zeigen die Salze ein neutrales Verhalten; oft ist ihre molekulare Zusammensetzung eine komplizierte, so daß sie noch freie Säuren oder Basen enthalten und daher saure oder basische Reaktion zeigen. Man nennt sie dann saure oder basische Salze; z. B.:



4. Die Elektrolyse.

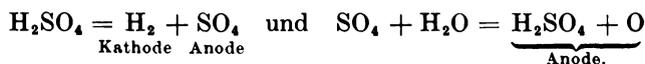
Bei der Wasserzersetzung haben wir ein Beispiel für die chemische Umsetzung durch den elektrischen Strom, kurz die Elektrolyse genannt, kennen gelernt. Der Strom ging hierbei von der einen Elektrode zur anderen durch die Flüssigkeit, dem sogenannten Elektrolyten, die dabei den Strom leitete. (Flüssigkeiten leiten bekanntlich den Strom nur, wenn sie von demselben chemisch zersetzt werden.) Die

vom Strom zuerst berührte Elektrode bezeichnen wir als positive oder Anode, die andere als negative oder Kathode. — Bei der Elektrolyse des Wassers entsteht der Wasserstoff an der Kathode, der Sauerstoff an der Anode.

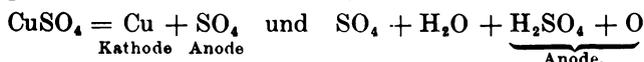
Zur Erklärung des elektrolytischen Vorgangs denken wir uns die in Lösung befindlichen Atome in gewisse Gruppen, sogenannte Ionen, gespalten, die man, je nachdem, ob sie positiv oder negativ sind, als Anionen bzw. Kationen bezeichnet. Sie werden von dem elektrischen Strome den Elektroden zugeführt.

Kationen sind: H^+ , K^+ , Cu^{++} , Anionen dagegen S^{--} , OH^- , NO_3^- , SO_4^{--} usw. Die Punkte bei den Kationen bzw. die Striche bei den Anionen geben die Wertigkeitszahl an, mit der die Ionen in Erscheinung treten. An den Elektroden angelangt, geben die Ionen ihre geringen Elektrizitätsmengen ab und werden molekular abgeschieden oder sekundär mit Wasser oder dem Elektrodenmaterial erst stofflich umgesetzt.

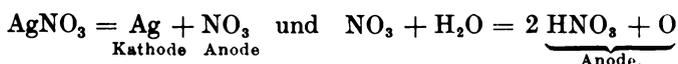
Ist z. B. das Wasser bei der Elektrolyse mit Schwefelsäure versetzt, so ist H_2 das Kation und SO_4 das Anion; letzteres setzt sich mit dem Wasser wieder in Schwefelsäure und Sauerstoff um:



Zersetzen wir in ähnlicher Weise eine Lösung von Kupfervitriol $CuSO_4$ in Wasser, so entsteht Kupfer an der Kathode und Sauerstoff an der Anode (vgl. „Galvanotechnik“ S. 130):



Ebenso verläuft die Elektrolyse von Höllensteinlösung (salpetersaures Silber in Wasser gelöst):



In ganz entsprechender Weise zerfällt eine Lösung von Natriumsulfat (Na_2SO_4) in Wasser, in Natronlauge $NaOH$ an der Kathode und Schwefelsäure H_2SO_4 an der Anode. — Die metallischen Zersetzungsprodukte scheiden sich also bei der Elektrolyse stets an der Kathode, die nichtmetallischen dagegen an der Anode ab. Hiervon machen wir beim sogenannten „Polreagenzpapier“ Anwendung, das zur Erkennung des negativen Pols einer elektrischen Anlage dient. Dies Papier ist mit einer Lösung von Natriumsulfat und Phenolphthalein getränkt und dann getrocknet. Wird das Papier angefeuchtet und mit den Polen einer elektrischen Batterie verbunden, so tritt eine elektrolytische Umsetzung (wie oben angegeben) ein, an der Kathode entsteht Natronlauge, welche das Phenolphthalein rot färbt und so den negativen Pol der Batterie leicht erkennen läßt.

Für die Theorie dieser Vorgänge ist die Kenntnis der Gesetze von

Ohm und Faraday erforderlich, deren ausführliche Begründung aber der Elektrotechnik vorbehalten bleiben muß:

a) Das Ohmsche Gesetz. Wenn ein elektrischer Strom durch einen Leiter geht, so hat man drei Größen zu beachten: erstens die nach Volt gemessene Spannung (elektromotorische Kraft), die an den Enden eines Leiters in Erscheinung tritt, und den Strom durch den Leiter treibt, zweitens den nach Ohm gemessenen Widerstand, den der Leiter, je nach seiner stofflichen Beschaffenheit, der Spannung entgegensetzt, drittens die nach Ampere gemessene Stromstärke, d. i. die Strommenge, die den Leiter pro Sekunde durchströmt. Diese drei Größen stehen nach dem Ohmschen Gesetz in der Beziehung: Stromstärke (I) gleich Spannung (E) durch Widerstand (W), also:

$$I = \frac{E}{W}$$

Ein Volt ist die Spannung, welche die Einheit der Strommenge, d. i. ein Coulomb, pro Sekunde durch den Widerstand von einem Ohm treibt. — Ein 57,4 m langer Kupferdraht von 1 qmm Querschnitt hat den Widerstand von einem Ohm. Gehen durch einen Leiter während 1½ Stunde 400 Coulomb hindurch, so ist die Stromstärke $400 : 90 = 4,45$ Ampere. Das Watt ist die Leistung eines Stromes von 1 Ampere bei einer Spannung von 1 Volt. 1000 Watt sind gleich 1 Kilowatt (KW.), gleich der mechanischen Arbeit von 102 kg/m pro Sekunde. Die Stromstärke von 1 Ampere scheidet pro Sekunde 0,001118 g Silber aus der Lösung aus.

b) Faradays Gesetz: Nach dem Gesetz von Faraday werden von gleich starken Strömen in der Zeiteinheit aus den zu zersetzenden Elektrolyten die Bestandteile im Verhältnis ihrer Atomgewichte, dividiert durch ihre Wertigkeitszahlen, abgeschieden. In der gleichen Zeit werden also durch gleich starke Ströme $\frac{107,9}{1}$ g Silber, dagegen $\frac{63,6}{2}$ g Kupfer aus ihren Lösungen ausgeschieden. — Nach den obigen Erklärungen des elektrolytischen Vorgangs kann zu elektrochemischen Zersetzungen nur Gleichstrom, nie Wechselstrom zur Verwendung kommen.

5. Übersicht über die wichtigsten Säuren.

Name der Säure	Formel der Säure	Formel des Anhydrids	Name der Salze
Schweflige Säure	H ₂ SO ₃	SO ₂	Sulfite
Schwefelsäure	H ₂ SO ₄	SO ₃	Sulfate
Salpetersäure	HNO ₃	N ₂ O ₅	Nitrate
Salzsäure	HCl	—	Chloride
Chlorsäure	HClO ₃	Cl ₂ O ₅	Chlorate
Kohlensäure	H ₂ CO ₃	CO ₂	Carbonate
Phosphorsäure	H ₃ PO ₄	P ₂ O ₅	Phosphate
Kieselsäure	H ₄ SiO ₄	SiO ₂	Silikate

6. Übersicht über die wichtigsten Oxyde und Hydroxyde.

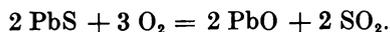
Metall	Oxyd	Hydroxyd	Chlorid
Al	Al ₂ O ₃	Al(OH) ₃	AlCl ₃
Ba	BaO	Ba(OH) ₂	BaCl ₂
Pb	PbO	Pb(OH) ₂	PbCl ₂
	Pb ₃ O ₄	Bleihydroxyd	Bleichlorid
	PbO ₂	Bleioxyd (Bleiglätte)	
		Bleioxydoxydul (Mennige)	
Ca	CaO	Calciumoxyd	Calciumchlorid
Fe	FeO	Eisenoxydul	Eisenchlorür
		Eisenoxyd	(Ferrochlorid)
	Fe ₂ O ₃	Eisenoxydul	Eisenchlorid
		Eisenoxyd	(Ferrichlorid)
K	Fe ₃ O ₄	Eisenoxydoxydul	Kaliumchlorid
	K ₂ O	Kaliumoxyd	Kupferchlorür
Cu	Cu ₂ O	Kupferoxydul	(Cuprochlorid)
		Kupferoxyd	Kupferchlorid
	CuO	Kupferoxydul	(Cuprichlorid)
		Kupferoxyd	Natriumchlorid
Na	Na ₂ O	Natriumoxyd	
Hg	Hg ₂ O	Quecksilberoxydul	Quecksilberchlorür
		Quecksilberoxyd	(Mercurchlorid)
	HgO	Quecksilberoxydul	Quecksilberchlorid
		Quecksilberoxyd	(Mercurchlorid)
Ag	Ag ₂ O	Silberoxyd	Silberchlorid
		(unbeständig)	
Zn	ZnO	Zinkoxyd	Zinkchlorid
Sn	SnO	Zinnoxydul	Zinnchlorür
		Zinnoxyd	(Stannochlorid)
	SnO ₂	Zinnoxydul	Zinnchlorid
		Zinnoxyd	(Stannichlorid)

Wir ersehen aus dieser Tabelle, daß wenn ein Metall außer dem normalen Oxyd noch an Sauerstoff ärmere bzw. reichere Oxyde bildet, so werden diese als Oxydule, Oxydoxydule und Superoxyde bezeichnet. — Die Salze der Oxydule erhalten den Endvokal „o“, um sie von den Salzen der Oxyde zu unterscheiden, die den Endvokal „i“ bekommen; z. B. Ferrochlorid und Ferrichlorid.

7. Schweflige Säure und Schwefelsäure.

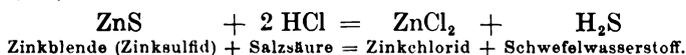
Die Grundsubstanz dieser Säuren, der Schwefel S (zwei-, vier- und sechswertig), findet sich als gediegenes Mineral, besonders auf Sizilien, und wird dort durch Ausschmelzen vom anhaftenden Gestein und nachheriger Destillation gereinigt (Schmelzpunkt 115°, Siedepunkt 445°). Er kommt in Pulverform (Schwefelblumen) oder in festen Stücken (Stangenschwefel) in den Handel. Der Schwefel findet sich ferner in den Schwefelerzen, die man nach ihrem Lichtreflexionsvermögen, als Kiese, Glanze und Blenden unterscheidet; z. B. Eisenkies FeS_2 , Bleiglanz PbS und Zinkblende ZnS .

Flüssiger Schwefel in Wasser gegossen bildet eine zähe, knetbare, gummiartige Masse, die nach einiger Zeit erstarrend, sich zum Modellieren für kunstgewerbliche Zwecke eignet. Sonstige praktische Anwendungen des Schwefels sind folgende: a) zur Zündholzfabrikation, b) Herstellung von Schießpulver, c) zur Vulkanisierung des Kautschuks (Gummi), d) Herstellung des Gußkittes, eines Gemisches von Eisenfeilspänen, Schwefel und Salmiak, das mit Wasser zu einer teigigen Masse angerührt ist. e) Nicht mehr gebräuchlich ist die Anwendung des Schwefels zum Einkitten der in der Elektromontage verwendeten Porzellanisolatoren; als Ersatz dient ein Gemisch von Bleiglätte und Glycerin. f) Zum Einkitten von Eisenstangen, Verankerungen in Stein usw. benutzt man flüssigen Schwefel, der sich hierbei mit dem Eisen zu Schwefel-eisen verbindet. g) Zur Herstellung von Schwefelkohlenstoff CS_2 leitet man Schwefeldampf in einer sauerstofffreien Atmosphäre über glühende Kohlen. Schwefelkohlenstoff ist eine meist schwach gelbliche, stark lichtbrechende, feuergefährliche Flüssigkeit, in der sich viele Stoffe auflösen, z. B. Schwefel, Phosphor, Jod u. a. m. Der Schwefelkohlenstoff dient zum Vulkanisieren des Gummis (vgl. S. 82) und zu Desinfektionszwecken. h) Zur Herstellung des Schwefeldioxyds SO_2 (Schwefligsäureanhydrid), durch Verbrennen des Schwefels $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$. Im großen gewinnt man das Schwefeldioxyd in der Hüttentechnik meistens durch den Röstprozeß, d. h. die erwähnten Schwefelerze werden unter Luftzutritt erhitzt (oxydiert), z. B. der Bleiglanz:



Der Bleiglanz und alle derartigen Schwefelerze sind Salze des Schwefelwasserstoffs H_2S (sehr schwache Säure), sogenannte Sulfide. aus

welchen durch Einwirkung von Säuren der Schwefelwasserstoff entsteht, z. B.



Der Schwefelwasserstoff ist ein farbloses, wasserlösliches Gas von widerlichem Geruch, das auch bei der Eiweißfäulnis entsteht (giftig). Es ist stets im rohen Leuchtgas enthalten. Zum Nachweis von Schwefelwasserstoff dient Bleipapier (mit Bleisalzlösung getränktes Papier), das durch den Schwefelwasserstoff dunkelbraun gefärbt wird, infolge der Bildung von Bleisulfid PbS.

Das Schwefeldioxyd ist ein farbloses Gas von stechendem Geruch, das bei -8° siedet; es wird in Stahlzylindern verflüssigt in den Handel gebracht. In Wasser löst es sich, wie erwähnt, zu H_2SO_3 , schweflige Säure, auf, die aber beim Eindampfen der Lösung wieder in $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ zerfällt. Die schwefligsauren Salze, die Sulfite, haben nur geringes technisches Interesse. Wichtiger ist das Natriumsalz der unterschwefligen Säure, auch Thioschwefelsäure genannt (welch letztere aber im freien Zustand nicht existiert), das Natriumthiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 5 \text{H}_2\text{O}$. Dasselbe findet zum Fixieren in der Photographie Verwendung.

Das Schwefeldioxyd selbst wird in der Technik zu folgenden Zwecken verwendet:

- a) als Verdunstungsflüssigkeit bei der Eismaschine (vgl. S. 52);
- b) bei der Kaltdampfmaschine, deren Prinzip darauf beruht, daß das Schwefeldioxyd, durch den Abdampf erwärmt, schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur hohe Spannungen liefert, die maschinell ausgenutzt werden können;
- c) zum Bleichen von Wolle und Seide;
- d) zum Desinfizieren (Ausschwefeln von Fässern und Konservendbüchsen, um sie keimfrei zu machen);
- e) bei Feuerlöschapparaten (sogenannten Clayton-Apparaten zur Löschung von Schiffsbränden), insbesondere löscht man auch Schornsteinbrände, indem man Schwefel in dem gefährdeten Kamin entzündet; das entstehende SO_2 erstickt die Flamme. Einer besonderen Beachtung bedarf dagegen das Schwefeldioxyd, falls es sich ständig in größeren Mengen beim Verbrennen der Steinkohlen bildet (infolge des Schwefelgehaltes der Kohlen). In reichlicher Menge der Luft beigemischt gibt es nicht nur zu hygienischen Bedenken Anlaß, sondern greift auch kalkhaltige Bausteine an, zerstört eiserne Schornsteine u. a. m. Es erklärt sich dies durch die allmähliche Bildung von Schwefelsäure, durch Oxydation;
- f) zur Schwefelsäurefabrikation:

In dem in Fig. 24 dargestellten Apparate leiten wir durch die Glasröhren *a* und *b* Sauerstoff ein. Der durch *b* strömende geht durch das

Reagenzglas *C*, in dem sich brennender Schwefel befindet. Das so gebildete Schwefeldioxyd strömt mit dem Sauerstoff durch das Rohr *D*, das ein Wattefilter zur Reinigung des Gasgemisches enthält, dann durch das Rohr *E*, das mit platinierem Asbest (d. i. Asbest, der äußerst fein verteiltes Platin enthält) gefüllt ist und durch den darunter befindlichen Bunsenbrenner erhitzt wird. Durch den platinieren Asbest vereinigen sich beide Gase, indem sie absorbiert und verdichtet werden, zu Schwefeltrioxyd SO_3 , das in der gut gekühlten Vorlage *F* gesammelt wird.



Das Schwefeltrioxyd (Schwefelsäureanhydrid) vereinigt sich mit Wasser zu konzentrierter Schwefelsäure. — Diese im großen vielfach benutzte Darstellungsmethode wird das **K o n t a k t v e r f a h r e n** genannt¹⁾, im Gegensatz zu dem in der Technik ebenfalls gebräuchlichen, älteren **B l e i k a m m e r p r o z e ß**, bei dem man zunächst verdünnte Schwefelsäure in den Bleikammern erhält (das sind große, ganz mit

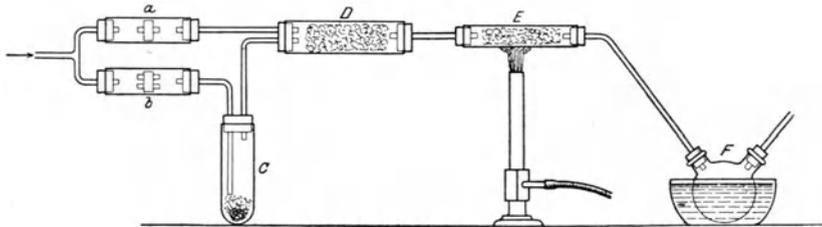
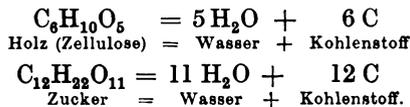


Fig. 24. Schwefelsäurefabrikation.

Blei ausgeschlagene Räume), indem man auf SO_2 Salpetersäuredämpfe, Luft und Wasserdampf einwirken läßt. Die entstandene Säure wird durch Eindampfen, zunächst in Bleipfannen, dann in Platingefäßen, konzentriert.

Die reine konzentrierte Schwefelsäure ist eine farblose Flüssigkeit (spezifisches Gewicht 1,85), die eine große Affinität zum Wasser zeigt, das bzw. dessen Elemente sie anderen Stoffen entzieht. Aus diesem Grunde verkohlen Holz und Zucker in Berührung mit Schwefelsäure (infolge Wasserentziehung).



Die große Affinität der Schwefelsäure zum Wasser, die übrigens darauf zu beruhen scheint, daß H_6SO_6 durch Aufnahme von zwei Molekülen Wasser entsteht, tritt auch durch die außerordentliche Temperaturerhöhung bei Mischung beider Flüssigkeiten in Erscheinung.

¹⁾ Die Bezeichnung kommt daher, daß der Chemiker solche Stoffe, mit denen berührt, sich zwei andere vereinigen, Kontaktsubstanzen nennt.

Um Unfälle zu verhüten, muß man daher die Säure zum Wasser gießen, niemals umgekehrt. — Die Schwefelsäure findet folgende Verwendungen:

- a) zum Trocknen von Gasen (wegen der Wasserabsorption);
- b) zur Darstellung anderer Säuren. Die Schwefelsäure setzt als stärkste Säure alle anderen Säuren aus ihren Salzen in Freiheit, wie wir im folgenden sehen werden;
- c) im Gemisch mit Salpetersäure zur Sprengstoffabrikation (vgl. S. 81).
- d) Verdünnte Schwefelsäure dient zur Metallbeize. Das Verfahren beruht darauf, daß die Oxyde leichter in Säure löslich sind als die Metalle. (Vgl. S. 130).
- e) Bei den Akkumulatoren findet verdünnte Schwefelsäure als Leitflüssigkeit Verwendung (spezifisches Gewicht 1,18);
- f) zur Wasserstoffdarstellung durch Einwirkung auf Zink.

Die schwefelsauren Salze heißen **Sulfate**, die Sulfate der Schwermetalle bezeichnet man als „**Vitrole**“.

Die wichtigsten Sulfate.

Formel	Namen	Bemerkungen
$K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 24 H_2O$	Kaliumaluminiumsulfat, Kalialaun,	Zur Ledergerberei gebraucht
$K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 24 H_2O$	Kaliumchromsulfat, Chromalaun	Entsteht in Chromsäureelementen
$MgSO_4 + 7 H_2O$	Magnesiumsulfat, Bittersalz	Im Quellwasser enthalten
$CaSO_4 + 2 H_2O$	Calciumsulfat, Gips	Dient z. Modellieren
$Na_2SO_4 + 10 H_2O$	Natriumsulfat, Glaubersalz	Dient zur Soda- u. Glasfabrikation
$PbSO_4$	Bleisulfat, Bleivitriol	Mineral, fast wasserunlöslich
$FeSO_4 + 7 H_2O$	Ferrosulfat, Eisenvitriol	Desinfektionsmittel
$ZnSO_4 + 7 H_2O$	Zinksulfat, Zinkvitriol	Mineral
$CuSO_4 + 5 H_2O$	Kupfersulfat, Kupfervitriol	In der Galvanoplastik gebraucht

Ein dem Schwefel verwandtes Element ist das verhältnismäßig selten vorkommende Selen Se, welches sich in einigen Schwefelerzen findet. Es hat in der neuesten Zeit bei der elektrischen Fernphotographie (elektrische Fernübertragung von Bildern) Verwendung gefunden, da es die Eigenschaft zeigt, den elektrischen Strom im belichteten Zustand besser zu leiten als im unbelichteten.

8. Die Salzsäure, Kalilauge und Natronlauge.

Die Ausgangsprodukte für die Darstellung der Salzsäure sind ihre Salze, die Chloride¹⁾, KCl Kaliumchlorid (Staßfurt) wird unter dem

¹⁾ Die salzsauren Salze der Metalloxyde nennt man Chloride, diejenigen der Metalloxyde dagegen Chlorüre, also z. B. $CuCl_2$ Kupferchlorid und Cu_2Cl_2 Kupferchlorür.

Namen „Kalisalz“ als Düngemittel hauptsächlich gebraucht, während NaCl Kochsalz oder Natriumchlorid, neben seinen vielen sonstigen Verwendungen in der Technik, zur Salzsäurefabrikation gebraucht wird.

Nach seinem Vorkommen, nämlich im gelösten Zustand im Meeres- und Solwasser, ferner im festen Zustand im Erdinnern, unterscheidet man das Kochsalz als Seesalz, Quellsalz und Steinsalz.

Das Seesalz gewinnt man in südlichen Ländern, indem man das Meereswasser in flache Bassins leitet, in denen es durch die Sonnenwärme verdunstet, so daß das Salz als Rückstand bleibt.

Das Quellsalz wird ähnlich gewonnen, indem man das Solwasser auf Gradierwerke (Salinen) pumpt, über deren an Fachwerk befestigte Dornenwände es herabfließt, wobei eine Verdunstung stattfindet, so daß sich unten eine konzentrierte Salzsole ansammelt, die ohne erheblichen Brennstoffaufwand eingedampft und dabei das Salz ausgeschieden werden kann. Das Steinsalz wird durch bergmännischen Abbau ge-

wonnen. Das so erhaltene Rohprodukt wird durch Lösen in Wasser und nachherige Wiederausscheidung gereinigt.

Das Kochsalz wird, sofern es zu Genußzwecken (Würzung der Speisen, Konservierung der Nahrungsmittel) dient, einer Steuer von 12 Mk. pro 100 kg unterworfen. — Da es für gewerbliche Zwecke steuerfrei ist, so muß es

für solche Verwendungen denaturiert, d. h. ungenießbar gemacht werden, durch Zusatz von Eisenverbindungen (Viehsalz), Bitterstoffen oder Farbstoffen. — Solche technische Anwendungen des Kochsalzes sind: in der chemischen Industrie zur Darstellung von Salzsäure, Chlor, Glaubersalz und Soda, in der Gerberei (vgl. S. 101), in der Keramik (vgl. S. 92), dann zu Kältemischungen, zum Auftauen von Eis und Schnee, zur Salzfütterung und als Düngemittel.

Die Salzsäure ist die Auflösung von Chlorwasserstoff HCl in Wasser. Letzterer entsteht bei der Zersetzung von Kochsalz mit Schwefelsäure (vgl. Fig. 25).



(verwendet man statt NaCl das Kaliumchlorid KCl, so entsteht das Kaliumsulfat K_2SO_4).

Das Chlorwasserstoffgas, das durch obige Umsetzung in der Kochflasche entsteht, geht durch die Waschflasche, in der es durch Schwefelsäure getrocknet wird; dann sammelt es sich im Zylinder, der mit einer Glasplatte bedeckt ist. Es bildet sich der Chlorwasserstoff als ein

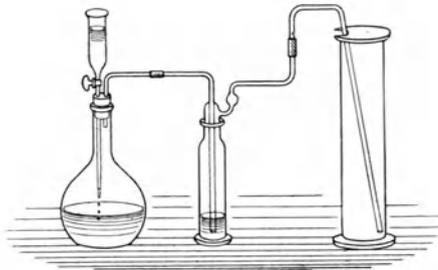


Fig. 25. Salzsäuredarstellung.

stechend riechendes Gas, dessen außerordentliche Löslichkeit in Wasser wir dadurch zeigen (vgl. Fig. 26), daß wir eine Flasche A mit Chlorwasserstoff füllen (Flasche muß trocken sein), mit einem Stopfen verschließen, durch dessen Durchbohrung ein Glasrohr *b* geht, das in der Spitze *a* endigt. Dann stellen wir die Flasche umgekehrt mittelst des Ringes *R* über das Wassergefäß *S*. Allmählich steigt das Wasser durch *b* in die Höhe, absorbiert etwas Gas, und durch das so gebildete Vakuum wird das Wasser weiter springbrunnenartig in die Flasche gesaugt, bis zum Abschluß der Absorption.

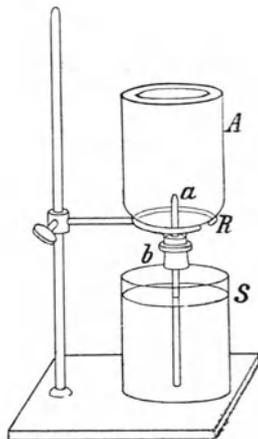
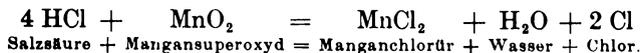


Fig. 26. Salzsäureabsorption.

Ganz ähnlich dem obigen Verfahren erfolgt die Salzsäuregewinnung in der Technik. Das als Nebenprodukt entstehende Glaubersalz Na_2SO_4 , kurz „Sulfat“ genannt, dient vorwiegend zur Sodagewinnung und zur Glasfabrikation.

Die rohe Salzsäure ist durch Eisenverbindungen gelb gefärbt, die reine dagegen farblos. Sie zeigt den charakteristischen Geruch des Chlorwasserstoffs. Die meisten Metalle löst sie auf unter Bildung der betreffenden Chloride. — Die Salzsäure findet folgende Verwendungen:

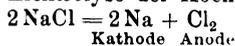
- als Lötwasser (vgl. S. 135),
- zur Herstellung des Königswassers (vgl. S. 47),
- zur Chlorgewinnung durch Erhitzen mit MnO_2 Mangansuperoxyd, auch Braunstein genannt:



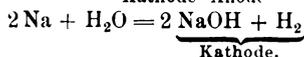
Auch durch die Elektrolyse des Kochsalzes entsteht das Chlor, und zwar bei Verwendung des geschmolzenen NaCl , neben metallischem Natrium, dagegen bei Anwendung von Kochsalzlösung, neben NaOH Natronlauge¹⁾. Bei Verwendung des Kaliumchlorids KCl entsteht entsprechend Kalium bzw. Kalilauge.

Kalium und Natrium sind zwei Metalle ohne technische Bedeutung. (Aufbewahrung unter Petroleum wegen leichter Oxydation.) Kali- bzw. Natronlauge sind die stärksten Basen, im reinen Zustand farblos; dampft man sie zur Trockne ein, so entsteht festes Ätzkali bzw. Ätznatron. Kali-

¹⁾ Die Umsetzung bei Elektrolyse der Kochsalzlösung ist:



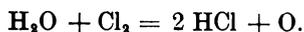
und



Der als Nebenprodukt entstehende Wasserstoff wird in Stahlzylindern komprimiert in den Handel gebracht.

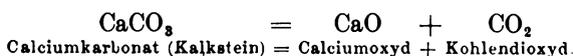
und Natronlauge werden hauptsächlich zum Lösen von Fetten auf Metallen gebraucht¹⁾ und zur Seifenfabrikation.

Das bei obigen Versuchen entstehende Chlor Cl (ein- und mehrwertig) ist ein grünlichgelbes, stechend riechendes Gas, das sich in Wasser leicht löst. Die Lösung geht allmählich in Salzsäure über, unter gleichzeitigem Entweichen von Sauerstoff

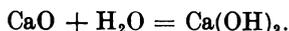


Das Chlor hat also offenbar eine große Affinität zum Wasserstoff, den es dem Wasser entzieht und so den Sauerstoff in Freiheit setzt, der dann zur Wirkung gelangen kann. Daher bezeichnet man das Chlor auch als Oxydationsmittel. Auf dieser Eigenschaft des Chlors beruht seine Verwendung zum Bleichen von Baumwolle, Leinen und Stroh. (Wolle und Seide werden durch das Chlor zerstört.)

Außer Kali- und Natronlauge bedürfen noch zwei andere starke Basen der Erwähnung, nämlich Calciumhydroxyd $\text{Ca}(\text{OH})_2$ und Ammoniumhydroxyd $\text{NH}_4(\text{OH})$. — Erhitzt man den in der Natur vorkommenden Kalkstein CaCO_3 (stofflich identisch mit Kreide und Marmor), so zerfällt er in Calciumoxyd und Kohlendioxyd.



Das Calciumoxyd (gebrannter Kalk) vereinigt sich mit Wasser unter starker Wärmeentwicklung zu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ Calciumhydroxyd (gelöschter Kalk²⁾).



Das Calciumhydroxyd ist im Wasser nur im Verhältnis 1 : 750 löslich; die Lösung heißt „Kalkwasser“. Dieses setzt sich mit Kohlendioxyd, wie früher gezeigt (vgl. S. 25), in Calciumkarbonat und Wasser um. Das Kalkwasser ist eine starke Base. — Größere Mengen Calciumhydroxyd in Wasser gebracht, bilden mit diesem ein unlösliches Gemisch, die sogenannte „Kalkmilch“. Vereinigt man Kalkmilch oder Calciumkarbonat mit Salzsäure, so entsteht CaCl_2 Calciumchlorid, ein weißes Salz, das stark hygroskopisch ist, weswegen es in der Technik vielfach zu Trocknungszwecken benutzt wird (Kesselkonservierung). — Mit Schwefelsäure vereinigt sich Kalkmilch zu Calciumsulfat (Gips) CaSO_4 ³⁾. Leitet man Chlorgas in Kalkmilch, so entsteht Chlorkalk, ein Gemisch von Calciumhypochlorid (Salz der unterchlorigen Säure HClO) und Calciumchlorid, $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{CaCl}_2$. Es ist ein weißes Produkt, das bei der Zersetzung Chlor entwickelt, weswegen es vielfach zum Desinfizieren und Bleichen benutzt wird. Chlorkalk mit Alkohol

¹⁾ Nur für tierische und pflanzliche Fette anwendbar.

²⁾ Benutzt man statt des Wassers Natronlauge zum Löschen des Kalkes, so entsteht der Seite 26 erwähnte Natronkalk.

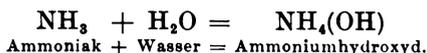
³⁾ Gips ist ein in Wasser fast unlösliches Produkt.

bildet Chloroform CHCl_3 , eine wasserhelle Flüssigkeit von süßlichem Geruch (Betäubungsmittel), in der viele Stoffe löslich sind.

Leitet man das Chlorgas statt in Kalkmilch in Kalilauge bzw. Natronlauge, so entsteht KClO oder NaClO Kalium- bzw. Natriumhypochlorid, die ebenfalls zum Bleichen benutzt werden (Eau de Javelle). Erhitzt man diese beiden Salze in Lösung, so entsteht KClO_3 oder NaClO_3 , Kalium- bzw. Natriumchlorat (Salze der Chlorsäure HClO_3). Es sind dies zwei gute Oxydationsmittel (Feuerwerkerei, Sprengstoffindustrie); denn sie geben leicht ihren gesamten Sauerstoff ab:

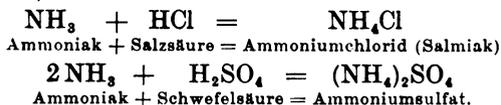


Die andere erwähnte Base, das Ammoniumhydroxyd (Salmiakgeist) $\text{NH}_4(\text{OH})$, entsteht durch Vereinigung von Wasser mit Ammoniak NH_3 , einem stechend riechenden Gase, das aus dem Steinkohlenteer gewonnen und in Stahlzylindern verflüssigt in den Handel gebracht wird. Das Ammoniak wird hauptsächlich bei der Eismaschine gebraucht (vgl. S. 52). Die Vereinigung von Ammoniak und Wasser erfolgt nach der Gleichung:

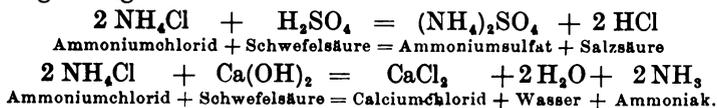


Das Ammoniumhydroxyd ist eine etwas schwächere Base als Kali- und Natronlauge, es dient ebenfalls zum Entfetten der Metalle.

Wie das Ammoniak selbst, so vereinigt sich auch das Ammoniumhydroxyd direkt mit den betreffenden Säuren zu entsprechenden Salzen (Ammoniumsalzen).



Salmiak NH_4Cl ist ein weißes, wasserlösliches Pulver, das die Eigenschaft des Sublimierens zeigt, d. h. beim Erwärmen wird es ohne vorheriges Schmelzen luftförmig (Schmelz- und Siedepunkt liegen sehr dicht zusammen). Der Salmiak findet beim Lötten und Verzinnen Verwendung, als Metallputzmittel und zu galvanischen Elementen. Durch Erwärmen des Salmiaks mit Schwefelsäure entsteht Chlorwasserstoff und durch Erwärmen mit gelöschtem Kalk das Ammoniakgas, wie dies die folgenden Gleichungen zeigen:



Das Ammoniumsulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ist ein wasserlösliches Pulver, das, außer als Düngemittel, zur Imprägnierung von Kulissenstoffen in Theatern dient, weil im Falle eines Brandes die damit präparierten Materialien nur verglimmen, nicht entflammen (also verringerte Feuergefahr).

Die wichtigsten Chloride.

Formel	Namen	Bemerkung
KCl . .	Kaliumchlorid (Kalisalz)	Düngemittel
NaCl . .	Natriumchlorid (Kochsalz)	Wichtigste Chlorverbindung
NH ₄ Cl .	Ammoniumchlorid (Salmiak)	Beim Löten gebraucht
CaCl ₂ .	Calciumchlorid	Trocknungsmittel
ZnCl ₂ .	Zinkchlorid	Als Lötwasser benutzt
Cu ₂ Cl ₂ .	Cuprochlorid (Kupferchlorür)	Absorbiert CO
CuCl ₂ .	Cuprichlorid (Kupferchlorid)	Ausgangsmaterial für Cu ₂ Cl ₂
AgCl . .	Silberchlorid	Lichtempfindlich

Dem Chlor verwandte Elemente (von gleicher Wertigkeit) sind Brom Br, Jod J und Fluor F. Die beiden erstgenannten haben nur medizinische Bedeutung, mit Ausnahme ihrer für die Photographie wichtigen, lichtempfindlichen Silbersalze (vgl. S. 104). Das Fluor findet sich in dem Mineral Flußspath CaF₂, Calciumfluorid. Dieses gibt, mit Schwefelsäure übergossen, HF Flußsäure oder Fluorwasserstoff, welcher das Glas ätzt. Hält man eine teilweise mit Wachs überzogene Glasplatte in Flußsäuredämpfe, so werden die nicht bedeckten Glasteile geätzt, infolge Bildung von Fluorsilicium SiF₄. Die Flußsäure greift die meisten gebräuchlichen Stoffe an; sie kann daher nur in den sehr widerstandsfähigen Guttaperchaflaschen transportiert werden.

9. Die Salpetersäure.

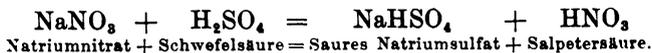
Das Ausgangsmaterial für die Darstellung der Salpetersäure sind ihre in der Natur vorkommenden Salze, nämlich KNO₃ und NaNO₃, Kalium- bzw. Natriumnitrat.

KNO₃ Kaliumnitrat oder Kalisalpeter (Ungarn, Indien), ein weißes, nicht hygroskopisches Salz, findet seine Hauptanwendung zur Fabrikation des Schießpulvers, einem Gemisch von 75 % Kalisalpeter, 13 % Holzkohlepulver und 12 % Schwefel. Die Oxydationswirkung des Salpeters verläuft nach der Formel:



(Entzündung durch Schlag oder durch Erwärmung auf 300° C). 1 kg Pulver liefert bis zu 285 l Gas (N und CO), wobei bis zu 640 WE. frei werden, Druck ca. 4400 Atm. = 6000 kg/m.

NaNO₃ Natriumnitrat oder Chilesalpeter (Südamerika) ist hygroskopisch und daher zur Schießpulverfabrikation nicht geeignet. — Er dient, außer als Düngemittel, zur Darstellung der Salpetersäure. Zu diesem Zwecke wird er mit Schwefelsäure erwärmt:



Im kleinen benutzt man Glaskolben zur Darstellung (vgl. Fig. 27), im Großen gußeiserne Retorten. Auch auf elektrischem Wege wird die Salpetersäure gewonnen, indem man auf eine bestimmte Luftmenge den elektrischen Lichtbogen einwirken läßt, wobei sich aus O und N Stickstoffsauerstoffverbindungen bilden, die leicht in Salpetersäure überführbar sind.

Die Salpetersäure ist eine im reinen Zustand farblose Flüssigkeit von charakteristisch stechendem Geruch. Durch das Sonnenlicht tritt allmähliche Zersetzung ein, wobei sich gewisse Stickoxyde bilden, welche die Säure gelb färben. Bei der Einwirkung der Säure auf Metalle entstehen rotbraune Dämpfe von Stickstoffsuperoxyd NO_2 .

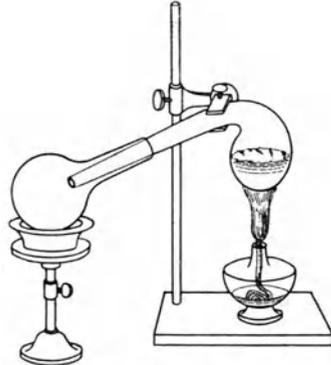


Fig. 27. Salpetersäuredarstellung.

Alle unedlen Metalle lösen sich in der Salpetersäure auf, außer dem Zinn, das wohl oxydiert, aber nicht gelöst wird. Die Säure sowohl als ihre Salze haben eine stark oxydierende Wirkung (Beweis z. B. die bleichende Wirkung auf die Farben der Kleiderstoffe). Da auch das Silber, im Gegensatz zum Golde, in der Salpetersäure löslich, also von diesem leicht trennbar ist, so bezeichnet man die Salpetersäure auch als „Scheidewasser“. — Die Salpetersäure findet folgende Verwendungen:

- a) **Bereitung des Königswassers**, eines Gemisches von drei Teilen Salzsäure und einem Teile Salpetersäure, das in Berührung mit Edelmetallen Chlor entwickelt und diese in Form von Chloriden auflöst, z. B. PtCl_4 , Platinchlorid, AuCl_3 , Goldchlorid;
- b) **zum Ätzen der Metalle**, z. B. für die Schablonen- und Schilderfabrikation. Zu diesem Zwecke werden die Metallplatten mit Wachs überzogen, das an den zu ätzenden Stellen nachträglich wieder fortgenommen wird. Bei Schablonen wird vollständig bis auf die andere Seite durchgeätzt, bei Schildern nur eine Vertiefung erzeugt und letztere mit einer Lackmasse ausgefüllt;
- c) **als Metallbeizen** (Gelbbrennen) für erwärmtes Kupfer oder Messing;
- d) **zur Sprengstoffabrikation** verwendet man ein Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure.

Außer Kali- und Natronsalpeter ist von salpetersauren Salzen ¹⁾ nur noch das Silbernitrat AgNO_3 von praktischer Bedeutung, ein

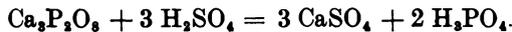
¹⁾ $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$, Ammoniumnitrat oder Ammoniumsalpeter, der durch direkte Vereinigung von Salpetersäure und Ammoniak entsteht, wird in der Sprengstoffabrikation vielfach gebraucht.

wasserlösliches, weißes Produkt, das unter dem Namen „Höllenstein“ in der Medizin zum Ätzen benutzt wird. Die wäßrige Lösung dieses Salzes mit organischen Stoffen (Gewebe, Haut) in Berührung gebracht, zersetzt sich leicht unter Bildung von schwarzem Silberoxyd Ag_2O . Hierauf beruht die Anwendung der Höllensteinlösung als unverwaschbare Wäschetinte. Außerdem ist das Silbernitrat das Ausgangsmaterial zur Herstellung von Silberspiegelbelägen und zur Darstellung der in der Photographie verwandten, lichtempfindlichen Silbersalze, nämlich des Chlor-, Brom- und Jodsilbers, AgCl , AgBr und AgJ .

10. Die Phosphorsäure.

Das Ausgangsmaterial zur Darstellung der Phosphorsäure H_3PO_4 ist das Calciumphosphat $\text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_8$, das als Mineral, als Apatit und Phosphorit vorkommt, aus den Knochen gewonnen wird, ferner als Nebenprodukt (sogenannte Thomasschlacke) bei der Stahlgewinnung nach dem basischen Bessemer- bzw. Siemens-Martin-Prozeß.

Durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure auf Calciumphosphat entsteht die Phosphorsäure:



Die Phosphorsäure ist eine farblose, sirupartige Flüssigkeit; wird ihr das Wasser vollständig entzogen, so bildet sie wasserhelle Kristalle. Sie hat technisch keine Bedeutung, wohl aber ihr erwähntes Calciumsalz, das folgende praktische Verwendungen findet:

- a) zur Darstellung von Superphosphat, einem Düngemittel, $\text{CaH}_4\text{P}_2\text{O}_8$ saures Calciumphosphat, das durch Einwirkung von Schwefelsäure auf das oben erwähnte neutrale Phosphat entsteht;
- b) zur Darstellung von Phosphor durch Erhitzen mit Quarz SiO_2 (vgl. S. 56) und Kohle im elektrischen Ofen, dessen Prinzip auf der Wirkung des elektrischen Flammboogens beruht.

Man erhält so den Phosphor (drei- und fünfwertig) als gelblich-weiße, wachsweiche Masse, die sehr giftig und selbstentzündlich ist. Beim Verbrennen bildet sich weißes Phosphorperoxyd oder Phosphorsäureanhydrid P_2O_5 , das sich in Wasser zu Phosphorsäure auflöst.



Der Phosphor wird wegen seiner Selbstentzündlichkeit stets unter Wasser aufbewahrt. — Phosphoreszenz ist die Eigenschaft des Phosphors, im Dunkeln zu leuchten. Erhitzt man den gewöhnlichen Phosphor längere Zeit unter Luftabschluß, so entsteht der rote Phosphor, der ungiftig und schwer entzündlich ist. Der Übergang ist scheinbar eine molekulare Veränderung, die wir als Allotropie bezeichnen. Wird der gelbe Phosphor mit Kalilauge längere Zeit in sauerstofffreier Atmosphäre erhitzt, so entsteht Phosphorwasserstoff H_3P , ein farbloses, an

der Luft selbstentzündliches Gas, dessen Salze, die Phosphide, ein gewisses technisches Interesse haben. Die Eisensorten enthalten mitunter Eisenphosphide; ferner sind im Calciumkarbid (vgl. S. 71) häufig Calciumphosphide vorhanden, und infolgedessen im Acetylen auch Phosphorwasserstoff, wodurch eine noch erhöhte Explosionsgefahr des Acetylens bedingt wird.

Die Hauptanwendung findet der Phosphor zur Zündholzfabrikation. Die sogenannten Schwefelhölzer, deren Fabrikation seit 1. Januar 1907 verboten ist, wegen ihrer Feuergefährlichkeit und Giftigkeit, enthielten als Zündmasse ein Gemisch von Schwefel und gelbem Phosphor; sie waren an jeder Reibfläche entzündlich¹⁾. Bei den sogenannten schwedischen (sie wurden zuerst in Schweden fabriziert) oder Sicherheitszündhölzern, die nur an einer Reibfläche von rotem Phosphor entzündlich sind, enthalten die Köpfchen ein Gemisch von Kaliumchlorat und Antimonsulfid (vgl. S. 107).

Ein dem Phosphor verwandtes Element ist das Bor B, von welchem aber nur der Borax $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10 \text{H}_2\text{O}$, Natriumtetraborat, technisches Interesse besitzt; es löst im geschmolzenen Zustande viele Metalloxyde auf, wovon man beim Lötprozeß Anwendung macht.

11. Die Kohlensäure.

Die Ausgangsmaterialien zur Darstellung der Kohlensäure sind ihre in der Natur vorkommenden Salze, die Karbonate, nämlich CaCO_3 , Calciumkarbonat (Marmor, Kreide, Kalkstein) und K_2CO_3 , Kaliumkarbonat oder Pottasche, die in der Landpflanzenasche enthalten ist (Seepflanzen enthalten Natriumverbindungen).

Durch Erhitzen des Calciumkarbonates oder Zersetzung desselben mit Säuren entsteht das Kohlendioxyd oder Kohlensäureanhydrid CO_2 , fälschlich auch Kohlensäure genannt. — Der Vorgang beim Erhitzen ist folgender (Kalkbrennen):



dagegen ist die Umsetzung mit Salzsäure:

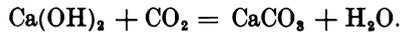


Das Kohlendioxyd entsteht auch, wie erwähnt, bei der Atmung und der vollkommenen Verbrennung, dann bei der Gärung und Verwesung (Keller, Kanäle, Gruben). Das in vulkanischen Gegenden den Erdspalten entweichende Kohlendioxyd (Eifel) wird im großen gewonnen und in Stahlzylindern verflüssigt in den Handel gebracht.

¹⁾ Als Ersatz dienen die sogenannten Kaiserhölzer von Schwiening in Kassel, deren Zündmasse aus rotem Phosphor, chlorsaurem Kalium und bleisaurem Calcium besteht. (Der letztgenannte Bestandteil wird durch Zusammenschmelzen von Bleioxyd und Kreide erhalten. Formel: Ca_2PbO_4 .)

Kohlendioxyd ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, 1,5 mal so schwer wie die atmosphärische Luft, das sich in Wasser zu Kohlensäure H_2CO_3 löst, die aber beim Eindampfen der Lösung wieder in $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ zerfällt, ähnlich wie H_2SO_3 . Wir machen nun mit dem Kohlendioxyd folgende Versuche:

a) Kohlendioxyd in Kalkwasser eingeleitet (vgl. S. 25) gibt einen unlöslichen Niederschlag von Calciumkarbonat.



Beim weiteren Einleiten von Kohlendioxyd verschwindet allmählich die Trübung; es ist wasserlösliches saures kohlensaures Calcium entstanden, $\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$, nämlich:



Beim Verdunsten, ebenso beim Verdampfen der Lösung scheidet sich wieder das neutrale Karbonat CaCO_3 aus. Hierauf beruht die Bildung von Tropfsteinen, ferner die Entstehung des Kesselsteins (vgl. S. 83).

b) Leitet man in der gleichen Weise Kohlendioxyd in Kali- oder Natronlauge ein, so entstehen die entsprechenden Karbonate (wasserlöslich, also kein Niederschlag), nämlich K_2CO_3 Pottasche und Na_2CO_3 Soda. Man absorbiert daher Kohlendioxyd mit diesen Laugen, vgl. Luftuntersuchung, Rauchgasanalyse u. a. m.) — Beim weiteren Einleiten von Kohlendioxyd in die Laugen entstehen die entsprechenden sauren Salze (Bikarbonate)¹⁾. Im großen wird die Soda jetzt hauptsächlich durch Elektrolyse von Kochsalzlösung gewonnen, wobei zunächst Natronlauge entsteht, die durch Einleiten von Kohlendioxyd in Soda übergeführt wird.

Die Soda $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{H}_2\text{O}$, ein weißes, wasserlösliches Salz, wird auch als kalzinierte Soda in den Handel gebracht. Letztere ist ein vollständig wasserfreies Produkt, also geringeres Gewicht und infolgedessen billigerer Transport. Die Soda wird, außer zu Waschzwecken, zum Entfetten von Metallen²⁾ und zur Kesselspeisewasserreinigung gebraucht.

c) Leitet man Kohlendioxyd in die Lösung von Ammoniumhydroxyd ein, so entsteht wasserlösliches Ammoniumkarbonat (Hirschhornsalz) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, das als Metallputzpulver und in der Gummifabrikation verwendet wird.

d) Gießt man Kohlendioxyd aus einem Glaszylinder (vgl. Fig. 28) wie eine Flüssigkeit über eine brennende Kerze, so erlischt diese, weil

¹⁾ Man hat bereits erfolgreich versucht, das Kohlendioxyd aus den Verbrennungsgasen zu gewinnen, durch Absorption in Soda (Natriumkarbonat), wobei das saure kohlensaure Natrium entsteht, das durch Erwärmen wieder in das neutrale Salz, unter Abgabe des aufgenommenen Kohlendioxyds, übergeführt wird.

²⁾ Entfernung tierischer und pflanzlicher Fette. Mineralische Fette (Erdölprodukte) sind nur in Benzin löslich.

CO₂ die Verbrennung (und die Atmung) nicht unterhält. Ebenso können wir mit Hilfe einer Wage das hohe spezifische Gewicht des Kohlendioxyds zeigen (vgl. Fig. 29). Man untersucht daher Kanalschächte, Gruben u. a. m. vor dem Einsteigen erst mit einem brennenden Licht; wenn dasselbe erlischt, dürfen die Räume nicht befahren werden. Auf dieser Eigenschaft des Kohlendioxyds beruht auch seine Anwendung zum Feuerlöschen (Brände in Kohlenbunkern).

e) Verbindet man die mit flüssigem Kohlendioxyd gefüllte Stahlflasche mit einem Tuchbeutel und läßt in diesen das CO₂ strömen, so findet durch die Druckverminderung die Vergasung des Produktes statt und infolge des starken Wärmeverbrauches kühlt sich der Beutel derartig ab, daß das Kohlendioxyd darin zu einer weißen, schneeartigen Masse erstarrt, die eine Temperatur von -60° besitzt, mit Äther gemischt, sogar -85° . Man kann mit dieser Masse Wasser und Quecksilber leicht zum Gefrieren bringen, Pflanzenblätter und Gummistücke werden darin hart und spröde. — Füllt man einige Stücke festes Kohlen-

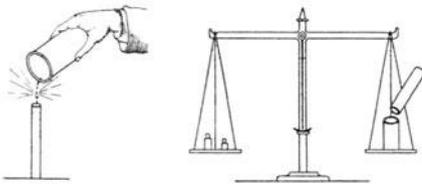


Fig. 28 und 29.
Versuche mit Kohlensäure.

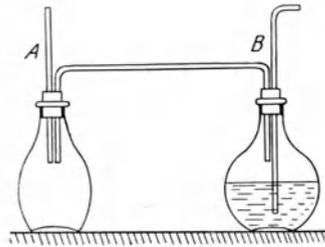


Fig. 30.
Prinzip des Bierdruckapparates.

dioxyd in die Flasche A (Fig. 30) und verschließt deren vertikales Rohr mit dem Finger, so wird durch den Druck des verdunstenden CO₂ die Flüssigkeit in der Flasche B in deren Steigrohr gepreßt und entweicht aus diesem in Form eines Strahles. Auf diesem Prinzip beruht die Anwendung des Kohlendioxyds zu Bierdruck- und Feuerlöschapparaten.

Wegen der hohen Verdunstungskälte findet das Kohlendioxyd, ebenso wie Schwefeldioxyd und Ammoniak, bei der Eismaschine bzw. Kaltluftmaschine Verwendung.

Wir beschreiben nachfolgend Lindes Eis- und Kaltluftmaschine, welche mit flüssigem Ammoniak arbeitet; dasselbe wird im „Verdampfer“ in den luftförmigen Zustand übergeführt, wobei es der Nachbarschaft Wärme entzieht, also abkühlend wirkt. Das luftförmige Ammoniak wird dann durch den „Kompressor“ auf hohen Druck gebracht und im „Kondensator“ durch Wasserkühlung verflüssigt (kondensiert). Verdampfer und Kondensator sind durch ein Rohr verbunden, in dem ein Ventil liegt, um die Menge des übertretenden Ammoniaks genau regulieren zu können.

Der Verdampfer (Fig. 31) besteht aus schmiedeeisernen Spiralaröhren, die bis zu je 150 m in einem Stück geschweißt sind, so daß im Innern des Apparates keine Verbindungsstellen vorhanden sind. Durch das Regulierventil tritt unten die Ammoniakflüssigkeit in das Innere dieser Rohre ein und verdampft in denselben. Am oberen Ende saugt der Kompressor die entwickelten Ammoniakdämpfe ab. Die

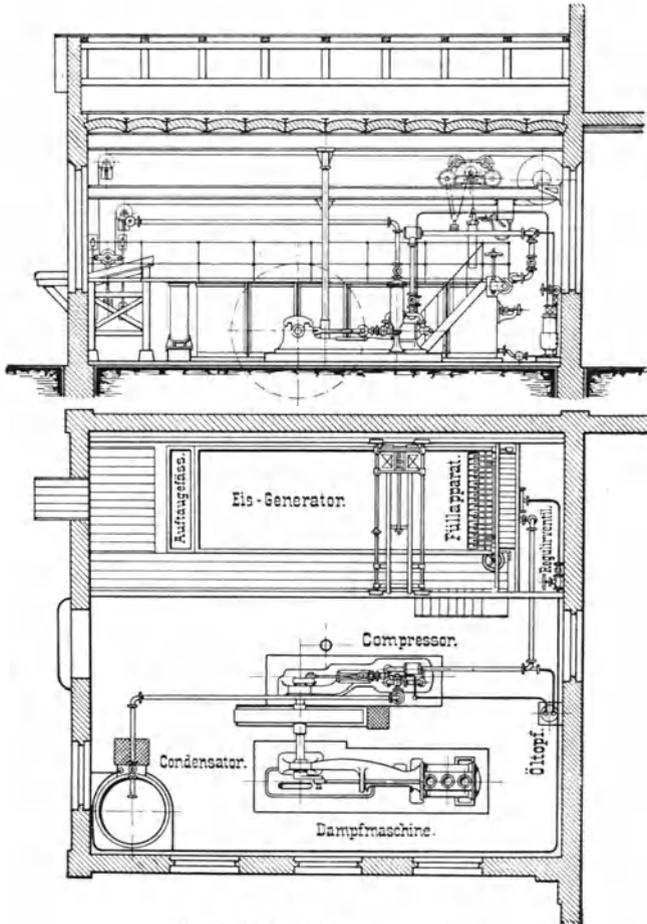


Fig. 31. Eismaschine nach Linde.

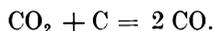
Spiralaröhre liegen in einem schmiedeeisernen Reservoir, dessen Form und Größe dem jeweiligen Kühlzweck angepaßt ist; sie werden von der abzukühlenden Flüssigkeit umspült, und zwar, wenn Temperaturen unter 0° erreicht werden sollen (Eisfabrikation), von schwer gefrierenden Salzlösungen (z. B. Chlorcalcium); für Temperaturen über 1° C genügt reines Wasser. Diese durch ein Rührwerk stets in lebhafter Zirkulation

gehaltene Kühlflüssigkeit kann nun zu eigentlichen Kühlzwecken verwendet werden, z. B. zur Abkühlung von Luft oder Flüssigkeiten, indem man dieselben mit dem abzukühlenden Körper vermittelt einer möglichst großen, direkten oder indirekten Oberfläche in Berührung bringt, oder zur Eisfabrikation, indem man mit man Süßwasser gefüllte Zellen einhängt. Man nennt in diesem Falle den Verdampfer auch Eisgenerator. Bei den kleineren Generatoren werden die Zellen mit der Hand bedient, bei größeren sind dieselben in hintereinander liegende Reihen zusammengefaßt, welche auf Rollen laufen und sich durch einen von Hand bewegten Vorschubmechanismus im Generator gemeinsam auf einer Laufbahn verschieben lassen. Diese Verschiebung erfolgt gegen dasjenige Generatorende, an dem das Ausheben stattfindet, so daß am entgegengesetzten Ende stets Platz zum Einsetzen einer frisch mit Wasser gefüllten Zellenreihe vorhanden ist. — Mittelst eines Transmissions- oder Laufkrans wird je eine ausgefrorene Zellenreihe ausgehoben, in ein mit warmem Wasser gefülltes Auftaugefaß getaucht und zwecks Entleerung der abgelösten Eisblöcke umgekippt, zum Füllapparate am anderen Generatorende geführt und aufs neue eingesetzt.

Bei dem Kompressor, einer liegenden, doppelt wirkenden Saug- und Druckpumpe, sind alle Teile möglichst bequem zugänglich angeordnet. Die Ventile werden durch Federn in ihre Sitze gepreßt. Der Kolben ist metallisch gelidert. Die Stopfbüchse ist sehr sorgfältig konstruiert, da sie die unter hohem Überdruck stehenden Ammoniakdämpfe nach außen abdichten muß. Es geschieht dies durch zwei hintereinander liegende Packungen in der verhältnismäßig langgestreckten Stopfbüchse, die zwischen sich eine Kammer frei lassen, in welcher sich eine unter Druck stehende, gleichzeitig zur Schmierung der inneren Teile dienende Sperrflüssigkeit befindet, so daß die Packungen nicht mehr die Ammoniakdämpfe nach außen abzudichten, sondern nur das Entweichen der Sperrflüssigkeit nach außen zu verhindern haben. Die kleinen Mengen der Sperrflüssigkeit, welche trotz der Dichtung in den Zylinder eindringen, schmieren den Kolben und werden von den Ammoniakdämpfen mitgerissen. Damit diese Flüssigkeitsmengen nicht mit in den Röhrenapparaten zirkulieren und dort den kalorischen Effekt verschlechtern, ist in der Druckleitung ein Sammelgefäß eingeschaltet, in welchem sich die mitgerissenen Flüssigkeitsteilchen sammeln können. Von hier werden sie einem Reinigungsapparate zugeführt, der nach Abscheidung der Ammoniakdämpfe die Flüssigkeit wieder der Sperrkammer der Stopfbüchse zuführt. Die Pumpe, deren Saugrohr, wie erwähnt, mit dem Verdampfer, das Druckrohr dagegen mit dem Kondensator verbunden ist, kann durch Ventile von den Röhrenapparaten vollständig getrennt werden. Der Kondensator besteht ebenfalls aus einer Anzahl in einem Stück geschweißter Spiralrohre. Der Kompressor preßt die Ammoniakdämpfe oben in die Spiralrohre, in

denen sie unter dem Kompressionsdruck und der durch das Kühlwasser bewirkten Temperaturniedrigung sich niederschlagen und als dann im flüssigen Zustande durch das Regulierventil in den Verdampfer übergeführt werden. Das erwärmte Kühlwasser fließt aus dem Apparat oben ab. — Auf dem gleichen Prinzip beruht das im Tiefbau gebrauchte Gefrierschachtverfahren.

f) Leitet man Kohlendioxyd durch ein eisernes Rohr, in dem sich glühende Kohle befindet, so bildet sich Kohlenoxyd:

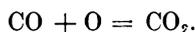


Ebenso entsteht Kohlenoxyd, wenn man das Kohlendioxyd über 1000°C erhitzt:



Man kann daher bei Verbrennung der Kohle zu Kohlendioxyd Temperaturen über 1200° nur bei Anwendung des erhitzten Gebläsewindes erhalten (z. B. bei metallurgischen Prozessen).

Das Kohlenoxyd ist ein farbloses Gas, sehr giftig, das mit bläulicher Flamme zu Kohlendioxyd verbrennt:

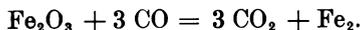


Das Kohlenoxyd entsteht in jedem Zimmerofen (Gefahr der Ofenklappen); ferner ist es in vielen in der Technik gebrauchten luftförmigen Brennstoffen enthalten, z. B. im Leuchtgas, Generatorgas, Wassergas u. a. m. 1 kg Kohlenoxyd liefert bei der Verbrennung zu Kohlendioxyd 3100 WE., dagegen entstehen bei der Verbrennung von

1 kg Kohle zu Kohlenoxyd	2400 W.E.,
1 „ „ „ Kohlendioxyd	8100 „

Zur quantitativen Bestimmung¹⁾ des Kohlenoxyds dient Kupferchlorürlösung, welche dieses Gas absorbiert unter Bildung von $\text{Cu}_2\text{Cl}_2(\text{CO})$, einer von Berthelot zuerst gefundenen Verbindung.

Das Kohlenoxyd hat stark reduzierende Eigenschaften, es verwandelt z. B. Eisenoxyd in Eisen (vgl. Eisenhochofenprozeß)



Der Kohlenstoff selbst findet sich als Diamant, Graphit und gewöhnliche Kohle, dann in den Erdölprodukten und in allen organischen, d. h. dem Tier- und Pflanzenreich entstammenden Stoffen.

Der Diamant (Indien, Südafrika, Brasilien) ist kristallisierter Kohlenstoff. Er wird wegen seines hohen Lichtbrechungsvermögens im geschliffenen Zustand zu Schmucksteinen verwendet. Wegen seiner großen Härte benutzt man den Diamanten als Glasschneider, Gesteinsbohrer (Tunnel- und Bergwerksbau), dann zum Abdrehen von Schmirgelscheiben, zum Schneiden von Papierwalzen und zum Ziehen feiner

¹⁾ Zum qualitativen Nachweis von CO dient Palladiumpapier (vgl. Seite 106).

Die wichtigsten Karbonate.

Formel	Namen	Bemerkung
K_2CO_3	Kaliumkarbonat (Pottasche)	Landpflanzenasche
$Na_2CO_3 + 10H_2O$. .	Natriumkarbonat (Soda)	Entfettungsmittel, Kesselsteinlösemittel
$(NH_4)_2CO_3$	Ammoniumkarbonat	Hirschhornsalz
$CaCO_3$	Calciumkarbonat	Kalkstein, Kreide, Marmor
$MgCO_3$	Magnesiumkarbonat	Magnesit (Mineral)
$CaH_2(CO_3)_2$	Calciumbikarbonat	Kesselsteinbildner
$FeCO_3$	Eisenkarbonat	Spatheisenstein (Mineral)
$ZnCO_3$	Zinkkarbonat	Galmei (Mineral)
$PbCO_3$	Bleikarbonat	Weißbleierz (Mineral)
$2 PbCO_3 + Pb(OH)_2$.	Basisches Bleikarbonat	Bleiweiß (Anstrichfarbe)
$CaCO_3 + MgCO_3$. .	Calcium-Magnesium-Karbonat	Dolomit (Mineral), liefert basisches Herdfutter. (Thomasprozeß)

Drähte. — Die meisten Nachahmungen des Diamanten bestehen aus Glas. Man hat aber auch richtige Diamanten (in Splittergröße) künstlich hergestellt durch Schmelzen von kohlenstoffreichem Eisen im elektrischen Ofen und nachheriges rasches Abkühlen.

Der Graphit (Sibirien, Ceylon, Wales, Passau) bildet eine grauschwarze unlösliche Masse, die den elektrischen Strom gut leitet und auch sehr hohe Temperaturen gut verträgt. Die hauptsächlichsten Anwendungen sind, mit Ton gemischt, zur Herstellung feuerfester Schmelztiegel (Tiegelgußstahlfabrikation), Schmier- und Dichtungsmittel für Gegenstände, die einer hohen Temperatur ausgesetzt werden, so daß Schmieröl nicht verwendet werden kann, bei Mannlochdichtungen, zum Ausstreichen der Formen in der Eisengießerei, zum Innenanstrich von Dampfkesseln (mit Milch gemischt), zum Eisenanstrich (Ofenschwärze). Endlich findet der Graphit mit Ton gemischt (um so härter, je höher der Tongehalt) zur Bleistiftfabrikation Verwendung. Das Gemisch wird gepreßt, gebrannt und die so erhaltenen Stifte in Holz gefaßt (meistens westindisches Zedernholz)¹⁾.

Die übrigen Vorkommnisse des Kohlenstoffs werden bei den Brennstoffen besprochen.

12. Die Kieselsäuren.

Die Orthokieselsäure H_4SiO_4 und die Metakieselsäure H_2SiO_3 finden sich auch in Form ihrer zahlreichen Salze, den Silikaten, von sehr komplizierter Zusammensetzung in den wichtigsten Mineralien und Gesteinen; daher ist das Silicium nächst dem Sauerstoff das verbreitetste Element.

¹⁾ Der Name „Bleistift“ stammt von der früheren Anwendung des metallischen Bleies zu Schreibstiften.

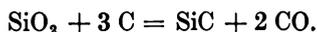
Das Anhydrid beider Säuren ist SiO_2 , Siliciumdioxid; es bildet den Quarz (Quarzsand und Kiesel), Bergkristall, Topas u. a. m.

Die wichtigsten aus Silikaten bestehenden Mineralien sind Quarz, Sand, Ton, Feldspat, Glimmer, Hornblende, Augit, Labrador, Diallag, Lava (letztere vulkanischen Ursprungs). Über die aus diesen Mineralien gebildeten Gesteine vgl. S. 93.

Von besonderem Interesse sind noch außerdem die Mineralien Kieselgur und Asbest. — Kieselgur oder Diatomeenerde (weiß oder braun) ist eigentlich ein Produkt organischen Ursprungs; denn es besteht aus den Kieselpanzern der Diatomeen (Stabtierchen aus der Gruppe der Algen). Man gebraucht die Kieselgur zur Dynamitfabrikation und als Wärmeschutzmasse. Für letzteren Zweck sind Seidenabfälle (Krefelder Industrie) besonders geeignet und nächst diesen der Asbest (Mineralfaser), ein feinfaseriges Mineral, das auch wegen seiner Feuerbeständigkeit (Asbestpappe, Asbestanzüge) vielfach verwendet wird. Auch zu Dichtungsringen und Stopfbüchsenpackungen wird er benutzt. — Von sonstigen Silikatmineralien sei noch der Speckstein erwähnt, der namentlich früher für die Köpfe der Gasschnittbrenner verwendet wurde.

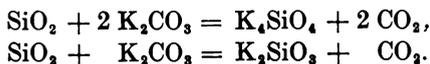
In chemischer bzw. technischer Hinsicht haben noch folgende Versuche Interesse:

a) Quarz im elektrischen Ofen mit Kohle zusammen erhitzt liefert Siliciumkarbid SiC



Siliciumkarbid, meist Karborund genannt, findet als Schleifmittel Verwendung, da es beinahe so hart wie Diamant ist. Der sonst gebräuchliche Schmirgel¹⁾ ist Al_2O_3 Aluminiumoxyd. Die Schmirgelscheiben erhält man aus dem Schmirgelpulver durch ein Bindemittel (Öl, Gummi oder mineralische Bindemittel). Auch Schmirgelleinen und -papier werden hergestellt, indem man das Schmirgelpulver mittelst eines Klebstoffes auf dem Leinen bzw. Papier bindet (Glaspapier).

b) Quarz und Pottasche werden zusammengeschmolzen, wobei je nach den Gewichtsmengen das Salz der Ortho- oder Metakieselsäure entsteht:



Zersetzt man K_4SiO_4 mit Salzsäure, so entsteht die Orthokieselsäure, H_4SiO_4 , als gallertartige Masse, die beim Trocknen in die Metakieselsäure H_2SiO_3 übergeht.

Kalium- und Natriumsilikat sind wasserlöslich, amorph und leicht schmelzbar, Calciumsilikat dagegen wasserunlöslich, kristallinisch und schwer schmelzbar.

¹⁾ Hauptsächlich von der Insel Naxos.

Das Kaliumsilikat dient unter dem Namen „Wasserglas“ zum Feuer-sichermachen des Holzes, zur Herstellung von Kitten und wetterbeständigen Anstrichfarben sowie zum Wasserdichtmachen von Kalkwänden.

c) Über die Einwirkung von Flußsäure vgl. S. 46.

V. Die Brennstoffe.

A. Natürliche feste Brennstoffe.

1. Die Steinkohle.

Die Steinkohle, das Vermoderungsprodukt des Holzes, ist aus diesem bei hohem Druck und hoher Temperatur entstanden. Bei großen Veränderungen der Erdoberfläche versanken ganze Wälder ins Erdinnere und erlitten dort die erwähnte Umwandlung. Die Gewinnung der Steinkohle erfolgt durch Tiefbau, d. h. durch Niederführung von Schächten, an die sich entsprechend der Richtung der Flötze (Kohlenadern) die Stollen anschließen¹⁾. Die Abbautiefe beträgt allgemein bis zu 1200 m, in größeren Tiefen wird das Arbeiten infolge der hohen Temperatur unmöglich.

In Deutschland findet sich die Steinkohle hauptsächlich im Saar-, Wurm- und Ruhrrevier, Sachsen und Schlesien, im Auslande in Belgien, Großbritannien, Illinois, Pennsylvanien und in China (Schantung-gebiet). — Nach fachmännischen Schätzungen verhalten sich die Kohlevorräte Deutschlands zu denjenigen der Vereinigten Staaten von Amerika bzw. Großbritanniens wie 9 : 6 : 5.

Nächst dem Eindringen von Wasser in die Schächte, durch Anschlagen von Wasseradern (Beseitigung dieser Gefahr durch die Wasserhaltungsanlagen), ist der Steinkohlenbergbau in vielen Revieren durch die schlagenden und stickenden Wetter bedroht, sowie durch Kohlenstaubexplosionen.

Die stickenden Wetter beruhen auf der Entwicklung von Kohlendioxyd, das in der Grube in größeren Mengen auftretend, das Leben (Erstickungsgefahr) der Bergleute bedroht. — Unter den schlagenden Wetter verstehen wir die Entwicklung von CH_4 , Grubengas oder Methan, welches, mit Luft gemischt, leicht explodiert. Beim Auftreten schlagender Wetter sind daher Sprengungsarbeiten zu vermeiden, außerdem sind stets besondere Grubenlampen (Davys Sicherheitslampen) zu verwenden. Das Prinzip dieser Lampen beruht darauf, daß, wenn man Leuchtgas gegen ein engmaschiges Drahtnetz strömen läßt (Fig. 32), die Flamme nur auf der Seite des Drahtnetzes brennt, auf welcher die Entzündung erfolgte, weil das Metall des Drahtnetzes ein guter Wärmeleiter ist. Die erwähnte Bergmanns-lampe (Fig. 33) ist eine Benzinlampe, bei der die Flamme vollständig von einem Draht-

¹⁾ Man bezeichnet die Kohlenbergwerke auch als „Zechen“.

netz umgeben ist. Kommt nun das Grubengas durch das Drahtnetz dringend mit der Flamme in Berührung, so kann wohl eine Entzündung innerhalb des Drahtnetzes stattfinden, sie pflanzt sich aber nicht nach außen fort. Ist die Flamme erloschen, so wird sie ohne Öffnung der Lampe wieder entzündet, durch einen besonderen eingebauten Bolzen, der gegen ein Zündhütchen schlägt und so die Benzindämpfe in Brand setzt.

Zur Entfernung der stickenden und schlagenden Wetter dient ferner die auf dem Ventilatorprinzip beruhende Wetterförderung.

Die Kohlenstaubexplosionen entstehen durch die Absorption der Luft durch trockenen

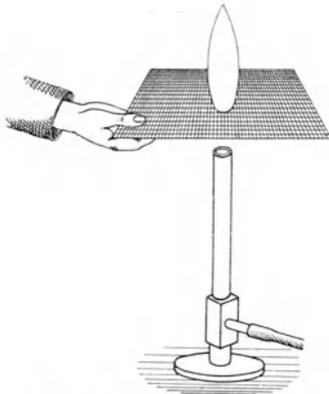


Fig. 32. Drahtnetz mit Flamme.

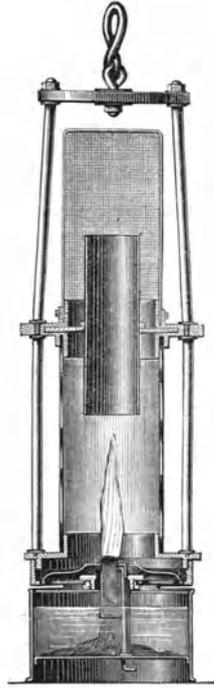


Fig. 33. Sicherheitslampe.

Kohlenstaub, wobei eine Temperatursteigerung bis zur Entzündung eintritt. Man verhütet dies durch Anfeuchten des Kohlenstaubs.

Die geförderten Steinkohlen werden gewaschen, dann durch Siebvorrichtungen nach Größe sortiert und verladen.

Wir unterscheiden die Steinkohlen nach ihrem Verhalten beim Verbrennungsprozeß wie folgt:

- a) Sand- oder Magerkohlen verbrennen, ohne zusammenzubacken und geben eine sandige Asche (Anthracit z. B.),
- b) Sinterkohlen zeigen beim Verbrennen Anzeichen von Schmelzung, die Asche sintert zusammen,
- c) Back- oder Fettkohlen schmelzen beim Verbrennen und backen zusammen.

Die letztgenannte Kohlenart wird auch langflammig oder Flammkohle genannt, weil sie beim Verbrennen große Mengen luftförmiger Bestandteile abgibt, die eine starke Flammenentwicklung zur

Folge haben, im Gegensatz zu den kurzflammigen Sand- oder Magerkohlen, die fast ohne Flamme brennen.

Um auch das Steinkohlenklein nutzbar zu machen, wird es mit Hartpech gemischt, zu Briketts gepreßt.

2. Die Braunkohle.

Die Braunkohle ist das jüngere Vermoderungsprodukt des Holzes und daher wesentlich kohlenstoffärmer, aber wasserhaltiger als die Steinkohle. Hauptsächlich findet sich die Braunkohle in der Eifel, in Sachsen, Oberbayern und in Böhmen. Die Gewinnung erfolgt durch Tagebau, d. h. Abhebung der ganzen Erddecke. Wegen ihres hohen Wassergehaltes eignet sich die Braunkohle für weit entfernte Verbrauchsorte nur sehr schlecht; man verwendet sie daher meistens an der Grube selbst, und zwar:

- a) zur Herstellung von Braunkohlenbriketts durch Trocknen und Pressen des Rohproduktes,
- b) zur Erzeugung von elektrischer Energie, entweder durch Verbrennung unter Dampfkesseln, die zur Speisung einer Dampfdynamoanlage dienen, oder durch Erzeugung von Generatorgas, das in einer Gasdynamo zur Wirkung gelangt.

3. Das Holz.

Das Holz spielt als Brennstoff nur in sehr waldreichen Gegenden eine größere Rolle (Rußland). Sonst gebraucht man das Holz fast nur zu Anmachezwecken, insbesondere harzreiche Nadelhölzer.

4. Der Torf.

Der Torf ist das Vermoderungsprodukt gewisser Pflanzen, der sogenannten Sphagnumarten. Er findet sich vorwiegend in der norddeutschen Tiefebene, Schwaben, Bayern und in der Schweiz. Wegen seines geringen Heizwertes hat er als Brennstoff nur ein sehr geringes lokales Interesse, dagegen findet er als Streumittel für Ställe und als Wärmeschutzmasse eine weitgehende Verwendung.

B. Künstliche feste Brennstoffe.

1. Der Koks.

Wir machen folgende beiden Vorversuche:

- a) In einem bedeckten Platintiegel erhitzen wir eine bestimmte Menge fette Steinkohle. Nach Entweichen und Verbrennen der flüchtigen Bestandteile bleibt eine feste, poröse Kohle zurück, die an der Luft erhitzt, ohne wesentliche Flammenentwicklung verbrennt; wir nennen dies Produkt „K o k s“. Beim Verbrennen des Koks entsteht die Asche.

Dieser Versuch bietet uns die Möglichkeit, durch Wägung die Koks- ausbeute und den Aschengehalt einer Kohle quantitativ zu bestimmen.

b) In ähnlicher Weise erhalten wir Koks, wenn wir in einer eisernen Retorte Steinkohle erhitzen. Fig. 34 zeigt die ganz entsprechende Darstellung von Holzkohle aus Holz durch Erhitzen in einer Glasretorte unter Luftabschluß. Die aus der Retorte entweichenden Produkte passieren das kugelförmige Waschgefäß mit Natronlauge, in dem sich der Teer absetzt; die dann übrigbleibenden luftförmigen Bestandteile leitet man durch ein Rohr ab und weist ihre Brennbarkeit durch Entzünden nach. Der Versuch zeigt gleichzeitig die Kokerei und die Leuchtgas- fabrikation im kleinen. Beide Prozesse unterscheiden sich in Wirklich- keit wesentlich nur durch die Temperatur, auf welche man die Kohle erhitzt. Die Kokerei, die hauptsächlich feste Stoffe erzeugen soll (Koks- ausbeute 75 % der angewandten Steinkohle), arbeitet daher bei wesent- lich niedrigerer Temperatur und langsamer, als bei der Leuchtgas- fabrikation üblich, die ja möglichst viel luftförmige Produkte erzeugen soll.

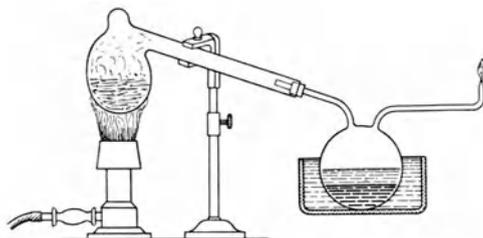


Fig. 34. Koksdarstellung.

Eine derartige Erhitzung unter Luftabschluß, wie oben beschrieben, bezeichnen wir als „trockene Destillation“.

Die Figuren 35 und 36 zeigen einen Koksofen von Otto-Hoffmann. Die großen,

von Heizgasen umspülten Verkokungskammern werden von oben mit fetter Steinkohle beschickt, die sich bei der Erhitzung unter Abschluß der Luft in Koks verwandelt. Hierbei entstehen als Nebenprodukte: a) zur Heizung verwertbare Kohlenwasserstoffe im gasförmigen Zu- stande, b) Steinkohlenteer und c) Ammoniak.

Der Steinkohlenteer¹⁾ wird durch sogenannte „fraktionierte Destillation“ weiterverarbeitet, d. h. der Teer wird destilliert, und die bei den verschiedenen Temperaturen siedenden Einzelbestandteile fängt man, für sich getrennt, auf. So erhält man die Kohlenwasserstoffe Benzol C_6H_6 , Naphthalin $C_{10}H_8$, Anthracenöl und Anthracen $C_{14}H_{10}$, ferner Karbolsäure $C_6H_5(OH)$, Kreosotöl, Karbolineum und Pech. Die Hauptanwendung finden diese Produkte zur Synthese von Farbstoffen und Heilmitteln. Das Benzol ist eine farblose oder schwach gelbliche Flüssigkeit, die zum Lösen von Harzen und Fetten dient, sowie als billiger Ersatz für Benzin, einem aus dem Auslande stammendes Erdöl- produkt zum Betrieb von Kraftwagenmotoren (wichtig für den Kriegs-

¹⁾ Gewisse Teerdestillate dienen zur Durchtränkung des Bodens von Auto- mobilstraßen, zur Beseitigung der Staubplage.

fall). Karbolineum und Kreosotöl finden zur Holzimprägnierung (Schutz gegen Fäulnis) Verwendung. Das Pech dient als Rostschutzmittel und zur Dachpappenfabrikation.

Der Koks selbst wird, sofern er Nebenprodukt der Leuchtgasfabrikation ist (dieser sogenannte Gaskoks ist weniger fest als der in den

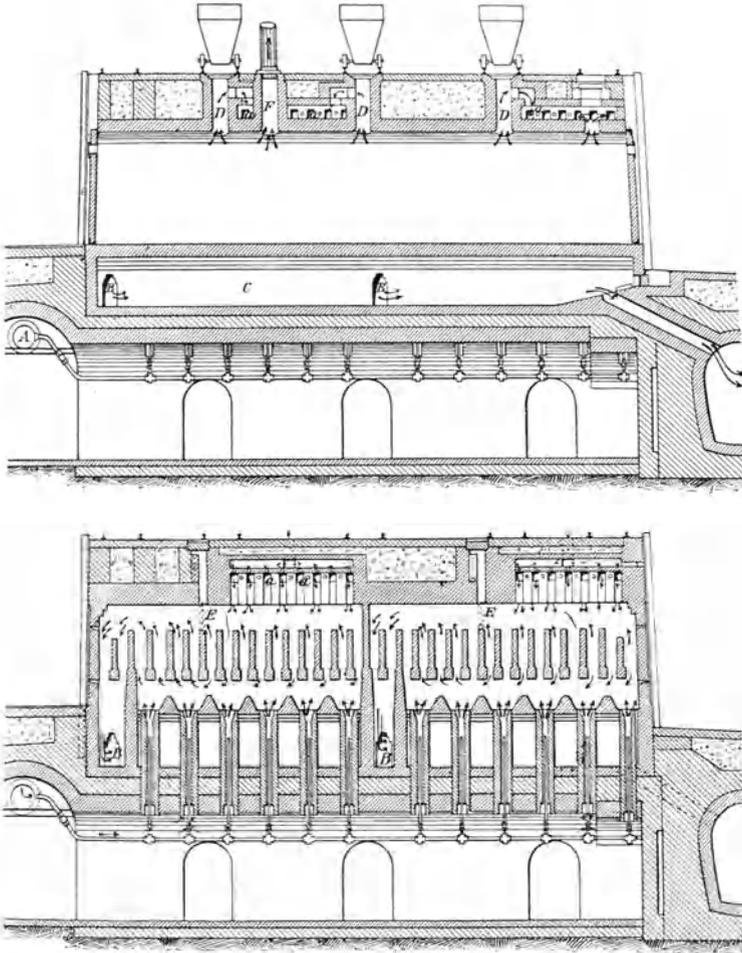


Fig. 35 und 36. Koksofen. (Aus Schmitz, Flüssige Brennstoffe.)

Kokereien gewonnene Hüttenkoks), zu Zentralheizungen verwendet. Der Hüttenkoks wird in metallurgischen Betrieben fast ausschließlich, statt der Steinkohle gebraucht, weil er, im Gegensatz zu dieser, sehr fest, porös und schwefelfrei ist und beim Erhitzen nicht backt.

Der ganz entsprechend (Schwefelprozeß) erhaltene Braunkohlenkoks, Grude genannt, ist weniger fest und dient vorwiegend zur Heizung; als

Nebenprodukt entsteht hierbei der Braunkohlenteer, aus dem Paraffin (Kerzenmaterial), Paraffinöl (vgl. Ölgasfabrikation) und Salaröl (Braunkohlenbenzin) gewonnen werden.

2. Die Holzkohle.

Vor Einführung des Kokes wurde in der Hüttenindustrie nur Holzkohle verwendet, was eine äußerst wenig wirtschaftliche Ausnutzung unserer Waldbestände zur Folge hatte. Die Holzkohle wurde in Meilern erzeugt (Fig. 37). Die vertikal aufgebauten Holzscheite wurden mit Erde abgedeckt, in der Mitte erfolgte im Schacht die Entzündung. Die Holzkohle entstand dann nach dem Prinzip der trockenen Destillation. Nebenprodukte wurden hierbei nicht abgeschieden. Heute erfolgt die Holzkohledarstellung hauptsächlich zum Zwecke der Gewinnung der Nebenprodukte. Das Holz wird in Eisenretorten erhitzt. Die Holzkohle findet, außer zum Schmieden und Löten, auch zum Filtrieren von Flüssigkeiten (neben Grude und Knochenkohle) Verwendung. — Außer gasförmigen Nebenprodukten erhält man den Methylalkohol oder Holzgeist $\text{CH}_3(\text{OH})$, ein giftiges Produkt, das zum Lösen von Lacken und Farben dient, sowie zur Gewinnung des Desinfektions-

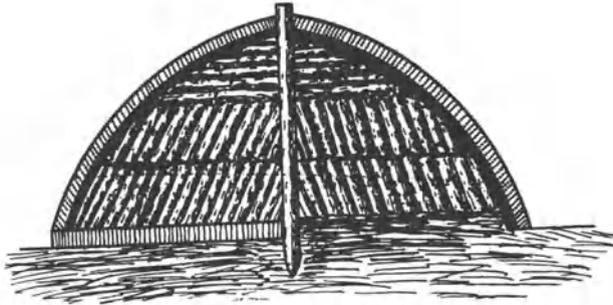


Fig. 37. Holzkohlenmeiler.

mittels „Formalin“ oder Formaldehyd, das durch Oxydation des Methylalkohols entsteht. Formaldehyd ist auch ein kräftiges Reduktionsmittel. — Weitere Holzdestillationsprodukte sind Holzessig oder Essigsäure $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ (vgl. S. 65), dann Kreosot (desinfizierende Flüssigkeit) und das Schiffspech. Letzteres dient zum Kalfatern, d. h. zum Dichten der mit Werg ausgestopften Nähte zwischen den Schiffsplanken. — Das Faß- oder Brauerpech entsteht beim Erhitzen des Fichtenharzes.

C. Flüssige Brennstoffe.

1. Erdölprodukte.

Das Erdöl, wahrscheinlich das Verwesungsprodukt der Überreste von Seetieren, besteht vorwiegend aus Kohlenwasserstoffen. Es findet

sich in Pennsylvanien und Ohio, ferner in Kaukasien (Baku am Kaspischen Meer), in Rumänien, Galizien, Lüneburger Heide und im Elsaß.

Aus den angebohrten Quellen tritt das Erdöl springbrunnenartig zutage und wird in gemauerten Behältern aufgefangen und von dort aus durch Röhrenleitungen den Raffinerien zugeführt. Dasselbst erfolgt die Zerlegung des Erdöls in seine einzelnen stofflichen Bestandteile durch fraktionierte Destillation. — Von den so erhaltenen Erdöldestillaten haben folgende ein technisches Interesse:

a) Gasolin oder Petroläther, eine stark lichtbrechende und feuergefährliche Flüssigkeit, wird zur Wollentfettung gebraucht, ferner für transportable Laternen (bei Erdarbeiten), zur Herstellung von Luftgas usw.

b) Benzin (nicht mit Benzol zu verwechseln), ein Gemisch der Kohlenwasserstoffe Hexan C_6H_{14} und Heptan C_7H_{16} , ist eine im reinen Zustand farblose Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht 0,66—0,75, leicht entzündlich, Siedepunkt ca. 80° . Als Brennstoff findet es für den Motorbetrieb Verwendung, für die Lötlampe und die Bergmannslampe. Wegen seines außerordentlich guten Lösungsvermögens für Fette und Harze wird es in der chemischen Wäscherei gebraucht, dann zum Reinigen verharzter Lager, zum Entfetten¹⁾ von Maschinenteilen, die vernickelt werden sollen, und zum Lösen des Gummis, sowie in der Firnis- und Fettindustrie. Wegen der außerordentlichen Feuergefährlichkeit erfordert das Arbeiten mit Benzin größter Vorsicht.

c) Petroleum. Das gewonnene Rohpetroleum wird erst von gewissen, noch darin befindlichen, leicht entzündlichen Verunreinigungen durch Schwefelsäure und nachheriger Neutralisation mit Natronlauge gereinigt.

Die Hauptanwendung findet das Petroleum als Leuchtöl. (Der Docht saugt das Petroleum in den Brenner.) Der Flammpunkt des Petroleums muß möglichst hoch liegen. Außerdem dient das Petroleum zum Motorbetrieb, ferner als Putzmittel für Metalle und zur Entfernung des Rostes von Eisenteilen. Zu letzterem Zwecke werden die Stücke mit Petroleum begossen und dieses entzündet, wodurch eine Auflockerung und infolgedessen eine leichte Loslösung des Rostes bewirkt wird.

d) Vaseline dient, außer zu medizinischen Zwecken, zum Schmieren feiner Lager und zum Rostschutz für blanke Metallteile.

e) Die Schmieröle werden nach der Verwendungsart als Spindel-, Maschinen- und Zylinderöl unterschieden, ihre spezifischen Gewichte sollen entsprechend 0,9—0,925 betragen. — An ihre technischen Eigenschaften sind folgende Ansprüche zu stellen:

1. möglichst tief liegender Erstarrungspunkt, damit die Öle auch bei strenger Winterkälte flüssig bleiben (sogenannte Winteröle);
2. möglichst hoch liegender Flammpunkt zur Vermeidung der Entzündungsgefahr bei der Erwärmung. Als untere Grenze gilt für Maschinenöl 200° und für Zylinderöl 300° ;

¹⁾ Entfernung mineralischer Fette (vgl. S. 50).

3. möglichst große Zähflüssigkeit (Viskosität), damit ein Ausfließen aus den Lagern und damit ein Heißlaufen derselben verhindert wird;
4. völlige Freiheit von Harz (Harzsäuren), welches die Maschinenteile stofflich verändert.

Das russische Erdöl enthält mehr Schmieröl als das amerikanische, dieses wiederum mehr Paraffin als das russische.

f) Masut und Naphtha finden sowohl zum Motorbetrieb als auch zur Kesselheizung Verwendung. Namentlich für die Schiffskesselheizung (Einblasen durch Düsen) sind diese Produkte geeignet, wegen der bequemen Verbunkerung, dem hohen Heizwert und dem Fortfall der Schlackenbildung.

g) Gudron findet die gleiche Verwendung wie der Asphalt. Letzterer ist ein Gemisch gewisser verharzter Kohlenwasserstoffe (Hauptvorkommen auf Trinidad). Die Asphaltsteine bestehen aus Kalkstein mit Asphalt gemischt. Sie finden sich in Hannover und in der Schweiz.

Stampfasphalt wird hergestellt, indem man gemahlenes Asphaltsteinpulver auf einer Betonunterlage heiß aufwalzt oder aufstampft. Gußasphalt ist ein geschmolzenes Gemisch von Asphalt und Asphaltsteinen, das auf die zu bedeckende Fläche warm aufgetragen wird. — Stampfasphalt hat größere Festigkeit als Gußasphalt.

Asphalt ist für Wasser so gut wie undurchdringlich (wasserdichtes Mauerwerk, Dachpappe). Asphaltbeton ist elastisch, weswegen man ihn zu schalldämpfenden Maschinenfundamenten gebraucht. Außerdem findet Asphalt zum Rostschutz und in Terpentin gelöst, als Asphaltlack zu photochemischen Zwecken Verwendung.

2. Der Spiritus.

Spiritus oder Weingeist ist verdünnter Alkohol (Äthylalkohol $C_2H_5(OH)$). Dieser entsteht neben Kohlendioxyd bei der Gärung von Stoffen, die Zucker oder Stärkemehl enthalten. (Stärkemehl wird durch gewisse Prozesse in Zucker verwandelt.) Das Hauptausgangsmaterial zur Alkoholgewinnung (Spiritusbrennerei) sind Kartoffeln. Der erhaltene Rohspiritus wird durch Filtration über Knochenkohle von dem verunreinigenden Fuselöl (Amylalkohol $C_5H_{11}(OH)$) befreit und durch einen besonderen Destillationsprozeß konzentriert.

Reiner Alkohol ist eine farblose Flüssigkeit von charakteristischem Geruch. Spezifisches Gewicht 0,8, Siedepunkt 79° . Der Alkohol ist im Bier zu 4 % enthalten, im Wein zu 10 % und im Branntwein zu 50 %. Da der Alkohol nur zu Genußzwecken einer Steuer unterworfen ist, so muß er zu gewerblichen Anwendungen ungenießbar gemacht werden, durch Zusatz einer widerlich riechenden und schmeckenden, aber ungiftigen Substanz, wie z. B. Pyridin, ein Teerprodukt. — Die wichtigsten gewerblichen Anwendungen des Spiritus sind folgende:

a) als Brennstoff und zum Motorbetrieb,
 b) zum Lösen von Farbstoffen und Lacken,
 c) zur Darstellung der Essigsäure. Dieselbe entsteht bei der weiteren Gärung des Alkohols (Weingärung), wobei eine Oxydation eintritt. Die so erhaltene Essigsäure $C_2H_4O_2$ wird auch Weinessig genannt, im Gegensatz zu dem bei der Holzdestillation gewonnenen, aber chemisch damit identischen Holzeßig. — Die verdünnte Essigsäure wird Essig genannt, die konzentriertere bezeichnet man als Essigessenz (farblose Flüssigkeiten). Die ganz wasserfreie Essigsäure, die unter 16° eine eifartige, farblose Masse bildet, nennen wir Eisessig. — Von den essigsäuren Salzen, den Acetaten, sind folgende besonders wichtig:

Bleiacetat oder Bleizucker $Pb(C_2H_3O_2)_2 + 3 H_2O$ und Aluminiumacetat oder essigsäure Tonerde $Al(C_2H_3O_2)_3$, die beide zum Wasserdichtmachen von Geweben dienen. Besonders giftig ist das basisch essigsäure Kupfer ¹⁾ oder Grünspan $Cu(OH)(C_2H_3O_2)$. Dieses Produkt entsteht leicht, wenn Speisen in unverzinnnten oder schlecht verzinnnten Kupfergefäßen aufbewahrt werden (Vorsicht!). Grünspan mit Arsenik gekocht gibt Schweinfurter Grün, einen sehr giftigen Farbstoff. Durch Vereinigung der Essigsäure mit Amylalkohol entsteht das Amylaacetat, eine farblose Flüssigkeit, die als Brennstoff für die Normallampen zur Photometrie (vgl. S. 79) und zum Auflösen von Schießbaumwolle (Bildung von Zaponlack) gebraucht wird.

d) Zur Darstellung des Äthers, fälschlich auch Schwefeläther genannt, $C_4H_{10}O$, durch Einwirkung von Schwefelsäure auf Alkohol. Äther ist eine farblose, bei 35° siedende Flüssigkeit, leicht entzündlich, die ein großes Lösungsvermögen für andere Stoffe besitzt (Schießbaumwolle). Der Äther zeigt die Neigung, leicht zu verdunsten, wobei er eine bedeutende Temperaturenniedrigung bewirkt.

D. Luftförmige Brennstoffe.

1. Leuchtgas.

Sehen wir von den in den Erdöldistrikten vereinzelt auftretenden Naturgasvorkommnissen (Pittsburg) ab, so finden sich in der Natur keine luftförmigen Brennstoffe. — Von den künstlichen ist das Leuchtgas am bekanntesten und gebräuchlichsten. Es hat im Mittel folgende Zusammensetzung:

Methan	40%,
Wasserstoff	40%,
Kohlenoxyd	10%,
Kohlendioxyd.	5%,
Andere Kohlenwasserstoffe . .	5%.

¹⁾ Neutrales Kupferacetat wird zur elektrolytischen Verkupferung gebraucht.
 Jakobi, Technische Chemie für Maschinenbauschulen. 5

Das spezifische Gewicht beträgt 0,41; für die Zwecke der Luftschiffahrt stellt man nach Oechelhäusers Vorschlag jetzt sogenanntes „Leichtgas“ her, das bei einem spezifischen Gewicht von nur 0,225 einen Auftrieb von rund 1 kg pro Kubikmeter Gas ermöglicht.

Zur Leuchtgasfabrikation werden fette Steinkohlen in Schamottretorten (Fig. 38) unter Luftabschluß erhitzt, von denen 5–9 in einem

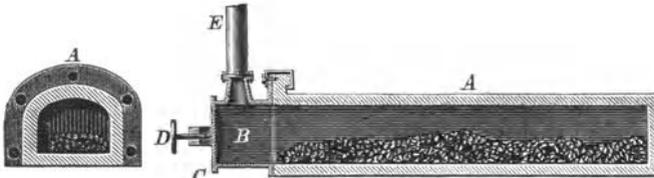


Fig. 38. Leuchtgasretorte.

Ofen liegen (Fig. 39). Jede Retorte *A* ist an ihrem vorderen hervorragenden Ende mit einem kurzen, eisernen, vorn durch Exzenter oder Schraube *D* luftdicht verschließbaren Mundstück *B* armiert, von dem ein Eisenrohr *E* nach oben geht. Diese sämtlichen Abzugsröhren sind

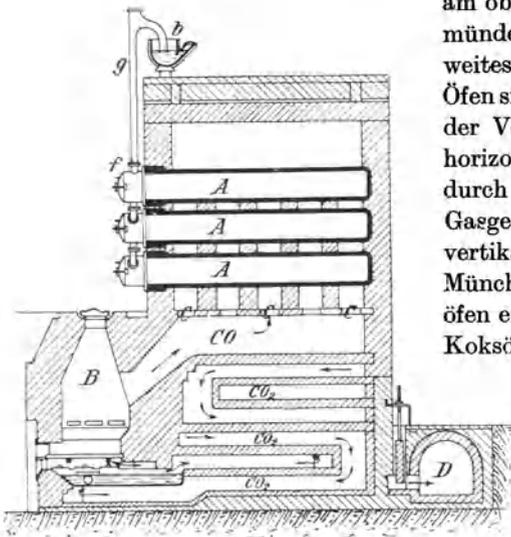


Fig. 39. Retortenofen.

am oberen Ende umgebogen und münden luftdicht in ein ziemlich weites, über die ganze Reihe der Öfen sich hinziehendes Eisenrohr *b* der Vorlage oder Hydraulik. Die horizontalen Retorten sind jetzt durch die Deutsche Continentale Gasgesellschaft in Dessau durch vertikale ersetzt worden. In München hat man die Kammeröfen eingeführt, die nach Art der Koksöfen, statt der Retorten, schmale hohe Kammern enthalten.

In den Retorten werden die Steinkohlen derartig zersetzt, daß Koks und Graphit in den Retorten zurückbleiben, während ein Gemisch

von Leuchtgas und Teer in die Hydraulik entweicht. Der Gaskoks findet bei Zentralheizungen Verwendung, der Retortengraphit zur Fabrikation von Bogenlampenstiften und für galvanische Elemente. — In der Hydraulik, die zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist, setzt sich der Teer schon teilweise ab, als schwarze, zähflüssige Masse. Zur weiteren Teerabscheidung gelangt das Gas in die Kondensatoren (Fig. 40), in welchen

es an einem System vertikaler Rohre, durch die Wasser fließt, vorbeiströmt und dadurch gekühlt wird, was eine weitere Abscheidung des Teeres zur Folge hat, der sich in besonderen, am Boden befindlichen

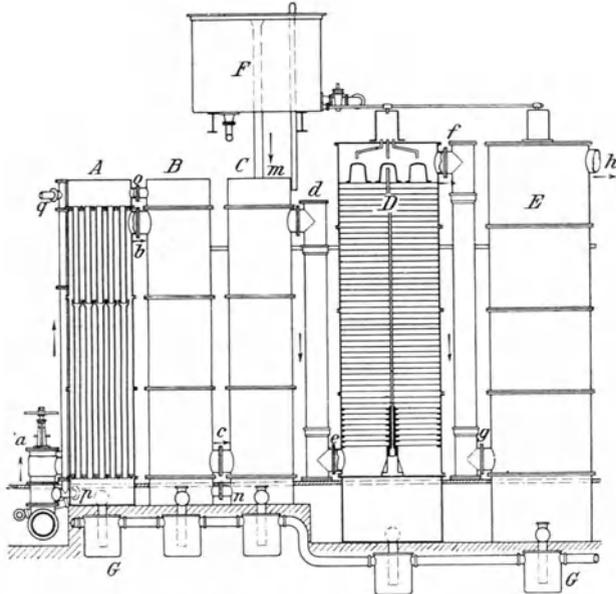


Fig. 40. Kondensatorenanlage.

Behältern sammelt. Dann folgt der Skrubber (Fig. 41), ein liegender Zylinder von mehreren Metern Durchmesser, bis zur Hälfte mit Wasser

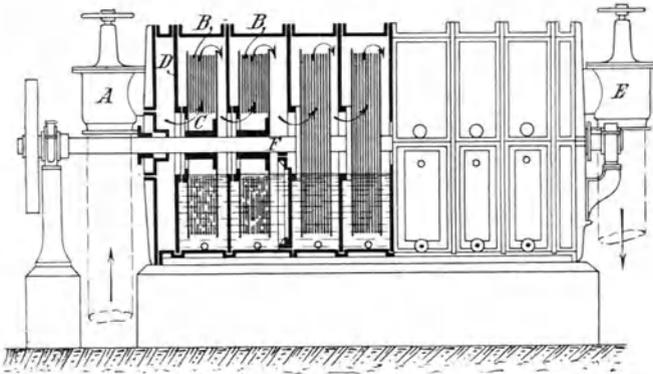


Fig. 41. Skrubber.

gefüllt; das mehrfach durchbrochene Flügelrad *F* bewirkt eine innige Mischung von Leuchtgas und Wasser, wodurch das Ammoniak vollständig ausgewaschen wird. Nunmehr wird das Gas mittelst Exhaustors

in die Entschwefelungskästen (Fig. 42) gesaugt. In diesen hydraulisch verschlossenen Behältern wird der Schwefelwasserstoff durch Raseneisenerz $\text{Fe}(\text{OH})_3$ gebunden. Die vollständige Entfernung des Schwefelwasserstoffs ist u. a. aus dem Grunde notwendig, weil er mit dem Leuchtgas verbrennend Schwefeldioxyd entwickeln würde (Luftverschlechterung). Die Bindung des Schwefelwasserstoffs erfolgt unter Bildung von Eisensulfid FeS . Läßt man die längere Zeit gebrauchte Masse an der Luft liegen, so wird sie regeneriert, d. h. es bildet sich wieder $\text{Fe}(\text{OH})_3$ nach der Gleichung:



Die Masse kann auf diese Weise immer wieder aufs neue benutzt werden, bis sie ca. 50% Schwefel enthält. Dann wird sie in chemischen Fabriken auf Blutlaugensalz und Cyanverbindungen verarbeitet.

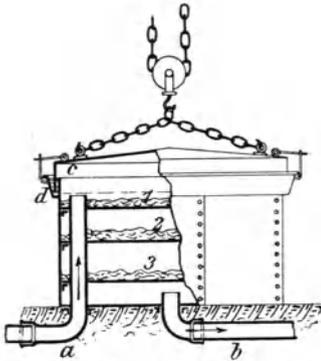
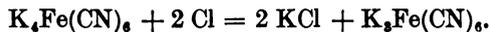


Fig. 42. Entschwefelungskästen.

Zu diesem Zwecke werden aus der Gasreinigungsmasse erst die Ammoniumsalze ausgelaugt, dann erhitzt man mit gelöschtem Kalk und erhält das Ferrocyancalcium, das mit Kaliumchlorid in Ferrocyankalium, gelbes Blutlaugensalz $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 + 3 \text{H}_2\text{O}$ übergeführt wird. Letzteres (zum Härten des Schmiedeeisens gebraucht) bildet hellgelbe, wasserlösliche Kristalle. Vereinigt man deren Lösung mit Ferrisalzen, z. B. mit Ferrichlorid FeCl_3 , so entsteht ein blauer

Niederschlag von Ferriferrocyanid $\text{Fe}_7(\text{CN})_{18}$, als Farbstoff „Berlinerblau“ genannt.

Läßt man Chlor auf das gelbe Blutlaugensalz einwirken, so entsteht Ferricyanalkalium, rotes Blutlaugensalz $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$:



Letzteres bildet rote Kristalle, deren wässrige Lösung mit Ferrisalzen einen dem Berlinerblau ähnlichen blauen Niederschlag von Ferriferrocyanid, von sogenanntem „Turnbullblau“ gibt. — Setzt man dagegen ein Ferrisalz zum roten Blutlaugensalz, so entsteht zunächst kein Farbstoff, sondern erst, wenn durch das Licht (Sonne, Bogenlampe) das Ferri- in das Ferrosalz übergegangen ist. Hierauf beruht das im Konstruktionsbureau übliche Blaupausverfahren; das lichtempfindliche Papier ist mit rotem Blutlaugensalz und Ammoniumferricitrat (Salz der Zitronensäure) getränkt. — Schmilzt man das gelbe Blutlaugensalz mit Pottasche, so entsteht das Kaliumcyanid oder Cyankalium KCN , ein weißes, wasserlösliches, sehr giftiges Produkt. Dasselbe löst Gold und Silber auf und bildet mit ihnen Doppelsalze, wie $\text{Au}(\text{CN})_2 + \text{KCN}$

Kaliumgoldcyanid und $\text{Ag}(\text{CN}) + \text{KCN}$ Kaliumsilbercyanid ¹⁾. Hierauf beruht die Anwendung des Cyankaliums zur Gewinnung der genannten beiden Metalle. — Das Cyankalium hat ferner reduzierende Eigenschaften, es vereinigt sich mit Sauerstoff zu cyansaurem Kalium KCNO , wovon man bei der Metallveredelung Anwendung macht. — Cyankalium mit einer Säure zersetzt bildet Cyanwasserstoff oder Blausäure HCN , ein sehr starkes Gift.

Das in den Entschwefelungsapparaten gereinigte Leuchtgas gelangt nun in den Gasbehälter, der durch eine eiserne Glocke hydraulisch geschlossen ist (Fig. 43). Das einströmende Gas hebt die Glocke, die halb mit Wasser gefüllt ist. Dann folgt die Gasuhr (Gasometer), Fig 44. Um die horizontale Welle leicht drehbar sind innen vier hohle Zylinderquadranten angeordnet. Das Gas strömt durch das Rohr *g* aus der Mitte des Apparates in je einen

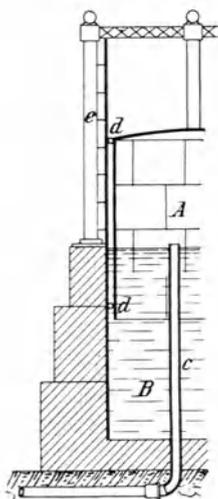


Fig. 43. Gasbehälter.

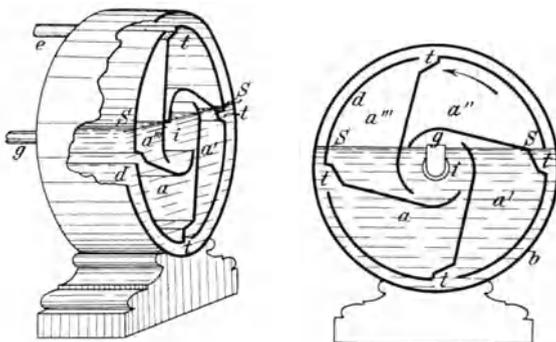


Fig. 44. Gasuhr.

der Quadranten, füllt ihn allmählich und treibt dabei durch seinen Druck die leicht bewegliche Welle um; ist ein Quadrant ganz aus dem Wasser gehoben, so entleert er sich in das Abzugsrohr *e*, während der nächste schon in der Füllung begriffen ist. Aus der am Zählwerk sichtbar gemachten Zahl der Umdrehungen läßt sich die verbrauchte Gasmenge erkennen.

Entsprechend eingerichtete kleinere Gasuhren befinden sich in den Häusern, in denen Gas gebraucht wird. — Der Verlust in den Gasleitungen beträgt ca. 5% ²⁾.

Der Druckregler ist ein Ventil, das bei Überdruck in der Leitung

¹⁾ Gebräuchlicher ist in der Hüttentechnik das billigere Natriumcyanid NaCN , das gasz. entsprechend entsteht.

²⁾ Während des Reinigungsprozesses wird das Gas noch zwecks Entfernung des Naphthalins mit Anthracenöl gewaschen, weil das Naphthalin leicht die Leitungen verstopft. — Das erwähnte Leuchtgas erhält man aus dem gewöhnlichen Gas durch Durchleiten durch erhitzte Rohre, wobei die schweren Kohlenwasserstoffe durch Zersetzung in leichtere verwandelt werden.

die Zuströmungsöffnung mehr abschließt, im Falle von Unterdruck dagegen weiter öffnet. Hierdurch werden die Druckschwankungen vermieden, was ruhiges Brennen der Gaslampen zur Folge hat.

In neuester Zeit wird auch bei uns die Errichtung von Überlandgaszentralen nach Chikagoer Muster angestrebt, d. h. die Gaserzeugung unmittelbar an der Zeche mit entsprechender Fernleitung durch Rohre. Die Stadt Barmen erhält so Koksofengas von der Gewerkschaft „Deutscher Kaiser“ in Mülheim a. d. Ruhr.

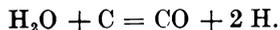
Aus 100 kg Steinkohle entstehen 30 cbm Gas, entsprechend pro Kubikmeter/Stunde gleich 2000 Lichtstärken bzw. 2 P.S. bzw. 5200 W.E.

Zu Beleuchtungszwecken benutzt man heute fast ausschließlich das Gasglühlicht, bei welchem durch einen Bunsenbrenner eine Aschege Rippe von 99% Thorium- und 1% Ceroxyd (verhältnismäßig seltene Oxyde) zur Weißglut erhitzt wird. Man erhält dasselbe, indem man ein schlauchartiges Gewebe mit den Salzen dieser Oxyde tränkt, über einen Dorn trocknet und verascht.

Bemerkenswert ist, daß Thoriumoxyd allein, ohne den Zusatz von Ceroxyd. überhaupt nicht leuchtet. Man hat übrigens besondere Starklichtlampen, z. B. das Pharos- und das Milleniumlicht konstruiert, in denen das Gas, statt mit $\frac{1}{160}$ Atm., mit $\frac{1}{7}$ Atm. Überdruck zugeführt wird. — Auch Spiritus- und Petroleumglühlichtlampen sind erfolgreich versucht worden, bei denen die genannten Brennstoffe im gasförmigen Zustand mit Luft gemischt, in einem Bunsenbrenner verbrannt werden und einen Glühstrumpf zum Glühen bringen. — In neuester Zeit hat sich auch das „hängende Gasglühlicht“ eingeführt, bei dem der Strumpf an dem nach unten gerichteten Gasrohr hängt. Hierdurch wird das zuströmende Gas von den abziehenden Verbrennungsprodukten vorgewärmt, wodurch das direkt nach unten fallende Licht intensiver wird.

2. Das Wassergas.

Viele Gasanstalten setzen dem Leuchtgas noch Wassergas zu, ein Gemisch von Wasserstoff und Kohlenoxyd, das entsteht, wenn man Wasserdampf auf weißglühenden Koks einwirken läßt.



Zur Darstellung dient ein mit Schamottsteinen ausgefütteter Ofen, in dem der Koks erst durch das Gebläse heißgeblasen und dann durch den Wasserdampf wieder kaltgeblasen wird. Die Heiß- und Kalt-Blaseperioden wechseln innerhalb gewisser Zeiträume ständig. Will man das Wassergas allein zur Beleuchtung verwenden, so wird es karburiert, d. h. durch Petroleumrückstände geleitet, wodurch seine Leuchtkraft erhöht wird. Sonst dient das Wassergas als Brennstoff für Glas- und Stahlföfen, zum Schweißen und zum Motorbetrieb.

Schließlich hat man auch auf verschiedenen Wegen versucht, aus

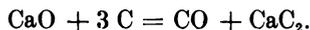
dem Wassergas reinen Wasserstoff für die Füllung von Motorballons darzustellen, durch Abscheidung des im Wassergase enthaltenen Kohlenoxyds. Am vollständigsten gelingt dies nach dem Verfahren von Linde-Frank-Caro durch Abkühlung des Wassergases auf -200° , bei welcher Temperatur das Kohlenoxyd vollständig abgeschieden wird.

3. Das Ölgas.

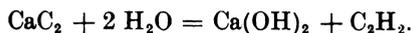
Das zur Eisenbahnwagenbeleuchtung benutzte Ölgas wird nach Pintsch hergestellt, indem man in Gußeisenretorten das Paraffinöl der trockenen Destillation unterwirft und die entstehenden Gase, ähnlich wie bei der Leuchtgasfabrikation beschrieben, durch eine Teervorlage, Kühler und Wäscher, zuletzt durch einen Reiniger mit Sägespänen und gelöschtem Kalk gehen läßt, dann zum Gasbehälter. — Aus 100 kg Paraffinöl entstehen 50 cbm Ölgas, dessen Leuchtkraft etwa das Dreibis Vierfache des Leuchtgases ist. Die gebräuchlichen Eisenbahnwagenlampen für 7 Hefner-Kerzen (vgl. S. 79) erfordern stündlich 22 l Gas. Zur Erhöhung des Lichteffektes hat man dem Ölgas 25% Acetylen zugesetzt (Mischgas). — Das Blaugas (Augsburg) ist verflüssigtes Ölgas. In neuerer Zeit hat sich sowohl das elektrische, als auch das hängende Gasglüh-Licht zur Eisenbahnwagenbeleuchtung eingeführt.

4. Das Acetylen.

Das Ausgangsmaterial zur AcetylenGewinnung ist das Calciumkarbid CaC_2 , das man aus gebranntem Kalk und Kohle im elektrischen Ofen erhält (350 Amp. und 10 Volt):



Calciumkarbid ist eine graue, steinartige Masse, die sich mit Wasser zu Acetylen C_2H_2 umsetzt:



In der Schweiz und in Schweden benutzt man die Energie der Gebirgswasserfälle (Turbine mit Dynamo) zur Karbiderzeugung.

Das Acetylen ist ein farbloses Gas von charakteristischem Geruch, das vielfach durch Phosphorwasserstoff verunreinigt ist. Letzteren bringt man durch Behandlung mit Chlorkalk zur Abscheidung (Phosphorsäurebildung), zwecks Verminderung der Explosionsgefahr. Das Acetylen selbst explodiert aber leicht, besonders im komprimierten oder flüssigen Zustand, ferner in Berührung mit Kupfer und Silber (Bildung von explosivem Kupfer- und Silberkarbid), dann besonders leicht im Gemisch mit Luft. Wie aus nachfolgender Tabelle (vgl. H ü t t e, Ingenieur Taschenbuch) ersichtlich, ist Acetylen mit in den weitesten Grenzen mit Luft gemischt, explosiv.

Explosionsgrenzen (in Volumprozenten) der Gemische brennbarer Gase und Dämpfe mit Luft.

Stoff	Obere Grenze	Untere Grenze
Kohlenoxyd	16,4 %	75,1 %
Wasserstoff	9,4 %	66,5 %
Wassergas	12,3 %	66,9 %
Acetylen	3,2 %	52,4 %
Leuchtgas	7,8 %	19,2 %
Methan (Grubengas)	6 %	13,9 %
Benzol	2,6 %	6,7 %
Benzin	2,3 %	2,5 %
Luftgas	2,5 %	4,8 %

Das Acetylen findet folgende Anwendungen:

a) Zur Beleuchtung. Es wird zu diesem Zwecke im Apparate von Pintsch erzeugt (Fig. 45). Das Karbid wird durch das seitliche Rohr *A* in den Entwickler eingeführt und das entstehende, aus dem Wasser entweichende Gas sammelt sich in *C* und wird bei *B* abgeleitet. Das in Wasser tauchende Rohr *D* dient zum Druckausgleich. Damit das Acetylen nicht mit rußender, sondern mit der charakteristischen weißen Flamme brennt, deren Helligkeit dem elektrischen Bogenlicht nahe kommt, benutzt man einen besonderen Brenner, in dem zwei Gasstrahlen gegeneinander strömen. Das Hauptanwendungsgebiet ist für Automobil- und Fahrradlaternen, Scheinwerfer zur optischen Signalgebung, Leuchtbojen und zur Beleuchtung einzelner weit abgelegener Gebäude. Zu letzterem Zwecke darf die Acetylenherzeugung wegen

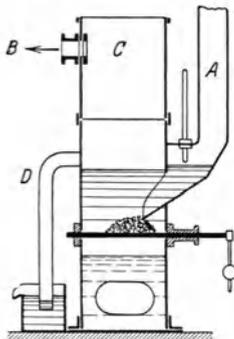


Fig. 45. Acetylenentwickler.

der Explosionsgefahr nicht im Hause selbst, sondern nur in einem abseits gelegenen Schuppen erfolgen; ferner muß jede Berührung des Acetylen mit Kupferteilen vermieden werden. Ein anderer Acetylenapparat ist S. 149, Fig. 100 beschrieben.

b) Zum Motorbetrieb.

c) Zum autogenen Schweißen (vgl. S. 143).

d) Zur Wasserstoffdarstellung nach dem Verfahren der Carboniumwerke in Offenbach, ausgeführt in Friedrichshafen zur Versorgung der dortigen Zeppelinwerft. Das gut gereinigte Acetylen wird in Zylindern aus besonders hartem Stahl auf 5 Atm. komprimiert. Dann läßt man den elektrischen Funken durchschlagen, wodurch das Acetylen in seine Bestandteile zerfällt, nämlich fast chemisch reinen, tief schwarzen Kohlenstoff und Wasserstoff von 98% Reinheit. Man drückt nun beide Stoffe zusammen durch eine Rohrleitung in einen Sammler, in dem der Kohlen-

stoff sich am Boden absetzt, während der Wasserstoff durch seidene Filtertücher gereinigt, nach dem Gasbehälter strömt, um dann in bekannter Weise in Stahlzylindern komprimiert zu werden. — Der feine Kohlenstoff findet im Kunstdruck Verwendung. Dieses Verfahren der Wasserstoffdarstellung setzt natürlich voraus, daß das Acetylen luftfrei ist.

Eine wichtige Anwendung des Calciumkarbids ist auch zur Darstellung des als Kalkstickstoff bezeichneten Düngemittels durch Vereinigung mit Stickstoff.

5. Das Generatorgas.

Das Generatorgas entsteht (im Generator) bei der unvollständigen Verbrennung von Koks auf einem Treppenrost (Fig. 46). Es enthält 25% Kohlenoxyd, etwas Wasserstoff und Kohlenwasserstoff sowie ca. 65 unverbrennbare Bestandteile.

Die Feuerungsanlagen für das Generatorgas, die Regeneratoren von Siemens (Fig. 47) bestehen aus den vier Kammern c , c_1 , e , e_1 , die mit feuerfesten Steinen derartig ausgemauert sind, daß zwischen diesen Luftzüge frei bleiben. Daß zwischen diesen Luftzüge frei bleiben. Durch Rohr a tritt die Luft

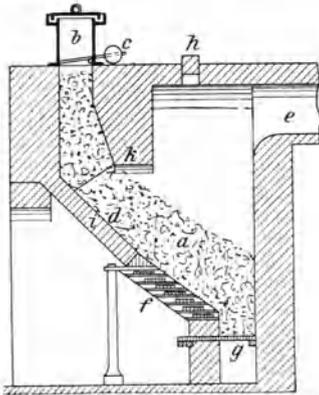


Fig. 46. Generator.

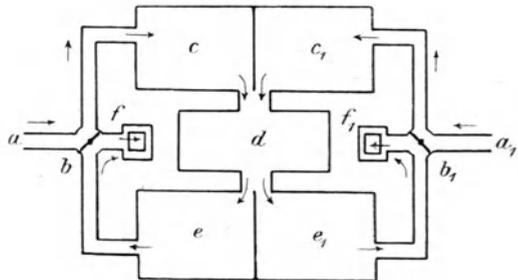


Fig. 47. Regenerator.

in c , das Gas durch a_1 in c_1 ein; ihre Flamme streicht über Herd d , und die Verbrennungsgase entweichen durch die Kammern e und e_1 , die dadurch allmählich zum Glühen kommen, in den Schornstein f bzw. f_1 . Sind die Kammern e und e_1 genügend erhitzt, so stellt man die Klappen b und b_1 um, so daß jetzt die Zuströmung von Luft und Generatorgas durch e und e_1 erfolgt, der Abzug der Verbrennungsgase durch c und c_1 . Durch diese Vorwärmung von Luft und Generatorgas an den erhitzten Kammerwänden wird der Heizeffekt gesteigert. Die Umstellung der Klappen b und b_1 muß natürlich häufig erfolgen.

Das Generatorgas findet zum Heizen der Öfen für die Leuchtgasfabrikation Verwendung, für Glas- und Stahlföfen, sowie zum Motorbetrieb. — Man bezeichnet es hierbei als Druckgas, wenn es vom

Generator in den Motor gedrückt wird und als Sauggas, wenn es vom Motor angesaugt wird.

Die Sauggasanlage (Fig. 48) der Deutzer Gasmotorenfabrik in Cöln-Deutz besteht im wesentlichen aus dem Generator *A* und dem Skrubber *E*. Je nach dem Brennstoffe können noch weitere Reinigungsapparate hinzukommen, wie beispielsweise ein Kondensator *F* und Schlußreiniger *t*. Zwischen beiden liegt der stets erforderliche Druckausgleich — oder Gaskessel *H*.

Der Generator besteht aus einem niedrigen, allseitig geschlossenen Schachtofen *A*, auf dessen Rost eine hohe Kohlschicht liegt. Die Decke des oben erweiterten Schachtes wird durch einen gußeisernen Kasten *B* gebildet, dessen äußere Form sich dem Generatormantel anschließt, dessen gefalteter Innenraum zum Teil mit Wasser gefüllt ist und als Verdampfer dient, während die Mitte eine Fortsetzung des ausgemauerten Kohlschachtes bildet. Über der inneren Durchbrechung der Verdampferschale ist ein Kohlenaufnehmer *C* gestellt und auf diesen ein Doppelverschluß *C'*, so daß beim Einfüllen frischer Kohlen niemals heiße Gase austreten und den Wärter belästigen können. Die Decke des Verdampfers hat zwei Öffnungen, von denen die eine *a* direkt ins Freie mündet und dem Zutritt der nötigen Luft dient. Diametral gegenüber schließt eine Leitung *v* an, deren Ausmündung unter dem Rost des Generators liegt. In diese Leitung ist ein Wechselventil *W* eingeschaltet und ein kleiner Ventilator *G* angeschlossen; im normalen Betrieb ist der Durchgang durch *v* frei und der Ventilator abgeschlossen, zum Anblasen wird das Wechselventil so umgestellt, daß die Leitung nach oben geschlossen ist und durch den Ventilator Luft unter den Rost geblasen werden kann.

Der Arbeitsgang der Sauggasanlage ist nun wie folgt: Es sei angenommen, daß die Anlage im Betrieb, d. h. der Skrubber *E*, die Rohrleitung mit Gas gefüllt und der Motor in vollem Gange ist. Bei jeder Saugperiode wird der Motor eine gewisse Menge Gas aus der Leitung absaugen und dadurch in derselben einen Unterdruck hervorrufen; dieser teilt sich erst dem Gastopf *H* und Wasserabscheider *F*, dann dem Skrubber *E*, danach dem Generator *A* und durch dessen Kohlschicht dem Aschenkasten *b* und schließlich durch das Verbindungsrohr *r* der Verdampferschale *B* mit. Infolgedessen tritt Luft von außen durch den Stutzen *a* in die Schale ein, streicht über den heißen Wasserspiegel, reichert sich hier infolge Verdunstung des Wassers mit Wasserdämpfen an und gelangt mit diesen beladen durch das Verbindungsrohr *r* in den Aschenkasten *b* und durch den Rost in die glühende Brennstoffsäule des Generators, wo Luft und Wasserdampf zusammen mit der Kohle in Kraftgas umgewandelt werden. Der Motor bereitet sich also stets nur so viel Gas, als seiner augenblicklichen Belastung entspricht. Das noch heiße Gas tritt dann durch das mit einem Dreiweghahn *D*

versehene Rohr *c* in den Skrubber, wo es ein mit Wasser berieseltes Koksfilter durchstreichen muß und dadurch gekühlt und gereinigt wird.

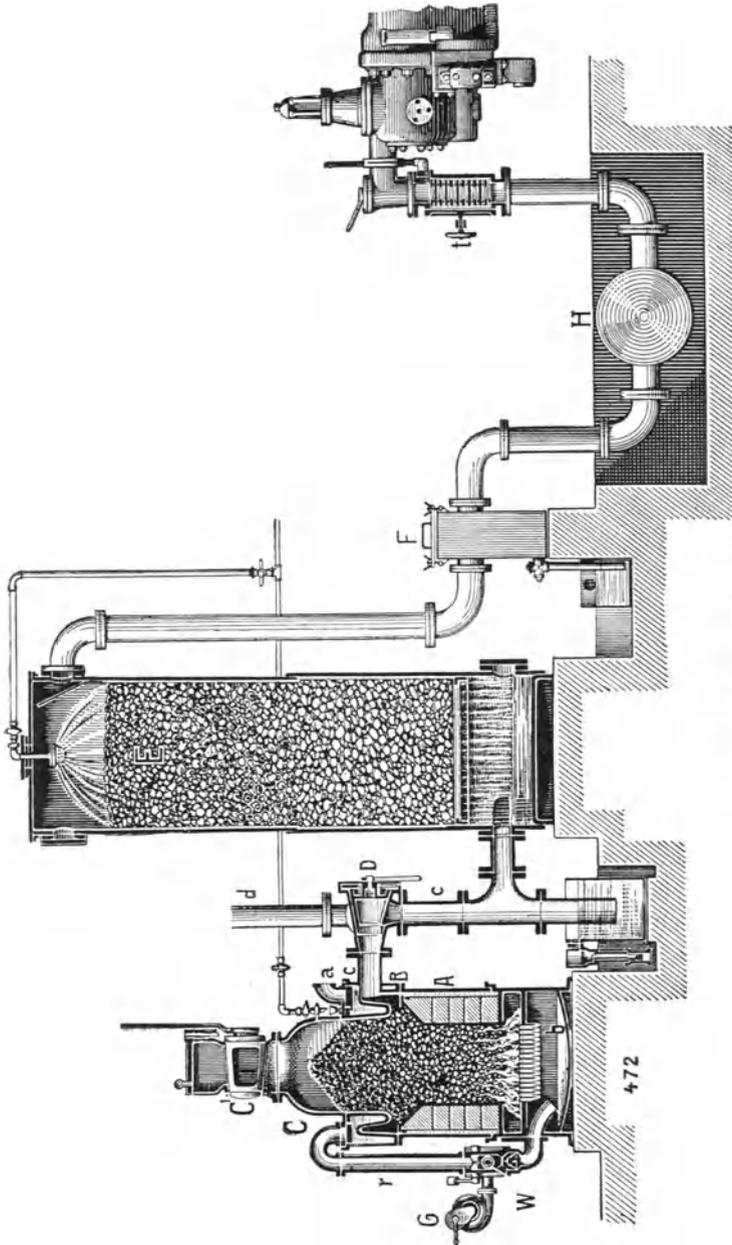


Fig. 48. Deutzer Sauggasanlage.

Vom Skrubber strömt das Gas durch den Kondensator *F* und den Gastopf *H* dem Motor zu. Kurz vor Eintritt in diesen passiert es noch

einen Schlußreiniger *t* (D.R.Pat.), so daß es praktisch rein in den Motor kommt.

Der Wasserspiegel in der Verdampferschale wird durch stetigen Zufluß und Überlauf auf gleichbleibender Höhe erhalten; das überlaufende Wasser tritt durch ein kleines Röhrchen in den Aschenkasten, wo es verdampft.

Während des Betriebes haben nun die einzelnen Teile die Stellung, wie sie in Fig. 48 gekennzeichnet sind. Die Wechselklappe *W*, die durch den beschwerten Umleghebel gestellt wird, hat die Luftleitung vom Ventilator *G* abgesperrt und die Verbindung mit der Verdampferschale durch Rohr *r* hergestellt. Der Dreiweghahn *D* steht so, daß die Verbindung zum Skrubber offen und die zur Kaminleitung *d* abgesperrt ist.

Will man die Anlage still setzen, so dreht man einfach den Dreiweghahn *D* herum, so daß die Verbindung mit dem Kamin hergestellt ist; gleichzeitig damit wird der Gaszufluß nach dem Skrubber abgesperrt. Die Kaminleitung verursacht einen natürlichen Luftzug durch den Generator, so daß die Kohlen, ähnlich wie bei einem Füllofen, in schwacher Glut erhalten werden können. Der Zug im Generator kann durch die Tür am Aschenraum reguliert werden.

Zum erneuten Ingangsetzen des Generators braucht man nur mittelst des Ventilators *G* das Feuer anzufachen. Zu diesem Zweck wird mit der Wechselklappe *W* die Zuleitung vom Ventilator geöffnet und die zum Verdampfer geschlossen. Die Abgase entweichen so, wie in der Periode des Stillstandes, durch die Kaminleitung *d*.

Nach einer Blasezeit von 5–10 Minuten ist die Temperatur im Innern des Generators wieder so hoch, daß der Betrieb von neuem begonnen werden kann. Es werden sämtliche Organe in die vorstehend beschriebene Betriebsstellung gebracht, worauf der Motor in Gang gesetzt werden kann. — Ähnlich dem Generatorgas ist das beim Eisenhochofenprozeß entstehende Gichtgas, das auch in ganz ähnlicher Weise verwendet wird.

Das ebenfalls zum Motorbetrieb benutzte Kraft- oder Dowsongas ist ein Gemisch von Generatorgas und Wassergas. Es wird, wie das letztere, dargestellt, nur mit dem Unterschiede, daß Dampf und Luft gleichzeitig eingeblasen werden.

6. Das Luftgas.

Unter Luftgas, wohl auch Benoidgas, Airogengas oder Pentairgas genannt, verstehen wir ein Gemisch brennbarer Dämpfe mit Luft. Namentlich wird der Petroläther dazu verwendet. Man benutzt das Gas zur Beleuchtung kleinerer Ortschaften.

E. Beurteilung der Brennstoffe.

Zur Beurteilung der Eigenschaften eines Brennstoffs ist die Kenntnis seines Heizwertes und der Zusammensetzung seiner Verbrennungsprodukte erforderlich, ferner bei solchen Stoffen, die zur Beleuchtung dienen, die Feststellung Leuchtkraft. Bei Kohlen prüft man außerdem noch die Koksausbeute und den Aschengehalt (vgl. S. 80). Nach Angabe der Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch, ist der absolute Heizwert von 1 kg Kohle, ausgedrückt in Wärmeeinheiten:

$$h = 8100 C + 29\,000 (H - \frac{1}{8} O) + 2500 S - 600 W.$$

C, H, O und S bedeuten hierin die betreffenden chemischen Elemente, W das hygroskopische Wasser des Brennstoffs (alle diese Angaben in Kilogramm). Meistens wird mit Hilfe des Kalorimeters der Heizwert experimentell bestimmt. Diese Untersuchungen beruhen darauf, daß man eine gewisse Menge des Stoffes verbrennt und die Verbrennungsgase zur Erwärmung eines gewogenen Quantums Wasser verwendet. Aus der Temperaturerhöhung des Wassers kann man dann leicht die Anzahl von Kalorien berechnen, die der Brennstoff abgegeben hat.

Mittlere Heizwerte der wichtigsten Brennstoffe (pro 1 kg).

a) Feste Brennstoffe.

Steinkohle	7 650 W.E.
Braunkohle	3 600 „
Torf	3 800 „
Holz	4 100 „
Koks	7 500 „
Holzkohle	6 900 „

b) Flüssige Brennstoffe.

Äther	8 900 W.E.
Alkohol	7 100 „
Benzol	10 000 „
Benzin	10 300 „
Petroleum	11 000 „
Masut.	10 500 „
Rüböl, Leinöl	9 300 „
Terpentin	10 850 „

c) Luftförmige Brennstoffe.

Wasserstoff	34 100 W.E.
Kohlenoxyd	3 100 „
Azetylen	12 000 „
Leuchtgas	9 960 „
Wassergas.	3 930 „

Generatorgas	1 180	„
Gichtgas	768	„
Luftgas	2 700	„

Zur Beurteilung des Heizungsprozesses ist es ferner auch wichtig, die Zusammensetzung der Verbrennungsprodukte quantitativ genau zu ermitteln, also deren Gehalt an Kohlendioxyd, Sauerstoff und Kohlenoxyd. Zur Bestimmung dient der Orsat-Apparat. (Ebenso wie die Heizwertbestimmung ausführlich behandelt in dem Werke Julius Brand, Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle, Berlin 1913.)

Der Orsat-Apparat besteht (Fig. 49) aus der Röhre (Bürette) A von 100 ccm Fassungsvermögen, die im unteren Teil, der von 0—40 ccm geht, verjüngt und hier in 0,2 ccm graduirt ist. A befindet sich in einem

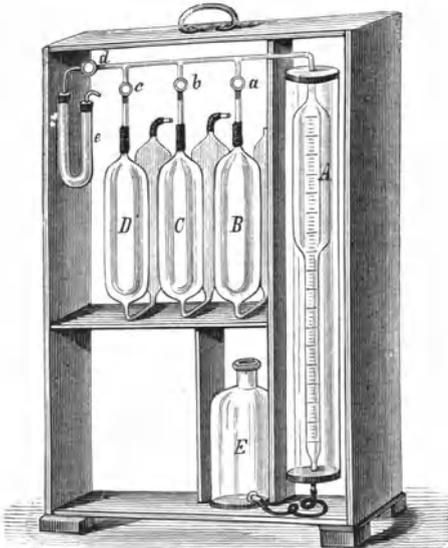


Fig. 49. Orsat-Apparat. (Aus Chemikerkalender.)

mit Wasser gefüllten Glaszylinder und ist unten durch einen Kautschukschlauch mit der Flasche E verbunden. B, C und D sind Absorptionsgefäße, die zur Vergrößerung der Oberfläche mit Glasröhren angefüllt sind. Jedes derselben kommuniziert unten mit einem gleich großen (dahinter befindlichen) Gefäße. Des weiteren sind a, b und c einfache Glashähne, d ein Dreiweghahn mit einer Längsbohrung. Das U-Röhrchen e ist mit Watte gefüllt, um das durchstreichende Gas von Staub zu befreien. Durch entsprechende Drehung von d kann e mit A oder die äußere Luft mit A oder mit e kommunizieren. B wird mit

200 ccm 50%iger Kalilauge zur Absorption des Kohlendioxyds gefüllt, C zur Absorption des Sauerstoffs mit pyrogallussaurem Kalium (entstanden aus 180 g KOH in 300 ccm Wasser und 12 g Pyrogallussäure in 50 ccm Wasser) und D zur Absorption des Kohlenoxyds mit ammoniakalischer Kupferchlorürlösung (entstanden aus einem Gemisch von je $\frac{1}{4}$ l gesättigter Salmiaklösung und starker Ammoniakflüssigkeit, das in einem Stöpselglase mit Kupferspänen geschüttelt wird).

Zur Ausführung der Untersuchung schließt man die Hähne a, b und c und bringt das Gefäß A mittelst des Dreiweghahns d mit der äußeren Luft in Verbindung. Durch Heben der Flasche E füllt man A

bis zur Marke mit Wasser, dann schließt man *d* gegen *A* ab, senkt *E* und öffnet *a*. Infolgedessen wird *B* mit seiner Absorptionsflüssigkeit gefüllt. Ebenso füllt man *C* und *D*.

Durch Drehung von *d* bringt man *e*, also auch den mit *e* verbundenen Raum, dem das Gas entnommen werden soll, mit der Luft in Verbindung. Durch Drücken auf eine Kautschukpumpe, die durch einen Schlauch mit der Spitze des Dreiweghahns in Verbindung steht, oder mittelst eines Saugapparates, entfernt man die Luft aus den Leitungen, stellt dann *d* so, daß *d* mit *A* in Verbindung kommt, und füllt durch Senken der Flasche *E* die Bürette *A* mit Gas. Man drängt das Gas nochmals fort und füllt *A* wiederum, um sicher zu sein, daß die Luft aus der Leitung entfernt ist. Dann schließt man *d*, öffnet *a* und drängt durch Heben von *E* das Gas aus *A* nach *B*, wo durch Wiederholung der Operation das Kohlendioxyd absorbiert wird. Dann senkt man *E* so weit, daß das Niveau des Wassers darin mit dem in *A* gleich hoch steht und liest das Volumen von *A* ab. Sind z. B. noch 92 ccm vorhanden, so enthielt das Gas 8 ccm Kohlendioxyd. Ganz entsprechend wird der Sauerstoff und das Kohlenoxyd bestimmt.

Wenden wir uns noch zur Frage der Leuchtkraft der brennbaren Stoffe, so gilt als Einheit für die Lichtstärke die Hefnerkerze (H.K.). Es ist dies die Lichtstärke einer Amylacetatlampe¹⁾ (von Hefner-Alteneck) von 40 mm Flammenhöhe und 8 mm Dochtdurchmesser. 1 H.K. entspricht 0,833 deutschen Vereinskerzen (altes Maß). Das Lux oder die Meterkerze ist die Helligkeit einer weißen Fläche, die im vertikalen Abstand von 1 m von der Lichteinheit von 1 H.K. beleuchtet wird. Die Ermittlung der Lichtstärke irgendeines Leuchtstoffes erfolgt durch Vergleich mit der Hefnerlampe mittelst des bekannten Bunsenschen Photometers (Fettfleck auf Papier).

Vergleich der Lichtstärken und Kosten der wichtigsten Lichtarten.

Lichtart	Lichtstärke in HK.	Kosten in Mark pro 1000 HK.-Std.
Wachskerze	1,2	30,00
Stearinkerze	1,22	13,05
Petroleumlampe	27,0	0,75
Leuchtgas-Schnittbrenner	11,0	1,50
Leuchtgas-Glühlicht	55,5	0,38
Wassergas-Glühlicht	80,0	0,08
Ögaslampe	10,0	1,50
Acetylenlampe	25,0	0,50
Elektrische Kohlefadenlampe	18,0	1,90
Elektrische Bogenlampe	600,0	0,70

¹⁾ Normallampe.

Im Anschluß hieran seien noch einige auf der optischen Beobachtung beruhende, in der Praxis gebräuchliche Temperaturbezeichnungen erwähnt:

Dunkelrotglut	700° C.
Kirschrotglut	900° C.
Hellkirschrotglut	1000° C.
Weißglut	1300° C.
Blendende Weißglut	1500° C.

VI. Die Fette, Öle und Harze.

Fette und Öle sind dem Tier- oder Pflanzenreich entstammende Verbindungen der Fettsäuren, besonders Palmitin-, Margarin-, Stearin- und Ölsäure (von komplizierter Zusammensetzung) mit Glycerin $C_3H_5(OH)_3$. Die Harze sind wasserunlösliche pflanzliche Produkte, teils weich (Weichharze), teils hart, aber schmelzbar (Hartharze). Diese Stoffe dienen zur Herstellung von Seifen, Kerzen, Schmiermitteln, Linoleum, Farblacken, Firnissen u. a. m.

1. Die Schmiermittel.

Als Schmiermittel spielen die Fette und Öle im Vergleich mit den Erdölprodukten nur eine äußerst geringe Rolle, weil sie leicht verharzen. Rüböl und Olivenöl werden mitunter angewendet, sie sind aber selten säurefrei (Textilindustrie); das gleiche gilt vom Talg, der u. a. zum Schmieren der Treibriemen dient, oft mit Tran vermischt¹⁾. Andere Öle (Süßmandelöl) dienen zum Schmieren feiner Apparate. Die Gewinnung der Fette und Öle geschieht teils durch Auspressen, teils durch Ausschmelzen der Rohprodukte oder durch Extraktion mit Benzin usw.

2. Die Seifenfabrikation.

Erhitzt man die Fette (Palmöl, Talg) mit Kalilauge oder Natronlauge, so tritt Zersetzung ein, es entsteht Glycerin einerseits und fettsaures Kalium bzw. Natrium andererseits. Fettsaures Kalium ist Schmierseife (weich), das Natriumsalz dagegen die Kernseife (hart). Man hat diese Zersetzung daher auch Verseifung²⁾ genannt. Die reinigende Wirkung der Seife beruht darauf, daß sie die Schmutzstoffe aufnimmt (Emulsionsbildung). — Mit zähflüssigem Schmieröl ge-

¹⁾ Hierzu wird auch Rhizinusöl gebraucht.

²⁾ Die tierischen und pflanzlichen Fette und Öle sind durch Alkalien verseifbar, im Gegensatz zu den mineralischen Ölen, den Erdölprodukten, die, wie früher erwähnt, vorwiegend aus Kohlenwasserstoffen bestehen. — Bei der Entfettung der Metalle (vgl. Seite 130) kann man daher die tierischen und pflanzlichen Fette mit Soda oder Natronlauge verseifen, während sich die Erdölbestandteile nur durch Lösung in Benzin entfernen lassen.

mischt, braucht man die Seifenlösung bei Bohr- und Fräsmaschinen; ferner benutzt man Seife zur Verminderung der Reibung (z. B. Ablaufbahn für den Stapellauf der Schiffe). Zersetzt man die Fette mit Calciumhydroxyd, so entsteht die wasserunlösliche Kalkseife (fettsaures Calcium), daher „gerinnt“ die Seife in hartem Wasser, d. h. das fettsaure Calcium scheidet sich als Niederschlag aus (vgl. Kesselspeisewasserreinigung). — Kalkseife mit etwas Wasser und mineralischem Schmieröl gemischt, bildet das Stauferfett. Ein wichtiges Nebenprodukt der Seifenfabrikation ist das Glycerin. Dasselbe bildet, durch einen besonderen Destillationsprozeß gereinigt, eine wasserklare, süßlich schmeckende Flüssigkeit (spezifisches Gewicht 1,27). Wegen seines hygroskopischen Verhaltens wird es gewissen Farben und Tinten zugesetzt. Mit Glycerin gemischt, erstarrt das Wasser erst bei -30° ; man braucht daher derartige Gemische im Winter zum Füllen von Gasuhren und als Kühlflüssigkeit bei Kraftfahrzeugen. Mit Bleiglätte vermennt, dient es zum Einkitten der Porzellanisolatoren. In Verbindung mit Leim oder Gelatine findet das Glycerin als Hektographenmasse Verwendung, als sogenannter Gelatineleim. Ferner wird das Glycerin als Flüssigkeit bei hydraulischen Apparaten benutzt, z. B. bei der Rohrrücklaufvorrichtung der Geschütze, bei hydraulischen Pressen, den hydraulischen Prellböcken der Bahnhöfe und im Preßzylinder des Prüfungsapparates für Indikatorfedern von Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover. — Läßt man auf Glycerin ein Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure einwirken, so entsteht das Nitroglycerin (Sprengöl), das, in Kieselgur aufgesaugt, als Dynamit in den Handel kommt. Im ungefrorenen Zustand ist Dynamit weniger gefährlich zu handhaben als Nitroglycerin.

3. Die Kerzenfabrikation.

Sofern nicht Wachs- bzw. Talgkerzen verwendet werden, benutzt man die aus Stearin hergestellten. Man verseift die Fette mit Ätzkalk und zersetzt die erhaltenen Calciumsalze mit Säure, wobei die freien Fettsäuren entstehen. Nach dem Abpressen der flüssigen Ölsäure bleibt die feste Stearinsäure, das Stearin genannt, zurück (Ausbeute ca. 48% des angewandten Talgs). Die Stearinkerzen erhalten immer einen Zusatz von Paraffin, weil sie sonst zu spröde sind, die Paraffinkerzen umgekehrt etwas Stearin, weil sie ohne dieses zu weich wären. Die Herstellung der Kerzen erfolgt in der Weise, daß man die Masse in Formen gießt, in denen sich der Docht befindet (letzterer hat hier die gleiche Aufgabe, wie beim Petroleumlicht).

4. Das Leinöl.

Das Leinöl, das durch Auspressen des Leinsamens gewonnen wird, zeigt die Eigenschaft, durch allmähliche Oxydation zu erstarren, indem

es verharzt (trocknendes Öl). Beschleunigt wird dieser Prozeß durch Kochen des Leinöls mit Oxydationsmitteln, wie Bleiglätte, Mennige oder Braunstein; es entsteht der Leinölfirnis, auch Sikkativ genannt, der, dem Leinöl zugesetzt, dessen Trocknungsprozeß beschleunigt. Das Leinöl findet folgende Anwendungen:

- a) zur Herstellung von Ölfarben, die in Leinöl feinst verteilt (suspendiert) aufgetragen werden, und zwar in möglichst dünnen Schichten, da die Anstriche sonst schlecht haften. Alte Ölfarbenanstriche entfernt man mit Natronlauge;
- b) mit Mennige und Hanf zur Dichtung von Gewinden;
- c) mit Bleiweiß und Kreide als Glaserkitt;
- d) zur Herstellung von Linoleum, einem Produkt, das aus verharztem Leinöl und Korkpulver besteht;
- e) zur Lackfabrikation.

Unter Lacken versteht man die Lösung von Harzen (z. B. Bernstein, Kopal oder Schellack) in Leinöl, Spiritus oder Terpentinöl. Letzteres entsteht durch Destillation des Terpentins (Harz von Kiefer und Tanne) neben Kolophonium. Das Terpentinöl dient auch zum Reinigen von Elfenbein, das Kolophonium (nicht für Treibriemen verwenden) benutzt man beim Löten, ferner mit Schellack, Zinnober oder Eisenoxyd zur Siegelackfabrikation. Schellack wird außerdem zur Herstellung von Holzpolituren gebraucht. Durch Einwirkung von Chlorwasserstoff auf Terpentinöl entsteht der sogenannte künstliche Kampfer. Der natürliche entstammt dem Kampferbaum (Japan); es ist eine weiße, stark riechende Masse, in Wasser unlöslich, die zur Darstellung von Zelluloid und zu Sprengstoffen gebraucht wird.

5. Die Gummifabrikation.

Als Ausgangsmaterial dienen zwei zu den Harzen gehörende Produkte, Guttapercha und Kautschuk, die aus dem Milchsaft tropischer Bäume gewonnen werden. Die Baumstämme werden angebohrt und der ausfließende Saft in angeklebten Tonkapseln aufgefangen, dann in größeren Gefäßen gesammelt. Das hier erstarrende Rohprodukt wird durch Zerkleinern, Waschen, Kneten und Walzen gereinigt. Die beste Sorte bezeichnet man als Paragummi. — Das gereinigte Produkt ist weiß bis braun, nur die Erzeugnisse Westindiens schwarz. Rotes Gummi ist durch Schwefelantimon gefärbt¹⁾. Gummi ist in Benzin und verschiedenen Teerölen löslich. Um die Gummiwaren gegen höhere Temperaturen widerstandsfähig zu machen, d. h. damit sie beim Erwärmen nicht ihre Elastizität verlieren, werden sie mit Schwefel oder Schwefelkohlenstoff einer Hitze von 130–140° ausgesetzt (Vulkani-

¹⁾ Auch Gips und Kreide u. a. m. werden oft zugesetzt.

sierung)¹⁾. Das Gummi nimmt hierbei 10% Schwefel auf; Hartgummi für elektrische Isolation enthält bis zu 25% Schwefel. Zur Herstellung von Gummischläuchen befindet sich die Gummimasse in einem erwärmten Zylinder, aus dem sie durch das Mundstück über einen Dorn gedrückt wird. Ähnlich ist die Fabrikation von Schläuchen mit gewebter Einlage. — Gummiplatten zu Pumpenklappen werden in der Weise hergestellt, daß man die Platten übereinander legt, bis sie die erforderliche Stärke haben. Dann wird nicht, wie sonst, in Dampfkesseln vulkanisiert, sondern unter großen Dampfpresen, deren hohler Unter- und Oberteil mit Dampf erwärmt sind. Gummiplatten zur Dichtung von Dampf- und Wasserleitungen fabriziert man in der Weise, daß man zwischen die einzelnen Lagen Gummi solche aus gummiertem Stoff bringt und dann vulkanisiert. Kompliziertere Formen (Gummschuhe) werden geklebt.

Gummi arabicum ist der Saft tropischer Bäume, in Wasser löslich, das als Klebmittel Verwendung findet, ähnlich wie Stärkekleister und Dextrin (Stärkegummi), zwei aus Kartoffelmehl durch Kochen mit Wasser gewonnenen Produkten.

Seit kurzem ist es den Elberfelder Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. gelungen, aus gewissen Kohlenwasserstoffen (Isopren, Erythren) künstlich Kautschuk darzustellen, der bei allmählich sinkenden Herstellungskosten mit dem natürlichen gut in Wettbewerb treten kann.

Zwei Ersatzprodukte für Kautschuk sind Vulkanfiber und Galalith.

Vulkanfiber erhält man aus gewissen Baumwollarten durch Behandlung mit Zinkchloridlösung, wodurch die Faser gallertartig aufquillt. Die Masse wird gepreßt und gewaschen; sie findet als Ersatz für Kautschuk (Isoliermittel), Horn und Leder Verwendung.

Galalith wird aus dem aus der Milch abgeschiedenen Kasein (Käsestoff) durch Behandlung mit Formaldehyd als eine harte, glänzende Masse abgeschieden, die als Ersatz für Zelluloid und Hartgummi (Isolation) dient. Das Produkt ist nicht feuergefährlich und geruchlos.

VII. Die Kesselspeisewasserreinigung.

1. Hartes Wasser und Kesselstein.

Wir haben schon früher das Wasser, das reich an Calcium- und Magnesiumsalzen ist, als hartes bezeichnet, im Gegensatz zum weichen, das nur geringe Mengen dieser Stoffe enthält. Die in Frage kommenden Salze sind die Sulfate und die sauren Karbonate von Calcium und Magnesium (mitunter auch deren Chloride $MgCl_2$ und $CaCl_2$), also

¹⁾ Auch Chlorschwefel, erhalten aus Chlor und Schwefel, wird häufig benutzt.

CaSO_4 Calciumsulfat, $\text{CaH}_2(\text{CO}_3)_2$ saures Calciumkarbonat,
 MgSO_4 Magnesiumsulfat, $\text{MgH}_2(\text{CO}_3)_2$ saures Magnesiumkarbonat.

Kocht man das harte Wasser, so erleiden die Sulfate keine stoffliche Veränderung; bei zunehmender Konzentration der Flüssigkeit scheidet sich aber der schwer lösliche Gips CaSO_4 als Niederschlag ab. Die sauren Karbonate verwandeln sich in die neutralen, die wasserunlöslich sind und sich daher als Niederschlag abscheiden. Diese Niederschläge setzen sich als mehr oder minder dichte Masse, dem Kesselstein, an den Wandungen des mit hartem Wasser gespeisten Kessels ab. Dies muß aber vermieden werden, weil sich dadurch folgende Übelstände für den Betrieb ergeben:

- a) Mehraufwand an Brennstoff, da der Kesselstein als schlechter Wärmeleiter die Feuerungskosten pro Millimeter Dicke der Schicht um 12–15% erhöht;
- b) Gefahr der Verstopfung der Rohre des Kessels;
- c) Gefahr der Kesselexplosion, bedingt durch einen Sprung in der Kesselsteinschicht, wodurch das Wasser, die glühende Kesselwandung berührend, mit großer Heftigkeit verdampft. Hierdurch können leicht Explosionen entstehen.

Man wird daher das zur Kesselspeisung zu verwendende Wasser auf seine Härte prüfen und diese gegebenenfalls beseitigen müssen. Die Untersuchung beruht darauf, daß die Seife, wie erwähnt, durch Calcium- und Magnesiumverbindungen zersetzt wird, durch Bildung der betreffenden fettsauren Salze, die wasserunlöslich sind. Man benutzt zur Untersuchung eine sogenannte Normalseifenlösung, die im Liter eine bestimmte Menge Seife enthält. Solche Lösungen werden von vielen chemischen Fabriken in den Handel gebracht.

Wasserhärte-tabelle.

(Beziehungen zwischen Härtegrad und den verbrauchten Kubikzentimetern Seifenlösung.)

Härtegrad	Erforderlich ccm Seifenlösung	Differenz pro ccm Seifenlösung (Härtegrade)
1	5,4	0,25
2	9,4	0,25
3	13,2	0,26
4	17,0	0,26
5	20,8	0,26
6	24,4	0,277
7	28,0	0,277
8	31,6	0,277
9	35,0	0,294
10	38,4	0,294
11	41,8	0,294
12	45,0	0,310

Man füllt in ein in $\frac{1}{10}$ ccm geteiltes Glasrohr, eine sogenannte Bürette, die unten mit einem Hahn verschlossen (Fig. 50), die Seifenlösung ein und läßt sie in eine Stöpselflasche fließen, in der sich 100 ccm des zu untersuchenden Wassers befinden. Zunächst unterbricht man jedesmal, wenn 2 ccm Lösung eingeflossen sind, dann nach jedem Kubikzentimeter, und probiert, indem man die verschlossene Flasche schüttelt, ob Seifenschaum entsteht. Dies kann natürlich erst eintreten, wenn alle Calcium- und Magnesiumsalze gebunden und Seife in Überschuß vorhanden ist. Sobald der beim Schütteln entstehende Schaum sich fünf Minuten hält, ist genügend Seifenlösung zugesetzt, und aus der Anzahl der verbrauchten Kubikzentimeter kann man mittels obiger Tabelle den Härtegrad des Wassers feststellen. Ein deutscher Härtegrad entspricht 0,01 g CaO in einem Liter Wasser; ein deutscher Grad ist gleich 1,25 englischen bzw. 1,79 französischen Härtegraden.

Wiederholt man nun den Versuch, nachdem man das zu untersuchende Wasser vorher eine halbe Stunde gekocht und mit destilliertem Wasser bis zum ursprünglichen Volumen wieder aufgefüllt hat, so beobachtet man, daß die Härte geringer geworden ist. Dies erklärt sich dadurch, daß die sauren Karbonate sich beim Kochen zersetzt haben und jetzt nicht mehr bei der Härteprüfung in Erscheinung treten. Die Gesamthärte des Wassers setzt sich somit aus der temporären oder Karbonathärte und der bleibenden oder Nichtkarbonathärte (auch Giphärte genannt) zusammen.

Je nach dem Härtegrad des Wassers richtet sich auch das Reinigungsverfahren. Besonders sei auch hier vor den noch heute angepriesenen zahlreichen Geheimmitteln zur Kesselsteinbekämpfung gewarnt, die bei hohem Preis meistens nichts nützen, oft direkt schädlich sind, indem sie die Kesselwandungen angreifen usw.

2. Die Kesselsteinbeseitigung im Kessel.

In vielen Fällen beschränkt man sich darauf, ein Festbrennen des Kesselsteins an den Wandungen dadurch zu vermeiden, daß man den Kessel innen mit einem Gemisch von Milch und Graphit anstreicht, wodurch der Kesselstein sich am Boden als Schlamm absetzt und leicht abgelassen werden kann. Bei geringer Härte genügt auch häufig ein Zusatz von Soda (für Härtegrade von 4–6°), wodurch die Nichtkarbonathärte beseitigt wird ¹⁾:

¹⁾ Auch die Chloride werden hierdurch in die unlöslichen Carbonate verwandelt.

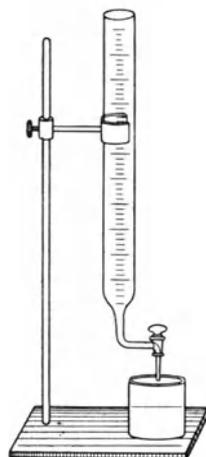
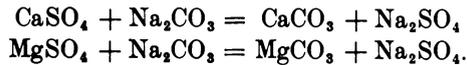


Fig. 50. Bürette.



Für die modernen Wasserrohrkessel mit ihren vielen schwer zugänglichen Teilen ist aber auch die Beseitigung der Karbonathärte erforderlich, was zweckmäßig vor der Speisung erfolgt.

3. Die Kesselsteinbeseitigung außerhalb des Kessels.

a) Das Kalk-Sodaverfahren. Die Nichtkarbonathärte wird, wie oben angegeben, mit Soda entfernt, die Karbonathärte durch gelöschten Kalk. Die Wirkung des letzteren beruht darauf, daß er die sauren in die neutralen Karbonate überführt, welche unlöslich sind:

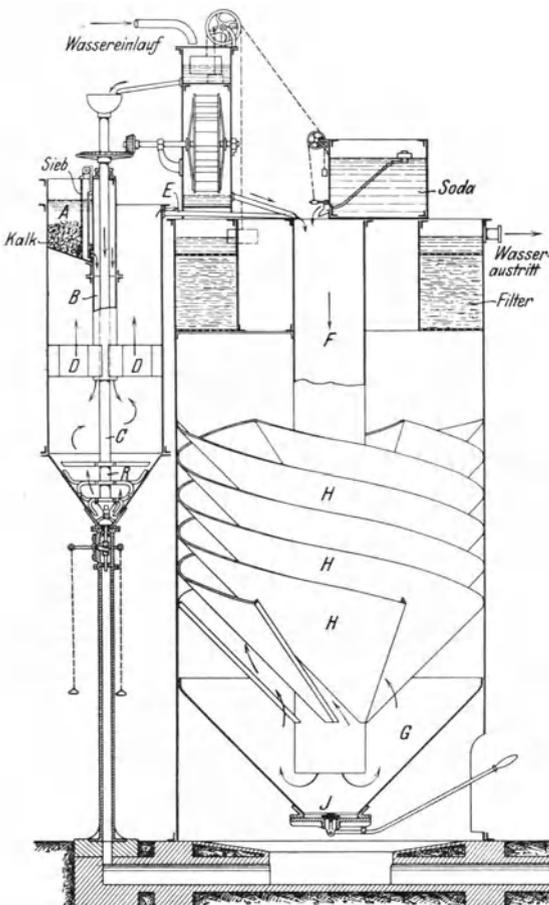
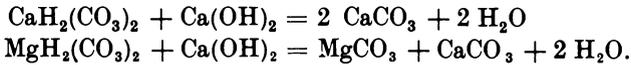


Fig. 51. Kesselspeisewasserreiniger, System Desrumeaux.
(Aus Spalckhaver-Schneiders, Dampfessel.)

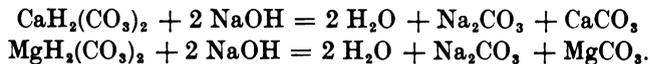
Pro Härtegrad und Kubikmeter Wasser beträgt der Zusatz an Ätzkalk und Soda je ca. 20 g; Überschüsse sind natürlich zu vermeiden, weil dadurch das Speisewasser alkalisch wird (Nachweis mit Phenolphthalein). Da sich nun mit der Zeit im Kessel eine konzentrierte Salzlösung ansammeln würde, so muß der Kessel häufiger abgelassen werden. — Durch dieses Reinigungsverfahren gelingt die Enthärtung bis zum dritten Härtegrad herunter. Von den vielen Konstruktionsformen der Kesselspeisewasserreiniger sei hier der nach dem System Desrumeaux von P. Kyll in Cöln gebaute (Fig. 51) erwähnt.

In das im Kasten A befindliche Wasser schütet man gebrannten Kalk; es bildet sich Kalkbrei $\text{Ca}(\text{OH})_2$, der durch das Rohr B in die untere

Hälfte des Kalksättigers läuft, während durch das Rohr *C* Wasser entgegen fließt. Die Auslaugung des Kalkbreies durch das Wasser wird durch das Rührwerk *R* gefördert. Durch eingebaute radiale Platten *D* wird die rotierende Bewegung des Gemenges aufgehalten, damit im oberen Teil des Sättigers die ausgelaugten Kalkteilchen sinken können, und ein geklärtes Kalkwasser über Rinne *E* in den Reaktionsraum fließt. Das Rührwerk wird durch das zufließende Rohwasser selbst mittels eines kleinen oberflächigen Wasserrades betrieben. Im Reaktionsraume vereinigen sich dann Kalk- und Sodalösung mit dem Rohwasser. Das aus dem Mittelrohr *F* unten austretende Wasser setzt den Schlamm zunächst auf den schrägen Flächen des unteren Trichters *G* ab, steigt dann langsam zwischen den schiefen Schraubenflächen *H*, die das Mittelrohr umgeben, aufwärts, wobei sich die feinsten Schlammteilchen, die noch mitgerissen sind, ablagern und allmählich in den Trichterraum rutschen, wenn zur Entfernung des Schlammes das Bodenventil *J* auf kurze Zeit geöffnet wird. Der letzte Schlammrest wird durch das Filter oben zurück gehalten.

Beim Verfahren der Maschinenbauanstalt Humboldt in Cöln-Kalk wird der Schlamm in Setzkästen mit geneigten Wänden abgeschieden.

b) Das Natronlauge-Sodaverfahren. Hier ist der gelöschte Kalk durch Natronlauge ersetzt, wodurch die Karbonathärte ganz entsprechend beseitigt wird. Zur Beschleunigung des Prozesses wird das zu reinigende Wasser vorgewärmt.



Die Nichtkarbonathärte wird auch hier durch Soda beseitigt. Fig. 52 zeigt die Anordnung der nach diesem Verfahren arbeitenden Kessel-spisewasserreinigungsanlage der Maschinenfabrik von A. L. G. Dehne in Halle a. S.

Das vom Hochbehälter *H* oder aus einer Druckleitung kommende Wasser tritt zunächst in den Vorwärmer *A*, in dem es durch Abdampf oder direkten Dampf auf ca. 80° C erwärmt, dem Fällapparat *B* zugeführt wird. Diesem werden durch die Laugepumpe *E* aus dem Behälter *F* die erforderlichen Mengen des Gemisches von Natronlauge und Sodalösung zugeführt. Die ausgefallenen Salze scheiden sich flockenförmig ab. Um sie vom enthärteten Wasser zu trennen, leitet man dieses durch die Filterpresse *C* (hier passiert es eine Anzahl von Filtertüchern, in denen der Niederschlag zurückgehalten wird). Durch die Pumpe *D* wird dann das völlig geklärte und enthärtete Wasser dem Dampfkessel zugeführt.

c) Das Permutitverfahren beruht auf einem als Permutit bezeichneten Natrium-Aluminium-Silikat, das durch Zusammenschmelzen

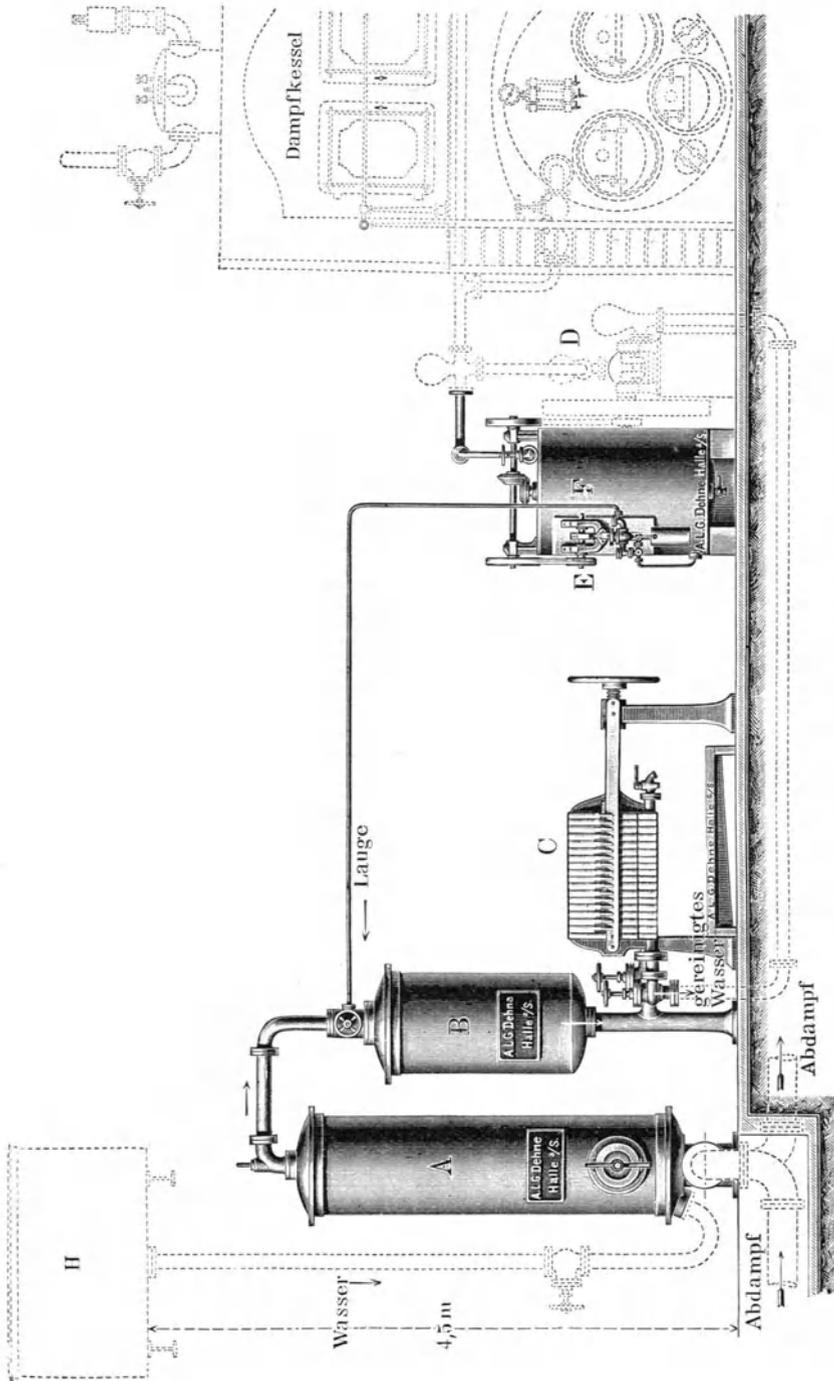


Fig. 52. Kesselspeisewasserreiniger nach Dehne.

von Ton, Feldspat, Kaolin, Sand und Soda erhalten wird und das die Eigentümlichkeit zeigt, in Berührung mit Calcium- und Magnesiumsalzen das Natrium gegen Calcium bzw. Magnesium auszutauschen. Das hierdurch entstehende Calcium- bzw. Magnesiumpermutit wird durch Kochsalzlösung regeneriert, d. h. wieder in Natriumpermutit übergeführt. Die Apparate bestehen aus zylindrischen Blechgefäßen, in denen sich zwei Kiesfilter zur Beseitigung organischer Verunreinigungen des Wassers befinden, darunter das Permutitfilter selbst. Das Wasser fließt mit ca. 4 m/std. Geschwindigkeit hindurch. Wenn das Filter

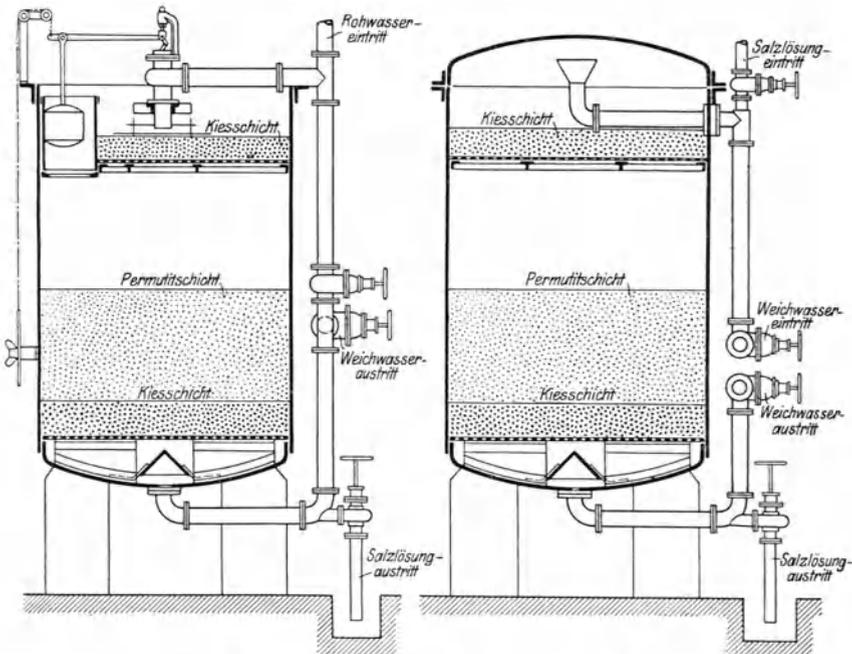


Fig. 53. Permutit-Kesselspeisewasserreiniger.

unwirksam wird, so muß es mit 10%iger Kochsalzlösung regeneriert werden, die auf 45° C erwärmt ist, was ca. fünf Stunden erfordert. Man hat daher die Regenerierung während der Nachtzeit vorzunehmen; bei Tag- und Nachtbetrieb sind zwei Apparate erforderlich. Fig. 53 zeigt einen solchen Reinigungsapparat der Permutit-Filter-Co. in Berlin.

4. Die Entölung des Kesselspeisewassers.

Neben der Enthärtung spielt die Entölung des Kesselspeisewassers (Kondenswasser) im Betriebe eine wichtige Rolle. Setzt sich das Öl an die Kesselwandungen an, so kann dies ein Durchglühen der Bleche,

Einbeulungen und Explosionen zur Folge haben. Die Firma Hans Reisert in Cöln erreicht die Entölung durch Zusatz von Aluminiumsulfat, wodurch das Öl mechanisch gebunden leicht abfiltriert werden kann.

VIII. Die nichtmetallischen Gebrauchsmaterialien.

1. Das Glas.

Das Glas ist ein Kalium-Natrium-Calcium-Silikat, das durch Zusammenschmelzen von Quarzsand, Pottasche, Soda und Kalk entsteht. Das Glas wird im rotglühenden, teigigen Zustand geblasen und im weiß-



Fig. 54 und 55. Glashäfen.

glühenden, dünnflüssigen Zustand gegossen. Das Erhitzen erfolgt in den feuerfesten Gefäßen, Häfen genannt, die bei Öfen mit festen Brennstoffen zum Schutz gegen Flugasche mit einer Kappe versehen sind, sogenannte Haubenhäfen (Fig. 55). Bei den meist üblichen Generator-

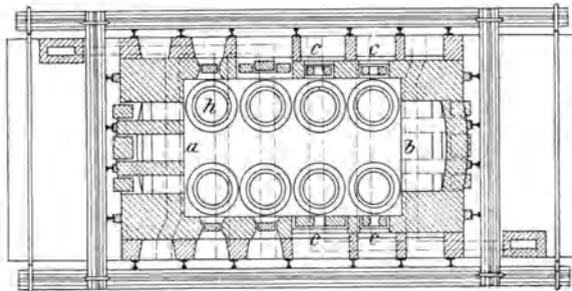


Fig. 56. Glasofen mit Generatorgasfeuerung.

gasöfen (Fig. 56) werden offene Häfen benutzt (Fig. 54). Zur Vermeidung von Glasfärbungen werden Braunstein und Salpeter als sogenannte Glasseifen zugesetzt.

Zur Herstellung von Flaschen (Fig. 57) wird ein Glasklumpen mit der Pfeife, einem 1,5 m langen Eisenrohr, in die Holzform geblasen, der Hals mittels eines Wassertropfens abgesprengt und dann das Stück

möglichst langsam im Kühllofen gekühlt zwecks Vermeidung der Sprödigkeit.

Glasscheiben werden in der Weise hergestellt, daß man große Flaschen bläst, von diesen Hals und Boden abschneidet, den übrigbleibenden zylindrischen Teil der Länge nach aufschneidet und in einem Strecklofen unter Walzen in ebene Form bringt (Fig. 58). Spiegel-

glas gießt man direkt aus dem Hafen in Bronzeformen. Die Masse wird dann ausgewalzt und nach dem Erkalten geschliffen (mit Polierrot, d. i. Eisenoxyd Fe_2O_3). Gute Glasscheiben müssen farblos und blasen frei sein. Glasplatten zu Fußbodeneinlagen werden gegossen. Das Drahtglas enthält eine Drahtnetzeinlage, wodurch es fester und gegen Feuer widerstandsfähiger wird (Glasdächer, Schutz für Wasserstände). Hartglas wird durch Abschrecken des warmen Glases in Öl hergestellt; es ist gegen Stoß, Schlag und raschen Temperaturwechsel widerstandsfähig, zerspringt aber beim Ritzen. Bunte Scheiben werden aus Überfangglas hergestellt, indem man die farblose Scheibe in eine geschmolzene Glasmasse taucht (überfängt), die mit Metalloxyden gefärbt ist, z. B. grün mit Eisenoxydul, gelb mit Eisenoxyd usw. Das Ätzen des Glases erfolgt mit Flußsäure, das Mattieren gemusterter Scheiben mit dem Sandstrahlgebläse.

Die Herstellung von Glasstäben und -röhren geschieht durch Auseinanderziehen des

noch warmen Glasklumpens ohne bzw. mit Blasen. — Wasserstandsgläser und chemische Gerätschaften müssen raschen Temperaturwechsel vertragen können. Sie werden deswegen aus sogenannten Verbundglas hergestellt, das mit einer Glasmasse von größerem Ausdehnungskoeffizienten überzogen ist, wodurch die Spannungen beim Erhitzen ausgeglichen werden. — Zur Herstellung von einfachen Flaschen

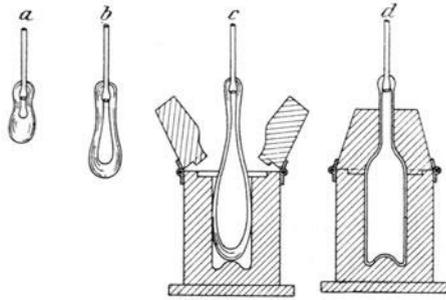


Fig. 57. Blasen von Glasflaschen.

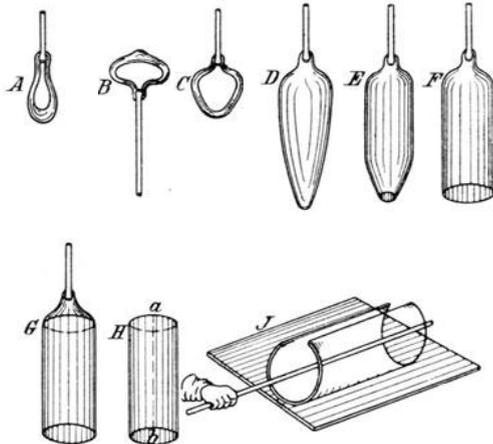


Fig. 58. Herstellung von Glasscheiben.

und von Glühlampenbirnen benutzt man jetzt Glasblase-
maschinen. — Andere wichtige Fabrikationszweige sind Akku-
mulatorengefäße und Glasziegel.

Die optischen Gläser erhalten durch Zusatz von Bleisalz ein er-
höhtes Lichtbrechungsvermögen. Quarzglasgefäße, die bei ca. 2000° C
aus reinem Quarz hergestellt werden, können jeden Temperaturwechsel
aushalten (elektrische Quarzglaslampen).

2. Die Tonwaren.

Die Tonwarenfabrikation oder Keramik benutzt als Aus-
gangsmaterialien die Tone ¹⁾ (Aluminiumsilikate), die je nach Reinheit,
Kaolin oder Porzellanerde, Töpferton, Lehm oder Mergel genannt werden.
Diese Rohmaterialien müssen erst durch mechanische Prozesse mög-
lichst homogen gemacht werden, dann knetet man sie mit Wasser zu
einer plastischen Masse an und bringt sie in die gewünschten Formen,
welche getrocknet und gebrannt werden. Die so erhaltenen Tonwaren
unterscheidet man nach Qualität als Porzellan, Steinzeug, Steingut und
Töpferwaren.

a) **Porzellan.** Die geformten und langsam getrockneten Gegen-
stände werden in besonderen Generatorgasöfen in Kapseln aus feuer-
festem Ton (Schamotte) auf 1600° C erhitzt. Die Glasur wird in Form
eines feinpulverigen Gemisches von Feldspat, Quarz und Kreide auf-
getragen, das beim Schmelzen den Glasurüberzug bildet. Farbige Ver-
zierungen werden durch feuerbeständige Metalloxyde hergestellt.

b) **Steinzeug** wird in ganz entsprechender Weise durch
Brennen des betreffenden Rohmaterials auf ca. 1400° C hergestellt. Im
Gegensatz zum Porzellan ist es kaum durchscheinend; die Glasur erfolgt
mit Kochsalz. Es wird vorwiegend in der chemischen Industrie für
Säurebehälter, Kühlschlangen, ferner für Kanalisationsanschlußrohre
und zu Fußbodenplatten gebraucht.

c) **Steingut** (Majolika, Fayence) bei ca. 900° C gebrannt, gibt
einen porösen Scherben (im Gegensatz zu Porzellan und Steinzeug) und
wird mit Bleiglasur versehen.

d) **Töpferwaren** (Irdenes Geschirr) werden aus gewöhnlichem
Ton mit Sandzusatz hergestellt und mit einer leichtflüssigen Glasur
versehen.

Auch die Ziegelsteine gehören zu den Tonwaren (vgl. S. 93).

3. Die Bausteine.

a) **Natürliche Bausteine.** Die wichtigsten zum Bauen
benutzten Gesteine sind folgende (die mineralischen Bestandteile stehen
in Klammern dabei):

¹⁾ Fetter Ton ist arm, magerer dagegen reich an Sand.

Granit (Feldspat, Quarz, Glimmer),
 Syenit (Feldspat, Hornblende),
 Diorit (Feldspat, Hornblende, Schwefelkies),
 Diabas (Feldspat, Augit),
 Gabbro (Labrador, Diallag),
 Serpentin (verwandt mit Asbest),
 Porphyr (Quarz, Feldspat),
 Basalt (Augit, Feldspat, Magneteisenstein, vulkan. Ursprungs),
 Gneis (verwandt mit Granit),
 Quarzit (fast reiner Quarz),
 Tonschiefer (Ton, Quarz),
 Kalkstein (Calciumkarbonat),
 Dolomit (Calcium-Magnesiumkarbonat),
 Sandstein (Sand durch ein mineralisches Bindemittel verbunden)¹⁾.

b) Künstliche Bausteine. Die gewöhnlichen Ziegel oder Backsteine werden aus dem Ziegelton hergestellt, der meist etwas Kalk, Sand und Eisenverbindungen enthält. Das sehr homogene Rohmaterial wird entsprechend geformt (Pressen); Verblendsteine erfordern hierbei besondere Sorgfalt. — Dann erfolgt das Brennen im Hofmannschen Ringofen (Fig. 59—61), bei dem ein gewölbter, in 14 Kammern eingeteilter Kanal als Brennraum dient. Elf bis zwölf Kammern werden mit Steinen gefüllt, die übrigen werden neu gefüllt bzw. ausgeräumt oder stehen leer. Wird z. B. Kammer 1 ausgeräumt, so wird die benachbarte Kammer 14 neu gefüllt, während 7 im Vollfeuer steht. Zwischen den Kammern 13 und 14 befindet sich eine Papierscheidewand. Die für 7 erforderliche Luft, zur Unterhaltung der Verbrennung, tritt in der Kammer 1 ein, durchstreicht 2—6 und wird durch die Hitze der hier befindlichen fertig gebrannten Ziegel erwärmt. Infolgedessen gibt die geringe Menge Kohlen, die durch die Öffnungen in der Decke der Kammer 7 in diese eingeworfen werden, schon eine sehr heiße Flamme, welche nun, durch die Kammern 8—13 streichend, ihre Hitze an noch nicht gebrannte Steine abgibt und dann durch die Esse die Verbrennungsprodukte ab. Sind die Steine in Kammer 7 gargebrannt, so kommt Kammer 8 in das Vollfeuer; gleichzeitig wird Kammer 2 ausgeräumt, Kammer 1 neu beschickt und die Papierwand zwischen 1 und 14 geschoben, so daß die Verbrennungsprodukte jetzt von hier aus in die Esse entweichen. Klinker sind sehr hartgebrannte, verglaste Steine; Tonrohre, Terrakotten, Blumentöpfe bestehen aus einer den Ziegeln sehr ähnlichen Masse.

Andere künstliche Bausteine sind z. B. die rheinischen Schwemm-

¹⁾ Ein dem Sandstein verwandtes Produkt ist der Ganister, der beim Bessemerprozeß als saures Ofenfutter benutzt wird.

Die Schlackensteine erhält man aus der flüssigen Hochofenschlacke (vgl. Roheisen), indem man diese in Wasser fließen läßt und den so gebildeten Schlackensand mit Kalk bindet. Die auf diese Weise entstehenden Steine erhärten an der Luft schnell und finden ähnliche Verwendung wie Schwemmsteine.

Holzsteine (Xyloolith) werden aus Sägespänen, Magnesiumoxyd und Magnesiumchloridlösung unter Druck hergestellt und zu Fußböden und Treppenstufen verwendet. — Korksteine erhält man aus Korkstückchen mit einem Bindemittel aus Kalk und Ton. Sie haben nur geringe Festigkeit und sind gegen Wasser empfindlich.

Zu den feuerfesten Baumaterialien gehören die Dinassteine, Dolomit- und Schamottsteine.

Die Dinassteine werden aus Quarzsand mit etwas Kalk und Ton als Bindemittel geformt und stark gebrannt. Sie finden in Stahlschmelzöfen Verwendung.

Dolomitsteine erhält man durch Brennen des Dolomits, wobei $\text{CaO} + \text{MgO}$, also Calcium- und Magnesiumoxyd zurückbleiben. Dieses Gemisch ist ein feuerfestes Material, das im Bessemerofen benutzt wird (vgl. S. 122).

Schamottsteine bestehen aus feuerfestem Ton, der mit bereits gebranntem, feuerfestem Ton gemischt und bei Weißglut gebrannt wird. Sie müssen entweder dichte oder mehr körnige Beschaffenheit haben. Als Schamottmörtel wird Schamottgrus verwendet.

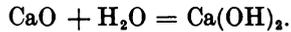
4. Mörtel und Beton.

a) Der Luftmörtel oder Kalksandmörtel ist das meist gebrauchte Bindemittel für Bausteine. Als Ausgangsmaterial dient der Kalkstein, der, in Öfen gebrannt, in Calciumoxyd (gebranntem Kalk) übergeht:



Fig. 62 zeigt einen Kalkofen für periodischen Betrieb. Es ist ein Schachtofen von Gestalt eines Hohlkegels, innen gewölbt. Durch die obere Öffnung *h*, die sogenannte Gicht, werden abwechselnd Schichten von Kalkstein und Brennstoff (Steinkohle oder Holz) eingefüllt, nachdem die unterste Schicht *a* entzündet ist. Der Ofen brennt dann aus, kühlt ab und der gar gebrannte Kalk wird herausgenommen. — Beim Ofen für kontinuierlichen Betrieb (Fig. 63) tritt die Flamme bei *a*, *b* von der Seite in den Ofen; der gare Kalk wird unten bei *g* gezogen und oben bei *f* neuer Kalkstein nachgefüllt, so daß also keine Betriebsunterbrechung erforderlich wird. Der größte Ofen dieser Bauart, mit je drei Feuerungen und Ziehöffnungen und sechseckiger Form, wird Rüdersdorfer Kalkofen genannt. Auch Ringöfen sind neuerdings im Gebrauch.

Das Löschen des gebrannten Kalkes geschieht mit der dreifachen Menge Wasser, wobei eine starke Wärmeentwicklung erfolgt. Die Umsetzung ist



Dem entstehenden Kalkbrei wird wiederum die dreifache Menge Sand zugesetzt, der den Kalk nicht stofflich verändert, sondern nur auflockert, wodurch der Kalk nachher leichter das erforderliche Kohlendioxyd aus der Luft anzieht. Die Wirkungsweise des Kalkmörtels nach dem Vermauern zerfällt in zwei Perioden, nämlich das Anziehen

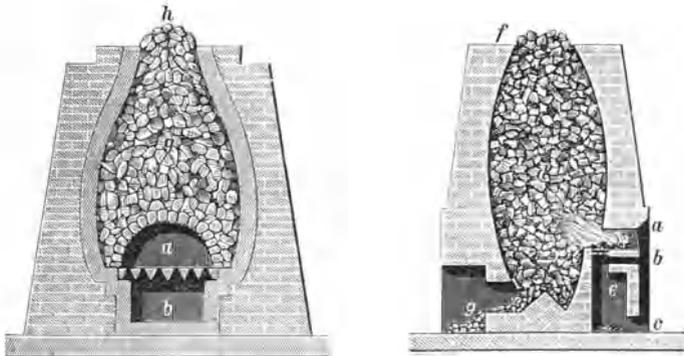
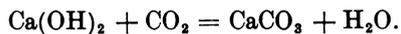


Fig. 62 und 63. Kalköfen.

und das Binden. Das Anziehen ist die Aufnahme von Kohlendioxyd aus der Luft unter Bildung von Calciumkarbonat.



Beim Binden tritt das Wasser allmählich aus dem entstandenen Calciumkarbonat aus, das dadurch zu einer festen, steinharten Masse zwischen den Mauersteinen erstarrt und diese dadurch verbindet. Man kann das Anziehen und Binden dadurch in geschlossenen Räumen fördern, daß man Öfen mit Koks (Bienenkorböfen) aufstellt.

Der Nachteil des Kalkmörtels ist, daß die Erhärtung immer die Gegenwart von Kohlendioxyd erfordert und ziemlich langsam vor sich geht.

b) Wassermörtel. Es ist dies ein Produkt, das nicht die Gegenwart von Luft bzw. Kohlendioxyd erfordert, vielmehr auch unter Wasser erhärtet. Der durch Brennen kalkhaltiger Tone erzeugte Romanzement ist weniger gebräuchlich als der Portlandzement. Letzterer ist ein Produkt, das aus 77,78 % Kalkstein und 22,22 % Ton hergestellt wird. Die Rohmaterialien werden jedes für sich feinst pulverisiert, dann im obigen Verhältnis miteinander gemischt, angefeuchtet und mittelst Ziegelpressen zu Steinen geformt, diese getrocknet und in Ringöfen bis zur beginnenden Sinterung gebrannt. Die

entstehenden Zementklinker werden in Mühlen verschiedener Konstruktion möglichst fein gemahlen.

Der so erhaltene Zement (Portlandzement) ist ein graugrünes Pulver von folgender mittlerer Zusammensetzung:

CaO	62%,
SiO ₂	24%,
MgO	3%,
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	11%.

Der Zement zeigt die Eigenschaft, mit Wasser in ein starres Produkt überzugehen, wahrscheinlich ein wasserhaltiges Aluminium-Calciumsilikat von komplizierter Zusammensetzung. Diese Umsetzung nennen wir das „Abbinden des Zementes“. Die Zeit des Bindens wird durch Gips verlängert, durch Anwendung heißen Wassers verkürzt (schnell und langsam bindender Zement). Im allgemeinen wirkt das langsamere Erhärten günstig auf die Festigkeit ein. Ist der Kalk- oder Magnesia-gehalt des Zementes zu groß, so zeigt sich die Erscheinung des Treibens, starke Ausdehnungen, die die Veranlassung zu Rissen werden können. Diese Erscheinung darf nicht mit der Wärmeausdehnung des Zementes verwechselt werden. — Um bei Ufermauern einen Ausgleich für die durch die Wärme hervorgerufene Ausdehnung des Zementes zu erreichen, bringt man Schnittfugen an, die man mit einer elastischen Masse, z. B. Asphalt, ausfüllt. Beim Gebrauch werden dem Zement 1–6 Teile Sand zugesetzt. Vielfach erhält der Zement einen Zusatz von Traß, einem am Mittelrhein vorkommenden vulkanischen Gestein, das ähnliche Eigenschaften wie der Zement selbst hat, oder gemahlene Eisenschlacke (Eisenportlandzement).

Eine wichtige Anwendung findet der Zement als Beton, einem Gemisch von einem Teil Zement, zwei Teilen Sand und drei bis sechs Teilen Kies (unter Wasserzusatz). Das Gemisch erstarrt zu einer sehr festen widerstandsfähigen Masse, die eine außerordentlich vielseitige Verwendung gefunden hat, z. B. zu Maschinenfundamenten, Schornsteinen, Gewölben für Hoch- und Brückenbau, Kanälen, Schleusen, Wehren, Trockendocks, Gas- und Wasserbehälter, Wassertürmen u. a. m. — Große Bedeutung hat in neuester Zeit der Eisenbeton erlangt, ein Beton mit Eiseneinlagen. Letztere haben bedeutende Zugfestigkeit, Beton dagegen große Druckfestigkeit, was man bei entsprechender Anordnung statisch gut ausnutzen kann. Der Beton schützt das Eisen vor Rost (vgl. S. 128). Anwendung vorwiegend im Hochbau.

Schließlich wird der Zement auch zur Ornamentik vielfach gebraucht. Dem gleichen Zwecke dient der Gips CaSO₄ + 2 H₂O. Dem selben wird durch Erwärmen 75% seines Wassers entzogen (zu hoch erhitzter Gips verliert sein ganzes Wasser, er ist totgebrannt und kann nicht weiter verwendet werden). Der gebrannte Gips in Wasser ge-

bracht, erhärtet sehr rasch, indem er unter Wärmeentwicklung wieder Wasser bindet. Hiervon macht man in der Praxis Anwendung, indem man den mit Wasser angerührten Gips auf die Form gießt, die übertragen werden soll. Sehr bald beginnt der Gips unter Temperaturerhöhung zu erstarren (Erhärtungsdauer ca. 1 Stunde). Die sehr zerbrechlichen Gipsformen werden durch Tränkung mit flüssigem Stearin haltbarer; auch Anrühren des gebrannten Gipses mit Leimwasser, Alaun- oder Boraxlösung wird empfohlen.

5. Das Holz.

Wie erwähnt, besteht das Holz im wesentlichen aus der Zellulose $C_6H_{10}O_5$. Hierzu kommen noch die sehr verschieden zusammengesetzten Pflanzensäfte und deren Umsetzungsprodukte wie Gerbstoff, Harze usw. Im Querschnitt (Hirnschnitt) erscheinen die Jahresringe, deren jeder aus dem Frühjahrs- und Herbstholz besteht; ersteres ist weicher, lockerer und heller als letzteres. Die inneren, älteren Ringe bilden das Kernholz, die äußeren das jüngere Splintholz. Der Schnitt in der Stammrichtung ergibt das Langholz, der Schnitt senkrecht hierzu Hirnholz. Im Durchschnitt schwankt der Wassergehalt des Holzes zwischen 27—61%. Die Farbe ist ebenfalls sehr verschieden, von gelblichweiß bis tiefschwarz (Ebenholz). Laubholz hat infolge seines Gerbsäuregehaltes einen säuerlichen, Nadelholz durch sein Harz einen terpentinartigen Geruch. — Am härtesten ist das Pockholz, das vielfach zu Lagern im Maschinenbau benutzt wird. Andere harte Hölzer sind Eiche, Esche, Ulme, Buche. Halbharte Hölzer: Ahorn, Erle, Lärche, Kiefer, Birke, und weiche Hölzer: Fichte, Tanne, Linde, Pappel. Nach dem spezifischen Gewicht bezeichnet man als schwere Hölzer: Eiche, Esche, Buche, Pockholz, Pitchpine ¹⁾, Erle, Lärche, Kiefer, Ulme. Als leichte Hölzer: Tanne, Fichte, Pappel, Linde. Der Kork, welcher aus dem Stamm der Korkeiche gewonnen wird (Spanien), findet wegen seiner Wasserdichtigkeit zur Herstellung von Stopfen Verwendung, wegen seines geringen spezifischen Gewichts zu Bojen, Schwimmgürteln und Rettungsboten und wegen seiner schlechten Wärmeleitung als Isoliermaterial für Dampfleitungen. Endlich wird er wegen seiner Elastizität als Unterlage für Ambosse und Maschinenfundamente gebraucht (Verringerung der Erschütterung). Korkabfälle benutzt man zur Herstellung von Korksteinen und Linoleum.

Das zu Bauzwecken benutzte Holz wird in der saftärmsten Zeit (Spätherbst) gefällt und entrindet, dann zweckmäßig mit Wasser ausgelaut (Flößerei), um die Stoffe daraus zu entfernen, die nachher ein Faulen des Holzes veranlassen könnten. Das so vorbereitete Holz wird

¹⁾ Pitchpineholz dient zum Bau der Tröge für elektrolytische Prozesse.

entweder an der Luft oder in besonderen erwärmten Trockenkammern getrocknet, um das nachherige Schwinden zu vermeiden.

Um möglichst glatte Holzflächen zu bekommen, werden dieselben nach dem Hobeln mit der Ziehklinge, einem scharfkantigen Stahlblech, abgezogen und mit Sandpapier oder Bimsstein, oft unter Zuhilfenahme von Öl oder Talg, geschliffen. Hochglanz erhält man durch die Wachs- oder Schellackpolitur. Erstere besteht in einer Behandlung mit Wachs und Terpentin (Bohnermasse), bei letzterer wird das Holz mit einer Lösung von Schellack in Spiritus behandelt. Die Beizen verleihen dem Holz eine andere Farbe, z. B. Salpetersäure gelb, Ammoniak braun. In vielen Fällen wird auch mit Ölfarben (in Leinöl) angestrichen, z. B. die Holzmodelle für die Gießerei. Diese Modelle müssen aus besonders trockenem Holz derartig zusammengefügt sein, daß sie sich weder verziehen noch merkbar schwinden. Da nun das Holz in seiner Faserichtung am wenigsten schwindet, so muß mit dieser das Hauptmaß des Modells zusammenfallen.

Von besonderer Bedeutung ist der Schutz des Holzes gegen Feuer, Wurmfraß, Hausschwamm und Fäulnis. Gegen Feuer empfiehlt sich ein Anstrich mit Wasserglas und Kreide. Gegen Wurmfraß benutzt man Anstriche mit kochender Seifenlauge. Der Hausschwamm, eine Pilzbildung, bedingt durch Feuchtigkeit, wird hauptsächlich durch Teerpräparate beseitigt, ebenso durch Borsäure, Zinkchlorid u. a. m. Um Eisenbahnschwellen, Telegraphenmaste usw. vor Fäulnis zu schützen, werden die gut ausgelaugten Hölzer erst mit Dampf behandelt, dann in Kesseln luftleer gepumpt und die leeren Holzporen mit konservierenden Flüssigkeiten gefüllt, wie Karbolinum und Chlorzink, Kupfervitriol, Eisenvitriol, Aluminiumsulfat, Sublimat u. a. m.

Die Cellulose ist auch das Ausgangsmaterial für die Papierfabrikation und die Herstellung der Schießbaumwolle.

Zur Papierfabrikation wird das feinst zerkleinerte Holz (Holzschliff) in Druckkesseln mit Natronlauge gekocht, dann mit Chlorkalk in einem als Holländer bezeichneten Apparat gebleicht und das so erhaltene in Wasser suspendierte Produkt mit einem zweiten gemischt, das aus Hadern und Lumpen (Baumwolle und Leinen) in ganz ähnlicher Weise gewonnen wird (dies war früher das einzige Ausgangsmaterial zur Papierfabrikation). Der so entstehende Papierbrei wird auf der Papiermaschine weiter verarbeitet, in der er auf dem Maschinensieb, einem breiten Band ohne Ende aus Messingdrahtnetz, zur Papiermasse erstarrt, die dann, über ein System von Trocken- und Preßwalzen geführt, am Ende der Maschine angelangt als breites Band auf einer Rolle aufläuft und dabei meistens schon durch entsprechend gestellte Messer auf Format geschnitten wird. Das sogenannte Büttenpapier wird durch Hand mit Hilfe des Schöpfrahmens, in dem sich ein Sieb befindet, aus dem Papierbrei geschöpft (Luxuspapier). — Da eine nachträgliche

Färbung des Papiers unmöglich ist, so müssen die Farbstoffe für Buntpapier schon dem Brei zugesetzt werden. Das Schreibpapier ist geleimt mit Hilfe des Zersetzungsproduktes des Kolophoniums mit Soda (Harzseife), nebst Zusatz von Aluminiumsulfat. Ungeleimt ist z. B. das Löschpapier. Ein gutes Zeichenpapier soll besonders fest und zähe sein und muß die Tusche leicht annehmen. — Das durchscheinende Pergament- oder Pauspapier erhält man aus ungeleimtem Papier durch Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure. Die Pausleinewand wird aus weißem Baumwollbattist erhalten durch Behandlung mit Alaunlösung sowie harzigen und öligen Stoffen. Ähnlich der Papierfabrikation ist die Herstellung der Pappe.

Durch Behandlung von Cellulose mit einem Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure entsteht die Schießbaumwolle, die zur Herstellung rauchlosen Pulvers, sowie als Torpedomunition benutzt wird. Die sogenannten Sicherheitssprengstoffe, von zum Teil sehr komplizierter Zusammensetzung, die in den Steinkohlengruben gegenüber Schwarzpulver und Dynamit bei Schlagwettern eine größere Sicherheit bieten, enthalten vielfach Schießbaumwolle, z. B. Karbonit, Donarit u. a. m. — Die Schießbaumwolle löst sich in Äther zu Collodium (früher zur Herstellung von photographischen Platten benutzt), in Amylacetat zu Zaponlack (vgl. Metallkonservierung). In Kampfer löst sich Schießbaumwolle zu Celluloid auf, einer elastischen, abwaschbaren, schwer zerbrechlichen Masse, die als Ersatz für Horn und Elfenbein dient, zur Herstellung von Kämmen, Rechenschieberskalen, Messergriffen, Klischees, Uhrkapseln, elektrischem Isoliermaterial, Akkumulatorengefäßen, Wassermessern, photographischen Platten und Films für Kinematographenapparate. Mit Rücksicht auf die große Feuergefährlichkeit des Celluloids ersetzt man es jetzt für viele Zwecke durch „Cellit“, einem von den Elberfelder Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. aus der Cellulose dargestellten Produkt (sogenannte Acetylcellulose). Die verschiedenen Cellitsorten sind teilweise schwer, teilweise überhaupt nicht entzündlich. Die sehr dehnbaren und dabei vollkommen durchsichtigen Massen bieten auch für viele Zwecke einen Ersatz für Glas, Gelatine, Gummi, Leder usw. Besonders benutzt man Cellit statt der Seidenumspinnung bei elektrischen Leitungsdrähten und statt Celluloid bei Kinofilms (geringere Feuersgefahr).

6. Leder und Leim.

Die tierische Haut besteht aus drei Schichten: der an der Innenseite gelegenen Unterhaut, der Lederhaut (Corium) und der Oberhaut (Epidermis). Die Lederhaut, welche am dicksten ist, dient zur Herstellung des Leders; beim Eintrocknen der Fasern wird sie durch einen in ihr enthaltenen Eiweißstoff Coriin verkittet. Durch die Gerberei

wird verhindert, daß die Haut beim Trocknen ihre Geschmeidigkeit verliert. Vorwiegend benutzt man Rinder-, Ochsen-, Kuh- und Büffelhäute, die zunächst mit Kochsalz und Karbolsäure konserviert, aufgestapelt, dann tagelang mit Wasser gewaschen werden. Die Entfernung der Unter- und Oberhaut erfolgt durch Gärung bzw. Einwirkung von Kalkmilch; so vorbereitet werden die Häute gegerbt.

a) Loh- oder Rotgerberei. Die Häute werden abwechselnd mit Schichten des Gerbstoffs (Eichen-, Fichtenrinde oder Quebrachoholz) in Gruben gebracht und mit Wasser begossen (sogenannte Lohgruben). Der Prozeß muß mehrmals wiederholt werden.

b) Schnellgerberei. Die Häute werden in Gerbstofflösungen gehängt, wodurch die Einwirkung wesentlich schneller erfolgt.

c) Mineralgerberei. Statt der Gerbstoffe verwendet man Aluminium- und Chromsalze.

d) Sämischerberei. Es wird das Leder mit Tran und Pottaschelösung gegerbt, wobei das bekannte weiche Waschleder entsteht.

Das Leder für Treibriemen wird durch Loh- oder Chromgerberei hergestellt und mit einem Gemisch von Talg und Stearin eingefettet. Am geeignetsten für Treibriemen sind die Mittelrückenstücke der Haut junger Ochsen. Zusammengesetzte Riemen werden geleimt oder wohl auch durch Krallen und Knebel verbunden. Die Fleischseite der einfachen Riemen soll immer die Transmissionsscheibe berühren, weil dies den Beanspruchungsverhältnissen am besten entspricht. Die Riemen müssen häufig neu eingefettet werden. In Betriebsräumen, in denen viel Dampf und hohe Temperatur herrscht, sind Kamelhaar- und Baumwollriemen geeigneter ¹⁾.

Um aus den Knorpeln und Lederabfällen der Gerberei den Leim, ein Eiweißprodukt, zu gewinnen, behandelt man dieselben mit Kalkmilch, wodurch Fette und Fäulnisprodukte entfernt werden. Dann wird der Kalk herausgespült und der Rückstand in geschlossenen Gefäßen durch Einleiten von Wasserdampf gelöst, die Lösung eingedampft und in Formen zum Erstarren gebracht. Der so entstehende Lederleim ist besser als der Knochenleim, der aus den Knochen durch Einwirkung von Wasserdampf gewonnen und im übrigen genau wie Lederleim weiterverarbeitet wird. Die Güte des Leims erkennt man an dem Grade des Aufquellens im Wasser und seiner Klebkraft. Durch Leinölfirnis wird er wasserbeständig. Dem Leim für Treibriemen setzt man etwas

¹⁾ Die Lederstulpen für Dichtungen werden aus Chromleder hergestellt, das man mit Glycerin oder Wasser aufgeweicht über Metall- oder Holzformen preßt und trocknet. Rohhaut, ein aus präparierten Büffelhäuten erhaltenes Produkt, ist zäher und dauerhafter, aber auch bedeutend teurer als Leder. — Rohhaut dient zur Dichtung hydraulischer Apparate, ferner zur Herstellung der Rohhautscheiben (durch Zusammenpressen unter hohem Druck), die sich dann genau wie eiserne Scheiben bearbeiten lassen, zur Anfertigung von Zahnrädern für möglichst geräuschlosen Gang (Rohhautritzel).

Glyzerin und Kaliumbichromat zu. Flüssiger Leim ist ein von Fischen stammendes Produkt (Hausenblase). Behandelt man Leim mit Schwefeldioxyd, so entsteht die Gelatine, die im Gegensatz zum Leim fast farblos ist (Hektographenmasse, photographische Platten). Mit Chromsalzen entsteht die Chromgelatine, die an belichteten Stellen wasserunlöslich wird. Anwendung zur Herstellung von Klischees.

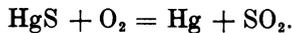
IX. Die metallischen Gebrauchsmaterialien.

A. Halbedle und edle Metalle.

1. Das Quecksilber.

Halbedle Metalle sind solche, die nur geringe Affinität zum Sauerstoff haben, aber in einfachen Säuren (Salpetersäure) löslich sind, die Edelmetalle zeigen gleiches Verhalten gegen Sauerstoff, sind jedoch nur im Königswasser löslich. — Halbedel sind Quecksilber und Silber, Edelmetalle dagegen Gold, Platin, Iridium, Osmium, Palladium.

Das Quecksilber Hg findet sich im Zinnober HgS, Schwefelquecksilber (Spanien), aus dem es durch Rösten (Erhitzen unter Luftzutritt) gewonnen wird.



Der den Röstöfen entströmende Quecksilberdampf wird in Kammern oder Kühlröhren kondensiert. Das so entstehende rohe Quecksilber, das noch etwas Kupfer, Blei, Zinn und Zink enthält (die dadurch gebildeten Quecksilberlegierungen, Amalgame genannt, scheiden sich in Form eines Häutchens auf dem Quecksilber aus), wird durch langsames Durchtropfen durch ein mit Salpetersäure gefülltes Rohr gereinigt (Fig. 64).

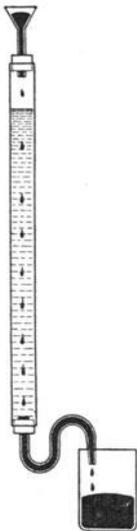


Fig. 64. Quecksilberreinigung.

Das reine Quecksilber ist silberweiß glänzend; Schmelzpunkt $-39,5^\circ$, Siedepunkt $+357^\circ$, spezifisches Gewicht 13,595. — Es wird als Sperrflüssigkeit für Gase benutzt, die vom Wasser absorbiert werden (Ammoniak), ferner zur Füllung von Thermometern, Barometern, Manometern und für die Quecksilberluftpumpe. In der Elektrotechnik dient es zu Kontakten; der Widerstand einer mit Quecksilber gefüllten Kapillarröhre von 106 cm Länge und 1 qmm Querschnitt ist bei 0°C gleich 1 Ohm. Jede Berührung des Quecksilbers mit Metallen muß vermieden werden, da es sich mit diesen sofort zu Amalgamen legiert. — Zinnamalgam, das früher zu Spiegelbelägen diente, ist wegen der großen Giftigkeit des Quecksilbers (das gleiche gilt von seinen sämtlichen Verbindungen) durch Silber ersetzt worden. Goldamalgam dient zur Feuervergoldung. — Das Queck-

silber tritt in seinen Verbindungen ein- und zweiwertig auf. HgNO_3 , Mercuronitrat entsteht durch Einwirkung verdünnter, kalter Salpetersäure auf Quecksilber, Mercurinitrat $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dagegen bei Einwirkung heißer konzentrierter Salpetersäure. Durch Einwirkung von Kochsalzlösung auf diese Salze entsteht Mercurchlorid Hg_2Cl_2 Kalomel bzw. Mercurichlorid HgCl_2 , Sublimat (Holzkonservierungsmittel). Mercuronitrat mit Kalilauge gibt Quecksilberoxydul Hg_2O , ein schwarzes Pulver; Mercurioxyd HgO , ein rotes Pulver, entsteht dagegen, wenn man das Quecksilber lange an der Luft erhitzt. — Durch Einwirkung von Alkohol auf Mercurinitrat entsteht Knallquecksilber $\text{C}_2\text{HgN}_2\text{O}_2$, das zur Herstellung von Zündhütchen und Zündern bei Dynamit benutzt wird.

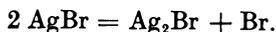
2. Das Silber.

Das Silber Ag findet sich, außer in den Bleierzen, vorwiegend in Form seiner Schwefelerze (Mexiko), aus denen es früher durch Amalgamation gewonnen wurde, d. h. durch Behandlung der Erze mit Quecksilber und Destillation des entstehenden Amalgams, wobei das Quecksilber verdampft und das Silber zurückbleibt. Man benutzt jetzt mehr das Cyanverfahren, bei dem das Erz mit Cyannatrium NaCN ausgelaugt und das entstehende Doppelsalz von Natrium-Silbercyanid $\text{AgCN} + \text{NaCN}$ durch Zink (Affinitätswirkung) oder auf elektrolytischem Wege zersetzt wird. Die größten Mengen Silber werden aus dem Werkblei durch den Treibprozeß (vgl. S. 108) gewonnen. Das Silber hat eine rein weiße Farbe, spezifisches Gewicht 10,5, Schmelzpunkt 1000° . Es läßt sich gut bearbeiten, besonders außerordentlich fein auswalzen (Silbertressen); in Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure ist es löslich, an der Luft gut haltbar, nur Schwefelwasserstoff greift es an (Schwarzfärbung). Als bester Leiter für Wärme und Elektrizität findet es bei Kalorimetern und elektrischen Meßinstrumenten eine vielseitige Verwendung. — Die deutschen Silbermünzen enthalten 900 Teile Silber auf 100 Teilen Kupfer, wir sagen der Feingehalt beträgt 900.

Das Silber tritt in seinen Salzen AgNO_3 und AgCl usw. einwertig auf; am wichtigsten ist das Silbernitrat. — Die elektrolytische Versilberung erfolgt mit Hilfe des erwähnten Cyandoppelsalzes. Zur Herstellung der Silberspiegel auf Glas werden 4 g kristallisiertes Silbernitrat in einer Porzellanschale mit Ammoniak begossen, bis Lösung eintritt; dann fügt man 1 g Ammoniumsulfat hinzu und verdünnt mit 350 g destilliertem Wasser. Zu dieser Lösung fügt man unmittelbar vor Gebrauch die Auflösung von 1,2 g Traubenzucker (dieser wirkt reduzierend) in 350 g destilliertem Wasser, dem noch 3 g Ätzkali zugesetzt sind. Schüttet man das so erhaltene Gemisch auf eine vorher gut gereinigte Glasplatte, so scheidet sich auf dieser der Silberspiegel aus, den man vor Zerstörungen dadurch schützt, daß man die Rückseite mit einer Lösung von Harz überzieht.

Chlor-, Brom- und Jodsilber sind, wie erwähnt, lichtempfindlich und finden deswegen in der Photographie eine ausgedehnte Anwendung.

Die photographische Platte enthält meistens das Bromsilber in einer Gelatineschicht fein verteilt. Bei der Belichtung in dem photographischen Apparat wird nun das Silberbromid AgBr in Silberbromür Ag_2Br verwandelt:



An den belichteten Stellen bilden sich, je nach Grad der Belichtung, mehr oder weniger Moleküle Silberbromür. — Die chemische Behandlung der Platte besteht nun im Entwickeln und Fixieren (Dunkelkammerprozesse).

Das Entwickeln beruht darauf, das entstandene Silberbromür in metallisches Silber überzuführen (reduzieren). Man kann hierzu das Eisen-Kaliumdoppelsalz der Oxalsäure $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ benutzen. Dieselbe findet sich im Sauerklee und Sauerampfer; ihre Salze nennt man Oxalate. Da Kaliumoxalat, auch Kleesalz genannt, dient zum Entfernen von Tintenflecken. Das erwähnte Kalium-Eisendoppelsalz, Kaliumferrooxalat $\text{K}_2\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2$ reduziert die photographische Platte, indem es sich selbst in Kaliumferrioxalat $\text{K}_3\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3$ verwandelt:



Das metallische Silber scheidet sich als schwarze Masse auf der Platte aus, und zwar um so dichter, je stärker die betreffende Stelle belichtet ist. — Die nach dem Entwickeln gut gewaschene Platte wird dann fixiert, d. h. von dem unzersetzten, lichtempfindlichen Silberbromid befreit, durch Behandlung mit einer Lösung von Natriumthiosulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.



Nach gründlichem Waschen und Trocknen der Platte ist das negative Bild, das sogenannte Negativ, fertig. Zur Herstellung des positiven Bildes wird ein mit Silberchlorid präpariertes Papier unter dem Negativ im Kopierrahmen belichtet und macht nachher einen entsprechenden chemischen Prozeß durch, wie das Negativ. Beim letzteren sind die belichteten Stellen also dunkel, beim Positiv dagegen hell.

Zur Herstellung von Druckbildern wird der betreffende Gegenstand, wie erwähnt, mit Chromgelatineplatten aufgenommen, deren belichtete Teile wasserunlöslich werden. Das beim Auswaschen entstehende Relief wird auf Gips übertragen, letzterer mit Graphit eingerieben, um ihn leitend zu machen, und dann als Kathode in ein galvanisches Bad gehängt, dessen Elektrolyt aus Kupfervitriol und dessen Anode aus reinem Kupfer besteht. Beim Durchleiten des Stromes

schlägt sich das Kupfer auf der Gipsform nieder, und so entsteht das Klischee, das, zur Erhöhung der Festigkeit noch häufig vernickelt, zum Drucken gebraucht wird.

3. Das Gold.

Das Gold Au, das sich fast nur gediegen findet (Südafrika, Kalifornien), wird ähnlich wie das Silber teils durch Amalgamation, teils durch das Cyanlaugeverfahren gewonnen als gelbes, sehr dehnbares Metall (Goldtressen), das sowohl mit Silber (gelb) als auch mit Kupfer (rötlich) legiert wird. Unsere Goldmünzen enthalten 900 Teile Gold und 100 Teile Kupfer. Der Schmelzpunkt des Goldes liegt bei 1050°, sein spezifisches Gewicht ist 19,3. Wegen seiner guten Haltbarkeit an der Luft dient es zu Überzügen auf andere Metalle (Blitzableiter, Kuppeln). Neben der elektrolytischen Vergoldung mittelst seinem Cyandoppelsalzes, ist auch die Feuervergoldung gebräuchlich, bei der das betreffende Metall mit Goldamalgam überzogen und erhitzt wird. Hierbei verdampft das Quecksilber, und das zurückbleibende Gold bildet eine regelmäßige deckende Schicht auf dem unedlen Metall. Bei Auflösung von Gold in Königswasser entsteht Goldchlorid AuCl_3 . Das Gold ist also dreiwertig.

4. Das Platin.

Das Platin Pt und die ihm verwandten Metalle Iridium Ir, Osmium Os und Palladium Pd finden sich gediegen (Ural). Das Rohplatin wird in Königswasser gelöst, wobei Platinchlorid PtCl_4 entsteht (also ist Platin vierwertig). Beim Glühen des Platinchlorids bildet sich fein verteiltes Platin, der sogenannte Platinschwamm, der, wie früher erwähnt, Gase absorbiert (Feuerzeug, Kontaktmasse für Schwefelsäurefabrikation); dieser wird in der Hitze in feuerfesten Tiegeln im Knallgasgebläse geschmolzen, in Barren oder Platten gegossen und letztere zu Blechen oder Drähten ausgewalzt (bis zu außerordentlicher Feinheit).

Das Platin ist ein weißes Metall von großer Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse und Säuren, weswegen es in der chemischen Industrie viel verwendet wird, z. B. Platinretorten zum Eindampfen von Schwefelsäure, ferner zu Blitzableiterspitzen. Dagegen wird Platin von Schwefel, Phosphor, Kohle und Silicium bei höherer Temperatur angegriffen, ebenso legiert es sich leicht mit anderen Metallen. — Die Elektrotechnik verwendet das Platin bei den Glühlampen, um die Leitung durch das Glas hindurch zu ermöglichen, was mit keinem anderen Metall möglich wäre, da nur das Platin einen Ausdehnungskoeffizienten besitzt, der ein Einschmelzen in Glas zuläßt. Auch zu Elektroden benutzt man das Platin und zu elektrischen Kon-

takten (Leitfähigkeit 0,08 von der des Silbers). — Die anderen dem Platin verwandten Metalle werden ganz ähnlich wie dieses gewonnen. Iridium wird zu vielen Zwecken mit Platin legiert ¹⁾. Iridiumtiegel werden bei der Herstellung des Quarzglases gebraucht. Osmium findet bei gewissen elektrischen Glühlampen (vgl. S. 110) Verwendung. Palladium ist ein sehr gutes Absorptionsmittel für Gase. Tränkt man Fließpapier mit der Lösung eines Palladiumsalzes, so kann man das erhaltene Palladiumpapier zum Nachweis von Kohlenoxyd verwenden, weil letzteres als gutes Reduktionsmittel das betreffende Salz zersetzt und schwarzes Palladium auf dem Papier ausscheidet.

Schmelzpunkte und spezifische Gewichte der Platinmetalle.

Metall	Schmelzpunkt	Spezifisches Gewicht
Platin	1775 °	21,5
Iridium	2000 °	22,4
Osmium	2500 °	22,5
Palladium	1435 °	11,5

B. Unedle Metalle, mit Ausnahme des Eisens.

1. Das Aluminium.

Aluminium Al (dreiwertig) ist das verbreitetste Metall, es nimmt zu ca. 8% am Aufbau der Erde teil. Es findet sich in allen Tönen und in den

meisten Gesteinen, ferner in Form des Oxyds Al_2O_3 (Tonerde) unter den Namen Bauxit, Schmirgel²⁾, Rubin, Saphir (Edelstein) und im Kryolith Na_3AlF_6 . Zur Gewinnung des Aluminiums wird gereinigter Bauxit und Kryolith in den elektrischen Ofen von Hall-Hérout gebracht. Derselbe besteht (Fig. 65) aus dem eisernen Kasten K, der mit Kohlenmasse N ausgefüllt ist, und dient als Kathode, das Kohlenbündel P als Anode; dasselbe kann beliebig tief eingesenkt werden.

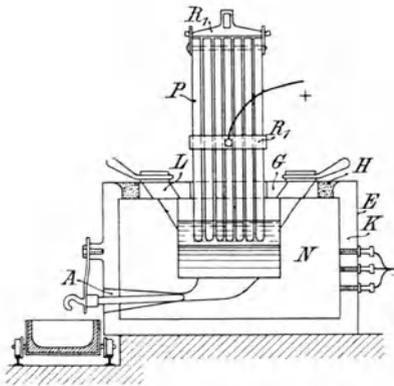


Fig. 65. Hall-Héroutofen.

Bei A wird das erhaltene Metall abgestochen. Bei dem Prozeß vereinigt sich der Sauerstoff der Rohmaterialien mit dem Kohlenstoff der Anode.

¹⁾ Das Normalmetermaß in Paris besteht aus 90% Platin und 10% Iridium.

²⁾ Korund.

Das Aluminium ist ein weißes, stark dehnbares Metall (sehr dünne Bleche und Drähte), das sich an der Luft gut hält, nachdem es sich mit einer dünnen, die darunter liegenden Teile schützenden Oxydschicht überzieht. Spezifisches Gewicht 2,6, Schmelzpunkt 658°. Dicke Stücke oxydieren beim Erwärmen nur allmählich, dünne Aluminiumblättchen dagegen verbrennen mit blendend weißem Licht zum Oxyd. In Säuren ist es besonders beim Kochen löslich. Man gebraucht das Aluminium zu folgenden Zwecken:

- a) wegen seiner Leichtigkeit zum Bau von Motorballons (Zeppelin), für die Gehäuse von Luftschiff- und Automobilmotoren, für militärische Monturstücke und zerlegbare Boote für den Tropendienst. Wegen seiner geringen Festigkeit ist seine Anwendung zu Konstruktionszwecken eine sehr beschränkte;
- b) wegen seiner hohen Verbrennungswärme von 7200 WE. zum Thermitschweißverfahren (vgl. S. 138);
- c) zur Herstellung der Legierungen Magnalium und Aluminium-bronze;
- d) als Stahlzusatz (vgl. S. 122).

2. Arsen, Antimon und Wismut.

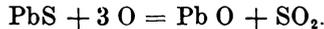
Arsen As und Antimon Sb sind zwei vielfach zu Legierungen verwandte Metalle, die sich in der Natur in Form ihrer Schwefelerze finden, und zwar Arsen im Arsenkies und Realgar, Antimon im Grauspießglanzerz. Erwärmt man Arsenkies unter Luftabschluß, so entsteht das metallische Arsen als grauschwarze Masse, sehr giftig, spezifisches Gewicht 5,73. Erhitzt man dagegen unter Luftzutritt, so entsteht das Arsentrioxyd As_2O_3 oder Arsenik, als weißes, sehr giftiges Pulver (Konservierungsmittel für zoologische Präparate, Bestandteil des Schweinfurter Grüns). — Antimon erhalten wir durch Rösten des Grauspießglanzerzes und Reduktion des gebildeten Oxydes Sb_2O_3 mit Kohle. Es ist ein glänzendes, bläulichweißes Metall, an der Luft gut haltbar, spezifisches Gewicht 6,7, Schmelzpunkt 625°. Sein zum Rotfärben des Kautschuks und zur Zündholzfabrikation gebrauchtes Sulfid ist Sb_2S_3 Schwefelantimon. In Königswasser löst sich Antimon zu $SbCl_3$ Antimonchlorid. Der zur Elektrolyse benutzte Brechweinstein ist Kalium-Antimontartrat (Salz der Weinsäure, Kaliumtartrat ist der in Weinfässern entstehende Weinstein). Arsen und Antimon (drei- und fünfwertig) werden zu elektrolytischen Metallfärbungen gebraucht.

Ein zur Arsen- und Antimongruppe gehöriges Metall ist auch das Wismut Bi, das meist gediegen vorkommt. Es ist von grauer, etwas rötlich schimmernder Farbe, stark glänzend, spröde, guter Elektrizitäts-, aber schlechter Wärmeleiter, spezifisches Gewicht 9,8, Schmelzpunkt 270°.

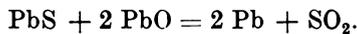
Es findet bei Thermoelementen und zur Herstellung von Legierungen Verwendung. Beim Erstarren dehnt es sich stark aus. Es ist dreiwertig und fünfwertig.

3. Das Blei.

Das Blei Pb findet sich hauptsächlich im Bleiglanz PbS, der beim Rösten im Flammofen (Fig. 66) in Bleioxyd PbO übergeht:



Das Bleioxyd (Bleiglätte) mit einer neuen Menge Bleiglanz erhitzt bildet metallisches Blei:



Das so entstandene Roh- oder Werkblei wird in das Rein- oder Weichblei übergeführt durch Oxydation mittelst Gebläsefeuers im Treibherd (Fig. 67). Hierbei fließt die entstehende Bleiglätte durch eine besondere Rinne ab, und das Silber bleibt zurück (mitunter auch Gold). Durch neues Erhitzen mit Kohle wird dann die Bleiglätte zu metallischem Blei (Frischblei) reduziert.

Das Blei ist ein blaugraues, glänzendes, sehr giftiges Metall, zwei- und vierwertig, Schmelzpunkt 327° , spezifisches Gewicht 11,34; es ist so weich, daß es im kalten Zustand zu Platten gewalzt und zu Röhren gepreßt werden kann. Zu Wasserleitungsröhren muß es innen verzinkt werden. Sonst braucht man es, außer

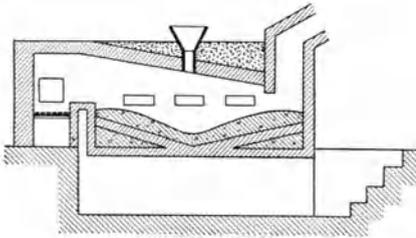


Fig. 66. Flammofen zur Bleigewinnung.

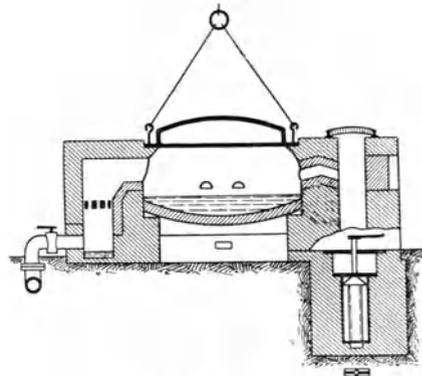


Fig. 67. Treibherd.

zu Legierungen, zu Blechen(Dächer) und Drähten, namentlich in der chemischen Industrie, für Akkumulatoren, als Schutzhülle für elektrische Kabel, zu Befestigungen von Schrauben und Eisenstäben in Stein und zu Rohrdichtungen.

In Salpetersäure und Essigsäure ist das Blei leicht löslich, Schwefelsäure dagegen greift es nur in sehr konzentrierter Form an (vgl. Bleikammerprozeß zur Schwefelsäurefabrikation). An der Luft überzieht es sich mit einer Schicht von grauem, basischem Bleikarbonat, das das

darunter liegende Metall vor der zerstörenden Einwirkung der atmosphärischen Luft schützt.

Das Blei bildet drei Oxyde, nämlich:

PbO Bleioxyd oder Bleiglätte, ein rötlichgelbes Pulver, das zu Kitten und Glasuren gebraucht wird;

Pb_3O_4 Bleioxydoxydul oder Mennige, ein rotes Pulver, das als Anstrichfarbe und zum Rostschutz benutzt wird, sowie zur Dichtung von Gewinden;

PbO_2 Bleisuperoxyd, ein braunes Pulver, das beim Akkumulator Verwendung findet.

Der Vorgang beim Akkumulator ist folgender: Zunächst stehen die beiden Bleiplatten (Elektroden) in der verdünnten Schwefelsäure (spezifisches Gewicht 1,18), wodurch sich Bleisulfat $PbSO_4$ auf den Platten bildet. Nach der Theorie von Liebenow wird beim Laden das Bleisulfat zersetzt, es entstehen Schwefelsäure- und Bleiionen sowie unter Mitwirkung des Wassers Bleisuperoxyd- und Wasserstoffionen, die sich wie folgt umsetzen:

a) Anode (braune Platte) : $PbSO_4 + 2 H_2O + SO_4 = PbO_2 + 2 H_2SO_4$,

b) Kathode (graue Platte) : $PbSO_4 + H_2 + = Pb + H_2SO_4$.

Beim Entladen wird wieder Bleisulfat an beiden Platten gebildet:

a) Anode (braune Platte) : $PbO_2 + H_2SO_4 + H_2 = PbSO_4 + 2 H_2O$,

b) Kathode (graue Platte) : $Pb + SO_4 = PbSO_4$.

Statt erst durch häufiges Formieren an der Anode PbO_2 zu erzeugen, stellt man letztere besser aus einem Gitter her, dessen Zwischenräume mit PbO_2 gefüllt werden (alles Nähere vgl. elektrotechnische Lehrbücher).

Von den Bleiverbindungen haben einige als Farbstoffe Interesse, namentlich das basische Bleikarbonat $2 PbCO_3 + Pb(OH)_2$, als Bleiweiß, das durch Auflösen von Bleiglätte in Essigsäure und Zersetzung des gebildeten Acetates mit Kohlendioxyd entsteht. Es ist eine ausgezeichnete Deckfarbe, die aber sehr giftig ist, weswegen man versucht, sie durch weniger schädliche Anstrichfarben zu ersetzen, was aber bisher noch nicht in befriedigender Weise gelungen ist. — Bleichromat, das aus Bleiacetat und Kaliumchromat entsteht, $PbCrO_4$, ist eine als Chromgelb viel benutzte Farbe.

4. Das Chrom.

Aus dem Chromeisenstein $FeCr_2O_4$ gewinnt man das metallische Chrom Cr, indem man das Erz mit Soda röstet und das erhaltene Produkt auslaugt, dann mit Schwefelsäure behandelt, wodurch das Natriumbichromat $Na_2Cr_2O_7$ entsteht, das ebenso wie das entsprechende Kalium-

salz ein gutes Oxydationsmittel ist (Verwendung beim Chromsäureelement, zur Ledergerberei und zur Herstellung der Chromgelatine). Das Natriumbichromat wird durch Schmelzen mit Schwefel in Chromoxyd Cr_2O_3 übergeführt und letzteres mit Kohle oder im elektrischen Ofen von Borchers oder mittelst des Aluminiums (vgl. Thermitverfahren) in das metallische Chrom übergeführt. Es ist ein weißes, sehr stark glänzendes Metall, spezifisches Gewicht 7, das gegen atmosphärische und chemische Einflüsse beinahe so widerstandsfähig wie die Edelmetalle ist. Man setzt es entweder rein oder in Form von Ferrochrom (Eisenchromlegierung) dem Eisen zu, dessen Härte dadurch bedeutend erhöht wird. Ferrochrom kann man auch direkt aus dem Chromeisenstein darstellen, indem man dieses Erz mit Holzkohle, Kolophonium, Glasscherben und Quarzsand gemischt in feuerfesten Tiegeln im Generatorofen erhitzt; durch die eintretende Reduktion entsteht dann Ferrochrom. Dem Chrom verwandte Elemente sind Wolfram W und Molybdän Mo, die, aus ihren Erzen durch ähnliche Prozesse gewonnen, ebenfalls zur Erhöhung der Härte dem Stahl zugesetzt werden. Molybdän ist ein weißes, sprödes, an der Luft gut haltbares Metall vom spezifischen Gewicht 9. Das Wolfram ist grau, ebenfalls an der Luft gut haltbar, vom spezifischen Gewicht 19,1. Das wolframsaure Natrium Na_2WO_4 findet zur Imprägnation von Geweben Verwendung, um dieselben vor dem Entflammen zu schützen. Neuerdings werden beide Metalle für sich allein oder in Verbindung miteinander oder auch mit Osmium bei gewissen elektrischen Glühlampen benutzt (Sirius-, Wolfram-, Osramlampe), und zwar wird das pulverige Metall mit einem Bindemittel zu Fäden gepreßt, diese getrocknet und nach einer im einzelnen verschiedenen Vorbereitung in der Glühlampe befestigt. Andererseits findet auch das Tantal Ta zu Glühlampen Verwendung, ein über 2000° schmelzendes Metall, das aus seinen Verbindungen im elektrischen Ofen gewonnen und zu feinen Drähten ausgewalzt wird, die man in der Glühlampe benutzt. Es zeigt eine dunkelgraue Farbe, spezifisches Gewicht 17, auch besitzt es große Härte und Festigkeit.

Dem Eisen werden Molybdän, Wolfram und das bereits früher erwähnte Cer meist in Form von Legierungen (Ferrowolfram) zugesetzt, auch das Metall Mangan Mn (Vorkommen als Braunstein MnO_2) findet die gleiche Verwendung (Ferromangan). Reines Mangan erhält man aus Braunstein durch Reduktion mit Aluminium (vgl. Thermitverfahren). Die bekannteste Manganverbindung, KMnO_4 übermangansaures Kalium oder Kaliumpermanganat, entsteht beim Zusammenschmelzen von Braunstein und Ätzkali, als rotes, in Wasser leicht lösliches Produkt von starker Oxydationswirkung.

5. Das Kupfer.

Das Kupfer Cu wird aus dem Kupferkies CuFeS_2 durch wiederholtes Rösten gewonnen und nachheriger Reduktion der entstandenen Sauerstoffverbindung mit Kohle. Das so erhaltene Rohkupfer wird elektrolytisch gereinigt, durch Einhängen als Anode in ein elektrolytisches Bad von Kupfervitriollösung; an der kupfernen Kathode schlägt sich dann das reine Kupfer nieder.

Das Kupfer hat die charakteristisch rote Farbe und zeigt starken Metallglanz, spezifisches Gewicht 8,9, Schmelzpunkt 1080° . Es ist sehr zähe und läßt sich schlecht gießen, dagegen gut schmieden, schweißen und walzen. Da es, nächst dem Silber, der beste Leiter für Wärme und Elektrizität ist, so findet es vorwiegend in der Heizungsindustrie und Elektrotechnik Verwendung. — An der Luft überzieht es sich mit einer die darunter liegenden Metallteile schützenden Schicht von basisch kohlen-saurem Kupfer $\text{CuCO}_3 + \text{Cu(OH)}_2$, der sogenannten *Patina*, fälschlich auch als Grünspan bezeichnet, d. i. basisch essig-saures Kupfer. Alle Kupferverbindungen sind giftig; Kupfergeschirre werden daher innen verzinkt (vgl. S. 133). Im einzelnen findet das Kupfer folgende Verwendungen: zu Legierungen (in allen Münzen), Dacheindeckungen, Schiffsbeschlägen, Druckwalzen, Kunstschmiedearbeiten, Kesseln, Destillierblasen, Feuerbüchsen für Lokomotiven, elektrischen Leitungsdrähten, für viele Einzelteile von Dynamos und Elektromotoren, in der Galvonoplastik, insbesondere zur Herstellung von Klischees. Wegen seiner äußerst glatten Oberfläche gebraucht man das Kupfer in der Schießpulverfabrikation, z. B. für die Kugeln in den Mischtrommeln (Vermeidung der Entzündungsgefahr, die durch die Reibung bedingt ist).

Das Kupfer ist ein- und zweiwertig. Beim Erhitzen überzieht es sich mit einer schwarzen Schicht von Kupferoxyd CuO (Kupferhammerschlag genannt, nach seiner Entstehung in der Werkstätte). Zunächst bildet sich beim Erwärmen das rote Kupferoxydul Cu_2O , das beim weiteren Erhitzen in das Oxyd übergeht.

Das Kupfer ist in Säuren leicht löslich, mit Ausnahme von chemisch reiner Salzsäure. Zum Beizen des Kupfers, das entweder als solches in den Handel gebracht oder mit einem anderen Metall galvanisch überzogen werden soll, dient 10%ige Schwefelsäure. Es folgt dann die sogenannte Gelbbrenne, d. h. die Gegenstände werden mit einem Gemisch von einem Teil Schwefelsäure und zwei Teilen Salpetersäure (beide konzentriert), mit einem geringen Zusatz von Kochsalz und Ruß behandelt, darauf mit Wasser gespült und in Sägemehl getrocknet. — Zur elektrolytischen Verkupferung gebraucht man Kupferacetat.

6. Das Magnesium.

Das Magnesium Mg findet sich im Magnesit $MgCO_3$ und Dolomit $CaCO_3 + MgCO_3$. Beide geben beim Erhitzen ihr Kohlendioxyd ab, so daß die Oxyde zurückbleiben, die als Magnesit- und Dolomitsteine Verwendung finden. Das Magnesiumoxyd MgO , gebrannte Magnesia, wird außerdem noch bei den Nernstlampen, sowie als ringförmiger Halter für das hängende Gasglühlicht benutzt. — Aus dem Oxyd bzw. dem Karbonat des Magnesiums entsteht durch Einwirkung von Salzsäure das Magnesiumchlorid $MgCl_2$, und wenn man dieses im geschmolzenen Zustand elektrolytisch zersetzt, so erhält man das Magnesium, ein Metall von silberweißer Farbe, spezifisches Gewicht 1,75, Schmelzpunkt 800° , an der Luft gut haltbar. Es wird zu einigen Legierungen gebraucht sowie in Band- oder Pulverform zum Blitzlicht (Bildung von MgO). Es zersetzt das siedende Wasser unter Entwicklung von Wasserstoff. Das Magnesium ist zweiwertig.

7. Das Nickel.

Das Nickel Ni wird durch Rösten des Kupfernickels $NiAs$ gewonnen (das Erz zeigt Kupferfarbe). Das hierbei zunächst entstehende Oxyd wird in Säuren gelöst und dann das Metall elektrolytisch ausgeschieden. — Das Nickel ist silberweiß, an der Luft gut haltbar, spezifisches Gewicht 8,9, Schmelzpunkt 1500° ; bei Temperaturen unter 360° ist es magnetisch. Es läßt sich gut schmieden, walzen und schweißen. — Das Nickel dient zur Herstellung sehr dauerhafter Kochgeschirre, zum Zusatz bei gewissen Stahlsorten (Panzerplatten) und zum Überziehen anderer an der Luft unbeständiger Metalle (elektrische Vernickelung oder Nickelplattierung¹⁾). Das zur elektrischen Vernickelung meist gebrauchte Nickelsalz ist das Nickelammoniumsulfat $Ni(NH_4)_2(SO_4)_2$. Des weiteren gebraucht man das Nickel noch zu verschiedenen Legierungen. — Ein dem Nickel verwandtes Metall ist das Kobalt Co, das ähnlich gewonnen, ebenso wie das Nickel zum Überziehen von Kupferklischees gebraucht wird, um diese härter zu machen. Das Nickel ist zwei- und vierwertig. Es löst sich leicht in Salpetersäure, dagegen schwer in Salz- und Schwefelsäure.

8. Das Zink.

Das Zink Zn findet sich in der Zinkblende ZnS und im Galmei $ZnCO_3$. Beide Erze werden erst durch Rösten in Zinkoxyd ZnO verwandelt, ein weißes Pulver, das unter dem Namen Zinkweiß als Anstrichfarbe (ungiftig) dient. Erhitzt man das Zinkoxyd in Tongefäßen (Muffeln) unter Luftabschluß, so destilliert das metallische Zink in die tönernerne Vorlage über. Eine Zinkmuffel zeigt Fig. 68.

¹⁾ Herstellung von Münzen.

Das Zink ist ein graues Metall, zweiwertig, in Säuren leicht löslich, spezifisches Gewicht 7,2, das bei 412° schmilzt. Zwischen 100–150° läßt es sich gut walzen (Zinkbleche und Drähte), sonst ist es spröde. Es läßt sich auch gießen. An der Luft (und im Wasser) hält es sich gut, nachdem es sich mit einer grauen Schicht von basischem Zinkkarbonat überzogen hat, welches das darunter liegende Metall schützt. Es wird daher zu Dacheindeckungen und Dachrinnen gebraucht¹⁾ sowie zu Eimern und anderen Gefäßen (statt Eisen). Zinkbleche dürfen nur mit verzinkten Nägeln befestigt werden, weil sonst in Berührung mit dem Wasser, sofern es unrein, z. B. salzhaltig ist, zwischen Eisen und Zink ein galvanischer Strom entsteht, der eine Zerstörung des Zinks zur Folge hat. Mit Zink wird auch zum Zwecke des Rostschutzes das Eisenblech überzogen (galvanisiertes Eisen). Amalgamierte Zinkstäbe (durch Eintauchen in Quecksilber) werden bei vielen galvanischen Elementen gebraucht. Bei 300° ist das Zink so spröde, daß es sich pulverisieren läßt. Zinkstaub dient als Anstrichfarbe für Eisen (Rostschutz). An der Luft erhitzt verbrennt das Zink mit blauer Flamme zu Zinkoxyd. In Salzsäure löst sich das Zink zu Zinkchlorid $ZnCl_2$, einem weißen Salz, dessen wässrige Lösung zur Holzimprägnierung und wegen des Lösungsvermögens für Metalloxyde als Lötlösung dient. Das Zink wird ferner zu vielen Legierungen verwendet. Zum gleichen Zwecke gebraucht man das Kadmium Cd, ein in den meisten Zinkerzen vorkommendes Metall von zinnweißer Farbe, spezifisches Gewicht 8,6, Schmelzpunkt 322°, dessen Oxyd braun gefärbt ist. Es wird als Nebenprodukt der Zinkgewinnung erhalten, und zwar destilliert es aus den Muffeln vor dem Zink über.

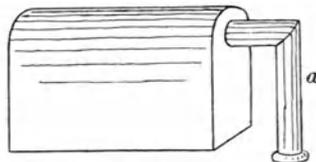


Fig. 68. Zinkmuffel.

9. Das Zinn.

Das Zinn Sn wird aus dem Zinnstein SnO_2 , einem nicht sehr verbreiteten Erz, durch Reduktion mit Kohle im Schachtofen gewonnen, als silberweißes glänzendes Metall (zwei- und vierwertig), spezifisches Gewicht 7,3, Schmelzpunkt 232°, an der Luft gut haltbar. Es ist sehr fein auswalzbar (Stanniol) und findet mit geringem Bleizusatz (maximal

¹⁾ Von großer Wichtigkeit ist die Verwendung des Zinks zur Zinkographie, wohl auch Zinkätzung oder Chemigraphie genannt. Die zu vervielfältigende Zeichnung wird mit einem säurebeständigen Lack auf eine Zinkplatte übertragen und diese dann geätzt, wobei die von der Säure nicht angegriffenen, mit Lack bedeckten Teile die Möglichkeit bieten, die Zeichnung durch Druck zu vervielfältigen. — Auf einem ähnlichen Prinzip beruht die Lithographie (Steindruck), bei der die Zeichnung auf einen Kalkstein (Solnhofen) mit einer säurebeständigen Masse übertragen wird; durch nachherige Ätzung mit Salzsäure tritt die Zeichnung reliefartig hervor.

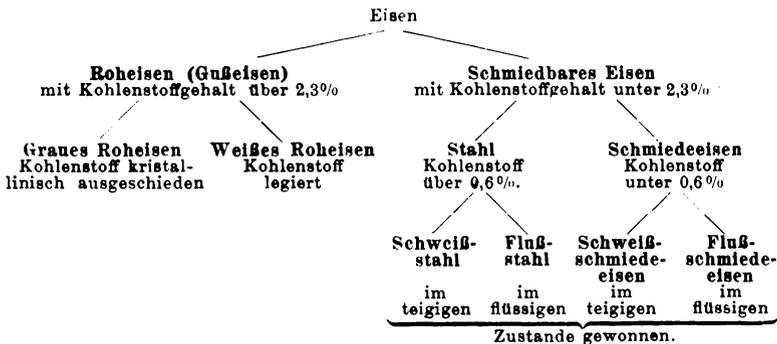
10 % Blei wegen der Giftigkeit), zur Erhöhung der Festigkeit, zu Eß- und Trinkgeschirren Anwendung, ferner zu Destillationsapparaten (Kühl-schlangen), zum Verzinnen von Eisenblech (Weißblech) und von Kupfergeschirren. Bei den gegenwärtigen sehr hohen Zinnpreisen werden Weißblechabfälle wieder elektrolytisch entzint.

Das Zinn wird ferner zum Löten gebraucht und zur Herstellung vieler Legierungen. Bei größerer Kälte geht das Zinn in einen allotropen Zustand über, das graue Zinn, eine lockere Masse (Ursache des Zerfalls von Zinngefäßen, sogenannte Zinnpest). — In Salpetersäure verwandelt sich das Zinn in Zinnoxid SnO_2 , ein weißes Produkt. In Salzsäure ist das Zinn leicht löslich. Das entstehende Zinnchlorid SnCl_4 dient zum Beizen von Eisenstücken, die viel Rost enthalten.

C. Das Eisen.

1. Die Eisensorten.

Das reine Eisen Fe wird wegen seiner geringen Widerstandsfähigkeit in chemischer und mechanischer Hinsicht niemals in der Praxis verwendet; das in der Technik gebrauchte enthält immer Kohlenstoff, ferner Silicium, Mangan und andere Elemente. — Nach Menge und Art des vorhandenen Kohlenstoffs unterscheidet man die Eisensorten wie folgt:



Das Roheisen (Gußeisen ist im Kupolofen umgeschmolzenes Roheisen) enthält also mehr, das schmiedbare Eisen dagegen weniger als 2,3% Kohlenstoff. Das Roheisen unterscheiden wir wieder als graues und weißes.

Das graue Roheisen enthält den Kohlenstoff als Graphit kristallinisch ausgeschieden; die Bruchfläche ist grau, kristallinisch körnig. — Das weiße Roheisen enthält dagegen den Kohlenstoff (amorph) legiert, die Bruchfläche ist weiß und dicht. Spezifisches Gewicht 7,2 für beide Roheisenarten. Da das Roheisen rasch und bei niedriger Temperatur schmilzt (graues bei 1000° und weißes bei 1075°), so kommt für dasselbe nur das Gießen als Verarbeitungsmethode in Be-

tracht. Dagegen läßt sich das Roheisen nicht schmieden, weil es vor dem Schmelzen, im Gegensatz zum schmiedbaren Eisen, nicht erst in den zähflüssigen Zustand übergeht.

Das schmiedbare Eisen unterscheiden wir wieder in Stahl (spezifisches Gewicht 7,8, Schmelzpunkt 1400°) und Schmiedeeisen (spezifisches Gewicht 7,9, Schmelzpunkt 1600°); ersterer enthält mehr, letzteres weniger als 0,6% Kohlenstoff. Der Stahl läßt sich im Gegensatz zum Schmiedeeisen härten. Wir unterscheiden ferner noch Schweißstahl und Schweißschmiedeeisen einerseits, welche im teigigen Zustand durch den Puddelprozeß gewonnen werden, und Flußstahl und Flußschmiedeeisen andererseits, im flüssigen Zustand durch den Bessemer-, Thomas-, und Siemens-Martin-Prozeß erhalten. Letztere Produkte sind im Gegensatz zu den ersteren vollkommen schlackenfrei.

Der armorphe Kohlenstoff (im schmiedbaren Eisen allein enthalten) kommt als Härtungskohle und Karbidkohle vor. Im geschmolzenen oder stark erhitzten Zustande hat das Eisen immer nur Härtungskohle, die um so besser erhalten bleibt, je schneller man abkühlt (abschreckt), andernfalls ist mehr Karbidkohle vorhanden, die mit dem Eisen zu Fe_3C Eisenkarbid verbunden ist. Die Härte des Eisens richtet sich nach der Menge der vorhandenen Härtungskohle. — Eine weitere Kohlenart im Eisen ist die nicht kristallinische Temperkohle, die durch den sogenannten Temperprozeß gebildet wird, einem Verfahren, das den schmiedbaren Guß erzeugt, d. h. das Gußeisen oberflächlich in Schmiedeeisen verwandelt, durch Erhitzen mit Oxydationsmitteln (z. B. Roteisenstein, wirkt an der Oberfläche des Gußstückes kohlenstoffentziehend) in eisernen Kästen auf Rotglut. Das Verfahren dient zur Herstellung von Schraubenschlüsseln, Türbeschlägen, kleinen Zahnrädern usw.

Der Kohlenstoffgehalt des Eisens wird durch Silicium vermindert, der vorhandene Kohlenstoff als Graphit ausgeschieden (also graues Roheisen immer siliciumhaltig). Durch Mangan wird dagegen der Kohlenstoffgehalt erhöht, und zwar ist die Kohle immer in legierter Form vorhanden (also weißes Roheisen, besonders Spiegeleisen, stets manganreich). Das Silicium vermindert ferner den Ausdehnungskoeffizienten des Eisens, während Mangan die Abscheidung des Schwefels bewirkt, der, in Form einer Schlacke von Schwefelmangan auf dem flüssigen Eisen schwimmend, leicht entfernt werden kann. Schlacke ist derjenige Teil eines geschmolzenen Produkts, der beim Erstarren eine steinige Masse bildet ¹⁾.

¹⁾ Aluminium wirkt wie Silicium, Chrom wie Mangan. Zu viel Silicium macht das Eisen spröde. Mangangehalt bis zu 1,5%, Silicium bis zu 3%. Der Schwefelgehalt darf maximal 0,15%, der Phosphor 0,55% betragen. Phosphor macht das Eisen dünnflüssig. In gewissen Fällen vereinigt sich der Phosphor chemisch mit dem Eisen zu Eisenphosphiden.

Der Schwefel macht das Eisen rotbrüchig, d. h. es bricht im rotglühenden Zustand. Eisenerze mit größerem Schwefelgehalt müssen daher durch Rösten entschwefelt werden.

— Der etwa vorhandene Phosphor macht das Eisen kaltbrüchig, d. h. es bricht schon bei gewöhnlicher Temperatur, z. B. beim Hämmern. Die Entfernung des Phosphors erfolgt durch den Thomasprozeß.

Für die Festigkeit ist zunächst ein mittlerer Kohlenstoffgehalt erforderlich (daher hat der Stahl die größte Festigkeit), ferner ein möglichst homogenes Material; besonders sollen keine Seigerungen im Stück vorhanden sein, d. h. Stellen, deren Zusammensetzung von denen der übrigen Masse abweicht.

Die Untersuchung des Gefüges des Eisens erfolgt mit Hilfe des metallographischen Verfahrens, bei dem das zu prüfende Stück erst auf der Drehbank mittelst Schmirgelscheibe geschliffen und dann mit einem Lappen mit Polierrot nachbehandelt wird. Hierauf folgt das Reliefpolieren mit Polierrot auf einer

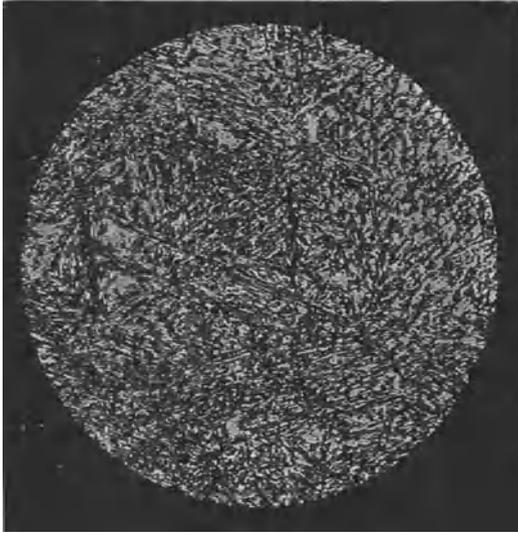


Fig. 69 und 70. Ätzfiguren.
(Aus Sackur, Einführung in die Chemie.)

elastischen Unterlage (Gummi), wodurch harte Gefügebestandteile erhalten bleiben, die weichen dagegen fortgenommen werden. Nunmehr

wird die Probe erwärmt (angelassen), wobei die einzelnen Bestandteile des Schliffs durch ihre verschiedenen Anlaßfarben in Erscheinung treten. Es folgt darauf das Ätzpolieren auf elastischer Unterlage mit Ammoniumnitrat bzw. Salmiakgeist, und dann das Ätzen selbst mit alkoholischer Salzsäure (HCl in Alkohol) oder mit Kupferammoniumchlorid $\text{CuCl}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$. Die so erhaltenen Ätzungen gestatten eine Unterscheidung der einzelnen Bestandteile unter dem Mikroskop (vgl. Mittel. des Kgl. Materialprüfungsamtes in Lichterfelde). In Fig. 69 und 70 sehen wir zwei derartige Ätzfiguren von Materialien mit größerer bzw. geringerer Homogenität.

2. Das Roheisen.

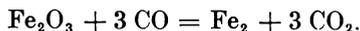
Das Ausgangsmaterial für alle anderen Eisensorten, das Roheisen, wird aus den durch Röstung entschwefelten und in Eisenoxyd Fe_2O_3 übergeführten Erzen durch den Hochofenprozeß erzeugt. Durch die Röstung werden die Erze auch aufgelockert. Die wichtigsten Erze sind:

Name des Erzes	Chemische Formel und Bezeichnung des Erzes	Eisengehalt des Erzes
Magneteisenstein	Fe_3O_4 = Eisenoxydoxydul	73,5 %
Roteisenstein	Fe_2O_3 = Eisenoxyd	70,0 %
Brauneisenstein	$\text{Fe}_2\text{H}_6\text{O}_9$ = Eisenoxydhydrat	60,0 %
Spateisenstein	FeCO_3 = Eisenkarbonat	50,0 %

Auch Raseneisenstein gehört zu den Brauneisensteinerzen.

Der Hochofen ist ein aus Schamottsteinen erbauter Schachtofen denn er hat senkrechte Hauptachse, das zu erhitzende Material kommt mit dem Brennstoff in direkte Berührung, (vgl. Fig. 71). Die Erze erhalten einen Zuschlag von Kalk, der mit dem stets vorhandenen, aus Kieselsäure bestehenden tauben Gestein im Hochofen die leicht schmelzbare Schlacke bildet, die zur Herstellung von Schlackensteinen, Schlackenwolle (Isoliermittel), zum Zusatz zum Zement, sowie zum Wegebau dient.

Die Mischung von Eisenerzen und Zuschlägen, der sogenannte Möller, wird abwechselnd mit Schichten von Koks in den Hochofen gebracht. Aus dem Koks entsteht zunächst unter Einwirkung des in den Cowpern (Winderhitzern) erwärmten Gebläsewindes Kohlendioxyd, das an den oberen Koksschichten in Kohlenoxyd verwandelt wird. Dieses reduziert die in Eisenoxyd übergeführten Erze zu Eisen:



Die durch den obersten Teil des Hochofens, der Gicht, abgeleiteten luftförmigen Produkte des Prozesses, das sogenannte Gichtgas, enthält 25% brennbare Bestandteile (vorwiegend Kohlenoxyd); es dient als Brennstoff für die Winderhitzer, zum Betrieb von Großgasmaschinen

für die Gebläseanlagen des Hochofenwerkes bzw. Erzeugung von elektrischer Energie zu Licht- und Kraftzwecken (Antrieb der Walzenstraßen).

Der Hochofen hat die Gestalt zweier Kegelstumpfe, Schacht und Rast genannt (Fig. 71 und 72), die breiteste Stelle ist der Kohlensack, das obere Ofenende die Gicht, das untere das Gestell. Der Möller nebst Brennstoff werden durch den Gichtverschluß eingefüllt. Die im Ofen allmählich sinkenden Erze werden zunächst angewärmt (Vorwärmzone), dann entsprechend obiger Umsetzungsgleichung reduziert (Reduktionszone), hierauf nimmt das Produkt Kohlenstoff aus dem Brennmaterial auf (Kohlungszone) und schmilzt schließlich (Schmelzzone). Das so erhaltene Metall wird durch die als Eisenabstich be-

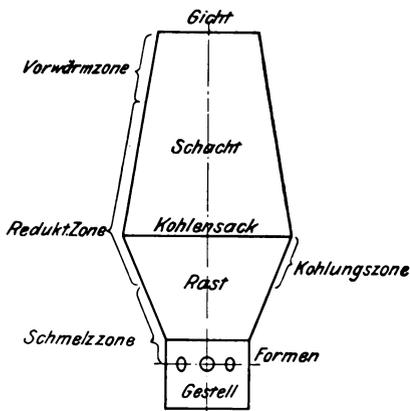


Fig. 71. Eisenhochofen *).

zeichnete Öffnung entfernt, die sich unter dem Schlackenabstich befindet. Der erwähnte Gebläsewind wird im Gestell durch die Düsen zugeführt; er wird im Cowper vorgewärmt, dessen feuerfestes Mauerwerk (Steinregister) vorher mit Gichtgas erhitzt ist.

Das im Hochofen entstehende Roheisen wird nach dem Abstich entweder in Pfannenwagen zum Bessemerwerk transportiert, um dort auf Stahl verarbeitet zu werden, oder man läßt es in prismatischen Sandformen zu sogenannten Masseln (Masseisen) erstarren, die dann

im Kupolofen umgeschmolzen und in Formen gegossen werden. Der Kupolofen, ein Schachtofen, wird mit Koks geheizt unter Anwendung des Gebläses. Nur graues Roheisen wird verarbeitet. Die Koksasche und der Eisenabbrand werden durch einen Zuschlag von etwa 3% Kalkstein in eine leichtflüssige Schlacke übergeführt, die durch einen besonderen Abstich abfließt. Bei der Herstellung der Formen unterscheidet man als Material: Sand, Masse, Lehm und Eisen.

Der Formsand wird, je nachdem, ob er reich oder arm an Ton ist, fett oder mager genannt. Das Rohprodukt wird gemahlen und mit Steinkohle vermischt, mit Wasser angefeuchtet, dann zur Herstellung der Formen benutzt. Die zugesetzte Kohle verhindert das Sintern des Sandes, was auch durch das Bestreichen der Form mit Graphit vermieden wird. Magersand hat nur geringe Bindekraft, ist aber bei der Verwendung billig; es wird dabei in die feuchte Form gegossen. — Zur Herstellung der Kerne, z. B. für Rohre, muß man die Masse als Form-

*) Obige Fig. 71, sowie Fig. 72—75 aus Meyer, Technologie des Maschinentechnikers.

material benutzen, ein Gemisch von feuerfestem Ton mit Sand, Graphit oder Koks, weil die Sandformen zu diesem Zwecke nicht halten würden.

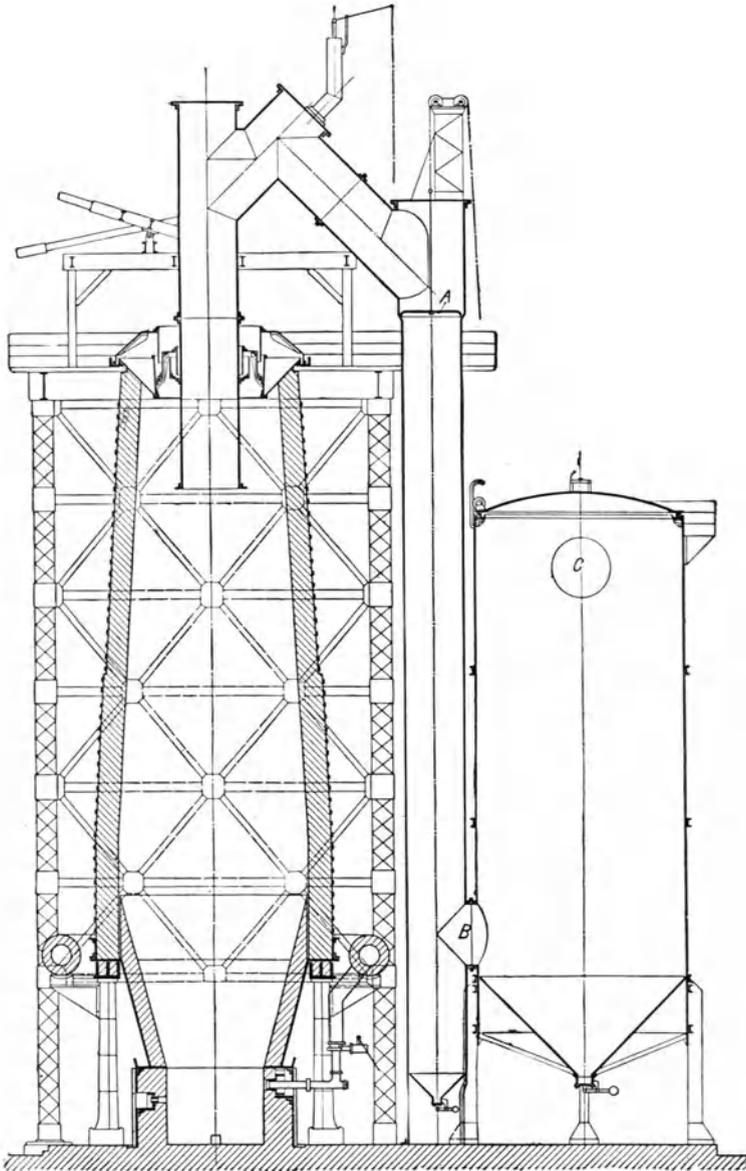


Fig. 72. Eisenhochofen.

Die aus Masse hergestellten Formen werden getrocknet. Große Gegenstände (Dampfzylinder) muß man aus Lehm formen, der mit ver-

kohlenden Stoffen (Pferdedünger) gemischt wird, weil sonst die Form zu dicht ist. Hartguß zu Walzen usw. erhält man durch Gießen in eisernen Formen, in denen rasche Abkühlung eintritt, so daß das Gußstück den Graphit feiner verteilt hat und infolgedessen härter ist.

3. Schmiedeeisen und Stahl.

Als Ausgangsmaterial zur Darstellung von Stahl und Schmiedeeisen dient das Roheisen, dem dann Kohlenstoff durch Oxydation entzogen wird. Es geschieht dies durch den Puddel-, Bessemer-, Thomas- und Siemens-Martinprozeß.

a) Der Puddelprozeß liefert Schweißeisen, indem man Roheisenstücke im Flammofen (Fig. 73) unter Luftzutritt niederschmilzt und

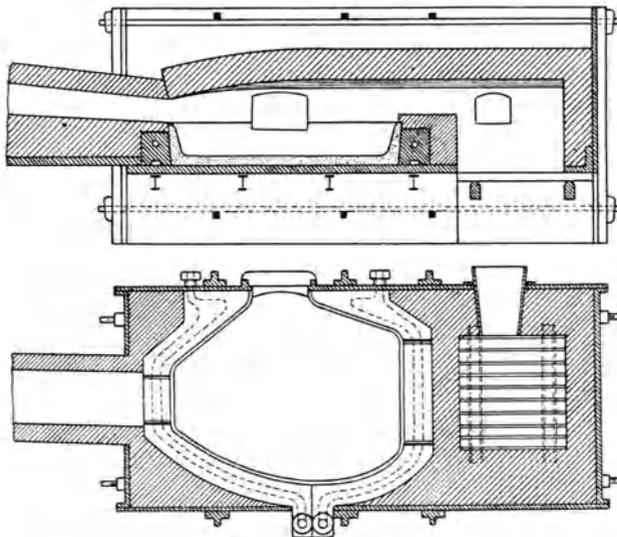


Fig. 78. Puddelofen.

in die flüssige Masse zur weiteren Oxydation des Kohlenstoffs noch Luft einrührt. Sowie sich das schmiedbare Eisen bildet, beginnt die Masse zu erstarren, es entsteht das sogenannte Luppeneisen, das, ausgeschmiedet und ausgewalzt, als Ausgangsmaterial für den Tiegelstahlprozeß, zur Herstellung von Draht für die Schraubenfabrikation usw. gebraucht wird.

In der Fig. 73 sehen wir den Puddelofen. Auf dem rechts befindlichen Rost wird der Brennstoff verbrannt; die Verbrennungsgase streichen über den Herd, in dem sich das zu verarbeitende Eisen befindet. Der Herd ist mit feuerfestem Futter versehen. (Das charakteristische Merkmal des Flammofens ist die horizontale Hauptachse, und daß das zu erhitze Material nicht mit dem Brennstoff selbst, sondern nur mit den

Verbrennungsgasen in Berührung kommt. Der Schachtofen hat, wie erwähnt, senkrechte Hauptachse, und das zu erhitzende Material kommt mit dem Brennstoff in direkte Berührung, (vgl. Hochofen.)

b) Der Bessemer- und Thomasprozeß erzeugt Stahl aus flüssigem Roheisen, das sich in einem birnenartig gestalteten, um die Horizontalachse drehbaren Gefäße (daher der Name Birnenprozesse), dem sogenannten Konverter, befindet, durch Einblasen von Luft (Fig. 74). Das Gefäß ist um einen horizontalen Zapfen drehbar. Die Luft tritt unten durch den Bodenstein, dessen Düsen im Schnitt er-

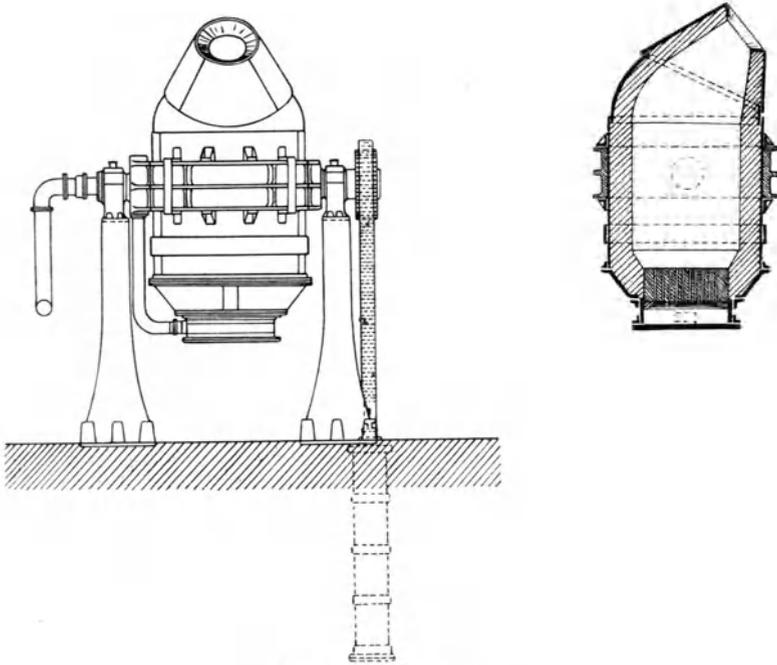


Fig. 74. Bessemerbirne.

kennbar sind, in den Konverter. Durch eine Zahnstange, die hydraulisch bewegt wird, erfolgt mittelst Zahnrades die Drehung des Konverters.

Beim ursprünglichen Bessemerprozeß war der eiserne Mantel des Konverters mit einem feuerfesten Material aus Ganister ausgekleidet, einer vorwiegend aus Kieselsäure bestehenden Sandsteinart, das saure Futter genannt. Wenn man nun in diesem Konverter phosphorhaltiges Roheisen verarbeitete, so verwandelte sich der Phosphor in P_2O_5 , Phosphorsäureanhydrid (Phosphorpentoxyd), und da dieses Produkt kein Bindemittel fand, so blieb es im Eisen und wurde in diesem wieder zu Phosphor reduziert, welcher die Festigkeitseigenschaften des Metalls wesentlich verringerte. Beim Thomasprozeß, der bei phosphorhaltigem Rohmaterial stets anzuwenden ist, wird das entstehende Phos-

phorsäureanhydrid durch Kalkzuschlag zu Calciumphosphat gebunden, das als Schlacke auf dem Metall schwimmt (Thomasschlacke). Damit der Prozeß aber in der beschriebenen Weise verläuft, ist es erforderlich, das sogenannte basische Ofenfutter zu verwenden. Würde man nämlich den Ganister benutzen, so würde sich der zugeschlagene Kalk nicht mit dem Phosphorsäureanhydrid verbinden, sondern mit der Kieselsäure des Ofenfutters, zu welcher er größere Affinität hat. Man benutzt daher zur Ausfütterung des Ofens die Dolomitsteine, welche man aus gebranntem Dolomit erhält, den man gemahlen mit Teer vermischt und in Formen preßt. Die Thomasschlacke findet im gemahlten Zustand (Thomasmehl) als Düngemittel Verwendung. Das erhaltene Schmiedeeisen (bzw. Stahl) wird in gußeiserne Formen, sogenannte Kokillen, gegossen und die entstehenden Blöcke ausgewalzt.

Um in den Kokillen blasigen Guß (Lunkerbildung) zu vermeiden, setzt man 0,1% Aluminium zu (Verringerung der Zähflüssigkeit durch Schmelzpunktniedrigung).

c) Der Siemens-Martinprozeß erzeugt Stahl durch Zusammenschmelzen von kohlenstoffreichem Gußeisen und kohlenstoffarmem Schmiedeeisenschrott. Die Ausführung erfolgt im Generatorgasofen, dessen Futter, je nach Beschaffenheit des Rohmaterials, wieder sauer oder basisch sein kann. Auch die Weiterverarbeitung erfolgt wie beim Bessemer- und Thomasprozeß (vgl. Fig. 75).

Die wesentlichsten Teile des Ofens sind der Herd *a* und die darunter liegenden vier Kammern, die mit Schamottsteinen gitterartig ausgemauert sind. Die mit *l* bezeichneten führen die Luft, die mit *g* das Generatorgas zu. Zunächst treten Gas und Luft durch die linken Kammern ein, vereinigen sich bei der Verbrennung über dem Herd, und die entstehenden Verbrennungsprodukte entweichen durch die rechts liegenden Kammern, die dadurch in Weißglut gebracht werden. Nach einiger Zeit stellt man einen Schieber um, so daß die Zuströmung von rechts und der Abzug der Verbrennungsgase durch die linken Kammern erfolgt. Hierdurch wird eine Vorwärmung von Gas und Luft und infolgedessen ein besserer Heizeffekt erzielt. Nach einiger Zeit kehrt man die Strömungsrichtung wieder um usw.

Um die Eisenbleche und -drähte vom Walzsinter, identisch mit verbranntem Eisen ¹⁾, Hammerschlag, Fe_3O_4 , Eisenoxydoxydul, zu befreien, werden sie gebeizt, d. h. mit Säure behandelt. Für Feinbleche (Schwarzbleche) benutzt man verdünnte Salzsäure in säurebeständigen Steintrögen; die Tröge zur nachherigen Wasserspülung sind aus Holz. Die Bleche werden in Körben aus säurebeständiger Phosphorbronze

¹⁾ Verbranntes Eisen entsteht beim längeren Erhitzen unter Einwirkung der Luft, z. B. die Roststäbe der Feuerungsanlagen. — Das Eisenoxyd Fe_2O_3 wird zum Polieren gebraucht (Polierrot), ferner als Anstrichfarbe (Eisenmennige).

(vgl. S. 126) in die Beize eingetaucht, Beiz- und Spüldauer ca. 7 Minuten, Gewichtsverlust der Bleche ca. 4%. Die Tröge zum Beizen von Drähten sind aus Holz, mit Bleiplatten ausgeschlagen, von 5 cbm Inhalt. Man

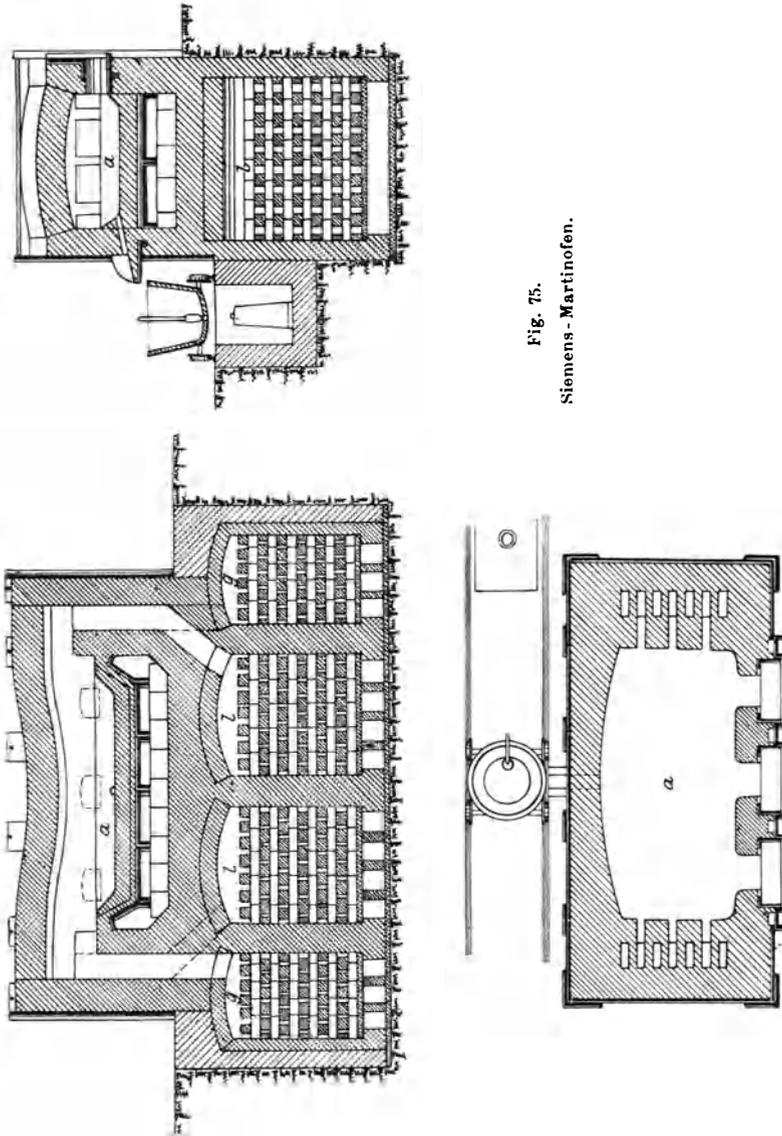


Fig. 75.
Siemens - Martinofen.

beizt unter gleichzeitigem Erwärmen auf 60° C., Beizverlust 1,5% des angewandten Drahtes. Die Nachbehandlung erfolgt durch Neutralisation mit Kalkmilch und Waschen mit Wasser.

Das Tiegelgußstahlverfahren hat den Zweck, den durch einen der bisher beschriebenen Prozesse erzeugten Rohstahl zu veredeln, d. h. durch Umschmelzen mittelst feuerfestem Tiegel im Generatorgasofen, in ein ganz gleichmäßiges, den höchsten mechanischen Ansprüchen genügendes Produkt zu verwandeln. In ähnlicher Weise geschieht dies beim Elektrostahlverfahren, durch Umschmelzen im elektrischen Ofen. Bei diesen Prozessen erhält der Stahl oft noch gewisse Zusätze (Erzeugung von Spezialstählen), z. B. Nickel beim Nickelstahl für Panzerplatten, Geschosse, Kurbelwellen und Kolbenstangen, Chromstahl wird in der Automobilindustrie für stark beanspruchte Teile gebraucht. Der naturharte oder Schnelldrehstahl enthält Chrom, Wolfram, Molybdän, mitunter auch Titan und Vanadium, in sehr verschiedener Zusammensetzung. Er behält seine Härte auch bei höherer Temperatur, unter Umständen bis zu 700°, durch welche Eigenschaft er für rasch laufende Werkzeugmaschinen besonders wertvoll wird.

Das Härten des gewöhnlichen Stahls beruht darauf, daß er erhitzt und plötzlich abgekühlt (abgeschreckt) wird, wobei möglichst viel Härtungskohle erhalten bleibt. Man erhitzt den Stahl zunächst auf Kirschrotglut (ca. 750°), für manche Zwecke auch wohl in einem Bade von geschmolzenem Bariumchlorid $BaCl_2$ und schreckt ihn dann mit Öl, Seifenlösung oder Wasser ab. Der abgeschreckte Stahl ist aber für die technische Verwendung zu spröde und muß daher wieder enthärtet, d. h. auf einen geringeren Härtegrad gebracht werden. Dieses Enthärteten pflegt man nach den dabei auftretenden Farben als Anlassen zu bezeichnen. Zur Erzielung einer bestimmten Farbe ist auch immer eine bestimmte Temperatur erforderlich, die man, außer durch erwärmte Sandbäder, auch durch schmelzende Bleizinnlegierungen von verschiedener Zusammensetzung erhält.

Anlaßfarbe	Temperatur (Celsiusgrade)	Legierung	
		Blei	Zinn
Hellgelb	235 °	66,66 %	33,34 %
Dunkelgelb	240 °	69,00 %	31,00 %
Purpurrot	255 °	75,00 %	25,00 %
Violett	265 °	81,60 %	18,40 %
Kornblumenblau	327 °	100,00 %	—

Man läßt für die mannigfachen Verwendungsarten die Stähle verschieden an ¹⁾:

- Hellgelb (sehr hart) für Matrizen und Prägestempel;
- Dunkelgelb für Bohr- und Drehstähle, Fräser;
- Purpurrot für Meißel- und Lochstempel;
- Violett für Steinbohrer und -meißel;
- Kornblumenblau für Holzbearbeitungszwecke, Federn.

¹⁾ Die Entstehung dieser Farben ist physikalischer Natur, Farben dünner Blättchen.

Das Schmiedeeisen wird an der Oberfläche durch das sogenannte Einsetzen gehärtet, d. h. durch Erhitzen mit kohlehaltigen Stoffen, wie Knochenkohle, Lederabfälle, Cyankalium, gelbes Blutlaugensalz usw. Diese Produkte geben hierbei ihren Kohlenstoff an die Außenschichten des Eisens ab, die sich dabei in Stahl verwandeln ¹⁾. — Auch gußeiserne Gegenstände kann man bis zu einem gewissen Grade härten, durch Erhitzen auf Rotglut und Abkühlen mit Wasser, das 18% Schwefelsäure und 1% Salpetersäure enthält.

Besondere Ansprüche stellt noch die Elektrotechnik an die einzelnen Eisensorten: Schweißisen und weicher Stahl setzen dem Magnetisieren nur geringen Widerstand entgegen (Anwendung bei den Dynamomaschinen). — Harter Stahl bietet der Magnetisierung dagegen Widerstand, behält aber den Magnetismus lange (Anwendung bei den Magnetzündungen der Verbrennungsmotoren).

D. Die Legierungen.

In vielen Fällen sieht sich der Techniker veranlaßt, die Metalle nicht im reinen Zustand zu verwenden, sondern mit anderen zusammengesmolzen (legiert). Es kann sich dabei um Änderung des Schmelzpunktes, des spezifischen Gewichtes, der Festigkeit, der Zähigkeit, der Dehnbarkeit, Farbe, Haltbarkeit gegen chemische oder atmosphärische Einflüsse oder Änderung des Leitungsvermögens für Wärme und Elektrizität handeln. Manche Metallegierungen enthalten auch nicht-metallische Bestandteile, wie Kohlenstoff (in den technischen Eisensorten), Phosphor und Silicium.

Die Herstellung der Legierungen erfolgt im allgemeinen in der Weise, daß man dasjenige Metall, das leichter flüssig wird, zuerst einschmilzt und dann das andere (bzw. die anderen) dem Bade zusetzt.

Im allgemeinen schmelzen die Legierungen bei wesentlich niedriger Temperatur als die Metalle, aus denen sie bestehen; meistens liegt der Schmelzpunkt zwischen denjenigen der einzelnen Metalle der Legierung. Das Messing schmilzt z. B. bei 900°, das Kupfer dagegen bei 1050°, das Zink bei 412°. Einige Legierungen der nachfolgenden Tabelle haben einen besonders niedrigen Schmelzpunkt (unter 100°), sie werden unter gewissen Verhältnissen als Lote gebraucht; z. B.

Woodmetall	60°
Lippowitzmetall	70°
Lichtenbergmetall	92°
Rosemetall	95°

Bei anderen Legierungen zeigt sich schon durch verhältnismäßig geringe Mengen eines zugesetzten Metalls, ein völliger Umschlag der

¹⁾ Anwendung z. B. bei Bolzen (Zementstahl).

Farbe, z. B. bei den Nickelmünzen, die ganz die Farbe des Nickels haben, obgleich sie von diesem Metall nur 25% enthalten dagegen 75% Kupfer. — Zu den einzelnen in der nachstehenden Tabelle enthaltenen Legierungen ist noch folgendes bemerkenswert:

Die Aluminiumbronze übertrifft an Festigkeit alle anderen Metalle und wird daher zu Maschinenteilen da verwendet, wo bei starker Beanspruchung auf Druck oder Reibung, eine möglichst hohe Bruch-sicherheit verlangt wird, wie zu Zahnrädern, Zahnstangen, Schneckengetrieben, Kolben, Ventilen, Kollektoren für Dynamos, Drahtseile u. a. m. Die geschmolzene Legierung zeigt den Nachteil starken Schwindens; auch durch Walzen und Schmieden erfolgt die Verarbeitung. — Verwandte Legierungen sind Diamantbronze, Goldbronze, Säurebronze und Stahlbronze. Die Bronzen im allgemeinen Sinne sind Kupferzinnlegierungen, die ebenso wie die Kupferzinklegierungen (Messing) zur Überführung des Kupfers in ein gut schmelzbares Produkt dienen¹⁾. Die Maschinenbronzen enthalten oft auch Zink; sie werden zu Armaturen, Ventilen, Lagern, Pumpengehäusen u. a. m. gebraucht. Von den zu Spezialzwecken dienenden Bronzen sei die Glockenbronze erwähnt, die arm an Zinn ist, ebenso das Kanonenmetall; Kunstbronze ist bleihaltig. Die Manganbronze zeigt wesentlich größere Festigkeit als die gewöhnliche, sie dient zur Herstellung von Blechen. Eine Mangannickellegierung ist das Manganin, das in der Elektrotechnik zu Widerständen gebraucht wird, ebenso wie Rheostan, Nickelin, Kruppin und Konstantan. Die Phosphorbronzen zeichnen sich durch hohe Festigkeit und Zähigkeit, sowie Widerstandsfähigkeit gegen Säuren aus. — Die Siliciumbronze, wird zu Fernsprech- und Telegraphenleitungen gebraucht. Si erhöht die Härte und Festigkeit des Kupfers, verringert aber dessen Leitungsvermögen. — Rotgußbronzen sind gewisse Maschinenbronzen, die einen großen Widerstand gegen Reibung besitzen. — Das bereits erwähnte Messing (zu Armaturen benutzt) läßt sich gut gießen, aber nur in der Kälte mechanisch bearbeiten, da es bei Rotglut spröde ist. Durch Beizen mit Schwefelsäure, sogenanntes Gelbbrennen, wird die Oberfläche des Messings glänzend. Über Vermessingnungen vgl. S. 131. Verwandte Legierungen des Messings sind Bugmessing, Rotguß, Tombak, Hart- und Schlaglot, ferner Delta- und Duranametall. Deltametall ist gegen chemische Einflüsse sehr widerstandsfähig. Es ist eines der vielen Lagermetalle, Weißmetall, Antifrikationsmetall, Babbittmetall usw. Duranastahl läßt sich schmieden, walzen und gießen. Auch Sterro-, Muntz- und Eichmetall sind dem Messing verwandte Legierungen. Aluminiummessing ist billiger als gewöhnliches Messing, sonst diesem aber völlig gleichwertig. — Das Aluminiumsilber ist eine harte elastische Legierung, die zur Herstellung von Messerklingen dient. Eine andere

¹⁾ Das Beizen und Gelbbrennen von Messing, Bronze, Tombak und Neusilber erfolgt, wie beim Kupfer beschrieben.

Die prozentische Zusammensetzung der wichtigsten Legierungen.

Namen der Legierung	Aluminium	Antimon	Arsen	Blei	Cadmium	Eisen	Gold	Kupfer	Magnesium	Mangan	Nickel	Phosphor	Silber	Silicium	Zink	Zinn	Wismut
1. Aluminiumbronze . . .	5	—	—	—	—	—	—	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Aluminiummessing . . .	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90	—	—
3. Aluminiumsilber . . .	95	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—
4. Antifriktionsmetall . . .	—	17	—	—	—	—	—	6	—	—	—	—	—	—	77	—	—
5. Argentan (Neusilber) . . .	—	—	—	—	—	—	—	60	—	10	—	—	—	—	30	—	—
6. Babbitmetall ¹⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7. Blattgold (unecht) . . .	—	—	—	—	—	—	—	85	—	—	—	—	—	—	15	—	—
8. Britannia (Neusilber) . . .	—	8	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	90	—
9. Bronze . . .	—	—	—	—	—	—	—	78	—	—	—	—	—	—	—	22	—
10. Buchdrucklettern . . .	—	20	—	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11. Bugmessing ²⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12. Deltametall . . .	—	—	—	1	—	2	—	50	—	—	—	—	—	—	47	—	—
13. Diamantbronze ³⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14. Duranametall . . .	—	2	—	—	—	—	—	68	—	—	—	—	—	—	30	—	—
15. Eichmetall . . .	—	—	—	—	—	2	—	58	—	—	—	—	—	—	40	—	—
16. Glockenbronze . . .	—	—	—	—	—	—	—	90	—	—	—	—	—	—	—	10	—
17. Goldmünzen . . .	—	—	—	—	—	—	10	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18. Hartlot . . .	—	—	—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—	—	40	—	—
19. Kanonenmetall . . .	—	—	—	—	—	—	—	90	—	—	—	—	—	—	—	10	—
20. Konstantan ⁴⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21. Kruppin ⁴⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22. Kunstbronze . . .	—	—	—	3	—	—	—	87	—	—	—	—	—	—	3	7	—
23. Kupfermünzen . . .	—	—	—	—	—	—	—	96	—	—	—	—	—	—	1	3	—
24. Lagermetall . . .	—	12	—	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	—	—
25. Lichtenbergmetall . . .	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	50	—
26. Lippowitzmetall . . .	—	—	—	27	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13	50	—
27. Magnalium . . .	85	—	—	—	—	—	—	—	15	—	—	—	—	—	—	—	—
28. Manganbronze . . .	—	—	—	—	—	—	—	70	—	30	—	—	—	—	—	—	—
29. Manganin ⁵⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30. Messing . . .	—	—	—	—	—	—	—	70	—	—	—	—	—	—	30	—	—
31. Muntzmetall ⁶⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
32. Nickelin . . .	—	—	—	—	—	—	—	54	—	—	26	—	—	—	20	—	—
33. Nickelmünzen . . .	—	—	—	—	—	—	—	75	—	—	25	—	—	—	—	—	—
34. Phosphorbronze . . .	—	—	—	—	—	—	—	77,5	—	—	—	0,5	—	—	—	22	—
35. Réaumurmetall . . .	—	70	—	—	—	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36. Rheostan ⁷⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37. Rosemetall . . .	—	—	—	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	50
38. Rotguß . . .	—	—	—	—	—	—	—	82	—	—	—	—	—	—	8	10	—
39. Rotgußbronze . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40. Säurebronze ⁸⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
41. Schlot ⁹⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42. Schnellot ¹⁰⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
43. Schrot . . .	—	—	0,3	99,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44. Silbermünzen . . .	—	—	—	—	—	—	—	10	—	—	—	—	90	—	—	—	—
45. Siliciumbronze . . .	—	—	—	—	—	—	—	77,5	—	—	—	—	—	0,5	—	22	—
46. Stahlbronze ¹¹⁾ . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
47. Tombak . . .	—	—	—	—	—	—	—	90	—	—	—	—	—	—	10	—	—
48. Weichlot . . .	—	—	—	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—
49. Weißmetall . . .	—	11	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	85	—
50. Woodmetall . . .	—	—	—	25	12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,5	50

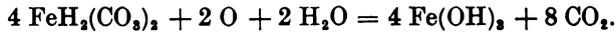
¹⁾ Vgl. Antifriktionsmetall. ²⁾ Vgl. Messing. ³⁾ Vgl. Aluminiumbronze.
⁴⁾ Vgl. Argentan, ⁵⁾ Mangan-Nickel-Legierung. ⁶⁾ Vgl. Eichmetall. ⁷⁾ Vgl. Argentan.
⁸⁾ Vgl. Aluminiumbronze. ⁹⁾ Vgl. Hartlot. ¹⁰⁾ Vgl. Weichlot.
¹¹⁾ Vgl. Aluminiumbronze.

Aluminiumlegierung, das Magnalium, dient vielfach als Ersatz für Messing bei Instrumenten. — Reaumurmetail ist eine so harte Legierung, daß sie bei Berührung mit der Feile Funken gibt. — Bleilegierungen sind Weich- oder Schnellot und Schrot.

E. Die Rostschutzmittel.

1. Allgemeines.

Wir haben nun gesehen, daß die Edelmetalle, infolge ihrer geringen Affinität zum Sauerstoff, sich an der Luft gut halten. Ebenso zeigen einige unedle Metalle, wie Nickel und Zink, keine Veränderung an der Luft; andere wieder, wie Blei, Kupfer und Zink, überziehen sich durch atmosphärischen Einfluß mit einer Schicht des betreffenden sauren kohlen-sauren Salzes, unter welcher das Metall geschützt, keine weitere Veränderung erleidet. — Aber gerade das Eisen, das meist gebrauchte Metall, wird an der Luft stark angegriffen, es rostet, wie wir zu sagen pflegen. In trockener Luft hält sich das Eisen bei gewöhnlicher Temperatur gut (in der Hitze bildet sich, wie bereits erwähnt, Fe_3O_4 , verbranntes Eisen, Hammerschlag), in feuchter Luft entsteht der Rost, der mit Ferrihydroxyd $\text{Fe}(\text{OH})_3$ identisch ist. Zunächst entsteht an der Luft in Gegenwart von Wasserdampf und Kohlendioxyd das saure Ferrokarbonat $\text{FeH}_2(\text{CO}_3)_2$, das sich dann mit Wasserdampf und Sauerstoff in Ferrihydroxyd und Kohlendioxyd umsetzt:



Das spezifische Gewicht des Rostes ist 4, dasjenige der Eisensorten 7,2—7,9; daher ist die Rostbildung immer mit einer bedeutenden Volumvergrößerung verbunden.

Die Rostbildung erfolgt also an der atmosphärischen Luft in Gegenwart von Wasserdampf; befördert wird die Rostbildung noch durch vagabundierende elektrische Ströme sowie durch die Gegenwart von Salzlösungen, z. B. das im Meereswasser enthaltene Magnesiumchlorid. Die Rostschicht des Eisens bildet nicht, wie bei Blei, Kupfer und Zink, eine schützende Hülle über dem Metall, sondern der Zerstörungsprozeß geht ständig weiter. Die Rostbildung tritt um so leichter ein, je reiner das Eisen ist. Daher rostet das schmiedbare Eisen rascher als das Gußeisen, das mehr Kohlenstoff enthält. Flußeisen rostet leichter als Schweißisen, ebenso beobachtet man, daß das geschmiedete Eisen weniger rostet als das gewalzte.

Während gewöhnlicher Kalkmörtel das Eisen angreift, ist dies bei Zement nicht der Fall; der Zement löst sogar etwa vorhandenen Rost auf (Eisenbeton). Es ist dies für Bauzwecke besonders wichtig.

Dampfkessel, die längere Zeit außer Betrieb gesetzt werden sollen, schützt man vor der Rostbildung entweder durch die Naß- oder Trockenkonservierung.

Bei der Naßkonservierung füllt man den Kessel mit Wasser, erhitzt dieses, bis die Luft ausgetrieben ist und verschließt dann den Kessel luftdicht. Bei der Trockenkonservierung erwärmt man den leeren Kessel, füllt eine den jeweiligen Verhältnissen entsprechende Menge Chlorcalcium (hygroskopisch) ein und verschließt luftdicht. Die im Maschinenbau am allgemeinsten gebräuchlichen Rostschutzmittel sind konservierende Überzüge mit Metallen, Emaile, Anstrichfarben und mit organischen Stoffen.

2. Die Metallüberzüge.

a) **Vorbereitung.** Das Überziehen des Eisens mit anderen gegen atmosphärische Einflüsse gut widerstandsfähigen Metallen erfolgt teils elektrolytisch, teils mechanisch. In jedem Falle muß das zu überziehende Stück gut vorbereitet sein, damit die Metallschicht gleichmäßig

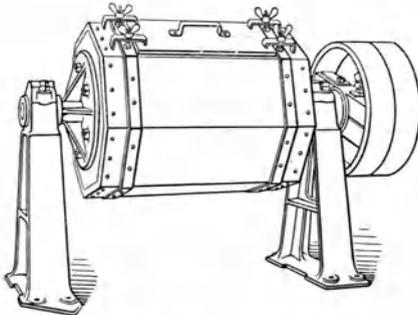


Fig. 76. Scheuertrommel.

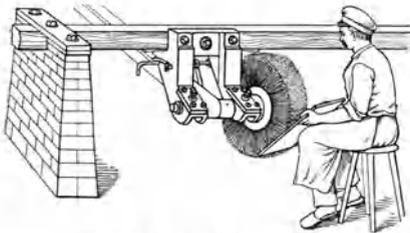


Fig. 77. Blechpoliermaschine.

(Nach P f a n n h a u s e r, Galvanotechnik.)

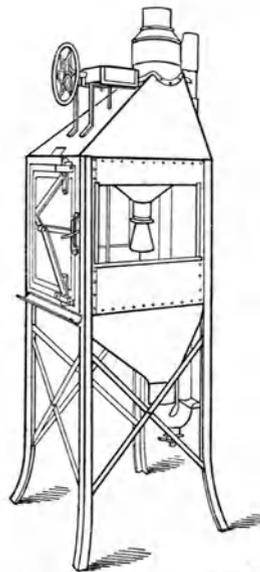


Fig. 78. Sandstrahlgebläse.

haften bleibt¹⁾. Diese Vorbereitung ist sowohl mechanischer als auch chemischer Natur. Es ist Bedingung, daß die zu überziehenden Metallstücke glatte gleichmäßige Flächen besitzen und vollständig frei von Oxyden, Fettschichten oder sonstigen Verunreinigungen sind. Zur

¹⁾ Die Theorie nimmt an, daß das Eisen sich mit dem Metallüberzug z. T. legiert.

Erzielung einer glatten Oberfläche wird mit Kratzbürsten, Sandstrahlgebläse, Schmirgelscheiben behandelt und mit Wiener Kalk poliert (Fig. 76—79).

Die chemische Vorbehandlung besteht in der Entfernung der anhaftenden Oxyde einerseits, der Fett-Teile, bedingt durch die mechanische Behandlung, andererseits. Zur Beseitigung der Oxyde wird das betreffende Eisenstück mit einer 5% igen Schwefelsäure gebeizt, dann mit Soda oder anderen Alkalien neutralisiert und mit Wasser gewaschen,

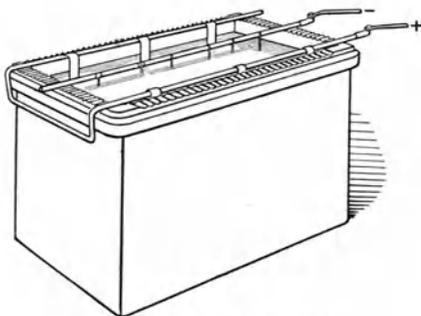


Fig. 79. Galvanisierungstrog.

(Nach Pfannhauser, Galvanotechnik.)

darauf in Sägemehl getrocknet. Bei stärkerer Rostschicht empfiehlt sich auch, als Beize eine 10% ige Zinnchloridlösung zu verwenden, der etwas Weinsäure zugesetzt ist. Durch die gleichzeitige mechanische Behandlung (Kratzbürste, Scheuern) kann die zum Beizen erforderliche Zeit bedeutend abgekürzt werden.

Die Entfettung erfolgt direkt nach der mechanischen Behandlung. Für tierische und pflanzliche

Fette wird mit heißer 10% iger Natronlauge behandelt; heiße Sodalösung wirkt langsamer. Mineralölbestandteile werden dagegen durch Lösung in Benzin oder Petroleum entfernt.

Auch gleichzeitige Beizung und Entfettung auf elektrischem Wege ist von der Vereinigten Elektr. Ges. Wien-Budapest erfolgreich versucht worden (vgl. Langbein, Handbuch der elektrolytischen (galvanischen) Metallniederschläge, Leipzig 1906). Man benutzt als Elektrolyten eine Lösung, die 20% Kochsalz und Glaubersalz enthält, so daß sich also beim Stromdurchgang an der Kathode Na-Ionen (Umsetzung zu NaOH) und an der Anode Cl- bzw. SO₄-Ionen bilden. Hängt man nun die zu reinigenden Eisenstücke (Bleche) als Kathode in das Bad, so wird durch die Natronlauge die Entfettung bewirkt, und bei der darauffolgenden Stromrichtungsumkehrung, bei der die Bleche zur Anode werden, erfolgt die Beizung durch die Säuren.

Da bei der Entfettung leicht wieder geringe Oxydationen erfolgen, die der nachträglichen Elektrolyse hinderlich sein könnten, so wird nunmehr dekapiert, d. h. die Oxydschicht entfernt, indem man die Eisenstücke mit 5% iger Schwefelsäure nochmals behandelt. Bei Kupfer-, Messing- und Bronzegegenständen dekapiert man einer 3% igen Cyanaliumlösung.

b) Metallüberzüge durch Elektrolyse¹⁾. Zur Vernickelung verwendet man als Anode Platten aus reinstem gegossenen

¹⁾ Sogenannte „Galvanotechnik“.

oder gewalzten Nickel, als Elektrolyten eine Nickelsalzlösung, für deren Herstellung außerordentlich viele bewährte Angaben bestehen. Es wird meistens mit Nickelammoniumsulfat gearbeitet, die Konzentration der Lösung schwankt zwischen 4–8%; zur Verringerung des elektrischen Widerstandes der Lösungen setzt man noch ein sogenanntes Leitungssalz zu, z. B. Ammoniumsulfat, Magnesiumsulfat usw. Nur destilliertes Wasser ist zu verwenden. — Für gewisse Arten der Schnellvernickelung werden die Bäder erwärmt. Manche Techniker empfehlen, auch Eisengegenstände erst zu verkupfern bzw. zu vermessingnen zur Erzielung größerer Rostsicherheit. Sonst werden nur Blei, Neusilber, Zink und Zinn vor der Vernickelung mit Kupfer bzw. Messing überzogen.

Für die elektrolytische Verkupferung bzw. Vermessingnung gibt Langbein in seinem genannten Buche folgende Bäder an:

V e r k u p f e r u n g :	V e r m e s s i n g n u n g :
250 g kristallisierte Soda,	150 g Kupferkaliumcyanid (krist.),
200 g pulv. saures Natriumsulfid	165 g Zinkkaliumcyanid (krist.),
200 g neutr. Kupferacetat,	250 g Natriumsulfid (krist.),
225 g Cyankalium	20 g Cyankalium,
10 l Wasser,	10 l Wasser,
Stromdichte 0,35 Amp.,	Stromdichte 0,3 Amp.,
Stromspannung 3 Volt für 10 cm	Stromspannung 3 Volt für 10 cm
Elektrodenentfernung,	Elektrodenentfernung,
Anode aus Kupferblech.	Anode aus gegossenem Messing.

Die fertig vernickelten Eisenstücke werden mit Wasser abgespült und mit erwärmten, möglichst gerbsäurearmen Sägespänen (Ahorn, Linde, Pappel) getrocknet. Meist erfolgt noch eine Nachtrocknung im Trockenschrank bei ca. 100°. Der Hochglanz wird auf Polierscheiben erzeugt, die mit Tuch, Flanell oder Filz belegt sind, mit Wiener Kalk, Pariser Rot und Stearinöl, sowie mittelst Polierstahls. Ähnlich werden Verkupferungen und Vermessingnungen nachbehandelt, die keinen weiteren Überzug erhalten. Die polierten Stücke (bei allen genannten Metallüberzügen) werden mit Seifenwasser oder Benzin von den Poliermaterialien gereinigt.

Verkupferungen und Vermessingnungen werden bei Eisen- (und Zink-) Blechen für gewisse Verwendungszwecke ausgeführt, Vernickelungen für Eisenbleche und -drähte, Instrumente und Armaturen. Zum Zwecke des Rostschutzes werden Eisenbleche häufig entsprechend obigem Verfahren verzinkt bzw. verzinnt. Die hierzu erforderlichen Bäder enthalten Zink- bzw. Zinnchlorid als Elektrolyten und Zink bzw. Zinn als Anoden. Verzinktes Eisenblech wird „galvanisiertes Blech“ genannt; außerdem verzinkt man oft Maschinenteile (Zentrifugen), Röhren, Drähte, schmiedeeiserne Träger, Stahlbänder, Schrauben, Muttern, Nieten, Nägel u. a. m. — Verzintetes Eisenblech

bezeichnet man als „Weißblech“. — Die galvanischen Überzüge mit Blei, Arsen, Antimon, Silber, Gold und Platin haben für den Maschinenbau ein geringeres Interesse.

c) Metallüberzüge durch Kontakt. Wir hatten die Umsetzung von Kupfernitrat und Eisen in Eisennitrat und Kupfer durch die größere Affinität des Eisens zum Salpetersäurerest erklärt. Wir können aber auch annehmen, daß das Eisen beim Eintauchen in das Bad negativ elektrisch geladen wird, wodurch die positiven Kupferionen angezogen und auf dem Eisen niedergeschlagen werden.

Wesentlich anders verläuft der Vorgang, wenn zwei Metalle durch eine Flüssigkeit in Berührung (Kontakt) kommen: Tauchen wir z. B. in eine Silberlösung ein Kupfer- und ein Zinkblech ein, so entsteht ein elektrischer Strom, der am Kupferblech Silberionen abscheidet und andererseits Zinkionen in Lösung bringt. — Durch frühere Versuche wissen wir, daß aus salpetersaurem Silber und Kupfer das salpetersaure Kupfer und Silber entsteht, das Kupfer geht also in Lösung, und das Silber scheidet sich aus. — Bei obigem Kontaktverfahren bewirken wir die Silberausscheidung, ohne daß das Kupfer in Lösung geht; die Umsetzung ist mit Hilfe des Zinks erfolgt, durch die sogenannte Kontaktwirkung. Auch einige andere Metalle zeigen solche Kontaktwirkungen, insbesondere das Aluminium und das Magnesium. — Hiervon macht man Anwendung, um Metalle auf anderen in schützenden Schichten abzutragen, also Metallüberzüge durch Kontakt zu erzeugen.

Zur Vernickelung wird z. B. in einem Kupferkessel eine Zinkchloridlösung erhitzt, dann Salzsäure und Zinkstaub zugefügt, bis das Kupfer verzinkt ist. Darauf setzt man so lange Nickelammoniumsulfat hinzu, bis das Bad deutlich grün gefärbt ist. Taucht man nunmehr das zu vernickelnde Eisenstück in das Bad ein, unter gleichzeitiger Hinzufügung von Zinkstückchen, so wird durch die Kontaktwirkung das Nickel auf dem Eisen abgeschieden. Man kocht im Bade 15 Minuten lang und behandelt dann wie bei der Galvanisierung weiter. — Bei der Verkupferung wird ein alkalisches Bad verwendet, das Kupfervitriol und Cyankalium enthält; bei der Vermessingnung muß außerdem noch Zinksulfat zugegen sein. Die Verzinkung erfolgt entsprechend mit Zinksulfat. Bei der Kontaktverzinnung benutzt man Zinnchlorür und Weinstein.

d) Mechanische Metallüberzüge. Nach diesem Verfahren werden vorwiegend Zink, Zinn und Blei auf das Eisen als schützende Schicht abgetragen.

Zum Verzinken von Eisendraht (vgl. Hütte, Taschenbuch für Eisenhüttenleute, S. 884) werden die Drähte parallellaufend zunächst durch zwei hintereinanderliegende, aus säurefestem Sandstein hergestellte Tröge geführt, die mit verdünnter Salzsäure gefüllt sind. Die so gebeizten Drähte gehen dann durch ein Bad mit geschmolzenem Zink (Temperatur 425—475°). Der Zinkverbrauch ist am geringsten, wenn der Draht sich

mit einer derartigen Geschwindigkeit vorwärts bewegt, daß er kurz vor Verlassen des Zinkbades dessen Temperatur annimmt. Die tief gerillten Scheiben, auf denen der verzinkte Draht aufgehaspelt wird, haben maschinellen Antrieb, wodurch die Bewegung der Drähte durch die Verzinkungsstraße erfolgt. Der Materialverbrauch beträgt, bezogen auf das Gewicht des verarbeiteten Drahtes, 0,235% Säure und 0,75% Zink.

Für die Blechverzinkung werden die Eisenbleche erst gut mit Säure gebeizt, dann in Salmiaklösung gelegt und schließlich in ein Bad mit geschmolzenem Zink getaucht, das zum Schutz gegen Oxydationen mit Salmiak bedeckt ist. Die so erhaltenen galvanisierten Eisenbleche finden zur Dachdeckung Verwendung.

Zur Verzinnung von Eisenblechen werden dieselben (meistens Flußeisenbleche) erst mit Säure gründlich gebeizt, dann gespült und getrocknet, hierauf in Flammöfen auf helle Rotglut erhitzt und mit polierten Hartwalzen glänzend gewalzt. Es folgt nun ein nochmaliges Glühen, um die durch das Walzen entstandene Sprödigkeit zu beseitigen, dann wird wieder gebeizt, um neu gebildete Oxyde zu entfernen und nach gründlicher Neutralisation und Wasserspülung, Eintauchen in das Zinnbad, das zur Vermeidung von Oxydationen mit einer Schicht von Zinkchlorid bedeckt ist. Hierauf wird das Blech sofort gewalzt, wobei das überschüssige Zinn in das Zinnbad zurückfließt. Das so verzinnte Eisenblech, sogenanntes Weißblech, findet in der Spenglerei ausgedehnte Verwendung. Auch Verzinnungsmaschinen sind gebräuchlich, bei denen die sämtlichen beschriebenen Operationen mechanisch ausgeführt werden. Ganz entsprechend werden Drähte, Nägel und Gußteile verzinkt ¹⁾.

Auch das Verbleien von Eisenblech erfolgt in einer ganz ähnlichen Weise ²⁾.

3. Emaillüberzüge.

Je nach den zu verarbeitenden Gegenständen unterscheidet man Platten- und Geschirremailliererei. Die praktische Ausführung des Verfahrens besteht darin, daß die Eisengegenstände erst gut gebeizt und entfettet und darauf mit der mit Wasser angerührten Emailliermasse bedeckt werden, die dann im Ofen die Glasur bildet. Als Emailliermasse werden die verschiedensten Gemische gebraucht. Bleihaltige Glasuren sind für Speisegeschirre wegen der Giftigkeit zu vermeiden. In vielen Fällen empfiehlt es sich, erst eine Grundmasse aufzutragen, die mit dem Eisen in direkte Berührung kommt, und darüber eine Deckmasse zu legen.

¹⁾ Ganz ähnlich wird das Kupfer verzinkt.

²⁾ Zu den mechanischen Metallüberzügen gehören auch die Nickelplattierungen, bei denen Eisenplatten mit dünnen Nickelplatten vereinigt und zu Blechen ausgewalzt werden. In ähnlicher Weise werden Kupferplatten mit Gold oder Silber oder auch mit Aluminium plattiert.

Als Grundmasse benutzt man ein Gemisch von 30 Teilen Feldspat und 25 Teilen Borax, das zusammengeschmolzen und feinst pulverisiert mit 10 Teilen Ton, 6 Teilen Feldspat und 2 Teilen Magnesiumkarbonat vermennt und mit Wasser angeteigt wird. Als Deckmasse verwendet man das zusammengeschmolzene Gemisch von 38 Teilen Quarzpulver, 28 Teilen Borax, 30 Teilen Zinnoxid, 25 Teilen Soda und 10 Teilen Salpeter. Die gleichmäßig aufgetragene Masse wird getrocknet und dann im Ofen bis zum Übergang in den teigartigen Zustand erhitzt, darauf sorgfältig gekühlt, um das Entstehen von Rissen zu vermeiden. Für die Schilderfabrikation werden Schrift und Verzierungen durch Oxyde verschiedener Metalle buntfarbig aufgetragen. — Emailierte Gegenstände müssen vor Stoß geschützt werden, da sonst leicht Ribildung eintritt, die ein Rosten des darunter befindlichen Metalls zur Folge haben kann.

4. Ölfarbenüberzüge.

Zu Ölfarbanstrichen werden die Eisenstücke ebenfalls erst gut gereinigt, namentlich von Oxydschichten, Guß- und Walznähten und Gießsand. — Reiner Leinölfirnis gibt leicht einen blätternden Anstrich, man setzt daher Bleimennige Pb_2O_4 , Eisenmennige Fe_2O_3 oder Graphit zu und läßt dem Grundanstrich einen zweiten folgen, bestehend aus Leinölfirnis mit Bleiweiß, Graphit, Zinkstaub oder Kreide. Man bezeichnet den ersten Anstrich wohl auch als Grund-, den zweiten als Deckanstrich. Für letzteren Zweck liefern die ohemischen Fabriken fertige Gemische in allen gewünschten Farbtönen von sehr verschiedener Zusammensetzung und jedem erforderlichen Grad der Haltbarkeit.

Um einen gleichmäßigen Überzug zu bekommen, müssen Vertiefungen und poröse Stellen erst mit Spachtelkitt ausgefüllt werden, einem Gemisch von Kreide, Bleiweiß, Leinöl und Terpentin, das mit dem Spachtel aufgetragen wird, einem aus Holz oder Eisen bestehenden Werkzeug mit gerader Steichkante zum Ausbreiten des Kittes. Letzterer wird nach dem Trocknen mit Glaspapier abgeschliffen und dann erst die Farbe aufgetragen.

5. Organische Überzüge.

Es sind dies Produkte, die entweder direkt tierischen oder pflanzlichen Ursprungs sind, oder aus solchen dargestellt werden. Hierher gehört:

- a) Einfetten mit Talg oder Bleiweißzusatz. Der Talg darf aber nicht ranzig sein (saure Reaktion), weil er sonst das Eisen angreift;
- b) Anstreichen mit Terpentin oder Petroleumdestillaten. Dies Verfahren ist aber nur dann anwendbar, wenn die Gegenstände nicht der Sonnenwärme ausgesetzt sind, weil der Anstrich sonst abfließt;

- c) Teer, Pech oder Gemische von Teer mit Wachs, Schwefel, ferner Graphitanstriche;
- d) Kautschuk in Terpentinöl oder Guttapercha in Benzin. Hartgummi und Celluloid für Isolatoren und für Schiffswellen; Zaponlack (Schießbaumwolle in Amylacetat) für feinere Apparate, namentlich auch für Kupfer und Messing gebräuchlich).

F. Der Lötprozeß.

Wir haben als Rostschutzmittel die Metallüberzüge kennen gelernt, die mit dem darunter liegenden Eisen (oder sonstigem anderen Metall) an der Berührungsstelle eine Legierung bilden. Denkt man sich nun zwei Metallstücke gleichzeitig mit ein und demselben derartigen Überzug bedeckt, so wird eine feste Verbindung beider Metallstücke erreicht. Auf diesem Prinzip beruht das Löten. Elektrolytische Metallniederschläge zum Zwecke der Verbindung der zu vereinigenden Stücke werden nur selten ausgeführt, meistens wird das Metall im geschmolzenen Zustand mechanisch aufgetragen, man bezeichnet es als das Lot.

Man unterscheidet Weich- und Hartlote. Das gewöhnliche Weichlot ist eine Blei-Zinnlegierung oder reines Zinn; für gewisse Spezialzwecke wird auch Lippowitz- und Woodmetall verwendet. Hartlot ist eine dem Messing ähnliche Kupfer-Zinklegierung. Andere Bezeichnungen sind für Weichlot als Schnellot und für Hartlot als Schlaglot.

Das Lot muß immer so gewählt sein, daß sein Schmelzpunkt möglichst tief unter demjenigen der zu verbindenden Metallstücke liegt. Das Hartlot kann daher nur bei solchen Metallen angewandt werden, die, wie Eisen, Kupfer und Messing, vor dem Schmelzen erglühen. Bei leicht flüssigen Legierungen werden Lippowitz- und Woodmetall verwendet, deren Schmelzpunkt unter dem des Wassers liegt. — Die Hartlötung gestattet eine nachträgliche Bearbeitung mit dem Hammer, infolge der großen Festigkeit. Aus dem gleichen Grunde kann man auch zwei Blechstücke durch Hartlötung ohne Überlappung der Ränder, also stumpf zusammenstoßend, miteinander verbinden, was bei der Weichlötung unmöglich ist.

Da es sich, wie erwähnt, um eine Legierung des Lotes mit den zu verbindenden Metallen handelt, so müssen die in Betracht kommenden Metallflächen vorher von jeder Oxydschicht befreit werden. Beim Weichlöten benutzt man hierzu Salzsäure oder besser die Lösung eines Gemisches von Zinkchlorid und Salmiak¹⁾, auch wohl Kolophonium oder Stearin, zum Hartlöten Borax oder Phosphorsalz (Natriumphosphat). Diese Stoffe sind die „Lötmittel“ im Gegensatz zu den „Loten“. Die Lötmittel kommen auch in Form sogenannter Lötpasten in den Handel, die das Lötmittel mit Fett vermischt enthalten. Bei manchen dieser Präparate ist auch das Lot gleich mit vermischt.

¹⁾ Lötwasser.

Im allgemeinen kommen die Lote entweder in Form von Stangen, Fäden oder Schnitzeln in den Handel. Beim Auftragen des Lotes muß die Lötstelle stets mit dem Lötmedium bedeckt sein. Das Lot ist hierbei

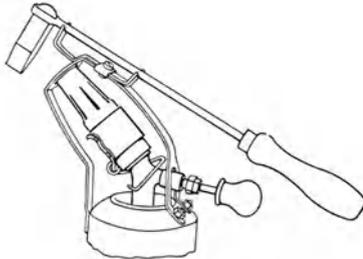


Fig. 80. LötKolben *).

im flüssigen Zustand anzuwenden, und zwar wird beim Weichlöten mit dem erhitzten LötKolben, einem hammerförmigen Instrument, mit einem Kopf aus verzinnem Kupfer, über das Lot gestrichen, das dabei flüssig wird und sich leicht auf die zu verbindende Stelle mit dem LötKolben (Fig. 80) übertragen läßt. Statt den LötKolben immer wieder mit der LötLampe (Fig. 81) zu erwärmen, kann

man ihn auch mit einer Heizvorrichtung versehen, indem man im Handgriff eine Benzin- oder Spirituslampe oder einen elektrischen Widerstand anbringt (Fig. 82). Beim Hartlöten werden die Stücke derartig

durch Draht miteinander verbunden, daß die zu vereinigenden Kanten sich berühren, dann trägt man Lot und Lötmedium auf und erhitzt mit der LötLampe.



Fig. 81. LötLampe.

Für große Stücke empfiehlt es sich, dieselben in das in einem Herd geschmolzene (mit Lötmedium bedeckte) Lot einzutauchen. Äußerst feine kleinere Gegenstände werden mit Silber gelötet (auch solche aus Eisen, die keine sichtbare Lötstelle haben sollen). Da man nun solche kleine Gegenstände weder in das Feuer bringen noch mit

der Zange anfassen kann, so erwärmt man sie mittelst eines Lötrohres (Blasrohr) in der Spiritus- oder Gasflamme (Fig. 83). Das Kupfer wird mit Zinnlot weich und mit Schlaglot hart gelötet, ebenso wie das schmiedbare Eisen. Das Gußeisen wird mit Zinn weich gelötet; zur Hartlötung mit Messingschlaglot wird die Lötstelle vorher mit oxydierenden Mitteln

*) Die Figuren 80—82 stellen Apparate der Firma Gustav Barthel in Dresden dar.

(Ferrofix genannt) behandelt, um sie in schmiedbares Eisen durch Kohlenstoffentziehung zu verwandeln. Zinn und Zink werden mit Zinn oder Zinnlegierungen gelötet, das Platin mit Gold. Für Blei ist meist, besonders

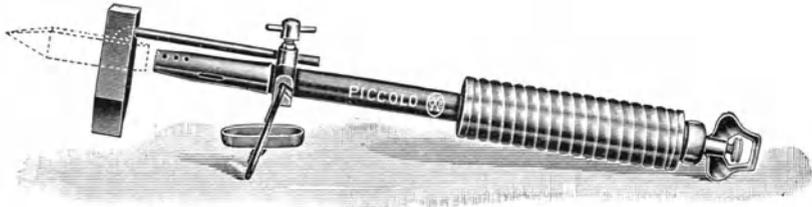


Fig. 82. LötKolben mit Heizvorrichtung

bei Akkumulatoren, die Lötung mit dem Knallgasgebläse, also ohne Lot, gebräuchlich, welches Verfahren auf dem raschen Zusammenschmelzen der Ränder der zu vereinigenden Bleistücke beruht. Nur ganz vereinzelt wird das Blei mit Zinn gelötet.

Die Verfahren zur Lötung des Aluminiums sind außerordentlich verschieden, eine allen Anforderungen genügende Methode gibt es bis jetzt kaum. — Sehr empfohlen wird der allerdings recht umständliche Weg, die Lötstellen erst elektrolytisch zu verkufern, dann mit Schlaglot zu löten. Ein amerikanisches Aluminiumlot (G. Hartmann in Neuyork) besteht aus 17% Aluminium, 2,3% Magnesium, 0,7% Nickel und 80% Zinn. Ein brauchbares Weichlot für Aluminiumbronze wird aus 44,5% Zink und 55,5% Kadmium, und ein Hartlot für diese Legierung aus 52% Kupfer, 46% Zink und 2% Zinn hergestellt.



Fig. 83. Lötrohr.

G. Der Schweißprozeß.

Das Schweißen ist die Vereinigung zweier Metallstücke im hocherhitzten Zustand, wobei, im Gegensatz zum Lötprozeß, kein anderes Metall zur Herstellung der Verbindung gebraucht wird. Für uns ist das Schweißen des schmiedbaren Eisens am wichtigsten. — Wir unterscheiden vier Schweißmethoden, nämlich: Ofenschweißung, Thermit-schweißung, Autogenschweißung und Elektroschweißung.

1. Ofenschweißung.

Die Schweißtemperatur liegt für Schmiedeeisen bei Weißglut, für Stahl bei Rotglut; zu hoch erhitzter Stahl verbrennt (vgl. verbranntes Eisen). Zum Erhitzen dient ein Koksfeuer mit Gebläse, auch Wassergasschweißung (Wassergas, das in einer Düse mit Luft gemischt ist) wird angewandt. Die zu verbindenden Metallflächen müssen auch hier

frei von Oxyd sein. Um die Bildung desselben zu verhüten oder etwa vorhandenes zu beseitigen, wendet man die Schweißpulver¹⁾ an, welche die zu vereinigenden Flächen bedecken, bis die Schweißung erfolgt.

Als Schweißpulver für Stahl dient ein Gemisch von

- 40% Borax,
- 35% Kochsalz,
- 15% gelbes Blutlaugensalz,
- 10% kalzinierte Soda.

Für Schmiedeeisen gebraucht man dagegen ein Gemisch von

- 50% Borax,
- 25% Salmiak und
- 25% Wasser.

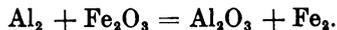
Dasselbe wird gekocht und, nachdem es erhärtet ist, mit $\frac{1}{3}$ rostfreien Eisenfeilspänen vermengt.

Die Vereinigung der beiden zusammenschweißenden Eisenstücke, die auf die angegebene Temperatur erhitzt sind, erfolgt dann unter dem Schmiedehammer bzw. der Schmiedepresse.

2. Thermitschweißung.

Bereits vor Einführung des Thermitverfahrens war in Amerika versucht worden, die für die Verschweißung von Eisenbahnschienen erforderliche Temperatur durch Umgießen mit hochüberhitztem, sehr dünnflüssigem Gußeisen zu erreichen.

Das Thermitverfahren der Firma Th. Goldschmidt, A.-G., in Essen (Ruhr) beruht darauf, daß das Aluminium ein gutes Reduktionsmittel ist, indem es anderen Metalloxyden den Sauerstoff entzieht und dabei in Aluminiumoxyd Al_2O_3 übergeht. Bei der Umsetzung wird, infolge der hohen Verbrennungswärme des Aluminiums von 7200 WE., eine Temperatur von 3000° erzeugt, die man zum Schweißen nutzbar macht. Als Metalloxyde kommen diejenigen des Eisens, des Chroms und des Mangans in Betracht; die Mischung derselben mit Aluminium ist die sogenannte Thermitmasse oder kurz das Thermit (Eisenthalthermit, Chromthermit, Manganthermit). Die Umsetzung beim Eisenthalthermit ist z. B.:



Ebenso würde bei Anwendung der anderen Thermitreines metallisches Chrom bzw. Mangan entstehen; auch Molybdän, Wolfram und viele andere, sonst schwer darstellbare Metalle lassen sich auf diesem Wege vollkommen rein herstellen. — Das Al_2O_3 Aluminiumoxyd, das als zweites Umsetzungsprodukt entsteht, scheidet sich als künstlicher Korund ab und wird unter dem Namen Korubin als Schleifmittel gebraucht.

¹⁾ Flußmittel.

Zum Thermitschweißverfahren wird das betreffende Metalloxyd und das Aluminium, beide in Pulverform gemischt, in einen Tontiegel mit Magnesiafutter zur Entzündung gebracht. Als Entzündungsgemisch gebraucht man Aluminiumpulver mit Bariumsuperoxyd BaO_2 , das durch ein Sturmstreichholz zum Entflammen gebracht wird. Während des Prozesses füllt man ständig Thermit nach, damit die am Boden des Tiegels sich allmählich sammelnde glühende Masse stets bedeckt ist. Der Thermittiegel kann nun entweder durch Kippung oder Bodenöffnung entleert werden. Hierauf beruhen die drei Ausführungsarten der Thermitschweißung, nämlich Stumpfschweißung, Umgießverfahren und kombinierte Schweißung.

a) Stumpfschweißverfahren.

Das Stumpfschweißverfahren, das für Rohre, Wellen und Schienen angewendet wird, besteht im folgenden: Die beiden zu vereinigenden Werkstücke werden je in einer Traverse befestigt, die durch Schrauben-

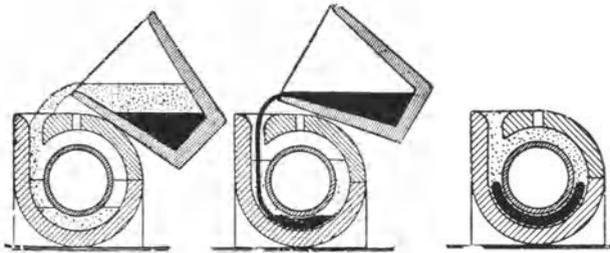


Fig. 84. Stumpfschweißung von Röhren.

spindeln derart verbunden sind, daß beim Anziehen der Schraubenspindelmuttern die zu verschweißenden, metallisch blank gemachten Flächen sich innig berühren. Um die Schweißstelle wird alsdann eine Form gebracht, die das flüssige Thermit aufnimmt. Da der Tiegel hier durch Kippen entleert wird und daher die Schlacke zuerst in die Form fließt, wird verhindert, daß das später nachfließende Thermit-eisen mit der Formwand bzw. dem Werkstück in Berührung kommt; denn die vorher eingefüllte Schlacke erstarrt sofort und läßt das flüssige Eisen nicht mehr durch. Man kann daher Eisenformen verwenden. Die erstarrte Schlacke hat einen glasartigen Charakter, so daß das Werkstück durch einige Hammerschläge von der Hülle nach Erkaltung befreit werden kann. Das Thermit gibt also seine Wärme an das Werkstück ab und bringt dieses auf Schweißhitze, so daß die zu verbindenden Teile durch Stauchdruck vereinigt werden können. Der Stauchdruck wird hervorgerufen durch Anziehen der Spindelmuttern an den Spindeln, die die beiden Traversen miteinander verbinden. Nach Entfernung der

abgesprengten, erkalteten Thermitmasse ist an der Schweißstelle nur eine kleine wulstartige Verstärkung bemerkbar, die durch das Stauchen

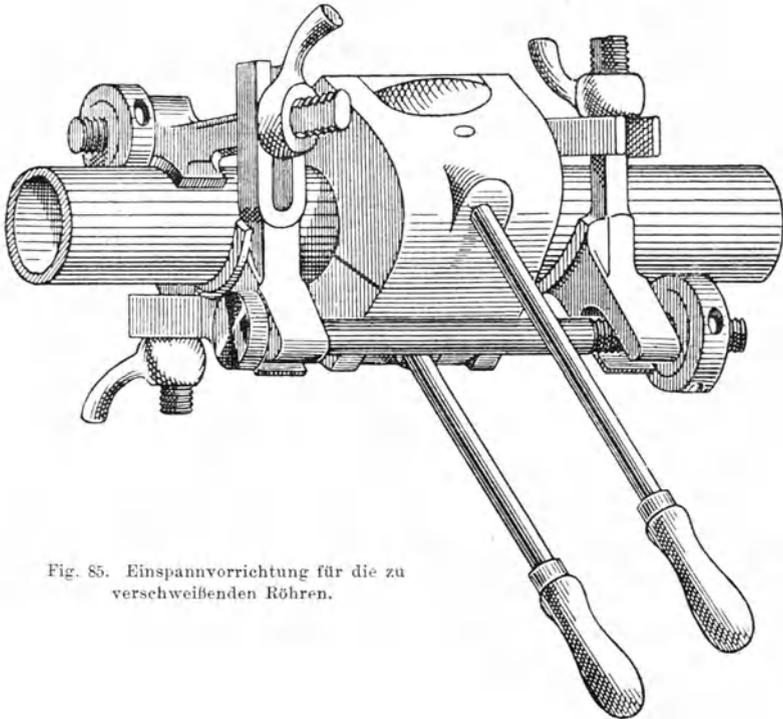


Fig. 85. Einspannvorrichtung für die zu verschweißenden Röhren.

hervorgerufen, sich leicht abarbeiten läßt. Fig. 84 und 85 zeigen das Schweißen von Röhren nach diesem Verfahren nebst der Einspannvorrichtung.

b) Umgießverfahren.

Beim Umgießverfahren wird der Abstich des Thermittiegels mittelst einer Bodenöffnung bewirkt. Es fließt das spezifisch schwerere Thermit-eisen zuerst aus und verschmilzt infolge seiner hohen Überhitzung sofort mit allen Metallteilen, mit denen es in Berührung kommt. Daher sind Schamottformen erforderlich, und das Thermit-eisen wird sich mit dem Werkstück selbst verbinden, indem es als Zwischenguß eine absichtlich hergestellte größere Lücke zwischen den zu verschweißenden Teilen ausfüllt und eine bleibende Thermitlasche als verstärkenden Wulst um die Verbindungsstelle bildet. Auf diese Weise werden Schienen geschweißt, die bereits eingepflastert sind und nur an den Stößen freigelegt zu werden brauchen, indem man sie an Fuß und Steg verschmilzt; die Schienenköpfe gehen dabei keine metallische Verbindung ein. Die Stoßfuge wird vor dem Guß durch ein fest eingetriebenes Paßblech ausgekeilt, das an seinem unteren Ende später mit der Thermit-eisenlasche verschweißt.

Verwendet man das Umgießverfahren zu Reparaturen größerer Werkstücke, so ist in jedem Falle zu untersuchen, ob die Bruchstelle mit einer Thermitlasche umschmolzen werden kann, und ob nicht schädliche Spannungen infolge der lokalen Erwärmung eintreten, die



Fig. 86. Reparatur einer Maschine mittelst Thermit.

an anderen Stellen des Werkstücks einen Bruch herbeiführen. Es kann dies leicht eintreten, wenn das zu verschweißende Stück keine freien Enden hat, die sich ungehindert ausdehnen können, sondern

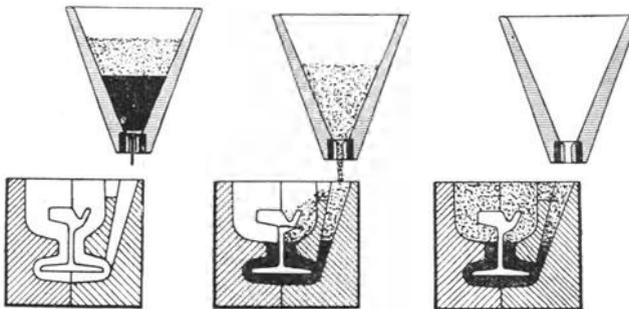


Fig. 87.

ein geschlossenes Ganzes bilden, wie z. B. ein Schwungrad. In solchen Fällen muß man durch künstliche Erwärmung der gefährdeten Stellen die Spannungen zu vermeiden suchen. — Fig. 86 zeigt das mittelst Thermit ausgebesserte Lager eines Sauggasmotors.

c) Kombiniertes Verfahren.

Das kombinierte Verfahren ist eine Vereinigung der beiden bisher besprochenen Methoden, das zur Verbindung von Straßenbahnschienen bei Neuanlagen in Frage kommt. Die Köpfe werden an der Stoßstelle durch reine Stumpfschweißung vereinigt, Fuß und Steg durch Um-

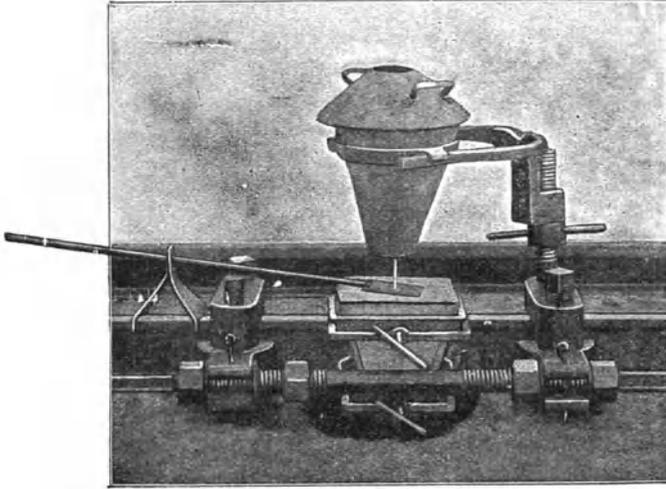


Fig. 88.

gießung. Dieses Verfahren ist vorwiegend bei Straßenbahnschienen anwendbar. Die Ausführung erfolgt in der Weise, daß der Tiegel durch die Bodenöffnung entleert wird, wobei zunächst das Thermitisen aus-



Fig. 89.

Fig. 87—89. Schienenschweißung nach dem kombinierten Thermitverfahren.

fließt und Fuß und Steg bedeckt, dann die Schlacke, die den Kopf an der Stoßstelle verschweißt (Fig. 87–89). Außer zur Schweißung findet das Thermitverfahren auch in der Hüttenindustrie verschiedene Verwendung, namentlich zur Vermeidung der Lunkerbildung (Hohlräume in den Gußstücken).

3. Autogenschweißung.

Die Autogenschweißung (autogen = selbsterzeugend) verbindet die Stücke ohne Schweißmittel und ohne Hämmern, Pressen oder sonstige mechanische Bearbeitung der Schweißenden. Das Verfahren beruht auf der hohen Verbrennungswärme von Wasserstoff, Acetylen Benzin, Leuchtgas usw. im reinen Sauerstoff, so daß die Schweißenden zusammenschmelzen. Hauptsächlich werden Wasserstoff-Sauerstoffschweißung einerseits und Acetylen-Sauerstoffschweißung andererseits angewendet.

a) Wasserstoff-Sauerstoffschweißung.

Der Wasserstoff hat, wie erwähnt, pro Kilogramm einen Heizwert von 34 100 WE.; man kann im Knallgasbrenner, in dem H und O in geeigneter Weise vereinigt werden, die höchsten Temperaturen erzeugen. Bei dem früher ausschließlich benutzten Daniellschen Hahn (Fig. 90), der aus zwei konzentrischen Röhren *a* und *b* besteht, die in der Düse *d* endigen, wird der Wasserstoff durch *a*, der Sauerstoff durch *b* zugeführt, die an der Düse sich vereinigend die sehr heiße Flamme geben, die man zum Platinschmelzen und Bleilöten benutzt, sowie zum Kalklicht. Dasselbe beruht darauf, daß ein Stück Kreide im Knallgasgebläse erhitzt, in helle Weißglut gerät, die zu optischen Signalen (Scheinwerfer)

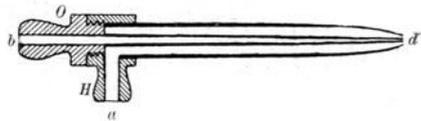


Fig. 90. Knallgasbrenner.

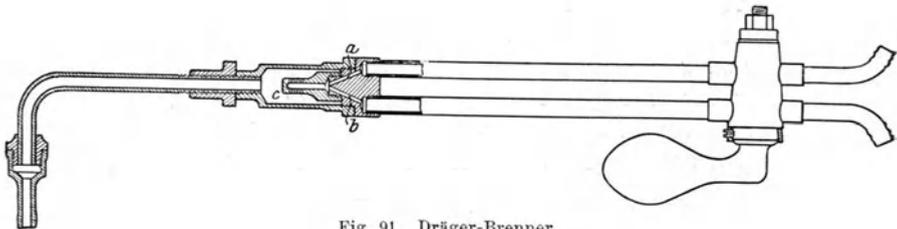


Fig. 91. Dräger-Brenner.

und als Lichtquelle für Projektionsapparate benutzt wird. — Für Schweißzwecke ist der Knallgasbrenner der Drägerwerke (Lübeck) geeigneter (Fig. 91), bei dem beide Gase vor Austritt miteinander gemischt werden. Wasserstoff und Sauerstoff treten durch die spitzwinklig zulaufenden

Kanäle *a* und *b* in die Mischkammer *c* ein. Durch die saugende Wirkung der beiden Gase aufeinander ist ein Rückschlagen des einen in die Leitung des anderen ausgeschlossen. Der Durchmesser der aufgeschraubten Mundstücke muß der austretenden Gasmenge bzw. der Stärke der zu schweißenden Bleche angepaßt sein; zu große Austrittsgeschwindigkeit stört die in Fluß befindlichen Massen, zu geringe hat ein Zurückschlagen der Flamme zur Folge. — Damit beim Schweißen keine Oxydation der Arbeitsstücke stattfindet, darf das Verhältnis der Mischung zwischen dem Wasserstoff und Sauerstoff nicht zwei Teile H und ein Teil O ¹⁾ sein, sondern vier Teile H auf ein Teil O ¹⁾. Es ist daher ein direkter Anschluß des Schweißapparates an die elektrische Wasser-

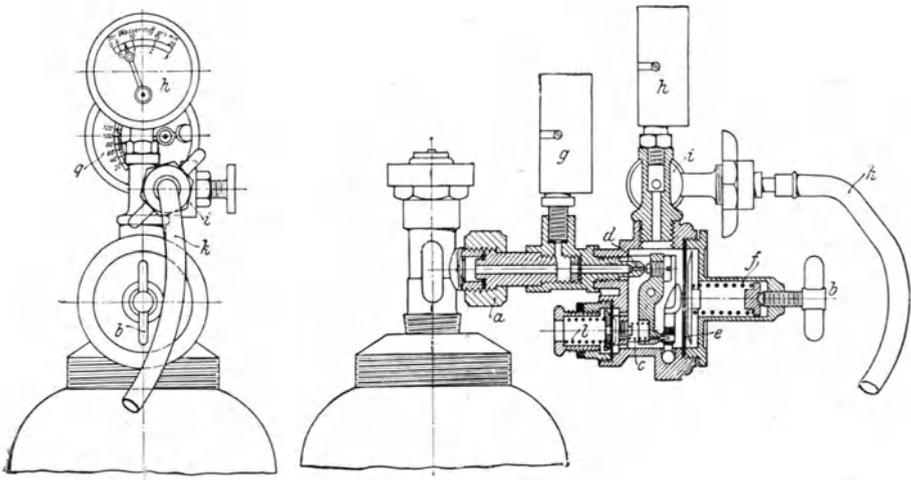


Fig. 92. Dräger-Ventil.

zersetzungsanlage ausgeschlossen, es sei denn, daß noch anderweitig H erzeugt wird. Man pflegt daher meistens beide Gase in Stahlzylindern komprimiert zu beziehen. Die Zuführung der Gase zu den Schweißbrennern erfolgt dann durch Schläuche. Von besonderer Wichtigkeit ist die Armatur der Stahlzylinder zur Regulierung der Gaszufuhr und Herstellung des richtigen Mischungsverhältnisses (Fig. 92). Das Dosierungsreduzierventil der Dräger-Werke (Lübeck) wird mit der Überwurfmutter *a* an dem Seitenzapfen des Flaschenventils befestigt. Der gewünschte verminderte Druck wird durch die Regelschraube *b* eingestellt. Ist diese ganz herausgeschraubt, so drückt die Schließfeder *c* mittelst doppelarmigen Hebels die Gasaustrittsöffnung *d* zu; ist *b* hineingeschraubt, so wird der Hebel derartig betätigt, daß sich der Abschluß-

¹⁾ Durch dieses Mischungsverhältnis ist für Schweißzwecke die Temperatur der Wasserstoffsauerstoffflamme niedriger als diejenige der Acetylsauerstoffflamme.

kegel von dem Gasaustritt *d* abhebt. Der entstehende Minderdruck preßt eine Membran *e* entgegen der Federspannung *f* nach außen, so daß hierdurch Gleichgewicht zwischen Feder- und Membrandruck hergestellt wird. Die Reduzierventile sind mit zwei Manometern ausgerüstet. Das der Flasche zunächst befindliche Manometer *g* zeigt den jeweiligen Füllungsdruck der Flasche an, und hieraus kann man fortlaufend den Gasinhalt der Flasche berechnen. Das Manometer *h* ist mit einer doppelten Teilung versehen und zeigt die dem Reduzierventil entströmenden Gasmengen in Litern, oder, was in diesem Falle wichtiger ist, diejenige Blechstärke an, die bei der betreffenden Zeigerstellung geschweißt werden kann. Ferner besitzt das Reduzierventil noch ein Absperrventil *i*, durch das der Gasstrom bei Arbeitspausen unterbrochen wird. Am Ventil *i* befindet sich der Austrittsstutzen, an den der Gasschlauch *k* mittelst Flügelmutter angeschraubt ist. Der Gasschlauch führt zum Brenner. Das Sicherheitsventil *l* ist auf den höchsten zulässigen Arbeitsdruck eingestellt.

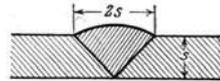


Fig. 93. Schweißung
3–8 mm dicker Bleche.

Bei Inbetriebsetzung wird erst Wasserstoff in den Brenner eingeleitet und entzündet, dann Sauerstoff zugeführt. Der heißeste Teil der Flamme, der ca. 10 mm von der Brennerspitze entfernt liegt, wird zur Bestreichung der Schweißenden benutzt, die hierdurch auf Schweißtemperatur gebracht werden. Bei Blechen bis zu 3 mm Dicke werden die zu verschweißenden Kanten gut passend aneinandergestoßen und durch Bestreichen mit dem Brenner verbunden. Bei Blechen von 3–8 mm Dicke werden die Kanten gegeneinander abgeschrägt und die entstehende Nut mit geschmolzenem Schweißdraht ausgefüllt (Fig. 93).

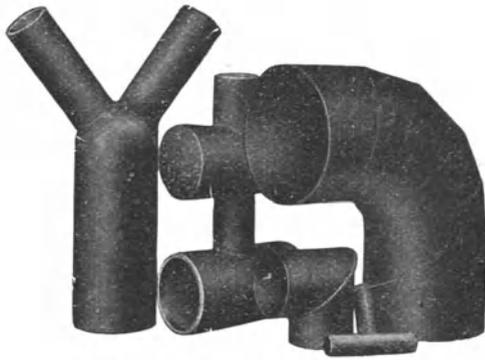


Fig. 94. Autogen geschweißte Stücke.

Bei 8–10 mm dicken Blechen ist Vorwärmung erforderlich, oder, ebenso wie bei noch stärkeren, Acetylen-Sauerstoffschweißung (vgl. unter b). Sind die Bleche dünner als 0,2 mm, so muß man den Sauerstoff mit Stickstoff verdünnen, um zu vermeiden, daß in das Blech Löcher gebrannt werden. Die Figuren 94–95 zeigen Fassonrohre, sowie Automobil- und Fahrradteile, die nach diesem Wasserstoff-Sauerstoffverfahren geschweißt sind.

Umgekehrt kann man mit Hilfe der Wasserstoff-Sauerstoffflamme

auch Eisenteile trennen, durch Durchbrennen, oder, wie man zu sagen pflegt, durch autogenes Schneiden. Das Verfahren besteht im wesentlichen darin, daß die zu durchschneidende Stelle mittelst der Wasserstoff-Sauerstoffflamme auf die Verbrennungstemperatur des Eisens erhitzt und dann durch Sauerstoff, der unter 30 Atm. Druck dagegen strömt, verbrannt wird.

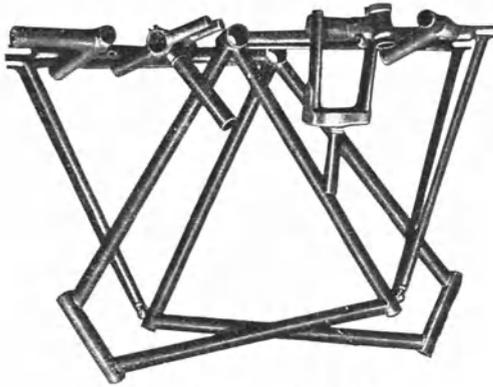


Fig. 95. Autogen geschweißte Stücke.

Die Verbrennungswärme des Eisens werden die benachbarten Metallteile geschmolzen und so das ganze Stück in der verlangten Richtung durchgeschnitten (durchgebrannt), indem der Brenner entsprechend weiter bewegt wird. Die Arbeitskosten sind gering, der Schnitt glatt und scharf begrenzt. Vorzeichnung des Schnitts mit dem Körner.

Durch die Verbrennungswärme des Eisens werden die benachbarten Metallteile geschmolzen und so das ganze Stück in der verlangten Richtung durchgeschnitten (durchgebrannt), indem der Brenner entsprechend weiter bewegt wird. Die Arbeitskosten sind gering, der Schnitt glatt und scharf begrenzt. Vorzeichnung des Schnitts mit dem Körner.

Die Arbeitskosten sind gering, der Schnitt glatt und scharf begrenzt. Vorzeichnung des Schnitts mit dem Körner.

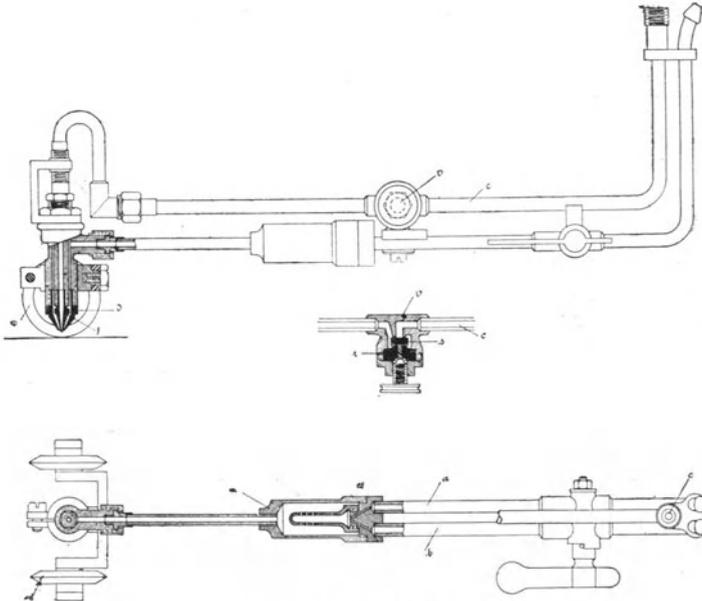


Fig. 96. Schneidbrenner.

Beim Schneidbrenner der Chemischen Fabrik Griesheim Elektron (Fig. 96) wird die Heizflamme durch die Rohre *a* (Wasserstoff) und *b* (Sauerstoff) gespeist. Beide Gase mischen sich in der

Kammer *m* und treten durch das Mundstück *d* aus, wo durch Entzünden die Heizflamme gebildet wird. Der zum Schneiden dienende Sauerstoff, der mittelst des Rohres *c* zugeführt wird, tritt durch die Düse *f* aus. Die innere und äußere Düse sind auswechselbar und werden der betreffenden Blechdicke angepaßt. Der Wagen *w* am Brennerkopf ist eine Führvorrichtung, die es ermöglicht, den Brenner mittelst Laufrollen weiter zu bewegen, entsprechend dem Fortschreiten des Schneideprozesses.

Fig. 97 zeigt den Handschneideapparat der genannten Firma.

Die Schnittgeschwindigkeit beträgt 180 bis 250 mm/min, die Breite der Schnittbahn 2—4 mm. Die

Figuren 98—99 zeigen Brenner mit Führung für lineare und runde Schnitte. Die wichtigsten Anwendungen sind zum Schneiden von Mannlöchern

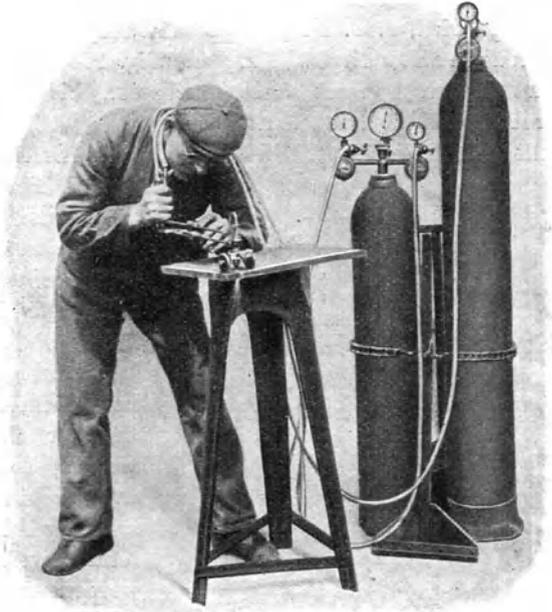


Fig. 97. Handschneideapparat.

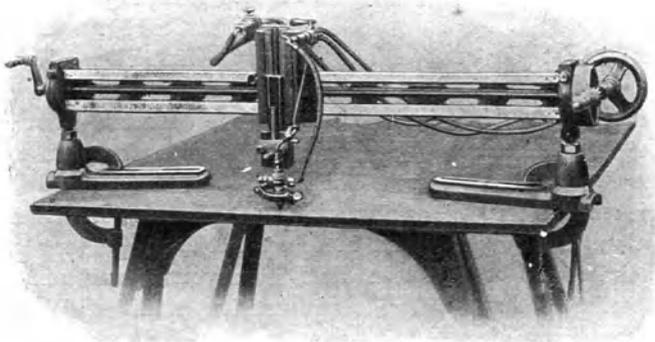


Fig. 98. Brenner für lineare Schnitte.

und Stützenlöchern in Eisenblechen, Abschneiden von Profileisen, Schneiden von Panzerplatten, rasche Demontage von alten Brücken u. a. m.

b) Acetylen-Sauerstoffschweißung.

Auch bei diesem Verfahren wird der in Flaschen komprimierte Sauerstoff verwendet, während das Acetylen am Verbrauchsort selbst erzeugt wird, z. B. im transportablen Apparate der Firma Wwe. Joh. Schumacher in Cöln a. Rh. (Fig. 100). Zur Inbetriebsetzung leitet man in den Apparat so lange Wasser, bis dasselbe beim geöffneten Probierhahn *G* herausläuft. Hierauf schließt man den Hahn *G* und füllt den Reservekarbidbehälter *C*₁ mit Karbid (Körnung 4–7 mm).

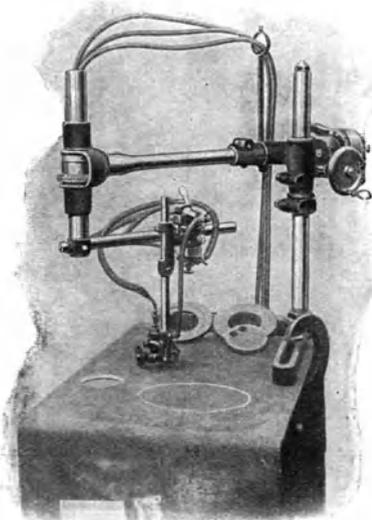


Fig. 99. Brenner für runde Schnitte.

Sobald dieser Behälter voll ist, bewegt man den Doppelschlüssel *Y* nach abwärts, wodurch der Abschlußhahn *V* geschlossen und gleichzeitig der Verbindungshahn *U* geöffnet wird. Nunmehr ergießt sich der Inhalt von *C*₁ in den darunter befindlichen eigentlichen Karbidbehälter *C*. Durch Aufwärtsbewegung des Doppelschlüssels wird der Verbindungshahn geschlossen und der Abschlußhahn wieder geöffnet, worauf man den leer gewordenen Karbidbehälter aufs neue füllt. Hierauf füllt man noch die Wasservorlage *W* durch das Trichterrohr *T* bis zum Probierhahn *S* mit Wasser und beschießt den Reiner, wie in der Skizze angegeben, mit der Reinigungsmasse.

Als dann bewegt man den Anschlag *J* mittelst des außen am Apparat befindlichen Hebels etwas nach links, wodurch die Führungsstange *E* hinaufgedrückt wird und das in der Einwurfvorrichtung befindliche Karbid in den Entwickler *A* fällt. Das sich sofort entwickelnde Acetylen hebt die Gasglocke *B* an, die Führungsstange *E* sinkt herab und die Einwurfvorrichtung füllt sich von neuem mit Karbid. Der Anschlag *J* wird nun mittelst eines Stiftes in seiner höchsten Stellung befestigt, so daß beim Sinken der Glocke die Einwurfvorrichtung von selbst in Tätigkeit tritt, sobald die Glocke den tiefsten Stand erreicht hat und infolgedessen die Stange *E* durch den Anschlag *J* emporgedrückt wird. Um die im Apparat befindliche Luft zu entfernen, öffnet man den Hahn *H* und läßt das im Apparat befindliche Gasgemisch mittelst Gummischlauches ins Freie entweichen, bis in der Glocke nur noch reines Gas vorhanden ist. Ist der Inhalt des Karbidbehälters *C* ver-

braucht, so läßt man durch schnelles Öffnen und Schließen der Hähne *U* und *V* den Inhalt des Reservekarbidbehälters in den Behälter *C* gelangen, so daß auf diese Weise die Neubeschickung mit Karbid während des Betriebes erfolgen kann. Es ist jedoch streng darauf zu achten,

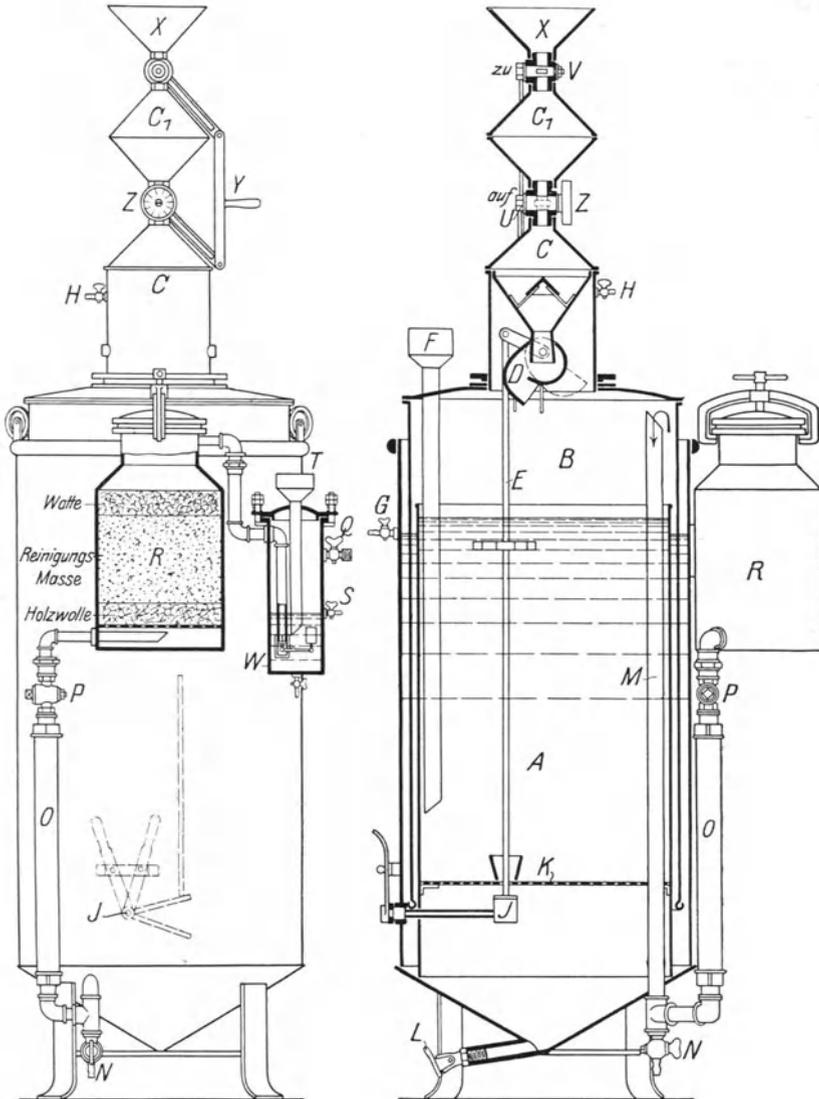


Fig. 100. Acetylenapparat.

A Entwickler, *B* Gasglocke, *C* Karbidbehälter, *C*₁ Reservekarbidbehälter, *D* Einwurfvorrichtung, *E* deren Hebel und Führungsstange, *F* Füllrohr, *G* Probierhahn, *H* Entlüftungshahn, *J* verstellbarer Anschlag, *K* Sieb, *L* Schlammhahn, *M* Gasrohr, *N* Entwässerungshahn, *O* Vorreiniger, *P* Gashahn, *R* chem. Reiniger, *W* Wasservorlage mit Gashahn *Q*, *S* Probierhahn, *T* Füllrohr, *U* Verbindungshahn, *V* Abschlußhahn mit Fülltrichter *X*, *Y* Doppelschlüssel, *Z* Zählwerk.

daß nicht mehr als drei Füllungen bis zur Erneuerung des Entwicklungswassers vergast werden. Zu diesem Zwecke ist auf dem Zwischenhahn *U* eine Zählvorrichtung angebracht, welche die Zahl der Füllungen registriert. Sobald das rot markierte Feld der Zählvorrichtung erscheint, ist dies ein Zeichen, daß nach Vergasung des im Behälter befindlichen Karbids das Entwicklungswasser erneuert werden muß.

Zur Schweißung benutzt man den Fouché-Brenner (ähnlich dem Daniellschen Hahn), bei dem der Sauerstoff unter 1–2 Atm. Pressung eintritt, durch eine injektorartige Einschnürung das Acetylen ansaugt

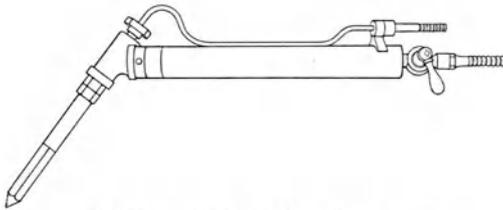


Fig. 101. Acetylschweißbrenner.
(Nach Kautny, Leitfaden für Acetylschweißung.)

und so für eine gute Gas-mischung sorgt. Das Zurückschlagen der Flamme wird bei dem Brenner durch die Ausströmungsgeschwindigkeit von 100 bis 300 m/sek vermieden, sowie auch dadurch, daß die Leitung, die das Acetylen zuführt, in ein Bündel

enger Röhren zerlegt ist, in denen die zurückschlagende Flamme durch den hohen Widerstand erstickt wird. Ein drittes Rohr (Fig. 101) führt Luft zur Kühlung des Brenners zu, um eine Zerlegung des Acetylens (Rußabscheidung) zu verhindern. Das Mischungsverhältnis der Gase beträgt 1 Teil Acetylen und 2,5 Teile Sauerstoff, wodurch eine Temperatur von weit über 3000° erzeugt wird, die man, wie erwähnt, zum Verschweißen von Blechen über 10 mm Dicke gebraucht. Für die verschiedenen Blechstärken sind abweichende Gasmengen und daher zehn verschiedene Schweißbrenner erforderlich. Auch zum Schneiden wird die Acetylen-Sauerstoffflamme gebraucht.

4. Elektroschweißung.

Die elektrische Energie wird in drei verschiedenen Methoden zum Schweißen verwendet.

a) Verfahren von Thomson.

Die zu verschweißenden Gegenstände werden durch direkten Stromdurchgang zur Weißglut erhitzt und in diesem Zustand durch Schlag oder Druck verbunden. Das Verfahren beruht auf dem Widerstand an der Stoßfuge, wodurch die erforderliche Wärme erzeugt wird.

b) Verfahren von Bernardo.

Die Bleche sind gut aneinandergespaßt mit dem einen Pol der Stromquelle verbunden. Mittelst einer isolierten Zange wird die mit

dem anderen Pol verbundene Kohle dicht über die Schweißnaht gehalten; der entstehende Flambogen erzeugt die Schweißtemperatur.

c) Verfahren von Lagrange und Hoho.

In einem großen, mit Pottaschelösung gefüllten Gefäß befindet sich als Anode eine Metallplatte, als Kathode das zu schweißende Arbeitsstück. Zersetzt man nun die Lösung mit einem Strom von 220 Volt, so bilden sich an der Kathode Wasserstoffblasen, die dem Stromdurchgang einen so hohen Widerstand entgegensetzen, daß eine Erwärmung eintritt, die zur Verbrennung des Wasserstoffs führt, wodurch dann das Arbeitsstück entsprechend erhitzt wird.

Empfehlenswerte Literatur.

- Arendt, Rudolf: Technik der Experimentalchemie, Hamburg 1900. 3. Aufl.
Biedermann, Rudolf: Chemikerkalender. Berlin 1913.
Brand, Julius: Techn. Untersuchungen zur Betriebskontrolle. Berlin 1913.
3. Aufl.
Dammer, Otto: Handbuch der chem. Technologie. Stuttgart 1898.
Erlwein, Georg: Herstellung und Verwendung des Ozons. Leipzig 1912.
Heusler, Fr.: Chem. Technologie. Leipzig 1905.
Holde, D.: Untersuchung der Mineralöle und Schmiermittel. Berlin 1909.
3. Aufl.
Kautny, Th.: Handbuch der autogen. Metallbearbeitung. Halle 1912. 2. Aufl.
— Leitfaden für Acetylschweißer. Nürnberg 1913.
Langbein, Georg: Handbuch der elektrolytischen (galvanischen) Metallniederschläge. Leipzig 1906. 3. Aufl.
Lubarsch, Oskar: Elemente der Experimentalchemie. Berlin 1904.
— Technik des chemischen Unterrichts. Berlin 1889.
Lueger, O.: Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften. Stuttgart 1904—1910. 2. Aufl.
Meyer, Karl: Technologie des Maschinentechnikers. Berlin 1911. 2. Aufl.
Müller, Max: Anfangsgründe der Chemie. Berlin 1912.
Ochs, Rudolf: Einführung in die Chemie. Berlin 1911.
Ostwald, Walter: Autlerchemie. Berlin 1910.
Pfanhauser, W.: Die elektrolytischen Metallniederschläge. Berlin 1910.
Sackur, Otto: Einführung in die Chemie. Berlin 1911.
Schmitz, L.: Die flüssigen Brennstoffe. Berlin 1912.
Spalckhaver, R., und Schneiders, Fr.: Die Dampfkessel nebst ihren Zubehörs teilen und Hilfseinrichtungen. Berlin 1911.
Stier, Georg Th. sen.: Der praktische Werkmann. Leipzig 1906.
Stöckhardt, Emil: Lehrbuch der Elektrotechnik. Leipzig 1908. 2. Aufl.
Treptow, E., Wüst, F., und Borchers, W.: Bergbau und Hüttenwesen. Leipzig 1900.
Wilda, H.: Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik. Leipzig 1900.
Wiß, Ernst: Die autogene Schweißung der Metalle. Frankfurt a. M. 1909.
— Das autogene Schneiden. Berlin 1909.
-

Sachregister.

(Die Zahlen bedeuten die Seitenzahlen.)

- Abschrecken des Stahls 124.
Abwässer der Metallbeizereien 84.
Acetate 65.
Acetylen 71.
Acetylen-Entwickler 72.
Acetylen - Sauerstoffschweißung 148.
Acetylen-Schweißbrenner 150.
Affinität 9.
Aggregatzustand 2.
Airogen gas 76.
Akkumulatoren 109.
Akkumulatoren gläser 92.
Akkumulatoren prozeß 109.
Alkalische Reaktion 33.
Alkohole 64.
Alkoholische Salzsäure 117.
Allotropie 48.
Aluminium 106.
Aluminiumacetat 65.
Aluminiumbronze 126.
Aluminiummessing 126.
Aluminiumoxyd 106.
Aluminiumsilber 126.
Aluminiumzusatz zum Stahl 122.
Amalgame 102.
Ampere 36.
Amorphe Körper 16.
Ammoniak 45.
Ammoniumkarbonat 50.
Ammoniumchlorid 45.
Ammoniumferricitrat 68.
Ammoniumhydroxyd 45.
Ammoniumnitrat 47.
Ammoniumsalpeter 47.
Ammoniumsulfat 45.
Amylacetat 65.
Amylacetat-Lampe 79.
Almyalkohol 64.
Analyse 3.
Anionen 35.
Anlassen des Stahls 124.
Anlaßfarben 124.
Anmacheholz 59.
Anode 35.
Anthracen 60.
Anthracenöl 60.
Anthracenölwäscher (Leuchtgasfabrikat) 69.
Anthracit 58.
Antifrikationsmetall 126.
Antimon 107.
Anziehen des Luftmörtels 96.
Apatit 48.
Argentan 126.
Argon 13.
Armaturen d. Gasflaschen 144.
Arsen 107.
Arsenik 107.
Asbest 56.
Aschenbestimmung der Kohle 59.
Asphalt 64.
Asphaltlack 64.
Asphaltsteine 64.
Assimilation des Kohlendioxyds 29.
Atmung 28.
Atom 5.
Atomgewicht 8.
Äther 65.
Äthylalkohol 64.
Atzen von Glas 91.
— von Metallen 116.
Ätzkali 44.
Auftauen von Eis 42.
Augit 56.
Autogenes Schneiden 146.
Autogenschweißung 43.
Babbitmetall 126.
Backkohle 58.
Backsteine 93.
Bakterien 15.
Barium 6.
Bariumchlorid 124.
Bariumoxyd 124.
Bariumsuperoxyd 139.
Basalt 73.
Basen 33.
Basisch essigsäures Kupfer 65.
— kohlen saures Blei 108.
Basische Reaktion 33.
— Salze 34.
Basisches Bleikarbonat 108.
— Futter 122.
Bausteine 92.
Beeinflussung des Eisens durch Silicium 115.
— des Eisens durch Mangan 115.
— des Eisens durch Aluminium 115.
— d. Eisens durch Chrom 116.
— des Eisens durch Schwefel 116.
— des Eisens durch Phosphor 116.
Beizen von Eisenblech 122.
— von Eisendraht 123.
— von Holz 99.
— und Entfettung gleichzeitig 130.
Benoidgas 76.
Benzin 63.
Benzol 60.
— als Benzinersatz 60.
Bergkristall 56.
Bergmannslampe 58.
Berlinerblau 68.
Bernstein 82.
Beryllium 6.
Bessemer Birne 121.
— Prozeß 121.
Beton 97.
Binden des Luftmörtels 96.
Birken-Prozesse 121.
Bittersalz 41.
Blattgold, unecht 126.
Blaugas 71.
Blaupauspapier 68.
Blausäure 69.
Blei 108.
Bleiacetat 65.
Bleiblech 108.
Bleikarbonat 55.
Bleichen von Geweben 44.
Bleichromat 109.
Bleidächer 108.
Bleidraht 108.
Bleiglianz 108.
Bleiglätte 109.
Bleioxyd 109.
Bleioxydoxydul 109.

Bleipapier 39.
 Bleisaures Calcium 49.
 Bleistiftfabrikation 55.
 Bleisulfat 41.
 Bleisuperoxyd 109.
 Bleivitriol 41.
 Bleiweiß 109.
 Bleizucker 65.
 Blenden 38.
 Blitzlicht 112.
 Blower 28.
 Bor 49.
 Borax 49.
 Brauerpech 62.
 Brauneisenstein 117.
 Braunkohle 59.
 Braunkohlenbriketts 59.
 Braunkohlengeneratorgas 59.
 Braunkohlenskoks 61.
 Braunkohlenteer 62.
 Braunstein 43.
 Brennstoffe 57.
 Britannia 126.
 Brom 46.
 Bromsilber 104.
 Bronze 126.
 Brunnenanlagen 18.
 Brunnenstube 18.
 Buchdrucklettern 126.
 Bugmessing 126.
 Bunsenbrenner 27.
 Bunsens Fettfleck-Photometer 79.
 Bürette 85.

Calcinierte Soda 50.
 Calcium 6.
 Calciumbikarbonat 50.
 Calciumkarbid 71.
 Calciumkarbonat 50.
 Calciumchlorid 44.
 Calciumhydroxyd 44.
 Calciumhypochlorid 45.
 Calcium-Magnesium-Karbonat 55.
 Calciumoxyd 44.
 Calciumphosphat 48.
 Calciumphosphide 49.
 Calciumsalze 44.
 Calciumsulfat 44.
 Calorie 11.
 Carbonate 49.
 Carbonathärte 85.
 Carborund 56.
 Cäsium 6.
 Cellit 100.
 Celluloid 100.
 Cellulose 29.
 Cer 70.
 Chemigraphie 113.
 Chemische Formeln 7.
 — Verbindung 4.

Chemische Vorgänge 3.
 — Zeichen 7.
 Chemischer Lösungsvorgang 16.
 Chilesalpeter 46.
 Chlor 43.
 Chlorbleiche 44.
 Chlorcalcium 44.
 Chlorkalium 42.
 Chlorkalk 44.
 Chlornatrium 42.
 Chloroform 45.
 Chlorsaures Kalium 45.
 — Natrium 45.
 Chlorsilber 104.
 Chlorzink 46.
 Chrom 109.
 Chromalaun 41.
 Chromeisenstein 109.
 Chromgelb 109.
 Chromgelatine 104.
 Chromoxyd 110.
 Chromstahl 124.
 Chromthermit 138.
 Corium 100.
 Coulomb 36.
 Cowper 118.
 Cuprichlorid 46.
 Cuprihydroxyd 37.
 Cuprochlorid 46.
 Cuprohydroxyd 37.
 Cyankalium 69.
 Cyansaures Kalium 69.
 Cyanverbindungen 68.
 Cyanwasserstoff 69.

Dachpappe 64.
 Daniellscher Hahn 143.
 Davys Sicherheitslampe 58.
 Dekapieren 130.
 Deltametall 126.
 Denaturierung von Alkohol 64.
 — von Kochsalz 42.
 Desinfektion mit Chlor 44.
 — mit Schwefeldioxyd 39.
 Destillierblase 18.
 Destilliertes Wasser 17.
 Deutsche Vereinskerze 79.
 Deutzer Sauggasanl. 74.
 Dewars Kolben 24.
 Dextrin 83.
 Diabas 93.
 Diallag 56.
 Diamant 54.
 Diamantbohrer 54.
 Diamantbronze 126.
 Diatomeenerde 56.
 Dichtung von Gewinden 109.
 Dichtungsringe 56.
 Dinassteine 95.

Diorit 93.
 Dolomit 93.
 Dolomitsteine 93.
 Dowson-Gas 76.
 Draht für Schraubensfabrikation 120.
 Drahtglas 91.
 Düngemittel 48.
 Duranametall 126.
 Dynamit 81.

Eau de Javelle 45.
 Edelmetalle 102.
 Eichmetall.
 Eigenschaften des Rostes 128.
 — des Sauerstoffs 25.
 — des Wasserstoffs 31.
 Einkitten von Eisenstäben 38.
 Einkitten von Porzellanisolatoren 38.
 Eingießen von Schrauben 108.
 Einsetzen des Schmiedeeisens 125.
 Eisen 114.
 Eisenbeton 97.
 Eisenkarbonat 55.
 Eisenchlorid 37.
 Eisenchlorür 37.
 Eisenerzzuschläge 177.
 Eisenspäne 4.
 Eisenhochofen 117.
 Eisenhydroxyd 37.
 Eisenhydroxydul 37.
 Eisenkies 38.
 Eisenoxyd 37.
 Eisenoxydoxydul 37.
 Eisenoxydul 37.
 Eisenmennige 122.
 Eisenphosphide 49.
 Eisensorten (allgemein) 114.
 Eisensorten der Elektrotechnik 125.
 Eisenthermit 138.
 Eisenvitriol 41.
 Eisessig 65.
 Eismaschine nach Linde 51.
 Elektrische Isolation 83.
 Elektrische Fernphotographie 41.
 Elektrische Kabel 108.
 Elektroden 35.
 Elektrolyse (allgemein) 34.
 Elektrolyse des Kochsalzes 43.
 Elektrolyten 85.
 Elektrolytische Metallfärbungen 107.

- Elektrolytische Kupferabscheidung 35.
 Elektrolytische Silberabscheidung 35.
 Elektromotor, Kraft 36.
 Elektroschweißung 150.
 Elektrostahlverfahren 124.
 Element 4.
 Emailleüberzüge auf Eisen 133.
 Emulsion 17.
 Endothermische Verbindungen 11.
 Energiegesetz 11.
 Enthärten des Stahls 124.
 Enthärten des Wassers 85.
 Entfernung alter Ölfarbenstriche 82.
 Entfettung der Metalle von tierischen, pflanzlichen u. mineralischen Bestandteilen 50.
 Entschwefelungskästen (Leuchtgas) 68.
 Entwickeln d. photographischen Platten 104.
 Epidermis 100.
 Erbium 6.
 Erdölprodukte 62.
 Erklärung der Elektrolyse 34.
 Erklärung d. Rostbildung 128.
 Erythren 83.
 Essig 65.
 Essigessenz 65.
 Essigsäure 65.
 Essigsäures Blei 65.
 Essigsäures Kupfer 65.
 Essigsäure Thonerde 65.
 Europium 6.
 Exothermische Verbindungen 11.
 Explosion 92.
 Explosionsgrenze der Gasgemische 72.
 Faradaysches Gesetz 36.
 Faßpech 62.
 Feldspat 56.
 Ferrichlorid 37.
 Ferricyankalium 68.
 Ferriferrocyanid 68.
 Ferrihydroxyd 37.
 Ferrochlorid 37.
 Ferrochrom 11.
 Ferrocyanalcium 68.
 Ferrocyankalium 68.
 Ferriferrocyanid 68.
 Ferrofix 137.
 Ferrihydroxyd 37.
 Ferromangan 110.
 Ferrowolfram 110.
 Festes Kohlendioxyd 51.
 Fette 80.
 Fettkohlen 58.
 Fettsaures Calcium 81.
 Fettsaures Kalium 80.
 Fettsaures Natrium 80.
 Feuerfeste Steine 95.
 Feuerlöschmittel 28.
 Feuerschutzmittel für Gewebe 45.
 — für Holz 57.
 Fichtenharz 62.
 Fixieren der photograph. Platten 104.
 Flamme 27.
 Flammkohlen 58.
 Flammöfen 120.
 Flammpunkt 63.
 Fluor 46.
 Fluorescein 19.
 Fluorsilicium 46.
 Fluorwasserstoff 46.
 Flüssige Brennstoffe 62.
 Flüssige Luft 20.
 Flüssiger Leim 102.
 Flüssig. Kohlendioxyd 51.
 Flußmittel 138.
 Flußsäure 46.
 Flußschmiedeeisen 114.
 Flußstahl 114.
 Flußwasser 15.
 Flußwasserfiltration 19.
 Formaldehyd 62.
 Formalin 62.
 Formerei 119.
 Fraktion, Destillation 60.
 Freiballons 32.
 Frischblei 108.
 Fuselöl 64.
 Gabbro 93.
 Gadolinium 6.
 Galalith 83.
 Gallium 6.
 Galmei 112.
 Galvanis. Eisenblech 131.
 Galvanotechnik 130.
 Ganister 93.
 Gas 2.
 Gasbehälter 69.
 Gasdruckregler 69.
 Gase und Dämpfe 2.
 Gasglühlicht 70.
 Gaskoks 66.
 Gasleitungsverluste 69.
 Gasolin 63.
 Gasteerabscheidung 67.
 Gasuhr (Gasometer) 69.
 Gebrannte Magnesia 112.
 Gebrannter Kalk 44.
 GefährinAkkumulatorenräumen 32.
 Gefahr undichter Leuchtgasleitungen 32.
 Gefahren des Kesselsteins 84.
 Gefärbte Gläser 91.
 Gelatine 102.
 Gelatineleim 81.
 Gelbbrennen 111.
 Gelbes Blutlaugensalz 68.
 Gelöschter Kalk 44.
 Generatorgas 73.
 Generatorgasofen 73.
 Gerberei 101.
 Gerbstoff 101.
 Germanium 6.
 Gesamthärte 85.
 Gesättigte Lösungen 16.
 Gesetz der multiplen Proportionen 9.
 Gichtgas 76.
 Gips 44.
 Gipsformen von hoher Festigkeit 98.
 Giphärte 85.
 Glanze 38.
 Glasätzung 91.
 Glasbläserei 90.
 Glaserkitt 82.
 Glasfabrikation 90.
 Glasflaschen 90.
 Glasgießerei 90.
 Glashäfen 90.
 Glasmattierung 91.
 Glaspapier 56.
 Glasscheiben 91.
 Glasstrecköfen 91.
 Glaubersalz 43.
 Glimmer 56.
 Glockenbronze 126.
 Glycerin 81.
 Gneis 93.
 Gold 105.
 Goldchlorid 105.
 Goldmünzen 105.
 Gradierwerke 42.
 Gramm-Kalorie 11.
 Granit 93.
 Graphit 55.
 Graues Roheisen 114.
 Graues Zinn 114.
 Größe des Wasserverbrauchs 20.
 Grubengas 57.
 Grubenlampe 58.
 Grude 61.
 Grundwasser 15.
 Grundspan 65.
 Gudron 64.
 Gummi 82.
 Gummi arabicum 83.
 Gummidichtungen 88.
 Gummiplatten f. Pumpen 83.

- Gummischläuche 83.
 Gußasphalt 64.
 Gußeisen 114.
 Gußkitt 98.
 Gußstahl 124.
 Guttapercha 82.
 Halbedelmetalle 102.
 Hall-Hérault-Ofen 102.
 Hammerschlag (Eisen) 122.
 — (Kupfer) 111.
 Härten des Gußeisens 125.
 — des Schmiedeeisens 125.
 — des Stahls 124.
 Hartes Wasser 15.
 Hartgummi 88.
 Hartlot 135.
 Hartlötten 135.
 Harze 80.
 Hefnerkerze 79.
 Hefnerlampe 79.
 Heiße Quellen 15.
 Heizwert 12.
 Heizwerttabelle 77.
 Hektographenmasse 102.
 Helium 13.
 Heptan 63.
 Herstellung der Klischees 104.
 Hexan 63.
 Hirschhornsalz 50.
 Hofmannsch. Ringofen 93.
 Hochdruckwasserbehälter 19.
 Hochofenschlacke 117.
 Holländer (Papierfabrikation) 99.
 Höllestein 47.
 Holz als Baumaterial 98.
 — als Brennstoff 59.
 Holzarten 98.
 Holzessig 62.
 Holzgeist 62.
 Holzkohle 62.
 Holzkohlenmeiler 62.
 Holzpolituren 99.
 Holzschutz gegen Hausschwamm 99.
 — gegen Fäulnis 99.
 — gegen Feuer 57.
 — gegen Wurmfraß 99.
 Holzsteine 95.
 Hornblende 56.
 Hüttenkoks 61.
 Hydroxyde 33.
 Hygienesd. Beleuchtung 29.
 — der Heizung 29.
 Hygroskopizität 17.
 Imprägnieren der Gewebe (Feuersgefahr) 45.
 Indirekte Steuer auf Kochsalz 42.
 — — — Spiritus 64.
 Indium 6.
 Ionen 16.
 Ionentheorie 16.
 Iridium 105.
 Isopren 83.
 Jod 46.
 Jodsilber 46.
 Kadmium 113.
 Kaiserhölzer 49.
 Kalfatern der Schiffsplanen 62.
 Kalialaun 41.
 Kalilauge 43.
 Kalisalpeter 46.
 Kalisalz 42.
 Kalium 43.
 Kaliumaluminiumsulfat 41.
 Kaliumchromsulfat 41.
 Kaliumgoldcyanid 68.
 Kaliumsilbercyanid 69.
 Kaliumbichromat 109.
 Kaliumchlorat 45.
 Kaliumchlorid 42.
 Kaliumcyanid 69.
 Kaliumferrioxalat 104.
 Kaliumferrioxalat 104.
 Kaliumhydroxyd 43.
 Kaliumhypochlorid 45.
 Kaliumkarbonat 50.
 Kaliumoxyd 37.
 Kaliumpermanganat 110.
 Kaliumtartrat 107.
 Kalklicht 143.
 Kalkmilch 44.
 Kalkofen (Rüdersdorf) 95.
 Kalksandmörtel 95.
 Kalkstein 49.
 Kalkstickstoff 73.
 Kalkwasser 25.
 Kalomel 103.
 Kaltbruch 116.
 Kaltdampfmaschine 39.
 Kältemischung 15.
 Kampfer 82.
 Kanalisation 20.
 Kanonenmetall 126.
 Kaolin 92.
 Karbolineum 60.
 Karbolsäure 60.
 Kathode 35.
 Kationen 35.
 Kautschuk 82.
 Keramik 92.
 Kernseife 80.
 Kerzenfabrikation 81.
 Kesselspeisewasserentölung 89.
 Kesselsteinbeseitigung außerhalb d. Kessels 86.
 — im Kessel 85.
 Kiese 38.
 Kiesel 56.
 Kieselsgur 56.
 Kieselsäureanhydrid 56.
 Kilogrammter 11.
 Kilowatt 12.
 Kitte 57.
 Kläranlagen 20.
 Klebstoffe 83.
 Kleesalz 104.
 Klischees 104.
 Knallgas 32.
 Knallgasbrenner der Drägerwerke 143.
 Knallgasgehlase 143.
 Knallquecksilber 103.
 Knochenkohle 62.
 Knochenleim 101.
 Kobalt 112.
 Kochsalz 42.
 Kohlenstoff 54.
 Kohlendioxyd 49.
 Kohlenoxyd 54.
 Kohlensäure 49.
 Kohlensäureanhydrid 49.
 Kohlensaures Calcium 49.
 — Kalium 50.
 — Natrium 50.
 Kohlenstaubexplosionen 58.
 Kohlenstoffarten i. Eisen:
 — — — Eisenkarbid 115.
 — — — Graphit 115.
 — — — Härtungskohle 115.
 — — — Temperkohle 115.
 Kohlenwasserstoffe 62.
 Kokillen 122.
 Koks 59.
 Koksbestimmung in der Kohle 59.
 Koksöfen nach Otto-Hoffmann 61.
 Kolophonium 82.
 Kombiniertes Verfahren (Thermit) 142.
 Kondensatoren 67.
 Kondensieren 2.
 Kondenswasser 17.
 Königswasser 47.
 Konstantan 126.
 Kontaksubstanzen 40.
 Konverter 121.
 Konzentrieren der Schwefelsäure 40.
 Konzentrierte Lösungen 16.
 Kopal 82.
 Kork 98.
 Korksteine 95.
 Korubin 138.
 Korund 138.
 Kraftgas 76.
 Kratzbürstenbehandl. 130.

- Kreide 49.
 Kreislauf des Wassers 15.
 Kreosot 62.
 Kreosotöl 60.
 Kristallisierte Körper 16.
 Kristallwasser 17.
 Kritische Temperatur 23.
 Kruppin 126.
 Krypton 13.
 Kühlschlangen 19.
 Kunstbronze 126.
 Künstliche Atmung
 (Sauerstoff) 28.
 Künstliche Bausteine 93.
 Künstlicher Kampfer 82.
 Künstlicher Kautschuk 83.
 Kupfer 111.
 Kupfer in der Elektrotechnik 111.
 Kupferacetat 111.
 Kupferammoniumchlorid 117.
 Kupferchlorid 37.
 Kupferchlorür 37.
 Kupferdächer 111.
 Kupferhammerschlag 111.
 Kupferhydroxyd 37.
 Kupferhydroxydul 37.
 Kupferkarbid 71.
 Kupferkies 111.
 Kupfermünzen 111.
 Kupfernichel 111.
 Kupferoxyd 111.
 Kupferoxydul 111.
 Kupfersulfat 41.
 Kupfervitriol 41.
 Kupolofen 119.
 Kurzflammige Kohlen 59.

 Labrador 56.
 Lackfabrikation 82.
 Lackmüs 33.
 Lagermetall 126.
 Langflammige Kohlen 58.
 Lanthan 6.
 Laugen 33.
 Lava 56.
 Leder 101.
 Lederabfälle 101.
 Lederhaut 100.
 Lederleim 101.
 Lederstulpen 101.
 Legierter Kohlenstoff im Eisen 114.
 Legierungen 125.
 Lehm 92.
 Leichtgas 66.
 Leim 101.
 Leinöl 81.
 Leinölfirnis 82.
 Leitungssalze 131.
 Leuchtgas 65.
 Lichtenbergmetall 125.

 Lichtstärke 79.
 Lichtstärken- und Kostentabelle 79.
 Liebig'scher Destillationsapparat 17.
 Linoleum 82.
 Lippowitzmetall 125.
 Lithium 6.
 Lohgerberei 101.
 Lokomotivfeuerbüchsen 111.
 Löschpapier 100.
 Lösungsmittel für Fette und Öle 50.
 — für Harze 63.
 — für Gummi 63.
 — für Jod 38.
 — für Phosphor 38.
 — für Schwefel 38.
 Lösungsvorgänge 15.
 Lote 135.
 Lötkolben 136.
 Lötlampen 136.
 Lötmittel 135.
 Lötprozeß 135.
 Lötrohr 136.
 Lötung v. Aluminium 137.
 — von Aluminiumbronze 137.
 — von Blei 137.
 — von Eisenblech 136.
 — von Gußeisen 136.
 — von Kupfer 136.
 — von Platin 137.
 — von Zink 137.
 Lötwasser 135.
 Luft 13.
 Luftbestandteile 13.
 Luftförmige Brennstoffe 65.
 Luftgas 76.
 Luftmörtel 95.
 Luftuntersuchung 13.
 Luftverflüssigung (Linde) 20.
 Lunkenbildung 122.
 Luppeneisen 120.
 Lux 79.

 Magerkohle 58.
 Magnalium 127.
 Magnesit 112.
 Magnesium 112.
 Magnesiumkarbonat 112.
 Magnesiumoxyd 112.
 Magnesiumsulfat 112.
 Magnet Eisenstein 117.
 Mangan 110.
 Manganbronze 126.
 Manganin 126.
 Mangansuperoxyd 110.
 Manganthermit 138.
 Margarinsäure 80.

 Marmor 49.
 Masseleisen 119.
 Masut 64.
 Material der Wasserleitungsrohre 19.
 Mechanische Metallüberzüge 132.
 Mechanisches Gemenge 4.
 Mechanisches Wärmeäquivalent 11.
 Mennige 109.
 Merkurichlorid 103.
 Merkurhydroxyd 37.
 Merkurinitrat 103.
 Merkurchlorid 103.
 Merkurhydroxyd 37.
 Merkurinitrat 103.
 Mergel 92.
 Messing 126.
 Metakieselsäure 55.
 Metall 33.
 Metallbeizen 130.
 Metalle und Nichtmetalle. (Unterschied) 33.
 Metallische Gebrauchsmaterialien 102.
 Metallographische Eisenuntersuchung 116.
 Metallputzmittel 131.
 Metallüberzüge durch Elektrolyse 130.
 — durch Kontakt 132.
 Methan 57.
 Methylalkohol 62.
 Milleniumlicht 70.
 Mineralgerberei 101.
 Mol. 11.
 Molekül 5.
 Molekulargewicht 8.
 Möller 117.
 Molybdän 110.
 Mörtel 95.
 Motorballons 32.
 Münchener Kammerofen 66.
 Muntzmetall 126.

 Nachpolieren der Metalle 131.
 Naphtha 64.
 Naphthalin 60.
 Narkonservierung der Dampfessel 129.
 Natrium 43.
 Natriumbichromat 109.
 Natriumbikarbonat 50.
 Natriumkarbonat 50.
 Natriumchlorat 45.
 Natriumchlorid 42.
 Natriumcyanid 69.
 Natriumhydroxyd 43.
 Natriumhypochlorid 45.
 Natriumsilbercyanid 103.

- Natriumsilberthiosulfat 104.
 Natriumsulfat 43.
 Natriumthiosulfat 39.
 Natriumwolframat 110.
 Natronkalk 44.
 Natronlauge 43.
 Natronsalpeter 46.
 Naturgas 65.
 Naturharter Stahl 124.
 Natürliche Bausteine 92.
 Neodym 6.
 Neon 6.
 Neusilber 126.
 Neutralisation 34.
 Neutralisation der Fabrikabwässer 34.
 Nichtkarbonathärte 85.
 Nichtmetallische Gebrauchsmaterialien 90.
 Nickel 112.
 Nickellammoniumsulfat 112.
 Nickelin 126.
 Nickelmünzen 112.
 Nickelpanzerplatten 112.
 Nickelplattierungen 133.
 Niobium 6.
 Nitroglyzerin 81.
 Normallampen 79.
 Oberhaut 100.
 Ofenschweißung 137.
 Ohm 36.
 Ohmsches Gesetz 36.
 Öle 80.
 Ölgas 71.
 Ölfarbenanstriche 82.
 Ölfarbenüberzüge auf Metallen 134.
 Olivenöl 80.
 Ölsäure 80.
 Optische Temperaturbezeichnungen 80.
 Organische Überzüge auf Metallen 134.
 Orsatapparat 78.
 Osmium 105.
 Osmiumlampen 110.
 Oxalate 104.
 Oxalsäure 104.
 Oxydation 24.
 Oxydationsmittel 24.
 Oxyde 33.
 Oxydoxydule 38.
 Oxydsalze 38.
 Oxydule 38.
 Oxydulsalze 38.
 Ozon 29.
 Ozonröhre von W. v. Siemens 29.
 — von Siemens und Berthelot 29.
 Ozonröhre der Ozongesellschaft 30.
 Ozonwasserwerk St. Petersburg 31.
 Palmitinsäure 80.
 Palmöl 80.
 Palladium 105.
 Palladiumpapier 106.
 Papierfabrikation 99.
 Papierleim 100.
 Paraffin 62.
 Paraffinkerzen 81.
 Paraffinöl 62.
 Paragummi 82.
 Patina 111.
 Pausleinen 82.
 Pauspapier 82.
 Pech 60.
 Pentairgas 76.
 Petroläther 63.
 Petroleum 63.
 Pferdestärke 12.
 Pharoslicht 70.
 Phenolphthalein 33.
 Phosphide 49.
 Phosphor, gelber 48.
 —, roter 48.
 Phosphor im Eisen 116.
 Phosphorbronze 126.
 Phosphoreszenz 48.
 Phosphorfabrikation 48.
 Phosphorit 48.
 Phosphorperoxyd 48.
 Phosphorsäure 48.
 Phosphors. Calcium 48.
 Phosphorsäureanhydrid 48.
 Phosphorwasserstoff 48.
 Photographische Platten 104.
 Photographisches Negativ 104.
 Photographisches Positiv 104.
 Photometrie 79.
 Physikalischer Lösungsvorgang 16.
 Physikalische Vorgänge 3.
 Platin 105.
 Platinchlorid 105.
 Platinierter Asbest 40.
 Platinchwamm 105.
 Polierrot 91.
 Polreagenzpapier 35.
 Porphyr 93.
 Portlandzement 96.
 Porzellan 92.
 Porzellanerde 92.
 Pottasche 50.
 Präsodym 6.
 Prüfung des Kesselspeisewassers 84.
 Puddelprozeß 120.
 Pyridin 64.
 Quarz 56.
 Quarzglas 92.
 Quarzit 93.
 Quarzsand 56.
 Quecksilber 102.
 Quecksilberchlorid 103.
 Quecksilberchlorür 103.
 Quecksilberhydroxyd 37.
 Quecksilberhydroxydul 37.
 Quecksilberoxyd 103.
 Quecksilberoxydul 103.
 Quellfassung 18.
 Quellsalz 42.
 Quellwasser 15.
 Radium 6.
 Raseneisenerz 117.
 Rauchentwicklung 27.
 Rauchgasuntersuchung 78.
 Rauchloses Schießpulver 100.
 Reagentien 26.
 Reagenzglas 3.
 Reagenzpapier 33.
 Reaumurmetall 128.
 Reduktion 32.
 Reduktionsmittel 32.
 Regenwasser 15.
 Retortengraphit 66.
 Rheostan 126.
 Rhizinusöl 80.
 Rhodium 6.
 Rieselfelder 20.
 Rohblei 108.
 Roheisen 114.
 Rohhaut 101.
 Rohhautritzel 101.
 Rohkupfer 111.
 Romanzement 96.
 Rosemetall 125.
 Rost 128.
 Röstprozeß 38.
 Rostschutzmittel 128.
 Rotbruch 116.
 Roteisenstein 117.
 Rotes Blutlaugensalz 68.
 Rotfärben des Gummis 82.
 Rotgerberei 101.
 Rotguß 126.
 Rotgußbronze 126.
 Rubidium 6.
 Rüböl 80.
 Ruthenium 6.
 Salinen 42.
 Salmiak 45.
 Salmiakgeist 45.
 Salpeter 46.
 Salpetersäure 46.

- Salzbildung 34.
 Salze 34.
 Salzsäure 42.
 Samarium 6.
 Sämischgerberei 101.
 Sand 56.
 Sandkohle 58.
 Sandstein 13.
 Sauerstoff 25.
 Sauerstoffflaschen 20.
 Sauerstoffgewinnung aus
 Kaliumchlorat u. Braun-
 stein 24.
 — aus flüssiger Luft 20.
 — aus Wasser elektro-
 lytisch 20.
 Sauerwasser 15.
 Saure Reaktion 33.
 — Salze 34.
 Säurebronze 126.
 Säuren 33.
 Saures Ferrokarbonat 128.
 — Futter (Bessemersofen)
 121.
 — kohlen. Calcium 50.
 — kohlen. Natrium 50.
 Scandium 6.
 Schablonenfabrikation 47.
 Schacht (Brunnenbau) 18.
 — (Ofenbau) 117.
 Schachtöfen 117.
 Schalldämpfende Ma-
 schinenfundamente 64.
 Schamottmörtel 95.
 Schamottsteine 95.
 Scheidewasser 47.
 Schellack 82.
 Schießbaumwolle 100.
 Schießpulver 46.
 Schiffspech 62.
 Schilderfabrikation 47.
 Schlackensteine 95.
 Schlagende Wetter 57.
 Schlaglot 135.
 Schleifmittel 56.
 Schmiedbarer Guß 115.
 Schmiedbares Eisen 114.
 Schmiedeeisen 114.
 Schmiermittel 80.
 Schmieröle 63.
 Schmierseife 80.
 Schneidbrenner 146.
 Schnelldrehstahl 124.
 Schnellgerberei 101.
 Schnellot 136.
 Schreibpapier 100.
 Schrot 123.
 Schwefel 38.
 — in Steinkohle 39.
 Schwefelantimon 107.
 Schwefeläther 65.
 Schwefelblumen 38.
 Schwefeldioxyd 38.
 Schwefeldioxyd in Ver-
 brennungsgasen 39.
 Schwefeleisen 4.
 Schwefelerze 38.
 Schwefelquecksilber 102.
 Schwefelsäure 39.
 Schwefelsäureanhydrid
 40.
 Schwefelkohlenstoff 38.
 Schwefeltrioxyd 40.
 Schwefelwasserstoff 39.
 Schweflige Säure 39.
 Schwefelsäureanhydrid
 39.
 Schweinfurter Grün 65.
 Schweißprozeß 137.
 Schweißpulver 138.
 Schweißschmiedeeisen
 114.
 Schweißstahl 114.
 Schweißtemperatur 137.
 Schwemmsteine 93.
 Seesalz 42.
 Seide als Wärmeschutz-
 masse 56.
 Seifenfabrikation 80.
 Seifen- und Ölgemische
 als Schmiermittel 17.
 Selen 41.
 Serpentin 93.
 Sicherheitssprengstoffe
 100.
 Siegellackfabrikation 82.
 Siemens - Martin - Prozeß
 122.
 Sikkativ 82.
 Silber 103.
 Silberbromid 46.
 Silberbromür 104.
 Silberkarbid 71.
 Silberchlorid 46.
 Silberhydroxyd 37.
 Silberjodid 46.
 Silbermünzen 127.
 Silberniträt 47.
 Silberoxyd 48.
 Silberspiegelbelag 103.
 Silicium 55.
 Siliciumbronze 126.
 Siliciumdioxyd 56.
 Siliciumfluorid 56.
 Siliciumkarbid 56.
 Silikate 55.
 Sinterkohle 58.
 Skrubber 67.
 Soda 50.
 Solaröl 62.
 Solwasser 15.
 Spachtelkitt 134.
 Spachteln 134.
 Spannung (elektr.) 36.
 Spateisenstein 117.
 Speckstein 56.
 Spezialstähle 124.
 Spiegeleisen 115.
 Spiegelglas 91.
 Spiritus 64.
 Sprengöl 100.
 Stahl 114.
 Stahlbronze 127.
 Stahlwasser 15.
 Stampfasphalt 64.
 Stangenschwefel 38.
 Stannichlorid 37.
 Stannihydroxyd 37.
 Stannochlorid 37.
 Stannohydroxyd 37.
 Stärkegummi 83.
 Stärkekleister 83.
 Staufferfett 81.
 Stearin 81.
 Stearinkerzen 81.
 Stearinsäure 80.
 Steingut 92.
 Steinkohle 57.
 Steinkohlenbriketts 59.
 Steinkohlenteer 60.
 Steinsalz 42.
 Stenzug 92.
 Stickende Wetter 57.
 Stickstoff 15.
 Stickstoffsperoxyd 47.
 Stollen (Brunnen) 20.
 Stopfbüchsenpackungen
 56.
 Stromstärke (elektr.) 36.
 Strontium 6.
 Stumpfschweißung (Ther-
 mit) 139.
 Sublimat 103.
 Sublimieren 45.
 Sulfate 41.
 Superphosphat 48.
 Superoxyde 38.
 Süßmandelöl 80.
 Suspension 16.
 Syenit 93.
 Synthese 3.
 Tabelle der chemischen
 Grundstoffe 6.
 Talg 80.
 Talsperren 18.
 Tantal 110.
 Teerung der Automobil-
 straßen 60.
 Tellur 6.
 Temperguß 115.
 Temporäre Härte 85.
 Terbium 6.
 Terpentin 82.
 Terpentinöl 82.
 Thallium 6.
 Thermitschweißung 138.
 Thioschwefelsäure 39.
 Thomasmehl 122.

- Thomasschlacke 48.
 Thorium 70.
 Thulium 6,
 Tiegelgußstahlverfahren
 124.
 Titan 6.
 Tomback 126.
 Ton 56.
 Tonschiefer 93.
 Tonwarenfabrikation 92.
 Topas 56,
 Töpferten 92.
 Töpferwaren 92.
 Tragkraft der Luftballons
 32.
 Tran 80.
 Treibriemenleder 101.
 Treibherd 103.
 Treibprozeß 103.
 Trinkwasseraufbereit. 13.
 Trockene Destillation 60.
 Trockenkonservierung d.
 Dampfkessel 129.
 Trocknendes Öl 82.
 Turnbullblau 68.
Überfangglas 91.
Überland-Gaszentralen
 70.
Übermangansaures Ka-
lium 110.
Umgießverfahren (Ther-
mit) 140.
 Unedle Metalle 106.
 Ungesättigte Lösung 16.
 Unterchlorige Säure 45.
 Unterscheidung der Gas-
 flaschen 20.
 Unterschweflige Säure 39.
 Unterschwefligsaures Na-
 trium 39.
 Unvollkommene Verbren-
 nung 27.
 Uran 6.
 Valenz 25.
 Vanadium (Vanadin) 6.
 Vaseline 63.
 Ventilation 29.
 Veränderung des Eisens
 durch Kalkmörtel und
 Zement 123.
 — durch Seewasser 123.
 — durch vagabondierende
 elektrische Ströme 123.
 Verbleien von Eisenblech
 122.
 Verbranntes Eisen 133.
 Verbrennung 26.
 Verbrennung des Magne-
 siums 2.
 — des Natriums 33.
 Verbundglas 91.
 Verdünnte Lösung 16.
 Verharzung der Öle 80.
 Verkupferung 131.
 Vermessung 131.
 Vernickelung 131.
 Verseifung 80.
 Vertikale Gasretorten 66.
 Verwitterung 17.
 Verzinken von Eisendraht
 132.
 Verzinkung 132.
 Verzinnen von Eisenblech
 131.
 — von Kupfergeschirren
 114.
 Verzinnung 114.
 Viehsalz 42.
 Viskosität 64.
 Vitriole 41.
 Vollkommene Verbren-
 nung 27.
 Volt (elektr.) 36.
 Vulkanfaser 83.
 Vulkanisierung des Gum-
 mis 82.
Walzsinter 122.
 Wärmeschutzmassen 56.
 Wärmetönung 11.
 Wäschetinte (unver-
 waschbar) 48.
 Wasser 15.
 Wasserdampf 17.
 Wasserdichtmachen von
 Geweben 65.
 Wassergas 76.
 Wasserglas 57.
 Wasserhärtegrade 85.
 Wasserhärte-tabelle 84.
 Wassermesser 20.
 Wassermörtel 96.
 Wasserschloß 18.
 Wasserstandsgläser 91.
 Wasserstoff 31.
 Wasserstoff-Sauerstoff-
 Schweißung 143.
 Wasserstoffflaschen 20.
 Wasserstoffgewinnung
 aus Azetylen 72.
 — aus Alkalichloriden,
 elektrolytisch 43.
 — aus Wasser, elektro-
 lytisch 20.
 — aus Wassergas 70.
 — aus Zink- und Schwe-
 felsäure 24.
 Wasserzersetzung (elek-
 trische) 2.
 Weiches Wasser 15.
 Weichlot 135.
 Weichlöten 136.
 Weinessig 65.
 Weingeist 64.
 Weinsäure 107.
 Weinstein 107.
 Weißblech 132.
 Weißbleierz 55.
 Weißes Roheisen 114.
 Weißmetall 126.
 Werkblei 103.
 Wertigkeit 25.
 Wetterförderung 58.
 Wismut 107.
 Widerstand (elektr.) 36.
 Winderhitzer 113.
 Winteröle 63.
 Wolfram 110.
 Wolframlampe 110.
 Woodmetall 125.
Xenon 13.
 Xylolith 95.
Ytterbium 6.
Yttrium 6.
Zaponlack 100.
Zeichenpapier 100.
Zement 96.
Ziegelsteine 93.
Ziegelton 93.
Zink 112.
 Zinkätzung 113.
 Zinkbleche 113.
 Zinkblende 112.
 Zinkchlorid 135.
 Zinkdächer 113.
 Zinkgefäße 113.
 Zinkhydroxyd 37.
 Zinkkarbonat 55.
 Zinkmuffel 112.
 Zinkographie 113.
 Zinkoxyd 37.
 Zinkstaub 113.
 Zinksulfat 41.
 Zinkvitriol 41.
 Zinn 113.
 Zinnchlorid 37.
 Zinnchlorür 37.
 Zinnbeschirre 113.
 Zinnhydroxyd 37.
 Zinnhydroxydul 37.
 Zinnober 102.
 Zinnoxid 37.
 Zinnoxidul 37.
 Zinnpest 114.
 Zinnstein 113.
 Zirkonium 6.
 Zitronensäure 68.
 Zuckergärung 64.
 Zunderschwamm 25.
 Zündholzfabrikation 49.