

Die
chemische Behandlung der Rohstoffe.

Eine chemische Technologie.

Inhalt:

Einleitung. Geschichte der Chemie. Chemische Grundbegriffe.
Der Hüttenarbeiter. Das Eisen und die Eisenindustrie. Zink, Kobalt, Wismuth und Genossen.
Das Kupfer, Blei, Zinn und Quecksilber.
Die Edelmetalle. Das Silber, Gold, Platin und seine Verwandten.
Die Edelsteinlieferanten, Aluminium und Magnesium.
Eisenerzeugnisse und Porzellan. Kalk, Cement und Gyps. Soda, Salpeter und Alaun.
Das Glas und seine Verarbeitung. Schießpulver und Feuerwaffen.
Die Industrien des Schwefels. Feuerzeuge und Phosphor.
Die Photographie. Farben und Farbenbereitung.

Von

Fr. Luckenbacher, C. v. H., K. de Roth.



Mit drei Tonbildern, über 360 Text-Illustrationen, sowie einem Titelbilde.

EXTRA
MATERIALS
extras.springer.com

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1866.

Das
Buch der Erfindungen, Gewerbe
und
Industrien.

~~~~~  
P r a c h t - A u s g a b e .

IV.

---



Das neue  
**Buch der Erfindungen, Gewerbe**  
und  
**Industrien.**

Rundschau auf allen Gebieten der gewerblichen Arbeit.



Herausgegeben in Verbindung

mit

Professor S. Bobrik, Professor G. Böttger, Oekonomie-Rath R. Glass, Fr. Kohl,  
Fr. Luckenbacher, R. Ludwig, Dr. Oscar Mothes, W. von Ploennies, A. de Koth,  
Hermann Wagner u. A.



Vierter Band.

Die chemische Behandlung der Rohstoffe.

Eine chemische Technologie.



Mit vielen Ton-, zahlreichen Titelbildern, nebst mehreren tausend Text-Illustrationen.

Nach Originalzeichnungen

von L. Burger, H. Lentemann, D. O. Mothes und Anderen.



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1866



Die  
**chemische Behandlung der Rohstoffe.**

**Eine chemische Technologie.**

— ❖ —  
**Inhalt:**

Einleitung. Geschichte der Chemie. Chemische Grundbegriffe.  
Der Hüttenarbeiter. Das Eisen und die Eisenindustrie. Zink, Kobalt, Wismuth und Genossen.  
Das Kupfer, Blei, Zinn und Quecksilber.  
Die Edelmetalle. Das Silber, Gold, Platin und seine Verwandten.  
Die Gesteinlieferanten, Aluminium und Magnesium.  
Copperwaaren und Porzellan. Kalk, Cement und Gyps. Soda, Salpeter und Alaun.  
Das Glas und seine Verarbeitung. Schießpulver und Feuerwaffen.  
Die Industrien des Schwefels. Feuerzeuge und Phosphor.  
Die Photographie. Farben und Farbenbereitung.

-----  
Von

<sup>am</sup> Fr. Luckenbacher, C. v. H., <sup>arl</sup> K. de Roth.



Mit drei Tonbildern, über 360 Text-Illustrationen, sowie einem Titelbilde.

-----  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

—  
1866.

Additional material to this book can be downloaded from <http://extras.springer.com>.

ISBN 978-3-662-33691-5

ISBN 978-3-662-34089-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-34089-9

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1866

Das ausschließliche Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen ist vorbehalten.

# Inhaltsverzeichnis

zu dem

## Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrien.

Fünfte (Pracht-) Ausgabe.

Vierter Band.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Einleitung.</b> Die Geschichte der Chemie. Älteste Spuren dieser Wissenschaft. Die Alchimie. Zeitalter der medizinischen Chemie. Die neuere Chemie. Die Phlogistiker. Lavoisier und die quantitative Chemie. Chemische Grundbegriffe. Die Elemente und ihre Verbindungen. Terminologie. Apparate und Methoden. Chemische Verwandtschaft. Reaktionen und Reagentien. Analyse.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1     |
| <b>Der Hüttenarbeiter.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |
| <b>Bedeutung der Metalle.</b> Die Erze und ihre Aufbereitung. Die Scheidebank. Pochwerke. Trocken- und Nasspochwerke. Siebsegen. Schlämmen. Der Stoßherd. Waschen der Erze. Röstn an der Luft und in Oefen. Zugutemachen. Schmelzen mit Kohle. Amalgamiren u. s. w. Schlacke und Zuschlag.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 49    |
| <b>Das Eisen und die Eisenindustrie.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |       |
| <b>Das Eisen in der Entwicklung der Völker.</b> In Afrika und bei uns. Seine chemische Natur, Eisen- und Kohlenstoff, Darstellung des Eisens. Die hauptsächlichsten Erze. Ihre Aufbereitung und Verschmelzung im Hohofen. Das Roheisen. Das Schmiedeeisen. Frischen und Buddeln. Quetschwerke. Dampfhämmer. Walzwerke. Ziehbanke. Gebläse und Feuerung. Bessermethode. Der Stahl. Bedeutung des Kohlenstoffgehaltes. Stidstoff. Silber. Silicium und Wolframsstahl. Darstellungsweisen aus den verschiedenen Eisenforten. Der Gußstahl. Krupp und seine Erzeugnisse. Uchatiusstahl. Der Eifenguß. Formen, nasse und trockene. Schalenguß u. s. w. Verzinnen. Verzinken und Emailfiren. Der Stand der heutigen Eisenindustrie.....                                                                                                                                                                                             | 63    |
| <b>Zink, Kobalt, Wismuth und Genossen.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |
| <b>Geschichtliches.</b> Heutige Bedeutung des Zinks. Zinkerze. Galmei und Blende. Aufbereitung und Verhüttung. Ausbringen des Zinks. Destillation des Zinks. Zugutemachen der Blende. Verunreinigung des Zinks. Seine Verarbeitung zu Platten, Blech, Drähten u. s. w. Zinkguß. Zinkweiß. — Das Radium. Darstellung und Verwendung. Leichtflüßige Metalle. — Geschichtliches über diese Metalle. Kobalterze und ihre Verarbeitung zu Kobaltoxyd. Zaffer und Smalte. Verwendung derselben. Das Nickel und seine Gewinnung aus den hauptsächlichsten Nidelerzen. Verschmelzen zu Speife und Stein und weitere Verarbeitung derselben. Das Neusilber, Weißkupfer, Argentan, Packfong und ähnliche Legirungen. Herstellung und Benutzung. — Antimon. Vorkommen und Erze. Spießglanz. Darstellung des Antimonmetalles. Antimonpräparate und Legirungen. Deren Verwendung. — Wismuth, sein Vorkommen. Gewinnung und Verwendung..... | 113   |
| <b>Das Kupfer.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |
| <b>Geschichtliches.</b> Vorkommen. Gediegenes Kupfer. Kupfererze. Ihre Verhüttung. Mansfelder Hüttenprozeß. Cementation. Kupferblech und Kupferdraht. Legirungen. Bronze und Messing. Glockenguß. Geschützguß. Statuenguß.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 143   |
| <b>Blei, Zinn und Quecksilber.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |       |
| <b>Blei.</b> Geschichtliches. Erze. Gewinnung des Bleies aus denselben. Der Sumpfofen. Raffiniren des Bleies auf dem Treibherde. Der Silberblid. Glätte. Pattinsoniren. Entsilbern des Bleies durch Zink. Frischen der Glätte. Technische Verwendungen desselben zu Schrot. Platten, Röhren, Draht. Giftige Eigenschaften. — Das Zinn. Geschichte. Vorkommen in England und im Erzgebirge. Ostindisches Zinn. Gewinnung des Zinnsteins                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| auf Seifen und durch Bergbau. Aufbereitung und Verschmelzung. Reinigung des Zinns. Technische Verwendung. Verzinnen. Weißbleiden. Zinnguß. Legirungen und Zinnpräparate. — Das Quecksilber. Was man früher davon hielt. Seine Eigenschaften. Festes Quecksilber. Schädlichkeit der Quecksilberdämpfe. Vorkommen und Gewinnung. Quecksilberwerke von Almaden, Rheinbayern, Idria. Californien. Zinnober. Verhüttung desselben. Reinigung des metallischen Quecksilbers. Verwendungsarten. Amalgame und sonstige Verbindungen .....                                                                                                                                      | 172  |
| <b>Das Silber.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
| Geschichtliches. Alte Bezugsländer. Vorkommen in der Natur. Gebiegenes Silber und Silbererze. Gewinnung des Silbers aus denselben. Amalgamiren. Silbercheidung auf nassem Wege. Eigenschaften und Verbindungen des Silbers. Legirungen. Silberdraht. Verfilbern. Plattiren. Gold- und Silberstriebe. Die Münztechnik. Bullion. Schrot und Korn. Gießen der Zaine. Das Ausschlagen der Platten. Zustriren. Rändeln. Prägen und Prägemaschinen .....                                                                                                                                                                                                                     | 199  |
| <b>Gold, Platin und seine Genossen.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |
| Geschichte des Goldes. Vorkommen in der Natur und Gewinnung aus dem Gestein und dem Sande der Flüsse. Goldwäschereien, alte in Deutschland, am Rheine, im Böhmerwalde u. s. w. Die neuen Goldländer. — Mexiko. Californien. Australien. Ural und Sibirien mit den dort gebräuchlichen Aufbereitungsmethoden. Eigenschaften des Goldes und Verwendung. Legirungen. Goldschlägerei. Färben des Goldes. Das Platin. Vorkommen und Darstellung. Verarbeitung. Seine Bedeutung für die Naturwissenschaften und die Technik. Iridium. Palladium u. s. w. ....                                                                                                                | 221  |
| <b>Die Edelsteinlieferanten, Aluminium und Magnesium.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |      |
| Was sind Erden? Die Thonerde und ihr Vorkommen in den Edelsteinen und andern Mineralien, Beryllerde und Talkerde. Die Herstellung echter Edelsteine durch Gaubin, Ebelmen, Daubri u. s. w. Thonerdeesalze. Das Aluminium von Wöhler zuerst dargestellt. Gewinnungsmethode. Erzeugung im Großen durch St. Claire-Deville. Verschiedene Darstellungsverfahren. Eigenschaften des Aluminiums. Aluminiumtechnik. Fabriken. Verwendungsarten. Das Aluminium als Münzmetall eine verkehrte Idee. Legirungen. Das Magnesium als Leuchtkörper, seine Eigenschaften, Legirungen und Ausichten .....                                                                             | 251. |
| <b>Töpferwaaren und Porzellan.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |      |
| Geschichtliches über die Töpferkunst in Aegypten, Griechenland, Italien (Etrurien), China. Die Rohmaterialien des Töpfers. Ziegelbrennerei. Thonpfefen. Die Gefäßfabrikation. Behandlung des Thones. Formen auf der Drehscheibe und in Gyps. Die Glasur. Majolika oder Fayence. Geschichte dieses Kunstzweiges. Palissy. Josuah Wedgewood. Steinzeug und Passauer Schmelztiegel. Das Porzellan. Geschichte desselben. Bei den Chinesen. Seine Erfindung durch Böttcher und Schirnhäuser. Meißen. Ausbreitung der Fabrikation. Wien. Frankenthal. Sevres u. s. w. Die Fabrikation des Porzellans. Formen. Glasiren. Brennen. Malen und Vergolden. ....                  | 261  |
| <b>Kalk, Cement und Gyps.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |      |
| Verbreitung des Kalkes in der Natur. Der kohlensaure Kalk. Seine Verwendung. Aetzalk. Brennen in Kalköfen. Löschen. Der Mörtel. Hydraulische Mörtel und Cemente. Portland- und Roman-Cement. Der Gyps. Vorkommen. Zusammensetzung. Anhydrit. Entwässerung. Gypsgießerei. Baryt und Strontian. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 297  |
| <b>Alaun, Soda und Salpeter.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |      |
| Die Alkalien im Haushalt der Natur. Geschichtliches. Kali und Natron. Die Potasche und ihre Gewinnung. Aetzkali. Der Alaun. Alaunerze und Alaunfiederei. Die Soda. Natürliche und künstliche. Leblanc's Verfahren zur Vereitung der letzteren. Kochsalz. Chemische Vorgänge dabei. Auslaugen. Reindarstellung. Wasserfreie, calcinirte und krystallisirte Soda. Der Salpeter. Natürliche Salpetererzeugung in der Luft und im Boden. Salpeterpflanzung. Raffiniren. Natron oder Chilisalpeter. Vorkommen, Gewinnung und Verarbeitung desselben auf salpetersaures Kali. Die Salpetersäure. Ihre Darstellung und Wirkungsweise. Königswasser. Chlor und Salzsäure. .... | 307  |
| <b>Das Glas und seine Verarbeitung.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |      |
| Bedeutung des Glases. Die Kieselsäure. Vorkommen und chemische Eigenschaften derselben. Das Glas in chemischer und physikalischer Beziehung. Seine Geschichte. Arbeiten in der Glashütte. Die Ofen. Zusammensetzung der Glasmasse. Schmelzen derselben in Häfen. Aufarbeitung. Das Blasen von Hohlglas, Pfeife, Schere, Nabeleisen u. s. w. Formen. Tafelglas. Gießen der Spiegelplatten. Schleifen und Poliren. Belegen mit Amalgam. Geprüftes Glas. Gefärbte Gläser. Glasröhren. Perlen. Millefiori, Petinet u. s. w. Vollendung und Verzierung der Glaswaaren. Schneiden. Bohren. Schleifen. Glasmalerei. Geschichte. Technisches. Das Wasserglas. ....             | 337  |

**Schießpulver und Feuerwaffen.**

Seite

Das Schießpulver und die Geschichte seiner Erfindung. Bestandtheile und Fabrikation. Wirkungsweise. Die Schießbaumwolle, erfunden von Schönbein und Böttger. Sonstige Explosivkörper. Nitromannit. Nitroglycerin. Sprengöl u. s. w. Knallquecksilber und Anfertigung der Zündhütchen. Die Geschütze. Geschichtliches: In der Napoleonischen Zeit und die darauf folgenden Verbesserungen. Rotation der Geschosse. Tempirbare Zünder der Hohlgeschütze u. s. w. Das Geschützrohr. Anfertigung der Gußstahlrohre. Die Laffete. Zoller. Viel u. s. w. Gezogene Geschütze und ihre Wirkungsweise. Rotation und Derivation der Geschütze. Voll- und Hohlgeschütze. Granate. Kartätsche. Schrapnel u. s. w. Armstrong's und Withworth's System. Fabrikation der Armstrongrohre. Parrot. — Die Kriegsraketen. Befestigungsweisen. Gepanzerte schwimmende Batterien. Wettkampf zwischen Vervollkommnung des Geschützes und des Widerstandes. Die Handfeuerwaffen. Sonst und Jetzt. Gezogene Rohre. Expansionsgeschütze in den verschiedenen Ländern. Perkussion, Zündnadel u. s. w. Einrichtung. Jagdgewehre und Revolver. 'Lefaucheur' und andere Systeme. Die Anfertigung der Handfeuerwaffen. . . . . 377

**Die Industrien des Schwefels.**

Vorkommen des Schwefels in der Natur, seine Gewinnung und Reinigung. Verwendung. Schwefelblumen, Schwefelmilch. Verbindungen des Schwefels mit Sauerstoff. Schweflige, unterschweflige und Schwefelsäure. Nordhäuser und englische Schwefelsäure und ihre Darstellung. Bleikammerbetrieb. Kammerjäure und ihre Konzentration. Verwendung der Schwefelsäure. — Schwefelleber und Schwefelwasserstoff. Schwefelkohlenstoff, seine Darstellung und Bedeutung für die Industrie. Chlorschwefel. . . . . 447

**Die Erfindung der Feuerzeuge und der Phosphor.**

Feuer und Flamme. Wärmequellen auf der Erde. Feuerzeuge. Das älteste Reibfeuerzeug. Stahl und Stein. Der Feuerchwamm. Brennläfer und Brennspiegel als Feuerzeuge. Das pneumatische oder Kompressionsfeuerzeug. Das Döbereiner'sche Platinfeuerzeug. Das elektrische Feuerzeug. Chemisches Feuerzeug. Chloräures Kali. Congreue'sche Reibzünder. — Der Phosphor. Geschichte seiner Entdeckung durch Brandt und Kunkel. Vorkommen und Eigenschaften. Die Phosphorsäure und ihr Auftreten in der Natur. Darstellung des Phosphors aus Knochen. Seine Reinigung. Amorpher Phosphor. — Phosphorfeuerzeuge. Turiner Lichtchen. Streichhölzchen. Ihre Geschichte. Antiphosphorhölzchen und phosphorfreie Zündhölzchen: — Fabrikation. Zurichtung der Hölzchen. Die Zündmasse. Das Betupsen. Fertigmachen und Verpacken. . . . . 466

**Die Erfindung der Daguerreotypie und Photographie.**

Älteste Versuche in der Lichtbilderei. Niepce's und Daguerre's Versuche. Daguerre's Erfindung, die Daguerreotypie. Chemische Grundzüge derselben. Jod, Brom, Chlor. Die photographische Camera obscura und Erzeugung der Bilder auf der Silberplatte. Photographie auf Papier. Talbotypie. Beschleunigende Substanzen. Negatives und positives Bild. Eiweiß und Collobium. Silber-, Fixir- und Waschlösungen. Kopiren. Panotypie. Bistitenkartenporträts. Trodne Verfahren. Augenblicksbilder. Unvergängliche Photographien und Photographie mit natürlichen Farben. . . . . 492

**Die Farben und ihre Bereitung.**

Einleitendes. Eisenfarben. Das Berlinerblau durch Diesbach entdeckt. Blutlaugensalz. Cyan. Blausäure. Blutlaugensalzfabrikation. Gelbes und rothes Blutlaugensalz. Darstellung des Berlinerblau. Bleifarben. Glätte und Mennige. Bleiweiß. Holländische und deutsche Methode seiner Erzeugung. Ersatzmittel für das Bleiweiß. Chrompräparate. Chromoxyd und Chromsäure. Chromsaures Kali. Chromgelb. Kupferfarben. Grünspan. Seine Darstellung in Frankreich. Bergblau. Bremerblau. Schweinfurter Grün u. s. w. Ersatzmittel dafür: Schwefelmetalle als Farbstoffe. Der Zinnober und seine Bereitung. Antimonzinnober. Ultramarin. Natürliches und Künstliches. Lackfarben. Cochenille und Karmin. — Pastellfarben. Die Bleistiftfabrikation. . . . . 522

**Tonbilder,**

welche an den nachstehend bezeichneten Stellen in den Text einzuheften sind.

|                                                               |                    |
|---------------------------------------------------------------|--------------------|
| Porträtgruppe von Böttger, Bregneil, Bischof, Vorfig. . . . . | Seite<br>Titelbild |
| Die Majolika-Fontaine . . . . .                               | 260                |
| Der neue Glas-Palast in London . . . . .                      | 336                |
| Anfertigung der Armstronggeschütze . . . . .                  | 376                |

### Zur gefälligen Notiznahme.

---

Die am hiesigen Orte stattgehabte Arbeitseinstellung von Seiten der Schriftsetzer ist Veranlassung gewesen, daß in dem Erscheinen des „Buchs der Erfindungen“ leider eine Stockung eintreten mußte.

Indem die unterzeichnete Verlags-handlung die verehrlichen Abnehmer dieses Werkes bittet, die gedachte Verzögerung freundlichst entschuldigen zu wollen, fügt sie die Versicherung hinzu, daß sie, nachdem die Arbeiten in den hiesigen Druckereien inzwischen wieder ihren regelmäßigen Gang genommen haben, das Versäumte nachholen und die Vollendung dieses Werkes mit möglichster Beschleunigung herbeiführen wird.

Leipzig, im Oktober 1865.

Die Verlagsbuchhandlung von Otto Spamer.





Wer sie nicht kennt die Elemente,  
Ihre Kraft und Eigenschaft,  
Wäre kein Meister über die Geister.  
Goethe.

# EINLEITUNG.



iebt es eine Farbe, welche häßlich wäre? Nein. An und für sich ist jede schön, und nur der unpassende Gebrauch, den die Menschen machen, verursacht häßliche Wirkungen. Dasselbe Grau, dasselbe Roth, welches jetzt unser Auge verlezt, wird uns entzücken, wenn es neben eine andere Farbe gesetzt wird. Und so ist es nicht nur mit Farben und Tönen; Alles in der Natur ist an sich gut und vermag einem vernünftigen Zwecke zu dienen.

„Es giebt keinen Schmutz. Schmutz ist nur ein Gegenstand am unrechten Plage“, hat Palmerston gesagt, und er hat Recht damit. Wir brauchen z. B., wenn es sich um die Zurückweisung des Guano aus der feinen Gesellschaft handelt, nicht auf seine Entstehung zurückzugehen, um überführende Gründe dafür zu suchen, aber wir lassen uns doch entzücken durch die wunderbare Farbenskala, vom zartesten Pfirsichroth bis zur Blut des verglimmenden Abendsonnenstrahles, welche der Chemiker aus den Excrementen von Seevögeln hervorzaubert. Und der übelriechende Steinkohlentheer spielt in der Toilette der Frauen eine große Rolle. Der garstige Theerfleck, der ein hellfarbiges Kleid verunziert, wird durch Benzin spurlos wieder vertrieben; aber Benzin ist nichts Anderes, als ein Nachkomme des Theers selbst, aus diesem durch Destillation gewonnen. Außerdem noch ändert jener schwarze Gesell seine unliebenswürdige Natur durch Behandlung mit Hitze, Säuren und anderen Reagentien derart, daß er nicht nur den Wohlgeruch des feinsten Bittermandelöles annimmt und dieses in der That als Parfüm in zahllosen Fällen ersetzt, sondern wie ein buntschillerndes Chamäleon tritt er in den wundervollsten Farbenverschiedenheiten auf, und die herrlichen Nuancen von Roth, Blau, Violet, welche uns die letzten Jahre in überreicher Menge als Anilin, Magenta, Solferino, Azurin, Cörulein, Saphyrin, Rosen, Fuchsin u. s. w. gebracht haben, sowie prachtvolle grüne, braune und gelbe Farbstoffe verdanken ihren Ursprung dem Theer, denn sie alle entstehen durch Umwandlung eines Stoffes, des Anilin, das sich aus dem Steinkohlentheer darstellen läßt. Ja, wir begegnen hier der merkwürdigen Thatsache,

daß sich darunter ein Körper befindet, die Pikrinsäure, eine gelbe, vorzüglich für die Seidenfärberei werthvolle Substanz, welche früher lediglich aus dem kostbaren Indigo dargestellt werden konnte und die uns einen überraschenden Einblick gewährt in die verwandtschaftlichen Beziehungen zwischen so verschiedenen Körpern.

Diese Beziehungen erkannt und so genau erforscht zu haben, daß wir mit ihrer Hülfe nicht nur das Werthvolle leicht aus minder Werthvollem zu scheiden, sondern auch das noch zu Nützlichem verarbeiten zu können, was vordem als Abfall wegge-  
worfen wurde, ist vorzugsweise die Frucht der Chemie. Welche Dienste dieselbe der Welt bereits geleistet, das wird am augenscheinlichsten, wenn wir auch nur mit einem oberflächlichen Blicke den Reichthum an Schätzen streifen, die wir jetzt der Natur zur Befriedigung der tausend großen und kleinen Bedürfnisse des Lebens abgewinnen, und einen Vergleich anstellen mit der Mittellofigkeit früherer Zeiten.

Während die Alten fast nur diejenigen Stoffe zu ihrem Nutzen und Vergnügen verwenden konnten, welche die Natur fertig an die Oberfläche legt, und auf künstlichem Wege nur sehr wenige andere zu ihren Zwecken beliebig herzustellen vermochten, sind wir in der Lage, uns den Stoff in einer unendlichen Reihe verschiedener Qualitäten herzustellen und je nach diesen seinen verschiedenen Eigenschaften entsprechend benutzen zu können. Wir lassen ihn einen Kreislauf unausgesetzter Veränderungen durchlaufen, bald mit anderen sich verbinden, bald sich ganz oder zum Theil wieder von ihnen trennend, und rufen nach Belieben dieser Umwandlung ein Halt zu, wenn sie in ein nutzbares Stadium getreten ist. Während daher früher die Bearbeitung des Stoffes zum bei weitem größten Theile eine blos formgebende, mechanische war, ist sie durch die Chemie eine vorwiegend mit die inneren Eigenschaften verändernde geworden.

Nun sind zwar die chemischen Kräfte des Stoffes gegen einander in Aktion gesetzt worden, seit die Menschen überhaupt irgend welche Thätigkeit begonnen haben, und ziemlich früh schon in der Entwicklung des Völkerlebens treffen wir auf Prozesse, Bearbeitungen, denen sogar verwickelte chemische Vorgänge zu Grunde liegen. So sind z. B. die Menschen zeitig darauf gekommen, Bronze aus Kupfer- und Zinkerzen darzustellen und sich Waffen und Schmuckgeräthe daraus zu fertigen. Die Erfindung glasähnlicher Massen ist eine sehr alte, und selbst die unentwickeltsten Naturmenschen verstehen fast alle die Thierhäute zu ihrer Bekleidung zu gerben und durch mancherlei Färbung zu schmücken. Allein es ist ein Unterschied zwischen der empirischen Anwendung zufällig gemachter Beobachtungen und der logischen Schlussfolgerung aus klar erkannten Gesetzen.

Wie Einer deswegen noch keine Physik versteht, weil er mit einem Glasprisma in der Sonne spielen und den weißen Strahl in seine buntfarbigen Lichtbestandtheile zerlegen kann, so liegt in der zufälligen Entdeckung, daß Pottasche und Sand sich zu einer durchsichtigen Masse mit einander zusammenschmelzen lassen, auch noch kein wissenschaftlicher chemischer Standpunkt. Es ist aber nur die Wissenschaft, nur die Kenntniß des inneren, gesetzmäßigen Zusammenhanges der Erscheinungen, welche fördernd wirkt, Neues aus sich selbst gebärend, und diese hat auf dem Gebiete, das uns jetzt zur Betrachtung vorliegt, ein verhältnißmäßig noch junges Alter. Um die Grundlagen der heutigen Chemie aufzudecken, dürften wir kaum zweihundert Jahre zurückgehen; für die Entwicklungsgeschichte der Menschheit überhaupt aber ist es interessant, auch die der Zeit nach viel weiter zurückliegenden Keime einer Wissenschaft aufzusuchen, die nicht nur für das materielle Wohlbefinden der Völker das Ersprießlichste geleistet, weil sie uns die Schätze der Natur auf das Zweckmäßigste nützen lehrte, sondern die vielmehr noch den geistigen Reichthum gemehrt hat, indem sie uns den Einblick in

das innere Wesen der Dinge erweiterte und im Verein mit der Physik uns befähigte, die große Natur in ihren Gesetzen zu verstehen.

Die Geschichte der Chemie muß somit in zwei Hauptabschnitten behandelt werden. Der erste davon beschäftigt sich mit der ältesten Zeit, in denen zwar vereinzelt chemische Beobachtungen gemacht und zu einzelnen Zwecken ausgebeutet wurden, ein eigener, alle umfassender Rahmen um dieselben aber noch nicht gezogen und das Vereinzelte noch nicht zu einem Ganzen verbunden werden konnte. Der zweite dagegen behandelt diejenige Zeit, in welcher die zu großer Reichhaltigkeit angewachsene Summe der Beobachtungen Ordnung und Zusammenhang erhielt, das Wesentliche, Gemeinsame herausgezogen und als Gesetz hingestellt und geprüft wurde. Die einzelne Erscheinung erhält hier vorzüglich in so weit Werth, als sie sich auf das Ganze bezieht; ihre Bedeutung wird aber eine um so gewichtigere, als auch das scheinbar Unbedeutende und Geringe große Regeln ausspricht und bestärkt.

Die Wissenschaft, das heißt die Gesammtheit der Beobachtungen und die aus der messenden und vergleichenden Zusammenstellung derselben sich ergebenden Schlußfolgerungen, verfolgt mit ihren Sätzen und Methoden bestimmte allgemeine Zwecke, welche in jener ersten Zeit natürlicherweise noch nicht auftreten können. Mehr als bei jeder anderen Wissenschaft sind bei der vielversprechenden und vielvermögenden Fähigkeit der Chemie diese Zwecke von den eigenthümlichen Zeitrichtungen beeinflusst, ja sogar zum Theil vorwiegend von denselben diktiert worden, und so zahlreich auch die nützlichen Entdeckungen sind, welche unter solchen von außen her wirkenden Einflüssen gemacht wurden, so ist es doch gerade diesem Umstande zuzuschreiben, daß dem sich Herauentwickeln der wissenschaftlichen Chemie ein viele Jahrhunderte dauerndes Geborenwerden, ein ängstliches Kreisen der Zeit hervorging. Und wenn das aus dem Arabischen stammende Wort „Chemie“ auch bereits vor mehr als 1400 Jahren gebraucht wurde, so ist der demselben zu Grunde liegende Begriff erst in verhältnißmäßig sehr junger Zeit mit seinen Konsequenzen klar bestimmt und abgegrenzt worden.

Zwischen den ältesten Spuren chemischer Beobachtungen und dem Beginn der neueren Chemie (Mitte des 17. Jahrhunderts) liegenden Zeitraum charakterisiren vornehmlich zwei Richtungen, nach denen hin die chemischen Bestrebungen erfolgten. Zuerst war es das Bestreben der Metallverwandlung, und besonders die Darstellung des Goldes aus minder edeln Metallen, welches vom Aten bis zum Anfang des 16. Jahrhunderts allen chemischen Unternehmungen zum Ausgang diente, das Zeitalter der Alchemie; nach diesem aber, bis in die Mitte des 17. Jahrhunderts, war das Ziel der Chemie die Erklärung und Heilung der Krankheiten, und wir können diese Periode das Zeitalter der medizinischen Chemie nennen.

Vor zwei Jahrhunderten endlich führten die zahlreich gemachten Erfahrungen dahin, nach der Gesetzmäßigkeit der Verbindungen, welche die verschiedenen Körper mit einander eingehen und die man in immer größerer Menge zu beobachten Gelegenheit fand, zu forschen, jene Verbindungen zu zerlegen und neue zusammenzusetzen. Dies Bestreben, die Veränderungen des Stoffes unter verschiedenartigen Kräfteeinwirkungen kennen zu lernen und damit das innere Wesen der körperlichen Dinge zu erschließen, charakterisirt die neuere Chemie, welche allerdings in ihrem Fortschreiten auch nicht immer einer einmal eingeschlagenen Richtung treu geblieben ist, noch treu bleiben konnte. Namentlich ist durch das Auftreten Lavoisier's und durch Einführung von Wage und Gewicht in die chemische Untersuchung jener bedeutungsvolle Abschnitt bezeichnet, durch welchen die phlogistische Theorie vom Throne gestoßen wurde. Mit der nun beginnenden Periode der quantitativen Untersuchungen erschloß sich der reichblühende und fruchtreiche Garten, an dessen Segen unser Geschlecht sich erfreut.

Die chemischen Kenntnisse der Alten. Es dürfte unmöglich sein, bei dem Mangel an direkt uns überkommenen Ueberlieferungen und bei der Unsicherheit, welche jeder Vergleichung von jetzt noch im Urzustande lebenden Völkern mit den ältesten Vorfahren der großen Kulturvölker der Erde anhaften muß, eine Vorstellung von denjenigen Verfahrungsarten zu gewinnen, die von frühester Zeit an absichtlich zur Umwandlung mancher Stoffe und Substanzen angewandt worden sind. Eine solche Betrachtung hat auch, zumal wenn sie sich auf die Umwandlung organischer Substanzen, die diese durch Kochen, Rösten, Faulen, Gähren u. s. w. erleiden, mit beziehen sollte, einen um so geringeren Werth, als aus solchen Verfahren sich auf dem damaligen Stande nie und nimmermehr wirkliche chemische Kenntnisse entwickeln konnten, trotzdem daß sehr wichtige chemische Vorgänge bei ihnen im Spiele waren. Wichtiger bleiben immer die Behandlungen der unorganischen Stoffe, und namentlich ist es die Benutzung und die Gewinnung der Metalle, welche uns hier die wichtigsten Fingerzeige giebt.

Wie in der Einleitung zum I. Bande dieses Werkes bemerkt worden ist, finden wir mehrere Metalle schon sehr frühzeitig in Gebrauch, so früh, daß historische Zahlenangaben dafür vollständig unmöglich sind. Bestimmte historische Nachweisungen über Darstellung chemischer Verbindungen haben und suchen wir zunächst auch nur von den Aegyptern, Phöniziern, den Israeliten, den Griechen und endlich den Römern, weil in der Kultur dieser Nationen auch die Wurzeln der heutigen Bildung liegen. Chinesen, Mexikaner und Peruaner sind jedenfalls in ähnlicher Weise im Besitze mancher vorgeschrittenen Erfahrung gewesen. Dieselben haben aber keinen so dauernden Einfluß geübt und sind deswegen — wenn uns auch, was nicht im Geringsten der Fall ist, der Einblick in die Kulturgeschichte dieser Nationen möglich wäre — für die Geschichte der Chemie von nur geringem Interesse.

Die Bekanntschaft mit den Gewinnungsweisen verschiedener Metalle versteht sich von selbst bei einem Volke, welches so großartige Werke der Baukunst zu errichten im Stande war, wie die Aegypter. Dieselben hatten aber außerdem große Fertigkeiten im Färben, und ihre Geschichte nennt uns noch den König, welcher zuerst die blaue Farbe künstlich zu erzeugen versuchte. Sie kannten das Glas und benutzten verschiedene desinfizirende Mittel zur Verhinderung der Fäulniß; Salpeter und wahrscheinlich auch kaustisches Kali oder kaustische Soda wurde zur Einbalsamirung der Mumien angewandt. Aus den Ausschwizungen von Nadelhölzern (Cedern) stellten sie einen Terpentin her, und durch eine Art Destillation von Pech und Theer erhielten sie eine kreofothaltige Flüssigkeit, welche sie schon gegen Zahnweh und mancherlei Hautkrankheiten als Heilmittel anwandten. In der ägyptischen Heilkunst scheinen auch Grünspan und Bleiweiß zur Vereitung von Salben und Pflastern bereits eine Rolle gespielt zu haben, und es muß demnach die Vereitungsweise dieser Substanzen der ägyptischen Priesterkaste bekannt gewesen sein, welche ihre naturwissenschaftlichen Kenntnisse mit ängstlicher Geheimhaltung bewahrten.

Von den Phöniziern wissen wir, daß auch bei ihnen die Kunst des Färbens und der Glasmacherei blühte und daß sie mit der Bearbeitung des Zinns und demnach jedenfalls auch mit seiner Gewinnung vertraut waren. Sie sowol wie die Aegypter waren die Lehrmeister der Israeliten, welche in ihren Kenntnissen sich aber nicht auf eine wesentlich höhere Stufe erhoben. Im großen Ganzen war jedenfalls der Umfang naturwissenschaftlicher Erkenntniß auch bei den Aegyptern und Phöniziern nur ein sehr beschränkter, und wenn vorzüglich den ersteren von manchen Seiten ein tiefgehender Einblick in Physik und Chemie zugeschrieben wird, so geschieht dies ohne jeden positiven Anhalt und wol hauptsächlich deswegen, weil man durchaus in den Mystereien und in der ganzen Götterlehre nichts Anderes als den für Laien unverständlichen

Ausdruck klar erkannter Naturgesetze erblicken zu müssen glaubt. Mag sein, daß manche naturwissenschaftliche Erfahrung sich in dem geheimnißvollen Gewande verhüllte; daß aber darin nicht eine so ausgebildete Naturerkenntniß verborgen gewesen, wie man annimmt, beweist am besten der damalige Zustand des materiellen Lebens, für welches jedenfalls eine so fruchtbare Wissenschaft ausgebeutet worden wäre.

Auch bei den Griechen erfuhren die Naturwissenschaften in Folge ihrer der Speculation zugewandten Geistesrichtung nur geringe Beachtung. Aus Homer's Zeiten (etwa 1000 v. Chr.) finden wir nur die auch schon den Aegyptern und Phöniziern bekannten Thatfachen erwähnt. Das Eisen war damals noch ein seltenes Metall, überhaupt scheint die Verarbeitung der Erze weiter zurück gewesen zu sein als bei jenen Völkern und den von ihnen lernenden Israeliten. Sogar die Bereitung der Arzneistoffe, welche doch durch Hippokrates (im 5. Jahrhundert v. Chr.) eine so ausgezeichnete Bereicherung erfuhr, geschah ohne alle Heranziehung chemischer Methoden, und Männer, wie der gleichzeitig lebende Demokrit von Abdera, welche in der Aufstellung von Versuchen und aus direkten Beobachtungen Belehrung und Aufklärung suchten, gehören zu den Ausnahmen. Aristoteles erwähnt zwar, daß Meerwasser, wenn man es durch Thon filtrire, seinen Geschmack verliere und trinkbar werde, und Plato versucht sich in einer Erklärung der Bildung des Eisenrostes, allein einen wirklichen Fortschritt der chemischen Kenntnisse konnten weder solche vereinzelte Beobachtungen und Versuche bewirken, noch vermochte dies auch die Aristotelische Lehre von den vier Elementen oder vielmehr Elementareigenschaften (Feuer: trocken und heiß, Luft: heiß und feucht, Wasser: feucht und kalt, Erde: kalt und trocken), welche Lehre übrigens späterhin, falsch verstanden, der Ausbildung unserer Wissenschaft geradezu hinderlich geworden ist. Theophrastos (geb. 371 v. Chr., gest. 286 zu Athen), ein Schüler des Plato und Aristoteles, erwähnt in seinem Werke über die Mineralien zuerst der Steinkohlen, des Zinnobers, Schwefelarseniks und giebt einige Nachrichten über die Darstellung des Bleiweißes und der Mennige. Im Ganzen, sehen wir, ist die positive Kenntniß der alten Griechen eine sehr karge, und die Römer erhielten in naturwissenschaftlicher Beziehung von ihnen nur ein sehr unvollkommenes Material.

In der Blütezeit des römischen Reiches aber gab die durch die großartigen Heereszüge der Römer bewirkte Bekanntschaft mit anderen Nationen Veranlassung zu bedeutender Erweiterung hierher gehöriger Kenntnisse. Namentlich sind die Werke des Dioskorides, eines Griechen, aus Kleinasien gebürtig, der in der Mitte des ersten Jahrhunderts mehrere römische Feldzüge in Asien mitmachte, sowie die des Cajus Plinius des Älteren, Beweise bedeutsamer Bereicherungen. Dioskorides beschreibt eine Art Destillation, das Rösten des rohen Spießglanzes; er kennt außerdem das Kalkwasser, Zinkoxyd, Kupfervitriol, und seine Beschreibungen der Darstellung einzelner Präparate läßt auf eine Bekanntschaft mit mancherlei Apparaten schließen.

Noch vollständiger, wenn auch noch völlig kritiklos, finden wir bei Plinius chemische Thatfachen und Verfahren gesammelt. Nach ihm war den Römern damals außer den schon früher erwähnten Metallen auch das Quecksilber bekannt, sowie die Fähigkeit desselben, Gold aufzulösen. Das Goldamalgame gebrauchten sie zur Vergoldung. Man kannte die verschiedene Schmelzbarkeit der Metalle und verstand das Röthen und Verzinnen. Eisen wußte man in Stahl umzuwandeln, und die Oxyde von Kupfer und Blei (Bleiglätte und Mennige), die man durch Erhitzen an der Luft herstellte, sowie Zinkoxyd und Eisenrost, wandte man in der Arzneikunde an. Salpeter und Maun, deren Namen wir zwar der lateinischen Sprache entnommen haben, waren ihnen jedoch unbekannt; dagegen bedienten sie sich der schwefligen Säure (die beim Verbrennen des Schwefels sich bildet) zur Reinigung der Wolle und als

desinfizirendes Mittel, wie schon Ulysses gethan, als er befahl, die Gemächer zu reinigen und wieder in Ordnung zu bringen, nachdem er die Freier der Penelope getödtet. Seife bekamen die Römer von den Germanen; geistige Getränke stellten sie durch Gährung her, den Alkohol aber im reineren Zustande hatten sie noch nicht abgetrennt; eben so war die Essigsäure (Essig) nur in verdünnter Form bei ihnen in Gebrauch. Von Farbstoffen standen in höchstem Ansehen der Saft der Purpurschnecke und der Indigo, und die Beobachtung, daß Soda und gefaulter Urin manche Farben verschiedentlich zu nuanciren vermögen, fand in der Färberei, bei welcher übrigens von Weizmitteln noch nicht die Rede gewesen zu sein scheint, Anwendung.

Ob die Aegyptier damals mit Weizen zu färben verstanden, ist ungewiß, fast scheint es so; jedenfalls aber haben sie dann diese Kunst sehr geheim gehalten. Geben wir in beschränktem Maße der Annahme Raum, daß die ägyptischen Priester mancherlei naturwissenschaftliche Kenntnisse noch besaßen, so dürften wir darin eine Brücke finden, die uns auf den regen Sinn für Chemie überleitet, der sich nach Verfall des römischen Reiches und seit dem 4. Jahrhundert n. Chr. unter den Byzantinern bemerklich macht. Die eifersüchtige Isolirung der Priester und die furchtsame Scheu des Volkes mußte mit der immer mehr um sich greifenden Ausbreitung des Christenthums verschwinden. Die erworbenen Kenntnisse wurden durch den Uebertritt Eingeweihter bekannt, wenigstens trennte sich ihr Besitz von der Hierarchie, und wenn er auch noch vor allgemeiner Mittheilung gehütet wurde, so waren es doch nicht mehr religiöse Geheimnisse, sondern wissenschaftliche, und diesen mußte eine systematische Weiterentwicklung von nun an bevorstehen. Die Wiege der neuen Wissenschaften wurde Alexandrien, welches bisher noch der Hauptsitz der alten ägyptischen Mysterien gewesen war.

**Das Zeitalter der Alchemie.** Von Alexandrien aus, welches sie sich unterwarfen, und von den anderen Völkern, mit denen sie auf ihren Eroberungszügen in Berührung kamen, erhielten denn auch erst die Araber jene Anregungen zu wissenschaftlichen Beschäftigungen, welche sie in so hervorstechender Weise hegten und zu weiterer Ausbildung brachten, als sie sich in den eroberten Ländern festgesetzt hatten. Es ist eine falsche Meinung, wenn man glaubt, jene abenteuerliche Nation, die während fast eines halben Jahrtausends Poesie und gelehrte Bildung zum Pfande hatte, habe die reiche Saat aus eigenem Keime großgezogen. Wir finden keine Spur von einer so friedlichen Richtung vor dem 8. Jahrhundert bei den Arabern, wie würde sich auch die Vernichtung der alexandrinischen Bibliothek (642) damit zusammenreimen lassen. Ja, der Koran mit seinem fatalistischen Charakter verbietet geradezu alles Forschen und Grübeln, und in der ersten Zeit seiner Auslegung mußte daher jede geistige Thätigkeit seiner fanatischen Anhänger eine sehr gehemmte bleiben.

Im 4. Jahrhundert scheint die Idee der Metallverwandlung, der beliebigen Erzeugung des einen Metalles aus dem anderen, zuerst Platz gegriffen zu haben, nicht früher, denn es ist als sicher anzunehmen, daß dieselbe ohne Weiteres zu Versuchen geführt hat, welche dem glücklich Operirenden unermessliche Reichthümer versprochen. Solcher Unternehmungen geschieht aber erst aus diesem Jahrhunderte gelegentlicher Erwähnung. Sie gründeten sich auf die herrschend gewordene Ansicht von der Natur der Metalle, nach welcher dieselben in verschiedenen Mengenverhältnissen aus zwei Stoffen (die man als Schwefel und Quecksilber bezeichnete) zusammengesetzt sein sollten. Als die Metallverwandlung bewirkend dachte man sich eine Substanz, den Stein der Weisen, auch das große Elixir, das große Magisterium (Meisterstück) oder die rothe Tinktur genannt, Bezeichnungen, welche zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Adepten dem räthselhaften Stoffe beigelegt wurden, dessen Darstellung aufzufinden von nun an alleiniger Zweck der Chemie wurde, Alchemie.



Es ist nicht mit Bestimmtheit zu sagen, von wem und wann jene Ansicht über die Konstitution der Metalle ausgegangen ist. Wahrscheinlich gründete sie sich auf verschiedene, falsch verstandene Beobachtungen, die der empirischen Naturforschung damals schon bekannt waren. Man kannte z. B. die Thatsache, daß Eisen, welches in eine Lösung von blauem Vitriol gelegt wird, nach einiger Zeit verschwindet, dafür aber ein gleich gestaltetes Stück Kupfer sich vorfindet, und da man nicht wußte, daß in der vorher blauen Flüssigkeit Kupfer enthalten ist, welches sich an Stelle des Eisens ausscheidet, so glaubte man, das eine Metall habe sich in das andere geradezu verwandelt. So irrig die Vorstellung von den Metallen auch war, so war sie doch insofern von großem praktischen Nutzen, als durch die Annahme schwefeliger Bestandtheile in den Metallen das Feuer, die Hitze, zu einem mächtigen chemischen Hilfsmittel wurde, dessen beabsichtigte Einwirkung auf die verschiedenen Körper eine große Reihe neuer Thatsachen beobachten lassen mußte.

Von Aegypten kam die Alchemie nach Griechenland und Spanien, und im letztgenannten Lande finden wir im 8. Jahrhundert die Araber eifrig mit ihrer Kultur beschäftigt. Wir haben aus der Zahl der Chemiker von dieser Zeit an ganz besonders den bedeutendsten und frühesten hervorzuheben, Geber, dessen Leistungen die seiner Nachfolger Rhazes, Avicenna, Avenzoar, Abukafes u. s. w. bei weitem übersteigen. Von dem 12. Jahrhundert an werden die Araber jedoch überflügelt durch die Bestrebungen des westlichen Europa, welches sowol mittelbar über Spanien, Italien (medizinische Schule zu Salerno) und Griechenland als unmittelbar durch die Kreuzzüge in unmittelbarem Kontakt mit dem Osten getreten war.

Hier beginnt denn nun namentlich mit dem 13. Jahrhundert die eigentliche Blüte der Goldmacherkunst, und die Höfe der immer geldbedürftigen Fürsten wurden zu Sammelpunkten betrogenen und betrügerischer Adepten. Denn wenn auch Geister wie Albertus Magnus, Roger Baco, Arnoldus Villanovus, Rahmundus Sulcus u. A. mit hohem wissenschaftlichen Ernste sich ihren Ideen hingaben, so wußten doch sehr bald Andere die Sache bestehend genug zu finden, um mit ihrer Hülfe einen wahren und für sie sehr ergiebigen Feldzug gegen die Leichtgläubigkeit der Menge zu führen. Ja, wir können oft kaum zu behaupten wagen, daß Einer oder der Andere, der uns mit wissenschaftlicher Bildung und voller Ueberzeugung von der Erreichbarkeit des Zieles seinen Weg zu gehen scheint, nicht das Vergebliche seiner Manipulationen geahnt, und nur mit Ueberlegung sich eines so wirksamen Hilfsmittels über die gläubigen Gemüther nicht gern habe begeben wollen. Neben Solchen, wie Izaak und Johann Hollandus, Bernhard von Trevigo, Georg Ripley, Thomas Norton, Basilius Valentinus, finden wir eine große Anzahl ganz notorischer Betrüger, deren Urahn der berühmte Nikolaus Flamel zu sein scheint, welcher mit seinen Transmutationen so viel Reichthümer erworben haben wollte, daß er damit allein 14 Hospitäler und 7 Kirchen stiftete und reich dotiren konnte. Noch bessere Erfolge muß Hieronymus Crinot gehabt haben, der an 1300 Kirchen mit Hülfe der durch den Stein der Weisen erlangten Reichthümer erbaut zu haben vorgab. Fürsten und Höfe nahmen derartige viel versprechende Abenteurer mit offenen Armen auf und begünstigten sie auf jede Weise; denn unter den Mächtigen der Erde gab es eine große Zahl sehr eifriger selbstlaborirender Alchemisten, die natürlich alle gern baldmöglichst in Besitz des kostbaren Geheimnisses zu kommen wünschten. Gelang ihnen dies trotz ihrer Gunst nicht, so versuchten sie es schließlich mit Strenge, aber eben so vergeblich. Kaiser Rudolf ließ den Engländer Kellen, als derselbe ihn nicht in seine vorgegebene Wissenschaft einweihen wollte, noch auch Gold in der wünschenswerthen Menge darzustellen vermochte, einferkern, nachdem er anfänglich den Adepten in den böhmischen

Freiherrnstand erhoben und mit Beweisen seiner Gnade überschüttet hatte. Setonius, Schwerzer, David Beuther, der von der Leipziger Juristenfakultät zur Staupen verurtheilt wurde, weil er das ihm bekannte Geheimniß der Transmutation nicht zum Vortheil seines Kurfürsten ausgeführt habe, und zu ewiger Gefangenschaft außerdem noch, damit seine Wissenschaft nicht etwa anderen Potentaten verrathen würde, und Anderen erging es späterhin nicht besser, und das Schicksal des bekannten Vötticher, der aus reiner Angst geschwind noch die Bereitung des Porzellans erfand, ist bekannt genug.

Man glaubte allgemein an die Möglichkeit, unedle Metalle in Gold und Silber zu verwandeln, und dieser Glaube gab den chemischen Beschäftigungen einen bestimmten Zweck, auf den hin sie unablässig und mit großem Aufwand betrieben wurden. Waren nun auch die Früchte nicht die erwarteten, so mußten doch nebenher mancherlei Erfahrungen gesammelt, Verbindungen entdeckt werden, die zu neuen, richtigeren Ansichten und zu vielerlei nützlichen Anwendungen führten.

Bei Geber (oder, wie sein vollständiger Name heißt, Abu-Mussa-Dschafar-al-Sofi) und wahrscheinlich fast allein durch ihn finden wir im 8. Jahrhundert bereits gegen die Kenntnisse zu Plinius' und Dioskorides' Zeiten einen ungemeinen Fortschritt gethan. Der geniale Araber bestimmte nicht nur die Eigenschaften der bekannten Körper viel genauer, als je vor ihm geschehen war, er entdeckte auch eine große Anzahl neuer und lehrte sie nach eigenthümlichen Methoden herstellen. Durch Erhitzen der verschiedenen Metalle erzeugte er deren Oxyde, er kannte gelbes und rothes Bleioxyd, das rothe Quecksilberoxyd, den weißen Arsenik und seine Fähigkeit, das Kupfer weiß zu färben. Er wußte Schwefel und Metalle mit einander zu verbinden und bemerkte, daß durch diesen Prozeß sich aus dem Quecksilber ein schöner rother Körper (Zinnober) erzeugen lasse. Pottasche und Soda bereitete er nicht nur, sondern wußte auch, daß sie durch gebrannten Kalk ägend werden. Er ist es, der die Destillation zuerst anwandte und auf diese Weise Schwefelsäure aus Alaun, Salpetersäure aus einem Gemisch von Salpeter und Vitriol, und aus Essig die Essigsäure in reinerem, konzentriertem Zustande abschied. Königswasser (Salpetersäure und Salmiak) benutzte er zur Auflösung des Goldes, und mit diesen neu entdeckten Reagentien stellte er eine große Anzahl vorher unbekannter Verbindungen und Salze dar, wie salpetersaures Silber, Quecksilbersublimat u. s. w., zu deren Reinigung er das Filtriren und Umkrystallisiren in Anwendung brachte.

Je zahlreicher die von ihm gemachten Entdeckungen und Erfindungen sind, um so mehr muß es uns wundern, daß Geber's Nachfolger den überlieferten Schatz nicht besser genützt haben. Wenigstens kann keiner auch nur entfernt den Ruhm gleicher Bereicherungen in Anspruch nehmen. Zum Theil liegt dies wol mit in dem Umstande, daß es namentlich Aerzte waren, welche die Pflege der Chemie übernahmen und sie neben den Zwecken der Goldmacherei besonders in Absichten auf ihre Kunst dienstbar machten. Die Medizin war mit Mathematik und Astronomie der hauptsächlichste Lehrgegenstand auf den berühmten arabischen Hochschulen, nach deren Muster zuerst die medizinische Schule zu Montpellier (1150) und in rascher Folge die Universitäten zu Paris (1215), Salamanca (1222), Neapel (1224), Padua (1227), Toulouse (1228) u. s. w. errichtet wurden.

Wenn es auch möglich wäre, so würde es uns doch hier viel zu weit führen, wollten wir alle die einzelnen Förderungen, welche die chemischen Wissenschaften im Laufe der Jahrhunderte bis zum 13ten noch erfuhren, namhaft machen. Es wird sprechender sein, bei dem hervorragendsten Forscher aus dieser Zeit wieder einen Halt zu machen und die Summe der Kenntnisse zu prüfen, die wir bei ihm vereinigt finden.

Kein Anderer aber bietet in dieser Beziehung auch nur annähernd gleichen Anhalt als Albert von Bollstädt, seiner großen Ueberlegenheit wegen Albertus Magnus genannt. Die Kenntniß mannichfacher chemisch praktischer Methoden ist bei ihm eine wesentlich vervollkommnete. Durch Einwirkung von Hitze (Oxydation) trennte er edle Metalle von unedeln (Gold von Blei); mittels Scheidewasser sonderte er Gold von Silber; das metallische Arsenik kannte er und lehrte Erze von ihrem Schwefel- und Arsenikgehalt durch Sublimation befreien. Unter der großen Zahl wichtiger neuer Verbindungen, die er entdeckte, wird auch das Schießpulver genannt; ob er aber mit Recht als der Erfinder desselben gelten darf, wollen wir dahingestellt sein lassen. Als eine bedeutsame Thatsache aber ist zu beachten, daß er durch sein Ansehen allein es vermochte, sich und seine Wissenschaften von dem damals leicht und gefährlich erregbaren Verdachte der Zauberei frei zu halten, und daß er dadurch jedenfalls den exacten Wissenschaften einen nicht minder großen Vorschub gab, als durch die von ihm ausgehenden positiven Erfolge.

Nach ihm verweilt unser Blick auf einer Persönlichkeit, deren scharfe Begrenzung freilich großen Schwierigkeiten unterliegt, Basilius Valentinus. Trotz der Unsicherheit, welche über seine Person, die wahre Zeit seines Forschens, seine eigentlichen Ansichten u. s. w. noch herrscht, können wir aber die Werke, welche unter seinem Namen auf uns gekommen sind, als einen Beleg für den Gesamtzustand der chemischen Erfahrungen in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts gelten lassen. Wir begegnen darin sehr ausführlichen Kenntnissen über die Metalle, über Arsenik, Wismuth und Zink treffen wir die ersten Erwähnungen. Die Gewinnung des Quecksilbers aus Sublimat, des Knallgoldes, Bleizuckers, Eisenvitriols (aus Eisen und Schwefelsäure), der verschiedenen Spießglanzpräparate und die besonders wichtige Darstellung der Salzsäure aus Kochsalz und Schwefelsäure u. s. w. sind ihm bekannt. Von besonderer Bedeutung aber wird der Name Valentinus für uns, weil wir in seinen Schriften die ersten Spuren einer chemischen Analyse finden, die er namentlich zur Erkenntniß der verschiedenen Metalllegirungen verwerthete und wodurch er nicht nur viele Irrthümer der Alchemisten faktisch nachzuweisen vermochte, sondern auch eine völlig neue und im höchsten Grade bedeutungsvolle Richtung der Chemie überhaupt einschlug. Im organischen Entwicklungsgange wurde die Analyse der unfehlbarste Prüfstein der chemischen Theorien, und es ist nicht zweifelhaft, daß die heutige Wissenschaft einzig und allein sich herausbilden konnte durch eine genaue Erkenntniß der Zusammensetzung chemischer Verbindungen.

**Das Zeitalter der medizinischen Chemie.** Mit Basilius Valentinus schließen zwar durchaus nicht die alchemistischen Bestrebungen ab (dieselben haben bis in das vorige Jahrhundert gedauert, ja es giebt für sie in der großen Menge Ununterrichteter wol noch heute Begünstiger), noch auch findet erst jetzt die Anwendung chemischer Erfahrungen zum ersten Male statt zur Erklärung gewisser Vorgänge im menschlichen Körper und der Gebrauch chemischer Präparate als Heilmittel, es ist vielmehr nur der in den Vordergrund sich stellende Zweck, welcher die nun folgende Periode vor der vorhergegangenen charakterisirt und ihr den an die Spitze gestellten Namen eintragen hat.

Mit dem 16. Jahrhundert verlor die Alchemie die ausschließliche Beachtung der Chemiker und es verschaffte sich, in sprechendster Weise durch Paracelsus, eine gemeinliche Auffassung der Chemie und Medizin Geltung, und zwar so ausschließlich, daß die letztere nur als ein Theil der angewandten Chemie betrachtet wurde. Eingeleitet wurde dies einmal durch zahlreiche wichtige Erfahrungen, welche man in der Zeit vorher über die medizinische Wirksamkeit vieler chemischer Präparate gemacht

hatte (man hielt ja früher schon immer dafür, daß der Stein der Weisen ebenso gut, wie er unedle Metalle in edle verwandeln könne, so auch alle Krankheiten des menschlichen Körpers zu beseitigen und denselben mit ewiger Jugendfrische zu begaben vermöge), sodann aber auch durch die große Bewegung der Geister überhaupt, die im 15. und 16. Jahrhundert durch die Welt ging und als sichtbarste Folge die Reformation hervorrief.

Namentlich sind es drei Männer, welche, von dem Gedanken ausgehend, daß alle Funktionen des menschlichen Körpers durch gewisse chemische Vorgänge bedingt, daß der menschliche Organismus lediglich das Produkt chemischer Elemente und der ganze Lebensprozeß nichts weiter als ein chemischer Prozeß sei, der durch das vorwiegende oder verringerte Auftreten eines seiner Elementarbestandtheile mannichfach irritirt oder zu Krankheitserscheinungen veranlaßt würde und daß demselben daher auf sicherem Wege durch Entziehung oder Zuführung der fraglichen Stoffe der normale Verlauf, die Gesundheit, wiedergegeben werden könne: Paracelsus, van Helmont und de la Boë Sylvius. Mehr oder weniger glauben diese und ihre minder bedeutenden Zeitgenossen auch noch an die Veredlung der Metalle, sie machen dieselbe aber nicht mehr zur Hauptaufgabe bei ihren chemischen Arbeiten.

Für die Iatrochemiker, wie sie genannt worden sind, trat die Frage nach den Elementen, die bei den Alchemisten die Hauptrolle spielte, in den Hintergrund, dafür aber entstand die Frage nach den wesentlichen, den Gesundheitszustand der einzelnen Organe bedingenden und auf diesen wirkenden Bestandtheilen. Hatte man zu Anfang dafür die drei altgewohnten Elemente — Salz, Schwefel und Quecksilber — angesehen, so stellte sich sehr bald durch vermehrte Beobachtungen das Falsche dieser Ansicht heraus, und es kommen dafür Säuren und Laugensalze zu vorwiegender Berücksichtigung und Anwendung. Bei ihrer Darstellung mußten sich viele neue chemische Beobachtungen ergeben, und wir finden schon bei Paracelsus trotz der Verworrenheit und der Unklarheit seiner Ausdrücke doch vielfache Hinweise darauf, daß ihm eine große Zahl von Verbindungen, von denen die Früheren nichts oder nur Mangelhaftes wußten, sehr genau in ihren Eigenschaften bekannt waren und daß er zu ihrer Darstellung neue und wichtige Methoden in Anwendung zu bringen wußte.

Philippus Aureolus Theophrastus Paracelsus Bombastus von Hohenheim war 1493 zu Einsiedeln in der Schweiz geboren, wo sein Vater, ein Arzt, ihn zeitig in der Heilkunde, Astrologie und Alchemie unterrichtete. Seine übrige Ausbildung scheint Paracelsus an vielen Orten gesucht zu haben, denn während eines höchst abenteuerlichen Jugendlebens durchzog er nach seiner Angabe als fahrender Scholast fast ganz Europa und die Morgenländer. Sammelte er auf diese Weise auch eine in damals ungewöhnlichem Grade reiche praktische Erfahrung, so führte sie doch nicht zur Erlangung einer streng wissenschaftlichen Bildung, deren Nichtbesitz ihn überhaupt jede strenge Methode verachten ließ, so daß er sich rühmte, er habe in zehn Jahren seiner Reisen kein Buch angesehen, und deshalb wol häufig aus Lust am Kampfe mit den Gelehrten zu Behauptungen schritt, die mit früher von ihm Gefagtem im schreiendsten Widerspruche standen. Paracelsus aber erlangte durch das Sichere seines Auftretens, durch das rücksichtslose Verdammen alles Dessen, was nicht von ihm kam, durch das Reden, Neue und Ursprüngliche seiner Sprech- und Schreibweise jenen Erfolg unter den jüngeren der Aerzte sowol als im großen Publikum, den sich der lebhafteste, phantasiereiche Streiter gegen den trägen Konservativen immer bei dem Volke erkämpfen wird. Große Kenntnisse und geniale Befähigung standen ihm außerdem unleugbar zur Seite, während Vieles, woran die gelehrten Gegner hingen, als entschieden Verrottetes sich aufdecken ließ. Die Wissenschaft wolle er so einfach machen, sagte Paracelsus, daß sie

der Geringste verstehen könne, und in der That zogen seine Vorträge, die er als Professor der Naturgeschichte und Medizin an der Hochschule zu Basel in deutscher Sprache hielt, nicht weniger durch ihre Originalität an, als durch ihre scheinbare Popularität, die freilich häufig in Trivialität überging. Trotz des großen Einflusses aber, den er sich in allen Schichten des Volkes, außer in denen älterer Gelehrten, errungen hatte, konnte er doch nicht verhindern, daß er in Folge seines rücksichtslosen Auftretens seines Amtes entsetzt wurde. Er begann auf's Neue ein umherschweifendes Leben und starb endlich 1541 in Salzburg.

Gleichzeitig mit Paracelsus, aber in Allen das wahre Gegenbild, lebte in Sachsen ein Forscher, der, wenn auch Arzt, wie sein Zeitgenosse, doch den heftigen Bewegungen, die dieser unter Medicinern und Chemikern hervorrief und die erst nach dem Tode ihres Urhebers zur bedeutungsvollen Wirkung kamen, gänzlich fern blieb, nichtsdestoweniger aber nach einer ganz anderen Richtung hin die Chemie auf das Wesentlichste förderte, und die mit ihr nahe verwandten Wissenschaften der Mineralogie und Hüttenkunde dervart in ihrem Zwecke bestimmte und in ihrem Material bereicherte, daß wir ihn fast als den eigentlichen Begründer derselben ansehen können. Es war dies Georg Agricola, 1494 zu Glaucha bei Meißen geboren und auf der Universität zu Leipzig, sowie auf verschiedenen italienischen Hochschulen, die er besuchte, gebildet. Nachdem er mehrere Jahre zu Joachimsthal im Erzgebirge gelebt und hier die hüttenmännischen Prozesse und Verfahren studirt hatte, begab er sich nach Chemnitz, wo er mehr literarische Hülfsmittel für sein Lieblingsfach, die Naturwissenschaften, zu finden hoffte. Er starb denn auch hier 1555, liegt aber in Zeitz begraben, weil ihm der Haß seiner protestantischen Mitbürger (Agricola war Katholik geblieben) das Begräbniß verweigerte.

Was die Fortschritte anbelangt, welche die Chemie ihm verdankt, so waren es, wie schon erwähnt, ganz besonders die metallurgischen Prozesse, denen er ein eingehendes Studium gewidmet hatte und denen in Folge dessen auch von ihm ganz neue rationelle Methoden zu Grunde gelegt wurden. Er lehrte das Rösten der Erze so betreiben, daß der dabei entweichende Schwefel gewonnen werden konnte; gab Anweisung zur Reindarstellung des Kupfers, das Silber saigerte er aus Eisen und Kupfer durch Blei und zeigte die Gewinnung des Quecksilbers, Spießglanzes und des Wismuths. Kochsalz, Salpeter, grünes Vitriol und Alaun im Großen darzustellen, gab er zweckmäßige Verfahren an, und über die Untersuchung der Erze auf ihren Metallgehalt verdankt die Hüttenkunde ihm ebenfalls höchst werthvolle Vorschriften, die sich nicht nur über die dabei zu befolgenden Prinzipien verbreiten, sondern auch zweckmäßige Geräthe, Defenkonstruktionen u. s. w. berühren und die bis zum Ausgang des 18ten Jahrhunderts maßgebend geblieben sind. Die Mineralogie endlich verehrt ihn als den Schöpfer des ersten Systems, nach welchem eine Klassifikation versucht werden konnte, mit welcher ein genaueres Bestimmen und Kennenlernen der Mineralkörper nothwendig sich verbinden mußte.

Alle diese chemischen Arbeiten gehen zwar eigentlich ihre ganz selbständige Richtung und haben mit den Zielen der Anderen durchaus nichts gemein. Sie fanden deswegen auch bei Lebzeiten Agricola's nicht jene Berücksichtigung, die sie ihrer innern Bedeutung wegen verdienten, allein gerade deswegen muß die Geschichte der Wissenschaft das Wirken dieses Mannes hervorheben, seinen Zeitgenossen und den nach ihm Kommenden gegenüber, unter denen kein Einziger war, welcher einen ähnlichen ruhigen Blick, eine ähnliche Strenge, Treue und Begeisterung für das Rechte und Wahre besessen hätte. Am allerwenigsten Paracelsus, gegen dessen Ansichten und Lehren der Streit nach seinem Tode heftiger als zuvor entbrannte. War aber auch wirklich sehr

viel Unklares und Falsches in dem Angefochtenen, so können uns doch die Gegner kein großes Interesse abgewinnen, einmal weil das von ihnen Vertheidigte mindestens eben so unklar und falsch war, sodann aber weil sie mit ihrem wurmstichigen Autoritätsglauben der Chemie nicht das Geringste wirklich genützt haben.

Unter den Anhängern des Paracelsus aber finden wir, wenn auch manchen Marktschreier und Taschenspieler, wie den bekannten Leonhard Thurneisser, so doch viel Strebsamkeit und Intelligenz. Turquet de Mayerne (1573 zu Genf geboren), Oswald Croll zu Ende des 16. Jahrhunderts und Adrian von Rhnsicht hielten durch ihr Ansehen die guten Keime lebenskräftig, und ganz besonders trug Andreas Libavius zur Klärung der Irrthümer bei, welche dem medizinisch-chemischen System von seinem Urheber mit angehängt worden waren. Durch ein ausgezeichnetes Beobachtungstalent unterstützt, erfand Libavius eine große Anzahl neuer Methoden, die ihm zur Prüfung der damals angewandten Heilmittel nicht nur, sondern auch zur Darstellung neuer Verbindungen von dem wesentlichsten Nutzen waren. Die Methode, durch Verbrennen von Schwefel mit einem Zusatz von Salpeter Schwefelsäure darzustellen, welche der jetzigen Schwefelsäurefabrikation noch zu Grunde liegt, hat in ihm ihren Urheber. Spiritus fumans Libavii ist ein noch gebräuchlicher Name für Doppeltchlorzinn, welches er durch Destillation von Quecksilbersublimat mit Zinn erhielt. Den Gasen schenkte er bereits Aufmerksamkeit, und seine analytischen Vorschriften, die sich vorzüglich auf das Probiren der Erze beziehen, muß er selbst mit großer Genauigkeit zu befolgen verstanden haben, denn er war mit ihnen im Stande, in allen künstlichen Bleisorten einen Gehalt an Silber nachzuweisen. Wie objektiv und unbefangen seine Art zu schließen war, beweist am besten, daß er den Gehalt der Mineralwässer an festen Stoffen von aufgelösten Bestandtheilen des Bodens und der Gesteine, welche das Wasser durchsickert, ableitete.

Neben Libavius tritt Angelus Sala, Leibarzt des Herzogs von Mecklenburg, auf, hervorragender aber als Beide wird Johann Baptist van Helmont, dessen bedeutender Geist zwar von den Irrthümern der damaligen Zeit nicht frei bleiben konnte und ebensowol der mythischen Theologie zeitweilig anhing, als von den Versuchen der Alchemisten zur Nachahmung veranlaßt wurde, der aber befähigt war, die Summe der damaligen Kenntnisse fast auf allen Gebieten zusammenzufassen und durch Vergleichung, Sichtung und Sonderung auf das Wesentlichste zu nützen. Zwar verleitete ihn seine große Produktivität und die hervorragende Stelle, die er unter den gelehrten Zeitgenossen einnahm, zu einem großen Glauben an seine eigenen Ideen, denen er häufig ohne die nöthige exakte Bewahrheitung die Zügel schießen ließ, allein mit einem so enthusiastischen Streben, mit einer so begeisterten, unausgesetzten Arbeitsthätigkeit, wie sie van Helmont charakterisiren, werden solche Schwächen immer verbunden sein und mußten es in der damaligen Zeit noch mehr sein als heute, wo Jeder die Wege nur im großen Ganzen angedeutet, nirgends aber eine zuverlässliche Hinterlassenschaft fand, die ihm von vornherein zu Fundament und Maßstab hätte werden können. Es besteht zwischen van Helmont und Paracelsus eine gewisse Ähnlichkeit des Charakters, die zu Verirrungen geneigte Seite tritt aber bei Ersterem viel gemildeter hervor durch bewußten Ernst, wirkliche tiefe Gelehrsamkeit und gute Lebensart. Was seine theoretischen Ansichten anbelangt, so verwarf van Helmont die altgewohnten Aristotelischen vier Elemente ganz und gar; dem Wasser räumte er als Hauptbestandtheil aller Dinge eine große Bedeutung ein. Daß er aber über die elementare Zusammensetzung der Körper noch sehr irrige Meinungen verfolgte, sagt uns sein Glaube an die Metallverwandlung, welchem er sein ganzes Leben hindurch anhing, wenn er auch keineswegs seine Arbeiten dadurch in ihrer Richtung irgendwie

bestimmen ließ. Helmont stellte zuerst eine Unterscheidung der Gasarten und Dämpfe auf, die sich jahrhundertlang in Ansehen erhalten hat. Er bemerkte, daß die Luft an Volumen abnimmt, wenn ein Körper darin verbrennt; Kieselerde verschmolz er mit einem Alkali zu einem zerfließlichen Glase (Kieselsäure), und zahlreiche Beobachtungen, die wir nicht einzeln erwähnen können, beweisen sein klares Auge und seine ausgezeichnete Methodik. Ueber Metallverbindungen namentlich sind seine Erfahrungen außerordentlich reich und scharf bestimmt, und Sätze, die er daraus ableitete, wie: es kann kein Stoff aus einer Flüssigkeit abgeschieden werden, der nicht vorher schon darin war (Kupfer aus der Lösung des blauen Vitriol), oder: ein Stoff kann zahlreiche Verbindungen eingehen und aus einer in die andere geführt werden, ohne daß er dadurch an seiner Eigenthümlichkeit einbüßt und bei seinem endlichen Auscheiden ein anders gearteter geworden wäre, als er vorher war — mußten für die Zukunft der Chemie höchst einflußreich werden. Sie sind so klar und selbstüberzeugt gebildet, daß es uns fast unerklärlich scheint, wie derselbe Mann, der sie zuerst aussprach, doch den gerade entgegenlaufenden Ideen der Transmutation anhängen konnte.

Ueber seine chemischen Ansichten vom organischen Leben und über die daraus abgeleiteten medizinischen Theorien wollen wir uns nicht weiter verbreiten, sie sind für die Entwicklung der Chemie von keinem andern Werth, als daß sie dieselbe für die Mediziner zu einem Fundamentalstudium machten und ihr auf diese Weise zahlreiche Pfleger und Förderer indirekt erwarben.

Doch fingen auch schon Einzelne an, bei ihren chemischen Studien den medizinischen Zweck als Nebensache zu betrachten und sich mehr mit der Eigenthümlichkeit der zu beobachtenden Stoffveränderungen zu beschäftigen, die Chemie also um ihrer selbst willen zu traktiren. Unter diesen ist namentlich Johann Rudolf Glauber als von ganz besonderem Einflusse hervorzuheben. Er war 1604 zu Karlsstadt in Franken geboren; über sein Leben ist nicht viel mehr bekannt, als das Wechselnde seines Aufenthaltsortes, den er bald in Salzburg, bald in Rißingen in Bayern, bald in Wien oder sonstwo hatte. Er starb 1668 zu Amsterdam.

Glauber war zwar durchaus nicht frei von den Vorurtheilen seiner Zeit, dies kümmert uns aber wenig, denn seine zahlreichen Entdeckungen, die uns hier zumeist interessiren, hängen damit in keiner Weise zusammen und beweisen uns nur sein fruchtbares Beobachtungstalent, das ihn vor allen Anderen auszeichnet. In der Erklärung vieler rein chemischer Vorgänge war er übrigens sehr glücklich, und die Schlüsse, die er daraus zu ziehen vermochte, hatten oft nicht geringen praktischen Werth, da sie über die innere Zusammensetzung der Salze, über chemische Verwandtschaft u. s. w. Aufklärung gaben. Durch gegenseitige Einwirkung verschiedener Stoffe auf einander stellte Glauber eine große Anzahl neuer Verbindungen oder bekannte Stoffe wenigstens auf neue und bequemere Weise dar, und eine derselben, die ihrer medizinischen Wirksamkeit wegen rasch großen Ruf erhielt, hat den Namen ihres Darstellers sehr populär gemacht: das schwefelsaure Natron (Glaubersalz).

Die chemische Technologie hat daher auch aus den Glauber'schen Vorschriften den allergrößten Nutzen gezogen. Für die Fabrikation des Salpeters, die Darstellung verschiedener gefärbter Glasflüsse, für die Färberei und Verhüttung der Erze sind dieselben in gleich ausgezeichneter Weise fruchtbar gewesen. Die Ausnutzung der natürlich vorkommenden Schätze suchte Glauber auf die vortheilhafteste Höhe zu bringen, und sein sechs Bände starkes Werk „Teutschlands Wohlfahrt“ hat lediglich den Zweck, auf die günstigen Verhältnisse dieses Landes hinzuweisen, durch deren zweckmäßige Benutzung sich die Bewohner nicht nur ihre Bedürfnisse selbst befriedigen, sondern auch das Ausland noch mit versorgen könnten.

Wenn auch Glauber nicht direkt den Anschauungen der Vatrochemiker gemäß die Chemie behandelte, so hat er doch indirekt durch die Darstellung so zahlreicher neuer Verbindungen, deren medizinische Wirkung sich oft als eine sehr kräftige erwies, auf die Medizin einen namhaften Einfluß ausgeübt, indem die Anwendung chemischer Präparate in der Heilmittellehre dadurch eine immer ausgedehntere wurde.

Die medizinische Chemie aber als solche, welche den menschlichen Organismus lediglich als ein Produkt von Säure und Laugensalz, und alle Krankheiten als durch Veränderung der chemischen (sauren und alkalischen) Eigenschaften der Säfte hervorgegangen betrachtet, diese Richtung und damit das ganze Zeitalter, welches wir jetzt betrachten, findet den entschiedensten Ausdruck in Franz de la Voë Sylvius. 1614 zu Hanau aus einer edeln holländischen Familie geboren, widmete er sich zu Leyden und Basel der Heilkunde, welche er zuerst in Hanau, sodann in Amsterdam ausübte, bis er 1654 als Professor der Medizin nach Leyden berufen wurde, wo er 1672 starb. Seine große Befähigung, hohe Bildung und das Liebenswürdige seines Auftretens, welches er wenigstens im Anfange seiner Thätigkeit besaß, verschafften seinen Ansichten große Geltung. Er ging weiter als sein großer Vorgänger van Helmont, der ein gewisses geistiges Vermögen, den räthselhaften Archeus, als Veranlasser und Unterhalter mancher physiologischen Funktionen wie der Verdauung angenommen hatte; er verwarf jede geistige Einwirkung und sah in der chemischen Natur des Speichels, des Saftes der Pankreasdrüse und der Galle sowie in dem Verhältniß ihrer Mischungen und Veränderungen die einzigen Ursachen derjenigen Vorgänge, welche wir bei jenem Vorgange beobachten können. In ähnlicher Weise betrachtet er alle Veränderungen im menschlichen Körper und die ganze Medizin ist bei ihm nichts weiter als ein Theil der angewandten Chemie.

Mit Sylvius schließt diese Periode ab. Seine Anhänger erhielten zwar das Gebäude noch eine Zeit lang aufrecht, es war aber mehr die Medizin, welche noch chemische Begriffe verwerthete. Die Chemie fing an, sich selbständig zu machen und — wie schon bei Glauber — theils der Technik sich zuzuwenden, theils aber eine mehr innere Ausbildung als eigenthümliche Wissenschaft zu erlangen. Die Erforschung der Natur wurde zu ihrem Hauptzweck und mit der Abstreifung ihrer äußeren Abhängigkeit schwang sie sich der würdigeren Stufe zu, die sie bei uns einnimmt. In der Analyse sehen wir schon bei Lachenius, einem der bedeutendsten Nachfolger des Sylvius, werthvolle Erfahrungen, sowol was die Erkennung gewisser Stoffe in ihren Verbindungen durch Reagentien anbelangt, als auch was sich auf das gegenseitige Gewichtsverhältniß der einzelnen Bestandtheile bezieht.

Die neuere Chemie, wie wir die wissenschaftliche Erforschung der Natur bezeichnen können, welche sich mit der Untersuchung der materiellen Verbindungen nach ihrem qualitativen und quantitativen Charakter, mit dem Nachweis der elementaren Bestandtheile in Verbindungen, mit der Zersetzung und Veränderung derselben ebensowol durch Herantreten äußerer Einflüsse, seien dies physikalische Kräfte, Wärme, Licht, Elektrizität u. s. w. oder chemische Verwandtschaften anderer Stoffe, als mit der Darstellung solcher zusammengesetzter Verbindungen aus ihren einfachen Bestandtheilen beschäftigt, ist nun zwar nicht mit einem Male aus den bisher betrachteten Zuständen der naturwissenschaftlichen Disziplinen hervorgegangen. Wir finden bereits in früheren Zeiten Bestrebungen, welche einen derartigen Charakter an sich tragen, sie treten aber vereinzelt auf und konnten deswegen einen allgemeinen Einfluß auf die Gesamtrichtung der chemischen Studien nicht erlangen. Im Verhältniß waren die positiven Ergebnisse daher auch sehr spärliche nur. Von der Mitte des 17. Jahrhunderts an aber häufen sich in überraschender Weise die Erfolge durch die Erkenntniß der philosophischen



Bedeutung der Chemie. Gewisse natürliche Vorgänge werden als chemische Prozesse von großer Allgemeinheit erkannt, und ihre Erforschung tritt in den Vordergrund. Der auffallendste Vorgang dieser Art in der äußeren Natur, die Verbrennung, zog die Aufmerksamkeit zuerst auf sich, und seine Erklärung war die erste epochemachende That; sie wird uns bei unserer Betrachtung zuerst ausführlicher beschäftigen.

**Die Phlogistiker.** Wir können die neuere Geschichte der Chemie in zwei Abschnitte theilen. In der ersten Periode sind es nur die qualitativen Erscheinungen (die Art der Stoffe und ihrer Verbindung), welche zu erklären und in Zusammenhang zu bringen unternommen wird; in der zweiten dagegen tritt die Erforschung der quantitativen Verhältnisse (der unveränderlichen Mengenverhältnisse, unter denen bestimmte Stoffe zu bestimmten Verbindungen zusammentreten oder aus denselben ausscheiden), in den Vordergrund. Daß damit jene ältere Richtung eines wesentlichen Hilfsmittels, um der Wahrheit auf die Spur zu kommen, noch entbehrt, liegt auf der Hand. Wir werden uns daher auch gar nicht verwundern dürfen, wenn wir der willkürlichen Annahme von Stoffen begegnen, welche durch ihr Zutreten oder Entweichen gewisse Prozesse bewirken sollten. Da das Gewicht der Verbindungen vor und nach ihrer chemischen Veränderung in keiner Weise als berücksichtigungswerth angesehen wurde, und da man sich außerdem nichts daran gelegen sein ließ, jene hypothetischen Körper für sich darstellen zu wollen, und somit jede Kontrolle über deren wirkliches Vorhandensein fehlte, so hatte ihre Bearbeitung zu den verschiedenen Theorien vollkommen freies Spiel. Ein solcher chemisch thätiger Körper war nun das sogenannte Phlogiston, von dessen Existenz die Chemiker anderthalb Jahrhunderte lang überzeugt waren, mit dessen speziellen Eigenschaften sich aber bekannt machen zu wollen Keinem von ihnen in den Sinn kam. Das Phlogiston war erfunden worden, um die Verbrennung erklären zu können, und der Kreis seiner Wirksamkeit wurde bestimmt, wie es die mit ihm zusammenhängenden chemischen Prozesse verlangten.

Mag die auf dasselbe gegründete Theorie auch noch so falsch sein, so hat sie doch für die Chemie den großen Nutzen gehabt, eine ansehnliche Reihe von Erscheinungen zusammenzufassen und unter einen einzigen Gesichtspunkt zu bringen, der die Uebersicht, Orientirung, Vergleichung und Prüfung auf das Wesentlichste erleichterte. Die Ansicht, daß aus jedem verbrennenden Körper sich ein Etwas ausscheidet, was uns als Flamme sichtbar wird, und daß die bei der Verbrennung zurückbleibenden Stoffe Bestandtheile des verbrannten Körpers gewesen seien, ist eine sehr alte und sie wird von Boyle, Kunkel und Becher, den ersten bedeutenden Chemikern, mit denen die neuere Chemie beginnt, theils vertheidigt, theils wenigstens stillschweigend angenommen. Es kam nur darauf an, dieses entweichende Etwas begrifflich genauer zu fixiren und die Art und Weise seiner Verbindungen auseinander zu legen. Dies that Stahl auf eine so geistreiche und erschöpfende Weise, daß sich seine Theorie den damals bekannten chemischen Erscheinungen vollkommen bequem einfügte und nach derselben alle auf Verbrennung beruhenden Vorgänge qualitativ recht gut erklären ließen.

„Alle verbrennlichen, organischen wie unorganischen Körper“ — lehrte Stahl — „enthalten einen gemeinschaftlichen Bestandtheil, das Phlogiston; beim Verbrennen entweicht dasselbe und je nachdem es in größerer oder geringerer Menge vorhanden war und mit größerer oder geringerer Heftigkeit fortgeht, sehen wir eine Flamme oder nur allmälige Veränderungen, wie beim Oxydiren, Rosten und Verkalken der Metalle. Kohle, Schwefel, Phosphor und ähnliche Körper enthalten sehr viel Phlogiston. Aus der Verbrennung von Schwefel oder Phosphor entstehen gewisse Säuren, diese müssen also in jenen Körpern mit Phlogiston verbunden enthalten gewesen sein u. s. w.“

Man hatte schon erkannt, daß das Oxydiren oder Verkalken der Metalle, wie

es damals hieß, nichts weiter sei, als eine sehr langsame Verbrennung; daher mußte ebenso, wie der gewöhnliche Schwefel als eine Verbindung von Schwefelsäure und Phlogiston angesehen wurde, das Eisen eine Verbindung von Phlogiston mit Eisenrost sein, und in entsprechender Weise wurde die Theorie des Phlogistons auf alle Körper angewandt. Wollte man Eisen aus Eisenrost herstellen, so mußte man demselben Phlogiston zuführen; dies gelang durch Erhitzen mit einem phlogistonreichen Körper, z. B. mit Kohle, welche dabei natürlich verbrannte. Man sieht, daß sich mit der Praxis solche Erklärungen sehr gut vereinigen ließen. Wie das Prinzip der Verbrennung geeigenschaftet sei, darüber machte man sich im Anfange keine großen Bedenken, und wenn ja eine Thatsache darauf hinzuweisen schien, daß, weil z. B. der Eisenrost in Summa ein größeres Gewicht habe als das Eisen, woraus er entstanden, von dem Entweichen eines Stoffes wol nicht die Rede sein könne, so wurde dieselbe als unwesentlich vernachlässigt. Kurzum, die phlogistische Theorie war ein Mittelpunkt, um den sich die bei weitem größte Zahl wichtiger chemischer Erscheinungen übersichtlich und verständlich gruppieren ließ, und deshalb wurde sie zu einem Gesetz, welches durch die um die Mitte des 17. Jahrhunderts zahlreich entstehenden gelehrten Gesellschaften Anerkennung und Verbreitung gewann. Es ziemt aber, Diejenigen namhaft zu machen, welche aus edlem, erstem Streben nach Erforschung der Natur der Dinge die Chemie eigentlich begründeten, jene Wissenschaften, durch welche die Kultur des Menschengeschlechtes die bedeutungsvollste Förderung erfahren hat. Von ihnen ist Robert Boyle nicht nur an geistiger Kraft einer der Hervorragendsten und Bahnbrechenden, es tritt auch bei ihm die reine Begeisterung für die Wahrheit in der erhabensten Weise zu Tage. Er wurde geboren 1627 zu Youghall in der irischen Grafschaft Munster. Durch eine ausgezeichnete Erziehung vorbereitet, bereifte er noch sehr jung Frankreich und die Schweiz, und hielt sich besonders in Genf längere Zeit auf. Unruhen in seinem Vaterlande aber, die ihn mit dem Verluste seines Vermögens bedrohten, riefen ihn zurück; er wandte sich zuerst nach Oxford, später nach London, wo er namentlich der kurz vorher gestifteten Royal Society seine Kräfte widmete. Hier starb er auch 1691 als Präsident jener Gesellschaft, von dem Ruhme begleitet, in großherzigster, uneigennützigster Weise sein Leben den edelsten Zwecken geopfert zu haben. Ganz besonders bedeutend wurde Boyle für die Späteren dadurch, daß er, wie schon Bacon vorher als Richtschnur aufgestellt hatte, das Experiment als Ausgangspunkt aller exakten Forschung betrachtete. Vorsichtig genug hielt er sich fern davon, neue Hypothesen da aufzustellen, wo er die Unzulänglichkeit der bisherigen einsah. Eine genaue Bestimmung der Thatsachen war ihm die einzige Grundlage, auf der sich später die nothwendigen Schlussfolgerungen von selbst aufbauen mußten, und in der That haben die faktischen Bereicherungen des physikalischen und chemischen Wissens, die von ihm ausgingen, auch die fruchtbarste Anwendung späterhin ergeben. Boyle war es, der zuerst auf das gewöhnlich unter dem Namen des Mariotte'schen Gesetzes angeführte Verhalten der Gasarten aufmerksam machte. Er hatte ganz richtig bemerkt, daß sowol beim Athmen als bei der Verbrennung aus der Luft Etwas verzehrt wird, und daß bei der Oxydation der Metalle der gebildete Rost mehr wiegt als das Metall vorher; er war somit der richtigen Erklärung dieses wichtigsten chemischen Vorganges sehr nahe, allein die letzten Schlüsse aus seinen Beobachtungen zu ziehen wagte seine vorsichtige, negirende Natur nicht. Boyle war sich über die Irrthümer seiner Zeit klar, aber mit wunderbarer Entfagung begnügte er sich mit den angestellten Beobachtungen, anstatt Systeme und Hypothesen daraus abzuleiten, die möglicherweise bei dem damaligen Stande der Erfahrungen der Wahrheit nicht näher gekommen wären als die Anschauungen, welche er als falsch verwerfen mußte. Wenn

wir bei einem so gewissenhaften Forscher dennoch der Ausbildung einer Theorie der chemischen Verwandtschaft begegnen, so werden wir schon daraus schließen können, daß er nur durch ein reiches Material sorgfältig geprüfter Beobachtungen über chemische Verbindungen sich dazu bewogen finden konnte, und in der That ist jene Theorie, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden kann, auf ein so richtiges Verständniß der Erscheinung basirt, daß sie im Wesentlichen noch unsern heutigen Ansichten über jenen Gegenstand zu Grunde liegt.

Dieser erste wirklich bedeutende chemische Gesichtspunkt war für die Abgrenzung und Charakterisirung der chemischen Gruppen Alkalien, Säuren, Salze, sowie für die Erkennung ihrer Bestandtheile (Analyse) von dem fruchtbarsten Einfluß, und wir verdanken in Folge davon Boyle die ersten Grundlagen der analytischen Chemie auf nassem Wege, denn er war es, der darauf hinwies, daß sich aus den bei der gegenseitigen Einwirkung von Lösungen anstehenden Farbveränderungen, Niederschlägen u. s. w. mit Sicherheit auf die Natur der darin enthaltenen Bestandtheile schließen lasse. Wie sich uns in Allem Boyle aber als ein klarer, besonnener, scharfblickender Forscher zeigt, so wußte er auch dem Leben zu nützen. Viele Methoden der technologischen Chemie verbesserte er, andere hat er erfunden und es scheint, als habe vor seinem Geiste sich Alles nur in seiner wahren Gestalt gezeigt und ihm stets die zweckmäßigste Anwendung vor Augen gelegt.

Wichtig für die Verbreitung chemischer Kenntnisse, für die ein so bedeutender Mann das allgemeinste Interesse erregen mußte, wurden die um die Mitte des 17. Jahrhunderts entstehenden gelehrten Gesellschaften, von denen einige sehr bald in regelmäßig erscheinenden Schriften ihre Erfahrungen publizirten. Unter ihnen ist die noch jetzt bestehende Academia-Caesareo-Leopoldina die älteste, sie entstand aus einer 1631 von einigen Aerzten in Schweinfurt gegründeten Vereinigung. Seit 1670 gab sie jährliche Miscellaneen heraus und erhielt zwei Jahre darauf von Kaiser Leopold I. ihre Bestätigung. Für die Wissenschaft die fruchtbarste ist sie zwar direct nicht gerade geworden, wol aber hat das Beispiel der Vereinigung seine segensreichen Erfolge gehabt.

Nach Boyle sind zunächst zu erwähnen: Kunkel, der, obgleich noch mit alchemistischen Arbeiten, wenn auch nur für Andere, sich abgebend, doch einige sehr förderliche Beobachtungen gemacht und unter Anderem die Bereitung des Phosphors gelehrt hat; Becher (geb. 1635 zu Speier), der vorzüglich durch seine von Stahl späterhin ausgebildete Theorie der Verbrennung für das ganze Zeitalter einflußreich wurde, sowie in Frankreich Homberg und Lemery, Mitglieder der Academie des sciences zu Paris, von denen der Erstere zahlreiche neue Beobachtungen für Theorie und Praxis nutzbar zu verwerthen wußte, der Letztere aber besonders durch seine Anregung für die Ausbreitung der Chemie sorgte.

Wichtiger als alle Diese wird Stahl (Georg Ernst, 1660 zu Ausbach geboren), sowol durch seine Kenntnisse, die ihn zu dem bedeutendsten Gelehrten seiner Zeit stempeln, als auch durch die Lauterkeit und Gewissenhaftigkeit seines Strebens, welche seinen Ansichten einen epochemachenden Einfluß verschafften. Seine einzelnen chemischen Beobachtungen, so anerkennenswerth sie auch immerhin waren, sind doch für die Geschichte von geringerer Bedeutung als die Theorie von der Verbrennung, welche namentlich auf die Becher'schen Ansichten sich stützte und die wir schon weiter oben unter dem Namen der phlogistischen Theorie charakterisirt haben. Sie wurde maßgebend und wenn auch einige streng experimentirende und prüfende Chemiker, namentlich Friedrich Hoffmann (1693 Professor der Medizin zu Halle, wo er, nachdem er eine Zeit lang Leibarzt des Königs Friedrich Wilhelm in Berlin gewesen war,

1742 starb), darauf hinwiesen, daß bei der Verfallung vom Entweichen eines Stoffes wol nicht gut die Rede sein könne, weil die gebildeten Oxyde mehr wögen als das Metall vorher, so wurden dergleichen wohlbegründete und wesentliche Einwürfe von den Andern als ganz nebensächlich angesehen. Die phlogistische Theorie gab den chemischen Begriffen einen Grundgedanken zum Kern; wenn auch falsch, so genügte sie den damaligen Erfahrungen, denn sie widersprach ihnen außer in dem angeführten Punkte durchaus nicht, und da sie allein und zuerst es vermochte, das reiche angesammelte Material chemischer Kenntnisse zu einem wissenschaftlichen Körper zusammen zu ordnen, so war die Anerkennung, welche sie erfuhr, auch ganz erklärlich. Viel lauter als seine Zeitgenossen (Boerhave z. B.) sprechen sich die Nachfolger für die Lehre Stahl's aus: Kaspar Neumann, Eller, Johann Heinrich Pott und der bedeutende Sigismund Marggraf (1709 zu Berlin geboren), dessen Name sich durch die Entdeckung des Zuckers in den Runkelrüben und einer Darstellung daraus auf ruhmreiche Weise mit einem der wichtigsten Zweige der neueren chemischen Technologie verbindet. Im Auslande wurden für die Stahl'sche Richtung neben dem schon erwähnten Homberg und Lemery von besonderem Einfluß Stephan Franz Geoffroy und sein Bruder Claude Joseph Geoffroy, Johann Hellot, Ludwig Duhamel und Joseph Macquer (geb. 1718, gest. 1784).

Die Geschichte der phlogistischen Theorie fällt für dies Zeitalter ganz mit der Geschichte der Chemie überhaupt zusammen, denn sie bezog sich nicht nur auf den wichtigsten der bekannten chemischen Vorgänge, sondern das Phlogiston spielte auch in allen sonstigen Verbindungen die Hauptrolle und mit der Menge seines Vorhandenseins, nach dem Grade seines Austausches, wurden die verschiedenen Eigenschaften der chemischen Substanzen und die Art ihres gegenseitigen Aufeinanderwirkens in Zusammenhang gebracht und erklärt. Im Berliner Blau sollte z. B., weil die blaue Farbe durch Erhitzen zerstört wird, auch Phlogiston das färbende Prinzip sein.

Aber nach und nach wurden doch Beobachtungen in immer größerer Menge gemacht, bei denen das Phlogiston nicht mehr zur Erklärung ausreichen wollte. Aus dem rothen Quecksilberoxyd konnte man metallisches Quecksilber herstellen, ohne daß damit ein Phlogiston abgebender Körper in Berührung gebracht wurde; dies und ähnliche Thatsachen und ihre Erklärer erschütterten das Vertrauen auf die regierende Ansicht. Ganz besonders sind in dieser Beziehung, als eine neue Epoche vorbereitend, die drei englischen Chemiker Black, Cavendish und Priestley namhaft zu machen. Durch Newton war die Naturforschung in England vorzugsweise den mathematischen und physikalischen Disziplinen zugelenkt worden, und es ist daraus die nützliche Unbefangenheit zu erklären, welche die Naturforscher den vorwiegend spekulativen Richtungen der fremdländischen Chemiker entgegen brachten; selbst wo sie sich zu deren Ansichten bekannten, geschah dies mehr der Form als werthtätiger Unterstützung willen.

Wenn Black auch im Grunde anfänglich der Stahl'schen Lehre anhing, so wurde er doch dadurch, daß er die Berücksichtigung der quantitativen Verhältnisse bei chemischen Arbeiten in den Vordergrund zu stellen lehrte, eine der Hauptursachen, welche den Sturz herbeiführten, und selbstverständlich trug er kein Bedenken, sich neuen Anschauungen anzuschließen, nachdem die Wichtigkeit der alten erwiesen war. Viele Ergebnisse seiner eigenen Untersuchungen ließen sich nach den gewohnten Anschauungen in keiner Weise erklären und namentlich war die Entdeckung, daß sich mit den kauftischen Alkalien ein Gas, die Kohlensäure, vereinigen könne, welches die ägende Eigenschaft jener aufhebe, und daß diese Verbindung ein größeres Gewicht habe, als das kauftische Alkali vorher, eine in verschiedener Hinsicht bedeutsame Errungenschaft. Einmal schaffte sie der Ueberzeugung Raum, daß ein schwererer Körper nicht ein Bestandtheil eines

leichteren sein könne, wie die Phlogistiker durchweg gelten ließen; sodann aber lenkt sie die Aufmerksamkeit der Forscher auf ein bisher noch gar nicht oder höchst mangelhaft bebautes Gebiet: die Gasarten. In der Untersuchung derselben zeichnete sich Cavendish aus, welcher hierin in den Jahren von 1766 bis 1785 eine Reihe ganz bewunderungswürdiger Entdeckungen machte. Er entdeckte das Wasserstoffgas und hielt es, weil es bei der Oxydation gewisser Metalle in Gegenwart schwacher Säuren entweicht, mit dem Phlogiston identisch; die kohlenfauren Salze untersuchte er, in der Luft erkannte er einen konstanten Gehalt von Sauerstoff, welche letztere Gasart Priestley kurz vorher entdeckt hatte. Besonders wichtig aber waren die Fundamentalerfahrungen, daß sich Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff zusammensetzt, und zwar, daß aus der Verbrennung des Wasserstoffs in Sauerstoff genau so viel Wasser dem Gewicht nach entsteht, als die beiden Gasarten zusammen vorher gewogen, und daß die Kohlen Säure nur bei Verbrennung organischer Körper entsteht. Diesen reihen sich zahlreiche andere, nicht minder werthvolle Entdeckungen an, allein so sprechend sie auch für eine Umgestaltung der chemischen Theorie waren, Cavendish selbst ließ sich durch dieselben nicht bestimmen, von dem Stahl'schen System abzugehen, und dadurch verringerte er sich selbst das Verdienst seiner Arbeiten.

Die Untersuchung der Gasarten wurde seit Cavendish, der freilich selbst nur eine geringe Zahl derselben bearbeitet hatte, der Ausgangspunkt der neuen Epoche, und Priestley legte durch die Menge der neuen Beobachtungen, die er auf dem noch ziemlich unbauten Gebiete machte, ein breites, wohlgegründetes Fundament. Joseph Priestley war 1733 zu Fieldhead in Yorkshire geboren; anfänglich für den Kaufmannsstand bestimmt, widmete er sich später sprachlichen und theologischen Studien und war in der That die größte Zeit seines vielbewegten Lebens als Pfarrer und Lehrer thätig. Den Naturwissenschaften wandte er sich erst später zu, und es ist diesem Umstande, der ihn eine ausschließliche Richtung nicht mehr einschlagen ließ, zuzuschreiben, daß er die Tragweite seiner Entdeckungen oft selbst nicht übersah und daher die leicht daraus abzuleitenden Erfolge oft mit Andern theilen mußte. Er hat die größte Anzahl der wichtigeren Gasarten zuerst dargestellt und als isolirte Körper erkannt, und die Methoden ihrer Untersuchung, wo nicht neu erfunden, so doch in der zweckmäßigsten Weise verbessert. Außer dem Sauerstoff entdeckte er das Stickstoffoxydul, das Kohlenoxydgas, er stellte die schwefelige Säure, die gasförmige Salzsäure, das Ammoniak- und das Fluorkieselgas dar, und eine Menge anderer Stoffe und Erscheinungen ließen sich namhaft machen, die Priestley zuerst beobachtet und oft in sehr genauer Weise untersucht hat. Er blieb aber, wie Cavendish, bis zuletzt ein Anhänger Stahl's.

In dieser Zeit treffen wir, durch Linné angeregt, in Schweden eine sehr rege Theilnahme an den naturwissenschaftlichen Forschungen. In Upsala lehrte Torbern Bergmann (1735 zu Katharinaberg in Westgothland geboren) die Chemie und erwarb sich durch seine ausgezeichneten Arbeiten, namentlich durch die Vervollkommnung der Analyse, großen Ruhm. Waren auch die Resultate, welche er erhielt, oft, weil nach verhältnißmäßig noch mangelhafter Methode erlangt, der Korrektion noch bedürftig, so gestattete ihre Reichhaltigkeit doch eine höchst fruchtbare Anwendung, welche der geniale Forscher besonders in geologischer und mineralogischer Hinsicht zur Klassifizierung dieser Theile der Naturwissenschaften in ausgedehntem Maße machte. In naher Beziehung zu Bergmann stehend sehen wir Scheele, der, ein unbemittelter Apotheker und während eines verhältnißmäßig kurzen Lebens (er war 1743 zu Stralsund geboren und starb 1786 zu Köping), in der Chemie eine Menge neuer, höchst bedeutender Entdeckungen machte, wie kein Anderer je vor ihm. Die Wissenschaft verdankt ihm die erste genauere Erforschung der organischen Säuren, die zum großen

Theile vor ihm noch gar nicht bekannt waren. Auf unorganischem Gebiete entdeckte er die Molybdän- und die Wolframsäure, das Mangan, das Chlor, den Baryt, die Flußsäure und die Blausäure; unabhängig von Priestley entdeckte er auch das Sauerstoffgas, welches er aus Braunkohlstein, Salpeter, Quecksilberoxyd und verschiedenen anderen Stoffen darzustellen lehrte. Daß er, wenn auch in eigenthümlicher Weise, weil er das Chlor als das Phlogiston ansah, den Irrthümern einer mehr und mehr sinkenden Lehre noch zugethan war, ist nicht im Geringsten im Stande, den Werth der großartigen thatsfächlichen Bereicherungen, welche die Chemie durch ihn erfuhr, zu verkleinern. Seine allgemeinen Anschauungen erlangten auch keinen großen Einfluß mehr, dagegen blieben seine, nur zum kleinen Theil eben angeführten Entdeckungen ein herrlicher, unverlierbarer Schatz. Scheele ist der letzte der bedeutenderen Phlogistiker; die Methoden der Untersuchung aber und ihre Ergebnisse, die er, Priestley, Cavendish und Black gewannen, waren schon lauter Minen, welche den weit anerkannten Bau in Trümmer legen sollten, damit aus seinen Steinen ein neues Gebäude entstehe, an dessen Errichtung man in Frankreich schon seit ungefähr 1775 thätig war, während in Deutschland sich die phlogistische Theorie noch bis in die 90 Jahre wenigstens in theilweiser Haltung erhielt.



Fig. 3. Lavoisier.

Die neuere quantitative Chemie. Die Thatfache, daß bei der Verbrennung nothwendig ein Stoff sich mit dem verbrennenden Körper verbinden müsse, weil das Gesamtgewicht der Verbrennungsprodukte größer ist als das des verbrannten Körpers, war der Angelpunkt, um den sich die neue Auffassung der chemischen Dinge drehte, und die Wage hat mit ihrer Zunge, seit die Welt steht, nie einen bedeutungsvolleren Ausschlag gegeben, als indem sie dies verrieth. Der Sauerstoff war entdeckt, er war aus verschiedenen Metalloxyden dargestellt worden, unter gleichzeitiger Gewinnung reinen Metalles. Von diesen Erscheinungen ging Lavoisier aus, und sie zusammenfassend und die Lücken durch weitere Untersuchungen ergänzend, kam er zu dem Schluß, der das Phlogiston-Phantom für immer aus den Lehren der Chemie vertrieb: Verbrennung und Verfallung sind Verbindungen mit Sauerstoff und die Gewichtszunahme der verbrennenden oder verfallenden Körper entspricht genau dem Gewichte derjenigen Menge Sauerstoff, welche in diese Verbindung eingegangen ist.

Von welcher Tragweite ein einziger solcher vollständig bewiesener Satz in der Chemie ist, läßt sich auf den ersten Blick kaum vermuthen; es wird aber klar, wenn

man einmal die große Klasse von Körpern betrachtet, welche direkt von demselben betroffen und charakterisirt werden und dann, wenn man sich des engen Zusammenhanges, der Verwandtschaftlichen Beziehungen erinnert, die zwischen allen chemischen Verbindungen bestehen, und der Austauschungen und Ersetzungen einzelner ihrer Bestandtheile, welche bei chemischen Prozessen immer vor sich gehen. War früher die wissenschaftliche Chemie in der Lehre vom Phlogiston vollständig mit aufgegangen, so mußte also eine derartige Aufklärung, wie sie von Lavoisier ausging, das ganze chemische System umgestalten.

Die Wage wurde zur Richterin, deren Entscheidungen für die Zusammensetzung aller chemischen Körper maßgebende Kraft erhielten. Es leuchtet von selbst ein, daß mit diesem Prüfstein die analytischen Methoden zu einer Schärfe und Genauigkeit sich steigern mußten, welche den früheren rein qualitativen Untersuchungen in keiner Weise zukommen konnten. Indem man die Mengen der einzelnen Bestandtheile, welche zu festen Verbindungen zusammentreten, mit einander verglich, fand man, daß dieselben stets in konstanten Verhältnissen zu einander stehen, daß z. B. eine gewisse Menge Eisen immer dieselbe Menge Sauerstoff an sich zieht, um Eisenoxyd zu bilden, und daß diese Menge Sauerstoff stets wieder einer sich immer gleich bleibenden Quantität Blei bedarf, um mit derselben zu Bleioxyd zusammenzutreten. Das Zahlenverhältniß dieser Eisen- und Bleimengen erwies sich nun als ein feststehendes für alle ihre sonstigen Verbindungen; beispielsweise verbindet sich eine gegebene Menge Chlor dann mit Eisen oder Blei in genau denselben Proportionen, wie sie die Sauerstoffverbindungen zeigen, und die dahin gerichtete Untersuchung der elementaren Körper, welche jetzt erst, wie die Metalle, in ihrer Einfachheit erkannt worden waren, führte zur Aufstellung jener wichtigen Verhältnißzahlen der Äquivalentgewichte, die zum mathematischen Fundament der ganzen Chemie wurde. Sie rief hervor und begründete zunächst eine ganz neue Lehre von den Elementen und die Atomtheorie; und da man bald entdeckte, daß alle Stoffe nach diesen Zahlen sich in verschiedener Weise zwar, aber immer nur in ganz einfachen Proportionen (1:2, 2:3, 1:3 etc.) mit einander verbinden, so wurde sie damit zur schärfsten Kontrolle für alle quantitativen Bestimmungen.

Das waren die nächsten Erfolge, die sich mit Nothwendigkeit an das Auftreten Lavoisier's knüpften. Sie enthalten aber bereits das ganze Gerippe der Chemie und die kommende Zeit hatte in der Hauptsache nur den Ausbau zu bewirken. Dazu erwiesen sich die übrigen Disziplinen der Naturwissenschaften im höchsten Grade förderlich.

Die Beziehung der Chemie auf die Atome der Körper brachte diese Wissenschaft wieder in engere Beziehungen mit der Physik und die Erfahrungen der einen fingen an bestimmend auf die Untersuchungen der andern einzuwirken. Nicht mindere Vortheile erwuchsen den Disziplinen der Mineralogie, Botanik, Physiologie und Medizin, ja die erstere Wissenschaft fand in der Betrachtung der Mineralien als chemische Verbindungen von unveränderlicher, gesetzlicher Konstitution erst den festen Halt, um den sich ihre Erfahrungen systematisch gruppiren konnten; die letzteren aber wurden dadurch zu richtigeren Ansichten von der Aufnahme der Stoffe in den Organismus und damit zur Erkenntniß der organischen Funktionen gebracht, welche Erkenntniß sie selbst zu einem zusammenhängenden Ganzen vereinigte. Kurz, die gesammte Naturlehre erhielt einen neuen zusammenfassenden Charakter, welcher schließlich, trotz der ungemeinen Vermehrung der Kenntnisse, zu einer einfachen Naturauffassung führen muß.

Es konnte nicht ausbleiben, daß solche Erfolge auch auf die allgemeinen Kulturverhältnisse den namhaftesten Einfluß ausüben mußten. Waren schon seit der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts die Naturwissenschaften als Bildungsmittel des

menslichen Geistes in lebhaften Kampf mit der rein formellen Richtung der früheren Zeit getreten, die nur im Studium der alten Sprachen die geistige Ausbildung für möglich hielt, so entschied sich jetzt der Sieg zu Gunsten der exakten Wissenschaften, und eine besondere Sanction erhielt dieser Umschwung durch die französische Revolution, welche das Unterrichtswesen in Hände, wie die eines Monge, Bertholet, Fourcroy u. s. w., legte. Eine traurige Erinnerung bleibt es freilich, daß dieselbe Revolution Denjenigen zu ihren unglücklichen Opfern machte, welcher das Wesentlichste für die neue wissenschaftliche Aera gethan hatte, Lavoisier.

Antoine Laurent Lavoisier, 1743 zu Paris in glücklichen Verhältnissen geboren, beschäftigte sich von Jugend an mit den Naturwissenschaften und wurde schon 1768 von der Academie zu ihrem Mitgliede ernannt. Rasch erstieg er die Staffeln des Ruhms; die Stelle eines Generalpächters, welche er erhielt, gestattete ihm alle Mittel zur Ausföhrung seiner Untersuchungen und durch die Resultate derselben, die er auch im höchsten Grade fördernd für Industrie und Gewerbe zu machen wußte, erhielt sein Urtheil maßgebende Bedeutung für alle einschlagenden Unternehmungen der Regierung. Die Regulirung des Maß- und Gewichtssystems, welches 1790 vorgekommen wurde, geschah unter seiner direkten Beihülfe, und es ist kein blos zufälliges Zusammentreffen, daß er, der mit der Wage in der Hand eine alte, irrige Naturanschauung zu stürzen und eine neue, auf einfach mathematische Grundlage sich stütende, an ihre Stelle zu setzen kam, die Waffen für seine Siege sich selbst mit schmiedete. Das Hauptächlichste seiner Untersuchungen, das was uns hier am meisten interessiren muß, und die Schlüsse, die er daraus zog, haben wir schon erwähnt. Er begann seine reformatorischen Arbeiten im Jahre 1772, die beiden Abhandlungen „über die Verbrennung“ (1778 herausgegeben) und „über das Phlogiston“ (1783) grenzen sie ab, nachdem eine große Anzahl von Untersuchungen über die Verbindung verschiedener Körper (namentlich Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff und Stickstoff) mit dem Sauerstoff die Beweise für seine neue Lehre geliefert hatten.

Daß sein Forschergeist bei einer so großartigen Aufgabe, wie er unternommen und durchgeführt, auch nach anderen Richtungen hin in ausgezeichnetster Weise thätig sein mußte, versteht sich bei den neuen Gesichtspunkten, die sich plötzlich nach allen Seiten hin eröffneten, von selbst; wir müssen natürlich von einer auch nur flüchtigen Erwähnung derselben absehen. Wenn wir aber im großen Ganzen die Bedeutung Lavoisiers in wenig Worte zusammenfassen wollen, so kann es nicht besser geschehen, als es Kopp in seiner Geschichte der Chemie thut, worin er sagt: „Kein Chemiker hat die Summe von Kenntnissen, welche ihm zugekommen war, so vermehrt, keiner die Wissenschaft, wie sie ihm seine Vorgänger vorgearbeitet hatten, mit einer so veredelten und ausgebreiteten Richtung befruchtet an seine Nachfolger überliefert, als Lavoisier; und die Ansichten keines Chemikers der neueren Zeit haben so lange unbefritten in der Wissenschaft geherrscht, und sind größtentheils noch angenommen, wie die Lavoisiers.“ — Allein alles Dies war ihm kein Schutz gegen die Verfolgungen des Schreckensgerichtes — er starb 1794 unter der Guillotine. „Nous n'avons plus besoin des savants“ erwiderte der Vorsitzende seiner Henker einem vertheidigenden Freunde, der auf Lavoisier's wissenschaftliche Leistungen hingewiesen hatte. Das waren damals seine Richter. —

Fast gleichzeitig mit Lavoisier trat in Dijon ein Chemiker auf, der, obgleich anfänglich den Naturwissenschaften nur nebenbei ergeben, doch sehr bald in Folge theils seiner lebendigen Darstellung, theils der praktischen Nutzbarkeit, die er aus seinen Arbeiten für das allgemeine Wohl zu ziehen wußte, sehr bald unter den Gelehrten zu großem Einfluß gelangte. Es war dies der geniale Bernard Gayton de Morveau, geboren 1737 zu Dijon und bereits 1760 als Generaladvokat und Schriftsteller daselbst



in Ansehen. Durch einen Zufall den chemischen Studien zugeführt, ergriff er diese mit großer Lebendigkeit und bereicherte die Wissenschaft mit vielen nützlichen Erfahrungen. Eine wichtige Förderung aber gab er der Chemie durch die Bildung einer rationellen chemischen Nomenclatur, an der zwar Lavoisier, Bertholet und Fourcroy bedeutenden Antheil haben, deren höchst zweckmäßiges Grundprinzip aber offenbar von ihm herrührt.

Die beiden eben mit ihm genannten Chemiker Fourcroy und Bertholet sind unter den gleichzeitigen Forschern für die Ausbreitung der Chemie überhaupt und der Lavoisier'schen Theorie insbesondere von ganz besonderem Einfluß geworden, jener als Generaldirector des öffentlichen Unterrichts, dieser dagegen hauptsächlich durch seine ausgezeichneten Experimentaluntersuchungen. Die Lehre von der chemischen Verwandtschaft gewann vorzüglich durch Bertholet an Bestimmtheit; was andere Forscher nach einzelnen Richtungen hin durch die Untersuchung der quantitativen Zusammensetzung chemischer Verbindungen erobert hatten, das versuchte der, Napoleon I. nahestehende, Gelehrte in ein allgemeines Theorem zusammenzufassen.

Es waren von Lavoisier selbst schon quantitative Analysen ausgeführt worden, deren Genauigkeit uns in Betracht der ihm zu Gebote stehenden Hülfsmittel in das höchste Erstaunen versetzen muß; durch die analytischen Arbeiten Klaproth's in Berlin aber und Bauquelin's in Paris, der Analytiker κατ' ἐξοχήν, wurde die Kenntniß der Zusammensetzung, namentlich der Mineralien, in einer Art vervollständigt, wie sie für die rasche Entwicklung der theoretischen Ansichten kaum zu hoffen gewesen war. — Wenn bei einem Gelehrten, außer der genialen Begabung, dem großen Besitz erworbenener Kenntnisse, ernstem Fleiß und unermüdblicher Begeisterung für seine Wissenschaft auch die Liebeshwürdigkeit seines Charakters von ganz unvergleichlichem Werth und Einfluß auf Zeit und nach ihm Strebende ist, so müssen wir diese edle Vereinigung an dem von schönster Humanität erfüllten Klaproth bewundern. Er war es, der, als in Deutschland noch die Fahne der Phlogistiker hoch getragen wurde, frei von jedem Vorurtheil an die Lavoisier'sche Verbrennungstheorie herantrat und (1792) die Berliner Akademie veranlaßte, die Versuche über Verbrennung und Verkalkung einer gründlichen Revision zu unterwerfen; sein Ansehen führte alle naturwissenschaftlichen Mitglieder der neuen Lehre zu; mit diesem Beispiele aber war ein Fortschritt gethan, dessen Bedeutung nicht hoch genug angeschlagen werden kann. Wir können die einzelnen Arbeiten Klaproth's und Bauquelin's hier nicht namhaft machen, ein Blick in die mineralogischen Handbücher zeigt Jedem das großartige Material, welches die Beiden zur Ausbildung der chemischen Mineralogie herbeigeschafft haben. Daß durch diese Mineralanalysen, zu denen Bauquelin namentlich von Haub, dem größten damaligen Mineralogen, angeregt wurde, die analytischen Methoden wesentliche Vervollkommnungen erfahren mußten, versteht sich von selbst. Klaproth entdeckte 1789 das Uran und die Zirkonerde, 1795 das Titan, welches bis in die vierziger Jahre, wo es von Wöhler weiter zerlegt wurde, für ein Element galt, 1803 das Cer u. s. w., Bauquelin 1798 das Chrom, die Beryllerde u. a.

Diese Leistungen, zu denen noch die Proust's (1784—1826) hinzukommen, befähigten nun zwei deutsche Gelehrte, Karl Friedrich Wenzel (1740 zu Dresden geboren und 1793 als Direktor der Freiburger Bergwerke gestorben) und Jeremias Benjamin Richter (Bergfaktor und Bergsekretär zu Breslau, später Chemiker an der Porzellanfabrik zu Berlin, in welcher Stellung er 1807 starb), einen Zweig der Chemie auszubilden, zu welchem wol einzelne unvollkommene Ideen von Früheren schon gegeben waren, dessen Tragweite aber keiner der damals lebenden Chemiker recht erkannt zu haben scheint. Es ist dies die Stöchiometrie, die Lehre von den Gewichtsmengen, in welchen die Bestandtheile chemischer Verbindungen sich mit einander ver-

einigen. Aus den Schlussfolgerungen, zu denen die von Richter mit unsäglicher Mühe und Ausdauer bestimmten stöchiometrischen Tabellen Veranlassung gaben, entsprangen wichtige Gesichtspunkte für die Bestimmung der Elemente, die Gruppierung der chemischen Verbindungen und die Art ihrer Konstitution, besonders aber führten sie direkt zur Aufstellung der atomistischen Theorie, die entwickelt zu haben dem englischer Forscher Dalton zu unvergänglichem Ruhme gereicht (1803—1804).

Mit diesen vorgezeichneten Hauptrichtungen, welche anfangen sich aus der modernen Chemie herauszuarbeiten, waren nun für die nächste Zeit so großartige Arbeitsgebiete eröffnet, daß es uns nicht Wunder nehmen darf, wenn wir neue Entdeckungen, in üppiger Weise einander drängend, gleichsam über Nacht aus dem Boden hervorschießen sehen. Und viele davon sind so weitleuchtend und prachtvoll, daß sie den rückwärts schauenden Blick fast ausschließlich auf sich haften machen. Gay-Lussac und Humphry Davy begannen in den letzten Jahren des scheidenden Säculums ihre Forschungen und traten in das neue, in jeder Hand ein Geschenk der Götter; der Erstere, als Physiker und Chemiker gleich ausgezeichnet, mit seinen Entdeckungen über die Natur der Gase; der Andere, die Natur nicht minder allgemein erfassend, mit der Zerlegung chemischer Verbindung durch den galvanischen Strom. Die elektrochemische Verwandtschaftstheorie, obwol schon früher ausgedeutet, erhielt dadurch überzeugende Beweise, und der Davy'sche Satz, daß chemische Verwandtschaft oder Affinität und elektrische Erscheinungen auf gleicher Grundursache beruhen, erhob sich zu einem allgemein angenommenen Gesetz. Mit Hilfe der galvanischen Säule gelang es Davy 1807, aus Pottasche ein Metall, das Kalium, und ebenso aus Soda eins, das Natrium, darzustellen und damit die Oxyd-Natur der Alkalien nachzuweisen. Dasselbe Hilfsmittel hat späterhin auch die Erden in ihre Bestandtheile zu zerlegen gestattet und der Lehre von den Elementen dadurch eine bestimmte Umgrenzung gegeben. Ganz besonders wichtig für die chemischen Anschauungen wurden noch Davy's Untersuchungen über das Chlor und die richtige Erklärung der Salzsäure als einer Verbindung jenes Elementes mit Wasserstoff. So sehr diese den gewohnten Lehren widersprach, so war die Davy'sche Beweisführung doch so klar und überzeugend, daß bald alle Chemiker, Gay-Lussac und Thénard zuerst (1812), ihr beitraten. Ueberhaupt hatte auf die gemeinschaftlichen Arbeiten dieser beiden französischen Forscher die von Davy angegebene Richtung einen sehr bestimmenden Einfluß, wie wiederum ihre geistreichen Methoden zu den sichersten Brüststeinen der neuen Ansichten wurden. Ganz besonders ist hervorzuheben, wie die Analyse organischer Verbindungen durch Gay-Lussac und Thénard eine neue Gestalt erhielt, als diese lehrten, unverdampfbarer organischer Körper mit Sauerstoff abgebenden Stoffen gemengt zu verbrennen und aus den erhaltenen Verbrennungsprodukten und aus der bekannten Menge des verbrauchten Sauerstoffes auf die gesuchten Bestandtheile und ihre Mengenverhältnisse sichere Schlüsse zu machen. Die organische Chemie fing an, sich ihrer ältern Schwester, der unorganischen, ebenbürtig zu zeigen, und es ist bekannt, daß sie später durch Liebig namentlich jene Erweiterung erhielt, welche dem Auge der Forscher eine unendliche Fülle neuer Erscheinungen eröffnete.

Es strahlt aber aus dieser Zeit der größten Entdeckungen, welche die Geschichte der Chemie überhaupt aufzuweisen hat, ein Name mit unvergänglichem Glanze: Berzelius.

Zu Wafnerfunda in Ostgothland 1779 geboren, studirte Jakob Berzelius von 1796 an zu Upsala Medizin, beschäftigte sich aber vorzugsweise mit Chemie und erlangte durch seine Arbeiten, von denen die erste eine Analyse der Mineralwässer von Medevi war (1800), einen ausgezeichneten Namen, so daß er schon 1802 zum adjungirenden Professor der Chemie und Pharmacie an der medizinischen Schule zu Stock-

holm ernannt wurde. 1807 wurde er wirklicher Professor und im folgenden Jahre Mitglied der Stockholmer Academie, welche ihm 1810 eine jährliche Summe zur Unterstützung seiner wissenschaftlichen Arbeiten aussetzte und ihn zu ihrem Präsidenten wählte. Von dieser Zeit fing sein Ruhm an sich im Auslande zu verbreiten, dessen Gelehrten er durch öftere Reisen persönlich nahe trat; Akademien und gelehrte Gesellschaften ernannten ihn zu ihrem Ehrenmitglied und zahlreiche Schüler strömten ihm zu, um in seinem Laboratorium ihre chemische Ausbildung zu vollenden. Der König von Schweden erhob ihn 1818 in den Adel-, und 1835, als sich Berzelius verheirathete, in den Freiherrnstand; hochbetagt starb, an Erfolgen und Anerkennung gesegnet wie Wenige, der große Forscher 1857 am 10. Oktober.

Die Berzelius'schen Untersuchungen charakterisiren sich durch ihre vorsichtige Gewissenhaftigkeit. Abhold jeder frühzeitigen Hypothesenmacherei suchte Berzelius immer zuerst die positiven Thatsachen in ihrem vollen Umfange zu erforschen, ehe er sich zu theoretischen Spekulationen verleiten ließ. Daher kommt es auch, daß er in seinen früheren Ansichten einen konservativen Hang zu älteren Theorien (z. B. über die chemische Natur der Salzsäure als einer Sauerstoffsäure) erkennen läßt; indessen hielt er daran immer nur so lange, als ihm das positive Material noch nicht hinlänglich zusammengebracht schien, um zu Gunsten einer neuen Theorie eine frühere aufzugeben. Den Thatsachen allein erkannte er beweisende Kraft zu und diese Vorsicht und seine Auktorsität haben die Chemie in einer Zeit, wo rasche und überraschende Entdeckungen mehr als je die Theoriemacherei herausforderten, vor dem Eindringen leichtsinniger Meinungen gewahrt.

In der analytischen Chemie ist Berzelius der Erfinder vieler und wichtigster Methoden, die zum Theil heute noch an Genauigkeit ihrer Resultate unübertroffen dastehen. Er hat z. B. das Löthrohr erst in allgemeinen Gebrauch gebracht und damit der chemischen Untersuchung in die Mineralogie ganz entschiedenen Eingang verschafft. Durch seine sorgfältigen Analysen hat er eine große Zahl neuer Verbindungen und bisher unbekannter Elemente theils entdeckt, theils zuerst dargestellt; so fand er 1803 das Cerium, 1818 das Selen, 1828 die Thorerde; das Silizium stellte er 1823, das Zirkonium und das Tantal 1824 zuerst dar.

Epochemachend aber wurden die Berzelius'schen Arbeiten für die Bestätigung der Dalton'schen atomistischen Theorie und für die von Weigel und Richter zuerst ausführlicher nachgewiesene Lehre von den bestimmten Proportionen und die Bestimmung der Atomgewichte. Durch die Anwendung dieses mathematischen Theiles der Chemie aber, namentlich auf die Mineralogie und die organische Chemie, gab Berzelius diesen Wissenschaften selbst die förderndsten Impulse. Er war es, der zuerst die Mineralien vom rein chemischen Standpunkte aus in Klassen und Familien ordnete, und wenn sein System auch später mancherlei Aenderungen erfahren hat, die er zum Theil selbst vorschlug, so ist doch seine Auffassung im großen Ganzen bis jetzt in Geltung geblieben. Was aber den besten Beweis für die Genauigkeit seiner Methoden und die Sorgfalt, die er bei seinen Untersuchungen anwandte, giebt, ist, daß die von ihm aus seinen Analysen berechneten Atomgewichtszahlen im Laufe der Zeit und bei immer wiederholter schärfster Prüfung nur sehr geringe Korrekturen erfahren haben.

In gewisser Beziehung kann Berzelius als der Schlüsselstein des Gebäudes unserer heutigen Chemie angesehen werden. Seit ihm hat sich der Totalcharakter dieser Wissenschaft in nichts Wesentlichem mehr geändert. Die Hauptrichtungen liegen scharf bezeichnet vor, und die auftauchenden neuen Gesetze, so bedeutend sie auch sein mögen, ordnen sich in einfacher Weise dem Gegebenen ein. Selbst die organische Chemie, welche in den letzten Jahrzehnten mit der Kenntniß einer fast nicht mehr zu über-

fehenden Menge neuer Thatsachen bereichert worden ist, gruppirt dieselben nach ganz analogen Gesichtspunkten, und der Unterschied von organischer und unorganischer Chemie beginnt sich mehr und mehr zu verwischen.

Was die Ausbildung einzelner Zweige aber anbelangt, so hat sich in England Faraday besonders um die Elektrochemie große Verdienste erworben. Faraday entdeckte ebenfalls das verschiedene physikalische Verhalten, welches Körper von gleicher chemischer Zusammensetzung zeigen können, und diese Entdeckung, zusammen mit der von Mitscherlich gemachten, daß Körper von ungleicher, aber analoger chemischer Zusammensetzung, in Bezug auf ihren physikalischen Charakter (Krystallform u. s. w.), eine große Uebereinstimmung erkennen lassen, gab einen neuen Gesichtspunkt für die Betrachtung der Lehre von den Proportionen und für die Bestimmung des Atomgewichts.

Der genannten Mitscherlich'schen Entdeckung des Isomorphismus (Gleichgestaltung) folgte von demselben Forscher rasch die des sogenannten Dimorphismus, daß nämlich eine und dieselbe Verbindung von Elementen zwei verschiedene Krystallformen annehmen kann, und mehrere andere wichtige Beobachtungen, durch welche Mitscherlich die physikalisch-chemische Richtung einleitete, welche seither immer entschiedener auf eine gemeinsame Behandlung der Physik und Chemie hingearbeitet hat und dadurch zu einem wichtigen Förderungsmittel geworden ist.

Eine Anwendung der großen Grundgesetze konnte, wie natürlich in der ersten Zeit, vorwiegend nur auf die allgemeiner erforschten und bekannt gewordenen Erscheinungen der Mineralchemie stattfinden. Dadurch erhielt denn dieselbe eine Ausbildung, welche zwar in der letzten Zeit in vielfacher Beziehung noch ganz ungemein verfeinert worden ist (so durch die analytischen Methoden und Untersuchungen eines Rose, Wöhler, Fresenius u. s. w.), die aber doch in ihren Hauptzügen keine wesentliche Umgestaltung zu erfahren hatte. Anders war es mit den Ergebnissen der organisch-chemischen Forschungen. Früher fast ganz isolirt behandelt, hatte dieses Feld zwar vereinzelte schöne Blüten getrieben, allein sie standen ohne Zusammenhang und es fehlte noch der leitende Grundgedanke, der die verschiedenartigen Erscheinungen in ihrer Zusammengehörigkeit verstehen lehrt. Die Lehre von den Verbindungen, Säuren, Basen, Salzen, aus der anorganischen Chemie herübergenommen, gab die ersten Anhalte, die durch die organische, sogenannte Elementaranalyse gewonnenen Thatsachen zu gruppiren. Bei der hier unendlich mannichfaltiger auftretenden Verbindungsweise der Elemente mit einander, bei den allmäligen Uebergängen, welche fast unerschöpfliche Reihen verschiedener chemischer Körper erzeugen, genügte eine so oberflächliche Charakterisirung bald nicht mehr.

Durch die Pflege, welche namentlich Liebig und Wöhler in Deutschland und Dumas in Frankreich der Untersuchung organischer Verbindungen angedeihen ließen, wurden jene Reihen von Körpern, die auseinander durch allmälige Zuführung oder Entziehung einzelner Bestandtheile entstehen, zuerst in genügender Vollständigkeit bekannt, um aus ihnen allgemeine Gesichtspunkte ableiten zu können. Und wenn sich das Genie Dumas' namentlich in der Zusammenfassung vereinzelter Thatsachen und in der Ableitung allgemeiner Theorien fruchtbar zeigte, so sind die genannten deutschen Forscher in gleich hervorragender Weise sowol durch ihre geistreichen Methoden, durch ihre systematischen, ausdauernden Untersuchungen als auch durch die endlichen Schlußfolgerungen, mit denen sie über große Gebiete auf einmal Licht zu verbreiten wußten, zu den größten Beförderern der chemischen Wissenschaften geworden. Welcher von Beiden der bedeutendere sei, ist schwer zu entscheiden, um so schwieriger, als sie ihre epochemachendsten Arbeiten fast immer in Gemeinschaft ausgeführt haben. Besticht an Liebig die geniale,

weitgreifende Auffassung, die blendende Darstellung, so zwingt Wöhler durch die Catoische Strenge, durch die mathematische Methodik, welche den Glauben an Infallibilität hervorzurufen im Stande ist.

Friedrich Wöhler ist 1800 in Eschersheim bei Frankfurt a. M. geboren; frühzeitig von der Liebe für die Naturwissenschaften erfaßt, beschäftigte er sich vorzugsweise mit denselben, als er seit 1812 das Frankfurter Gymnasium besuchte. Im Jahre 1820 ging er nach Marburg, um Medizin zu studiren; im folgenden Jahre nach Heidelberg, und hier war es V. Gmelin, welcher ihn der Chemie ausschließlich gewann. Wöhler ging darauf im Herbst 1823 bis Sommer 1824 zu Berzelius und erlangte nach seiner Zurückkunft eine Anstellung als Lehrer der Chemie an der Gewerbeschule zu Berlin; 1832 zog er nach Kassel, wo er bald an der neu errichteten höheren Gewerbeschule angestellt wurde und blieb, bis er 1836 die Professur der Chemie in Göttingen erhielt. Durch ihn bekam die kleine Universität, an der er noch lehrt, Weltberühmtheit, und wie nach Gießen zu Liebig, so kamen Hunderte von Schülern aus allen Ländern der Erde nach Göttingen, und gingen wieder als Träger und Lehrer deutscher Wissenschaft.

Nur wenige Jahre jünger, ist Justus Liebig 1803 in Darmstadt geboren. Seine Vorliebe für physikalische und chemische Beschäftigungen, die ihn schon damals eine bedeutende Kenntniß in der Chemie hatte erlangen lassen, führte ihn zu dem Entschlusse, Apotheker werden zu wollen. Er trat 1818 bei einem Apotheker in Heppenheim bei Darmstadt in die Lehre, hielt indessen, da seine wissenschaftlichen Neigungen hier durchaus keine Unterstützung fanden, nicht länger als 10 Monate aus und bezog, nachdem er sich in Darmstadt vorbereitet hatte, die Universität Bonn, später Erlangen. Hier machte er sich bereits durch mehrere wissenschaftliche Arbeiten bekannt, die ihm denn eine Unterstützung von Seiten des Großherzogs verschafften, mit deren Hülfe er seine Studien in Paris fortsetzen konnte, wo er zu Runge, Mitscherlich und Rose in freundschaftliche Beziehungen trat und, durch Humboldt empfohlen, an Gay-Lussac's Arbeiten einige Zeit Theil nehmen konnte. Nach seiner Zurückkunft 1824 wurde er bereits außerordentlicher Professor an der Universität Gießen, zwei Jahre darauf erhielt er die ordentliche Professur. Wie Wöhler Göttingen, so blieb Liebig Gießen treu bis 1857, wo ihm eine Berufung des Königs von Bayern an die Universität München einen größeren Wirkungskreis zu eröffnen schien. Seit jenem Jahre lebt Liebig, mittlerweile von dem König in den Freiherrnstand erhoben, als Direktor des chemischen Laboratoriums in der Hauptstadt Bayerns.

Wenn wir die Vereinfachung der organischen Analyse als das selbständige Werk Liebig's betrachten müssen, zu dem er schon in Paris durch die von Gay-Lussac wesentlich verbesserte frühere Methode angeregt wurde, so tritt uns bei der Ausbildung der Theorie der organischen Radikale der glückliche Einfluß Wöhler's entgegen, mit welchem gemeinschaftlich Liebig die Untersuchung über das Bittermandelöl und seine Zersetzungserzeugnisse ausführte. Es wurde durch diese Arbeit auf das Bestimmteste dargethan, daß in den (vorwiegend aus den vier Elementen Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoff) zusammengesetzten organischen Verbindungen ein Theil jener elementaren Bestandtheile unter sich durch eine stärkere Verwandtschaft zusammenhängen als mit den übrigen, und daß dieser bestimmte Komplex in seinem Verhalten vollständige Aehnlichkeit mit einem einfachen unorganischen Körper hat. Alle organischen Verbindungen, in denen eine solche fest bestimmte Gruppe enthalten ist, zeigen eine Uebereinstimmung, welche sie als Glieder einer Sippe charakterisirt, von der jener Komplex gewissermaßen die Grundlage — daher Radikal genannt — darstellt, und an die sich die andern Elemente nur wechselnd anlehnen. Das Radikal des Bitter-

mandelsäure — Benzoyl — welches Liebig und Wöhler 1832 entdeckten, war durch den Aufschluß, den man durch seine Kenntniß über ganze Klassen organischer Verbindungen und Zersetzungen erhielt, so epochemachend, daß Berzelius aussprach, es verdiene passend Proöm —  $\pi\rho\omega\lambda$ , zu Anfang des Tages — oder Orthrin — von  $\sigma\rho\delta\rho\sigma$ , die Morgendämmerung — genannt zu werden.

Um die physiologische Chemie hat sich Liebig nicht nur dadurch, daß er die Lebensprozesse der Pflanzen und Thiere nach ihren chemischen Bedingungen und begleitenden Erscheinungen wissenschaftlich untersuchte, die größten Verdienste erworben, sondern namentlich auch dadurch, daß er seine Erfahrungen in nützlicher Weise praktisch zu verwerthen und für die Behandlung des pflanzlichen und animalischen Körpers, namentlich für die Ernährung, rationelle Gesichtspunkte eröffnete. Es ist zu beklagen, daß von Seiten der zunächst Betheiligten, besonders der Landwirthe, diesen Vorschlägen einige Zeit ein starres Festhalten an den gewohnten Anschauungen entgegengetragen wurde, wodurch sich der segensreiche Einfluß bedauerlicherweise nur sehr langsam Bahn brechen konnte. Indessen ist das Beispiel Englands, wo man die Liebig'sche Lehre mit großer Begeisterung aufnahm, und der blühende Zustand seiner Agrikultur der beste Beweis für den hohen Nutzen, welchen die Chemie in solcher Handhabung stiften kann.

Eine große Anzahl von Chemikern hat auf dem von Dumas, Liebig und Wöhler gelegten Fundamente fortgebaut, Andere haben in der von Mitscherlich eingeschlagenen physikalisch-chemischen Richtung die Vereinigung der Naturwissenschaften thatsächlich gefördert, wovon Erfindungen, wie die von Kirchhoff und Bunsen gemachte Spektralanalyse, schöne Beweise sind. An zahlreiche Namen, wie Rose, Kunge, Bunsen, Erdmann, Kühn, den genialen, frühverstorbenen Gerhard, Hoffmann und Andere knüpfen sich Errungenschaften, deren Glanz in der Geschichte dieser Wissenschaft nie verlöschen wird. Durch sie ist die Chemie ihrem heutigen Zustande zugeführt worden. Daß dies noch lange kein Abschluß ist, wird Derjenige am ehesten begreifen, der mit einigermaßen offenem Auge die Entdeckungen und Fortschritte auch nur eines einzigen Jahres an sich vorüberziehen lassen will. Wir aber schließen diesen kurzen geschichtlichen Ueberblick, bei der Gegenwart angekommen, mit dem erhebenden Bewußtsein, daß deutscher Geist und deutsche Forschung das Wesentlichste beigetragen haben zur Ausbildung einer Wissenschaft, die dem ganzen Leben veränderte große Richtungen gegeben hat.

### Chemische Grundbegriffe.

Die Erscheinungen, welche zu untersuchen sich die Physik zur Aufgabe machte, sind von irdischen Begrenzungen ganz unabhängig, und es dürfen die Gesetze, welche die Wissenschaft aus ihnen ableitet, eine universelle Bedeutung beanspruchen. Denn die anziehenden Kräfte der Schwere, das Beharrungsvermögen, die Wirkungen der Centrifugalkraft u. s. w., zeigen sich uns eben so gut außerhalb unsers Planeten, ja selbst außerhalb unsers Sonnensystems in ganz gleicher Weise auftretend, wie bei den Versuchen, die wir im engen Laboratorium anstellen; Licht- und Wärmestrahlen kommen uns von den fernsten Gestirnen zu und erweisen sich ganz identisch mit denjenigen belebenden Strahlungen, die von unserm Sonnenkörper ausgehen, und wir dürfen bei dem erwiesenen Zusammenhange der Naturkräfte untereinander annehmen, daß elektrische und magnetische Erscheinungen die in den fernsten Räumen des Alls die kreisenden Welten in ganz entsprechender Weise durchzucken, wie es um uns herum der Fall ist.

Die Frage liegt nahe — sind die chemischen Vorgänge von einer gleichen

Allgemeinheit? Und fast scheint es, als müßten wir die Frage mit Ja beantworten, wenn wir wieder die Wechselwirkung der Kräfte dabei im Auge haben, und als eine nicht unwesentliche Bestätigung würden die Ergebnisse der Spektralanalyse betrachtet werden können, nach denen mit großer Wahrscheinlichkeit auf die stoffliche Zusammensetzung lichtstrahlender Gestirne geschlossen werden kann.

Wie die Sachen aber zur Zeit noch liegen, so hat die Chemie doch ein wesentlich beschränkteres Gebiet für ihre Untersuchungen, und dasselbe umfaßt (wenn wir davon absehen, daß in den Meteorsteinen sich uns bisweilen kleine, von der Anziehung der Erde aus ihrer Bahn herbeigeführte Weltkörperchen zufällig zur Zerlegung darbieten) keinen größeren Raum, als die Oberfläche unsers Planeten, eine Schale von nicht größerem Durchmesser, als wir uns nach oben hin in die Lüfte erheben und hinab in die feste Erdkruste uns einzugraben im Stande sind. Aber wenn es schon einige Wahrscheinlichkeit für sich hat, daß der Stoff im ganzen Weltall derselbe ist, wie der, welcher unsere Erde zusammensetzt, so hat die Annahme, daß es keine wesentlich verschiedene Arten des Stoffes in und über der Erde giebt, die uns nicht auch innerhalb jener engen Zone begegnen, viel mehr Gründe noch für sich. Die ungemaine Beweglichkeit des Luftmeeres bringt uns von selbst mit allen seinen Schichten nach und nach in Berührung und die aus der tiefsten Tiefe hervorquellenden, noch feurigflüssigen Massen des Erdinnern enthalten auch nur ganz dieselben Stoffe, welche die seit Millionen Jahren schon erstarrte felsige Kruste bilden. Es besteht eine sehr gleichmäßige Vermengung, so gleichmäßig, daß uns die Entdeckung Amerika's, dieser ungeheuren Kontinentalmasse, mit der Kenntniß keines einzigen chemischen elementaren Stoffes bereichert hat, der sich in der alten Welt nicht auch schon fände. Und sind ja gewisse solcher Stoffe an ein bestimmtes Vorkommen gebunden, so sind dieselben, weil sehr selten, entweder ganz unwesentlich für den großen Haushalt, oder aber sie werden ihres höchst spärlichen Auftretens wegen übersehen. Man hat vor einigen Jahren die Entdeckung gemacht, daß das Silber zu den verbreitetsten Bestandtheilen der Erde gehört, in allen Pflanzen soll es sich finden und im Meerwasser soll es gleichmäßig verbreitet sein. Dies nachzuweisen erforderte aber die subtilsten Methoden, und es hätte einen sehr geringen Nutzen, um sich in ähnlicher Weise nach der Allgegenwart anderer Körper in der Natur umzuthun.

Betrachten wir ein Stück Granit, so finden wir auf den ersten Anblick, daß dasselbe nicht aus einer durchweg gleichmäßig zusammengesetzten Masse besteht. Wir unterscheiden einzelne dunkle glänzende Flimmerchen darin, und in der helleren Hauptsubstanz sehen wir auch zweierlei Mineralien, die in Farbe, Glanz, Härte, Krystallisation von einander Abweichungen zeigen. Der Granit ist ein Gemenge von drei verschiedenen Mineralien, Glimmer, Feldspath und Quarz. Wir können dieselben durch mechanische Scheidung von einander sondern, und wie den Glimmer, so können wir eine große Zahl anderer Körper durch bloße Sichtung, Schlämmen oder dergleichen in ihre einfacheren Bestandtheile zerlegen. Aber diese mechanische Scheidung hat ihre Grenzen, und wenn wir selbst das Mikroskop und die feinsten Trennungsgapparate zu Rathe ziehen, so werden wir doch zu einem Punkte gelangen, wo unsere Mittel nicht mehr ausreichen.

Wenn es aber gar zur Aufgabe gemacht wird, einen Körper, der durchweg eine gleichmäßige Zusammensetzung zeigt, wie etwa ein Stück Marmor, in seine einzelnen Bestandtheile zu zerlegen, so können wir derselben auf mechanischem Wege unmöglich gerecht werden, denn die ganze Masse des Marmors ist bis in die kleinsten Theilchen eine völlig gleichartige. Wir sehen aber, wenn wir den Marmor in einem Kalkofen brennen, daß derselbe dabei an Gewicht verliert, weil einer seiner Bestandtheile, die

Kohlensäure, durch die Hitze ausgetrieben wird. Eine solche Scheidung kann aber nicht mehr eine mechanische genannt werden, sie ist vielmehr eine physikalische, weil durch physikalische Kräfte bewirkt, beziehungsweise eine chemische.

Das Bestreben, die einfachen Grundbestandtheile der körperlichen Dinge und die Art ihrer Verbindung kennen zu lernen, ist ein sehr altes und spricht sich schon in den Elementen früherer Philosophen (Feuer, Wasser, Luft und Erde) aus; es wiederholt sich in den Theorien der Alchemisten und Vatrochemiker, immer aber gründet es sich bei diesen auf gewisse, durch nur äußerliche Analogien hervorgerufene Spekulationen. Erst die neuere Chemie hat die Abscheidung und erschöpfende Eigenschaftsbestimmung der Elemente als erste Bedingung hingestellt für das Unternehmen, das Wesen der zusammengesetzten Körper zu begreifen. Ein Element ist daher in ihrem Sinne derjenige materielle Körper, der sich durch keinerlei mechanische, physikalische oder chemische Kräfteinwirkung als aus zwei oder mehreren verschiedenartigen Stoffen zusammengesetzt zeigt, und der in seinem Verhalten zu anderen, auf ihn chemisch einwirkenden Körpern sich analog solchen Körpern verhält, deren elementare Natur ebenfalls festgestellt ist. Der letztere Punkt ist insofern von Wichtigkeit, als er in einer eigenthümlichen Verbindung ein neues Element mit Sicherheit vermuthen lassen kann, selbst wenn noch keine Methode erfunden ist, dasselbe in isolirtem Zustande herzustellen. Würde in einem Minerale eine neue Substanz entdeckt, die sich mit Kiefelsäure zu eigenthümlich gearteten Verbindungen zusammensetzt, und die, für sich darstellbar, in allen hauptsächlichsten Eigenschaften sich als zu der Familie der Erden gehörig erweist, aber mit keiner der bekannten identifiziren läßt, so würde man ein Recht haben, sie dieser Familie einzuordnen, und da man dieselbe als Verbindungen besonderer Metalle mit Sauerstoff kennt, würde man ebenfalls in jenem neuen Körper den Sauerstoffgehalt als konstatirt ansehen dürfen, und somit auch, ohne daß die Reindarstellung gelungen wäre, zur Entdeckung eines neuen Elementes, eines sogenannten Erdmetalles, wie Beryllium, Aluminium u. s. w. sind, gelangen.

Die Elemente. Wir kennen jetzt einige 60 solcher einfacher, nicht weiter zerlegbarer Körper, welche die Chemiker als Elemente bezeichnen. Sie stellen sich von selbst in gewisse Gruppen nach gemeinsamen charakteristischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften, und wir wollen sie in dieser Weise namhaft machen, indem wir bei jedem derselben in Parenthese das chemische, der kürzeren Schreibweise wegen gebrauchte und aus den Anfangsbuchstaben seines lateinischen Namens bestehende Zeichen sowie das Aequivalentgewicht angeben.

Nichtmetallische Elemente (sogenannte Metalloide), gasige oder feste Körper, schlechte Leiter der Elektrizität und der Wärme:

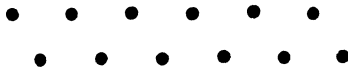
Sauerstoff (Oxygen, O. Atomgewicht 8). Wasserstoff (Hydrogen, H. 1). Stickstoff (Nitricum, N. 14). Chlor (Cl. 36). Fluor (Fl. 19). Brom (Br. 78,4). Kohlenstoff (Carbon, C. 6). Phosphor (P. 31). Schwefel (S. 16). Bor (B. 11). Selen (Se. 39). Jod (J. 126). Silicium (Si. 14,8).

Metallische Elemente sind in gewöhnlicher Temperatur (mit Ausnahme des Quecksilbers) fest und zeichnen sich außer durch die bekannten metallischen Eigenschaften des Glanzes u. s. w. durch ein in der Regel bedeutendes Leitungsvermögen für Wärme und Elektrizität aus. Wir theilen sie in leichte und schwere Metalle, die ersteren haben ein spezifisches Gewicht unter 5 und umfassen die metallischen Elemente der Alkalien und Erden, kommen in der Natur nicht gediegen vor und haben zu Sauerstoff eine ungemaine Verwandtschaft, welche ihre Reindarstellung auch sehr erschwert. Die letzteren sind leichter reducirt und sind in Folge dessen und weil ihre Beständigkeit mancherlei Verwendung gestattet, bekannter. Man theilt sie in edle und unedle.

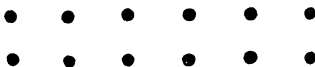


Kalium (K. 39,2). Natrium (Na. 23). Lithium (Li. 6,5). Barium (Ba. 68,5). Strontium (Sr. 43,8). Calcium (Ca. 20). Magnesium (Mg. 12). Lanthan (La. 47). Yttrium (Y. 32). Beryllium oder Glycium (Be. 14,1). Aluminium (Al. 27,4). Zirkonium (Zr. 67,2). Thorium (Th. 59,6). Titan (Ti. 25). Tantal (Ta. 184). Niobium (Nb. 48,8). Scheel oder Wolfram (W. 92). Molybdän (Mo. 46). Vanadium (V. 68,6). Chrom (Cr. 26). Mangan (Mn. 27). Cerium (Ce. 46). Didymium (D. 50). Arsen (As. 75). Antimon oder Stibium (Sb. 129). Tellur (Te. 64,2). Wismuth (Bi. 208). Eisen (Fe. 28). Zink (Zn. 32,6). Cadmium (Cd. 56). Kobalt (Co. 29,5). Nickel (Ni. 29,6). Uran (U. 60). Kupfer (Cu. 31,7). Blei (Pb. 104). Zinn (Sn. 58). Quecksilber (Hg. 100). Silber (Ag. 108). Gold (Au. 197). Platin (Pt. 99). Palladium (Pd. 53,3). Rhodium (R. 52,5). Iridium (Ir. 99). Osmium (Os. 99,6).

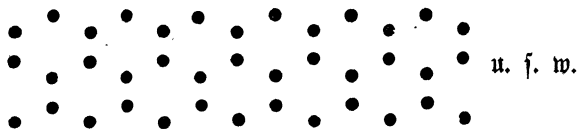
Dazu kommen noch mehrere, in den letzten Jahren mit Hülfe der Spektralanalyse entdeckte und unter die Klasse der Alkalimetalle gehörige Elemente: Rubidium, Cäsium und Thallium. Ob nun alle diese Stoffe wirklich einfache Elemente sind, oder nicht, diese Frage ist mit den jetzigen chemischen Hilfsmitteln eben nicht anders zu entscheiden, als es durch jene Annahme von deren einfacher Natur geschehen ist. Dann und wann kommt freilich der Fall vor, daß ein solches Element sich doch als ein zusammengesetzter Körper verräth, und mancherlei derartige Erfahrungen (z. B. mit dem Titan) lassen die Aussicht auf die Möglichkeit, daß die Zahl der chemischen Grundbestandtheile noch wesentliche Einschränkungen erfahren könnte. Es gewährt aber eine solche über alle Erfahrung hinaus liegende Annahme hier zunächst kein anderes Interesse, als daß wir mit Bezug darauf unsere Vermuthungen über die innere Natur der Materie gestalten. An und für sich hat es z. B. nichts Widerstrebendes, die letzten kleinsten materiellen Theilchen der Materie, die Atome, uns durchweg von einer einzigen gleichbleibenden Beschaffenheit zu denken, und die qualitativen Unterschiede der verschiedenen Elemente nur als eine Folge der verschiedenen Gruppierung ihrer Atome anzusehen. Wenn dann der Begriff „Element“ überhaupt den Atomgruppierungen von einfachster Anordnung zukäme, so könnten diese, in der ganzen Masse zwar gleichartig, doch von einander hinlänglich abweichen, um die verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften zu begründen. Wie gesagt, es liegen keine tatsächlichen Beweise vor, aber die Erlaubniß ist uns gegeben, anzunehmen, daß die verschiedene Natur der Elemente lediglich dadurch bedingt wird, daß meinetwegen in dem einen die Atome folgendermaßen geordnet sind:



in dem andern vielleicht:



in einem dritten etwa:



Demnach würden die kleinsten Theilchen der Elemente, welchen noch deren eigenthümliche Eigenschaften zukommen (die Moleküle), aus mehreren Materie-Atomen bestehen, und in ihrer Form vielstüchige, mehr oder minder regelmäßig

polyedrische Gruppen darstellen, in deren Eckpunkten je ein materielles Atom seinen Platz hat.

Die gegenseitige Lagerung bedingt die Wirkungsweise der den Atomen innewohnenden anziehenden Kräfte, und es ist natürlich, daß die Produkte, die Resultirenden, aus den Einzelkräften der zu einem elementaren Moleküle zusammengetretenen Atome (unter Anderem die chemische Verwandtschaft) andere sein müssen, wenn z. B. 8 Atome zu einer würfelförmigen Molekülgruppe zusammentreten, andere wenn sie ein Parallelepiped, andere wenn sie bloß zu 6 ein Oktaëder oder zu 20 ein Pentagondodekaëder bilden. Die bei chemischen Prozessen immer auftretende Wärme-Entwicklung beziehentlich. = Absorption, sowie die häufigen Elektrizitäts-, Licht- u. s. w. Erscheinungen können wir durch die atomistischen Anziehungskräfte hervorgerufen ansehen, insofern bei der neuen Anordnung ihr früherer Gleichgewichtszustand gestört und entweder Kraft frei werden, oder auch solche, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, von außen mit eintreten muß. Wärme, Licht, Elektrizität u. s. w. sind aber, wie bekannt, nur verschiedene Erscheinungsarten der selben, einzigen Naturkraft, die auch die Atome an einander kettet und ohne welche die ganze Welt in ein wesenloses Nichts vergehen würde. Indessen ist hier nicht der Ort, um dergleichen Betrachtungen zu weit auszudehnen; nur darauf sei noch hingewiesen, daß die Verschiedenheit und Größe des Mischungsgewichts in den Anordnungen der Atome vielleicht ihren Grund suchen dürfte.

In der oben gegebenen Aufzählung der Elemente sind innerhalb der Parenthesen die Atomgewichte mit angegeben, in welchem Wort dann aber Atom nicht das kleinste Theilchen der Materie überhaupt bedeutet, sondern jene kleinste Atomengruppe mit den Eigenschaften des betreffenden Elementes, welche wir zum Unterschiede „Molekül“ genannt haben. Nach dem früher Gesagten wird es verständlich sein, was mit den Zahlen gemeint ist. Sie sind sämmtlich auf den Wasserstoff als Einheit bezogen, wenn wir also bei Sauerstoff die Zahl 8 finden, bei Schwefel 16, Phosphor 31, Kohlenstoff 6, Chlor 36, Eisen 28 u. s. w., so heißt dies nicht nur: es verbindet sich stets 1 Gewichtstheil Wasserstoff mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff (zu Wasser), mit 16 Theilen Schwefel (zu Schwefelwasserstoff), mit 6 Theilen Kohle (zu Kohlenwasserstoff), mit 31 Theilen Phosphor (zu Phosphorwasserstoff), mit 36 Theilen Chlor (zu Chlornwasserstoff) u. s. w.; sondern auch: wenn sich 8 Theile Sauerstoff mit Kohle zu Kohlenoxydgas vereinigen, so gehen 6 Theile Kohle mit ihnen in jene Verbindung ein; 8 Theile Sauerstoff und 28 Theile Eisen treten zusammen zu Eisenoxydul, 16 Theile Schwefel bedürfen gerade 28 Theile Eisen, um Schwefeleisen zu bilden u. s. w. Die solchergestalt entstehende neue Verbindung hat ein Atomgewicht, welches gleich ist der Summe aus den Atomgewichten ihrer elementaren Bestandtheile. Wasser also (Wasserstoff und Sauerstoff) = 9; Schwefelwasserstoff (Wasserstoff und Schwefel) = 17; Phosphorwasserstoff = 32; Eisenoxydul = 36; Schwefeleisen = 44 u. s. w.

Die Wichtigkeit, welche die genaue Bestimmung der Atomgewichte für die tausend Vorschriften und Verfahrensarten der Technik, die sich auf die Herstellung chemischer Verbindungen beziehen, haben mußte, liegt klar am Tage.

Für die Art, in welcher die Stoffe mit einander zu Verbindungen zusammentreten, gilt als Gesetz, daß sich zunächst einfache Stoffe wieder mit einfachen und sodann die zusammengesetzten unter einander immer in der Weise vereinigen, daß solche von gleicher Ordnung mit einander zusammentreten.

Die Verbindungen erster Ordnung sind also solche wie das Wasser, das Eisenoxydul, der Chlornwasserstoff u. s. w., in denen je zwei Elemente mit einander vereinigt sind. Die beiden verschiedenen Elemente gehen nun nicht bloß zu je 1 Atom mit einander Verbindungen ein, sondern es können sich mit Wasserstoff auch 2 Atome Sauer-

stoff verbinden, 2 Atome Eisen können 3 Atome Sauerstoff aufnehmen u. s. w. Immer aber steht auch hier die Anzahl der Atome, welche mit einander zusammentreten, in einfachen Zahlenverhältnissen zu einander. In der chemischen Schreibweise deutet man die Atomenzahl durch eine kleine Ziffer an, welche man dem chemischen Zeichen des Elementes beifügt. Wenn HO (die beiden Zeichen für Wasserstoff und Sauerstoff) also die Bezeichnung für Wasser ist, so ist HO<sub>2</sub> diejenige für die sauerstoffreichere Verbindung, Wasserstoffsperoxyd HCl die für Chlorwasserstoff, PII für Phosphorwasserstoff, FeO für Eisenoxydul, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> für Eisenoxyd, SO<sub>3</sub> für Schwefelsäure (1 Atom Schwefel, 3 Atome Sauerstoff) u. s. w.

Was die Benennung der chemischen Verbindungen anbelangt, so genüge es, vorläufig zu erwähnen, daß die am häufigsten auftretenden Verbindungen von Elementen mit Sauerstoff im Allgemeinen Oxyde, die mit Schwefel Sulphate, mit Phosphor Phosphate, mit Chlor Chlorate u. s. w. genannt werden. Geht ein Element mit einem andern in verschiedenem Mengenverhältniß Verbindungen ein, so unterscheidet man Oxydul mit Oxyd, wenn Sauerstoff dazutrat, wobei das Oxydul immer die geringere Sauerstoffmenge enthält), Chlorür und Chlorid (das erstere mit weniger Chlorgehalt als das letztere) u. s. w., oder man hilft sich durch Anfügen lateinischer und griechischer Wörtchen super, hyper (über, mehr), sub (unter, weniger), hemi (halb) und der-gleichen. Für die organischen Verbindungen hat die consequente Durchführung einer systematischen Terminologie die unbehüllichsten Benennungen erzeugt, und es scheint, als ob von einer solchen ganz abgesehen werden müsse, zumal da in allen Fällen nur die chemische Formel den allein sichern Inhalt für die Beurtheilung der Zusammen-  
setzung giebt.

Ob nun zwei Verbindungen erster Ordnung sich mit einander zu einer Verbindung zweiter Ordnung vereinigen, hängt von ihrer besondern Natur ab. Denn wie nicht alle Elemente zu einander Verwandtschaft haben und sich z. B. Eisen und Wasserstoff mit einander gar nicht verbinden, so gehört auch hier ein besonderer Charakter zu den Bedingungen der gegenseitigen Anziehung, ein Charakter, der aus dem Zusammenwirken der elementaren Anziehungskräfte der Atome resultirt und demzufolge sich die Verbindungen in Gruppen mit mehr oder weniger scharf hervortretenden gemeinsamen Eigenschaften sondern. Solcher Gruppen treten nun ganz besonders drei mit Entschiedenheit hervor: die eine, zu der das Wasser gehört, hat einen indifferenteren Charakter, die Verwandtschaft ihrer einzelnen Glieder zu anderen Körpern ist im großen Ganzen nur eine geringe, die anderen beiden dagegen sind ganz entschiedene Parteigänger, und wie die Anhänger der rothen und weißen Rose, so machen sie sich durch sehr energische Aeußerungen bemerklich.

Während die einen von ihnen, die sogenannten Basen nämlich, wenn sie in löslichen Zustand übergeführt werden können, einen vorwiegend laugenhaften Geschmack besitzen, schmecken die andern, die Säuren, ganz entschieden sauer; die ersteren wandeln rothe Pflanzenfarben in Blau, die letzteren dagegen blaue in Roth u. s. w. Das charakteristischste Unterscheidungsmerkmal ist aber ihr Verhalten zu einander, denn während Säuren mit Säuren sich nicht zu neuen chemischen Verbindungen vereinigen können und eben so wenig Basen mit Basen, haben Säuren und Basen gegenseitig das größte Bestreben, sich mit einander zu verbinden. Die Ergebnisse dieser Verbindungen nennt man Salze.

Die hauptsächlichsten unorganischen Säuren sind: die Salpetersäure (1 Atom Stickstoff, 5 Atome Sauerstoff NO<sub>5</sub>), die Schwefelsäure (SO<sub>3</sub>), die Phosphorsäure (PO<sub>3</sub>), die Bor säure (BO<sub>3</sub>), die Kohlen säure (CO<sub>2</sub>), die Kieselsäure (SiO<sub>2</sub>), die Zirkonsäure (ZrO<sub>2</sub>), die arsenige Säure (AsO<sub>3</sub>), die Arsen säure (AsO<sub>5</sub>), antimonige

Säure ( $\text{SbO}_3$ ), Antimonisäure ( $\text{SbO}_3$ ), die Chromsäure ( $\text{CrO}_3$ ), Molybdänsäure ( $\text{MoO}_3$ ), Vanadinsäure ( $\text{VO}_3$ ), Wolframsäure ( $\text{WO}_3$ ), Tantal säure ( $\text{TaO}_2$ ), Titan säure ( $\text{TiO}_2$ ), ferner die Salzsäure (Chlor und Wasserstoff ( $\text{HCl}$ ), Fluorwasserstoff säure ( $\text{HF}$ ) u. s. w.

Die Basen theilen sich in folgende Gruppen:

Alkalien (salzbildende Oxide leichter Metalle, farblos und in Wasser leicht löslich), Kali ( $\text{KO}$ ), Natron ( $\text{NaO}$ ), Lithion ( $\text{LiO}$ ), außerdem die neu entdeckten Rubidium-, Cäsium- und Thalliumoxyde.

Erden (farblos, in Wasser unlöslich mit geringerer Verwandtschaft zu den Säuren als die Alkalien), Strontianerde ( $\text{SrO}$ ), Baryterde ( $\text{BaO}$ ), Kalkerde ( $\text{CaO}$ ), Magnesia oder Talkerde ( $\text{MgO}$ ), Thonerde ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Beryllerde ( $\text{Be}_2\text{O}_3$ ), Yttererde ( $\text{YO}$ ).

Oxide schwerer Metalle. Thorerde ( $\text{ThO}$ ), Ceroxydul ( $\text{CeO}$ ), Wismuthoxyd ( $\text{BiO}$ ), Antimonoxyd ( $\text{SbO}_3$ ), Zinkoxyd ( $\text{ZnO}$ ), Manganoxydul ( $\text{MnO}$ ), Manganoxyd ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ), Manganoxydorydul ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ), Eisenoxydul ( $\text{FeO}$ ), Eisenoxyd ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Eisenoxydorydul ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Uranoxydul ( $\text{UO}$ ), Uranoxyd ( $\text{U}_2\text{O}_3$ ), Uranoxydorydul ( $\text{U}_3\text{O}_4$ ), Chromoxyd ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), Bleioxyd ( $\text{PbO}$ ), Kupferoxydul ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), Kupferoxyd ( $\text{CuO}$ ), Nickeloxyd ( $\text{NiO}$ ), Kobaltoxyd ( $\text{CoO}$ ). Außer diesen giebt es noch einige Sub- und Superoxyde, nämlich solche, die entweder zu wenig oder zu viel Sauerstoff enthalten, um sich mit Säuren zu Salzen zu verbinden.

Die Salze lassen die eigenthümlichen Eigenschaften ihrer Bestandtheile entweder gar nicht oder nur in sehr abgeschwächter Weise hervortreten. Solche Salze, in denen sich Säure und Basis in dieser Weise genau das Gleichgewicht halten (in der Regel hat sich dann in ihnen 1 Atom der Säure mit 1 Atom der Basis verbunden), heißen neutrale Salze; diejenigen, in denen die Basis oder die Säure noch vorwiegend auftritt (entweder weil der betreffende Bestandtheil energichere Eigenschaften besitzt, oder weil er in einer größeren Atomenzahl vorhanden ist als der andere) werden beziehentlich basische oder saure Salze genannt.

Charakteristisch für die meisten Salze ist ihr Vermögen zu krystallisiren und zwar kommt jedem derselben in der Regel eine einzige bestimmte Grundform zu.

Neben diesen wirklichen Salzen, die auch, weil Basis und Säure Sauerstoff enthalten, Sauerstoffsalze genannt werden, giebt es eine Klasse von Verbindungen, welche fast in allen Eigenschaften mit jenen übereinstimmen, aber doch nur Verbindungen erster Ordnung (zweier Elemente mit einander) sind. Es sind dies die Haloidsalze, aus einem metallischen Element und einem der, deswegen so genannten, Salzbildner: Chlor, Fluor, Jod, Brom, bestehend. Das Kochsalz (Chlor und Natrium), der Flußspath (Fluor und Calcium), das Jodkalium (Jod und Kalium) und das Bromsilber (Brom und Silber) sind sehr bekannte Beispiele dafür.

Wie nun sich in den Säuren und Basen ganz so wie bei den einfachen Elementen eine elektropositive und eine elektronegative Natur ausspricht, in Folge deren sie sich zu einander verwandtschaftlich hingezogen fühlen, so sind auch gewisse Salze noch bestrebt, mit einander zu Verbindungen dritter Ordnung zusammenzutreten, sogenannte Doppelsalze zu bilden. Eins der bekanntesten davon ist der Alaun, der aus gleichen Atomen schwefelsaurer Thonerde und schwefelsauren Kali's besteht; besonders zahlreich kommen sie aber als Mineralien in der Natur vor (Braunspath, Leucit, Granat u. s. w.). Man bezeichnet sie, indem man die Zeichen der sie zusammensetzenden Salze durch ein + verbindet, Alaun also durch  $\text{KOSO}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SO}_3$ .

In diesen Doppelsalzen haben wir nun Gelegenheit, ein höchst interessantes Verhalten mancher Elemente und ihrer Verbindungen zu beobachten. Wählen wir beispielsweise den Alaun, den wir auf direktem Wege darstellen können, indem wir in

entsprechenden Mengenverhältnissen schwefelsaures Kali und schwefelsaure Thonerde, zusammen in Wasser aufgelöst, mit einander vermischen. Beim Verdunsten scheiden sich aus der gemeinschaftlichen Lösung schöne oktaëdrische Krystalle ab, die von den Krystallen des schwefelsauren Kali's sowol als von denen der schwefelsauren Thonerde ganz verschieden sind, einen eigenthümlichen Geschmack besitzen und sich dadurch wie auch durch ihre sonstigen Eigenschaften als einen besonderen, chemischen selbständigen Körper, den wir eben Maun nennen, zu erkennen geben. Nehmen wir nun aber ein andermal auf die gesetzliche Menge schwefelsaures Kali nicht das volle Quantum schwefelsaure Thonerde, setzen aber dafür schwefelsaures Eisenoxyd zu, so geht dieses ohne Widerstreben in die Verbindung mit ein; wir erhalten Krystalle von derselben Form, nur daß dieselben statt weiß -- je nach der Menge des an Stelle der Thonerde gesetzten Eisensalzes -- mehr oder weniger grün gefärbt erscheinen. Ja, wir können die Thonerde ganz weglassen und sie durch Eisenoxyd vertreten lassen, die Krystallform des sich bildenden Eisenaunans bleibt ungeändert. Und so können wir auch einen Maun herstellen, der aus schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Chromoxyd besteht und in ganz übereinstimmender Weise mit jenen andern krystallisirt.

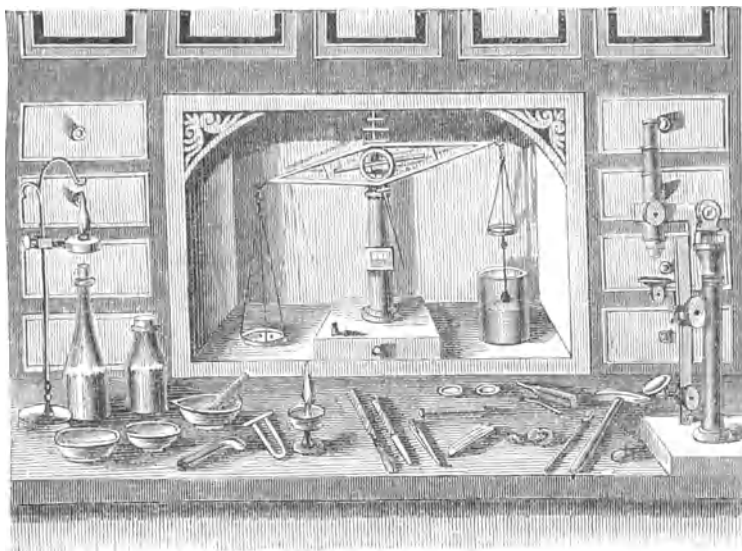


Fig. 4. Geräte des Chemikers.

Thonerde, Eisenoxyd und Chromoxyd können sich also in chemischen Verbindungen gegenseitig ersetzen, ohne daß die Krystallform dadurch beeinflusst wird. Man nennt diejenigen Körper, bei denen dies der Fall ist, isomorphe Körper, und die zuerst von Mitscherlich beobachtete Erscheinung selbst Isomorphie.

Für die Beurtheilung der chemischen Natur zahlreicher Verbindungen ist dies Gesetz von der höchsten Wichtigkeit, denn da die isomorphen Körper sehr zahlreich sind und fest bestimmte Gruppen unter einander bilden, so läßt sich in sehr vielen Fällen erst durch diese Zusammenfassung die chemische Natur oft sehr komplizirt zusammengesetzter Körper (Mineralien) in einfachen, durchsichtigen Formeln ausdrücken. Außer den oben genannten können sich noch vertreten Zinnoxyd, Titansäure und Zirkonerde; — Kalkerde, Talkerde, Eisenoxydul, Manganoxydul, Zinkoxyd; — Schwefelsäure, Chromsäure, Selenensäure, Mangansäure; — Phosphorsäure und Arsensäure u. s. w.

**Apparate und Methoden.** Was nun die verschiedenen, praktisch chemischen Methoden anbelangt, welche angewandt werden, entweder um die Zusammensetzung eines

vorliegenden Körpers, seine einzelnen Bestandtheile und ihre Mengenverhältnisse kennen zu lernen, oder um zusammengesetztere Verbindungen aus einfacheren, einfachere aus zusammengesetzteren darzustellen, so sind dieselben so verschiedenartiger Natur und richten sich in jedem speziellen Falle so nach den tausenderlei begleitenden Umständen, daß es fast unmöglich ist, sie im Allgemeinen erschöpfend zu charakterisiren.

Ein Begriff ist es zunächst, der — von der theoretischen Chemie bei der Betrachtung ihrer Stoffe selbstverständlich vorausgesetzt — die praktischen Arbeiten bestimmend leitet: chemisch rein! Dieser Zauberspruch ist das erste Gebot im Katechismus des Chemikers, welcher jeden Körper nur im Zustande absoluter Reinheit betrachtet und die Reindarstellung seiner Produkte daher nimmer außer Augen lassen darf; daß er deswegen bei seinen Arbeiten stets sich der größten Subtilität und Sauberkeit zu befleißigen hat, um nicht unvorsichtigerweise fremde Stoffe in seine Präparate zu bringen, versteht sich von selbst. Seine Gefäße und Apparate werden aus Materialien hergestellt, die den angreifenden Chemikalien möglichst vollständig widerstehen müssen.



Fig. 5.  
Probirgläschen.

Die wissenschaftliche Chemie und die mancherlei Zweige der Industrie und Technik haben sich gegenseitig unterstützt. Dieselbe Förderung, welche die Naturforschung dem großen praktischen Leben brachte, hat sich rückwirkend wieder segensreich für die stillen Forschungen des Gelehrten erwiesen. Kaum würde die Chemie ihre heutige Stufe der Ausbildung erlangt haben, wenn die früher von ihr gemachten Erfahrungen nicht der Glasmacherei, der Porzellanfabrikation, der Metallurgie so nützliche Gesichtspunkte eröffnet hätten. Glas, Porzellan und Platin sind die wichtigsten Hilfsmittel für den Chemiker, denn aus ihnen bestehen fast ausschließlich die Gefäße, in welchen die chemischen Umwandlungen vorgenommen werden. Die Durchsichtigkeit des Glases macht diesen Körper vorzüglich geeignet für solche Gefäße, welche die eintretenden Veränderungen der darin enthaltenen Substanzen beobachten lassen sollen. Einen der einfachsten und wichtigsten Apparate namentlich des analysirenden Chemikers bilden die

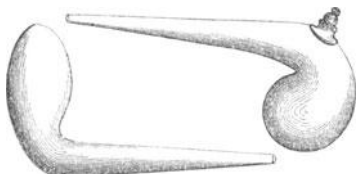


Fig. 6 und Fig. 7. Retorten.

daraus gefertigten kleinen Probirzylinder, in denen die Einwirkung chemischer Reagentien auf die zu untersuchenden Stoffe im Kleinen sichtbar gemacht wird. Sie bestehen aus nichts weiter als aus dünnwandigen Glaszylindern von 4—6 Zoll Höhe und etwa  $\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser (Fig. 5), aber man kann vielleicht behaupten, daß ihr Gebrauch für die heutige Kultur ebenso folgenreich und för-

dernd gewesen ist wie die Einführung von Metalltypen an Stelle der geschnittenen Holzbuchstaben. Könnte der Chemiker seine Versuche, die er jetzt alle zuerst in kleinen, unscheinbaren Probirgläschen ausführt, zum Beispiel nur in undurchsichtigen Porzellan- oder Metallgefäßen vornehmen, so würden ihm tausenderlei Veränderungen und Erscheinungen verborgen bleiben, auf die hin er seine Schlüsse fast mit unfehlbarer Sicherheit machen kann. Die leichte Gestaltbarkeit des Glases ist von nicht minderer Bedeutung, denn sie erlaubt die Herstellung von Apparaten in jeder nur denkbaren Form, wie sie den Umständen nur immer entsprechen mag. Und neben den einfach gestalteten Kolben, Retorten, Trichtern erblicken wir in den Laboratorien zahlreiche, auf das Mannichfaltigste und Komplizirteste zu speziellen Zwecken erdachte Apparate, welche der Glasbläser wie spielend aus einigen Stücken starker Glasröhren zu blasen und zu formen versteht.

Und wozu sich das Glas seiner leichten Zerbrechlichkeit wegen oder wegen der geringeren Widerstandsfähigkeit, höheren Hitzegegenüber, weniger eignet, da tritt das Porzellan ein, aus welchem vorzüglich Schmelztiegel, Abdampffchalen, Säßen, Trichter u. s. w. hergestellt werden. Das Platin aber, leider für ausgedehntere praktische Verwendung noch zu theuer im Preise, ist ein unentbehrliches Material für Drähte, Bleche, Tiegel, die bei Schmelzungen und Röhrohrversuchen, wo es auf absolute Unangreifbarkeit ankommt, in Gebrauch kommen. Ein nur halbwegs vollständiger chemischer Apparat besteht daher aus einer großen Anzahl von einzelnen Geräthen, deren Aufzählung wir hier, wo wir ihren speziellen Gebrauch nebenshergehend nicht mit erläutern können, auch nicht versuchen wollen.

Die Methoden nun, deren man sich in der Chemie theils zur Herstellung neuer Verbindungen, zur Umwandlung gegebener in andere, theils zur Zerlegung und zur Abscheidung der Bestandtheile bedient, sind nicht minder mannichfaltig, und alle Erfahrungen, welche Physik und Chemie gesammelt haben, werden in zweckentsprechender Weise augenblicklich zu Schlüsseln, um das noch Verborgene zu öffnen. Es ist natürlich, daß, da der chemische Prozeß selbst nichts Anderes ist als ein Addiren oder Subtrahiren von Stofftheilchen mit den ihnen eigenthümlichen Kräften, in Folge dessen ja auch sehr gewöhnlich physikalische Kräfteäußerungen, Licht-, Wärme-, Elektrizitätserscheinungen begleitend mit auftreten, daß das direkte Einwirken dieser Kräfte von außen umgekehrt auch von wesentlichem Einfluß auf chemische Verbindungen sein muß. Und wie wir in der Geschichte der Chemie schon gesehen und bereits im II. Bande bei den galvanischen Strömen erwähnt haben, daß man mit Hilfe der Elektrizität das Wasser in seine Bestandtheile zerlegt und aus den Alkalien und Erden die metallischen Elemente zuerst gesondert darzustellen hat, so werden wir auch schließen können, daß die übrigen physikalischen Kräfte nicht minder beachtenswerthe Wirkungen auszuüben im Stande sein müssen. Namentlich ist die Wärme in dieser Beziehung von großer Bedeutung. Dadurch schon, daß sie den Aggregatzustand der Körper zu verändern vermag, wird sie zu einem der bedeutungsvollsten Scheidemittel. Mit ihrer Hilfe können wir schmelzbare Körper von unschmelzbaren trennen; solche, die sich bei höherer Hitze in Dampf verwandeln lassen, von solchen, welche ihren Aggregatzustand behalten, auf einfache Weise durch Sublimiren oder Destilliren scheiden. Und diese beiden einfachsten Methoden sind denn auch in der allerausgedehntesten Anwendung.

Das Sublimiren bezweckt die Verflüchtigung fester Körper und die nachherige



Fig. 8. Sublimiren.

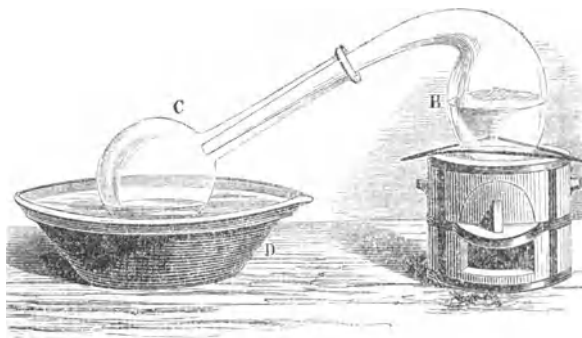


Fig. 9. Destilliren.

Wiedergewinnung derselben aus den kondensirten Dämpfen. Wenn man pulverisirtes Benzoharz langsam in einer Porzellanschale erhitzt, so entwickeln sich aus demselben Dämpfe, die sich an der Luft zu weißen Nebeln verdichten. Diese Dämpfe sind ein eigenthümlicher Stoff, Benzoesäure, welche im Benzoharz enthalten, aber weil sie flüchtig ist, sich in der Hitze von ihm trennt. Fängt man sie auf, etwa unter einem Papiertrichter (Fig. 8), durch dessen niedrigere Temperatur sie eine Abkühlung erleiden, so setzen sie sich an den Innenwänden desselben in schönen Krystallen ab. Auf ähnliche Weise kann man feste Sodkrystalle durch Erhitzen in einer Retorte in einen schön violetten Dampf verwandeln, der sich an den kälteren Theilen wieder zu glänzenden Krystallen verdichtet. Das Destilliren beabsichtigt sowohl

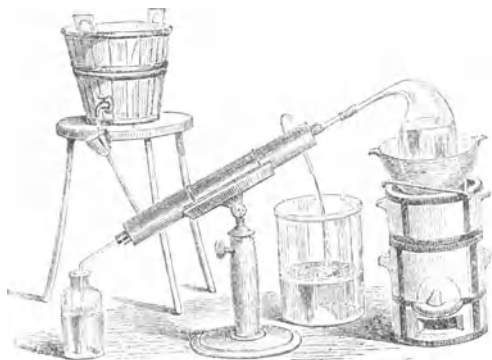


Fig. 10. Destillirapparat.

die Trennung verdampfbarer Flüssigkeiten von konstanten, als auch die Scheidung solcher von einander, die bei verschiedenen Temperaturgraden, ohne sich zu zersetzen, Dampfform annehmen. Man kann deswegen z. B. nicht blos ätherische und fette Oele durch Destillation von einander trennen, sondern aus einem Gemisch von ätherischen Oelen lassen sich, indem man die Erwärmung ganz allmählig steigert und bei gewissen Graden längere Zeit anhalten läßt, diejenigen Oele für sich abtreiben, welche bei der betreffenden Temperatur ihren Siede-

punkt haben, während andere dabei noch nicht in den dampfförmigen Zustand übergehen. Der einfachste Destillationsapparat besteht aus einer Retorte B (Fig. 9), in welche dies zu destillirende Gemisch gegeben wird. Der Hals der Retorte führt die Dämpfe in einen Kolben C (die Vorlage); hier erleiden sie, entweder schon durch die äußere Luft oder durch Anwendung von Kühlwasser D, eine Abkühlung, in Folge deren sie sich wieder zur Flüssigkeit verdichten. Je kühler die Vorlage gehalten wird, um so vollständiger erfolgt diese Verdichtung, und ein sehr zweckmäßiger, von Liebig angegebener Kühlapparat erreicht seinen Zweck auf die durch die Zeichnung (Fig. 10) angegebene Weise. Die Dämpfe gehen hier, ehe sie in die Vorlage gelangen, durch ein ziemlich langes Rohr, welches von einem weiteren, mit dem Kühlwasser angefüllten, Rohre umgeben ist. Dieses Abkühlungsrohr empfängt in einem ununterbrochenen Strahle aus einem darüber stehenden Gefäß kaltes Wasser und zwar tritt dasselbe an dem tiefstgelegenen Ende ein, während

Fig. 11.

Fig. 12.

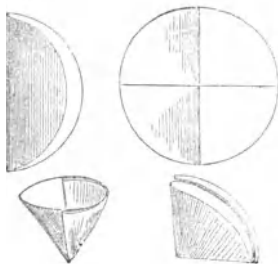


Fig. 13.

Fig. 14.

Anfertigung der Filter.

aus dem höchstgelegenen Ende ein Ausflusrohr das überschüssige abführt. Auf diese Weise bleibt die Abkühlung immer konstant, denn wie das Wasser sich erwärmt, zieht es sich in Folge des Leichterwerdens in der geneigten Röhre in die Höhe und an seine Stelle tritt von unten her kühleres. In der Praxis sind die Kühlvorrichtungen noch mannichfach komplizirt und wir werden besonders bei der Branntweinbrennerei Gelegenheit haben, mehrere derselben einer eingehenderen Betrachtung zu unterwerfen.

Die Hitze erzeugt sich der Chemiker durch Verbrennung. In für seine besonderen Zwecke auch besonders eingerichteten Oefen zerlegt, schmilzt, verdampft er mit Holz-



Kohlenfeuer; zu niedrigerer Temperatur genügt die Flamme der Spirituslampe, entweder der gewöhnlichen von der allbekannteren Form oder der sogenannten Verzelius-Lampe, welche unter Anwendung eines hohlen runden Doctes und doppelten Luftzuges, wie die Argand'schen Lampen, eine sehr beträchtliche Hitzeentwicklung gestattet. In neuerer Zeit hat indessen in größeren Laboratorien der Verbrauch des Spiritus als Brennmaterial eine ziemliche Einschränkung erlitten, da man zweckmäßigerweise sich der Gasfeuerung in besonderen Lampen, sogenannten Bunsen'schen Brennern, bedient (siehe Spektroskop, Bd. II, S. 186).

Um nun durch gegenseitige chemische Einwirkung seine Zwecke zu erreichen, hat der Chemiker sein Hauptaugenmerk darauf zu richten, die verschiedenen Stoffe mit einander in möglichst vollständige Berührung zu bringen. Feste Körper unter sich bieten einander zu wenig Berührungspunkte; wo es irgend thunlich ist, wird deshalb immer der flüssige Zustand herbeizuführen gesucht, und es bildet daher die Auflösung den Ausgangspunkt der chemischen Operationen, wenn es sich um die chemische Veränderung eines festen Körpers handelt. Die Auflösung kann in schmelzenden Körpern erfolgen, oder aber auch, wie es häufiger der Fall ist, in Flüssigkeiten. Solche sind vor allen Dingen das Wasser und der Alkohol; sie sind, weil sie sich bei den chemischen Prozessen in der Regel neutral verhalten, ein ausgezeichnetes Mittel, um eine Sonderung der löslichen Bestandtheile von den unlöslichen zu bewirken. Neben ihnen treten dann die Säuren, namentlich Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser, Schwefelsäure, Flußsäure u. s. w., als kräftige Lösungsmittel auf. Diese aber bewirken schon eine chemische Umwandlung der in ihnen sich lösenden Stoffe, indem sie ganz oder zum Theil mit in die Verbindung eingehen und Salze bilden.

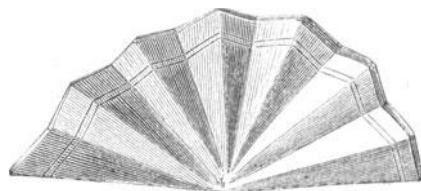


Fig. 15. Anfertigung des Faltenfilters.

Da sich durch Filtriren die gelösten von den ungelöst gebliebenen Bestandtheilen leicht trennen lassen, so ist die wiederholte Auflösung in Wasser, Alkohol oder dergleichen ein sehr häufig angewendetes Reinigungsmittel für lösliche Körper, Salze u. s. w., die sich aus dem Lösungsmittel beim Verdunsten desselben oder in niedrigerer Temperatur, wo dasselbe nicht mehr so viel davon aufzunehmen vermag, wieder ausscheiden. Als Filtrirmitel eignen sich alle porösen Körper, welche auf die durchgehenden Flüssigkeiten keine chemische Einwirkung ausüben; am bequemsten für die meisten Zwecke, bei denen nicht zu große Massen in Anwendung kommen, erweist sich Fließpapier, welches in der bekannten und durch die Figuren 11—14 veranschaulichten Weise zu einem trichterförmigen Saek zusammengebrochen wird, den man, um ihm mehr Halt zu geben, in einen Glas- oder Porzellantrichter steckt. Bricht man das Filter in Falten (Fig. 15 und 16), so vergrößert man dadurch die freie Oberfläche, und das Durchsickern der Flüssigkeit erfolgt bei weitem rascher. Das Filtriren nun, oder vielmehr die Löslichkeit der verschiedenen chemischen Verbindungen, ist das bei weitem wichtigste mechanische Hilfsmittel, dessen sich der Chemiker bei seinen Operationen bedient. In den seltensten Fällen nur ist es ihm möglich, wie etwa bei der Zersetzung des Wassers durch den galvanischen Strom, die einzelnen Bestandtheile ohne Weiteres gesondert und für sich zu erhalten, oder umgekehrt durch das Zusammenbringen elementarer Stoffe direkt die Verbindung derselben zu bewirken, wie sich z. B. Schwefel und Eisen, Chlorgas und Wasserstoffgas von selbst und



Fig. 16. Faltenfilter.

ohne andern Anstoß von außen, als ihn etwa Wärme und Licht zu geben vermögen, vereinigen.

Fast immer werden Umwege eingeschlagen, um einen gewissen Zweck zu erreichen. Und wenn Faust seinen Vater, den dunkeln Ehrenmann,

Der in Gesellschaft von Adepten  
Sich in die schwarze Küche schloß  
Und nach unendlichen Rezepten  
Das Widrige zusammengoß,

mit seinen alchemistischen Bestrebungen ironisirt, so scheinen, äußerlich genommen, die dort geschilderten Methoden:

Da wird ein rother Leu, ein kühner Freier,  
Im lauen Bad der Lilie vermählt,  
Und beide dann im offenen Flammenfeuer  
Aus einem Brautgemach in's andere gequält,

auch auf die heutigen chemischen Operationen manche Anwendung finden zu können. Aber auch nur äußerlich genommen; denn die neuere Chemie verwendet ihre Mittel nicht ohne klare Kenntniß von deren Wirkung, und weiß den Erfolg derselben im Voraus zu schätzen. Sie probirt nicht und läßt sich nicht überraschen durch das, was ihr zufällig entgegentritt, sondern sie beabsichtigt ihre Erfolge und erforscht den Charakter ihrer Stoffe, indem sie deren Verhalten unter gewissen genau bekannten Bedingungen und Umständen beobachtet, die hervorzurufen ihr unendlich mannichfaltige Mittel und Wege zu Gebote stehen.

Das bewegende Prinzip, welches alle chemischen Veränderungen, aufbauende wie zersetzende Prozesse, bewirkt, ist dasjenige, was wir kurzweg chemische Verwandtschaft der Stoffe nennen. Diese gegenseitige Anziehung hört damit, daß ein Körper mit einem andern sich vereinigt, nicht auf. Die einzelnen Bestandtheile sind durch ihre Verbindung nur der Einwirkung chemisch schwächerer wirkender Affinitäten entrückt, stärkeren Angriffen unterliegt aber der geschlossene Bund und er zerfällt, indem die einzelnen Glieder der intensiver auftretenden Neigung folgen. In der Soda ist das Natron mit Kohlensäure verbunden, die Verwandtschaft zwischen beiden ist aber von nur geringer Kraft und die schwache Kohlensäure räumt ihren Platz an der Seite des Natrons augenblicklich jeder stärkeren Säure, die sich in die Verbindung eindringen will. Gewöhnlicher Essig schon bewirkt in Sodalösung ein Aufbrausen, es entweicht die Kohlensäure als Gas, indem sich in der Lösung essigsaures Natron bildet. Die Salpetersäure vermag wieder die Essigsäure auszutreiben und wenn wir salpetersaures Natron mit Schwefelsäure erhitzen, so tritt die Basis mit der letztgenannten Säure zu schwefelsaurem Natron zusammen, während die Salpetersäure entweicht. Wie es stärkere und schwächere Säuren giebt, so giebt es auch stärkere und schwächere Basen; die Oxide der Edelmetalle sind sehr schwache, die Alkalien sehr starke Basen.

Gilt es nun als Regel, daß eine stärkere Basis oder Säure eine schwächere aus ihren Verbindungen austreibt, so erleidet dies auch Ausnahmen. Es kann eine starke Säure oder Basis von einer viel schwächeren ausgetrieben werden, wenn dadurch eine neue Verbindung von größerer Beständigkeit physikalischen Einflüssen gegenüber entsteht, namentlich wenn sich ein Niederschlag bilden oder die stärkere Basis oder Säure als flüchtiges Gas entweichen kann.

Die Wechselwirkung zusammengesetzter Verbindungen auf einander unterliegt denselben Gesetzen. Ihre unendlich verschiedenen Resultate lassen sich daher von vornherein bestimmen, was für die technische Chemie von der größten Wichtigkeit ist. Eine

Lösung von salpetersaurem Kalk, mit kohlen-saurem Kali zusammengebracht, tauscht ihre Bestandtheile ohne Rest und Ueberschuß so aus, daß sich kohlen-saurer Kalk als unlöslicher Niederschlag ausscheidet und salpetersaures Kali in Lösung bleibt. Wird Schwefelkalkium zu schwefelsaurem Kupferoxyd gesetzt, so geht der Sauerstoff des Kupferoxyds an das Kalium und das so entstehende Kali verbindet sich mit der Schwefelsäure, während der frei werdende Schwefel mit dem Kupfer unlösliches Schwefelkupfer bildet und als schwarzer Niederschlag ausfällt. Man hat die Beziehungen zwischen zusammengesetzteren Körpern wol auch doppelte Wahlverwandschaft genannt.

**Reaktionen und Reagentien.** Wenn ein Körper seine chemische Zusammensetzung ändert, so treten dabei mancherlei Erscheinungen auf. Gasartige Bestandtheile können entweichen, in der Auflösung können unlösliche Verbindungen entstehen, welche die vorher klare Flüssigkeit trüben und sich aus derselben als ein Niederschlag absetzen, oder aber es kann sich auch die neu entstehende Verbindung von der früheren durch andere Farbe unterscheiden. Solche Erscheinungen, wenn sie nur durch die Einwirkung zweier Körper auf einander hervorgerufen werden und durch charakteristische Eigenthümlichkeiten besonders auffallend hervortreten, werden, wo sie eintreten, immer die gleichzeitige Gegenwart der betreffenden zwei auf einander wirkenden Stoffe anzeigen. Vermuthet man den einen in einer Verbindung, so wird man seine Gegenwart oder Abwesenheit erkennen können, wenn man den andern zusetzt. Tritt die bekannte Veränderung ein, so ist er vorhanden; bleibt sie aus, so findet sich jener Körper in der fraglichen Verbindung nicht vor. Wenn man z. B. einen kleinen Krystall von Eisenvitriol in Wasser löst und von dieser Lösung einige Tropfen in eine Lösung von dem bekannten gelben Blutlaugensalz gießt, so wird man augenblicklich einen blauen Niederschlag sich bilden sehen, der aus einer ganz bestimmten Verbindung (dem sogenannten Berliner Blau) besteht und so charakteristisch gefärbt ist, daß er mit nichts Aehnlichem verwechselt werden kann. Er entsteht stets, aber auch nur, wenn Eisenslösung mit Blutlaugensalz zusammengebracht wird. Daraus kann man nun mit Recht ableiten, daß in einer Flüssigkeit, welche beim Zutropfeln von Blutlaugensalz eine entsprechende blaue Färbung zeigt, Eisen enthalten sein muß, und umgekehrt, daß eine Lösung Blutlaugensalz enthält, wenn sich durch Zusatz von Eisenslösung jener Niederschlag in ihr bildet.

Dergleichen charakteristische Erscheinungen nennt der Chemiker Reaktionen (gegenseitige Einwirkungen) und die sie bewirkenden Stoffe Reagentien. Eisenvitriol ist also ein Reagens auf Blutlaugensalz, wie Blutlaugensalz ein Reagens auf Eisenvitriol ist. Solcher Reaktionen und Reagentien giebt es sehr zahlreiche. Es versteht sich, daß die Anwendung der letzteren immer in chemisch reinem Zustande erfolgen muß. Das Entstehen von unlöslichen oder schwer löslichen Verbindungen, Niederschlägen, erfährt insofern die ausgebehnteste Berücksichtigung, weil es zugleich das Mittel in die Hand giebt, die erkannten Stoffe abcheiden und die noch in der Lösung befindlichen für sich weiter untersuchen zu können.

Gewisse Reagentien zeigen nun gleich ganze Gruppen an, und mit ihrer Hülfe kann man dieselben von anderen trennen; wie ja z. B. Wasser und Alkohol lösliche von unlöslichen Stoffen abcheiden lassen. Andere wieder treten nur einzelnen ganz bestimmten Körpern gegenüber in Kraft und lassen dann diese mit Sicherheit erkennen.

Die hauptsächlichsten Reagentien, die sich in jedem chemischen Apparat vorfinden müssen, sind nun etwa die folgenden: Wasser, Alkohol, Aether als indifferente Lösungsmittel; Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser, Essigsäure, Salmiaklösung als chemische Lösungsmittel. Reagenspapier, d. i. Fließpapier mit Pflanzenfarbstoffen gefärbt; blaues zeigt durch Rothwerden die Gegen-

wart von Säuren, rothes durch Blauwerden die Gegenwart von Alkalien an. Solch gefärbtes Papier ist also gleich ein Reagens, welches zur Charakterisirung ganzer Gruppen dient. Ihm schließen sich an: Die Schwefelsäure, bildet Niederschläge mit Baryt, Strontian, Blei. Der Schwefelwasserstoff, entweder als Gas oder in Wasser gelöst, schlägt aus ihren Lösungen Blei, Kupfer, Zinn, Antimon, Arsen, Cadmium, Mangan, Zink, Silber, Wismuth als Schwefelverbindungen (Schwefelmetalle) nieder. Von diesen sind einige, wie das Schwefelcadmium, Schwefelarsenik u. s. w., so charakteristisch gefärbt, daß der Schwefelwasserstoff für dieselben auch als ausgezeichnetes spezielles Erkennungsmittel dient. Schwefelammonium (Schwefelwasserstoffammoniak) fällt diejenigen Metalle als Schwefelverbindungen, denen der Schwefelwasserstoff nichts anhaben konnte, also Eisen, Kobalt, Nickel, Chrom u. s. w., ebenso Thonerde; außerdem löst es von den durch Schwefelwasserstoff niedergeschlagenen Schwefelmetallen einige, wie das Schwefelarsen, Schwefelzinn, wieder auf und ist somit in doppelter Weise werthvoll. Schwefelkalium, dieselben Niederschläge wie das vorige bewirkend. Alkali schlägt die meisten in Wasser unlöslichen Metalloxyde und Erden nieder; im Ueberschuß angewandt, löst es einige davon, wie die Thonerde, das Chromoxyd, Bleioxyd, wieder auf und wird daher angewandt, wo es sich darum handelt, diese von den anderen, wie Eisenoxyd u. s. w., zu trennen. Kohlensaures Kali fällt alle Basen, mit Ausnahme der Alkalien. Ammoniak dient zur Fällung der Metalloxyde, von denen es einige, Kupfer, Silber, Cadmium, Zinn u. s. w., im Ueberschuß wieder auflösen und von den anderen trennen kann. Kohlensaures Ammoniak. Chlorbarium dient zur Entdeckung der Schwefelsäure, mit welcher es einen ganz unlöslichen weißen Niederschlag giebt. Eben so wirken salpetersaurer Baryt und Chlorcalciumlösung. Salpetersaures Silberoxyd, Höllesteinlösung, dient zur Erkennung des Chlors und der Salzsäure, mit denen es einen weißen, in Ammoniak löslichen Niederschlag von Chlor Silber giebt. Eisenchlorid dient zur Erkennung der Blausäure und ist außerdem mit dem Chlorcalcium für die Erkennung der organischen Säuren von Wichtigkeit.

Solche Reagentien, durch welche einzelne Körper auf charakteristische Weise nachgewiesen werden, sind nun (natürlich ebenfalls wie die vorhergenannten in wässrigen Lösungen verstanden): Phosphorsaures Natron als Reagens auf Bittererde, Magnesia. Antimonsaures Kali als Reagens auf Natron. Chromsaures Kali zur Prüfung auf Blei, mit welchem es einen schön gelb gefärbten Niederschlag giebt. Cyankalium, sehr wichtig wegen seiner Fähigkeit, die Metalle als Cyanverbindungen zu fällen und einzelne im Ueberschuß wieder aufzulösen, besonders aber zur Trennung des Nickels vom Kobalt, sowie des Kupfers vom Cadmium angewandt. Gelbes Blutlaugensalz giebt mit Eisenoxydsalzen einen blauen, mit Kupferoxydsalzen einen braunrothen Niederschlag. Roths Blutlaugensalz giebt dieselben Niederschläge mit den entsprechenden Oxidulsalzen. Kieselfluorwasserstoffsäure, sowol zur Trennung der Basen in solche, welche darin löslich, und in solche, welche darin unlöslich sind, als auch zur Erkennung des Baryts angewandt. Oxalsäure zum Nachweis und der Abscheidung des Kalkes, ebenso das oxalsaure Ammoniak. Weinstein säure ist ein Reagens auf Kali. Nitzbarht wird zum Fällen mancher Basen, besonders aber zum Nachweis von Kohlensäure, mit der es einen weißen Niederschlag bildet, angewandt. Zinnchlorür giebt mit Gold einen charakteristischen rothen Niederschlag. Umgekehrt ist Goldchlorid ein Reagens auf Zinn. Platinchlorid weist Chlorcalcium und Chlorammonium nach. Zink in metallischer Form scheidet Silber, Kupfer, Blei und andere Metalle aus ihren Lösungen in

regulinischem Zustande aus und dient namentlich zur Fällung des Antimons und des Zinns. Eisen wird in derselben Weise zum Nachweis von Kupfer und Kupfer zur Erkennung von Quecksilber angewandt.

Nächst diesen dienen noch zu verschiedenen speziellen Zwecken im Gange der chemischen Analyse: essigsaures Kali, Aetzalkali, schwefelsaurer Kalk, Chlormagnesium, Eisenvitriol, essigsaures Bleioxyd (Bleizuckerlösung), Bleioxyd, Wismuthoxydhydrat, schwefelsaures Kupferoxyd, Chlorwasser, salpetersaures Quecksilberoxydul, Indigolösung u. s. w.

Neben den genannten Reagentien sind eine Anzahl anderer noch in Gebrauch, die sich auf trockene Untersuchungsmethoden mittels des Löthrohrs u. s. w. beziehen, deren Aufzählung wir uns aber ersparen. Selbstverständlich kann jeder chemische Körper, der bei seiner Einwirkung auf einen anderen eine entschiedene und merkbare Veränderung hervorbringt, als ein Reagens angesehen werden, und es ist somit für die unendlich mannichfachen Fälle der Praxis auch die Zahl derselben durch die oben angeführten lange nicht erschöpft. Die Anwendung erfolgt in strenger Planmäßigkeit, und in der Entwicklung seiner Dispositionen, in der Kombination der geeignetsten Mittel, in der Entwicklung der zweckmäßigsten Methoden für den gerade vorliegenden Fall zeigt sich das Genie des Chemikers.

Wir können es nicht unternehmen, ein Gesamtbild davon entwerfen zu wollen, wie die unzähligen chemischen Produkte hergestellt werden; es würde dies bei der Verschiedenheit der Wege, welche zu gleichen Zielen führen können und die je nach den eintretenden Umständen fortwährend Abänderungen erfahren, geradezu unmöglich sein. Uebrigens werden wir im Verlaufe dieses noch oft genug Veranlassung haben, einzelne Fälle genauer zu betrachten. Dagegen erscheint es am Platze, um eine Vorstellung davon zu gewinnen, wie die chemischen Einwirkungen mannichfach benutzt werden, dem Gange einer chemischen Analyse zu folgen, und wir wählen dazu als konkretes Beispiel die Untersuchung eines unbekanntes Minerals, in welchem wir also alle nur möglichen anorganischen Elemente vorauszusetzen und dieselben durch die chemische Untersuchung als vorhanden oder als nicht vorhanden nachzuweisen haben.

**Analyse.** Da bei einem zusammengesetzten Gemenge mehrerer Stoffe weder das äußere Ansehen, noch spezifisches Gewicht, Dichtigkeit, Verhalten gegen Elektrizität, Magnetismus u. s. w. uns einen sicheren Anhalt über die Art seiner Bestandtheile geben können, so werden dergleichen physikalische Untersuchungen, wenn sie gleich nicht zu vernachlässigen sind, doch nur als Voruntersuchungen dienen können. Das bestimmte Resultat können wir nur von der gründlichen chemischen Analyse erwarten.

Zuerst wird durch mechanische Scheidung der fragliche Körper von allen zufällig beigemengten Stoffen gesondert, so daß wir eine durch und durch gleichartige Masse vor uns haben; ein Stück Granit würde z. B. nicht im Ganzen analysirt werden, sondern seine mineralischen Bestandtheile Quarz, Feldspath, Glimmer wären vorher auszufuchen, vielleicht in ihrem gegenseitigen Mengenverhältniß zu bestimmen und sodann erst gesondert für sich zu behandeln.

Um die fragliche Substanz nun aufzulösen, pulverisirt man sie, wenn sich dies nöthig macht, auf das Feinste in einem Mörser von Achat oder hartem Stahl, bei welchen Stoffen man sicher ist, daß sie nicht durch abgeriebene Partikelchen die Masse verunreinigen, und zieht das Pulver zuerst mit Wasser aus. Löst es sich in demselben vollständig, so ist damit die Anzahl der aufzufindenden Stoffe schon sehr beschränkt. Löst sie sich aber nicht oder nur zum Theil, so muß man zu itärekern Aufschließungsmitteln greifen, und man wendet der Reihe nach Salzsäure, Sal-

petersäure, Königswasser an; ja wenn auch diese, wie es bei kieselhaltigen Mineralien häufig der Fall ist, ein vollständiges Auflösen nicht bewirken, so schmilzt man die unlösliche Masse mit kohlenfaurem Kali, Natron oder Baryt u. s. w. oder mit einem Gemenge von mehreren dieser Körper, oder aber man behandelt sie mit Flußsäure, die man aus pulverisirtem Flußspath und Schwefelsäure entwickelt. Natürlich wird man diejenigen Stoffe, die man als Lösungsmittel mit in die Masse hineinbringt, zuletzt nicht als vorher in dem Körper enthalten gewesen betrachten dürfen, und wenn man sie darin vermuthet, eine Prüfung daraufhin mit einer besonderen Portion vorzunehmen haben.

Genug, wir haben auf eine oder die andere Methode den vorher festen Körper in wässriger Lösung erhalten. Ganz unlöslich könnten in der That nur sehr wenige Substanzen wie etwa Kohlenstoff bleiben, die sich aber leicht abfiltriren und erkennen lassen. In die wässrige Lösung, welche man, wenn zu viel freie Säure (durch Röthen des blauen Lackmuspapiers angezeigt) in ihr enthalten sein sollte, zuerst mit vielem Wasser zu verdünnen hat, wird nun Schwefelwasserstoffgas bis zur Sättigung geleitet. Dadurch fallen die Metalle Blei, Silber, Wismuth, Kupfer, Cadmium, Quecksilber, Gold und Platin als Schwefelverbindungen nieder. Man wird zwar in einzelnen Fällen, wo Salzsäure zur Lösung angewandt wurde, nicht alle derselben zu vermuthen haben, denn einzelne, wie Silber, Blei u. s. w., lösen sich darin nicht auf, denn ihre Chlorverbindungen sind unlöslich; eben so löst sich das Zinn nicht in Salpetersäure auf; sie lassen sich also schon von vornherein durch Abfiltriren trennen und leicht bestimmen. Wenn aber ein solches vorheriges Ausschcheiden nicht vorausgesetzt werden kann, weil vielleicht keine der fraglichen Säuren in Anwendung gekommen ist, so muß man in dem durch Schwefelwasserstoffgas verursachten Niederschlag auch die genannten Metalle vermuthen. Die abfiltrirte Lösung wird aber frei davon geworden sein. Aus ihr fällt man nun durch Zusetzen von Schwefelammonium den Rest der etwa noch vorhandenen Metalle, bestehend aus den Schwefelverbindungen von Eisen, Kobalt, Nickel, Zink, Mangan, Chromoxyd und Thonerde, filtrirt wieder ab und setzt der durchgelaufenen klaren Flüssigkeit Salmiak und kohlehsaures Ammoniak zu. Durch diese beiden Reagentien wird eine Fällung aller alkalischen Erden bewirkt, wenn solche in der Lösung vorhanden waren; ein entstehender Niederschlag kann also enthalten: Kalkerde, Baryt, Strontian.

Nun kann von Basen in der Flüssigkeit (außer dem Ammoniak, welches durch die Reagentien hineingebracht worden ist) nur noch Magnesia, ferner Kali, Natron und Lithion enthalten sein. Einzelne Elemente, wie Beryllerde, Ceroxyd, Uran und dergleichen, haben wir, weil sie sehr selten nur vorkommen, vor der Hand nicht berücksichtigt; man thut dies in der Praxis auch nur, wo man einen bestimmten Grund hat, ihre Gegenwart annehmen zu müssen. Die Magnesia aber weist man nach, indem einem Theile der nun zum vierten Male filtrirten Flüssigkeit phosphorsaures Natron zugefügt wird; ein entstehender weißer Niederschlag würde auf die Anwesenheit von Magnesia hindeuten. Die Alkalien, unter denen namentlich Kali und Natron von Bedeutung sind, weil außer ihnen sehr selten ein anderes in größerer Menge auftritt, erkennt man ziemlich leicht. Ob überhaupt in der schließlich vorhandenen Flüssigkeit ein fester Stoff noch in Lösung sich befindet, das zeigt sich, wenn ein Tropfen davon auf einem erhitzten Platinbleche verdunstet wird; ein weißer Rückstand beantwortet die Frage mit Ja. Ist blos einer der beiden vermutheten Körper noch vorhanden, so giebt die Böhrohrflamme schon genügende Auskunft darüber, denn sie wird durch die geringste Menge Kali violett, durch Natron aber gelb gefärbt. Wenn

aber beide gleichzeitig auftreten, so ist Platinchlorid ein Reagens auf Kali, mit dem dasselbe einen gelben Niederschlag giebt, antimonsaures Kali aber ein Nachweis für Natron, denn das durch ein Zusammentreten beider sich bildende antimonsaure Natron ist unlöslich und scheidet sich als ein weißer Niederschlag aus.

Durch die successiv vorgenommenen Ausfällungen haben wir nun zwar schließlich den Gehalt der Lösung an Basen erschöpft und dieselben in Familien getrennt, es ist uns aber eben deswegen — mit Ausnahme vielleicht der Magnesia, des Kali's und Natrons — noch keiner der Bestandtheile für sich bekannt geworden. Wir müssen daher die einzelnen Niederschläge einer gesonderten weiteren Behandlung unterwerfen. Dazu ist vor allen Dingen wieder eine vollständige Reinheit derselben nothwendig, welche nur durch ein längeres Auswaschen auf dem Filter zu erreichen ist.

Der zuerst unter Anwendung von Schwefelwasserstoff erhaltene Niederschlag wird, wenn er eine ganz reine charakteristische Farbe hat, schon einen Schluß auf bestimmte Metalle zulassen, welche die Gegenwart anderer ausschließt. Ist die unlösliche Schwefelverbindung rein gelb, so kann er von Schwefelarsenit, Zinnoxyd oder von Cadmiumoxyd herrühren; eine orange Färbung würde auf Antimon hindeuten, mit dem aber die vorgenannten Metalle zugleich vorhanden sein können; wenn der Niederschlag indessen dunkel, braun, schwarz oder schmutzig gefärbt ist, so können alle möglichen Metalle, welche überhaupt eine Fällung durch Schwefelwasserstoff erleiden, darin enthalten sein. In diesem Falle behandelt man den Niederschlag mit Schwefelammonium oder Schwefelkalium, in welchen Reagentien sich die Schwefelverbindungen von Arsenit, Antimon, Zinn, Gold und Platin lösen, und trennt so die eben genannten Metalle von den in Schwefelantimonium unlöslichen Cadmium, Kupfer, Blei, Wismuth, Quecksilber und Silber. Die letzteren löst man dagegen in Salpetersäure; durch Zusatz von Salzsäure kann man dann Quecksilber, Blei und Silber als Chlorometalle ausscheiden, von denen das Chlor Silber in Ammoniak löslich ist, das Chlorblei nicht. Für Cadmium, Kupfer, Wismuth giebt es weiterhin entsprechende Scheidungsmethoden und ebenso für die im Schwefelammonium aufgelösten Metalle. Der zweite durch Zusatz von Schwefelammonium aus der ursprünglichen Lösung ausgefällte Niederschlag, ebenso wie die durch kohlenstoffsaures Ammoniak ausgeschiedenen Erden, werden jeder für sich in entsprechend ähnlicher Art wieder gelöst und durch geeignete Scheidungsmittel in immer kleinere, scharfer charakterisirte Sippen gesondert, bis so nach und nach endlich die einzelnen Elementarbestandtheile sich trennen lassen. Es würde uns zu weit führen, die einzelnen Reaktionen hier zusammenzustellen, und wir begnügen uns, um die Klarheit des Bildes nicht zu verwirren, mit diesen andeutenden Bemerkungen. Dabei versteht es sich zugleich von selbst, daß die Bestimmung der Säuren, welche in dem zu untersuchenden Körper mit den Basen, deren Auffindung wir vor der Hand allein berücksichtigt haben, verbunden gewesen sind, einen nicht minder systematischen Weg einschlägt; ebenso wol aber auch, daß diese Methoden je nach den Umständen mannichfache Umänderungen erleiden, zu denen das Auftreten gewisser Bestandtheile, die Einwirkung der angewandten Reagentien u. s. w. Veranlassung werden.

Die quantitative Analyse, das ist diejenige Zerlegung und Untersuchung der Körper, welche nicht nur auf Erkennung der zusammensetzenden Bestandtheile ihrer Art nach ausgeht, wie die qualitative Analyse, sondern die ihre besondere Aufgabe darin sieht, die Gewichtsverhältnisse zu bestimmen, unter denen die verschiedenen Stoffe mit einander verbunden gewesen sind, verfolgt zwar im großen Ganzen dieselben Methoden der Trennung, in der Regel aber kompliziren sich diese sehr wesentlich dadurch, daß es bei ihr auf vollständige Trennung der einzelnen Substanzen von

einander ankommt und daß deswegen immer die ganze, der Untersuchung unterworfenene Menge des Körpers eine gleichmäßige Behandlung erfahren muß. Da hierdurch die Einzelprüfungen mit kleinen Portionen der Lösung gänzlich wegfallen müssen, so hat der quantitative Analyse womöglich immer eine qualitative Untersuchung vorauszu= gehen, nach deren Ergebnissen sich der am vortheilhaftesten einzuschlagende Weg auf= finden läßt.

Der Hauptsache nach bezieht sich das Gesagte fast ausschließlich auf die Analyse anorganischer Körper. Der Untersuchung organischer Substanzen können so streng gegliederte Gruppen, wie sie uns in den Metallen, den Erden, Alka= lien u. s. w. gegenüber treten, nicht vorliegen, weil sich das ganze große Heer or= ganisirter Gebilde im Wesentlichen nur aus den vier Elementen Sauerstoff, Wasser= stoff, Stickstoff und Kohlenstoff aufbaut, während dagegen die übrigen 58 Elemente das anorganische Reich hervorbringen und ein großer Theil davon sehr allgemein ver= breitet ist. Die Zahl der organischen Verbindungen ist nun zwar, wie es scheint, eine fast unendlich große, allein da sie sich immer aus denselben Grundelementen bil= den, so gehen ihre chemischen Naturen einander nicht so parallel, daß z. B. durch die Verwandtschaft zu Schwefel ganze Klassen, wie die Metalle, sich ausscheiden ließen; sie ordnen sich vielmehr in Reihen, deren einzelne Glieder unter sich durch das quanti= tative Mehr= und Mehrauftreten eines oder einiger Elemente verschieden sind. Bei den anorganischen Elementen giebt es in der Regel zwei, selten drei, höchstens etwa fünf Oxydationsstufen, Schwefel=, Phosphor=, Chlorverbindungen u. s. w., die wir auch als Reihen betrachten können; die Reihen der organischen Verbindungen aber sind ohne allen Vergleich zahlreicher gegliedert.

Wir haben nun zwar schon früher gesehen, daß ihnen gewisse Grundverbin= dungen, die sogenannten Radikale, unterliegen, und auf diese hätte sich zunächst auch die organische qualitative Analyse zu beziehen. Es liegt aber in der Natur der Sache, daß mit den allmäligen Uebergängen, welche die organische Verbindung unter einander zeigen, so scharf distinguirende und so einfache Reaktionen, wie in der an= organischen Analyse, nicht vorhanden sein können. Und das ist es, welches die Unter= suchung organischer Körper erschwert.

Die eigentliche und in specie so genannte organische Analyse beschäftigt sich daher auch ausschließlich damit, den prozentischen Gehalt organischer Körper an allen oder einzelnen der vier Grundelemente aufzufinden; sie heißt deswegen auch Ele= mentaranalyse. In der Hauptsache beruht sie darauf, daß die zu untersuchende Substanz mit einem anorganischen Körper, der leicht Sauerstoff abgiebt, auf das Innigste gemengt und so lange erhitzt wird, bis sie in dem entwickelten Sauerstoff vollständig verbrannt ist. Als Verbrennungsprodukte können nur entstehen: Wasser= dampf (aus dem Wasserstoff und Sauerstoff), Kohlenäure (aus dem Kohlenstoff und Sauerstoff); den Stickstoff bestimmt man direkt als Stickstoffgas, und die Differenz, welche sich ergibt, wenn man das Gewicht der drei bekannten Elemente, Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, von dem Gesamtgewicht des untersuchten Körpers ab= zieht, giebt die Menge des darin enthaltenen gewesenen Sauerstoffs an.

Mit diesen kurzen Andeutungen müssen wir aber unsere einleitenden Betrachtun= gen schließen, weitere Ausführung der einzelnen Punkte denjenigen Gelegenheiten vor= behaltend, welche uns die allmälige Umwandlung der natürlichen Rohstoffe durch chemische Prozesse häufig genug in den Weg führen wird.





Schmelzhüttenwerke und Auschläger.

Bringst du die Natur heran,  
 Daß sie Jeder nützen kann,  
 Fallsich hast du nicht eronnen,  
 Hast der Menschen Günst gewonnen.  
 Goethe.

### Der Hüttenarbeiter.

Bedeutung der Metalle. Die Erze und ihre Aufbereitung. Die Scheidebank. Pochwerke. Froden- und Raßpochwerke. Siebsegen. Schlämmen. Der Stoßherd. Waschen der Erze. Rosten an der Luft und in Oefen. Zugutemachen. Schmelzen mit Kohle. Amalgamiren u. s. w. Schlacke und Zuschlag.

Die Güter, welche der Bergmann in seinem mühevollen und gefährlichen Berufe aus den Tiefen der Erde zu Tage fördert, sind in den allerwenigsten Fällen für einen unmittelbaren Gebrauch geeignet; sie sind gewissermaßen erst der Rohstoff eines Rohstoffes, dem in der Regel nur durch umständliche Bearbeitungsweisen und mit den eingreifendsten Mitteln der werthvolle Bestandtheil entziffen werden kann. Das kräftigste Mittel aber und so zu sagen der Hauptschlüssel zu dem gediegenen Metallkönig, der sich oft in die unscheinbare Hülle eines simpeln grauen, rothen oder schwarzen Minerals kleidet oder sonst eine nur vom Kenner zu durchschauende Farbe vornimmt, ist und war zu allen Zeiten das Feuer. Durch Feuer schieden gleich uns die ältesten uns bekannten Kulturvölker, die in Aegypten, Klein- und Großasien saßen, die gebräuchlichsten Metalle aus ihren Erzen und trieben so ohne theoretisches Bewußtsein einen wichtigen Zweig der technischen Chemie. Dem nicht nur das gediegen sich darbietende Gold und das leicht zu gewinnende

Silber kannte man im hohen Alterthum, sondern man verarbeitete ebensowol Kupfer, Zinn, Blei und nicht minder, wenn auch wahrscheinlich am spätesten, das werthvollste und zugleich in Bezug auf seine Gewinnung das schwierigste aller Metalle, das Eisen und dessen Veredelung, den Stahl.

Die Kenntniß und Benutzung der praktisch wichtigsten Metalle überhaupt ist unvordenklich und älter als alle Geschichte. Und wie schon in längst vergessenen, kaum noch in Mythe und Sage anklingenden Zeiten des Menschen Geist und Kraft sich der Gewinnung und Nutzbarmachung dieser werthvollen Stoffe zuwandte, und auch in diesem Sinne immer mehr die Erde sich unterthan machte, so blieb auch durch alle späteren Jahrhunderte dieser hochwichtige Gegenstand eines seiner Lieblingsziele. Es ist durchaus nicht nöthig, erst anzuführen, welche Wichtigkeit die Metalle für die Entfaltung des menschlichen Kulturlebens hatten und haben, und wie dasselbe sich hätte gestalten können unter Entbehrung jener. In den Metallen fand der Mensch das edelste Material zur Bethätigung seines Kunsttriebes, in den Bergwerken mit ihren eigenthümlichen Erfordernissen eine Hauptanregung seiner mechanischen und anderen Talente. Künstliche Maschinen, großartige Wasserräder, Pumpwerke, Gebläse und andere Kunstgezeuge entsprangen großentheils aus berg- und hüttenmännischen Bedürfnissen. Und steht die Wiege der Dampfmaschine, der Eisenbahn nicht ebenfalls dicht am Schachte des Bergmannes?

An den Metallen und Mineralien überhaupt übte sich der Mensch Jahrtausende lang in der Schule der Chemie. Und wenn die heutige Chemie für den Bergmann zur strahlenden Leuchte geworden ist, die ihm wie durch einen Zauberspiegel die innerste Beschaffenheit der Mineralien erschließt, so ist hier eben das Verhältniß ein gegenseitiges, denn die Chemie selbst beruht auf metallischem Grunde; der erste Pfeiler ihres so großartig gewordenen Vehrgebäudes steht auf der Oxydation der Metalle.

Das ganze mineralische Reich mit seinen Heimlichkeiten und Täuschungen ist wie dazu geschaffen, die forschenden, beobachtenden, kombinirenden Geisteskräfte des Menschen zu wecken und rege zu halten, und diese Geistesrichtung ist es, welche den empirischen, feinspürenden Erzschrifer sowol als den wissenschaftlichen Bergmann, Mineralogen, Chemiker, den das ganze Erdenrund umfassenden Geologen macht und kennzeichnet, die einen Murchison befähigte, die Goldlager des fünften Welttheiles im Geiste zu sehen und zu sagen: „Dort suchet, so werdet ihr finden!“

Durch den rastlosen Fortschrittsdrang, der die moderne Menschheit befeelt, befindet sich auch die Ausbeutung und Ausnutzung des Mineralreichs in unseren Tagen auf einer vor uns nicht gekannten Stufe der Entwicklung. Zu der altüberkommenen Erbschaft früherer Jahrhunderte fügten sich neue Schätze von hochwichtiger Bedeutung. Welch' eine Reihe von der sumpeln Stecknadel bis zur Riesendampfmaschine; von der kleinen Letter, die einen Punkt im Buche druckt, bis zu den kolossalsten Gebilden des Metallgusses. In Tausenden von Maschinen sehen wir das todt Metall wie begabt mit einer Art Leben, das lediglich dem Dienst und Nutzen des Menschen gewidmet ist.

Aber neben der Benutzung der Metalle als solcher geht auch die der chemischen Metallpräparate, der mancherlei Oxyde, Säuren, Salze und anderer Verbindungen einher, die, als wichtig und nothwendig in zahlreichen Zweigen menschlicher Thätigkeit, uns an einer andern Stelle unseres Buches auch noch beschäftigen werden.

Das Feld, auf welches wir uns zunächst begeben, ist trotz der Errungenschaften alter und neuer Zeiten, um bergmännisch zu reden, noch keineswegs abgebaut, das beweisen die steten erfreulichen Fortschritte in den mancherlei Richtungen des großen Reviers. Neue und verbesserte Methoden und Mittel der Ausbringung und Ver-

arbeitung, der Reinigung und Veredlung; neue Scheidungen und Legirungen, Benutzung von früher Werthlosem, immer tiefer dringende Erkenntniß der Eigenschaften der Stoffe, größere Umfänglichkeit der Gewinnung, dies Alles sind Erscheinungen, welche zum Charakter unserer Zeit gehören. Aber trotzdem bleibt der Zukunft noch manches Räthsel zu lösen, neue Aufgaben treten hervor; ja, es ist nicht zu viel behauptet, wenn wir sagen: das Reich der Metalle bildet für den Menschen eine Hochschule, in der er niemals austernen wird.

Folgen wir nun unsern nächsten Gegenstände, den Erzen, so verweist uns der Bergmann, der dieselben aus den Eingeweiden der Gebirge hervorgeholt, an den Hüttenmann, dem er zur Weiterverarbeitung die „Schätze des Erdinneren“ übergiebt und in dessen Arbeitsstätten die Kette jener merkwürdigen Umwandlungen beginnt, die den Lauf der Metalle über die Erde kennzeichnen.



Fig. 18. Die Scheidebant.

**Aufbereitung der Erze.** Nur in selteneren Fällen und nur theilweise sind die Erze so rein, daß man sogleich an die Ausschcheidung der Metalle gehen könnte; meist muß zunächst eine mechanische Behandlung eintreten zur möglichsten Entfernung des anhängenden tauben Gesteins (Gangart). Diese Vorarbeit heißt die Aufbereitung und ist entweder bloße Handarbeit (trockene Aufbereitung), oder es schließt sich daran nach Umständen die Anwendung mechanischer Hilfsmittel unter Beihülfe des Wassers (naßse Aufbereitung), um das zu vollenden, was durch jene allein nicht erreicht werden konnte.

Die schon in oder vor der Grube aus dem Groben vorgenommene Sortirung der Güter nach ihrem Gehalte wird von den Hüttenarbeitern unter fleißiger Handhabung des zerkleinernden Hammers oder Häufstels weiter fortgesetzt. Am willkommensten, aber nicht immer vorhanden, ist die Sorte Nr. 1, die Stufferze, welche so rein sind, daß sie ohne Weiteres dem Schmelzofen übergeben werden können und einer etwaigen Zerschlagung nur unterliegen, um für die Schmelzarbeit die passende Größe zu haben. Die zweite Sorte, Mittelerze oder Scheidegänge genannt, ist

so beschaffen, daß sie zwar ein Durcheinander bilden von Erz und taubem Gestein, aber doch noch in solcher Sonderung, daß die verschiedenwerthigen Partien eines Stückes noch durch den Hammer getrennt und so die Erztheile gesondert werden können. Die Entfernung des tauben Gesteins durch Auslesen und nöthigenfalls Ausschlagen ist selbst bei den Eisenerzen erforderlich, mit denen sonst die wenigsten Umstände gemacht werden und bei denen namentlich eine eigentliche nasse Aufbereitung niemals Platz greift.

Die oben erwähnte trockene oder Handscheidung ist gewöhnlich die Arbeit von Burschen, Scheidejungen, alten Arbeitern, Frauen und Kindern, welche auf der Scheidebank (Fig. 18) unter Aufsicht eines Steigers, mit Schutzbrillen gegen umherfliegende scharfe Gesteinsplitter bewaffnet, die Scheidegänge mit Hämmern zerschlagen und die Stückchen nach ihrem Gehalte in verschiedene Körbe fortiren, um theils gleich in die Erzkammern geschafft, theils für die nasse Aufbereitung zurückgelegt, theils als werthlos auf die Abgangshaufen (Halden) gestürzt zu werden.

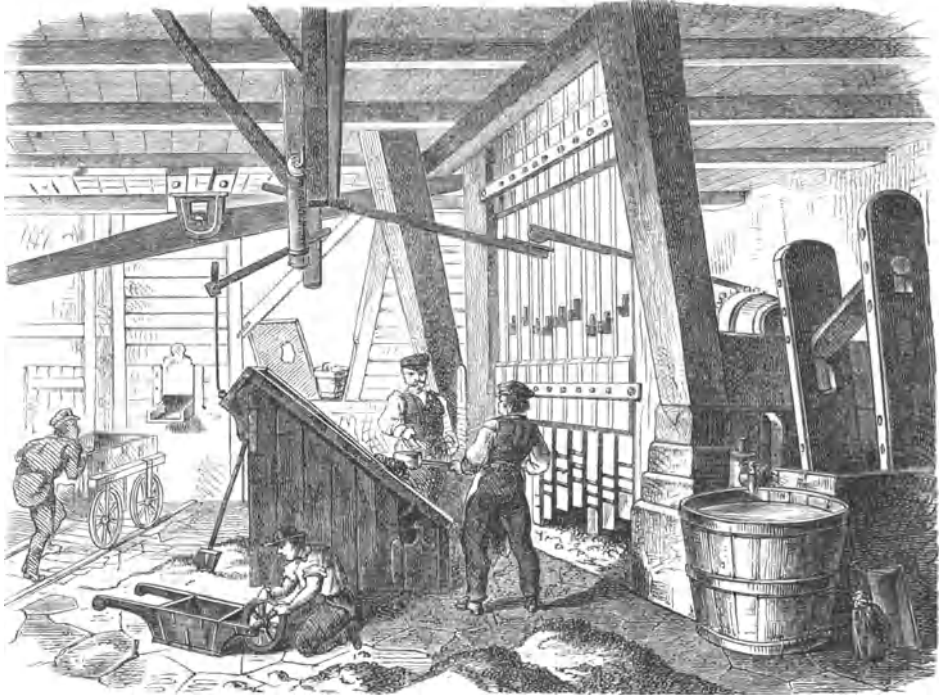


Fig. 19. Das Trockenpochwerk.

Was nun die solchergestalt gewonnenen Erze betrifft, so sei gleich bemerkt, daß dieselben vor ihrer Behandlung im Schmelzofen in manchen Fällen auch noch mehlartig zerkleinert werden müssen. Dies geschieht in Pochwerken, welche, einer Del- oder Walkmühle ähnlich, meist durch ein Wasserrad getrieben werden (Fig. 19). Eine mit Hebadaumen besetzte Welle hebt die etwa centnerschweren, mit Eisen beschuhten Stampfen und läßt sie auf eiserne Platten, welche den Boden eines Troges bilden, der die Erze enthält, niederfallen. Durch Sieben wird das gewonnene Pochmehl von den noch groben Theilen abgefondert, letztere weiter bearbeitet und schließlich Alles zur Hütte geschafft. Dies sind die Trockenpochwerke, so genannt zum Unterschiede von den gleich zu erwähnenden nassen Pochwerken, die zur Aufbereitung armer Erze dienen. In den Fällen nämlich, wo die Erztheilchen mit der Gangart inniger ge-

mischt, oft nur punktwcise eingesprengt sind, wird die Handscheidung unthunlich, und es tritt an ihre Stelle die nasse oder künstliche Aufbereitung, welcher auch allenfalls noch das Ausschlageklein, der sandige Abfall von der Scheidebank, anheimfällt.

Man hat für die nasse Aufbereitung zwei Methoden, welche gesondert, zuweilen aber auch mit einander verbunden zur Anwendung kommen. Beide beruhen auf dem Grundsatz des Schlämmens, also auf dem Umstande, daß spezifisch schwerere Körper in einer Flüssigkeit rascher unter sinken als leichtere, oder, was dieselbe Erscheinung in anderer Form ist, daß leichtere Theilchen von fließendem Wasser weiter fortgespült werden als schwerere. Hierbei wird freilich vorausgesetzt, daß die schwereren Theilchen auch die metallhaltigen seien, was in den gewöhnlichen Fällen, wo das taube Gestein kalkiger, kiesiger u. s. w. Natur ist, auch zutrifft, aber doch nicht ausnahmslos ist, denn es könnte z. B. die Gangart aus Schwcrspath bestehen, wo dann die ganze künstliche Aufbereitung einen sehr geringen Erfolg haben würde.

Die beiden Methoden sind nun das Siebsegen und die Behandlung auf dem Pochwerke. Die erstere ist neueren Ursprungs und von größerer Wirksamkeit. Sie findet ihre Anwendung bei weniger armen, nicht zu innig mit der Gangart gemischten Erzen. Es handelt sich dabei nicht um ein Zermahlen derselben, sondern nur um eine gewisse Zerkleinerung oder Körnung, bei welcher eine gleiche Größe der Theilchen möglichst angestrebt werden muß. Die Erze werden zu diesem Zwecke am besten zwischen eisernen Walzwerken zerdrückt, sodann durch Siebe von bestimmter Maschenweite sortirt und so mehrere Sorten gewonnen, von denen die gröberen gewöhnlich durch Wiederholung derselben Operation noch weiter zerkleinert werden.

Das Siebsegen geschieht entweder durch Menschenhände oder in neuerer Zeit auch unter Anwendung von Maschinenhülfe. Das Sieb ist ein faßartiger Cylinder mit einem metallenen Siebboden, wovon man mehrere Grade der Maschenweite hat. Es hängt an einer eisernen Stange, und diese wieder an einem beweglichen, mit Gegengewicht versehenen Balken dergestalt, daß es durch einen Zug in eine unterstehende, mit Wasser gefüllte Kufe eingetaucht werden kann. Die Segarbeit pflegt mit einem Siebe zu beginnen, das auf den Quadrat Zoll vier Oeffnungen hat. Man füllt es zur Hälfte mit dem Erzklein, senkt es in das Wasser und treibt es in kurzen Stößen nieder und wieder aufwärts. Aus dem Aufrubr, den das durchströmende Wasser in dem Inhalte des Siebes bewirkt, hat sich schließlich nach etwa 50 Stößen eine Ordnung dervart gestaltet, daß die schwersten und gehaltreichsten Körner (Erzgraupen) zu unterst liegen, oben auf das leichtere taube Gestein, das somit leicht beseitigt werden kann, in der Mitte zwischen beiden eine Schicht, die gewöhnlich noch einer weiteren Aufbereitung in den Pochwerken unterliegt. Was durch das erste Segsieb hindurchfällt, kommt auf ein engeres Sieb, und was diesem entfließt, auf ein noch engeres. So gewinnt man

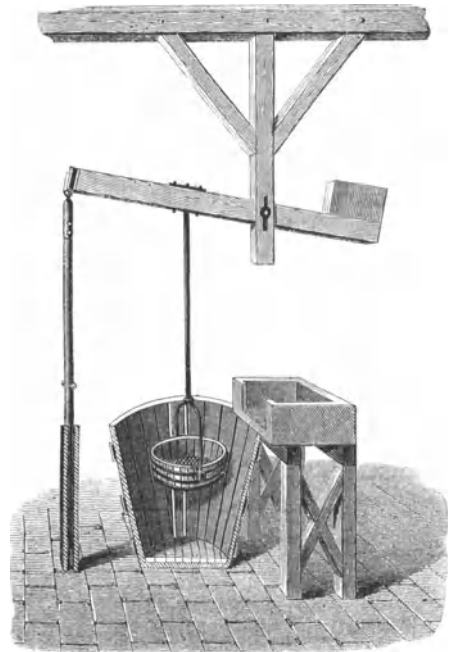


Fig. 20. Das Handsegsieb.

durch die Sezarbeit einen andern Theil des schmelzwürdigen Erzes und beseitigt ebenso einen Theil des Werthlosen; was noch rückständig ist, bildet mit dem bei der Handscheidung schon bei Seite Gelegten die Pochgänge.

Die Abbildung Fig. 20 versinnlicht uns das Handsezsieb, dessen einfacher Mechanismus sich wol selbst erklärt. Die maschinistischen Vorrichtungen sind entweder eine Nachbildung und Verdoppelung dieser, indem zwei Siebkästen abwechselnd in einem Wasserbehälter gehoben und gesenkt werden, oder es sind Kolbendruckwerke. Bei diesen ist der Arbeitskasten durch eine Scheidewand, jedoch nicht bis zum Boden herab, getheilt. Die eine Hälfte erfüllt oberhalb das viereckige metallene Sezsieb, welches an seinem Orte fest liegt, während die andere Abtheilung von einem hohlen blechernen Kasten ausgefüllt wird, der entweder frei auf der Wasserfüllung des Apparats schwimmt oder auch an die über ihm herabgehende Kolbenstange befestigt ist. Jedenfalls treibt die letztere bei ihrem Niedergange den Kastenkolben niederwärts und verdrängt so das Wasser, während dasselbe in der andern Abtheilung steigen muß, um beim folgenden Zurückgange des Kolbens das natürliche Niveau wieder einzunehmen. Die Folge dieses Spiels ist natürlich ein abwechselndes Durchströmen des Sezsiebes in der Richtung von unten nach oben und umgekehrt.

Die ärmsten Erze, die Pochgänge, also sind dasjenige, was wirklich zu Mehl zerstampft und durch Schlämmen in Gutes und Schlechtes gesondert werden soll. Eine zu weit gehende Pulverung ist aber auch hier nicht am Orte, vielmehr soll die Zerkleinerung nicht weiter gehen, als es die Größe der eingesprengten Erztheilchen erheischt. Das übermäßige Zerstampfen (Todtpochen) würde zur Folge haben, daß die zu kleinen Theilchen sich schwer oder theilweise gar nicht aus dem Wasser niederschlagen.

Das Maßpochwerk (Fig. 21) ist wieder ein Stampfwerk, welches aber unter Mitwirkung des Wassers arbeitet. Während nämlich die Pochgänge von den Stampfen bearbeitet werden, fließt ununterbrochen ein gleichförmiger Wasserstrahl in den Stampftrog und als trübe Brühe am andern Ende der Sohle wieder heraus. Das Wasser nimmt nämlich sogleich jene Theilchen mit fort, deren Zerkleinerung weit genug gediehen ist, und führt sie in die Mehlführung, eine Reihenfolge flacher hölzerner Gerinne oder Kanäle, in denen es, seine Geschwindigkeit allmählig verlierend, die aufgenommene Last in einer gewissen Art gesondert wieder fallen läßt. Die schwersten Erztheile (das rösche Korn) fallen natürlich zunächst, und zwar zu Häupten der Mehlführung, zu Boden; mit zunehmender Entfernung fällt dann feinerer Bodensatz (zähes Korn), bis endlich in der entferntesten und breitesten Abtheilung (Sumpf) bei geringstem Wasserfluß noch die leichtesten Erztheilchen nebst dem feinsten erdigen Schlamme sich absetzen. Für den hüttenmännischen Zweck scheint somit durch die ganze Arbeit nichts erreicht zu sein, denn es liegen ja durch die ganze Führung hin Erz- und Steintheilchen, Gutes und Schlechtes in Vermischung, wenn auch nach einem gewissen Schwere- und Größenverhältniß geordnet. Dennoch ist man hierdurch dem Ziele halbwegs näher gerückt: es ist die nachfolgende Schlämmarbeit zweckmäßig eingeleitet und deren Erfolg gesichert worden. Dies wird durch folgende Betrachtung klar werden.

Denken wir uns ein metallisches und ein steiniges Körperchen von gleicher Größe in fließendem Wasser schweben, so wird das erste seiner größeren Schwere zufolge zuerst den Grund erreichen, das andere noch etwas weiter geführt werden; es sei aber nun der steinige Körper um ein Merkliches größer als der metallische, so bewirkt eben seine größere Masse auch ein beschleunigtes Sinken, und so kann es kommen, daß Masse und Gewicht der beiden theoretisch angenommenen Theilchen sich dergestalt kompensiren, daß beide an einem Punkte zur Ruhe gelangen. Hiernach

ist es erlaubt anzunehmen, daß durch die ganze Führung hin das Gemisch von steinigem und metallischen Partikeln so beschaffen sein werde, daß die ersteren im Allgemeinen die größeren sind. Denkt man sich nun ein solches Gemisch auf einer geneigten Fläche liegend und von Wasser überrieselt, so ist einleuchtend, daß die tauben Theile, nicht allein weil sie leichter, sondern auch weil sie größer und also dem Stöße des Wassers mehr ausgesetzt sind, nun auch vorzugsweise in Bewegung kommen und sich somit von ihren metallischen Begleitern effektiv trennen werden. Dieser Zweck des Schlämmens oder Verwaschens wird verfolgt auf Apparaten, welche Herde heißen und in zweierlei Art vorhanden sind, in festliegenden und beweglichen; letztere heißen aus bald zu ersiehendem Grunde Stoßherde.

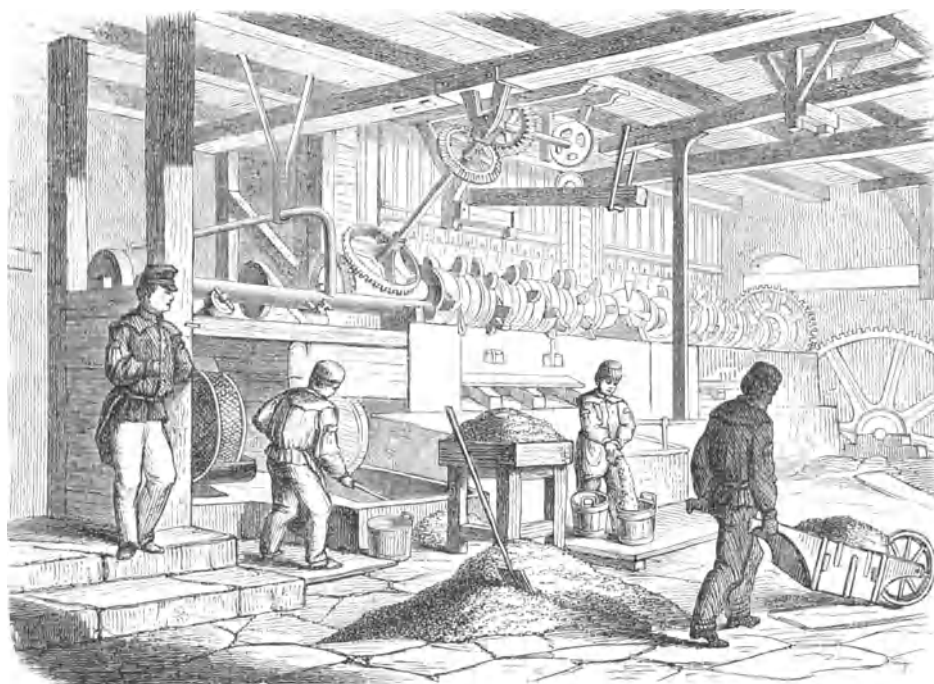


Fig. 21. Das Nasspochwert.

Den Haupttheil des liegenden Herdes bildet eben eine aus Holz konstruirte, mehrere Ellen lange, schwach geneigte, an den Seiten, außer der untersten, mit erhöhtem Rande versehene Tafel. Zu Häupten derselben befindet sich ein Kasten, in welchem beständig Wasser fließt und der zugleich das aus den Mehlführungen gehobene Gut aufnimmt. Ein Schaufelrad, das im Kasten geht, besorgt die gute Mischung des Inhalts, der nun, der Quantität des Wasserzuflusses entsprechend, beständig überfließt, durch kleine Rinnen geleitet auf der schiefen Ebene sich verbreitet und abwärts begiebt. Die Abwartung, die ein solches System erfordert, besteht darin, daß ein Arbeiter, der übrigens für vier Herde ausreicht, darüber wacht, daß das Mehl nicht zu dünn oder zu dick abfließe und Alles in gleichmäßiger Vertheilung die schiefe Ebene passire. Zu letzterem Zweck handhabt er ein Bretchen oder einen Besen, womit er nicht nur für egale Vertheilung sorgt, sondern auch die Masse wiederholt wieder aufwärts schiebt, sie dadurch zugleich aufrührt und zu mehrmaligem Herabgehen nöthigt. Uebrigens giebt es auch Herde, wo der Stoß des Wassers die ganze Arbeit allein besorgt.



Der auf der geneigten Ebene bleibende Rückstand heißt, nachdem er schmelzwürdig geworden, Schliech. Die gehaltreichsten Schlieche sammeln sich natürlich wieder im oberen Theile der geneigten Ebene und werden zur Verhüttung fortgenommen, während das Uebrige nach Befinden noch mehrmals dem Schlammprozesse unterworfen wird. Der endlich übrigbleibende werthlose Schlamm wird selbstverständlich dem abfließenden Wasser zum Mitnehmen überlassen, nicht ohne daß es noch manches Gute mitnähme, das aber durch die zu feine Zertheilung unerreichbar geworden ist.

Die beweglichen oder Stoßherde (Fig. 22) arbeiten in gleichem Sinne wie die eben beschriebenen liegenden, aber sie fördern vermöge ihrer Einrichtung mehr als diese. Das Besondere an ihnen ist, daß die ganze geneigte Fläche, außer Zusammenhang mit dem Vertheilungskasten, zwischen vier Ständern an Ketten oder Stangen so aufgehängt ist, daß sie in eine schaukelnde Bewegung im Sinne ihrer Länge gesetzt werden kann. Während nun die flüssige Masse in bekannter Weise über die geneigte Ebene sich vertheilt, drückt ein einfacher Mechanismus (Daumenwelle) den beweglichen Herd in gewissen Zwischenräumen, etwa 30 mal in der Minute, aus der Lage, die

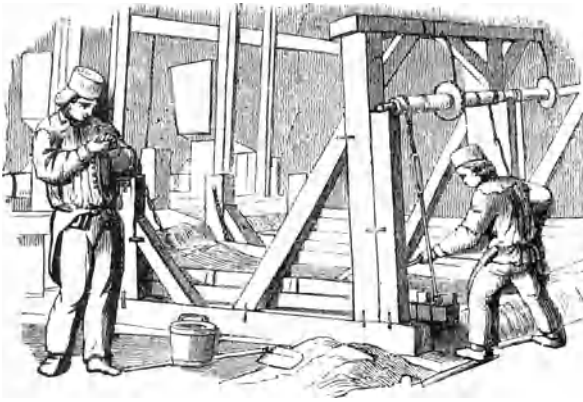


Fig. 22. Der Stoßherd.

er von selbst einnimmt, nach der Seite des Abflusses hin und läßt ihn dann wieder frei; der nun von selbst zurückfallende Herd geht gleich einem Pendel über seine tiefste Lage hinweg und prallt demzufolge an einen zu seinen Häupten befindlichen massiven Klotz, den Stauklotz, an. Die Wirkung dieser sich immerfort wiederholenden erschütternden Stöße auf die aufgetragene Masse ist nun begreiflicher Weise eine solche, daß dieselbe aufgerührt, hierdurch das

Obenaufkommen der leichtern Theile begünstigt, und die Trennung auch noch dadurch befördert wird, daß die Masse durch jeden Stoß einen Antrieb oder Schwallen nach rückwärts, nach der Höhe zu, erhält, wodurch zugleich in wirksamerer Weise das erreicht wird, was beim liegenden Herd der Rehrbesen oder das Streichbret bewirkt.

Bei den geschilderten Aufbereitungsarbeiten sind der Neigungsgrad der Herdfläche, die Menge des zufließenden Wassers, Größe des Korns, Kraft der Stöße am Stoßherd, Länge der Kanäle u. s. w. wohl zu beachtende Umstände, die immer den Eigenschaften der betreffenden Erze möglichst genau angepaßt werden müssen; außerdem sind die Arbeiten so zu führen, daß auch die dem Schmelzofen zu übergebenden Schlieche den möglichst gleichen Grad des Gehalts und der Zusammensetzung haben, weil nur unter dieser Bedingung das Ausbringen wohl gelingen kann.

Etwas Neues und gleichsam ein Mittelglied zwischen ruhenden und beweglichen Herden sind rotirende Herde, die sich durch zufriedenstellende Arbeit, fast ohne menschliche Beihülfe, rasch empfohlen haben. Es sind große, aus Holz gebaute, auf einer Welle sitzende Scheiben, doch nicht flach, sondern nach der Mitte hin etwas ansteigend, im Ganzen also flach konisch. Die Welle, also auch der Herd, hat überdies eine seitliche Neigung von etwa 5 Grad. Indem der Herd, der natürlich mit



den nöthigen Auffangerinnen umgeben ist, sich durch Maschinenkraft fortwährend langsam dreht, fließen ihm von seiner Mitte aus die Pochtrübe und das Läuterwasser zu, verbreiten sich über das Ganze und die Sonderung erfolgt dadurch vollständig, daß an einer Stelle die fertigen Schliche immerfort abfließen, also der Herd sich beständig selbst reinigt. Man hat es in der Gewalt, durch Verändern der Neigung, der Drehungsgeschwindigkeit u. s. w. diejenigen Bedingungen herzustellen, welche für einen bestimmten Zweck die angemessensten sind.

Die nasse Aufbereitung ist ein Verfahren, das wegen seiner Unständlichkeit nur mäßige und geringe Erfolge geben kann und dessen Kosten einen großen Theil des Ertrags verschlingen. In Freiberg z. B. werden jährlich Hunderttausende von Centnern armer Erze aufbereitet, die im Centner nur 1—1½ Loth Silber führen. Welche Massen sind da zu bewältigen und welcher Ballast von Abgängen! Hierzu kommt, wie schon bemerkt, noch der Uebelstand, daß die Scheidung niemals vollständig gelingt, ja der Verlust an den in den Abgängen steckenbleibenden Erztheilchen in einzelnen Fällen bis auf 50 Prozent angeschlagen wird. Trotzdem ist es noch nicht gelungen, diese mangelhafte Einrichtung durch ein besseres Auskunftsmittel zu ersetzen.

Was durch die bisher beschriebenen Aufbereitungsmethoden gewonnen wird, sind also von taubem Gebirg möglichst befreite Erztheilchen. Diese Erze können aber zwei, drei und mehr verschiedenen Metallen angehören und es ist eine Mehrzahl sogar das gewöhnlichste Vorkommniß. Es müssen daher bei den meisten noch weitere Scheidungen stattfinden, dieselben sind aber bei der sehr innigen Vermengung durch mechanische Mittel nicht mehr zu erreichen, und müssen deshalb den späteren Schmelzoperationen vorbehalten bleiben. Die Benutzung des Wassers bei der Aufbereitung der Erze ist übrigens insofern eine ausgedehntere, als sie oft schon vor den hier beschriebenen Arbeiten Platz gegriffen hat; wir werden daher noch Einiges nachzuholen haben über die Wäsche der zu verhüttenden Erze und die dazu dienlichen Vorrichtungen.

Die Wäsche bezweckt entweder blos die Entfernung anhängenden Schmutzes, oder bei Erzen, die wie Eisenstein, Galmei u. s. w. in thonige Stoffe eingebettet liegen, die Fortschwemmung dieser, bisweilen aber auch verbindet sich damit zugleich eine Sortirung der Theile ihrer Größe nach. Häufig benutzt man dazu, z. B. bei den Kleierzen in Oberschlesien, trommelartige Siebe, die sich in einem Wasserbehälter drehen. Die Siebcylinder sind doppelt; der innere, der die Erze aufnimmt, hat grobe, der äußere feine Löcher. Man gewinnt somit zwei Größen gewaschenes Erz und den mit dem Wasser abfließenden Schlamm, den man in Sümpfen sich absetzen läßt. Gewöhnlicher sind die flachen, gitter- oder rostförmigen Siebe (Rätter). Sie stehen in der Regel mehrfach über einander, haben eine geneigte Lage und werden durch einen Mechanismus in rüttelnder Bewegung erhalten, während die Erze zugleich mit einem Strom Wasser dem obern größten Sieb zugeführt werden. Was hier nicht durchgeht, gleitet auf der schiefen Fläche herab und wird in einem besondern Behälter aufgefangen; dasselbe wiederholt sich auf einem zweiten Siebe u. s. w., bis endlich das Feinste zum Absetzen in den Sumpf gelangt. In andern Fällen stehen eine Anzahl Siebe treppenförmig über einander, das feinste zu unterst, jedes mit einem Auffangebehälter unter sich; auch hat man zuweilen sämmtliche Siebflächen in einer schiefen Ebene neben einander liegen und erlangt dabei dieselben Resultate wie mit der Treppenwäsche, nur in umgekehrter Ordnung; denn hier müssen die engsten Siebe zu Häupten der schiefen Ebene liegen, wo unter Zufluß eines Wasserstrahls die zu verwuschenden Massen aufgeworfen werden.

Anderer Arten von Waschapparaten mögen nur dem Namen nach erwähnt werden.

Es sind die Fallwäsche, Reibgitterwäsche, Rippwäsche, das Sprudelwaschwerk u. a. In Oberschlesien sind von Carnall sehr wirksame Apparate theilweise neuer Konstruktion aufgestellt worden, in denen Zink- und Bleierze mit heißem Wasser, dem Kondensationswasser aus Dampfmaschinen, gewaschen werden.

In den gewöhnlichen Fällen ist der beständige Gegenstand der Wäsche das Grubenklein, das klare Gemisch von Erzen, Gängen und Schmutz. Nachdem die Wäsche es gefäulert und in mehrere Sorten klassifizirt hat, werden die größten Sorten von Kindern ausgesucht (ausgeklaut ist der Kunstausdruck) und in gutes Erz und taubes Gestein geschieden; die mittleren fallen dem Siebseken, der Rest dem Bohwerk und Stoßherd anheim. Die umfanglichsten Waschungen, und meistens nur diese Vorbereitung allein, erfahren die thonigen Eisensteine. Man bearbeitet und wendet dabei die Erze entweder in Gräben oder auf geneigten Holzböden (Bühnen) bei zu- und abfließendem Wasser, oder legt sie am liebsten gleich in einen fließenden Bach, der dann durch seine rostgelbe Farbe den Leuten im Thale anzeigt, daß oben im Berg- oder Hügellande große Wäsche ist. In andern Fällen benutzt man die allernatürlichste Wäsche, indem man die Erze, in Haufen geschichtet, mehrere Jahre lang dem Wetter und Regen preisgibt (abliegen läßt). Durch die hierbei stattfindende Verwitterung bezweckt man eine Lockerung und Trennung der Erzpartien von der zwischenliegenden Gangart, um diese dann leichter entfernen zu können. Luft und Feuchtigkeit bewirken bei dem Abliegen Oxydationen, namentlich werden die etwa vorhandenen Schwefelkiese zu Eisenvitriol oxydirt, welcher dann vom Regenwasser fortgeführt wird.

**Brennen und Rösten.** Aehnliche Wirkungen, wie die durch das Abwittern in langer Zeit erhaltenen, erreicht man rascher durch Erhitzung der Erze, ein anderes in vielen Fällen gebrauchtes Vorbereitungsmittel zu deren Zugutemachung, auf welche man zuweilen noch eine Abwitterung folgen läßt. Die Erhitzung erfolgt entweder ohne Luftzutritt in Retorten u. dgl. und heißt dann Brennen oder Kalziniren, oder sie besteht in einem Durchglühen bei Zutritt der Luft (Rösten). Eine strenge Scheidung der beiderlei Maßregeln wird übrigens nicht gemacht und ist auch nicht nöthig, da Luftzutritt den verschiedenen hier zu verfolgenden Zwecken niemals hinderlich, eher förderlich ist. Das Brennen stellt sich oft ganz in Parallele mit dem Kalkbrennen; wie der feste Kalkstein dadurch mürbe und leicht gebrannt wird, daß ihm die Hitze seinen Wasser- und Kohlensäuregehalt zu allen Poren hinaustreibt, so sollen auch gewisse Erze, wie Eisenstein, Galmei, Kupferschiefer u. s. w., von Wasser, Kohlensäure, erdharzigen Stoffen u. s. w. befreit und dadurch poröser werden, während man in andern Fällen die auflockernde Wirkung von der ausdehnenden Kraft der Wärme allein erwartet. Die Wirkungen des Röstens sind mannichfaltiger. Indem man hierbei die Stoffe soweit in's Glühen versetzt, daß noch keine Schmelzung stattfindet, wol aber die chemischen Thätigkeiten der Luft und der Hitze freies Spiel gewinnen, bezweckt man meistens eine Verflüchtigung durch Oxydation, namentlich wenn Schwefel-, Arsenik- oder Antimonverbindungen vorliegen. So beginnt die Zugutemachung der Schwefelblei-, Schwefelzink- und Schwefelkupfererze mit der Röstung, um den Schwefel zu verjagen, der durch Verbrennung, d. h. durch Aufnahme von Sauerstoff, in Form schwefeliger Säure, wenigstens zum großen Theil, entweicht. Nur beim Schwefelquecksilber (Zinnober) gelingt die Vertreibung des Schwefels durch Verbrennung vollständig und kann unter gleichzeitiger Reduktion das reine Metall gewonnen werden, während man bei den übrigen Metallen durch Rösten zunächst nur die Oxyde derselben erhält, die dann durch Schmelzen mit Kohle erst in gediegenes Metall verwandelt (reduzirt) werden müssen. Beim Zimmerz endlich geht unter Umständen, wenn es mit Schwefel-

oder Arsenikkiesen verunreinigt ist, eine Röstung vorher, worauf dann die Wäsche folgt. Durch erstere wurden die Schwefelmetalle in leichte, lockere Dryde verwandelt, die dann durch letztere bequem zu entfernen sind.

Das Röstn geschieht nach verschiedenen Methoden. Die ältere und noch häufig angewandte kommt ziemlich überein mit der Holzverkohlung in Meilern. Man schüttet auf einem offenen Platz oder in einer Grube auf einer Schicht Brennholz die Erze in kegelförmigen Haufen auf, indem man zugleich durch die Mitte des Haufens mittels Scheiten einen Schlot anlegt. Hier hinein schüttet man glühende Kohlen. Wenn die Erze Schwefel enthalten, so gerathen sie bald selbst mit in Brand, und der Haufen kam mit einem kleinen Holzaufwand gar gemacht werden.

Mitunter trifft man auch — namentlich bei der Kupfergewinnung — einige Anstalten, um einen Theil des beim Röstn nutzlos verbrennenden Schwefels zu Gute zu machen. Man umhüllt den Rösthaufen mit einer dünnen Lage von Erde, Sand oder anderem Klein und verringert dadurch den Zutritt der Luft in's Innere so weit, daß ein Theil des Schwefels nur verflüchtigt, nicht zu schwefliger Säure verbrannt wird. An schalen- oder plattenförmigen Körpern, welche man um die Mündung des Schlottes anbringt, setzt sich derselbe dann in fester Form an. In Schweden erhält man größere Schwefelausbeute dadurch, daß man den Haufen an einer abhängigen Stelle in gestreckter Form ansteigend formirt und vom oberen Ende aus einen kurzen Kanal von Ziegeln nach einer verdeckten Grube oder einer Hütte führt, worin der Schwefel sich niederschlagen kann, nachdem der Haufen gehörig mit Erde bedeckt und am unteren Ende angezündet wurde.

Dem Röstn in Haufen zunächst steht die Methode, bei der man die Erze abwechselnd mit Holz zwischen niedrigem Gemäuer aufschichtet und ausbrennt; bei den Arbeiten im neueren Styl kommen dann hauptsächlich Ofen verschiedener Konstruktion in Anwendung, wie sie uns bei verschiedenen anderen Gelegenheiten noch zur Anschauung kommen werden; man unterscheidet sie im Allgemeinen als Schacht- und Flammöfen. Den Begriff der ersteren giebt jeder gewöhnliche Kalkofen. Ein solcher gestattet nur einen unterbrochenen Betrieb, d. h. man füllt ihn, um ihn nach erfolgtem Brande wieder zu entleeren. Bringt man aber die Feuerungen am Fuße des Ofens seitwärts, außerhalb des Füllraums an und leitet die Hitze durch Kanäle in diesen, so kann man immer neuen Rohstoff von oben nachfüllen und fertig Gebranntes unten herausziehen: man hat dann einen Ofen mit kontinuierlichem Betriebe.

Bei dem Brennen im Schachtofen ist man auf den natürlichen Luftzug beschränkt, wie er sich den Umständen nach im Innern gestaltet. Nur bei wirklichen Schmelzprozessen bedient man sich der Hülfe von Gebläsen. Die Flammöfen dagegen gestatten eine Regulirung und hohe Steigerung des Zuges, und man kann Flammen und Luft mit großer Wirksamkeit auf die Arbeitsmassen dirigiren. Wir werden später noch Gelegenheit haben, dergleichen Ofen ausführlicher zu betrachten.

Wo es sich darum handelt, durch die Hitze verflüchtigte oder durch den Luftzug fortgerissene staubförmige Substanzen wieder aufzufangen, schließt sich an den Ofen noch ein Sammelraum, die Kondensations- oder Gestübbekammer, durch welche die Feuerluft ihren Weg nehmen muß, bevor sie in den Schornstein gelangt. Dies ist zumal nöthig, wenn die Erze Arsenik enthalten, das sich in Form von arseniger Säure (Giftmehl) im Kondensator niederschlägt. Auch andere nützliche Dinge können nach Umständen durch denselben noch gesammelt werden, so beim Röstn von Zinnstein etwas als Staub entwachsenes Zinnoxyd.

Nur in seltenen Fällen verarbeitet man die beim Röstn von Kiesen (Schwefelerzen) sehr reichlich auftretende schweflige Säure auf Schwefelsäure; in der Regel

verbrennen jährlich Hunderttausende von Centnern Schwefel nicht nur nutzlos, sondern zur großen Belästigung der Umgebungen der Hütten, die nur durch sehr hohe Schornsteine weniger fühlbar gemacht werden kann. Doch giebt es auch Beispiele von großartigen Anstalten zur Zugutmachung der schwefligen Säure, so am Harz, im Mansfeldischen und an andern Orten.

Das Zugutmachen, das Ausbringen ihres Metallgehalts, ist der nächste Prozeß, der auf die Vorbereitung der Erze folgt. In den meisten Fällen geschieht dies durch Schmelzen im Feuer; doch giebt es auch für bestimmte Fälle (bei Silber, Platin u. s. w.) nasse Wege zum Ziele, und überhaupt sind die Methoden und Manipulationen, je nach der Natur und Beschaffenheit des Rohstoffs, so mannichfaltig, daß wir uns hier auf einige allgemeine Andeutungen zu beschränken haben werden, das Besondere aber besser auf die Betrachtung der einzelnen Metalle verschieben.

Am einfachsten gestaltet sich die Schmelzarbeit, wenn das Metall bereits in gediegener (metallischer) Form in den Erzen steckt; es ist dann nur eine Flüssigmachung desselben durch Hitze erforderlich, um es zum Verlassen der Gangart zu nöthigen. Dieser Fall kommt indeß selten und eigentlich nur beim Wismuth vor. In anderen Fällen benutzt man ein Metall, um ein anderes aus seiner erzigen Verbindung herauszuführen, und man könnte die Rolle des hier als Werkzeug dienenden Metalles mit einem Hächeramt vergleichen, wenn man nicht in Betracht ziehen müßte, daß eine gewisse Anhänglichkeit oder Zuneigung zwischen den beiden die Bedingung ist, unter welcher allein die Sache möglich wird. Bei dem Ausbringen des Silbers auf nassem Wege (Amalgamation) verrichtet das Quecksilber den Dienst, das edle Metall in sich aufzunehmen und aus zu Mehl gepulvertem Erz zu entfernen; beim Verarbeiten silberhaltiger Kupfererze benutzt man in analoger Weise das Blei, indem man dieselben mit diesem Metall verschmilzt und das erhaltene Gemenge in gelinderer Hitze aussaigert, damit das Blei unter Mitnahme des Silbers ausfließt. Auch das Eisen benutzt man in der sogenannten Niederschlagarbeit zur Abscheidung des Metalles aus Schwefelblei- und Schwefelantimonerzen. Hier aber ist nicht die Verwandtschaft zwischen zwei Metallen, sondern die sehr starke Zuneigung zwischen Schwefel und Eisen das Bestimmende: indem beide zu einer leichtflüssigen Verbindung (Schwefeleisen) zusammentreten, wird das gesuchte Metall frei und gewinnt seine gediegene Gestalt.

In mehreren Fällen enthalten die Erze das Metall in Form von Oxiden, in anderen ist die Oxidform erst die Folge des Röstens. Im Oxid ist, wie wir wissen, das Metall verbunden mit Sauerstoff, zu dessen Verjagung schon zu Zeiten, wo man von den stattfindenden Vorgängen nicht die entfernteste Ahnung haben konnte, die Erze mit Kohle zusammengeschmolzen wurden. In der Schmelzhitze wird die Verwandtschaft zwischen Kohlenstoff und Sauerstoff überwiegend, beide verbinden sich zu gasförmiger Kohlensäure, und das Metall wird frei. Auf demselben Reduktionsprozeß beruht auch die Gewinnung des Eisens, nur daß hierdurch noch kein reines Metall, sondern eine Verbindung von solchem mit Kohlenstoff (Roh- oder Gußeisen) erhalten wird.

Vollzieht sich der Schmelzprozeß mit Kohle an solchen Erzen, die vorher zur Entfernung von Schwefel geröstet worden waren, so erfolgt, da hierdurch der Schwefel nie vollständig vertrieben werden kann, ein zweifaches Resultat: neben dem gediegenen Metall gewinnt man nämlich eine gewisse Menge Schwefelmetall, ein Produkt, das im Hüttenwesen Stein genannt wird. Dieser Stein ist indeß kein verwerflicher, sondern hat noch dieselbe Geltung wie das Roherz, in dessen Gesellschaft er von Neuem geröstet, also wieder von einer größeren Partie Schwefel befreit wird.

Indem wir nun die speziellere Betrachtung der eigentlichen Schmelzarbeiten auf die Besprechung der einzelnen Metalle verschieben, werfen wir noch einen Blick auf die dabei fallenden Abgänge, die Schlacken, jenes unvermeidliche Nebenprodukt, dessen Namen man so häufig als Symbol alles Nichtsnutzigen und Werthlosen gebraucht, das aber für die Arbeiten des Hüttenmannes von größter Wichtigkeit ist und in den meisten Fällen, weit entfernt eine lästige Erscheinung zu sein, das Gelingen des Processes ganz wesentlich stützt und fördert.

**Schlacken und Zuschläge.** Die Schlacken bestehen aus den den Erzen anhängenden, im Feuer flüssig gewordenen Gangarten und anderen Stoffen, die man meistens den auszuschmelzenden Massen noch zusetzt (Zuschlägen). Die dem Erz eigenthümliche Gangart ist nämlich oft zu strengflüssig, um allein eine gehörige Schlacke geben zu können. Hat der Hüttenmann verschiedene Erze zur Disposition, deren erdige Beimengungen sich gegenseitig als Flussmittel dienen, so benützt er diesen Vortheil, indem er die verschiedenen Erze in passenden Verhältnissen zusammenmischt (gattirt), und erlangt dadurch eine Zusammensetzung, welche möglicherweise ohne allen fremden Zuschlag verschmelzbar ist. Reicht aber das Gattiren nicht aus, oder giebt es gar keine Gelegenheit hierzu, dann greift man zu fremden Zuschlägen, deren Art und Menge sich nach der Zusammensetzung der betreffenden Erze zu richten hat, sich also sehr mannichfaltig gestalten kann. Man unterscheidet auch wol, obgleich nicht durchgreifend, zwischen Zuschlägen und Flüssen, und bezeichnet mit letzteren solche Zuschläge, die, ohne auf das Schmelzgemenge wesentlich chemisch einzuwirken, dasselbe leichtflüssiger, den Fluß dünner machen. Unter solchen Umständen kann sich das in Fluß gekommene Metall, als immer die schwerste Masse, ungehindert in der Tiefe sammeln; die oben auf schwimmende und das Metall im Herabrinnen begleitende Schlacke schützt dann dieses gleichzeitig vor den oxydirenden Wirkungen der Gebläseluft, welche darauf hinausgehen, das Metall immer wieder in den Oxyd- oder Oxydulzustand zurückzuführen, in welchem es nur zu geneigt ist sich unwiederbringlich zu verlieren, indem es die Schlacke mit eingeht. Hieraus folgt auch, daß die Schlacke für sich allein nicht zu leichtflüssig sein darf, da sie selbst sonst ent schlüpfen könnte, bevor sie noch ihre Funktionen gehörig erfüllt hätte. Andererseits sind auch zu zähflüssige Schlacken, als viele Uebelstände mit sich bringend, zu vermeiden.

Als Zuschläge kommen, je nach den Umständen, vornehmlich zur Anwendung: Kalk und kalkhaltige Mineralien, wie Gyps, Schwerpath, Flußpath; Kiesel als Quarz oder in Verbindungen, als Hornblende, Feldspath u. s. w., und hauptsächlich auch in Form von Schlacken; thonige Steine und Erden. Mehr im Kleinen kommen salzige Zuschläge, wie Kochsalz, Potasche, Borax, Glaubersalz und Salpeter in Gebrauch. Häufig findet der Hüttenmann das Material seiner Zuschläge, namentlich der kieselhaltigen, in nächster Nähe, nämlich in den Schlacken und andern Abgängen früherer Schmelzprozesse, in Krüge, Flugstaub u. dgl. Hierbei kann nicht selten der doppelte Vortheil erreicht werden, daß derartige Stoffe einerseits als Zuschläge zur Beförderung der Schmelzarbeit dienen, andererseits von dem noch in ihnen steckenden Metallgehalte noch ein Theil zu Gute gemacht wird.

Die Vorarbeit des Gattirens und Verschickens mit Zuschlägen ist eine der wichtigsten für die Metallgewinnung, denn von ihr hängt der gute Gang der Schmelzarbeit und die schließliche Ausbeute ganz wesentlich ab. Hier hat besonders die Chemie einzutreten; Erz wie Zuschläge müssen nach ihren Bestandtheilen genau bekannt sein oder nöthigenfalls durch Analysen ermittelt werden, weil nur dann es möglich ist, das richtige Rezept zu der Verschickung zu machen, bei welchem es nicht nur auf die Zuthaten selbst, sondern ebenso sehr auch auf das Wieviel derselben ankommt. Die chemische Rechnung

wird, wie schon angedeutet, ihr Hauptspiel immer darauf zu richten haben, daß der ganze nichtmetallische Gehalt der Ofenbeschickung so komponirt ist, daß er in einer gutfließenden Schlacke gerade aufgeht.

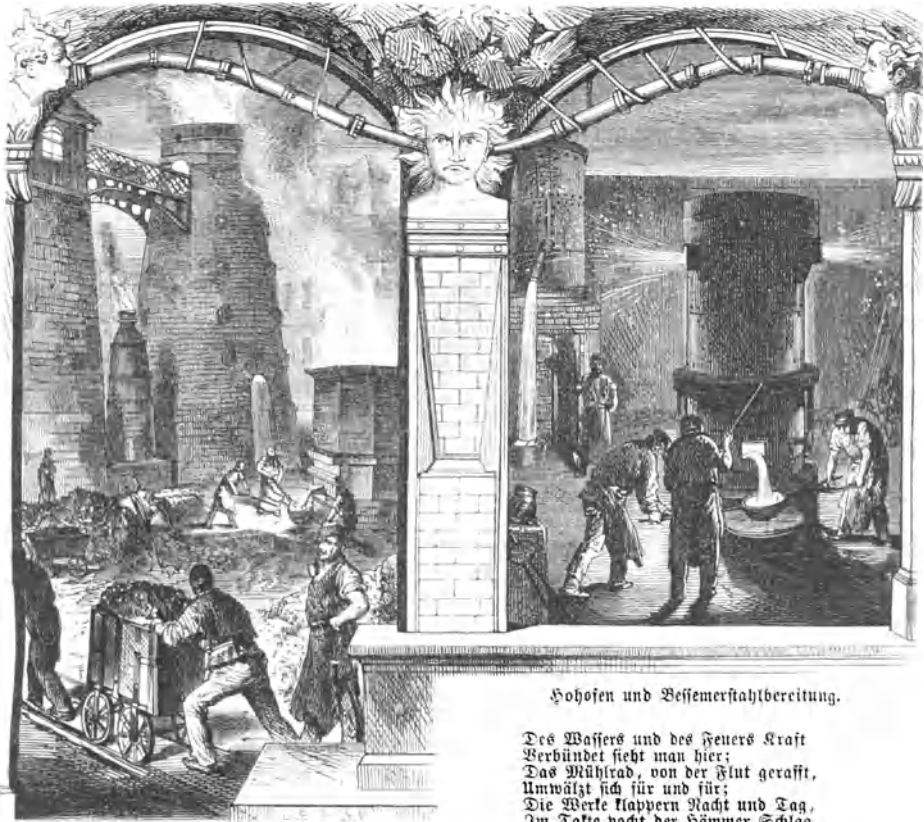
Alle Schlacken aber sind Silikate und Gemenge von solchen, d. h. Kieselerdeverbindungen, in denen der Kieselerde als Säure dominirt, welcher verschiedene Erden und Metalloxyde als Basen dienen. Man kann mithin die Schlacken ungezwungen mit Gläsern vergleichen. Zuweilen enthalten sie, wie oben bemerkt, mehr oder weniger Oxyde desjenigen Metalles, das eben gewonnen werden soll, und es kommt nun auf den Werth des letzteren an, ob sie dennoch weggeworfen oder durch neues Verschmelzen oder andere Scheidungsprozesse zur Herausgabe ihres Raubes angehalten werden sollen.

Zähflüssige Schlacken schließen oft noch mechanisch Körner des ausgebrachten Metalles oder Steines ein, was namentlich bei der Eisen-, Blei- und Zinnengewinnung der Fall ist. Diese Fluchtlinge lassen sich durch die uns bekannten Pochwerke und Waschanstalten leicht zurückgewinnen.

Nicht ganz ausnahmslos bedient man sich des Feuers zur Reindarstellung der Metalle, denn abgesehen von den Methoden der Amalgamation armer Silbererze, wobei zwar keine Schmelz-, doch aber Röst- und Destillationsprozesse in Anwendung kommen, gewinnt man das Platin durch Extraktion seiner Erze mit Königswasser, und ebenso hat man in neuerer Zeit angefangen, Kupfererze auf nassem Wege, durch Behandeln mit Schwefelsäure, zu verwerthen, wozu sich die Kupferoxyde und kohlensauren Kupferoxyde im rohen Zustande, Schwefelkupfererze nach vorgängiger Röstung eignen. In letzterem Falle kann man die nöthige Schwefelsäure gleich dadurch mit gewinnen, daß man die Erze mit Salpeter röstet und die Gase in Bleikammern verdichtet. Die Schwefelsäure, nachdem sie sich mit Kupferoxyd gesättigt, ist zu einer Lösung von Kupfervitriol geworden, aus dem das metallische Kupfer durch eingeworfene Eisenbrocken niedergeschlagen und nachgehends im Flammofen raffinirt wird.

Versuche, um mittels des elektrischen Stromes gediegene Metalle (Silber und Kupfer) aus ihren Erzen abzuscheiden, sind endlich auch gemacht worden, aber bis jetzt zu keiner praktischen Methode gediegen, weshalb wir es bei der bloßen Erwähnung bewenden lassen.

---



Hohofen und Bessermethode.

Des Wassers und des Feuers Kraft  
 Verbündet sieht man hier;  
 Das Mühlrad, von der Flut gerast,  
 Umwälzt sich für und für;  
 Die Werte klappern Nacht und Tag,  
 Im Takte pocht der Hämmer Schlag,  
 Und bilden von den mächt'gen Streichen  
 Ruß selbst das Eisen sich erweichen.

Schiller.

## Das Eisen und die Eisenindustrie.

Das Eisen in der Entwicklung der Völker. In Afrika und bei uns. Seine chemische Natur, Eisen und Kohlenstoff. Darstellung des Eisens. Die hauptsächlichsten Erze. Ihre Aufbereitung und Verschmelzung im Hohofen. Das Roheisen. Das Schmiedeeisen. Frischen und Pubbeln. Quetschwerke. Dampfhämmer. Walzwerke. Ziehbanke. Gebläse und Feuerung. Bessermethode. Der Stahl. Bedeutung des Kohlenstoffgehaltes. Stücker. Silber-, Silizium-, Wolframstahl. Darstellungsweisen aus den verschiedenen Eisenforten. Der Gußstahl. Krupp und seine Erzeugnisse. Ugatiusstahl. Der Eisenguß. Formen, nasse und trockene. Schalenguß u. s. w. Verzinnen, Verzinken und Emailiren. Der Stand der heutigen Eisenindustrie.

Auf die Gewinnung und Verarbeitung des Eisens verstanden sich, wie schon erwähnt, bereits die ältesten bekannten Kulturvölker; nach Moses ist die Kunst ganz eigentlich eine vorflutliche. Zwar ist die Darstellung metallener Geräthe aus Kupfer und Kupferlegierungen (Bronze) eine noch ältere, weil dieses Metall in der Natur bereits in gebiegem Zustande vorkommt, aber sie mußten in dem Maße verschwinden, als man das Eisen leichter und wohlfeiler zu gewinnen vermochte. In den griechischen Zeiten war die Völkerschaft der Chalyber, die am Schwarzen Meere saß, berühmt durch das von ihr gelieferte vorzüglich harte Eisen (Stahl), das sie aus dem Eisensand ihrer Flüsse gewonnen haben soll. Andere stahlliefernde Chalyber saßen in Spanien an einem Flusse, der ebenfalls Chalybs hieß und eine besondere eisenhärtende Kraft besitzen sollte. Chalybs oder chalybisches Erz wurde hiernach

der Gattungsname für gehärtetes Eisen überhaupt. Außer dem pontischen und spanischen Eisen war damals schon der indische Stahl sowie das Eisen von der Insel Elba geschätzt und das steyrische stand lange vor Christi Geburt bereits in hohem Rufe. Daß die alten deutschen und nordischen Völker schon sehr frühzeitig und unabhängig von Griechen und Römern Eisen gewannen und bearbeiteten, ist mehr als wahrscheinlich und deuten darauf schon die alten Heldengedichte und Sagen, in denen wunderbare Schwerter und Waffen und kunstreiche Waffenschmiede eine bedeutende Rolle spielen. Ueberhaupt mag es vorzugsweise der Krieger gewesen sein, der die Tugenden des Eisens zuerst erkannte und würdigte, während die simple Haus- und Landwirthschaft des Alterthums desselben viel eher entzathen konnte. Gebraucht doch noch heute der ukränische Bauer selbstgezimmerter Wagen, an denen auch nicht der kleinste eiserne Nagel zu finden. In der Sprache unserer Altvordern gab es für Degen und gediegen nur ein Wort, gidigan; das Schwert also hieß vorzugsweise das Gediegene, rein und lauter Metallische, und da gediegen im Grunde nichts Anderes besagt, als gediehen, so schildert uns das eine Wort zugleich die Genugthuung ob des gelungenen Werkes und das vorhergegangene mühevollte Bestreben.

Ja, ein hartes und mühsames Werk muß es gewesen sein, das widerspenstige Erz bis zum guten Schwert oder sonst einem schätzbaren Gebrauchsgegenstande zu veredeln; ist doch noch heute, wo allerdings noch das neuzeitige Moment der Massenproduktion hinzutritt, Alles, was sich auf Ausbringung und Verarbeitung des Eisens bezieht, eine mühebeladene Kunst, trotz der Ausbildung, die sie durch unzählige Versuche und Erfahrungen bis zu unserer Zeit erlangt hat.

Wollte man bei der gänzlichen Unbekanntschaft mit dem Wie und Wo der ersten Eisenbenutzung von dem Grundsatz ausgehen, daß eine Erfindung da gemacht zu werden pflegt, wo die Verhältnisse dazu am günstigsten, die Schwierigkeiten am kleinsten sind, so könnte man sich versucht fühlen, dieselbe nach Afrika zu versetzen. In diesem schwarzbevölkerten Erdtheile, wo die Lebensweise der Menschen durch Jahrhunderte und Jahrtausende sich gleich zu bleiben scheint, ist die Eisenbearbeitung seit undenklichen Zeiten einheimisch; überall giebt es gute Eisenerze und Schmiede, die aus demselben die Geräthschaften des gewöhnlichen Bedarfs herzustellen wissen. Im Sudan, dem Mohrenlande, das hinter der Wüste Sahara anfängt, liegen nach der Erzählung Reisender Kugeln und Nieren guter, sehr leicht zu verschmelzender Eisenerze auf Schritt und Tritt umher. Die dortigen Schmiede bringen mittels eines kleinen Lehmofens mit Hilfe einiger Kohlen und eines Handblasbalgs das Metall aus und formen es zu Lanzeneisen für Männer oder zu Felddhacken für die Weiber, womit der Bedarf so ziemlich gedeckt sein mag. In den Zwischenzeiten, wo der schwarze Schmied keine Aufträge hat, schmiedet er auch Geld, ohne damit gegen ein Strafgesetz zu verstoßen. Er formt kleine Eisenstückchen derart, daß sie die Gestalt einer Sichel en miniature haben, und so werden sie als eine Scheidemünze im Verkehr überall genommen. Somit steht hier das Eisen als Münzmetall dem Golde gleich, insofern es den Werth darstellt, den es in sich selbst hat. Auch in den südlichen, zum Theil erst ganz neuerdings erschlossenen Theilen Afrika's bis zur Südspitze hin findet sich überall dieselbe urförmige Erzschmelz- und Schmiedekunst. Im eisenerzführenden Berg- und Hügellande arbeiten fleißige Schmiede für den Bedarf ihrer sowol als fremder eisenloser Gegenden und der Landhandel, welcher den letztern die willkommenere Waare zuführt, hat nicht auf sich warten lassen. Bei den südlichen Stämmen, den Damaras und andern von uns als Hottentotten bezeichneten, dient das Eisen nicht blos als ein Stoff des Bedarfs, sondern auch des Luxus. Ihre Zierrathen, besonders in Form von Brustschildern und Halsbehängen, bestehen aus hochpolirtem Eisen, dessen Glanz



sie höher schätzen als den des Goldes oder Messings. Somit giebt es auch Menschen, bei denen der geheimnißvolle Reiz, den man dem Golde zuzuschreiben pflegt, nicht verfängt.

Jedes Volk aber, das wir in Eisen arbeiten sehen, hat Anspruch auf eine gewisse kulturhistorische Rangstufe, denn es gehört eine bedeutende schöpferische Kunst dazu, das Metall aus seinen natürlichen Verbindungen in gediegener Gestalt darzustellen.

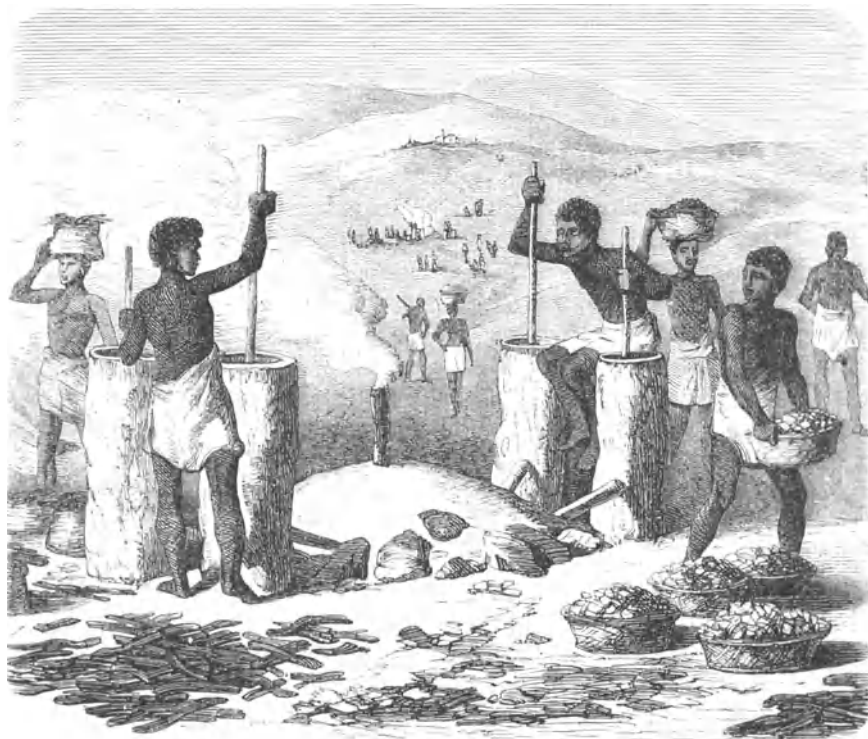


Fig. 24. Eisenschmelze in Afrika.

Nirgends auf Erden — wenn wir die räthselhaften, übrigens höchst seltenen Eisenmassen ausnehmen, die aus der Luft gefallen, hier und da gefunden worden sind und die man unter dem Namen „Meteoreisen“ als Kostbarkeiten in mineralogischen Sammlungen findet — hat die Natur das Eisen in seiner natürlichen Gestalt hingelegt, sondern stets verlarvt sie das Metall als Oxidul, Oxid, kohlensaures Salz, Schwefelmetall u. s. w. Grund dieser Erscheinung ist die große Verwandtschaft des Eisens mit dem Sauerstoff und dem Schwefel, von denen aber die erstere so überwiegend ist, daß sie selbst den Schwefel aus seiner Verbindung mit dem Eisen vertreiben kann und wir oxydirte Eisenerze haben, die unbezweifelnd einmal Schwefelkiese waren. Die Verbindung von Eisen und Sauerstoff nennen wir im gewöhnlichen Leben Rost; er ist uns ein Sinnbild geworden des schleichenden, unabwendbaren Verderbens und bildet technisch genommen gewiß einen Uebelstand. Aber es gehört zur Natur und man kann sagen zur Mission des Eisens, daß es roste und sich nachgehends in den in Luft und Boden vorkommenden natürlichen Säuren auflöse. Es ist eben diese Eigenschaft, welche das Wanderleben des Eisens, sein so zu sagen allgegenwärtiges Vorkommen ermöglicht und es von seinen ursprünglichen Lagerstätten herausgeführt hat in Lehm und Thon, Sand und Kies, in die Ackererde, aus

der es emporsteigt in die Pflanze und durch diese in den lebendigen Leib des Thieres und des Menschen, nicht um hier müßig zu kreisen und allenfalls dem Blute seine rothe Farbe zu ertheilen, sondern eben um das Lebenselement, den Sauerstoff der eingeathmeten Luft, immerfort aufzunehmen und an den Organismus zu übermitteln. Und wenn hiernach der blutarme, bleichsüchtige Mensch zur Eisenquelle flüchtet, um sich Gesundheit und neue Lebensfrische zu trinken, so sind es hinwiederum dieselben Eisenquellen, welche das Metall auf dem wohlfeilsten Expeditionswege auch in Gegenden schaffen, wo von eigentlichen Eisenerzen keine Spur zu finden ist. Zudem die eisenführenden Wässer zu Tage treten und sich an der Oberfläche ihren weitem Weg suchen, verflüchtigt sich die Kohlensäure, die das Eisenoxydul in Auflösung erhielt; das letztere setzt sich, indem es durch rasche Aufnahme von noch mehr Sauerstoff zu Oxyd wird, in schlammförmigen oder auch porösen Massen ab und erhärtet endlich zu einem Erz, Raseneisen (Sumpf- oder Wiesenerz), das nur gesammelt und verhüttet zu werden braucht. Manche flachländische Gegenden haben gar keine andere einheimische Eisenversorgung; das Material ihrer Aerte und Pflüge ist ihnen buchstäblich aus der Erde zugequollen.

Der Charakter des Gewaltigen, Cyclopischen, unter welchem die Arbeit der Eisengewinnung heute sich uns darstellt und dessen Vorstellung schon die Worte Hohofen, Eisenhammer in uns erwecken, hat sich erst in neueren Zeiten damit verbunden. Jahrtausende hindurch blieb auch dieser technische Zweig ein Kleingewerbe, in Form und Umfang wol nicht viel anders, als dasselbe noch heute in Afrika ausgeübt wird. In Deutschland hatte man noch im 16. Jahrhundert zum Ausbringen nur kleine Herde oder niedrige Ofen von etwa 5 Fuß Höhe, in denen man bei einem bedeutenden Metallabgange aus leichtflüssigen Erzen im gelungenen Falle eine Art Stabeisen, oft aber eine spröde Masse gewann, die erst noch einmal im Ofen behandelt und dadurch zu Weicheisen wurde. Uebrigens waren doch die Deutschen in der Kunst der Eisengewinnung die Lehrer ihrer Nachbarvölker und je nach der Natur der zu Gebote stehenden Rohstoffe bildeten sich in verschiedenen Gegenden verschiedene Methoden aus, die sich dann weiter verbreiteten. Der Bau der Ofen, dieses für den Erfolg so wichtigen Gegenstandes, erhöhte sich allmählig auf 10—12 Fuß (Wolfsöfen), dann auf 15—20 Fuß, womit man zur Konstruktion der Gebläseöfen gelangte, in welchen man, bei kontinuierlichem Betriebe, durch die erreichbare höhere Temperatur aus leichtflüssigen Erzen nicht mehr teigige stahlartige Eisenmassen für den Hammer, sondern tropfbar flüssiges Roheisen erhielt, das von Zeit zu Zeit aus dem Sammelbecken des Ofens abgelassen wurde. Ofen solcher Art sind für leichtschmelzige Erzorten noch jetzt vielfach in Anwendung; aber das Bestreben, auch strengflüssigere Erze zu bewältigen, führte zu noch weiterer Erhöhung der Ofen, so daß sie endlich zu den jetzt vorzugsweise gebräuchlichen Hohöfen heranwuchsen, deren Höhe bis zu 60 Fuß steigen kann.

Die Gewinnung dünnflüssigen Eisens war eine Entdeckung und zwar eine der folgenreichsten. Bis zur Einführung des Hohofenprozesses (allem Vermuthen nach zu Anfang des 16. Jahrhunderts) konnte kein Schmied der ganzen Welt das Eisen in diesem Zustande gesehen haben, denn was in den kleinen vorzeitlichen Ofen gewonnen wurde, war, wie wir weiterhin sehen werden, gar nicht der Schmelzung fähig. Die vom Hohofen gelieferte flüssige Masse kann erstlich sofort, wie sie ist, durch Gießen in Formen zur Erzeugung einer Menge nützlicher Gebrauchsstücke dienen; doch war diese Benutzungsweise anfänglich mehr Nebensache und gewann erst allmählig, mit der Entwicklung des Maschinenwesens, die großartigen Dimensionen, die sie in unsern Tagen hat. Hauptsächlich hatte das erflossene und wieder erkaltete Eisen als Roh-

eisen Wichtigkeit, weil es der Ausgangspunkt zur Gewinnung des hämmerbaren Eisens war, und es bildeten sich nun die verschiedenen Methoden des Frischens, eben jener Umwandlung aus, welche der Engländer mit dem Namen Puddeln bezeichnet, weil jetzt in der Regel die Arbeit im Flammofen mit Steinkohlenfeuer geschieht.

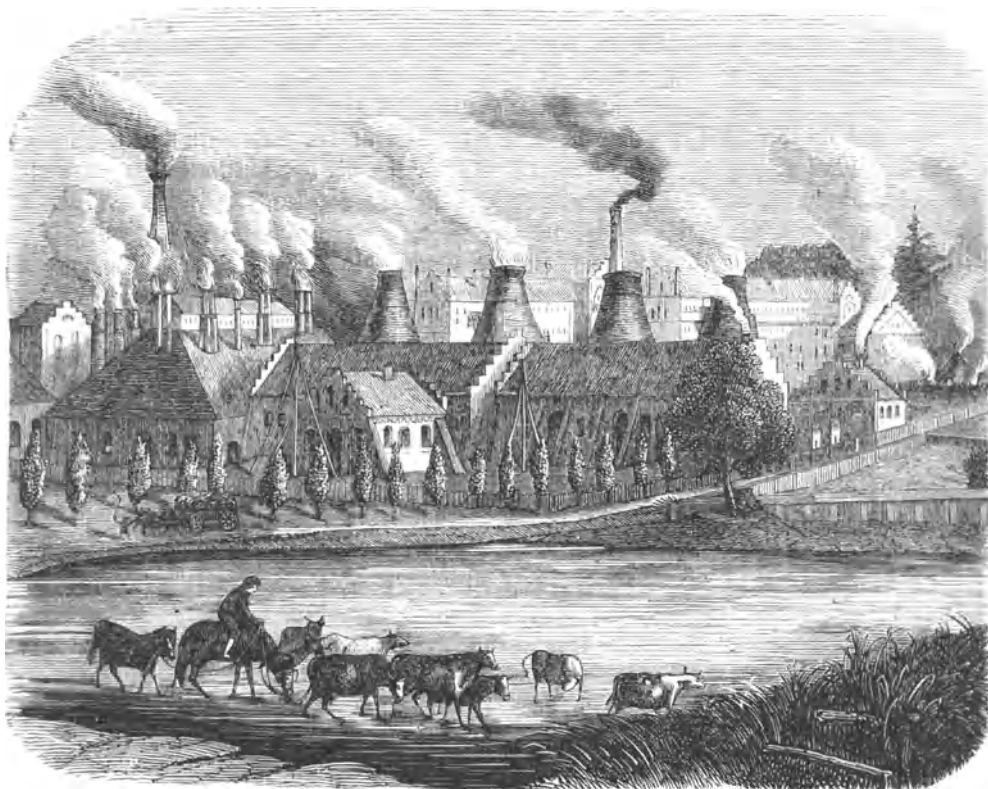


Fig. 25. Die Raurahüttenwerke.

In früherer Zeit wurden die Eisenhütten lediglich mit Holzkohlen betrieben; die Anwendung der Steinkohlen geht von den Engländern aus und bildet durch die hiermit erlangte Möglichkeit des Großbetriebes wol einen technischen Fortschritt, in Bezug auf die Güte des Produkts aber einen Rückschritt, so daß man noch jetzt zu gewissen Zwecken das mit Holzkohlen erblasene Eisen nicht entbehren kann und gern mehr dergleichen produzierte, wenn nicht die fortschreitende Lichtung der Wälder eine immer engere Beschränkung geböte. Am leichtesten hat noch Schweden die Lieferung von Holzkohleneisen, und nimmt deswegen sowol wie durch seine Erze, in Bezug auf die Güte seines Metalls, unter den eisenerzeugenden Ländern einen hochwichtigen Rang ein. Die englische Stahlindustrie namentlich beruht zum großen Theil auf dem schwedischen Eisen. Dagegen haben sich in Bezug auf Massenproduktion und vielseitige Anwendung des Metalls die Engländer den ersten Platz errungen. Erst seit Ende des vorigen Jahrhunderts, mit der Einführung des Dampfgebläses, erhob sich dort die Eisenindustrie, um in der Folge wahre Riesenfortschritte zu machen. Die englischen Eisengruben wurden zu wahren Goldgruben dadurch, daß die günstige Natur die Mittel der Verwerthung in unmittelbare Nähe gelagert hatte. Die schönsten Eisenerze sind ein todter Schatz, wenn nicht ein ausreichendes und wohlfeiles Brennmaterial zur Hand ist. In England liegen

aber Steinkohlen und Erze in nächster Nachbarschaft, oft so, daß beides aus einer und derselben Grube gefördert wird. In den deutschen Eisendistrikten des Niederrheins und Westfalens bestehen ähnliche günstige Bedingungen, und auch dort steht die Eisenindustrie auf einem Standpunkte der Entwicklung, der die Vergleichung mit England nicht zu scheuen braucht. Die deutsche Eisenindustrie hat die englische in vielen Stücken eingeholt; in einzelnen, besonders in der Gußstahlerzeugung, entschieden überflügelt, und haben die deutschen Eisenwerke in der Regel auch nicht den städteähnlichen Umfang englischer Etablissements dieser Art, so giebt es doch einzelne, wie die Laurahüttenwerke (Fig. 25), die Königshütte in Schlesien, Marienhütte in Sachsen u. s. w., welche auch in der Massenproduktion mit englischen in die Schranken treten können. Aus der Massenerzeugung aber besonders erklären sich die Fortschritte in der Verwendung des Metalles, zu denen die Engländer das Beispiel gegeben haben. Die Millionen Centner geringen, spottwohlfeilen Eisens, welche die Hüttenwerke dort Jahr aus Jahr ein produziren, suchten Verwendung, und so begann die Konkurrenz des Eisens gegen Holz und Stein, erwachsen die eisernen Brücken, Speicher, Wohnhäuser, Kirchen, Treppen, Straßenpflaster, Gewölbe und andere oft zitierte Herrlichkeiten. Der Umstand, daß England eigentlich gar kein inländisches Bauholz besitzt, begünstigte natürlich dessen Substituierung durch Eisen bedeutend. Auch bei uns werden die Baustämme alljährlich dünner und theurer, und das Eisen tritt successiv an ihre Stelle; schon jetzt finden eine Menge ausrangirter Eisenbahnschienen ihren Ruheplatz dergestalt, daß sie bei Neubauten die Stelle der hölzernen Tragbalken vertreten.

Die in ungeheurem Maße vermehrte Produktion des Eisens beschränkt sich aber heute nicht mehr auf England, sondern ist, Dank den riesigen Fortschritten der Technik, unter denen das Eisenbahnwesen allein schon hingereicht hätte, die frühere Eisenproduktion wenigstens zu verdoppeln, eine allgemeine geworden. In der Vermohlfeilerung ist im Laufe der Zeit das Unglaublichste, nicht nur in den Operationen des Ausbringens, sondern namentlich auch in der so wichtigen Rubrik Brennstoff geleistet worden. Von dem Gebrauche der Holzkohlen und Roaks ging man successiv über zu unverkohltem Holz, rohen Steinkohlen, selbst zu Braunkohlen und Torf. Weitere Kostenverminderung erwuchs aus der Benutzung heißer Gebläseluft, und besonders der aus den Hohöfen abziehenden Hitze zum Behuf des Röstens und Frischens. Den jüngsten Fortschritt bildet die Anwendung der weiterhin näher zu besprechenden Gasfeuerung, welche die Anwendung des schlechtesten Brennmaterials zulässig macht.

**Eisen und Kohlenstoff.** Aber bevor wir weiter gehen, wird es nöthig sein, unsern eigentlichen Stoff näher in's Auge zu fassen, und die Frage voranzustellen: „Was ist Eisen?“ Es hat nämlich mit dem Eisen eine ganz eigenthümliche Verwandtniß; während wir beim Kupfer, Zink, Silber u. s. w. Werth darauf zu legen haben, dasselbe im möglichsten Grade rein, von fremden Stoffen frei zu erhalten, giebt es in der ganzen Technik gar kein reines Eisen. Unsere Ausbringungsprozesse liefern solches nicht und wenn sie es thäten, würden wir es nicht brauchen können. Selbst zu dem schlechtesten Messer würde das ganz reine Metall viel zu weich sein. Es muß erst ein anderer Stoff hinzutreten, um dem Eisen seinen Werth, seine Härte zu verleihen, und das ist der Kohlenstoff. Der Kohlenstoff steht zum Eisen in einer verwandtschaftlichen Beziehung, wie zu keinem andern Metall. Auf trockenem, heißem Wege dringt er in den Metallkörper ein und verändert die Natur desselben, je nach seiner Menge, in verschiedener auffallender Weise. Jahrtausende gewann man brauchbares Eisen und wandte die richtigen Mittel dazu an, ohne über das Wie und Warum die leiseste Ahnung zu haben. Denn welche andere Theorie hätte sich ein alter Schmied oder Hüttenmann machen können als etwa die, das Feuer treibt das Eisen aus? Da

kam die neuere Chemie, die mit der Entdeckung des Sauerstoffes anhub, und lehrte, daß die Metallerze Oxide, Verbindungen des Sauerstoffes mit Metall seien, daß in der Gluthige Kohle und Sauerstoff zu Kohlenäure zusammentreten und als solche, das Metall im gebiegenen Zustande zurücklassend, entweichen. Das genügte für alle Metalle, das Eisen allein ausgenommen. Bei diesem mußte erst noch seine spezielle Beziehung zum Kohlenstoff entdeckt werden, ehe die Theorie mit ihm auf's Reine kommen konnte. Es ist in der That ein wahres Glück, daß man von Alters her, um eine tüchtige Hitze zu erzeugen, kein anderes Mittel gekannt hat als Holz und Kohlen. Indem man die Kohle als bloße Hitzequelle betrachtete, hatte man in ihr zugleich den Stoff gewählt, der unerkannter Weise noch einen zweiten und dritten Dienst that, ohne welchen es mit der Darstellung eines brauchbaren Eisens sehr mißlich ausgesehen haben würde. Indem also der Eisenschmelzer seine Erze mit Kohle glühte, erhielt er ein Kohleneisen, das mehr oder weniger dem Stabeisen oder dem Stahl ähnlich, jedenfalls aber zum Schmieden tauglich war. Er mußte es als einen Sumpf oder weichen Klumpen erhalten, denn Eisen in diesem Zustande läßt sich nicht klar schmelzen. Als man späterhin in höhern Ofen mit größerer Hitze arbeiten lernte, erhielt man, weil dadurch die Anziehung zwischen Eisen und Kohlenstoff gesteigert wird, ein Eisen mit höherm Kohlegehalt und andern Eigenschaften, das dünnflüssige Gußeisen, das jedenfalls bei seinem ersten Auftreten eine unwillkommene Erscheinung sein mußte, da es sich dem Schmieden widersetzt und unter dem Hammer in Stücke geht. Aber man verzagte nicht und griff wieder zu dem Zwangsmittel Feuer, und dadurch und durch fortgesetztes Hämmern bearbeitete man die widerspenstige Masse, bis sie zahm und zäh zum brauchbaren Schmiedeeisen wurde. Man trieb damit aber, ohne es zu wissen, den Antheil Kohlenstoff wieder aus, den das Gußeisen mehr hat als das Schmiedeeisen.

Sonach hat man es, wenn von Eisen in technischem Sinne die Rede ist, niemals mit dem reinen Element, sondern stets mit einem Kohleneisen von mehr oder weniger Kohlegehalt zu thun. Die höchste Kohlungstufe macht das Metall in der Hitze leichtflüssig, grob krystallisch, spröde, kurz zu Gußeisen; den geringsten Kohlegehalt hat das Schmiedeeisen; zwischen beiden inne steht der Stahl, eine Mittelstufe, die sowohl durch Herabsetzung der ersten als Erhöhung der zweiten erreicht werden kann, d. h. indem man entweder dem Gußeisen Kohlenstoff entzieht oder dem Schmiedeeisen welchen zusetzt, wie das weiterhin eingehender zu besprechen sein wird. Die richtige Erkenntniß und Unterscheidung der Natur des Stabeisens, Stahls und Roheisens verdankt man hauptsächlich den Untersuchungen des berühmten Metallurgen Karsten.

**Darstellung des Eisens.** Wenden wir uns nun zu der eigentlichen Zugutemachung der Erze. Bei weitem nicht alle Existenzformen des in der Natur so vielverbreiteten Eisens eignen sich zu einer vortheilhaften Ausbringung des Metalls. Selbst unter den eigentlichen Erzen kommen diejenigen, die aus einer direkten Verbindung von Schwefel und Eisen bestehen, die sogenannten Kiese, für die Eisengewinnung nicht in Betracht, da die Produktion daraus zwar möglich, aber umständlich und kostspielig sein, außerdem auch kein gutes Metall daraus hervorgehen würde. Der Schwefel ist ein zu verderblicher Gefelle für den Charakter des Eisens, als daß man nicht gleich von vornherein auf seine Fernhaltung bedacht sein sollte. Hat man doch noch genug zu kämpfen selbst mit derjenigen Partie dieses schlauen Gastes, die nicht durch die Erze, sondern durch das Brennmaterial (Steinkohle) und durch Zuschläge (schwefelsaure Erden) in den Schmelzbetrieb gelangt. Die Schwefelkiese finden anderweit ihre gelegentliche Verwendung; man brennt einen Theil ihres Schwefels aus und benützt die entstehende schwefelige Säure auf Schwefelsäure, während man den Rückstand, der

immer noch einfach Schwefeleisen ist, an der Luft zu Eisenvitriol (Schwefelsaurem Eisenoxydul) verwittern läßt.

In gleicher Weise wie der Schwefel sind auch Phosphor und Arsenik für das Eisen eine böse, die guten Sitten verderbende Gesellschaft. Alle drei machen das Metall kurz, brüchig und spröde. Das Arsenik, das übrigens in den wenigsten Fällen ganz fehlt, ist in geringer Menge noch am wenigsten gefährlich. Der Phosphor bildet in der Phosphorsäure besonders die Mitgabe der Rafenerze; diese erhalten dadurch eine große Leichtflüchtigkeit und werden auch meist vergossen; das Schmiedeeisen daraus leidet aber eben wegen des Phosphorgehaltes an der sogenannten Kaltbrüchigkeit. Noch andere Elemente, die sich dem Eisen beigefellen und seine Beschaffenheit nachtheilig oder vortheilhaft beeinflussen können, werden gelegentlich zur Erwähnung kommen.

Als eigentliche brauchbare Eisenerze dienen nur die verschiedenen Oxydationsstufen des Metalls und das kohlen saure Eisenoxydul. Es sind in bergmännischer Unterscheidung folgende: Magneteisenstein, eine Mittelstufe zwischen Oxyd und Oxydul (Oxydorydul), das eisenreichste Mineral, in reinem Zustande 72 Prozent Metall von vorzüglichster Beschaffenheit liefernd. Sehr häufig aber ist es mit Schwefelkies u. s. w. so versetzt, daß es gar nicht zu brauchen ist. Je nach seiner verschiedenen Dichtigkeit und den begleitenden Gangarten gehört er bald zu den schwer-, bald zu den leichtflüssigen Erzen; im Gemenge mit Kalkspath oder Hornblende z. B. gestaltet sich die Schmelzung und Schlackenbildung so günstig, daß er ohne alle Zuschläge zu Gute gemacht werden kann. Auf dem Magneteisenstein beruht hauptsächlich die vorzügliche Eisenproduktion Schwedens und Norwegens, wie auch die russische. Verbreiteter und am allgemeinsten angewandt ist das eigentliche Eisenoxyd (70 Prozent Metall enthaltend), das je nach seiner Form bald als Eisenglanz, bald als Rotheisenstein, oder im Gemenge mit Thon als rother Thoneisenstein vorkommt. Auf Rotheisenstein baut man in Deutschland vielfältig, so namentlich am Harz, in Sachsen, Nassau u. a. Die Insel Elba beherbergt eins der bedeutendsten Eisenglanzlager. — Als Hydrat, d. h. in chemischer Verbindung mit Wasser, mit dem Gehalt von 50—60 Prozent Metall, erscheint das Eisenoxyd in Form von Brauneisenstein oder je nach den fremden Beimengungen als Gelb-, Schwarzeisenstein, gelber oder brauner Thoneisenstein, Braunerz u. s. w. Diese Formen sind meist Verwitterungsprodukte und stark verunreinigt. Zu den thonigen Brauneisensteinen gehört auch das Bohnerz, so genannt, weil es in rundlichen Körnern von Erbse- bis Bohnengröße vorkommt. Es findet sich im Württembergischen, in Baden, den Alpenländern, einigen Departements von Frankreich zuweilen in mächtigen Lagern und ist für die Schweiz das einzige bauwürdige Erz. Eisenoxydhydrat neuester und noch fortgehender Bildung ist das schon erwähnte Sumpferz, und Eisenwerke, die solches konsumiren, pflegen sich schon von weitem auszuzeichnen durch die blaue Farbe ihrer Schlackenberge, herrührend von phosphorsaurem Eisenoxydorydul. Eines der nicht unwichtigsten Eisenerze bildet endlich das kohlen saure Eisenoxydul, wemngleich sein Eisengehalt nur etwa 45 Prozent beträgt. Es tritt auf als Spatheisenstein (Eisenspath) oder in kugeligen und nierenförmigen Gestalten als Sphärosiderit. Beide kommen in Deutschland an verschiedenen Fundorten vor und werden gern benutzt; für England aber ist der thonige Sphärosiderit, der zum Theil noch einen bedeutenden Kohlenstoffgehalt besitzt (Blackband), beinahe der einzige Eisenerzlieferant, denn er ist es eben, welcher sich vorzugsweise in Gesellschaft der Steinkohlen findet, so daß trotz des schwankenden und stets geringen Eisengehaltes dieses Minerals doch dessen vortheilhafte Zugutemachung thunlich wird, zumal auch die Zusammensetzung desselben eine solche ist, die das Ausbringen nicht erschwert.

Eisensilikate (Kieseisensteine), welche chemische Verbindungen des Kiesels als

Säure mit Eisenoxyden darstellen und somit dieselbe Natur besitzen, wie die beim Eisenfrischen fallenden Schlacken, sind zwar häufig, aber an und für sich zur Eisengewinnung nicht vortheilhaft verwendbar, da sie nur mit bedeutendem Aufwande von Brennstoff und Kalzzuschlag sich verschmelzen lassen. Man benützt sie daher meistens nur als Zuschlag zu anderen Erzen in solcher Quantität, daß sie nicht störend werden. Günstiger sind die Fälle, wo der Kiesel unverbunden, in Form von Quarz, mit dem Erz nur gemengt ist, obwol auch dadurch die Erze immer strengflüssig werden und mit Thon und Kalk beschickt werden müssen, mit denen sich der Kiesel in der Schmelzhitze verbinden muß, um das Eisen frei zu lassen. Am günstigsten sind die Fälle, wenn der vorhandene Kiesel schon von Natur mit dergleichen Basen mehr oder weniger gesättigt ist, denn es kann dann sein, daß die Eisensteine ohne alle Zuschläge mit gehöriger Schlackenbildung verschmelzen oder doch nur geringe korrigierende Zusätze bedürfen.

Werden Kiesel (Siliciumoxyd) und Eisenoxyde reduziert, d. h. von Sauerstoff befreit, so bleiben die beiden Elemente Silicium und Eisen, welche ebenfalls Verwandtschaft zu einander haben. Etwas Silicium ist daher fast mit jedem Roheisen verbunden, und so schädlich auch ein zu großer Gehalt davon ist, so schreibt man einer geringen Beigabe, wie sie sich bisweilen im Stahl, und gerade in den härtesten Sorten doch findet, einen vortheilhaften Einfluß auf den Härtegrad zu.

Die Aufbereitung der Eisenerze ist, wie schon erwähnt, immer sehr einfach, da kostspielige Operationen bei diesem Metall sich nicht bezahlt machen würden. Ueber die Arbeiten der Handscheidung, des Waschens, Verwitterns, Röstens ist bereits das Nöthige gesagt worden; auch das Gattiren findet in den meisten Fällen statt. Man vermischt zur möglichst vollständigen Ausscheidung des Metalls ärmere und reichere Erze, so daß ein Durchschnittsgehalt hergestellt wird, wie ihn die Erfahrung als den geeignetsten für das Ausbringen ergeben hat. Durch chemisch kalkulirte Zuschläge sucht man dann die Bedingungen der vortheilhaftesten Schlackenbildung herzustellen. Regel ist, der Beschickung eine solche Zusammensetzung zu geben, daß die Schlacke eine höhere Schmelzhitze braucht als das Metall, also die Reduktion des Eisens und die Aufnahme des Kohlenstoffs immer einen Schritt früher erfolgt als die Bildung der Schlacken, da letztere sonst einen bedeutenden Theil des Metalls als Oxydul in sich aufnehmen würden.

Zum Verschmelzen dient hauptsächlich der Hohofen; eine ältere Form (Blau- oder Blasofen) nur noch da, wo Eisen mittels Holzkohlen erblasen wird. Der wesentlichste Unterschied zwischen beiden Systemen besteht darin, daß der erstere eine offene Brust, der andere eine geschlossene hat, d. h. beim Hohofen ist der zu unterst befindliche Sammelort, der Herd, durch eine Oeffnung zugänglich, und es schlägt ein Theil der Flamme daraus, während bei jenem diese Oeffnung fehlt und der Herd nur ein Zapfloch hat, das von Zeit zu Zeit zum Behuf des Ablassens geöffnet wird. Hieraus ergiebt sich, daß der Blauofen, da er sich selbst reinigen muß, nur mit dünnflüssigen Schlacken arbeiten kann, wogegen beim Hohofen ein Ausräumen des Herdes, das Abziehen zäher Schlacken oft nöthig ist und durch die offene Brust thunlich wird.

Die Einrichtung des Hohofens zeigt uns das beistehende Durchschnittsbild (Fig. 26). Der Haupthohlraum B heißt der Schacht, der sich wieder trichterförmig verengernde Theil C, weil der niedergehende Inhalt des Ofens auf ihm eine Stütze findet, die Kaste; die größte Verengerung unterhalb der Kaste (D) das Gestell, der unterste Raum E Eisenkasten oder Herd, der nach links vortretende Theil desselben E der Vorherd. Die obere Mündung G des Schachtes, wo die Ofengase her-

auszuschlagen, und die Kohlen, Erze und Zuschläge eingestürzt werden, heißt die Gicht. Wo nicht der Hohofen in einen Erdbach eingebaut ist, der eine Auffahrt gewährt, steht neben ihm ein Gebäude, in welchem ein Aufzug für die Beschickung angebracht ist, die dann auf einer Brücke dem Ofen zugeführt wird. Zuerst kommen ein paar Karren Kohlen oder Roaks, dann eine größere Portion Erze, dann eine kleinere von Zuschlägen und so geht es kontinuierlich fort in dem Maße, wie die Füllung sich durch den Gang des Schmelzprozesses zusammensetzt. In der Gegend von B etwa werden die niedergehenden Schichten schon glühend, und in dem weitesten Theile C des Schachtes langen die Erze durch das in großer Menge sich entwickelnde Kohlenoxydgas schon reduziert an. In dem Gestell D herrscht die größte Hitze, denn hier strömt durch

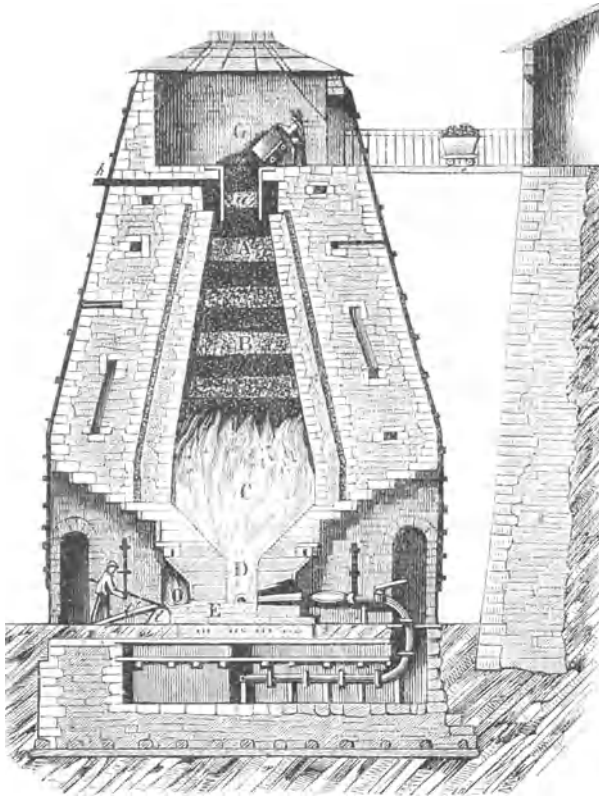


Fig. 26. Der Hohofen.

zwei oder drei Oeffnungen der (meistens schon vorher erhitzte) Gebläsewind ein, und in dem unteren Raume sondern sich das flüssige Eisen und die auf demselben schwimmenden Schlacken, welche durch den Vorherd bei O ablaufen, während das Eisen selbst durch einen Schlitz (Stichloch) neben dem Wallstein t, der gewöhnlich mit Lehm und Roaks geschlossen ist, abgelassen wird, um entweder gleich zu Gebrauchsstücken ausgegossen zu werden (Hohofenguß) oder in länglichen Formen oder Rinnen zu erkalten und die sogenannten Gänze oder Flossen zu bilden, die sowol zu Gußwaaren umgeschmolzen als auch in Stabeisen verwandelt werden. Bei einem recht garen Gange leuchtet das Stichloch so hell, daß man anfangs Nichts im

Gestelle unterscheiden kann; dann ergießt sich die Masse funkenprühend gleich Lava in die Formen oder in die offenen Kanäle von Sand.

Der Abstich gewährt einen überraschenden Anblick. Manchmal tritt die Eisenmasse so zähflüssig aus dem Ofen, daß sie nicht in Formen geleitet werden kann, sondern unmittelbar vor dem Stichloch unförmliche kuchenartige Scheiben bildet (Schlackeneisen). Bemerket sei noch, daß bei jedem Abstich das Gebläse außer Thätigkeit gesetzt werden muß.

Der Hohofen und namentlich das Gestell muß von sehr feuerfestem Material aufgebaut sein. Die der Gichtflamme entweichende Wärme fängt man mittels eines Röhrenapparates auf, durch welchen die Luft vom Gebläse aus getrieben und hier rasch auf 200—300 Grad erhitzt wird. Die Anwendung von heißer Luft hat



überall eine bedeutende Ersparniß von Brennmaterial und eine größere Produktionsfähigkeit des Ofens bewirkt; manches Werk verwendet daher Dampfmaschinen von 100 und mehr Pferdekraft blos zu den doppelwirkenden Cylindergebläsen. Ein neues Gebläsesystem beruht auf dem Gesetze, daß mehrere Luftströme, welche in einem Punkte zusammenstoßen, eine größere Wirkung äußern, als dieselbe Luftmasse in einem Strom. Man richtet daher die Ausgänge der einzelnen Luftkanäle gegen einander, so daß durch den entstehenden Stoß die Gebläseluft förmlich zerstört wird. Außerdem werden den Luftströmen auch wol Wasserdämpfe beigemischt, indem man glaubt, in den Zersetzungserzeugnissen, in welche sich das Wasser in der Hitze und bei Gegenwart von Kohle zerlegt, Wasserstoff und Sauerstoff, solche Stoffe zu erzeugen, welche der Hitzeerzeugung großen Vorshub leisten. Indessen hat man mit dieser Ansicht Unrecht, und wenn die Zuführung von Wasserdämpfen einen günstigen Erfolg gewährt, so beruht derselbe auf einer andern als der angegebenen Wirksamkeit.

Die Hohöfen sind ununterbrochen im Gange, bis eine auffällige Reparatur oder dergleichen das Ausblasen notwendig macht. Die Zeit unangesehnten Betriebes nennt man eine Campagne. Wie lange sie dauern kann, hängt sehr vom Material, der Bauart und andern Umständen ab. Manche Ofen halten zwei bis drei, andere acht bis neun Jahre; man hat selbst Beispiele von zehn bis zwanzigjähriger Dauer. Beim Verschmelzen leichtflüssiger Erze mit Holzkohlen leiden die Ofen natürlich am wenigsten und dauern am längsten aus. Höchst verschieden ist

auch die Lieferungs menge der Hohöfen, sie wechselt von 170—2400 Centner pro Woche. Bei zufällig eintretendem Mangel an Schmelzmaterial braucht man den feiernden Ofen nicht auszublasen, sondern man dämpft ihn nur, d. h. verschließt ihn überall dicht und erhält ihn so wochen- und monatelang warm.

Auf die Dualität des erblasenen Roheisens haben nicht nur die Beschaffenheit der Erze, der Zuschläge und des Brennstoßes, sowie der Gehalt desselben an Kohlenstoff, Silicium, Schwefel, Phosphor, Mangan u. s. w., sondern auch die dabei angewandten Hitzegrade, somit auch die Größe des Ofens, die Anwendung erhitzter oder kalter Gebläseluft und selbst noch die raschere oder langsamere Abkühlung des

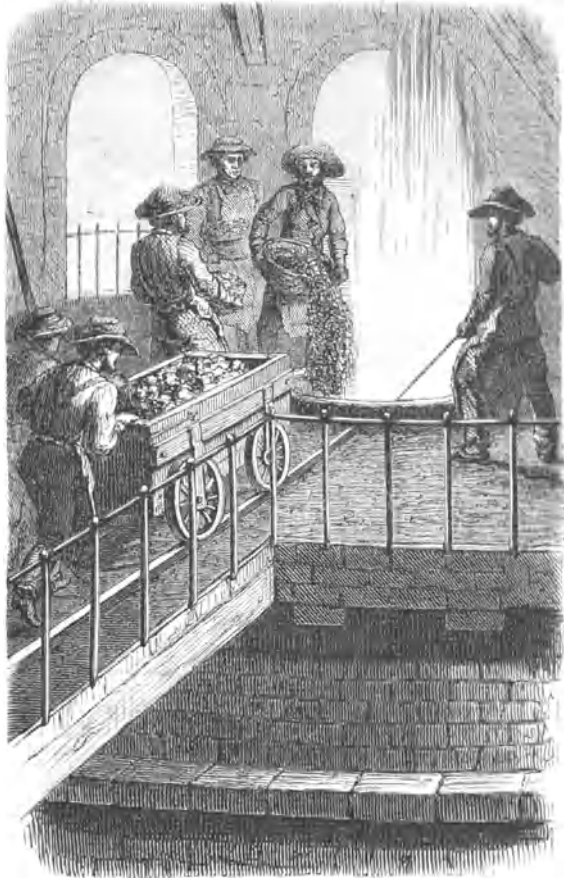


Fig. 27. Beschicken mit Erz und Kohle.

Metalls nach dem Ausgusse Einfluß. Es lassen sich daher eine nicht geringe Anzahl Roheisenarten unterscheiden, die vermöge ihrer Eigenschaften bald zu dieser, bald zu jener Verwendung mehr oder weniger geeignet erscheinen. Man kann aber alle unter zwei Hauptrubriken bringen: weißes und graues Roheisen, deren beliebige Erzeugung man in der Hand hat, da die hierzu nöthigen Bedingungen im Allgemeinen bekannt sind. Das weiße ist von sehr verschiedenem Kohlenstoffgehalt (höchster Gehalt beim sogenannten Spiegeleisen 4—5 Prozent und mehr) und entsteht aus leichtflüssiger Beschickung bei einem gewissen niedern Stande der Schmelzhitze. Es kann sich daher in vielen Fällen beim Beginn, wie auch bei zufälligen Störungen eines Hohofenbetriebes, solches Eisen bilden. Absichtlich erzielt wird es durch Beobachtung dessen, was auf die Hitze mäßigend wirkt, also Verringerung des Mengenverhältnisses der Kohlen gegen die Erze, Aufschütten letzterer in dickeren Schichten, Mäßigung der Gebläsekraft u. s. w. Durch Umkehrung dieser Bedingungen in ihr Gegentheil kann man ohne Weiteres in demselben Betriebe von der Produktion des weißen Eisens zu der des grauen übergehen.

Weil in niedriger Temperatur erflossen, hat das weiße Roheisen natürlich auch einen niederen Schmelzpunkt, aber es kommt demzufolge dickflüssig aus dem Ofen, und giebt schon dadurch zu erkennen, daß es zum Guß ungeeignet ist. Seine natürliche Bestimmung ist die Verwandlung in Stahl und in Stabeisen. Zur Bearbeitung mit Meißel, Drehstuhl u. s. w. eignet sich der weiße Rohguß wegen seiner bedeutenden Härte und Sprödigkeit ebenfalls nicht, und wenn die Hüttenleute wider Willen dergleichen erzeugen, so müssen die Mechaniker oder wer sonst ihren Stoff zu verarbeiten hat, denselben durch langanhaltendes Glühen und langsames Abkühlen erst wieder in die graue Modifikation verwandeln. Theorie und Praxis erklären diese Umwandlung folgendermaßen. Den Unterschied zwischen beiden Sorten bedingt nicht sowohl die Menge des in ihnen enthaltenen Kohlenstoffs, als vielmehr die Art seiner Bindung; er kann chemisch mit dem Eisen verbunden sein, oder sich mehr mechanisch, in Form kleiner Kryställchen von Graphit, darin vorfinden. Beim weißen Roheisen herrscht die chemische Verbindung vor, beim grauen die graphitische Form. Wird ersteres der langsamen Abkühlung überlassen, so gewinnt ein ansehnlicher Theil seines Kohlenstoffs Gelegenheit, sich vom Eisen zu trennen und in die Form bloßer Einlagerungen überzugehen — es entsteht graues Roheisen. Umgekehrt nimmt letzteres, wenn es geschmolzen einer raschen Abkühlung ausgesetzt wird, oberflächlich die Natur des weißen an. Sonach kann sich noch nach dem Ablassen aus dem Hohofen, unter den Händen des Arbeiters, eine unliebsame oder auch gewünschte Umwandlung vollziehen. Das Letztere findet statt bei dem später zu besprechenden Schalen- oder Hartguß. Im Hohofen selbst entsteht bei voller Hitze immer graues, dünnflüssiges Roheisen.

Durch abwechselndes Aufgeben schwächerer und stärkerer Schichten der Beschickung, namentlich der Erze, läßt sich eine Mischung beider Sorten erzeugen, Eisen, in welchem graue und weiße Partien durch einander gemengt liegen, und welches deshalb halbirtes Roheisen heißt.

**Schmiedeeisen.** Auf die zahlreichen Unterarten des Roheisens, die Bedingungen ihrer Entstehung und die Rolle, welche die fremden Elemente, Mangan, Silicium, Schwefel u. s. w., dabei spielen, können wir nicht eingehen, wenden uns daher zu der weiteren Verarbeitung des Rohstoffs zu Stabeisen und zu Stahl, indem wir auch die Gießerei hier noch unbesprochen lassen.

Damit das leicht schmelzbare, aber spröde, unter dem Hammer zerfallende Roheisen in geschmeidiges, schmiedbares Eisen verwandelt werde, erhält es eine weitere

Behandlung im Feuer; dabei ist aber ein anderer Gehülfe unsichtbar mit am Werke thätig und eben so nothwendig zum Gelingen wie das feurige Element, das ist die Luft. Indem bei dieser Arbeit des Frischens oder Puddelns das Roheisen unter Zutritt der Luft wieder geschmolzen wird, verbrennt durch den Sauerstoff derselben ein Antheil des Kohlenstoffs im Eisen zu Kohlenäure, außerdem aber auch ein Antheil des Eisens selbst zu Eisenoxyd. Während jene als Gas davongeht, wirkt das Eisenoxyd auf das noch unveränderte Eisen weiter und entzieht ihm durch Sauerstoffabgabe noch mehr Kohlenstoff, bis endlich durch diese zweifache Wirkung der Kohlegehalt so gesunken ist, daß die Eisenmasse bei derselben Hitze anfängt dickflüssig, schließlich teigig zu werden. Diese mit dem geringer werdenden Gehalte an Kohlenstoff auch geringer werdende Schmelzbarkeit giebt einen Maßstab für die Beurtheilung des Fortschreitens des Frischprozesses.

Das Frischen erfolgt im Frischfeuer auf dem Frischherd, der in Fig. 28 im Durchschnitt dargestellt ist. Er bildet eine Art niedrigen Ofen aus Eisenplatten, welcher mit Kohlen gefüllt und durch ein Gebläse angefacht wird. Man legt etwa  $3\frac{1}{2}$  Cent-

ner Roheisen auf einmal auf die Kohlenfüllung, dasselbe schmilzt ein und geht auf den Boden des Feuers, wo es sich bald in einen teigigen Klumpen verwandelt. Dieser wird mit Brechstangen zertheilt, gewendet und fleißig dem vollen Windstrome ausgesetzt, um die Einwirkung des Sauerstoffs zu begünstigen; er heißt die Luppe. Ist diese etwa nach Verlauf von einer Stunde gar, dann wird sie aus dem Herde ge-

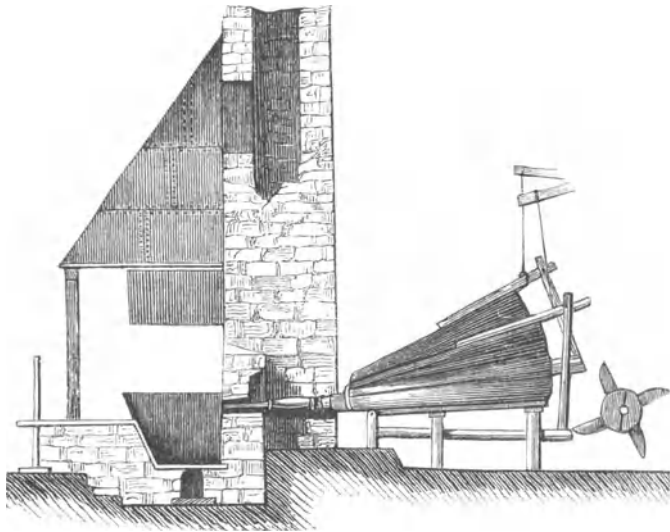


Fig. 28. Der Frischherd.

nommen, unter schwerem Hammer zu einem platten Kuchen ausgeschmiedet und mittels des Meißels in drei bis vier Stücke zerhauen. Diese Luppenstücke werden im Feuer während des Schmelzens einer frischen Roheisenmasse an der Herdseite wieder angewärmt, dann entweder einzeln unter sogenannten Schwanzhäm mern zu verschiedenen Stäben ausgeschmiedet oder nur zu Kloben, die wieder glühend gemacht und mittels Walzen zu Handelswaren ausgerecht werden. Eine Frischung nimmt ungefähr fünf Stunden in Anspruch.

Das Frischen bezweckt aber nicht blos die Entkohlung, sondern auch die Reinigung des Eisens von einem großen Theile seiner fremden Beimengungen, die ein gewisses Maß nicht überschreiten dürfen, weil sonst der Frischprozeß gar nicht mehr anwendbar wird. Um diese Reinigung zu befördern, bedient man sich auch beim Frischen und Puddeln noch verschiedener Zuschläge, je nach der Beschaffenheit des Rohstoffs Kalk oder Braunstein mit Thon zur Bekämpfung des Schwefels, Kochsalz, Schlacken u. s. w. Die Arbeiten ändern sich ferner ab, je nachdem graues oder weißes Roheisen verarbeitet wird, und es gestalten sich somit die Frischungsarbeiten oft

viel komplizirter, als unsere kurze Darstellung sie schildern kann, und man kennt eine ganze Reihe mehr oder weniger abweichender Frischmethoden, z. B. die deutsche, steirische, wallonische u. s. w. Nur bei ganz vorzüglichem Rohmaterial kommt man mit einmaligem Niederschmelzen zum Ziele; meist erhält man das Eisen zuerst nur halbgar und einer wiederholten Durcharbeitung bedürftig. Immer aber setzt es hierbei noch viele Schlacken ab, die sich theils auf dem Herde freiwillig absondern, theils bei dem nachfolgenden Hämmern und Walzen der glühenden Massen gewaltsam herausgequetscht werden.

Die zweite Art, rohes Eisen in feines oder Stabeisen zu verwandeln, bildet gewöhnlich einen Prozeß von größerem Maßstabe und geschieht in Puddelöfen, wovon Fig. 29 uns einen Durchschnitt zeigt. Der Hauptunterschied dieses Prozesses im Vergleich mit dem vorher betrachteten Frischen mit Holzkohlen liegt darin, daß hier Steinkohlen angewandt werden, welche wegen ihres schädlichen Schwefelgehalts nicht wie jene mit der Eisenmasse in direkte Berührung kommen dürfen, sondern getrennt gehalten werden und nur durch ihre Flamme wirken. Daher haben wir im Bilde links unter A den Koft für die Kohlen, von wo aus die Flammen über die Feuer-

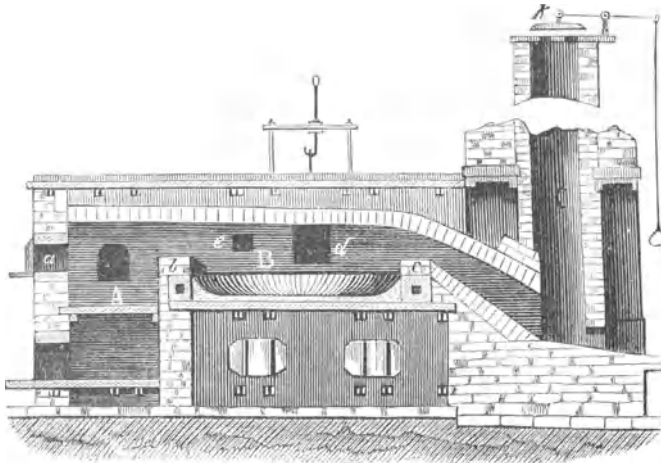


Fig. 29. Der Puddelofen.

brücke b hinweg nach dem Herde B schlagen, wo das Eisen liegt. Auf den Koft werden durch das Schürloch a flammende Steinkohlen geworfen, die durch die unten einströmende Luft, welche durch den Zug der überans hohen Esse C angezogen wird, in starke Glut kommen und auf dem Herde B sehr starke Hitze entwickeln. Dieser

Herd liegt voll Schweißofenschlacken, welche durch die Ofenhitze auf ihrer Unterlage, einer Gußeisenplatte, bald in eine teigige Masse verwandelt werden, scheinbar kochen und eine Decke bilden, auf die mittels der Oeffnung d etwa 3 Centner Roheisen gesetzt werden. Dasselbe geräth ziemlich schnell in Fluß und wird nun mit einer Brechstange, die durch die Oeffnung e oder durch eine noch kleinere in der verschlossenen Thür d in den Ofen geführt wird, durchgearbeitet, gehoben und gewendet (gepuddelt), so daß durch den Sauerstoff der einströmenden Luft der Kohlengehalt im Roheisen verbrennt und geschmeidiges Eisen zurückbleibt. Aus dem Eisenbrei auf dem Herde werden fünf bis sieben Luppen gefornt, zusammengeschweißt, herausgenommen, unter einem Hammer gezängt, d. h. in prismatische Form gebracht und sogleich zu Stäben ausgewalzt. Gewöhnlich sind diese Rohschienen noch zu sehr von Schlacken verunreinigt, als daß sie gleich brauchbares Schmiedeeisen abgeben könnten. Sie werden daher mittels einer Schere in Stücke von 3 Fuß Länge zerschnitten, über einander gelegt, in einen Schweißofen gebracht, der in der Regel mit dem Puddelofen zusammengekuppelt und ziemlich von gleicher Einrichtung ist, dort schweißwarm gemacht und hierauf durch ein Walzwerk erst in verschiedene Stäbe, Eisenbahnschienen,

Blech u. s. w. ausgereckt. Um den Puddelherd möglichst kühl zu halten, strömt durch Röhren bei b und c kalte Luft oder Wasser, und zur Regulirung des Zuges dient die Klappe k auf der obern Essenöffnung, die von unten mehr oder weniger geöffnet werden kann. Ein Puddelofen kann mit den nöthigen Raffinirfeuern und Schweißöfen täglich etwa 36—40 Centner Roheisen verarbeiten, und fünf solcher sind nöthig, um das Erzeugniß eines Hohofens zu bestreiten.

Zur Bearbeitung der aus dem Frischhofen kommenden Kuppen bediente man sich seit langer Zeit schwerer, von Wasserrädern getriebener Maschinenhämmer, welche durch ihre imponirende Thätigkeit den Eisenwerken den selbst in romantische Dinten gekleideten Namen „Eisenhammer“ zuwege brachten. Sie sind entweder Schwanz- oder Stirnhämmer; der ganze Unterschied aber besteht nur darin, daß bei den ersteren (Fig. 30) die Daumen der Wasserwelle am Hintertheile des Hammers niederdrückend, bei den anderen an dessen Kopfe hebend wirken. In beiden Fällen erfolgt der Schlag nur durch die eigene Fallkraft des von der Welle ausgelassenen, 50—100 Centner schweren Hammers.

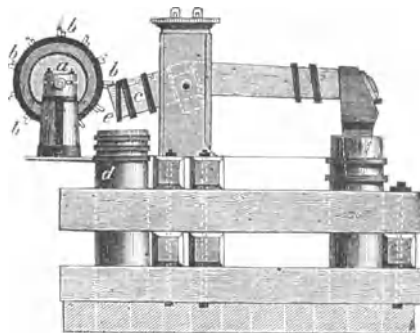


Fig. 30. Ein Schwanzhammer.

a Die Welle, b Der Daumen, c Der kleine Arm des Hammers, d Der Preßklotz zum Aufhalten dieses Armes beim Niederdrücken durch den Schwanzring e.

Neuerdings nun haben sich zu diesen alten frommen Schmiedegesellen auch jüngere, kräftiger und rascher wirkende Kollegen gefunden: das Quetschwerk, die Kuppenmühle und der Dampfhammer. Der erste Apparat ist, wie Fig. 31 zeigt, ein Ding von großer Einfachheit und könnte in der Seitenansicht für ein Scheinwerk gehalten werden. Geschnitten wird indeß nicht; der wiegenartig geformte doppelarmige Hebel hat vielmehr an der Unterseite seines rechten Armes eine breite Fläche, und der unmittelbar darunter befindliche Theil bildet eine festliegende solide Ambosplatte. Der linke Arm hängt mit der Maschinenwelle durch eine Kurbel zusammen, die ihn auf- und niederzieht, woraus die entsprechende Bewegung auch des freien Endes folgt, welches gleichsam den beweglichen Oberkiefer eines kauenden Riesemaules vorstellt. Hier werden die weichen Eisenluppen eingeschoben und nach Bedürfniß gewendet und gerückt. Je weiter nach hinten, desto mehr drückende Gewalt erleidet natürlich die Masse; ihr Schlackeninhalt wird ausgepreßt, wie das Wasser aus einem Schwamm, und quillt zu beiden Seiten hervor. Durch die Quetschmaschine wird ein Stück in viermal kürzerer Zeit als durch den Hammer vollendet, d. h. für die Streckwalzen reif gemacht.

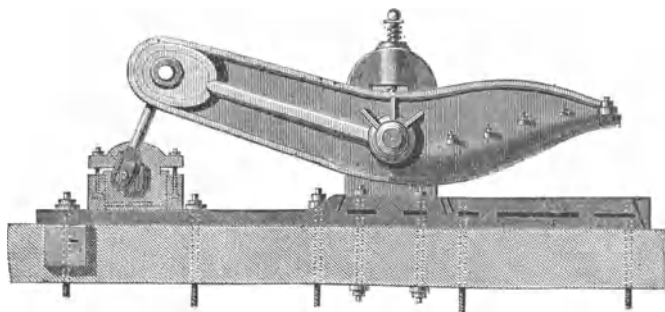


Fig. 31. Das Quetschwerk.

In gleichem Sinne wie das Quetschwerk arbeitet die anders gestaltete Kuppenmühle. In einem starken Gestell dreht sich eine mächtige, im Durchmesser eine

Mannslänge haltende, etwa  $2\frac{1}{2}$  Fuß breite Eisenwalze, auf ihrer Oberfläche mit längslaufenden kantigen Rippen versehen. Unter ihr im Gestelle festliegend befindet sich eine Ummantelung, welche muldenförmig die untere Hälfte der Walze umschließt und mit gleichen, der Walze zugekehrten scharfen Rippen versehen ist. Der Abstand zwischen beiden Körpern bildet den Raum, in welchem die Luppen durch den Umschlag der Walze und die Wirkung der beiden Rantenflächen ihre Bearbeitung erhalten. Hierzu kommt aber noch, daß die Walze in der Mulde excentrisch, d. h. etwas mehr gegen den einen Muldenrand hin liegt. Der Zwischenraum ist deshalb an der einen Seite weiter und verjüngt sich nach der andern Seite hin mehr und mehr. An der weiteren Seite ( $f$  in Fig. 32) werden die Luppen eingesteckt, an der engeren  $g$  sofort wieder ausgeworfen, denn die Walze macht in der Minute 25 Umläufe, und nach dieser ganzen Einrichtung läßt sich denken, daß die Eisenmasse auf dieser kurzen Durchreise ganz energisch gewalzt, gezücht und verbreitert werden muß.

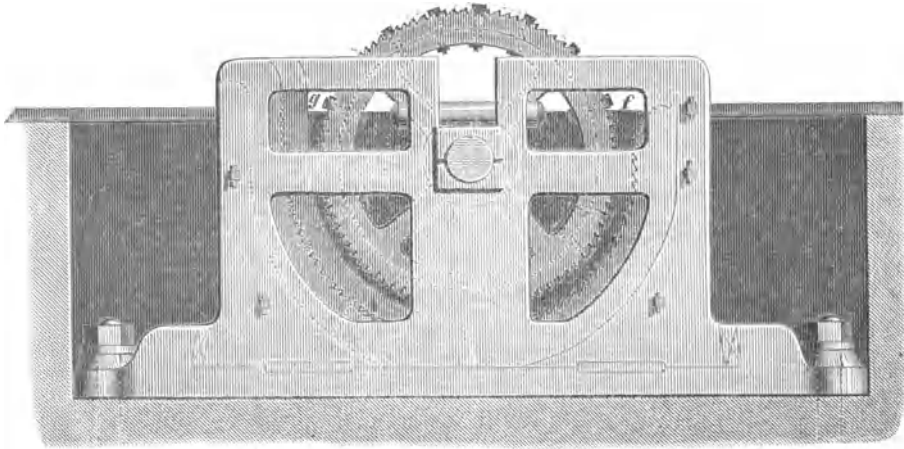


Fig. 32. Die Luppenmühle.

Der Dampfhammer, ein unentbehrlicher Gehülfe beim Verarbeiten großer Eisen- und Stahlmassen, leistet auch schon bei dem Ausschmieden der Luppen vortreffliche Dienste. Er besitzt neben andern vortheilhaften Eigenschaften das Gute, daß seine Schläge senkrecht fallen, während die gewöhnlichen Hämmer in einem Kreisbogen gehen, und daß man jedem einzelnen Schläge den nach den Umständen gerade erforderlichen Stärkegrad, von der vollen Sturzhöhe bis herab zu Null, wo der Hammer im Fallen gänzlich aufgehalten wird, ertheilen kann. Der Dampfhammer bildet sonach die gesteigerte Analogie des Menschenarmes, und die richtige Handhabung eines kleinen Hebels ist hinreichend, um ihn arbeiten zu lassen. Man hat den Dampfhammer kleiner, mit leichterem Hammerblock und um so rascherem Arbeitsgange, und größer mit einem Hammer bis zu Hunderten von Centnern und mehr. Das Prinzip desselben ist einfach und auch ohne Eingehen auf das kleinere Detail, welches zur Dirigierung des Dampfes dient, in der Abbildung (Fig. 33) verständlich. Das Oberstück der Maschine ist ein gewöhnlicher Dampfschylinder  $A$  mit Kolben; die Kolbenstange geht dampfdicht durch den unteren Cylinderboden, und an ihr hängt der in einer Führung gleitende Hammerblock  $B$ , eine Gußeisenmasse mit stählerner Beschuhung  $C$ . Unter ihm steht der Ambos. Läßt man nun Dampf in den Cylinder unterhalb des Kolbens treten, so hebt sich dieser und der Hammer bis zu dem Augenblicke, wo man den Dampfzufluß unterbricht. Oeffnet man jetzt gleichzeitig dem Dampfe den vollen Austritt aus

dem Cylinder, so stürzt der Block mit seiner ganzen Fallkraft herab. Oeffnet man den Ausströmungskanal nur theilweise, so fällt der Hammer mit verminderter Geschwindigkeit, und durch gänzlich Schließen kann man ihn in jedem Momente des Falles gänzlich aufhalten. Man hat die Direktion so in der Gewalt, daß man mit einem 50 Centner schweren Hammer auf dem Ambos liegende Blöcke aufknacken kann, ohne die Kerne zu beschädigen. Dieses gefügige Instrument ist der Dampfhammer natürlich nur so lange, als es von Menschenhand gespielt wird, d. h. so lange ein verständiger Arbeiter die Dampfsteuerung mit der Hand besorgt. Ueberläßt man es wie eine andere Dampfmaschine der Selbststeuerung, so kann es auch nur Maschinenmäßiges leisten: es thut dann Schläge von gleicher Hubhöhe und gleicher Kraft.

Das durch Puddeln erzeugte Stabeisen ist selten so rein und geschmeidig, wie das durch Frischen gewonnene; vielmehr liefert dieser letztere Prozeß im Allgemeinen ein reineres, dichteres, zäheres und härteres, also besseres Eisen als der Puddlingsprozeß, weil dort von Haus aus das reinere Holzkohleneisen verarbeitet wird und dann auch die Holzkohlen daraus frei von schädlichen Beimengungen sind. Auch dadurch wird ein reineres Eisen erzielt, daß man beim Herdfrischen gemein-

hin Hämmer anstatt der Walzen anwendet. Nichtsdestoweniger hat aber auch der Puddlingsprozeß seine Vortheile; die Arbeit ist einfacher, billiger und doch so durchgreifend, daß aus dem unreinsten Roheisen ein besseres Schmiedeeisen noch hervorgeht, als dies beim Herdfrischen möglich wäre.

Die weitere Behandlung der durch den Puddlingsprozeß gewonnenen Rohschiene zur Gewinnung eines gleichmäßigeren und reineren Produkts heißt das Raffiniren. Es geschieht durch wiederholtes Glühen und Strecken der Eisenstücke mittels Häm-

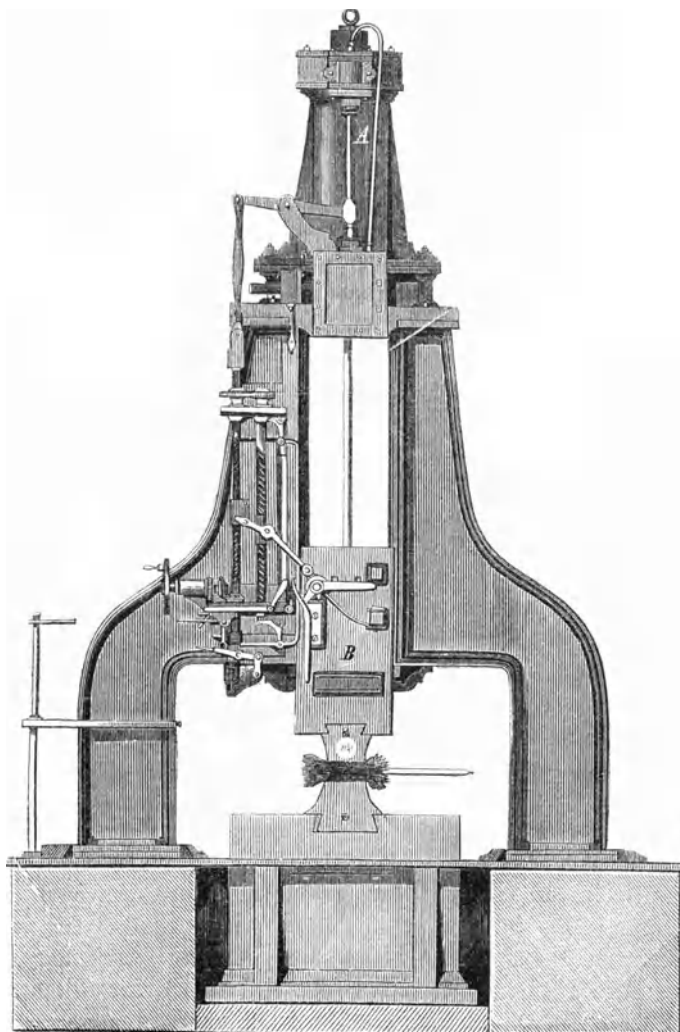


Fig. 33. Der Dampfhammer.

mern oder Walzen, Zerschneiden, Nebereinanderlegen, Schweißen und Wiederauswalzen. Durch diese Behandlung wird dem Metall eine Beschaffenheit aufgezwungen, die es von Natur nicht besitzt. Seine Krystallisation wird zerstört, es wird zähe und biegsam; der Bruch bildet keine ebene Bruchfläche, sie ist vielmehr hakig, faserig, fast einem gesprungenen Tau zu vergleichen. Die eigentliche Struktur des Eisens aber ist die krystallinische, und es ist dem Techniker wohl bekannt, daß selbst das zähste Schmiedeeisen durch bloße Erschütterung mit der Zeit seine krystallinische Textur wieder anzunehmen vermag und so brüchig wird wie Gußeisen. Deshalb läßt man Eisenbahnachsen nur eine gewisse Zeit gehen und rangirt sie dann aus, wenn sie auch äußerlich noch so wohl erhalten aussehen.

In nothdürftiger Weise kann man übrigens, mit Umgehung aller Frischarbeit, durch einen bloßen Glühprozeß unter Luftzutritt oder in einer Umhüllung sauerstoffabgebender Mittel, wie Eisenoxyd u. dgl., das Gußeisen in weiches Eisen verwandeln. In der Praxis benutzt man dies, indem man allerhand kleine Gebrauchsstücke aus Gußeisen herstellt und dieselben dann dergestalt ausglüht, daß ohne Eintritt von Schmelzung ein Theil des Kohlenstoffs verbrennt und ein weiches Eisen entsteht, das allerdings mit den sonstigen Unreinheiten des Roheisens beladen bleibt und daher keinen Anspruch darauf machen kann, für gutes Eisen zu gelten. Aber die so erzeugten Gegenstände sind sehr wohlfeil und können für gewisse Zwecke genügen. Es ist dieses das Produkt, welches mit dem Namen schmiedbares Gußeisen bezeichnet zu werden pflegt.

Die Form des in die Hände der Techniker übergehenden Eisens ist in der Regel die von Stäben, und es dienen zu dieser Formgebung Walzwerke, wie das in Fig. 34 abgebildete, nur daß dieses vermöge seiner Einschnitte speziell auf Eisenbahnschienen eingerichtet ist. Je nach der Form dieser Einschnitte, d. h. der Oeffnung, welche ein Einschnitt der Oberwalze und ein solcher der Unterwalze zusammen bilden, erhält man Quadrateisen, Stangen von gleichseitig viereckigem Querschnitt, Flacheisen mit langviereckigem, Rundeisen mit kreisrundem Querschnitt. Während die letztere Form, mehr und mehr verkleinert gedacht, in die Sorten des dicken Drahtes übergeht, verdünnt sich die Stabeisenform ihrerseits durch fortgesetzte Verflachung zu Bändeisen. Geringere Sorten Flach- und Bändeisen, bei denen es auf akkurate Form nicht ankommt, werden übrigens mit weniger Umständen zwischen glatten Walzen zu Tafeln ausgereckt, und diese dann auf Schneidwerken, Walzen mit schneidigen Scheiben, zugleich in mehrere Längsstreifen zerpalten. Was bei diesen Walzarbeiten nicht auf einmal zu erzielen ist, erreicht man nach und nach, indem man die durchgegangenen Körper durch verschiedene Walzlöcher schiebt, welche der Form nach gleich, in der Größe aber abnehmend gestaltet sind. Sie erleiden daher immer eine bedeutende Streckung und in Folge des Druckes Verdichtung.

Die Eisenwerke bieten den Gewerken noch weitere Bequemlichkeiten dadurch, daß sie ihren Stäben auch andere Durchschnittenformen geben, z. B. oval, fünf-, sechsantig u. s. w. In solcher Gestalt heißt das Metall dann Modell- oder Façon-eisen, und es können hierzu auch die dünnen quadratischen Stäbchen mit in gewissen Abständen eingeknickenen Stellen gerechnet werden, welche die Nagelschmiede weiter verarbeiten (Zain- oder Nagelisen).

Das Auswalzen des Eisens auf den Streckwerken gewährt gleicherweise und in noch höherem Grade als der Abstich des Hohofens und das Gießen mächtiger Gußstücke ein anziehendes, lange fesselndes Schauspiel. Unter der gewaltigen Druckkraft der Walzen dehnt und streckt sich der im Augenblick noch formlose, weißglühende, grimmig Funken spreicnde Klumpen mit wachsgleicher Gefügigkeit länger und länger;



immer biegsamer wird die Masse, so daß man an die Eisennatur desselben kaum noch glauben möchte. Sind die verlangten Dimensionen des Stabes oder der Schiene erreicht, so schleppt man das Eisen noch glühend nach einer aus einer Erdgrube ein Stück hervorragenden, sich mit ungeheurer Behemung drehenden Kreissäge, um die verlorenen Enden abzunehmen und das Ganze in Stücke von der gewünschten Länge zu zerlegen. In wenigen Sekunden hat die Säge einen solchen Durchschnitt vollendet, aber jeder Schnitt ist begleitet von einem prachtvollen Feuerwerk sprühender, in allen Farben leuchtender, den ganzen Arbeitsraum bis zur Decke erfüllender Funken, ein Schauspiel, das in jedem Kunstfeuerwerk einen ausgezeichneten Moment bilden würde.

Zu den unmittelbaren Erzeugnissen der Eisenwerke gehören endlich noch die rohen Bleche (Schwarzblech) und der Draht, so weit sich derselbe zwischen eisernen Walzenpaaren erzeugen läßt (Walzdraht). Beide Produkte dienen dann zum unmittelbaren Verbrauch oder gehen zur weiteren Verfeinerung in andere Hände über (Weißblech, gezogener Draht). Die Bleche werden bereitet, indem man möglichst weiches und dehnbare Eisen zu flachen Stäben auswalzt, diese in Stücke zerhaut oder durch eine Maschinenschere zerschneiden läßt (sie



Sig. 31. Auswalzen der Eisenbahnschienen.

heißen Stürze, daher der professionelle Name Sturzblech für Schwarzblech) und solche dann zu Blech ausrect. Es geschah dies früher durch Hämmern, jetzt allgemeiner und vortheilhafter durch Walzen, wobei eine größere Gleichförmigkeit erzielt wird. Selbstverständlich dienen hierzu ganz glatte Walzenpaare, welche eben so wie alle anderen aus sehr hart gegossenem Eisen bestehen. Die Bleche passiren bis zu ihrer Vollendung die Walzen mehrmals, indem sie zwischendurch wieder geglüht werden. Die letzten Walzen (Schlichtwalzen) dienen zur Ausgleichung; es werden gleich eine Anzahl Bleche zusammen durchgeschickt, diese vor dem wiederholten Durchgange in eine andere Lage zu einander gebracht und durch Klopfen mit einem hölzernen

Hammer von Oxid befreit. Die fertig gewalzten Bleche werden noch einmal in großen Packeten erhitzt, heiß mit einer starken Presse zusammengepreßt und mittels Maschinenscheren beschnitten.

Die Arbeit des Blechwalzens geschieht zwischen sehr harten, ebenen und glatten Walzenpaaren, die mit ihren starken Zapfen in gußeisernen, mit Messing gefütterten Lagern laufen. Die untere bleibt immer auf ihrem Platze liegen, die obere kann mittels Stellschrauben gehoben und gesenkt werden, denn bei jedem Durchgange der Blechtafeln muß, um ihre Stärke zu vermindern, die obere Walze der unteren mehr genähert werden. Die Herstellung von Stahlblech stimmt in der Fabrikation wesentlich mit dem hier Beschriebenen überein, und in eben derselben Weise werden Kupfer, Messing, Argenta, Bronze, Zinn, Blei, Zink, Silber, Gold und Platin zu Blech ausgewalzt.

Eine Menge Schwarzblech findet als solches seine Verwendung; anderes zieht ein zinnenes Kleid an und avancirt dadurch zu Weißblech, dem wir bei Besprechung des Verzinnens begegnen werden.

Zur Erzeugung der Drähte dienen verschiedene zusammenwirkende Walzenpaare, welche das Eisen nach einander passiren muß, um, an einem Ende in Form eines glühenden Knüppels eingesteckt, in überraschend kurzer Zeit am andern sich als Draht herauszuspinnen. Die Walzenpaare stehen entweder in einzelner fortlaufender Reihe, oder es liegen ihrer zwei bis drei über einander, wodurch die Reihe sich abkürzt.

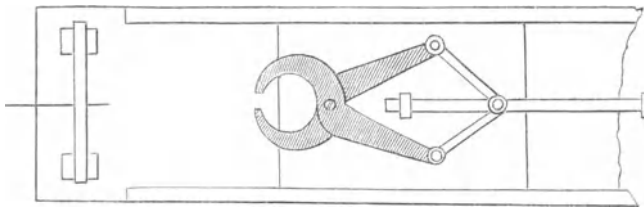


Fig. 35. Stoßzuge.

nicht durchweg rund, sondern im ersten Drittel des Ganges vielleicht oval, dann quadratisch und erst gegen das Ende der Passage gerundet. Hierdurch erhält das Metall eine Art Knetung von den Seiten her, und da gleichzeitig an zwei, drei oder mehr Punkten der Passage eine Streckung erfolgt, weil das folgende Paar mit einer etwas größeren Geschwindigkeit geht als das vorhergehende, so ist es begreiflich, daß das so angestrengte Eisen glühend bleibt und sich noch rothglühend auf den zuletzt stehenden Haspel aufwindet. Die hier sich bildenden Drahtringe werden alsbald in blecherne Kästen eingeschlossen und in einem Kühlraume langsam, damit sie weich bleiben, abgekühlt, dann mit sehr verdünnter Schwefelsäure der Glühspan abgebeizt, die Säure schließlich abgespült und die Drähte getrocknet.

Statt des hier beschriebenen Walzens der Drähte in den größeren Nummern hatte man früher den Stoßzug, einen einfachen, von Wasser getriebenen Mechanismus, im Wesentlichen bestehend aus einer hin- und hergehenden großen Zange (Fig. 35), welche den durch ein Ziehloch gesteckten Eisenstab bei jedem Rückgange packte und ein Stück weiter hindurchzog. Sie dürfte nur noch auf kleinen alten Drahtmühlen anzutreffen sein, da sie sich in der Geschwindigkeit gegen die Schnellwalzwerke wie der Wärrner zum Dampfswagen verhält; überdies hinterläßt jeder ihrer Bisse eine Marke im Eisen, und deshalb ist auch der solchergestalt fabrizirte Draht weniger beliebt als der durch Walzen hergestellte.

Die weitere Verdünnung der Drähte geschieht jedenfalls auf Ziehbanken mit

Die immer kleiner werdenden Löcher, vielleicht 12 bis 20, durch welche das Eisen gezwängt wird, bilden sich natürlich dadurch, daß je zwei Nissen der Walzenpaare über einander liegen. Uebrigens sind diese Löcher

Hülse des Zieh Eisens (siehe Fig. 36), einer Platte sehr harten Stahls, in welcher die stufenweise an Weite abnehmenden Ziehlöcher ausgearbeitet sind. Sie erweitern sich nach der Seite hin, wo der Draht eintritt, etwas trichterförmig und sind für feinere Zwecke, z. B. für Stahldraht zu musikalischen oder mathematischen Instrumenten, mit irgendwelchem harten Edelstein ausgefüttert. Neben der Ziehbank befindet sich ein Haspel, auf welchen der ausziehende Draht aufgewunden wird; nachdem dessen Ende durch Hämmern verdünnt, durch das gewählte Ziehloch geschoben und an der jenseits des Zieh Eisens stehenden Trommel (Scheibe) befestigt worden, wird letztere durch Maschinenkraft in Umdrehung gesetzt. Es befinden sich gewöhnlich eine größere Anzahl solcher Scheiben neben einander, von welchen die eine immer den Draht von der andern abnimmt, nachdem er wieder ein Ziehloch passiert hat, und eben so viel als Trommeln thätig sind, stehen zwischen ihnen auch Zieh Eisens. Der Haspel links dreht sich nur durch das Abziehen mit. Er kommt bei noch ziemlich dicken Drähten auch in Wegfall, indem man den Draht unmittelbar vorlegt und mit der Hand nachhilft. Die aufzunehmende Trommel ist nach oben etwas verjüngt, um die Drahtrollen bequemer abnehmen zu können. Je dünner man den Draht haben will, um so mehr Räder in abnehmender Größe muß er passieren. Durch das öftere Ausziehen wird er aber spröde und muß zwischendurch gegläht werden, was unter Luftabschluß in besondern Oefen geschieht. Nach dem Glühen muß ihm dann erst wieder der Glühspan mittels Abschneuern oder Abbeizen benommen werden. Dünner Eisen- oder Stahldraht kann 35–40mal



Fig. 36. Arbeit an der Scheibenziehbank.

durch die Ziehlöcher gegangen und dazwischen 4–5mal gegläht worden sein.

**Alteisen.** Es giebt eine nicht zu verachtende Eisenquelle, die noch oberflächlicher liegt als selbst das Rasenerz, das ist das Alteisen. Obwohl dasselbe in beschränktem Maße immer gesammelt wurde (der „Schüsseln für Alteisen“ gebende bescheidene Schubkärrner ist ja jedem Dorfkinde eine bekannte Erscheinung), so fällt doch heutzutage der Stoff in viel größeren Massen ab als sonst und ist eine ansehnliche Handelswaare geworden. Welchen Abgang hat nicht allein eine Eisenbahn alljährlich, sowohl an Schienen als an dem übrigen Geräth! Deshalb können selbst in erarmten Gegenden Eisenwerke bestehen, lediglich durch Verarbeitung alten Eisens. Die ganze Thätigkeit ist dann vom Hohofenbetriebe unabhängig, und ein Werk, das sich vorzüglich auf Bahnschienen verlegt, bedarf nur mäßigen Zuschusses an Rohstoff, wenn es seine Schienen im abgenutzten Zustande immer wieder zurücknimmt.

Bei Zugutmachung alter Eisensachen werden die kleineren Stücke mittels Draht in Bündel gebunden (paketirt), die größeren zerschrotet, und erleiden dann dieselbe

Behandlung wie das Luppeneisen: man erweicht sie im Glühofen, schweift sie unter Hämmern aus oder schiebt sie durch Walzen, bis eine homogene Masse entstanden ist. Das Wort *Packetiren* wird überhaupt gebraucht, um das Zusammenschweißen über einander gelegter Stücke zu bezeichnen. Bei Anfertigung von Bahnschienen gehört dazu selbst ein gewisser Grad von Geschick und Sorgfalt, indem es sich hier (bei dem besseren deutschen Eisen allerdings weniger als in England) speziell darum handelt, Platten besseren und härteren Eisens obenauf und nach außen, geringeres Material dagegen in's Innere des Schienenkörpers zu bringen.

**Neueres. Gebläse und Feuerung.** Verweilen wir noch etwas bei den neueren wichtigen Verbesserungen im Fache des Eisenhüttenwesens. Die Anwendung der heißen Gebläseluft steht jetzt bei den allermeisten Werken in Anwendung und wird selbst beim Puddelprozeß nicht selten zu Hülfe genommen; nur Einzelne, welche den guten Ruf ihrer Produkte auf's Spiel zu setzen fürchten, blasen kalt, Andere erwärmen den Wind nur mäßig, während in einigen (schottischen) Werken dessen Temperatur bis zu 400° C. bei bedeutender Pressung getrieben werden soll. Allgemeine Regeln für den passendsten Hitzeegrad giebt es nicht, derselbe muß sich nach der Beschaffenheit der Materialien richten. Das Heißblasen hat in gewissen Fällen selbst auf die Güte des Produkts einen vortheilhaften Einfluß gezeitigt, während im Allgemeinen nicht in Abrede zu stellen ist, daß das heiß erblasene Eisen in Folge des raschen Ausschmelzens unreiner ist als kaltgeblasenes. Der Hauptvortheil liegt aber in einer Ersparung an Brennmaterial, die auf 25—40 Prozent angegeben wird, in der Erleichterung des ganzen Schmelzprozesses, und endlich in einer namhaft höheren Ausbeute an Eisen. Vermöge der erlangten höheren Hitzegrade geht der Betrieb rascher, zugleich regelmäßiger von Statten, und man kann die Menge der Zuschläge gegen sonst vermindern. Durch das Heißblasen ist namentlich in England die Benutzung roher Steinkohle in ausgedehntester Anwendung gekommen; freilich eignet sich nicht jede Kohle, namentlich keine fette, backende dazu. Häufig genug aber wird auch bei Roaks heiß geblasen, wobei jedoch die Hitze leicht zu stark werden und das Eisen an Güte sehr verlieren kann. Das mit roher Steinkohle erblasene Eisen ist in der Regel von viel geringerer Qualität als das Roakseisen, es bildet die ordinärste und wohlfeilste Sorte.

Die Erhitzung der Gebläseluft geschieht entweder in einem Vorfeuer, das mehrere Röhren umspielt, durch welche die Luft vor ihrem Eintritt in den Ofen streichen muß, oder man läßt solche Röhren durch die aus dem Hohofen entweichenden Gase beheizen, die sonst als Nichtflamme nutzlos verbrennen würden. Man fängt die Gase an der Mündung des Ofens ab, noch ehe sie sich entzünden, und leitet sie seitwärts in einen geschlossenen Raum unter die Heizröhren, wo sie in Vermischung mit Luft verbrennen. In noch anderer Weise zieht man die brennbaren Gase aus dem Oberraum des Hohofens selbst herab und bringt sie in direkte Mischung mit dem Gebläsewind.

Hieraus ergibt sich also schon eine vortheilhafte Benutzungsweise der aus dem Hohofen entweichenden Gase; es kann aber ihre Hitze auch noch anderweit gut verwendet werden. Zwar hat man davon wieder absehen müssen, auch die Puddelarbeiten dabei zu betreiben, denn obwol man die Hitze selbst bis zur Weißglut steigern konnte, so störten doch die beiden Betriebe des Hoh- und Puddelofens einander, die Gase brachten schädlichen Staub mit u. s. w.; dagegen verwendet man sie mit außerordentlichem Vortheil zum Heizen von Dampfkesseln, Röstern der Erze, Heizen von Cementstahlöfen, selbst zum Kalk- und Ziegelbrennen. Uebrigens geben auch die Verkoakungs-, Puddel- und Schweißöfen viel verlorene Hitze aus, die sich zu solchen sekundären Zwecken noch benutzen läßt.

Anlangend das Brennmaterial, so dienen für den Hohofen, bei welchem immer Erze und Brennstoffe zugleich in abwechselnden Schichten eingegeben werden, fast ausschließlich Holzkohlen, Roaks, Steinkohlen oder allenfalls Holz, das aber erst zerkleinert und gedörrt werden muß. Andere Stoffe, wie Torf, Braunkohlen, bei denen die vorherige Dörrung gar nicht zu umgehen ist, gestatten keine sichere Anwendung und sind schon wegen ihres meist großen Aschengehaltes mißlich. Dagegen sind zur Beheizung der Buddel- und Schweißöfen dergleichen geringere Brennstoffe anwendbar, zumal nach Einführung der sogenannten Gasfeuerung, welche selbst die Benutzung des geringsten Materials und allerhand kleinen Abfalls gestattet. Diese interessante Heizmethode, vor etwa 25 Jahren in Deutschland entstanden, ist nicht allein für die Metallurgie, sondern für die ganze Technik von so wichtigem Belange, daß wir sie unter die bedeutungsvollsten technischen Fortschritte zu zählen haben. Indem wir hier das Wesen derselben kürzlich auseinandersetzen, werden wir, da immer mehr in Feuer arbeitende Zweige der Technik sich ihre Vortheile aneignen, bei künftigen Gelegenheiten, z. B. beim Glas, nur hierher zurückverweisen dürfen.

Die Idee der Gasfeuerung fand ihren Ursprung gerade in den kurz vorher im Schwange gewesenem, aber ohne den gewünschten Erfolg gebliebenen Bestrebungen, die Hohofengase auf die Buddel- und Schweißöfen anzuwenden; sie besteht darin, daß man sich ähnliche Gase und von besserer Beschaffenheit, als sie der Hohofen giebt, in dem Maße, wie sie gebraucht werden, absichtlich bereitet und somit über alle früheren Störungen und Unsicherheiten mit einem Male hinwegkommt. Nachdem dieser Gedanke von vielen Seiten mit Eifer ergriffen worden und die Versuche ganz unerwartet günstig ausfielen, gewann die Gasfeuerung eine rasche Verbreitung und wird ohne Zweifel in Zukunft noch viel allgemeiner werden.

Das Hauptstück zur Gasfeuerung ist der Generator, ein schlichter, schachtförmiger Ofen, der dicht neben dem Arbeitsofen angelegt wird und bei Flammöfen die Stelle einnimmt, wo sonst das gewöhnliche Kofstfeuer seinen Platz hat. In diesen Ofen werden die gehörig zerkleinerten und trockenen Brennstoffe von oben eingefüllt; da aber aus der Füllöffnung keine Gase entweichen dürfen, so ist dieselbe mit irgend einer Vorrichtung versehen, welche einen Wechselverschluß gestattet, so also, daß das Material erst in den Generator niedersinkt, nachdem eine Oeffnung zu oberst geschlossen und eine andere unterhalb aufgemacht worden. Das Material füllt den Generator stets bis zu einer bestimmten, ziemlich beträchtlichen Höhe, und dies ist für den Prozeß wesentlich. Zu unterst in demselben befindet sich ein Feuerloch, gewöhnlich auch ein kleines Gebläse, das besonders bei sehr klarem Brennstoff nöthig wird. Hier also wird helles Feuer unterhalten, dasselbe verbreitet sich aber nicht weit nach oben, vielmehr ziehen nur die hier erzeugten glühenden Gase nach oben und erhizen die Füllung so weit, daß brennbare Gase — Kohlenwasserstoff — aus ihr abdestilliren, während gleichzeitig die im Unterfeuer erzeugte Kohlenäure bei ihrem Durchgange durch die glühende Beschickung sich durch Aufnahme von Kohlenstoff in Kohlenoxydgas, also einen ebenfalls brennbaren Stoff, zurückverwandelt. Das Erzeugniß des Generators ist also ein Gemenge meist brennbarer Gase, das entweder durch einen kurzen Kanal oben seitwärts ab und direkt in den Arbeitsraum geleitet wird oder auch erst eine Gestrübbekammer passirt, um mitgerissenen Staub und Asche fallen zu lassen. Jedenfalls vor ihrem Eintritt in den Ofen erhalten aber die Gase durch eine Anzahl Düsen eine Zumischung von Luft, die entweder kalt eingeblasen oder meistens erst vorgehitzt wird, indem das Luftrohr in mehreren Windungen in den Schornstein des Ofens gelegt ist. Auf der Stelle, wo die Luft eintritt und die Bedingung des Brennens, den Sauerstoff, herzuführen, erfolgt die Entflammung der

Gasen, und es fahren gleichsam so viel großartige Löhrohrflammen, als Düsen vorhanden sind, in den Arbeitsraum. Zuweilen steigert sich auch die Entflammung bis zu Explosionen, wie das von solchen Gemischen, die immer eine Art Knallgas vorstellen, nicht anders zu erwarten ist. Diese Zufälle werden unschädlich gemacht durch eine Anzahl nach auswärts schlagender Klappen, welche in den Wandungen des Mischungs- und Entzündungsraumes angebracht sind.

Es lassen sich bei der Gasfeuerung sogar schwefelhaltige Brennstoffe ohne Schaden in den Betrieb bringen, denn die Schwefeldämpfe verbrennen in der Gasflamme sicher zu schwefliger Säure; diese aber übt auf das Metall gar keinen Einfluß.

**Bessemer.** Ein anderer Fortschritt in Fache der Eisenerzeugung darf um so weniger mit Stillschweigen übergangen werden, je mehr derselbe von sich reden macht; es ist dies das Verfahren des Engländers Bessemer. Wie wir sahen, beruht das Veredeln des rohen Eisens aus dem Hohofen zu Schmiedeeisen oder Stahl auf einer Behandlung der wieder eingeschmolzenen Masse mit Luft. Der Sauerstoff der Luft verbrennt (oxydirt) neben fremden Bestandtheilen, wie Schwefel, Phosphor u. s. w., einen Theil des im Roheisen steckenden Kohlenstoffs, wie auch einen Theil des Eisens selbst. Die übrigbleibende Masse wird dadurch sowol reiner als mit anderen Eigenschaften begabt. Bessemer nun faßte den anscheinend ganz plausibeln Gedanken, den dem Hohofen direkt entnommenen Eisenfluß in einem besonderen Ofen dergestalt ohne Anwendung eines anderweiten Brennmaterials weiter zu behandeln, daß er durch die Flüssigkeit mittels eines starken Gebläses einen Strom kalter (andere Nachrichten sagen heißer) Luft hindurchtreibt. Der Apparat hierzu besteht aus einem einfachen gemauerten Schachtofen, dem ein zweiter Raum aufgebaut ist, welcher mit dem unteren durch einen engeren Schlund in Verbindung steht. Oberhalb ist das Ganze mit einem Deckel geschlossen, während sich dicht unter demselben zwei seitliche Ausmündungen für die Luft und die Verbrennungsprodukte befinden. Indem man nun den unteren Theil des Ofens, den Tiegel, durch Uebersapfen aus dem Hohofen theilweise anfüllt und zugleich das mächtig wirkende Gebläse am Grunde desselben einspielen läßt, entsteht, wie man sich denken kann, in der Masse ein nicht geringer Aufruhr; glühende Schlacken- und Eisentheilchen fahren mit dem aus den Ausblaselöchern hervorbrechenden Luftströme in Menge heraus und gewähren so ein recht hübsches, in die Augen fallendes Funkenfeuerwerk. Dabei wird die Eisenmasse selbst heißer und dünnflüssiger in Folge der in ihr vorgehenden Verbrennungsprozesse, denn es verbrennt nicht allein Kohlenstoff, sondern auch eine ansehnliche Menge Eisen, ja es würde sämmtliches Metall sich oxydiren müssen, wenn der Prozeß lange genug unterhalten würde. Von Wichtigkeit ist daher der Moment des Aufhörens, wie denn überhaupt die ganze Behandlung nicht lange dauert und auf 10—15 Minuten angegeben wird, je nach der Reinheit der zu behandelnden Masse. Man kann dann den flüssigen Stoff vom Ofen abzapsfen.

Anfänglich war man für das neue Verfahren, das uns die rechte Hälfte der Anfangsvignette in seiner malerischen Seite zeigt, sehr eingenommen, und erwartete davon eine vollständige Umwandlung in der Erzeugung von Stahl und Stabeisen; später aber gingen die Erwartungen bedeutend herab, denn von der Stabeisenerzeugung scheint Bessemer ganz abzusehen, und für Stahl wollte man sein Erzeugniß nicht gelten lassen; es sei vielmehr ein eigenartiges, ein Mittelbing zwischen Gußstahl und feinkörnigem Eisen, für das sich noch keine rechte Verwendung gefunden habe und das behufs der Stahlgewinnung jedenfalls noch einmal umgeschmolzen werden müßte.

In der That sollen noch jetzt dem sogenannten Bessemerstahl zwei Hauptcharaktere des Stahles fehlen: die Elastizität und die Eigenschaft, beliebig erweicht und wieder gehärtet werden zu können. Indes hat der Erfinder in seinem Etablissement zu

Sheffield seine Bemühungen, das Verfahren zu verbessern, beharrlich fortgesetzt und dasselbe jedenfalls zu einem Stadium praktischer Brauchbarkeit gebracht, wofür der beste Beweis darin liegt, daß seine Methode anfängt, Nachfolger zu finden. Am ersten faßte dieselbe Fuß in Schweden, begünstigt durch die dortigen sehr reinen Eisenerze; später fand sie Aufnahme auf den großen Eisenwerken zu Seraing in Belgien, in Deutschland ist sie zu Hörde in Westphalen in Ausübung, und in Düsseldorf, Bochum u. s. w. ist man mit ihrer Einführung beschäftigt. Als eine wesentliche Abänderung des eben beschriebenen Verfahrens erscheint ein Zusatz von geschmolzenem weißen Roheisen (Spiegeleisen) zu dem durch den Abbrand bereits entfohlten Eisenflusse, was eigentlich im Gange des Processes einen Schritt rückwärts bedeutet, aber doch für die Qualität des Produkts seinen Nutzen haben muß. Es werden nach dem gewöhnlichen Satze 50—60 Centner Roheisen auf einmal in Betrieb genommen und in 15 Minuten abgebrannt, wobei  $\frac{1}{5}$  der Masse verbrennt und verschlackt; alsdann wird ein bestimmtes Quantum des unentfohlten Roheisens hinzugeleitet, das Ganze zusammengerrührt und in Blöcke ausgegossen. Die weitere Verarbeitung dieser Masse durch Walzen, Schmieden u. s. w. geschieht wie beim Gußstahl.

Man rühmt jetzt an dem Bessemermetall, das die Praktiker anfänglich als zu grob fügen und haltlos verwarfen, gerade die Tugend bedeutender Härte und Widerstandsfähigkeit. Hiernach eignet es sich vorzüglich zu Gegenständen, wie sie Bessemer schon auf der letzten Londoner Ausstellung zeigte, nämlich Achsen, Radreifen, Schienen, Dampfkesselbleche u. dgl. Nur im Punkte der Wohlfeilheit scheint man sich verrechnet zu haben; die Preise sind noch ziemlich hoch, vielleicht aber findet auch hier die Verwohlfeilerungskunst der Deutschen Abhülfe.

**Der Stahl.** Die ganze heutige Eisenindustrie nimmt ihren Ausgangspunkt von dem Roheisen des Hohofens; von diesem leitet sich, wie wir sahen, das Schmiedeeisen ab und der Stahl kann sowol aus dem einen als aus dem andern erzeugt werden. Wie schon Eingangs erwähnt, mußte die alte Ausbringungsmethode in kleinen Ofen immer ein mehr oder weniger stahlartiges Eisen ergeben; bei reinen Erzen, viel Aufwand an Kohlen, Zeit und Opfern an Abfall läßt sich selbst ein guter, wenn auch nicht sehr harter Stahl auf diesem direkten Wege erzeugen. Darum kannte man auch schon im Alterthum den Stahl und seinen Unterschied von weichem Eisen sehr wohl; man wußte ihn zu verarbeiten und zu härten, wenn man auch von seiner Natur und Entstehung sich nicht Rechenschaft geben konnte. Heutzutage ist diese ganze alte Kleinindustrie, die sich zu der gegenwärtigen etwa verhält wie die simple Hausweberei zum Maschinenwebstuhl, im Untergehen begriffen und fristet sich nur noch in Ländern, wo der moderne Betrieb seinen Fuß noch nicht hingesezt hat. Während aber unsere unter Leitung der Naturwissenschaften großgewordene Technik mit Stahl und Eisen ganz anders, selbstbenutzter und großartiger manipuliren gelernt hat als frühere Zeiten, scheint doch die Theorie gerade des Stahles von ihrem Abschlusse noch ziemlich entfernt zu sein, denn noch ist es nicht völlig gelungen, die vielerlei darauf bezüglichen praktischen Erfahrungen unter feste Gesichtspunkte zu bringen. Zwar haben wir noch nicht Ursache, den Glauben an die Rolle des Kohlenstoffes im Eisen aufzugeben, aber wir wissen doch auch, daß verschiedene andere Elemente, in kleinsten Mengen dem Eisen einverleibt, demselben gleichfalls Härte und stahlartige Eigenschaften zu geben vermögen. Der Kiesel (Silicium) z. B., der selbst keine metallischen Eigenschaften besitzt, bildet neben Kohlenstoff einen kleinen Bestandtheil der meisten Stahlorten und man hält dafür, daß derselbe zur Härte des Stahls Etwas beitrage, wie ja selbst von einem „Siliciumstahl“ die Rede gewesen ist. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem Mangan,

wovon der Stahl selbst größere Mengen verträgt und das, ohne dem Produkt durch seine Gegenwart zu schaden, selbst als ein Reinigungsmittel, welches andere schädliche Stoffe, wie Schwefel und Phosphor, zurückdrängt, betrachtet werden kann. Manganhaltige Eisenerze werden daher auch mit Vorliebe zur Stahlbereitung benutzt und haben den Ehrennamen Stahlerze erhalten. Hiernach deuten sich denn auch die Benennungen Silber-, Nickel-, Rhodium-, Wolframstahl u. a. von selbst; sie besagen, daß dem Stahl eine kleine Menge des betreffenden Metalls behufs der Verbesserung seiner Qualität absichtlich zugesetzt ist. Bedeutende und unzweifelhafte Erfolge sind übrigens aus diesen Legirungsversuchen nicht hervorgegangen, von manchem war auch nur kurze Zeit die Rede; nur die jüngste Erscheinung, der Wolframstahl, dürfte eine Ausnahme machen und das Prädikat eines werthvollen Fortschritts verdienen. Die Anwendung des Wolfram datirt seit etwa 1856 und ist dem Bergwerksbesitzer Jakob in Wien zu verdanken. In den Zinngruben Altenberg und Zinnwald findet sich das Wolfram Erz, ein bis dahin nutzloses Mineral, bestehend aus wolframsaurem Eisenoxydul nebst eben solchem Manganoxyd, verunreinigt durch Schwefel und Arsenik. Nachdem man durch Rösten die letztern beiden ausgetrieben, zieht man mit Salzsäure das Eisen und Mangan aus und behält Wolframsäure als ein gelbes Pulver. Man reduziert dasselbe durch Glühen mit Kohle und erhält so das Wolframmetall, das wegen seiner Strengflüssigkeit stets nur als eine poröse, schwammige Masse erhalten wird. Auf Jakobs Veranlassung wurde dasselbe zu Legirungen mit Stahl versucht und der Erfolg übertraf die Erwartungen. Ein Zusatz von 5 Prozent Wolfram erhöht die Härte und Festigkeit des Stahls über die des besten englischen Gußstahls, ohne der Schweißbarkeit zu schaden. Hierdurch eignet sich das neue Produkt vorzüglich zu stark in Anspruch genommenen Schneidwerkzeugen; Drehstähle zum Metall-drehen z. B. behalten, aus Wolframstahl gefertigt, viermal so lange ihre Schneide als gewöhnliche.

Erst neuerlich hat man entdeckt, daß bei der Stahlbildung noch ein anderer Factor eine Rolle und vielleicht eine ganz wichtige spielt, das ist der Stickstoff. In jedem untersuchten Stahl fand man, nachdem einmal die Aufmerksamkeit dahin gerichtet war, neben Kohlenstoff auch Stickstoff, und hiermit hatte man wenigstens die Erklärung dafür, warum gewisse, seit langer Zeit empirisch angewandte Mittel zur Einfayverstählung, wie Hornspäne, Knochenmehl, Blutlaugensalz u. dgl., eine vorzügliche Wirkung thun; es sind eben stickstoffhaltige Körper. In der Verstählung der Kupferplatten mittels einer salmiathaltigen Eisenlösung haben wir sogar das Beispiel eines reinen Stickstoffeisens mit ganz stahlartigen Eigenschaften. Doch es fehlt, wie gesagt, noch an einer Verknüpfung aller hier berührten Thatsachen und wir haben bis jetzt noch als Maß zur Beurtheilung den Kohlenstoffgehalt festzuhalten.

Der Stahl, als ein Mittel Ding zwischen Stab- und Roheisen, das mit dem ersten die Schweißbarkeit; mit dem zweiten die Schmelzbarkeit theilt, besitzt auch einen mittleren, wiewol beträchtlich schwankenden Kohlegehalt. Ueberhaupt scheint bei den Verbindungen zwischen Kohlenstoff und Eisen das Gesetz der festen Proportionen, das Gerippe der ganzen Chemie, gar nicht einzuschlagen. Man kann dem weichsten Eisen, das nur noch Spuren von Kohle enthält, allmählig immer mehr Kohlenstoff zuführen; es wird vielleicht bei  $\frac{1}{2}$  Prozent stahlartig, aber immer noch weich sein; sobald das Metall mit dem Stein Funken giebt (und eine andere Probe dürfte es kaum geben), nennt es der Techniker Stahl. Durch fortgesetzte Zuführung von Kohlenstoff wird endlich das frühere weiche Metall zum leibhaftigen Gußeisen. Ein Kohlegehalt von  $1\frac{1}{2}$  Prozent gilt bei reinem Material für diejenige Stufe, auf welcher der Stahl nach dem Ablöschen eine große Härte und zugleich die größte Festigkeit (das Gegentheil von



Sprödigkeit) hat. Weiter hinaus kann die Härte noch steigen, aber auch die Sprödigkeit steigt, so daß schon mit 2 Prozent alle Schweißbarkeit verloren und die Grenze von Stahl und Roheisen erreicht ist. Diese Kohlungsstufe, 1,9 bis 2 Prozent, besißt auch mancher Gußstahl, von welchem dann ebenfalls keine Schweißbarkeit zu erwarten ist.

Die volle Brauchbarkeit des Stahls, seine Unerseßlichkeit als Stoff für schneidende Werkzeuge beruht aber auf der merkwürdigen, nur vom Roheisen einigermaßen getheilten Eigenschaft, sich, ohne seine Stahlnatur zu verlieren, beliebig in einen Zustand großer Weichheit und außerordentlicher Härte durch bloße Temperaturveränderungen versetzen zu lassen. Wie bekannt genug, wird der Stahl durch Erhitzen und langsames Auskühlen so weich, daß er sich wie das weichste Eisen behandeln und bearbeiten läßt, während er andererseits wieder durch Glühendmachen und rasches Abkühlen (Eintauchen in kaltes Wasser) einen Härtegrad erlangt, der sich bis zur Glashärte steigern läßt und der besten Feile spottet. Andererseits läßt sich der glasharte Stahl durch gelindes Erhitzen (An- oder Ablassen) wieder von seiner Sprödigkeit befreien und auf jeden andern Grad der Härte zurückführen. Stark erhitzter, aber noch nicht glühender Stahl dagegen erhärtet durch Eintauchen in kaltes Wasser nicht, sondern wird sogar auffallend weicher. Alle diese Erfahrungen benützt der Techniker zu seinen Zwecken und es beruhen darauf eine Menge zum Theil eigenthümlicher Härtekünste, so das Härten in geschmolzenem Blei oder Zinn, das die Engländer längere Zeit hindurch als ein vielbenedictes Geheimniß hüteten. Ohne auf diese Dinge speziell eingehen zu können, sei nur erwähnt, daß der Techniker bei den Härtearbeiten einen guten Anhalt hat an den wechselnden Farben (Anlauf Farben), welche die Stahlkörper in verschiedenen Temperaturen annehmen, und die sich von unten auf in folgender Reihe darstellen: blaßgelb, strohgelb, braun, fleckig purpurn, gleichförmig purpurn, hellblau, dunkelblau, schwarzblau; bei noch höherer Steigerung der Hitze beginnt dieselbe Farbenreihe noch einmal, nur undeutlicher.

Was im Innern des Stahls bei dessen Erweichung oder Erhärtung vorgeht und wie sich die großen äußern Unterschiede durch die veränderte innere Anordnung der Theilchen erklären lassen dürften, darüber ist die Theorie ebenfalls noch nicht auf's Reine und über die Grenze der Vermuthungen kaum hinausgelangt.

Aus allem bisher Gesagten erhellt schon zur Genüge, daß es sich bei unserer heutigen Art der Stahlerzeugung stets entweder um eine Entziehung, oder um eine Zuführung von Kohlenstoff handeln muß. Die erstere Maßregel bezieht sich auf das Roheisen und ergiebt den Rohstahl, Schmelz- oder Puddelstahl; die zweite, am Schmiedeeisen ausgeübt, liefert den Brenn- oder Cementstahl. Ein drittes Verfahren hält zwischen beiden die Mitte: das Zusammenschmelzen von Roh- und Schmiedeeisen. Hier wird sowol genommen als gegeben, indem beide Eisensorten sich in eine gegebene Menge Kohlenstoff pro rata zu theilen haben. Die alte Stahlerzeugung in kleinen Ofen war so sehr ein Werk des Zufalls, daß man jeden gewonnenen Metallklumpen erst darauf untersuchen mußte, ob er sich besser zu Schmiedeeisen oder zu Stahl eigne; heutzutage hat es der Hüttenarbeiter schon bequemer, insofern er immer vom Roheisen ausgeht und also schon einen festen Stützpunkt hat, wobei freilich die verschiedenen Qualitäten des Roheisens gar sehr in Rechnung gezogen werden müssen und mannichfache Abwandlungen in der Bearbeitung bedingen.

Die Umwandlung des Roheisens in Stahl geschieht auf den uns schon bekannten Freischherden bei Holzkohle oder in Flammöfen bei Steinkohlenflamme. Das Produkt der letztern ist jedoch stets von geringer Qualität, nur für gewisse Zwecke geeignet, dabei aber wohlfeil und auf Massenproduktion berechnet. Die Anwendbarmachung der Puddelarbeit auf Stahl wollte anfangs gar nicht glücken, doch das Bestreben, die

theuern Holzkohlen entbehrlich zu machen, spornte zu immer neuen Versuchen. Eine Hauptschwierigkeit war überwunden, nachdem man sich entschlossen hatte, die Steinkohlen durch einen besondern Reinigungsprozeß von ihrem Schwefelgehalt zu befreien. Das schon lange übliche Verfoaken treibt den Schwefel nicht vollständig genug aus. Man griff daher zu der bei den Erzen gewöhnlichen nassen Aufbereitung der Kohlen, indem man sie zerkleinert und einer Wäsche unterwirft, analog der früher besprochenen Sezarbeit, und erreicht damit größtentheils die Trennung der Kohle von den schwefelhaltigen und andern Mineralien. Der Schwefel durchzieht nämlich nicht die ganze Masse der Kohlen, sondern ist, in Verbindung mit Eisen als Schwefelkies, in Nieren und Körnern darin vertheilt; da diese beträchtlich schwerer als die Kohle selbst sind, so hat der Scheidungsprozeß den gewünschten Erfolg. Die starke Zerkleinerung der Kohlen hat nichts auf sich, da dieselben im Feuer doch wieder zusammenbacken.

Die Frischarbeit selbst anlangend, so ähnelt sie dem Eisenschmelzen so sehr, daß der Nichtkenner den Unterschied kaum wahrnehmen möchte. Der Arbeiter an seinem Herde könnte fast jederzeit fragen: „Wünschen Sie Eisen oder Stahl?“ ja oft nimmt seine Arbeit ohne seinen Willen die nicht verlangte Richtung, und er muß korrigirend einschreiten. Die Rücksichten, die bei der Stahlbereitung gelten, sind hauptsächlich, daß die Bearbeitung im Allgemeinen bei geringerer Hitze und bei mäßigem Gebläse geschieht, daß die niedergeschmolzene Masse unter einer Schlackendecke geschützt und nur vorsichtig mehr unter als vor den Wind gebracht wird. Zu einer Zeit wird daher vielleicht der Stahlfrischer sein Windloch fast ganz schließen, während es der Eisenschmelzer erst recht weit öffnen würde, und der ganze Stahlfrischprozeß darf doch nur kürzere Zeit dauern, weil eben weniger Kohlenstoff verbrannt werden soll. Hieraus ergibt sich übrigens, daß auch das Stabeisen auf seinem Entstehungsgange aus dem Roheisen in einem gewissen Momente Stahl gewesen sein muß. In manchen Anstalten schmilzt man in die Masse altes Schmiedeeisen mit ein, wodurch der Stahl eher gar wird.

Die beginnende Gare oder Reife des Stahls zeigt sich durch das Erscheinen geschmolzener Stahlkugeln auf der Masse. Das fertige Produkt ist Rohestahl; es wird wie das Stabeisen aufgebrochen, zerschrotet und in Stangen ausgeschmiedet, die man noch heiß in kaltes Wasser wirft und dadurch härtet. Durch Schläge oder Herabwerfen der Stangen oder auch schon der Metallkuchen von einer gewissen Höhe zerspringen sie, es trennen sich dabei die verschieden gearteten Partien, welche stets vorhanden sind, und dieser Selbstfortirung folgend, bringt man die im Ansehen der Bruchflächen gleichartigen Stücke zusammen und verbindet sie durch Schweißen und Aushämmern oder Walzen zu einem möglichst gleichförmigen Ganzen. So erhält man den Gerbstahl, der sich in Folge des beim Gerben unvermeidlichen Kohlenstoffverlustes wieder mehr dem Stabeisen nähert, also weicher ist, und bei zu langer Bearbeitung ganz zu Stabeisen werden würde.

**Cementstahl.** Anders gestaltet sich die Ueberführung des Stabeisens in Stahl; sie beruht auf dem Erfahrungssatze, daß Eisen im glühenden Zustande, mit kohlenstoffhaltigen Substanzen in Berührung gebracht, Kohle aufnimmt und sich von außen nach innen fortschreitend in Stahl verwandelt. Es ist diese Erfahrung vielleicht nicht viel jünger als der Gebrauch des Eisens selbst; jedenfalls aber wurde sie lange Zeit nur benutzt, um Werkzeugen und andern kleinen Gegenständen eine oberflächliche Härtung zu ertheilen, bis sie sich auf die vollständige Verwandlung des Schmiedeeisens selbst erstreckte, was auch schon lange her ist, denn man kann ein paar Jahrhunderte zurückgehen und doch die Cementstahlerzeugung schon auf der Stufe der Ausbildung finden, die sie heute einnimmt.

Die Umwandlung der zur Stählung bestimmten Eisenstäbe geschieht einfach durch

mehrtägiges Glühen in geschlossenen Kästen in einer Umhüllung von Cementirpulver, in welchem eine stickstoffhaltige Kohle die Hauptsache ist. Am besten wirkt eine kalireiche Laubholzkohle; solche von Birken-, Buchen- oder andern Hartholz erhält den Vorzug. Die Wirkung wird noch verstärkt durch Zumischung von stickstoffreichern Substanzen, namentlich thierischen Stoffen (verkohltes Leder, Knochen, Horn), Glanzruß sowie Holz- asche, letztere angeblich wegen ihres Kaligehaltes. Andere hin und wieder genannte Zu- sätze, wie Kochsalz, Borax, Alaun u. s. w., scheinen als entbehrlich mehr oder weniger außer Gebrauch gekommen zu sein. In England soll man nur unvermischte Holzkohlen benutzen. Die Thatsache aber, daß der Zusatz von Thierkohle und Holz- asche sich als entschieden vortheilhaft bewährt, sowie die anderweite Beobachtung, daß drei- bis viermal gebrauchtes Cementirpulver seine Wirksamkeit verloren hat, leiteten zu der Vermuthung, daß der inzwischen verloren gegangene Stickstoff nebst dem Kalium zwischen Eisen und Kohle eine Art Zwischenträgerrolle gespielt haben möchten, der Art, daß das Cyan (Kohlenstickstoff), das sich unter Verhältnissen, wie die vorliegenden, stets bildet und dessen Bildung durch das Kalium begünstigt wird, an das Eisen trete und sich beständig zerlegend und wieder bildend seinen Kohlenstoff im Eisen zurücklasse. Auch schon im Hohofen schreibt man jetzt dem dort unzweifelhaft auf- tretenden Cyan eine gleiche Wirkung zu. Ganz evident erwiesen ist freilich auch diese Theorie noch nicht.

Zum Cementiren hat man gewölbte Flammöfen, in deren Innern zwei oder mehr aus feuerfesten Steinplatten aufgebaute, 8—12 Fuß lange Kästen auf steinernen Unterlagen stehen, damit die Flammen auch unterhalb einwirken können. Auf eine unterste festgedrückte Schicht Cementirpulver folgt ein Satz Eisenstangen, auf diese wieder eine  $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$  Zoll dicke Lage Pulver, dann wieder Eisen und so fort, bis der Kasten gefüllt ist. Die letzte Lage von Cementirpulver bedeckt man mit unschmelzbarem, angefeuchtetem Sande. Ist der Ofen gefüllt, so wird das zum Beschießen und Aus- räumen nöthige Eingangsloch vermauert, die Feuerung beginnt und wird allmählig ge- steigert, so daß in etwa 24 Stunden die Cementationshitze (Weißglühhitze) erreicht ist. Als Brennmaterial dienen Holz, Steinkohlen, Gasfeuerung oder auch Hohofengase. Die Dauer eines Brandes hängt von der Beschaffenheit des Eisens, der Stärke der Stäbe, dem Brennmaterial und der Größe des Ofens ab. In kleinern Öfen kann ein Brand schon in vier Tagen beendet sein, während in größern 10—12 Tage erforderlich sind. Um das Fortschreiten der Stahlbildung verfolgen zu können, setzt man Probestangen in die Kästen ein, welche durch besondere vorgerichtete Oeffnungen herausgezogen werden können. Man zerbricht sie und die Bruchfläche zeigt stets den Stand der Sache deutlich. Man sieht, wie die Stahlbildung von außen nach innen sich vollzieht, während der innere bläuliche Eisenkern durch immer engerwerdende Grenzen sich markirt. Ist derselbe endlich ganz verschwunden, so stellt man das Feuer ab, überläßt den Ofen noch mehrere Tage der Abkühlung und räumt ihn dann; 3—400 Centner ist das Gewicht einer gewöhnlichen Beschiebung. War das Eisen rein, völlig ausgefrischt und von Glühspan frei, so kann man sich durch Nachwiegen überzeugen, daß das Eisen, indem es sich in Stahl verwandelte, etwas zu sich ge- nommen hat; die Gewichtsvermehrung beträgt gewöhnlich  $\frac{3}{4}$  Prozent, bei weniger reinem Eisen können sich Abgang und Zunahme wenigstens balanciren, so daß das Gewicht nach wie vor dasselbe bleibt.

Das Eisen erlitt während des Stählungsprozesses keine Schmelzung, doch aber eine Erweichung; das zeigen sowol die Eindrücke des Kohlenpulvers als auch die Blasen oder Bläschen, womit die Stäbe über und über bedeckt sind und die ihnen den Namen Blasenstahl verschafft haben. Man erklärt diese Erscheinung aus einge-

geschlossenen Partikelchen von Schlacke oder Hammerschlag, welche, als sauerstoffhaltig, Veranlassung gaben, daß sich Kohlenstoff und Sauerstoff zu Kohlenoxydgas verbanden, dessen Entweichen die zähe Stahlmasse nicht gestattete.

Man hat übrigens auch Cementstahl, welcher die beschriebene Behandlung in zwei oder mehreren Abschnitten erfahren hat, so daß derselbe unfertig dem Ofen entnommen, ausgeschmiedet und auf's Neue eingesetzt wurde.

Bemerkenswerth ist, daß das glühende Eisen nicht nur aus angrenzenden festen Stoffen, sondern auch aus kohlehaltigen Gasen den Kohlenstoff zur Stahlbildung zu entziehen vermag. Durch Experimente ist festgestellt und in England angeblich schon in praktischen Gebrauch gekommen, daß Schmiedeeisen, in geschlossenen Behältern im Glühen erhalten, bei einer allmählichen Durchleitung von Leuchtgas sich im Laufe mehrerer Tage in Stahl verwandelt. Die Cyantheorie wird auch hierdurch nicht

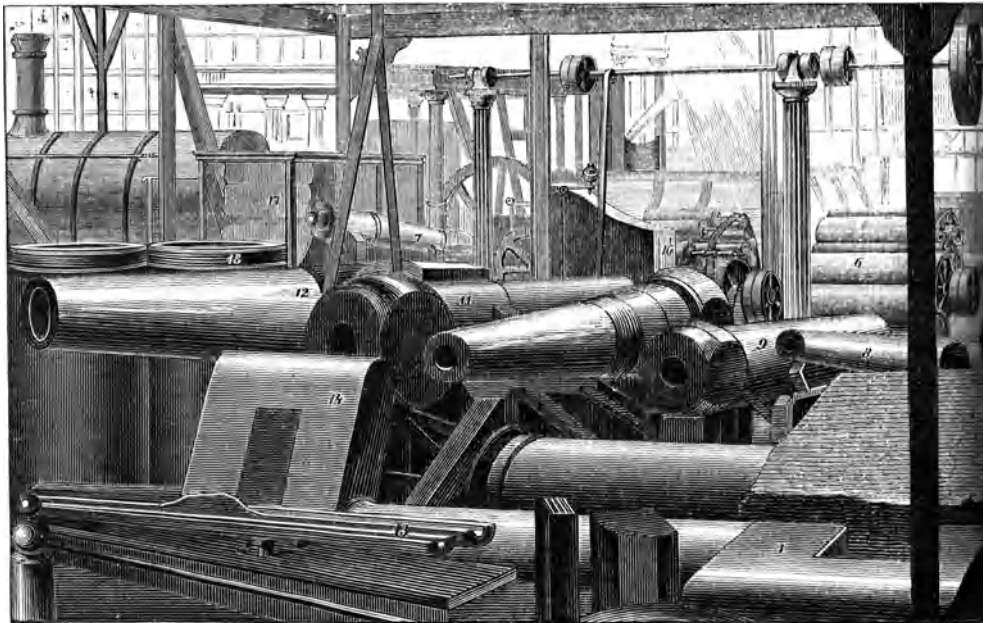
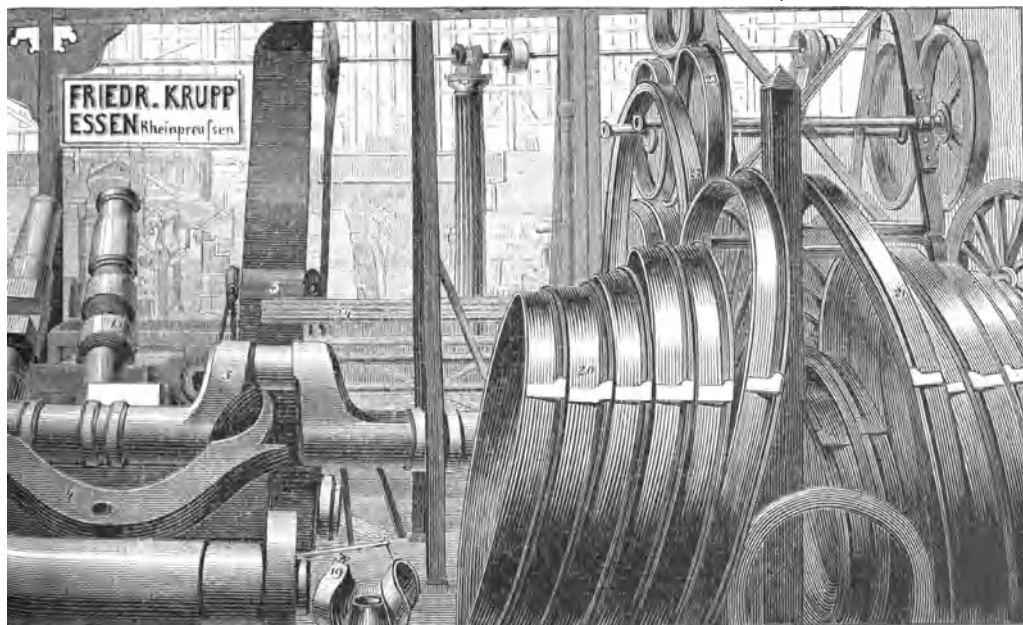


Fig. 37. A

umgestoßen, indem das rohe Leuchtgas dessen zur Genüge enthält. Auch ein Cementiren im umgekehrten Sinne ist denkbar und in England entweder ausgeführt oder doch patentirt. Anstatt Stabeisen auf glühendem Wege zu kohlen, entzieht man Gußeisenstäben durch mehrtägiges Glühen einen Theil ihres Kohlenstoffs, wonach natürlich das Einsatzpulver von anderer Natur sein muß, nämlich statt kohlehaltig Sauerstoff abgebend. Eisenoxyde (Rotheisenstein u. dgl.) geben das hierzu passende Mittel. Das Verfahren wurde vom Sektionsrath Tunner in Leoben 1855 zuerst ausgeführt und giebt ein wohlfeiles Material (Glühstahl), das sich im rohen Zustande zu gröbern Stahlarbeiten, wie Radreifen, Achsen, überhaupt zu solchen Gegenständen, die ungehärtet bleiben, zweckmäßig verwenden läßt. Das aus dem Cementirofen kommende Gut ist ebenfalls ein Rohstahl, eine spröde, großblättrig kristallinische Masse, die ihre Gebrauchsfähigkeit erst durch weitere Bearbeitung erlangt. Man raffinirt dieselbe und raffinirt sie durch Schweißen und Strecken zu Verbstahl oder verwandelt sie in noch öfteren Fällen in Gußstahl.

**Der Gußstahl.** Somit wären wir bei dem Schooßkinde unserer heutigen Technik angekommen, das aber in der That auch die ihm gewidmete Pflege durch solide Tugenden reichlich vergilt. Das Kind hat übrigens seinen hundertsten Geburtstag schon einige Zeit hinter sich; es ist aber jüngst auf deutschem Boden in ein neues Wachsthum getreten. Der erste und bedeutendste Pflegevater hier war Krupp in Essen. Durch ein neues, noch nicht veröffentlichtes Verfahren gewann er über den ungefügen Stoff eine Gewalt, die ihn erst dem Begriffe eines Gußstahls näher brachte und es zugleich ermöglichte, denselben auf Stücke von verhältnißmäßig ungeheuren Dimensionen anzuwenden, so daß seitdem die Unterscheidung von Massen- oder Maschinengußstahl gegenüber dem alten Werkzeuggußstahl Platz gegriffen hat. Der Name Gußstahl besagt nämlich nicht, daß die aus ihm hergestellten Messer und sonstigen Geräthe wirklich gegossen seien; wer auf einem Barbiermesser u. dergl. das



Herzeugnisse.

Wort Gußstahl — cast steel — entzifferte und darauf hin glaubte, er besitze eine gegossene Klinge, hat sich geirrt, ein Irthum, der seine Nahrung zum Theil in dem Vorhandensein jener schon erwähnten, wirklich in Eisen gegossenen und dann aboucirten Gebrauchsartikel, wie schlechte Scheren und Messer, Lichtpuzen u. dgl., gefunden haben mag. Der Stahl hat nichts von der Dünnflüssigkeit und Formfähigkeit des Gußeisens. Er wurde deshalb auch stets nur in Zaine von blasiger Struktur ausgegossen und dann weiter verschmiedet. Erst Krupp und seine Nachfolger (namentlich Meier in Bochum in Anwendung auf Glockenguß) verstanden es, den Stahl in großen Massen so auszugießen, daß eine im Innern blasenfreie, gleichmäßige Masse erhalten wird.

Schon in der ursprünglichen und jetzt in ausgedehntester Anwendung bildete der Gußstahl als Werkzeugstoff einen hochbedeutenden Fortschritt in der Veredlung des Stoffes. Die Erfahrung lehrt und es ist beim Ueberdenken der Sache auch kaum anders zu erwarten, daß sowol der gefrischte als der Cementstahl in ihrer Masse der Gleichartigkeit ermangeln, daß sie stets an verschiedenen Stellen in Textur und

Härte verschieden sind. Der geübteste Arbeiter kann durch noch so sorgfältiges Sortiren und Werben keine vollständige, sondern nur eine ungefähre Gleichartigkeit herstellen. Dieser dem Verbstahl anhängende Uebelstand ist ein sehr lästiger, denn wenn es schon dem Paien verdrießlich ist, wenn ein gewöhnliches Gebrauchsmesser harte und weiche Stellen in der Schneide hat, wie erst dem Techniker, der ein mühsames Arbeitsstück, die Radwelle zu einer feinen Maschine, das Hemmungsrad einer Cylinderuhr u. s. w. fast vollendet hat und nun sehen muß, daß sich dasselbe nach dem Härten in Folge der Ungleichartigkeit der Masse krumm gezogen, geworfen hat, worauf dann meistens das Wegwerfen folgt, oder wenn ein Stück, das eine hohe Politur erhalten soll, dieselbe nicht allerorts gleichmäßig annimmt.

Diese ernstesten Schwierigkeiten brachten den englischen Uhrmacher Huntsman auf den Gedanken, eine Umschmelzung des Stahls zu versuchen, wahrscheinlich ausgehend von der Idee, daß die flüssige, ungleichartige Masse durch Zusammenrühren eine mittlere Gleichförmigkeit annehmen müsse. Nach Ueberwindung mannichfacher Schwierigkeiten fielen die Versuche so gut aus, daß Huntsman im Jahre 1740 bei Sheffield eine Gußstahlfabrik anlegte, die noch gegenwärtig besteht und den Namen Huntsmanstahl in Umlauf gebracht hat. Ein zweites sich aufthuendes Etablissement lieferte den Marschalstahl.

Die ersten Gußstahlfabrikanten hatten lange Zeit und bis in's laufende Jahrhundert sowol mit Fabrikations- als äußern Schwierigkeiten zu kämpfen; nach der einen Seite war es besonders die Schwierigkeit, die erforderliche sehr hohe Schmelzhitze zu erreichen, nach der andern das Vorurtheil der Konsumenten gegen das Produkt, bis sich allmählig herausstellte, daß dasselbe gleichförmiger und besser sei als der aus Deutschland bezogene Verbstahl. Von da an hatten Steyermark und Kärnthner, sonst die monopolisirten Stahllieferanten, eine mächtig emporkommende Konkurrenz gegenüber. Der Gußstahl, wiewol auch seine Beschaffenheit von sorgfältiger Auswahl des Rohmaterials abhängt, ist vermöge seiner Gleichförmigkeit weit zuverlässiger zu bearbeiten, nimmt jeden beliebigen Grad von Härte an und bürgerte sich demzufolge so ein, daß jetzt zu feinem Stahlarbeiten und allen Werkzeugen, die große Härte und Festigkeit haben sollen, nur Gußstahl verwendet wird.

Die Bereitung des Gußstahls besteht in den meisten Fällen in einem Umschmelzen schon fertigen Rohstahls, wozu sowol Schmelz- als Cementstahl verwendbar ist. Dieser letztere, aus dem besten schwedischen und russischen Eisen bereitet, dient zur Erzeugung des vorzüglichsten Instrumentengußstahls, der in England in bedeutendem Umfange hergestellt wird; Buddelstahl dagegen wird besonders in Westphalen (Krupp, Meyer) verarbeitet und giebt den Massen- oder Maschinengußstahl, bei welchem es sich um Erzeugung vieler Centner schwerer Stücke (Maschinenteile, Walzen, Achsen, Radreifen u. s. w.) handelt, von denen man besonders eine große Dichtigkeit und Zähigkeit verlangt.

Ferner läßt sich auch Stabeisen in Gußstahl überführen, indem man solches entweder mit Kohlenstaub (Ruß) in Tiegeln schmilzt — eine Methode, über deren Erfolge nichts Sicheres vorliegt — oder indem man gutes Stabeisen mit bestem weißem Roheisen (Spiegeleisen) im Verhältniß von etwa 3:1 durch Schmelzen verbindet, ein Verfahren, durch welches ganz genügende Erfolge erlangt worden sind. Das Stabeisen vereinigt sich mit dem andern leichter, als es bei der großen Strengflüssigkeit des ersten zu erwarten stand. Durch das weiter unten zu besprechende Verfahren von Uchatius endlich, welches auf einem Zusammenbringen von Roheisen und Eisenoxyden beruht, wird ebenfalls Stahl und zwar gleich im geschmolzenen Zustande erhalten.

Zur Erzeugung des Gußstahls in den gewöhnlichen Dimensionen (Instrumenten-

gußstahl) nimmt man den in dünne Stäbe ausgereckten und gehärteten Rohstahl, zerschlägt ihn in kürzere Stücke und setzt dieselben in etwa 16 Zoll hohe, urnenförmige Tiegel ein, die nicht mehr als 25—30 Pfund fassen. Die Tiegel werden mit gutschließenden Deckeln versehen, da die Abhaltung von Luft und Feuergasen von der Schmelzmasse eine selbstverständliche Hauptbedingung ist, weil unter deren Einfluß der Stahl sich gar bald verändern und verbrennen würde. Die Tiegel sind ein wichtiger Gegenstand, müssen aus den besten feuerfesten Thon- und Chamottmassen hergestellt sein und überdauern in der Regel nicht drei Schmelzungen, ohne defekt zu werden. Der Schmelzofen selbst wird schon nach drei- oder viertägigem Betriebe reparaturbedürftig, so stark muß die Weißglühhitze gesteigert werden, zu deren Erzeugung gewöhnlich Hoaks dienen. Die kleinsten Oefen fassen nur zwei Tiegel, man hat aber auch größere. Ist nach drei- bis vierstündiger Einwirkung der Hitze der Stahl niedergeschmolzen, so kommt noch viel darauf an, daß derselbe in richtiger Temperatur, nicht zu heiß, nicht zu kalt, auch nicht zu rasch oder zu langsam, ausgegossen werde. Es dienen hierzu zweitheilige gußeiserne Formen verschiedener Größe, je nachdem sie eine oder mehrere Tiegelfüllungen aufnehmen sollen. Das Gußstück bildet eine Barre oder eckige Stange, die an und für sich keiner technischen Anwendung fähig ist. Denn abgesehen davon, daß der geschmolzene Stahl keine Form scharf ausfüllt, also von einem Vergießen gleich dem Gußeisen bei ihm keine Rede ist, zeigt er auf der Bruchfläche eine körnige, rauhe, unebene Beschaffenheit, eine Menge kleiner blasenförmiger Löcher und inmitten meist eine größere, mit spitzen Krystallen ausgekleidete Höhlung. Das flüssige Metall muß daher ebenfalls erst in Erziehung genommen, d. h. durch Plätten, Schmieden, Walzen u. s. w. raffinirt werden. Beim Ausschmieden, das stets in einer Hitze zu geschehen hat, muß eine rasche, umsichtige, mehr subtile als gewaltsame Behandlung stattfinden und Weißglühhitze vermieden werden. Bessere Sorten verarbeitet man stets unter dem Hammer, während man bei geringeren, nach vorausgegangenem Dichtschmieden, auch die Walzwerke zu Hülfe nimmt. Ob der Gußstahl schweißbar sein wird oder nicht, hängt von dem Kohlenstoffgehalt ab; je höher dieser steigt, um so mehr geht die Schweißbarkeit verloren.

Ueber die kleinen Dimensionen, in welchen die Erzeugung des Gußstahls nach vorbeschriebener Weise sich halten muß, kann man auf zweierlei Weise hinauskommen. Man kann erstlich addiren, eine größere Summe aus mehreren kleinern bilden, indem man in einem vergrößerten Ofen eine Anzahl Tiegel zugleich verschmilzt und den Inhalt derselben vor dem Ausgießen in einem großen, vorher glühend gemachten Gefäße unter Umrühren vereinigt. Bei der andern Methode umgeht man die Tiegel ganz und schmilzt größere Stahlmassen direkt in dazu eingerichteten Flammenöfen. Da man aber hierbei das Metall vor nachtheiligen Veränderungen nicht durch einen Deckel schützen kann, so muß man für einen anderweiten Schutz, nämlich eine Bedeckung durch eine feuerflüssige Masse sorgen, welche auf dem Metalltumpel schwimmt. Früher wurde die Art dieses Flusses von den englischen Stahlschmelzern geheim gehalten, bis man einsehen lernte, daß sich gewöhnliche Glasmasse, mit einem Boraxzusatz leichtflüssiger gemacht, hierzu am besten eignen müsse, da diese ganz die selbstverständliche Bedingung erfüllt, sich indifferent zu verhalten, d. h. der Metallmasse weder Etwas abzutreten noch zu entziehen.

So weit war man also mit dem Gußstahl schon lange gekommen, als plötzlich vor ungefähr 10 Jahren Krupp in Essen mit seinem neuen Fortschritt auftrat, der alle Fachleute der Welt in Ueberraschung und Staunen versetzte. Ihm war es gelungen, den Gußstahl in Stücken von nie geahnter Größe und untadelhaft gleichförmiger Beschaffenheit herzustellen.



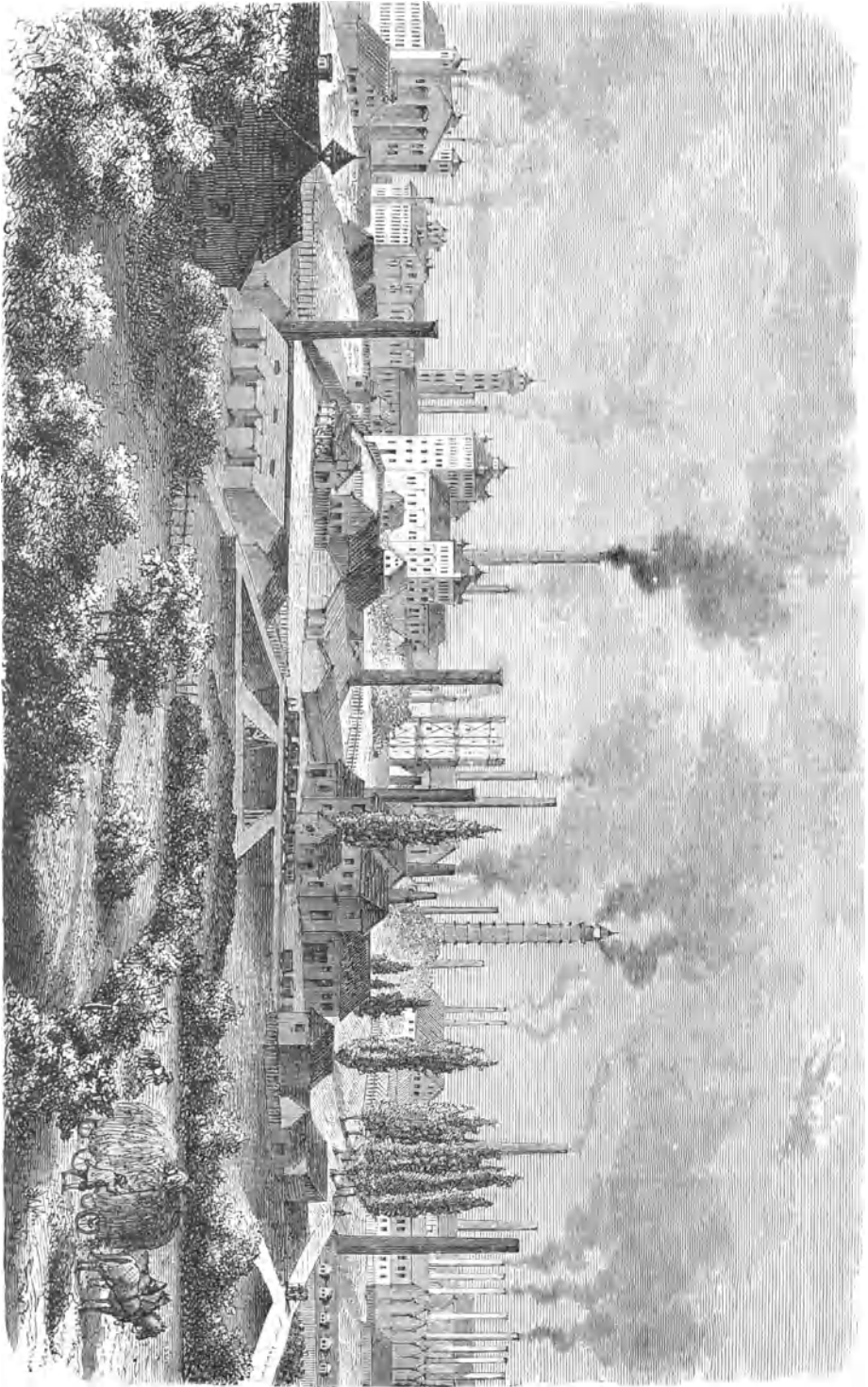


Fig. 33. Krupp's Gießhütte in Essen.



Dadurch schuf Krupp die Möglichkeit, dies werthvolle Material in vielen Fällen mit großem Vortheil da anzuwenden, wo man bisher mit Guß- oder Schmiedeeisen auskommen oder die theure Bronze anwenden mußte. Die ganze Technik, der Maschinenbauer, der Baumeister, der Artillerist vorzüglich mußten das höchste Interesse haben, ein so werthvolles Material wie den Gußstahl in ihr Bereich ziehen zu können, und so haben wir denn jetzt in Deutschland eine Anzahl Fabriken, die sich durch ihre Leistungen vortheilhaft auszeichnen; immer aber ist noch das Kohlenbecken an der Ruhr der Hauptsitz der Gußstahlerzeugung und Krupp der Matador aller Fabrikanten, sowol was die Ausdehnung des Geschäfts als die innere Güte seiner Produkte betrifft.

Das Material, das hier verarbeitet wird, ist der von der Ruhr bezogene Puddelstahl. Das Erzeugniß belief sich nach dem Bericht der Handelskammer zu Essen 1863 auf 250,000 Centner. Gewaltige Kräfte müssen natürlich hierzu in Bewegung gesetzt werden: ein Arbeiterpersonal von 5500 Personen, 65 zum Theil riesenhafte Dampfmaschinen, 24 Dampfhämmer, zu denen jetzt ein neuer kommt von 2000 Centnern Gewicht, dessen Anlage eine Million Thaler kosten soll, 274 Arbeitsmaschinen, Walzwerke, Dreh- und Schleifbänke, Hobel-, Frais- und Bohrmaschinen u. s. w. Ein Walzwerk von  $4\frac{2}{3}$  Meter Länge mit Dampfmaschinen von 2000 Pferdekraft ist im Bau, darauf sollen Panzerplatten für die Schiffe bis zu 1 Fuß Dicke gewalzt werden. In der Artillerie brachte das Auftreten Krupp's bekanntlich eine totale Umwälzung zu Wege. Die Unverwüstlichkeit des Gußstahls für Geschützrohre stellt denselben hoch über jedes andere Material. Ein Rohr aus der so kostspieligen Bronze hält kaum mehr als 800 Schüsse aus; eine 12pfündige Granatkanone aus Gußstahl zeigte sich nach 3000 Schüssen noch völlig frei von jeder Abnutzung. Diese ungeheuren Vorzüge waren schon vor länger als 10 Jahren durch vielfache Versuche in Hannover, Braunschweig und Bayern erwiesen und anerkannt; aber dabei blieb es, bis Louis Napoleon in Italien die Krupp'schen gezogenen Kanonen spielen ließ und der ganze Ernst dieses Spieles der Welt vor Augen lag. Die Stahlkanone wurde nun plötzlich ein gesuchter Artikel und Krupp der Lieferant von Mordwerkzeugen par excellence. Die Kanonen werden übrigens wie die bronzenen aus dem Vollen gearbeitet und dann gebohrt; in Preußen besorgt man diese Bohrung selbst.

Als Krupp 1851 auf der Londoner Industrieausstellung mit seinen Geschützrohren, mit Stahlblöcken bis zu 45 Centnern u. s. w. erschien, war er der Einzige, welcher damals eine im Gußstahlfache ertheilte Auszeichnung empfing. Als er im Jahre 1862 wieder erschien, hatte er sich selbst gegen früher um das Zehnfache übertroffen. Nachthun konnte man es ihm weder in England noch anderswo; Deutschland steht bis jetzt in diesem Fache einzig da.

Auf der letzten Londoner Ausstellung befand sich von Krupp (siehe Fig. 37) ein massiver gußstählerner Cylinderblock von 40,000 Pfund Schwere, 8 Fuß hoch und 44 Zoll im Durchmesser in dem Zustande, wie er aus dem Guß hervorgegangen war, ohne ausge schmiedet oder mit Werkzeugen bearbeitet worden zu sein. Derselbe ward im kalten Zustande, nachdem er etwas ange sägt worden, unter dem Dampfhammer mit Schlägen von 1000centneriger Wucht, davon er über 100 aushielt, so lange bearbeitet, bis er mitten durchgebrochen war. Durch die Bruchflächen sollte vor Augen gelegt werden, wie die Fabrik ihren Stoff so vollkommen beherrscht, daß bereits der Rohguß rein, dicht und blasenfrei ist, das nachfolgende Schmieden also nicht die Verdichtung von Blasen und Poren zum Zweck hat.

Ein ähnlicher vierkantiger Block von 8000 Pfund Schwere, in der einen Hälfte roh gelassen, in der andern ausge schmiedet, wurde der ganzen Länge nach durchbrochen. Hierdurch wurde also nicht allein die gute Struktur des Rohgusses, sondern

auch die Veränderung und Verbesserung desselben durch die Schmiedearbeit illustriert. Auch sah man verschiedene imposante Barren und Platten, welche starke Verbiegungen erlitten hatten, um die bedeutende Zähigkeit des Materials in's Licht zu stellen.

Die Fabrication der in Deutschland und England patentirten Eisenbahnräder ohne Schweißung war durch alle Stufen hindurch mit Proben belegt. Die Krupp'schen Räder laufen nicht nur auf europäischen, sondern auch auf amerikanischen und ostindischen Bahnen, und seine Achsen sind unübertroffen in Dauerhaftigkeit und Sicherheit. Schon seit Jahren hat die Krupp'sche Fabrik eine Entschädigung von 15,000 Thalern ausgesetzt, wenn ihre Achsen in den ersten 10 Jahren der Verwendung brechen. In London sah man schlechte Stahlachsen für Eisenbahnwagen, dann solche mit stählernen Scheibenrädern, Kurbelachsen für Lokomotiven wie für Seeschiffe, letztere durch ein Exemplar von 30,000 Pfund Schwere vertreten, ferner andere wuchtvolle Stücke, wie Schiffsanker, Schraubenpindeln für mächtige Pressen u. s. w., endlich auch die berühmten Kanonen in einem Sortiment bis zum Hundertpfünder hinauf.

Außer der Krupp'schen Fabrik zeichnet sich auch die von Meyer in Bochum durch ungewöhnliche Leistungen aus. Dieselbe hat sich neben der Herstellung von Achsen und Rädern für Eisenbahnen und vorzüglichsten Stahlblechen besonders auf den Guß von Glocken verlegt und macht durch ihr Erzeugniß die theuern Glocken aus Bronze vollständig und mit großem Vortheil entbehrlich, denn sie berechnet das Pfund ihres Gusses nur mit  $7\frac{1}{2}$  Sgr., bei Glocken über 700 Pfund nur mit 6 Sgr. Die Güte der Glocken, ihre Haltbarkeit, ihr reiner, kräftiger, weittragender Ton haben bereits weitgehende Anerkennung gefunden. Auf der Pariser Ausstellung von 1855 befanden sich drei solcher Glocken. Da die Techniker die ganze Sache für Schwindel, die Masse für Gußeisen erklärten, so blieb nichts übrig, als eine der Glocken zu opfern. Man überließ den Gegnern die Auswahl unter den dreien, schlug die bezeichnete in Stücke und ließ diese wiederholt anschmieden und härten, wodurch denn allerdings ihre Stahlnatur zur Genüge erwiesen wurde.

**Uchatius' Stahl.** Die Idee, Roheisen mit Eisenoxyden bei entsprechender Hitze zu verschmelzen und dadurch Stahl zu erzeugen, ist eine alte, die schon 1722 in einer Schrift von Reaumur ausgesprochen ist. Der Gang der Sache muß hierbei so sein, daß der Sauerstoff der Oxyde einen Theil des Kohlenstoffs im Roheisen verbrennt und verflüchtigt, also das Roheisen einmal auf diesem Wege an Kohlenstoff ärmer wird, und sodann dadurch, daß das reduzirte reine Eisen sich mit dem überschüssig noch darin enthaltenen verbindet. Es fand indeß dieses Prinzip zur Stahlerzeugung keine, oder nur die schon erwähnte beschränktere Anwendung, daß man bereits fertig gegossene kleine Eisensachen mit Eisenoxyden glühte (*adoucirte*) und so nachträglich in eine Art Stahl verwandelte. Neuerdings hat jedoch ein österreichischer Artilleriehauptmann Uchatius das Prinzip neu erfaßt und auf eine Art der Stahlbereitung angewandt, die bei ihrem Auftreten viel von sich reden machte. Uchatius war der Erste, welcher entdeckte, daß die Kleinheit der zur Stahlbereitung verwendeten Roheisenstücke von entschiedenem Einflusse auf die Qualität des erzeugten Stahles sei. Sein Prozeß beginnt daher mit der Granulirung (Körnung) des Roheisens, das in Graphittiegel geschmolzen und hernach durch Aufgießen auf bewegtes Wasser granulirt wird. Je kleiner diese Körner sind, um so besser fällt der Stahl aus. Dieses Granulireisen wird dann mit einem Gemenge von Spatheisenstein und etwas Brauneisenstein, und wenn weicher Stahl erzeugt werden soll, unter Beigabe von Stabeisen niedergeschmolzen. Es bleibt in dem Tiegel ein gleichförmiger, zäher und elastischer Stahl zurück, der in geeignete Formen ausgegossen und darauf ausgeschmiedet wird.

Die Ausbeute ist aus oben angegebener Ursache höher als das dazu verwandte Roheisen. Es fällt sonach bei dieser Methode, zu der sich übrigens nur weißes Holzkohleneisen gut eignen soll, die Roostahl- und Gußstahlgewinnung in einen Prozeß zusammen, was ihrer Wohlfeilheit nur förderlich sein könnte, wenn nicht andererseits der Umstand entgegenstände, daß viel Brennmaterial aufgeht und die Tiegel viel kosten, weil es schwer hält Tiegel zu schaffen, welche den Einwirkungen des Eisen- und Manganoxyds gehörig widerstehen. Dennoch hat sich diese Methode unter allen aufgetretenen Neuerungen, Bessemer's Verfahren nicht ausgenommen, das meiste Vertrauen erworben und es haben sich auf Grund derselben in verschiedenen Ländern Anlagen gebildet, von deren Erfolg freilich noch nichts Bestimmtes verlautet. In England sollen bereits gelungene Versuche gemacht worden sein, den Stahl ohne Anwendung von Tiegeln in großen Massen zu erzeugen, wie denn überhaupt, das vollständige Gelingen vorausgesetzt, die Uchatius'sche Methode diejenige sein dürfte, welcher die Lieferung von wohlfeilem Stahl in großen Massen, zu Maschinenzwecken und zum Ersatz des Schmiedeeisens, zufallen wird. Die Wohlfeilheit würde sich vorzüglich darauf gründen, daß die Methode des Uchatius in zwei Schritten an's Ziel gelangt, während bei dem jetzt gebräuchlichen Verfahren, wie wir uns erinnern, dazu drei gehören: die Erzeugung von Roheisen — Roostahl — Gußstahl. —

Während im Abendlande der Gußstahl erst neu erfunden werden mußte, kennt und übt man die Sache in Ostindien, wie es scheint, seit undenklichen Zeiten, freilich in sehr kleinen Dimensionen. Der indische Stahl, schon lange unter dem Namen Woost berühmt, liefert besonders zu den ausgezeichneten indischen und persischen Säbellsingen das Material, und übertrifft durch seine Härte, die selbst beim Anlassen wenig verliert und die Verarbeitung der Masse sehr schwierig macht, den gewöhnlichen Gußstahl bei weitem. Man sucht ihn besonders für feine Messer. Uebrigens soll echter Woost sehr selten und meist durch einen Stahl vertreten sein, der von Engländern in Ostindien aus dem dortigen guten Magneteisenerz mittels Holzkohlen erzeugt wird.

Die Methode des Indiers zur Gewinnung von Eisen und Stahl, von Reisenden mehrmals ausführlich beschrieben, erhebt sich kaum über die der Schwarzen. In einem kleinen, aus Lehm und getrocknetem Kuhdünger erbauten Schachtofen schichtet man sandförmigen Magneteisenstein mit Holzkohlen, trockenem Kuhdünger und zerkleinertem Holz, und facht das Feuer mit einem doppelten Blasebalg aus Ziegenfellen an, bis nach vier Stunden der Ofen in voller Glut ist. Nun setzt man das Blasen unter wiederholtem Nachgeben von Erz und Brennstoff noch acht Stunden lang fort, läßt dann erkalten und gewinnt eine etwa 40pfündige Kuppe gutes Schmiedeeisen. Um daraus Stahl zu machen, zerschrotet man es in kleine Stücke und legt dieselben zusammen mit abgewogener Menge Kohle und grünen Blättern von bestimmten Hölzern und Gewächsen in kleine Thontiegel ein, deren jeder nur etwa ein Pfund Eisen faßt. Die mit eingestampftem Thon geschlossenen und getrockneten Tiegel werden sodann in einen kleinen Gebläseofen dergestalt eingebaut, daß sie ein Gewölbe über dem Feuer bilden, das nun 2½ Stunden lang in größter Hitze erhalten wird. Nach dem Erkalten entnimmt man jedem Tiegel einen kleinen geflossenen Stahlklumpen. Diese Produkte, weil ganz unhämmerbar, müssen erst in einem Gebläseofen wieder anhaltend gegläht werden, worauf man sie unter Handhämmern aus schmiedet.

Ein anderes Produkt alter Industrie sind die dem Namen nach Jedem bekannten persischen oder Damascenerklingen, die als wahre Wunder von Biegsamkeit, Zähigkeit und Festigkeit gelten und mit denen man, ohne daß sie leiden, eiserne Nägel zu durchhauen im Stande sein soll. Eine besondere Art Stahl hat man in denselben

nicht gefunden, vielmehr eine Vereinigung verschiedener Stahlorten oder Stahl- und Eiseitheile, die in Blechform vielfach über einander gelegt, vielfach umgeschweißt, dabei schraubenförmig gedreht u. s. w. scheinen. Durch Aetzen mit Säuren ist dann das innere Gefüge, der Verlauf der einzelnen Fasern sichtbar gemacht und tritt in Form von helleren und dunkleren, schön verschlungenen Adern und Linien (Damasch oder Damascirung) hervor, wie wir es an den Rohren der besseren Jagdgewehre bemerken können, die auf ähnliche Weise hergestellt werden.

Hier hätten wir also ein paar Proben, wo alte und fremdländische Industrien, auf bloße Empirie und lange Erfahrung gestützt, es sogar unserer heutigen Technik zuvorgeht. Wir müssen aber dabei bedenken, daß unsere Zeit andere, fabrikmäßige Gesichtspunkte hat, daß sie weniger darauf ausgeht, mit großem Arbeitsaufwand einzelne Meisterstücke zu schaffen, sondern zunächst möglichst viel und dieses allerdings auch möglichst gut liefern will.

**Eisenguß.** Schon in den ältesten Zeiten verstand man sich ganz vorzüglich auf den Metallguß, aber das Gußmaterial war hauptsächlich die Bronze; Gußeisen war gänzlich unbekannt und mußte es bleiben, bis die Erzschnmelzkunst sich zum Gebrauch des Hohofens und zwar eines mächtigen, intensiv wirkenden Hohofens emporgearbeitet hatte, denn selbst das bei schwächerem Hitzegrade erblasene weiße Roheisen bildet, wie schon gesagt, noch kein geeignetes Gußmaterial, es ist zu dickflüssig; nur das bei höherer Hitze erflossene graue und höchstens halbirtes Roheisen kann für den Guß in Betracht kommen. Indem man aber im Mittelalter die Eisenschmelzöfen immer mehr erhöhte und erweiterte, die Gebläse verstärkte, hatte man anfänglich kein anderes Ziel vor Augen, als das der höheren Ausbeute, und somit erscheint es immerhin als ein Werk des Zufalls oder doch als eine ungesuchte Zugabe, daß uns ein Bildungstoff zu Gebote steht, dessen Anwendung und Bedeutung sich ohne Unterlaß steigert, dessen Verkörperung uns in tausendfachen Formen, vom kolossalsten Bau- und Maschinenstück bis zum zierlichsten Gebilde des Luxus, entgegentritt.

Beim Metallguß überhaupt kommen selbstverständlich als die zwei Hauptsachen in Betracht die Gußmasse und die Formen. Was die letzteren anbelangt, so hat das von ihnen zu Sagende meistens eine allgemeinere Bedeutung, denn es ist z. B. leicht begreiflich, daß man in eine zum Eisenguß hergerichtete Form eben so gut Messing, Bronze u. s. w. wird gießen können. Die Metalle selbst dagegen verlangen, je nach ihrer besonderen Natur, schon mehr verschiedene Rücksichten und Behandlungsweisen.

Am wenigsten kostspielig gestaltet sich natürlich der Guß, wenn derselbe gleich vom Hohofen weg, in der ersten Schmelzung vorgenommen wird. Die Masse behält dabei zwar alle ihre natürlichen Verunreinigungen, doch giebt es eine Menge Fälle, in denen dies wenig auf sich hat. In den meisten anderen Fällen wird jedoch das Roheisen zum Guß in kleineren Oefen (Kupolöfen) wieder eingeschmolzen. Das Roheisen verträgt je nach seiner Qualität eine gewisse Anzahl Umschmelzungen, und seine Festigkeit steigert sich dabei noch, bis eine Grenze erreicht ist, von wo ab sie bei weiterem Verschmelzen sehr rasch abnimmt.

Die natürlichen Verunreinigungen des Roheisens kommen auch beim Gießen in Betracht. Schwefelreiches Eisen wird nicht gut dünnflüssig und erstarrt ungleich; indeß schadet eine geringere Portion Schwefel nicht besonders, so daß eine Masse, die wegen ihres Schwefelgehaltes ein schlechtes Stabeisen geben würde, häufig noch zum Gusse tauglich ist. Der Phosphor modifizirt ebenfalls das Gußeisen wesentlich, doch in einer Weise, die für manche Zwecke gern gesehen ist. Er macht das Metall sehr dünnflüssig, langsam erstarrend, ertheilt ihm ein dichtes, feines Korn und die

Neigung, weiß zu werden. Zum Guß ist daher solches Eisen ganz passend und wird häufig dazu verwendet, namentlich das stets phosphorhaltige Erzeugniß des Raseneisens. Doch fehlt ihm bei aller Härte die Zähigkeit, es taugt nur zu feinen Gußwaaren und zu Stücken, die keine mechanische Anstrengung und keine Stöße auszuhalten haben. Bei einem höheren Gehalt als etwa  $\frac{1}{2}$  Prozent Phosphor wird es zu brüchig. Das hochgefohlte graue Roheisen, welches beim Erstarren viele Graphit-schuppen austößt und dadurch rauhe Oberflächen erhält, taugt nicht, wo es sich um scharfe Abformung handelt; dagegen ist es zu dem später zu erwähnenden Hart- oder Schalenguße, bei welchem die Außenseiten rasch erkalten und die Beschaffenheit des harten weißen Roheisens annehmen, ganz an seinem Platze.



Fig. 21. Guß von 100pfündigen Kanonentugeln im Arsenal zu Woolwich.

Der Eisenguß mit Umschmelzung, also der nicht direkt vom Hochofen weg erfolgende, geschieht entweder aus Tiegeln, aus Flammöfen oder aus den schon erwähnten Kupolöfen. Beim Tiegelguß setzt man das in kleinere Thon- oder Graphittiegel eingesezte Roheisen (gewöhnlich nur 5–8 Pfund) der Hitze eines Zugofens oder kleinen Gebläseschachtofens aus; das Metall verändert sich dadurch wenig, da es nicht mit der Feuerung in direkte Berührung kommt, aber die Kostspieligkeit der Tiegel und der nöthige hohe Aufwand von Brennstoff machen das sonst bequeme Verfahren theuer, daher es ausschließlich für gewisse kleine Industrien, hauptsächlich zur Erzeugung von Bijouterie- und Kunststücken dient, wo auf die Formgebung so viel geschlagen werden kann, daß der Werth des Materials dagegen ein Minimum ausmacht; denn man gießt Sachen von solcher Feinheit und Leichtigkeit, daß bis gegen 10,000 einzelne Stücke auf das Pfund gehen, und ein solches Pfund kostet dann auch ziemlich so viel wie 10,000 Pfund Roheisen.

Das Gießen aus Kupolöfen ist der Betrieb derjenigen Anstalten, welche sich mit

dem Guß von Maschinenstücken, Geräthen, Gefäßen u. s. w. befaßen. Man verarbeitet hierbei neben den aus dem Handel bezogenen Roheisenbarren viel altes Gußeisen, Bohr- und Drehspäne, gattirt verschiedene Eisensorten und setzt auch Schmiedeeisenabfälle zu. Die Kupolöfen sind Schachtöfen von sehr verschiedener innerer Gestaltung, mit senkrechten, konischen, bauchigen u. s. w. Wandungen. Je nach dem Brennmaterial (man wendet nur Holzkohlen und gute Roaks an) unterscheidet man höhere (4—15 Fuß) mit geringerer Weite für Kohlenbetrieb, niedrige (4—8 Fuß) und weitere für Roaksbetrieb. Der Ofen ist oben offen, von feuerfesten Steinen erbaut oder einer dergleichen Thon- und Sandmasse aufgestampft und stets mit einem eisernen Mantel umgeben. Der Kupolofen hat eine geschlossene Brust; sonst ähnelt sein Betrieb im Kleinen dem des Hohofens, denn es wird derselbe mit abwechselnden Schichten von Eisen und Brennstoff beschickt und die Schmelzung durch Gebläse gefördert. Heiße Gebläseluft thut auch hier sehr gute Dienste. Aus der Asche des Brennmaterials, fremden Stoffen des Eisens und dem Kiesel, den die Ofenwände dazu liefern, entstehen denn auch bei dieser Schmelzung einige Prozente schlackiger Abfall, indeß so bedeutend wie im Hohofen sind die Umwandlungen nicht, schon weil das Schmelzen hier zu schnell geht. Das Eisen verändert seine chemische Beschaffenheit nicht bedeutend, doch pflegt es feinkörniger und dichter zu fallen als vom Hohofen. Die Kupolöfen arbeiten in der Regel nicht wie der Hohofen unausgesetzt, sondern man läßt sie die Nacht über unbenutzt.

Größere Eisenmassen, von 50—100 Centner auf einmal, bewältigt man in Flammöfen, die wegen des nöthigen starken Zuges bedeutend hohe Schornsteine, aber keine Gebläse haben. Das (unverkohlte) Brennmaterial brennt hier, wie uns bekannt, abgefordert, und nur die Flammen streichen über die zu schmelzende Masse. Diese liegt auf geneigter Fläche, und das Flüssige sammelt sich an der tiefsten Stelle, wo das Abstichloch ist. Bei diesen Öfen wirkt die Luft einigermaßen mit und verändert das Metall durch Verbrennen von Kohlenstoff. Es kommt also besonders darauf an, daß das Niederschmelzen rasch (in  $3\frac{1}{2}$ —4 Stunden) geschehe, da eine zu weit getriebene Entkohlung die Gießbarkeit beeinträchtigen würde. Durch eine theilweise Entkohlung gewinnt das Eisen aber an Weichheit und zugleich an Festigkeit, Tugenden, die dem Kupolofenguß abgehen. Man bedient sich demnach des Gußes aus Flammöfen, bei denen auch die Gasfeuerung anwendbar und in Gebrauch ist, einerseits zu großartigen Gußstücken überhaupt, und dann zu solchen Gegenständen, von denen nicht allein Festigkeit, sondern auch eine gewisse Zähigkeit, ein Widerstand gegen Bruch verlangt wird, wie das z. B. in besonderem Maße bei Kanonenrohren erforderlich ist.

Die Uebertragung der geschmolzenen Masse aus dem Ofen in die Formen ist natürlich je nach der Größe der zu behandelnden Massen mehr oder weniger umständlich. Zuweilen läßt man das Eisen gleich vom Stichloche des Ofens weg durch eine mit Formsand ausgeschlagene Rinne in die Form laufen; meistens überträgt man es mittels Gießellen von Gußeisen oder starkem Blech, die mit Lehm überstrichen sind. Eine solche, an einem 3—4 Fuß langen Stiele von einem Manne zu tragende Kelle faßt bis 50 Pfund Eisen; zu größeren Massen hat man Gießpfannen aus genietetem Kesselblech, welche 2—400 Pfund fassen und von mehreren Personen auf einer Trage transportirt werden. Zu größeren Pfannen mit 40, 60, 100 Centnern benöthigt man eines starken Krahns, der sie hebt und fortführt. Zu den allergrößten Stücken von mehreren hundert Centnern Schwere sammelt man selbst mehrere solcher Krahnfüllungen erst in einem großen dickblechernen, mit Lehm ausgestrichenen und in einem Trockenofen stark erhitzten Kasten, der auf einem eisernen Wagen stehend

an die Gußstelle gefahren wird, wo man durch Aufziehen eines Schiebers das Metall auslaufen läßt. Stets muß man, wie beim Metallguß überhaupt, die ganze zu einem Stück benötigte Metallmasse so zur Hand haben, daß sie in einem Flusse die Form füllen kann; ein absatzweises Gießen wäre ganz unstatthaft, denn das Gußstück würde kein innerlich vollkommen zusammenhängendes Ganzes bilden.

Wir geben in der Abbildung Fig. 39 eine Ansicht von dem Guß eiserner hundertpfündiger Kanonenkugeln, wie derselbe in der Arsenalgießerei zu Woolwich gehandhabt wird. Fig. 40 zeigt uns die Einrichtungen im Innern eines Gießhauses.

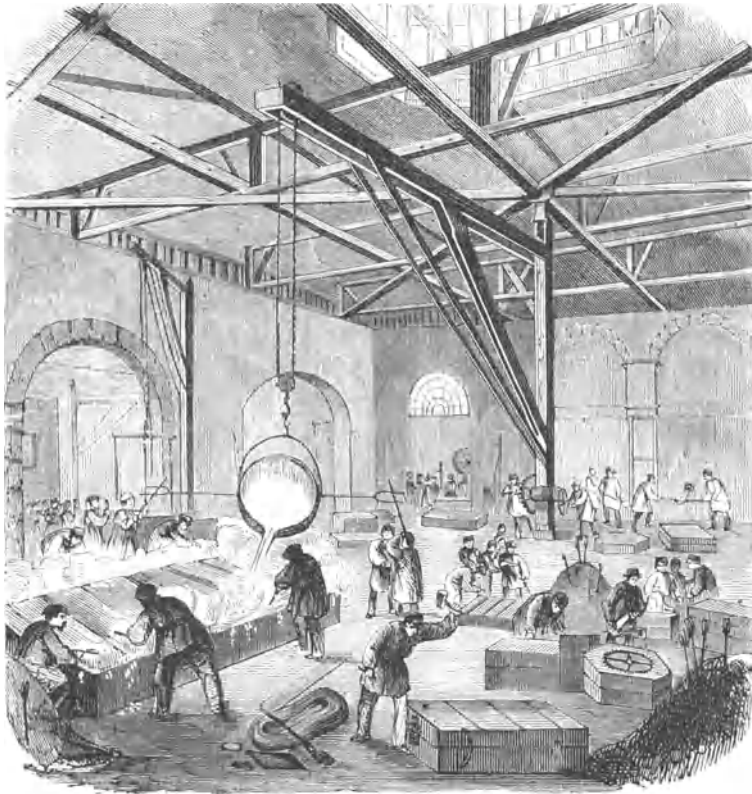


Fig. 40. In einem Gießhause.

**Formen.** Die gute Beschaffenheit und richtige Behandlung der Formen ist natürlich bei der Gießerei eine Hauptsache. Ihre Herstellung bildet ein besonderes Geschäft und gestaltet sich je nach den verschiedenen Zwecken sehr mannichfaltig. Die Anfertigung der dazu nöthigen Modelle, so weit sie aus Holz sind, besorgt der Modelltißler. Die Formmasse, in welche die Modelle eingeformt werden, ist in der Hauptsache gut gereinigter und gesiebter Sand von einer gewissen Beschaffenheit, öfter mit Koakspulver und anderen Zuthaten gemischt. Man unterscheidet nassen Sand (auch grüner Sand oder schlechthin Sand genannt) und Trockensand (Masse, fetter Sand). Der erste ist reinerer Sand, der eben deshalb eine ihm gegebene Form nur so lange festhalten kann, als er feucht ist; der andere besitzt von Natur oder durch Zumischung mehr thonige Theile und hält die Formeindrücke auch nach dem Austrocknen fest. Währendem also die Einformung in beiderlei Massen sich gleich gestaltet, erhalten die aus fettem Sand vor dem Einguß eine scharfe Austrock-

nung. Der Trockenandguß ist der gebräuchlichste für die Eisengießerei, und der Trockenraum für die Formen befindet sich über der Sichtöffnung des Schmelzofens.

Je nach der Gestalt der Gußstücke unterscheidet man offenen Guß (Herdguß) und Kastenguß, der bei kleineren Dimensionen Flaschenguß heißt. Herdguß kann nur stattfinden, wenn die Stücke bloß eine Reichtseite haben, wie Ofen- und Inschriftplatten und sonstige einfache und geringe Gegenstände. Er erfolgt in feuchtem Sande auf dem Fußboden des Gießhauses, der hier unter dem Worte Herd zu verstehen ist. Das Modell wird in eine Sandschicht eingedrückt und so lange mit Sand umstampft, bis derselbe gleiche Höhe mit dem Modell hat, dann letzteres sorgfältig ausgehoben und das Metall in die Vertiefung gegossen. Handelt es sich um eine Grab- oder andere Schriftplatte, so setzt man auf ein gewöhnlich schon vorrätziges leeres Modell aus einem vom Schriftgießer oder Holzschneider gelieferten Schriftenvorrathe die verlangten Zeilen und kittet die einzelnen Buchstaben an ihre Stelle fest.

Für alle Fälle, wo dieser einseitige Guß nicht anwendbar ist, muß in einer Flasche gegossen werden, d. h. in einem eisernen Kasten, der aus zwei, oft auch aus mehreren über einander liegenden Rahmen besteht. In den unteren Rahmen wird die eine Hälfte des Modells, das seiner Dicke nach in zwei Theile geschnitten ist, eingeformt, indem man das halbe Modell auf ein Formbret mit der Oberfläche nach oben legt, den Kasten übersetzt und dann mit Formsand feststampft und umkehrt. Dann paßt man die zweite Hälfte auf das Modell, setzt den zweiten Rahmen über den ersten und schiebt eine Schicht Kohlenstaub auf. Nun schiebt man zuerst Formsand auf das Modell, bringt nach und nach mehr auf und stampft ihn fest, bis auch der zweite Rahmen der Flasche gefüllt ist. Dann hebt man das Oberstück ab, während der Kohlenstaub verhindert hat, daß sich beide Hälften verbinden, nimmt das Modell aus der Form und bringt den Einguß an, macht zugleich hier und da einige Verbindungen, wenn das Modell z. B. ein durchbrochenes Ornament ist, damit das Metall schnell überallhin gelangen kann; auch ein paar Kanäle, die an das Ende der Form führen (Luftpfeifen), werden angebracht, durch welche die eingeschlossene Luft entweichen kann. Endlich schließt man die Form und gießt sie mit der Kelle voll.

Diese Art zu formen findet aber nur da statt, wo das Modell so beschaffen ist, daß es keine Unterschneidung hat, also bequem wieder aus dem Sande genommen werden kann. Wenn dies aber nicht der Fall ist, so muß man Keilformen anwenden, und das erfordert oft große Ueberlegung von Seiten des Formers. Hier wird zuerst so viel von dem Gegenstande in der Flasche abgeformt, als sich ausheben läßt, und dann schreitet man zum Keilformen. Gesetzt, es sei ein Arm mit einer halbgeschlossenen Hand zu formen, so wird, wenn er zur Seite liegt, die Hälfte des Armes mit der äußeren Handfläche, da sich diese aushebt, liegend eingeformt. Darauf bildet man, zuvor Kohlenstaub aufpulvernd, zwischen dem Daumen und der Hand einen Keil von Formsand, den man festballt und der sich für sich allein ausheben läßt; dann pulvert man wieder und bildet so nach und nach in der hohlen Hand Keil an Keil, so viel nöthig sind, so daß jeder allein ausgehoben werden kann. Kohlenpulver sondert alle Keile von einander. Sind nun Keile genug gemacht, so daß sich der übrige bloßliegende Theil aus der Form lösen würde, so pulvert man wieder und formt nun den Oberkasten ein. Hebt man diesen ab, so bleibt das Modell mit den Keilen im Unterkasten, worauf man nach und nach die einzelnen Keile vom Modell abhebt, in den Oberkasten an ihren Ort stellt und mit Draht an der Hinterseite befestigt. Stehen sie alle richtig, so hebt man das Modell aus dem Unterkasten, stellt diesen auf den Oberkasten und bildet nun den Einguß und die Luftpfeifen, worauf die Form gußfertig ist. Auf dem Abgusse bilden sich nur sehr



feine Gußnähte, da wo die Keile der Form an einander stießen. Diese werden, wenn die Arbeit ausgeputzt (eiselirt) wird, mit Meißeln und Feilen fortgenommen.

Zum Gießen hohler Stücke, wie Hohlkugeln, Röhren, Mörser, gebraucht man einen sogenannten Kern, der in die Gußform gestellt, resp. eingehangen wird und die Stelle des späteren Hohlraums einnimmt. Er besteht in der Hauptsache aus Lehm, öfter des besseren Zusammenhanges wegen mit Kuhhaaren gemischt und nach Umständen mit einem inneren Gerippe von Eisenstäbchen u. s. w. versehen. Der Lehm muß in einzelnen Schichten, die man erst wieder trocknen läßt, aufgetragen werden, erhält durch Pressen in Formen oder auf der Drehscheibe seine endgültigen Umrisse und wird schließlich gebrannt. Bei größeren Sachen, wie besonders Röhren, macht man die Kerne auch hohl. Bei dem eigentlichen Lehmguß besteht die ganze Form aus diesem Material, und man wendet ihn besonders da an, wo es sich um so große Stücke handelt, daß das Formen in Kästen unthunlich wird; im Wesen kommt er mit dem später zu beschreibenden Stockenguß überein.

Die Modelle zum Guß sind entweder aus Holz, oder, wenn sie zu häufigem Gebrauch dienen sollen, aus Messing, Zink, Zinn, Blei oder Gußeisen. Kunstfachen werden in Wachs modellirt, darüber die Thonformen angelegt und das Wachs ausgeschmolzen. Kopien schon vorhandener Stücke erzeugt man, indem man ihnen eine Hohlform in Gyps entnimmt, in diese das Wachs gießt u. s. w. Das Einformen in die sandig-erdige Masse hat bei jedem einzelnen Gußstück von Neuem zu geschehen, da die Form nur den einzigen Guß aushält. Formen, in die sich immerfort ohne weitere Zurichtung gießen ließe, müßten von purem Metall sein. In solchen nimmt aber der Guß die schon erwähnte besondere Beschaffenheit an, oberflächlich und selbst bis auf eine ansehnliche Tiefe außerordentlich hart zu werden. Es ist dies eine Folge der raschen Abkühlung der Gußmasse durch die Form; das Metall schreckt ab. Der Guß in gußeisernen Formen heißt deshalb auch Schalen- oder Hartguß. Man benutzt ihn vorzüglich für Hartwalzen zur Blechfabrikation und zu Eisenbahnwädhern. Häufiger wünscht man diese besondere Härte nur an bestimmten Stellen des Gußstückes und verbindet dann Massen- und Schalenguß, d. h. man setzt an die betreffende Stelle der Gießform statt der Sandmasse Eisen. Dies findet statt bei gegossenen Ambosen und Hochstempelschuhern, bei Wädhern für Eisenbahnwagen, wo man den Umfang des Modells durch einen eisernen Ring bildet u. s. w. Neuerdings wendet man zu den Schalen auch Kupfer an, das eine noch raschere Ausstrahlung der Hitze gestattet und daher noch härtere Güsse giebt.

Für größere Stücke, die nicht durch Herdguß erzeugt werden, hat man in der Nähe des Gießofens die ausgemauerte Gießgrube. Dort stellt oder lehnt man die Formen ein und umdämmt sie häufig noch mit Sand, so daß nur die Eingüsse und Windpfeifen sichtbar bleiben. Vor die letzteren hält man beim Gießen brenntendes Stroh, damit die brennbaren Gase, die sich aus den Kohlen- und etwa noch vorhandenen Wassertheilchen der Form erzeugen können, unschädlich verzehrt werden. Der Einguß geschieht entweder von oben oder auch dergestalt, daß man das Eisen mittels eines Kanals an der tiefsten Stelle in die Form treten und es in derselben aufsteigen läßt.

Bei Herstellung der so vielgestaltigen Gußformen giebt es eine große Menge von Methoden und Kunstgriffen, über die wir hinweggehen und nur ein paar Beispiele mitnehmen wollen. Für lange Stücke von gleichbleibendem Durchschnitt, wie z. B. gerippte Balken, auch Röhren, genügt ein kurzes Modellstück, welches in dem Maße, wie das Einstampfen der Formmasse fortschreitet, weiter gerückt wird. So formt man auch große Zahnräder oft nicht nach einem vollständig ausgearbeiteten

Modell, sondern bildet erst die Form für das glatte Rad und modellirt dann die Verzahnung nach einem Stück mit nur wenigen Zähnen, oder nach einem einzelnen Zahn, oder man wendet gewisse Theil- und Einscheidemaschinen an, wo dann jedes Zahnmodell entbehrlich wird. Schrauben lassen sich in der gewöhnlichen Art in einem zweitheiligen Kasten gar nicht einformen, denn das Gewinde würde beim Ausheben des Modells den Sand mitnehmen. Ist die Schraube groß, z. B. für eine Presse, so umstampft man das Modell im Kasten mit der Formmasse bis unter den Kopf, formt diesen erst besonders ab und schraubt dann das Modell aus der Masse wie aus einer Mutter heraus. Sehr kleine einfache Gußstücke werden stets in großer Anzahl auf einmal gegossen. So z. B. gießt man flache Stücke, die scheinbar eine Art durchbrochene Verzierung vorstellen, wo sich von einer Mittelleiste aus Leisten und wieder Leisten rechtwinkelig von einander abzweigen, alle zu beiden Seiten mit zugespitzten Körperchen wie ein Kamm oder gefiedertes Blättchen besetzt. Auf diese letzteren kam es aber eben an: man bricht sie ab und hat Schutzwecken.

**Verzinnen, Verzinken, Emailliren u. s. w. des Eisens.** Die Liebe zwischen Eisen und Sauerstoff gereicht uns zum großen Leide, denn sie erzeugt den Rost, zu dessen Bekämpfung wir kaum Waffen genug haben. Stahl und Gußeisen unterliegen dem Rosten noch leichter, als das geschmiedete Metall. Für unsere stählernen, besonders schneidenden Instrumente besitzt man kaum ein anderes zuverlässiges Abhaltungsmittel als möglichste Trockenhaltung. Für die übrigen Gebrauchsgegenstände sucht man häufig Schutz in allerlei mehr oder minder wirksamen Anstrichen. Unter allen Ueberzügen, besonders für große Gußstücke, zeigt sich am dauerhaftesten der Steinkohlentheer, heiß auf das heiße Eisen getragen, oder besser dieses in jenen eine Zeit lang eingelegt. Bei Topfwaaren und dergleichen kleineren Sachen breunt man den aus Theer, Leinöl u. dgl. zusammengesetzten Firniß in einem Ofen ein. In einzelnen Fällen, wie beim Bruniren der Gewehrläufe, bekämpft man das Uebel durch sich selbst, indem man auf der Metallfläche eine künstliche Schicht gedrückenen Oxyds erzeugt, welche weiteren Angriffen des Sauerstoffs den Zugang versperrt. In anderen Fällen belegt man das Eisen in gleicher Absicht mit einer dünnen Schicht eines anderen Metalls, und die älteste hierher gehörige Maßregel bildet das Verzinnen, hauptsächlich benutzt zur Erzeugung des wichtigen Artikels Weißblech.

Um Weißblech zu erzeugen, werden die schließlich nach dem Walzen durch Glühen im geschlossenen Raume weich gemachten Eisenbleche durch Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure oder auch in gesäuerten Roggenschrot oder Holzessig von Schmutz und Glühspan befreit und durch starkes Scheuern mit Sand und Wasser eine reine graue, nicht glänzende Oberfläche erzeugt. Die gescheuerten Bleche bleiben bis zum Augenblick der Verzinnung in reinem Wasser aufbewahrt. Zum Verzinnen dient eine Reihe viereckiger Pfannen, jede mit ihrer besonderen Feuerung versehen. Die erste Pfanne enthält geschmolzenen Talg; hier werden die Bleche eingestellt, bis alle Feuchtigkeit verdampft ist, die Bleche die richtige Temperatur angenommen haben und mit einer gleichmäßigen Fettschicht bedeckt sind. Hierauf kommen sie sogleich in die zweite Pfanne, welche flüssiges Zinn enthält, das zur Abhaltung der LuSTEINWIRKUNG mit einer Schicht geschmolzenen Talgs bedeckt ist. Dieses Bad heißt das Eindrennen. Die Tafeln bleiben darin etwa eine Stunde lang und überziehen sich mit einer Schicht, welche eine Legirung von Zinn und Eisen ist. Das Zinn des ersten Bades nimmt von den Tafeln ebenfalls Eisen auf. Aus dieser Pfanne gelangen die Bleche sofort in die zweite zum Abbrennen. Sie enthält das reinste Zinn, und in diesem löst sich zum Theil die erste Schicht wieder auf; es legt sich dafür reineres Zinn an und der Ueberzug wird gleichmäßiger. Da hiernach auch das Abbrennbad bald

eisenhaltig wird, so muß dasselbe zu gehöriger Zeit durch frisches Zinn beschickt werden, während das unrein gewordene in die Einbrennpfanne gegeben wird. Haben die Tafeln im Abbrennbade einige Zeit verweilt, so nimmt sie der Arbeiter einzeln heraus, legt sie auf eine Tafel, wischt mit einem Bündel Hanf das überflüssige Zinn ab und taucht sie noch einmal auf einen Moment in eine kleinere Abtheilung derselben Pfanne, die reines Zinn enthält und wo durch eine sich anhängende Zinnschicht die Wischspuren sich ausgleichen. Hierauf kommen die Tafeln unverweilt in eine heiß gehaltene Pfanne mit Talg; in ihr läuft das noch überflüssige, mit dem Eisen nicht fest verbundene Zinn von den stehenden Tafeln ab, und es ist hier große Aufmerksamkeit auf den Temperaturgrad und die Dauer des Aufenthalts nöthig, da sonst leicht zu viel Zinn wieder abgeschmolzen wird. Das Fett, welches durch den ganzen Prozeß die Tafeln begleitet und zunächst den Zweck hat, Eisen und Zinn vor Oxidation zu schützen, erfüllt in diesem und dem noch folgenden Kessel, der in geringerer Wärme erhalten wird, außerdem auch eine andere Vermittlerrolle: es erhält beide Metalle auf einer gleichen Temperatur und verhütet die frühere Erkaltung des Zinns vor dem Eisen, deren Folge ein rissiger Ueberzug sein würde. Nachdem die Bleche in dem zuletzt erwähnten Talgbade genug verköhlt, erübrigt nur noch, sie von dem kleinen Zinnwulste zu befreien, der sich an die zu unterst gestandene Kante derselben angehangen hat. Man taucht sie deshalb in eine ganz flache Schicht schmelzenden Zinns, in welcher der Tropbrand sich erweicht und abschmilzt, worauf dann durch einen Klaps auf den oberen Rand die weiche Masse von der Tafel abgeschleudert wird. Nachdem sodann die Bleche durch Reiben mit Kleie und Kreide entfettet und mit Lappen nachgeputzt worden, sind sie fertig.

In einzelnen Fällen werden Gebrauchsgegenstände erst fertig geschmiedet und dann verzinkt, wie dies namentlich mit den gewöhnlichen Blechlöffeln geschieht. Das Verzinnen von gußeisernen Gefäßen im Inneren ist durch das jetzt gebräuchliche Emailiren ziemlich beseitigt. Eine nasse Verzinnung (Weißfieden) bezieht sich in der Regel nur auf kleine Messing- und Bronzeartikel. Das Zinn schützt das Eisen vor dem Verrosten nur so lange, als es dasselbe vollständig deckt; hat die Feuchtigkeit aber erst einen kleinen Zugang zu letzterem gefunden, so geht das Rosten um so rascher von Statten, weil in einer galvanischen Kette von Zinn, Eisen und Wasser, wie sie sich hier bildet, das Eisen das elektropositive Metall ist und also mit Macht den Sauerstoff anzieht.

Hiernach lag der Gedanke nahe, das Eisen zu verzinken, da Zink sich gegen alle andern Metalle positiv verhält und diese also durch Berührung mit ihm geschützt werden, während es selbst oxydirt wird. Das verzinkte Eisen nannte man aus dieser Rücksicht galvanisirtes, nicht als ob der Ueberzug ein galvanischer Niederschlag wäre, sondern weil es gleichsam unter den Schutz galvanischer Ströme gestellt sein sollte. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß der Zinküberzug auch nur dann schützt, wenn er eine gut zusammenhängende Decke bildet, und daß an unganzen Stellen das Eisen ebenfalls rostet. So gut wie die Verzinnung schützt aber die Verzinkung jedenfalls auch, dabei ist das Zink noch härter und auch wohlfeiler. Man verzinkt denn auch in ziemlicher Ausdehnung Telegraphendrähte, Seildraht, Schrauben und Nägel, Steinklammern, Bleche, Kanonenkugeln u. s. w., und das Verfahren dabei ist in den Hauptzügen das folgende.

Nachdem die eisernen Gegenstände durch Beizen, Scheuern u. s. w. eine reine Oberfläche erhalten haben, giebt man ihnen erst eine leichte nasse Verzinkung, die für die nachfolgende Operation von Wichtigkeit ist. Man versetzt Zinkchlorid (salzsaure Zinklösung) mit einem kleinen Antheil Salmiak und legt in dieses Bad die

Eisensachen etwa  $1\frac{1}{2}$ —2 Minuten lang ein. Es beginnt ein Austausch der Metalle, indem Eisen gelöst wird und Zink sich an dessen Stelle ablagert. Das solchergestalt mit einem feinen Zinküberzuge versehene Eisen wird aus dem Bade genommen, auf einer erhitzten Platte vollkommen getrocknet und noch heiß mit Zangen in geschmolzenes Zink eingelegt. Nach kurzer Zeit, wenn die Eisenstücke die Temperatur des umgebenden Zinks angenommen haben, hebt man sie heraus und klopft sie, damit das überflüssige Zink abfällt. Hiermit ist das „Galvanisiren“ beendet.

In ähnlicher Weise läßt sich das Eisen durch Eintauchen auch überkupfern, ein Verfahren, das, wie auch das dem Verzinken analoge Verbleien, noch wenig geübt zu werden scheint und besonders zum Ueberkleiden der zum Schiffsbau gebrauchten riesigen Nägel dienen soll.

Endlich schützt man das Eisen auch durch einen Ueberzug von Email, was bekanntlich bei gußeisernen Kochgeschirren (auch geschmiedete emailirte sind neuerdings zu haben) der Fall ist. Eiserner Kochgeschirre sind im nackten Zustande nicht wohl zu brauchen, da sie den Speisen einen übeln Geschmack und eine schwärzliche Färbung ertheilen. Man verzinnete daher anfänglich blecherne Gefäße und lernte neuerlich auch gußeiserne verzinnen; aber das Zinn hält sich nur so weit, als die Flüssigkeit im Topfe geht; das Ueberstehende schmilzt am Feuer ab und versetzt natürlich die Speisen mit Zinngrauen. Deswegen griff man zum Emailiren. Bei der sehr ungleichen Ausdehnung aber, die Metall und Email in der Hitze erleiden, war auch diese Aufgabe eine schwierige; der Ueberzug bröckelte bald ab. Mit der Zeit ist man jedoch durch viele Versuche dahin gelangt, daß wenigstens einzelne Fabriken wegen ihrer gut haltbaren Emailirung Ruf haben. Für die Zusammenfügung der Glasur giebt es eine Menge Rezepte; im Allgemeinen verfährt man so, daß zu unterst eine wohlfeilere Mischung aufgetragen und auf diese eine feinere und mehr glasartige aufgesetzt wird. Zur Grundmasse dienen Quarzmehl, Borax, Thon, Feldspath, Gyps, Kalk u. dgl., durch unvollkommenes Schmelzen im Feuer (Fritten) vereinigt oder auch nur naß zusammengemahlen, geschlämmt und als ein dünner Brei auf die Innenfläche der Gefäße aufgetragen. Zur Deckmasse, der eigentlichen Glasur, dienen zum Theil, mit Ausnahme des Thons, dieselben Stoffe, mit mehr Flußmittel und mit Zusatz von Zinnoxyd, öfter auch weißem Glase. Diese Mischungen werden stets gefritten, fein gepulvert und auf den noch nassen ersten Grund unmittelbar aufgestäubt, worauf dann das Trocknen und Einbrennen der Glasur in der Hitze eines Muffelofens folgt.

Nachdem wir somit die gebräuchlichsten Schutzmittel gegen Rostschaden kurz besprochen, verlangt es gewissermaßen die Gerechtigkeit, auch noch zu sagen, daß der Rost keineswegs in allen Fällen der verhaßte Unheilstifter ist, wie allerdings in den meisten. Es giebt Fälle in der Technik, wo man ihn braucht und wo er wichtige Dienste leistet. Dies gilt namentlich bei Herstellung der mächtigen Gasbehälter, wie sie unsere Gasbeleuchtungsanstalten brauchen, und beim Bau der eisernen Schiffe. Durch bloßes Zusammennieten der Bleche und Tafeln würde die hier unbedingt nöthige luft- und wasserdichte Verbindung nicht herzustellen sein. Die angestrengteste mechanische Arbeit kann nicht erzielen, was der Rost in leichtester Weise besorgt. Man besenzt die Verbindungsstellen, und der entstehende Rost dichtet sie tadellos und so innig, daß eiserne Schiffe selbst auf den weitesten Reisen kein Wasser einlassen. Auf ähnliche Weise dichtet man die Fugen von Dampfkesseln, Röhrenleitungen u. dgl., oder kittet Eisenklammern in Stein, mittels eines Breies aus Eisenfeile und Wasser, versetzt mit etwas Salmiak und Schwefel, oder auch ohne den letzteren, und erzielt so eine steinharte Kittung, denn die Eisentheilchen vereinigen sich durch das Rosten zu einer kompakten Masse mit einander, die einen größeren Raum als

vorher das Metall einzunehmen strebt und auf diese Weise die ihr angewiesenen Räume förmlich auswächst.

Saben wir nun im Vorstehenden über die Gewinnung und erste Verarbeitung des Eisens in seinen drei verschiedenen Modifikationen, soweit dies bei einem so vielseitigen Gegenstande auf engem Raume möglich, das Hauptfächlichste beigebracht, und werden wir später bei Betrachtung verschiedener einzelner Industriezweige die Gestaltung dieses univervellen Stoffes noch weiter verfolgen können, so bleibt doch noch ein weitgedehntes Feld für allgemeinere Betrachtungen übrig, auf dem wir wenigstens noch einige Blumen pflücken wollen, ohne uns beim Allbekannten und Alltäglichen lange aufzuhalten. Und selbst das Alltägliche wechselt die Physiognomie nach Umständen ganz bedeutend, ja Manches, was dem Einen alltäglich ist, bekommt ein Anderer nie mit Augen zu sehen. Zwar durchschneiden jetzt Eisenbahnen in allen Richtungen die Länder, und die Lokomotive zeugt in Stadt und Dorf mit lauter Stimme von der Bedeutung des Eisens; aber andere Eindrücke erhält man doch in der Handels- und Meßstadt, wo die eisernen Kunst- und Kurzwaaren und Geräthe in erstaunlichen Mengen sich darlegen; andere in der Hafenstadt, wo eiserne Schiffe kommen und gehen, die Hoheisenbarren als Gegenstand eines wichtigen Welt-handelszweiges ein- oder ausgeladen werden; andere in den Gegenden, wo die Hofofen glühen und flammen; wieder andere in den Heimstätten der Fabrikation, wo das Metall sich zu den Millionen Gebrauchsartikeln des täglichen Lebens, oder zu kunstreichen, oft gewaltigen Maschinen gestaltet, oder wo diese Maschinen selbst im Dienste des Menschen ihr Tagewerk vollbringen, wo sie für ihn spinnen und weben, drucken, hobeln, sägen, schneiden, pressen, nähen und was die kaum vollständig aufzuzählenden Berufsarbeiten der Maschinen sonst noch sind.

Es ist Thatfache, daß die Eisenproduktion in allen eisenerzeugenden Ländern im fortwährenden Steigen begriffen ist und natürlich auch der Verbrauch gleichen Schritt haltend sich erhöht; ohne Letzteres müßte das Metall viel wohlfeiler werden, was mit Ausnahme einzelner Schwankungen nicht der Fall ist. Im Zollverbaude allein beträgt dermalen das Hoheisenerzeugniß über 6 Millionen, in Oesterreich  $4\frac{1}{2}$  Millionen, zusammen  $10\frac{3}{4}$  Millionen Centner; die Stabeisenproduktion beträgt im Zollverbaude 5 Millionen Centner, wovon reichlich  $\frac{4}{5}$  auf Preußen kommen. Dies ganze deutsche Erzeugniß macht nun freilich nur den siebenten Theil dessen aus, was England produziert, das seit einem Jahrhundert durch Energie und Unternehmungsgeist, unter Benützung der ihm zu Gebote stehenden natürlichen Vortheile, sich zum Vorort der ganzen Welt gemacht hat für Alles, was mit der Produktion und Verarbeitung des Eisens zusammenhängt. Indeß erwehrt sich Deutschland, die alte Heimat der Eisenindustrie, mit immer steigendem Erfolg der englischen Suprematie und Konkurrenz; ein Artikel nach dem andern, der früher nur englisch sein durfte, verschwindet vor einheimischen Erzeugnissen, und dies würde auffälliger sein, wenn nicht noch immer deutsche Fabrikanten, statt das noch theilweise im Publikum vorhandene Vorurtheil für englische Waaren zu bekämpfen, dasselbe dadurch fristeten, daß sie ihre eigenen Waaren mit englischer Etikette bekleben. Die heutige deutsche Fabrikation schlägt die Engländer nicht nur auf heimischem Boden, sondern selbst auf auswärtigen Märkten der alten und neuen Welt. Nachener und Iserlohner Nähnadeln sind genau so gut wie englische und werden auf dem Weltmarkte eben so gern genommen. Leider geht gerade dieser Artikel fast ausschließlich noch unter englischer Firma. Die deutschen Schneidwaaren brechen sich gleichfalls im Auslande immer mehr Bahn. Stahlfaiten für Klavierinstrumente, der Artikel, für welchen alle Welt den Engländern so lange

tributpflichtig war, finden ihren Weg nach Deutschland nicht mehr; sie sind durch österreichische und preussische Fabrikate vollständig entbehrlich gemacht. Das deutsche Eisenbahnwesen hat sich bekanntlich schon länger von England völlig emanzipirt. Die Zeit, wo Deutschland Lokomotiven und Schienen von England völlig kaufte, ist gewesen; die Schienen erzeugen wir selbst besser und dauerhafter, und die großartigen Maschinenfabriken zu Berlin, Chemnitz, Wien, München, Augsburg, Esslingen und noch manchen anderen Orten versorgen nicht nur die deutschen Eisenbahnen, sondern senden ihre Lokomotiven auch nach der Schweiz, Frankreich, Rußland u. s. w. Auf sämtlichen deutschen und österreichischen Eisenbahnen waren nach offiziellen Erhebungen zu Ende des Jahres 1861 im Gange 4051 Lokomotiven; davon waren in Deutschland gebaut 3303, 281 stammten aus England, 189 aus Belgien, 59 aus Frankreich, 53 aus Amerika, 166 aus unbekanntem Bezugsorte.

Im Eisen liegt eine ungeheure, scheinbar ganz unerforschliche Konkurrenzkraft. Während sich auf technischem Felde die Völker in und durch Eisen die großartigste, doch unblutige Konkurrenz machen, während auf den Schlachtfeldern die Konkurrenz um Tod und Leben geht, konkurriert das Eisen selbst von Anfang seines Auftretens gegen eine Menge anderer Gebrauchsstoffe; es verdrängte die steinernen, kupfernen und bronzenen Werkzeuge und schlug in unseren Tagen die Bronze noch einmal auf ihrem scheinbar unbestreitbaren Gebiete, auf dem des Geschütz- und Glockengusses. Die Verdrängung des Holzes durch das Eisen geht von langer Hand her, schreitet aber fortwährend rascher vorwärts. Niemandem, der eine Reihe von Jahren zurückdenken kann, ist der allmälige Wechsel entgangen, der an die Stelle einer Menge hölzerner Haus- und Feldgeräthe weit zweckmäßigere eiserne setzte. Welch einen Fortschritt involviret nicht allein der moderne eiserne Pflug, dieses so wirksame und kraftsparende Geräth, im Vergleich mit seinen älteren Kollegen, und welche schönen neuen Ackergeräthe stehen außerdem heute dem Landwirth zu Gebote, an welche früher, wo noch das Holz den Hauptstoff bildete, gar nicht gedacht werden konnte.

Einen anderen Dienst von steigender Wichtigkeit leistet das Eisen in Form von Röhren, ein Dienst, der nur noch zum allerkleinsten Theile vom Holze nothdürftig übernommen werden könnte. Wer in einer großen, mit öffentlicher Gasbeleuchtung und Wasserleitung versehenen Stadt herumwandelt, kann sich gar keine Vorstellung davon machen, welche Massen von Eisen in Form von Röhren — und welche Kolosse von Röhren zum Theil! — unter seinen Füßen liegen; man muß sie eben anfahren und an ihren Ort legen gesehen haben, wo sie im Verborgenen auf lange Jahre hinaus für Wohlfahrt und Behaglichkeit von Hunderttausenden wirken.

In seiner Anwendung als Baumaterial ersetzt das Eisen nicht nur das Holz, sondern hauptsächlich auch den Stein, und übertrifft beide sowol hinsichtlich der Dauer und Festigkeit, als besonders auch durch seine Anwendung zu Konstruktionen, die in Holz und Stein gar nicht möglich sind, so daß sich bereits eine besondere Eisenkonstruktion entwickelt hat, wovon die viel beschriebenen und abgebildeten Industrie-Glaspaläste, ferner großartige Gewächshäuser u. s. w. Beispiele geben, und bezüglich deren wir auf den I. Band dieses Werkes, Seite 191 und 267 ff., verweisen.

Als Material für den Kunst- und Ornamentenguß hat das Eisen in unserer Zeit eine große Rolle übernommen, wenn es auch einen Theil derselben jetzt wieder an das Zink abtreten muß. Auf jeder Gewerbeausstellung findet man Gelegenheit, die immer geschmackvoller, zierlicher, künstlerischer gestalteten Formen aus Gußeisen zu bewundern.

Wenig in die Augen des großen Publikums fallend, doch höchst wichtig für die Technik sind die Dienste, welche der Eisendraht in Form von Drahtseilen leistet.

Hier tritt das Eisen theilweise sogar in Konkurrenz mit dem Hanf, denn hanfene Seile und Ketten waren früher das Einzige, was man kannte, bis in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts für bergmännische Zwecke auf dem Harze Drahtseile mit so gutem Erfolge versucht wurden, daß sie seitdem immer mehr in Aufnahme kommen. Bei dem Verarbeiten des Drahtes zu Seilen sind andere Rücksichten zu nehmen als bei der gewöhnlichen Seilfabrikation. Die Drähte würden an Haltbarkeit verlieren, wenn sie in sich selbst stark gedreht würden. Daher läßt man sie nur ganz gestreckte Windungen machen und bildet den Strang oder die Kize von gewöhnlich 6—10 Drähten dergestalt, daß sie um ein getheertes Hanfseil (Seele) herumlaufen. Der Draht selbst wird gewöhnlich verzinkt. Dreht man 6—8 solcher Kizen wieder um eine Hanfseele zusammen, so erhält man ein tüchtiges Rundseil. Gewöhnlich vereinigt man mittels Nietten von geglühtem Draht 6—8 solche Rundseile seitlich zu einem Flach- oder Bandseil, das nun ungeheurer Anstrengung fähig ist, um so mehr, wenn statt des Eisens Stahldraht genommen wird. Die Tragfähigkeit solcher Seile von gewöhnlichem Kaliber geht bis zu 100 Centnern, und dabei besitzen sie eine solche Dauerhaftigkeit, daß sie viele Jahre dienen können. Auch über ihren ursprünglichen Wirkungskreis in den Bergwerken hinaus leisten diese Seile sehr schätzbare Dienste. Denn wie sie dort als Förderungsmitel aus großen Tiefen unerlässlich sind, eignen sie sich auch zu Kraftleitungen auf große Entfernungen am vorzüglichsten, weil sie die wenigste mechanische Kraft selbst verzehren. So haben sich die Seile zum Eisenbahnbetriebe auf schiefen Ebenen als vollkommen sicher bewährt; auf der Durham-Sunderlandbahn in England treibt eine Dampfmaschine ein aus drei Stücken zusammengesetztes endloses Drahtseil von angeblich 45,000 Fuß Länge, so daß also hier eine Strecke von 22½ Tausend Fuß beherrscht werden würde. Für Fabriken, welche mit Wasserkräften arbeiten, liegt schon ein bedeutender Vortheil, ein großer Freiheitsgewinn in Anlage und Nachbau von Betriebsgebäuden darin, daß diese Fortleitung mit geringem Kraftverlust auf 1000, 2—4000 Fuß möglich und sicher ist, daß man solchergestalt 20, 40, 60 Pferdekkräfte nach Dertlichkeiten versenden kann, die durch keine andere Art von Transmiffion erreichbar sind.

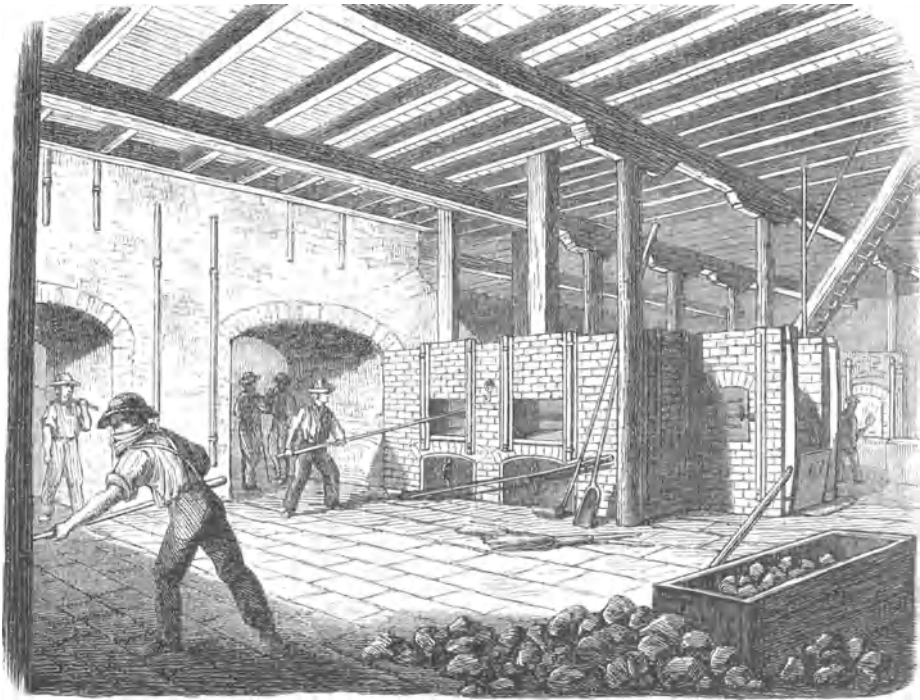
Der großartigste und folgenreichste Sieg, den das Eisen in unserer Zeit errungen, ist gewiß sein Seesieg über das Holz. Schon lange war wol das Metall in Form von Ankern, Ketten u. s. w. mit in See gegangen, aber ein eiserner Schiffskörper, ein schwimmendes Gebäude aus einem Material, das selbst nicht schwimmen kann, war in früheren Zeiten etwas Unerhörtes. Nachdem jedoch die Einführung der Dampfmaschine als Bewegungsmittel in dem Schiffsbau schon die bedeutendsten Umwandlungen bewirkt hatte, mußte man nothgedrungen immer mehr und mehr Rippen, Platten und Verschalungen aus Eisen den immer größer werdenden Schiffen begeben, und endlich schlug der Gedanke durch, den ganzen Schiffskörper aus Metall, aus Eisen herzustellen. Immer größere und größere Schiffe wurden von Eisen gebaut, — die Kraft zu ihrer Bewegung ließ sich ja beliebig verstärken; allein der „Great-Eastern“ zeigt uns wol das Grenzgebilde, bis zu welchem unter bestehenden Verhältnissen die Vergrößerung der Dimensionen sich steigern darf. geraume Zeit später, nachdem die Handelsmarine sich schon in den vollen Besitz des Eisens gesetzt hatte, und ernstlich erst seit dem letzten Kriege gegen Rußland, entschlossen sich die Seemächte zum Bau eiserner Kriegsschiffe, und zu den wenigen damals vorhandenen, mit Eisen armirten schwimmenden Batterien und Kanonenbooten gesellten sich nun Fregatten und im fortdauernden Wettstreit mit den sich mächtiger entwickelnden Seeegeschützen jene eisernen Kolosse, Panzerschiffe und Monitors, bei denen, wie bei den alten Rittern, die Schwäche wächst mit der Stärke des Harnisches.

In den drei Modifikationen des Eisens als Gußeisen, Stabeisen und Stahl besitzen wir eigentlich drei in ihren Eigenschaften weit verschiedene Metalle. Das Gußeisen besitzt eine bedeutende Festigkeit sowohl gegen Druck als gegen Zerreißen; ein Stab von 1 Quadratzoll Querschnitt trägt, ohne zu reißen, bis zu 18,000 Pfund; aber es ist spröde, die Biegsamkeit und Zähigkeit geht ihm ab, welche das Stabeisen auszeichnet und dessen Widerstand gegen Zerreißen das Dreifache des Gußeisens beträgt. Der Stahl überbietet wieder das Stabeisen bedeutend, indem seine Widerstandskraft die des Stabeisens zwei- bis dreimal, also die des Gußeisens um das Sechs- bis Neunfache übertrifft. Bei der großen Konkurrenzkraft, die wir dem Eisen zuschrieben, ist es daher kein Wunder, daß es schließlich in seinen drei Modifikationen auch mit sich selbst konkurriert. In der That sind die Fälle nicht selten, wo eine edlere Eisenart mit der Zeit eine geringere im Dienst ablöst. Gegossene Eisenbahnschienen gab es nur in der Kindheit der Eisenbahnen, so lange dieselben lediglich in den Kohlenbergwerken als Transportmittel mit Pferdebetrieb dienten; sogleich mit dem Eintritt der Eisenbahn in den großen Verkehr wurden geschmiedete Schienen angewandt. Jetzt verstärkt man bereits die Schienen auf ihrer Oberseite und wird in nicht langer Zeit aller Wahrscheinlichkeit nach zum Gußstahl übergehen, wie das mit den Achsen, Radkränzen und ganzen Rädern bereits geschehen ist, denn der Vortheil liegt auf der Hand, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Haltbarkeit, der Widerstand gegen Druck sich bei den drei Materialien wie 1, 2 und 6 verhält, also Gußstahl dreimal so lange als Schmiedeeisen und sechsmal so lange als Gußeisen benutzbar ist.

Bei den Brücken- und anderen Hochbauten kam ebenfalls zuerst Gußeisen, als Vertreter für Stein, zur Anwendung. Aber es ist in seiner Massenhaftigkeit ein zu schweres Material, hat zu viel an sich selbst zu tragen und erreicht in seiner Sprödigkeit die Bruchgrenze so bald, daß man ihm wenigstens keine sehr weiten Bogenspannungen zumuthen kann. Es folgte daher das Schmiedeeisen, die Ketten- und Drahtbrücken, die blechernen Röhrenbrücken. Schon aber ist die Zeit gekommen, wo der Gußstahl in die Rolle eines noch besseren Brückenmaterials eintritt, denn es kam, wenn es sich um eine Konstruktion von einem bestimmten Widerstandsmaß handelt, dieselbe nach dem vorhin Gesagten aus Stahl zwei- bis dreimal leichter als aus Schmiedeeisen und neunmal leichter als aus Gußeisen genommen werden. Bei den holländischen Staatseisenbahnbauten benötigt man flacher Brückenbogen bis zu 150 Meter lichter Weite und hat dazu mit Recht den Gußstahl in Aussicht genommen. Bereits sind ein paar kleinere Brücken versuchsweise gebaut, die zur vollkommenen Befriedigung und Ermuthigung gereichen. Und so wie hier läßt sich in allen Fällen die Masse des Stahls um so viel verringern, als seine Güte gegen anderes Material höher steht. Dampfkeffel z. B. aus Gußstahlplatten bewähren sich ausgezeichnet und brauchen nur halb so stark im Blech zu sein, als wenn sie von Eisen wären. Als die Franzosen die ersten Gußstahlkanonen über die Alpen führten, hatte man zunächst die überraschende Niedlichkeit an ihnen zu bewundern, bis sie Gelegenheit bekamen, auch ihre übrigen Vorzüge geltend zu machen.

So sehen wir denn, wie in vieltausendfältiger Beziehung das Eisen in das Thun und Streben der Menschen eingreift, wie ein treuer Freund helfend und fördernd, zu neuen Fortschritten und Ideen anregend. Und gleichwol bietet sich kaum eine andere Gabe der Natur so wenig freiwillig dar wie das Eisen: unscheinbar und dem schärfsten Auge seine wahre Natur verhüllend liegt es als Erz zu unseren Füßen; aber der Geist des Menschen erkannte oder ahnte doch seinen Werth; er befreite es aus seinen Banden, pflegte und erzog es zu seinem treuesten und nützlichsten Diener.





Rösten der Erze im Flammenofen.

— Und was nicht war, nun will es werden,  
 Zu reinen Sonnen, farb'gen Erden,  
 In keinem Falle darf es ruhn.  
 Es soll sich regen, schaffend handeln,  
 Erst sich gestalten, dann verwandeln;  
 Nur scheinbar steht's Momente still.  
 Goethe.

## Zink, Kobalt, Wismuth und Genossen.

**Geschichtliches.** Heutige Bedeutung des Zinks. Zinkerze. Galmei und Bleude. Aufbereitung und Verflüchtung. Ausbringen des Zinks. Destillation des Zinks. Zugutmachen der Bleude. Feinreinigung des Zinks. Seine Verarbeitung zu Platten, Blechen, Drähten u. s. w. Zinkguß. Zinkweiß. — Das Kadmium. Darstellung und Verwendung. Leichtflüchtige Metalle. — Kobalt und Nickel. Geschichtliches über diese Metalle. Kobalterze und ihre Verarbeitung zu Kobaltoryd. Zaffer und Smalte. Verwendung derselben. Das Nickel und seine Gewinnung aus den hauptsächlichsten Nickelzeren. Verschmelzen zu Speise und Stein und weitere Verarbeitung derselben. Das Neusilber, Weißkupfer, Argenta, Packfang und ähnliche Legirungen. Herstellung und Verwendung. — Antimon. Vorkommen und Erze. Spießglanz. Darstellung des Antimonmetalles. Antimonpräparate und Legirungen. Deren Verwendung. — Wismuth, sein Vorkommen. Gewinnung und Verwendung.

**N**ur wenige Jahrhunderte ist es her, daß die Welt Wissenschaft bekam von einem neuen Metall, dem Zink. Bis dahin hatte die deutsche Bergmannsbeneimung Zink, unter welcher jetzt das Metall in aller Welt verstanden wird, einem gewissen Erze, dem krystallinischen Galmei, gegolten. Und doch hatte dasselbe Metall unerkannter Weise schon seit uralten Zeiten der Menschheit ganz wichtige Dienste geleistet, so daß seine Geschichte somit eigenthümlicher Weise in eine alte, geheime, und in eine neue, öffentliche, zerfällt. Wie bei Besprechung des Kupfers näher zu entwickeln sein wird, bildete nämlich das Zink schon in sehr frühen Zeiten einen Bestandtheil solcher Kupferlegirungen, die wir jetzt unter den Namen Bronze und Messing

kennen. Aber die Metallarbeiter begnügten sich durch viele Jahrhunderte mit dem Erfahrungssatze, daß eine gewisse Erd- oder Steinart, mit Kupfer verschmolzen, dasselbe gelb und gießbar mache; das Wie und Warum kümmerte sie wahrscheinlich wenig oder sie machten sich darüber irgendwelche falsche Theorien; kurz, das reine Zink blieb im Alterthume unentdeckt, und der Umstand, daß bei ihm Reduktion und Verdampfung in Eins zusammenfallen, genügt, auch dies erklärlich zu machen. Dem spähenden Auge der alten Goldmacher freilich konnte die Existenz des metallischen Zinks nicht entgehen, wie es denn im 15. Jahrhundert zuerst von Basilus Valentinus und Paracelsus wirklich als besonderer eigenartiger Stoff erwähnt wird; aber man erkannte noch nicht seine Nützbarkeit und legte ihm folglich keinen Werth bei, verwechselte es auch wol mitunter (Löthneiß noch 1617) mit Wismuth. Mehr Aufmerksamkeit mochte das leichte Zinkoxyd erregt haben, das bei der Behandlung von zinkhaltigen Stoffen mit Feuer als weißer Rauch emporstieg; dafür spricht die besondere Bezeichnung desselben als philosophische Wolle und weißes Nichts (*lana philosophica, nihilum album*). Der berühmte Chemiker Stahl gab zuerst (1718) die Theorie der Messingbereitung, indem er aussprach, daß sich dabei aus dem Galmei erst Zink metallisch reduziere und dann mit dem Kupfer in Verbindung trete. Nunmehr verlegten sich die Chemiker auf diese Zinkreduktion an und für sich, die unter der Bedingung, daß sie in geschlossenen Gefäßen vorgenommen wurde, weil an der Luft das Zink gleich wieder zu Oxyd verbrennt, nicht schwer war. Man lernte das Zink beliebig darstellen. — Früher schon soll Zinkmetall von China über Ostindien in den europäischen Handel gekommen sein; der Vertrieb kann sich aber, da die Nachfrage fehlte, kaum weiter erstreckt haben, als auf die gelegentliche Uebersendung von Proben. Thatsache ist, daß gegenwärtig viel europäisches Zink nach Ostindien geht.

Man kannte das Zink in der ersten Zeit nur als ein ungeschmeidiges, keiner Dehnung fähiges Metall, das sich nicht walzen und hämmern, nicht einmal mit Sicherheit biegen und mit Schneiden und Feilen schlecht bearbeiten ließ. Für sein gewerbliches Fortkommen hatte ein solches Metall wenig Ausichten, und doch gestalteten sich seit Anfang unsers Jahrhunderts seine Angelegenheiten so günstig, daß es jetzt zu den wichtigsten Metallen gerechnet werden muß. Zuwörderst kam die Entdeckung des Galvanismus und stellte das Zink in die Reihe der Erreger zu oberst. Von diesem Plaze kann es nicht verdrängt werden und seine hier erlangte Wichtigkeit würde allein hinreichen, dem Metall die Uentbehrlichkeit zu sichern, wenn es auch sonst zu nichts zu brauchen wäre. Ein sehr bedeutender Theil der gesammten Zinkproduktion konsumirt sich in unsern Tagen in den galvanischen Batterien der Telegraphenstationen, Werkstätten und Laboratorien verschiedener Art und opfert hier seine metallische Existenz zur Erzeugung galvanischer Ströme auf.

Abgesehen von dieser an anderer Stelle verhandelten Mission des Zinks datirt seine höhere technische Geltung erst seit dem Jahre 1805, wo die Engländer Hobson und Sylvester die besondere Eigenschaft desselben entdeckten, unter gewissen Temperaturgraden eine ihm gar nicht zugetraute Geschmeidigkeit zu besitzen. Vom Siedepunkte des Wassers aufwärts, von 100—150° C., am vollständigsten bei 120° C., verliert das Zink sein krystallinisch blättriges Gefüge und erhält so viel Geschmeidigkeit, daß es sich hämmern, walzen und zu Draht ziehen läßt. Ist es solchergestalt gestreckt worden, so bleibt es auch nach dem Erfalten zähe und biegsam. In höherer Hitze gehen diese Eigenschaften wieder verloren, das Metall wird dann wieder so spröde, daß es unter dem Hammer in Stücke springt, ja sogar sich pulvern läßt.

Mit der nun erlangten Möglichkeit, das Zink in Platten auszuwalzen, fand die Verwendung des Metalls einen größern Spielraum, wie andererseits in noch höhern

Maße dadurch, daß man die alte Fabrikationsweise des Messings verließ und das Kupfer direkt mit dem Zinkmetall verschmolz. Bis vor etwa 30 Jahren blieb es in der Hauptsache bei diesen beiden Arten der Verwendung und selbst da noch hatte das Zinkblech um seine Existenz zu kämpfen. Es war noch nicht von der Beschaffenheit wie heute, brach meistens schon nach dem ersten Hin- und Herbiegen durch und selbst in dem Zinklande Schlesien ging man nur zaghaft an seine Benutzung als Dachmaterial. Die Zinkhütten hatten eben noch zu lernen, aber sie lernten auch und lieferten ihre Waare allmählig schöner und geschmeidiger. Das Zink zeigt, als Dachblech und sonst dem Wetter ausgesetzt, eine ungemeine Dauer; zwar bedeckt es sich bald mit einer feststehenden grauen Oxidschicht, aber diese dient gleich einem Firniß zum Schutz und die weitere Zerstörung durch Oxidation und Fortführung des Oxids durch das Wasser geht dann ungemein langsam von Statten. Eine Oxidschicht, die nur den fünftausendsten Theil einer Linie dick ist, braucht nach Pettenkofer's Versuchen nicht weniger als 27 Jahre, bis sie gänzlich vom Regen fortgeführt ist. Demnach müßte das Blech eines Daches, wenn auch nur  $\frac{1}{4}$  Linie dick, doch die Dauer von Hunderten von Jahren besitzen. In England, Frankreich und Belgien sind Zinkdächer häufig und haben sich bei heftigen Stürmen als sehr vortheilhaft bewährt. In Deutschland sind sie theils durch unrichtige Eindeckung, theils durch schlechte Arbeit unverdient mißachtet. Um Zink mit Vortheil zur Dachdeckung zu benutzen, müssen die Bleche dergestalt auf der Fläche befestigt werden, daß sie sich bei Temperaturwechsel frei ausdehnen und zusammenziehen können. Es darf keines derselben direkt angenagelt oder aufgelöthet sein, vielmehr müssen sie mittelst Haken niedergehalten werden, so daß die Bleche nach jeder Richtung hin Spielraum zum Ausdehnen finden, was durch das französische Keilensystem erreicht wird.

Man suchte fort nach weitem Verwerthungen des Zinks; die Spekulation bemächtigte sich des Gegenstandes und je nachdem sich ein neuer Absatzweg in's Ausland oder eine neue Benutzungsweise zu zeigen schien, gingen die Preise manchmal hoch hinauf, um vielleicht rasch wieder zu stürzen, wenn die Erwartungen sich nicht verwirklichten. Der Centnerpreis des Zinks schwankte zwischen 5 und 21 Gulden, ja, er ging sogar bis 42 hinauf. Die heutigen Preisschwankungen bewegen sich meist zwischen 6 und 7 Thaler.

Die Verwendungen des Zinks, die sich nach und nach hinzugefunden haben, sind jetzt ziemlich zahlreich geworden. Außer daß es häufig in Säuren gelöst wird, um Wasserstoff zu erzeugen, wie z. B. in dem Döbereiner'schen Platinfeuerzeug, dient es neben Messing und Bronze auch zu verschiedenen neuen Legirungen, unter denen das Argenta die technisch wichtigste ist. In Plattenform braucht man es zum Zinkdruck, und viele Seeschiffe werden statt des Kupfers mit Zink beschlagen. Zinkdraht, den man jetzt in allen Durchmessern herzustellen versteht, empfiehlt sich durch Wohlfeilheit, Kostfreiheit, leichte Löthbarkeit u. s. w. In's häusliche Leben findet das Zink in Blechen durch den Klempner immermehr Eingang als Material zu Dachrinnen und Fallrohren, als Beschlag von Fensterstöcken, Badewannen, Waschbecken u. dgl.; nur zur Aufbewahrung nasser Stoffe, die zu Speise und Trank dienen sollen, selbst zu Wassergefäßen taugt es wegen seiner leichten Löslichkeit nicht. Die mit Zinklösung verunreinigten Substanzen bekommen einen widerlichen Geschmack und wirken Ekel und Brechen erregend.

Plattenzink dient ferner häufig zu gut aussehenden Firmen, Thürschildern und Pflanzensignaturen. Bei letzteren sind die Inschriften mit einer chemischen kupferhaltigen Tinte, aufgetragen, bei ersteren vertieft eingearbeitet und mit einer schwarzen Masse ausgefüllt. Unverwundlich und darum häufig gebraucht sind Zinkbleche als Zwischenlagen beim Satiniren von Papier u. dgl. mittels Walzwerken.

Diese verschiedenen Verwendungsarten haben denn die Zinkgewinnung wesentlich gefördert, so daß die jährliche Ausbeute bis auf folgende Zahlen gestiegen ist:

|                                                                             |           |      |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|------|
| Oberschlesien . . . . .                                                     | 780,000   | Etr. |
| Die angrenzende Gegend Polens . . . . .                                     | 30,000    | =    |
| Die verschiedenen rheinischen Gesellschaften ohne die Altenberger . . . . . | 220,000   | =    |
| Die Altenberger Gesellschaft (vieille montagne) . . . . .                   | 540,000   | =    |
| Die übrigen belgischen Gesellschaften . . . . .                             | 190,000   | =    |
| Spanien . . . . .                                                           | 30,000    | =    |
| England . . . . .                                                           | 150,000   | =    |
| Frankreich . . . . .                                                        | 10,000    | =    |
| Oesterreich . . . . .                                                       | 15,000    | =    |
|                                                                             | <hr/>     |      |
|                                                                             | 1,965,000 | Etr. |

Die jüngste und noch in zunehmender Ausdehnung begriffene Anwendung des Zinks ist die zu gegossenen Kunst- und Gebrauchsgegenständen, und endlich wird ein beträchtlicher und steigender Antheil des Metalls gleich nach seiner Ausbringung wieder in Dryd verwandelt und als Zinkweiß in den Handel gebracht. Auf beide spezielle Fächer kommen wir später zurück und betrachten zunächst

**Vorkommen und Verhüttung der Zinkerze.** Das eigentliche Zinkerz ist der Galmei (Zinkspath, edler Galmei), der schon im Alterthume bekannt war und Kadmia genannt wurde. Er ist natürliches kohlensaures Zinkoxyd. Eine Zeit lang waren die reichen Galmeigruben in Oberschlesien und der angrenzenden polnischen Gegend die Vorrathskammern, welche beinahe die ganze Welt mit Zink versorgten. Gegenwärtig haben sie eine starke Konkurrenz durch belgisch-rheinische Hütten, die bei reichhaltigern Erzen unter etwas günstigeren Verhältnissen arbeiten. Das bedeutendste jener Werke ist die schon seit Jahrhunderten betriebene Galmeigrube am Altenberge (vieille montagne) unweit Aachen. Von dort gehen zinkerzführende Hügelzüge bis jenseit Rüttich. Andere ansehnliche Lagerstätten finden sich bei Wiesloch in Baden, Brilon und Heseloh in Westphalen, Raibl und Bleiberg in Kärnthen u. s. w. Die Wieslocher Gruben sind alte Baue, aus denen man im 11. Jahrhundert den Bleiglanz brach, der zwischen dem Galmei eingeschichtet war, den letzteren aber unbeachtet ließ. England und Schottland haben auch ihre Galmeilager, Frankreich weniger, Spanien wieder mehr. Letzteres Land führt sogar Zinkerze in Menge aus, die auf belgischen Hütten zu Gute gemacht werden.

Der Name Galmei begreift noch eine andere Erzart, die wegen ihrer schönen Krystallisationen auch Zinkglas heißt; dieselbe kommt zuweilen selbständig, sonst aber fast überall als Begleiter des eigentlichen Galmei vor und wird mit diesem zusammen verhüttet. Sie besteht aus kiesel-saurem Zinkoxyd.

Von allgemeinerem Vorkommen als die Sauerstoffverbindungen des Zinks ist dessen Verbindung mit Schwefel, die Zinkblende. Sie mengt sich so zu sagen in Alles und ist darum meist ein sehr ungerne gesehenes Erz. Als Rohstoff für die Zinkgewinnung hat sie zwar nicht die Geltung wie der Galmei, wird aber doch verwendet und zwar in neuerer Zeit in größerem Maßstabe als früher. Ihrer Konstitution nach erscheint die Blende sogar einladend, da sie aus 2 Theilen gediegenem Zink und 1 Theil Schwefel besteht und auch sehr rein vorkommt; aber die Schwierigkeit, beide Elemente zu trennen, und die dazu nöthigen langen Röstprozesse stehen wieder erschwerend und vertheuernd gegenüber, und die Verhüttung von Schwefelzink wird ein nebensächliches und gedrücktes Geschäft bleiben müssen, so lange die vorhandenen großen Lager

von Galmei, dessen Verhüttung leichter ist, einen Betrieb gestatten, der in jedem Moment nach Verhältniß einer etwa steigenden Nachfrage erweitert werden kann.

Au die Zinkerze schließt sich ein Abfallprodukt, der Ofenbruch, Gichtschwamm; jene Massen, welche beim Verhütten von Kupfer-, Blei-, Eisenerzen u. s. w. sich in den obern Theilen des Ofens ansetzen und zeitweise ausgebrochen werden. Sie stammen von den Zinkerzen, die unter die des Kupfers u. s. w. von Natur eingemeigt waren. In der Ofenhitze wird das Metall flüchtig; die Dämpfe (Ofenkadmium) oxydiren und schlagen sich in fester Form nieder.

Die Zinkerze werden meistens durch Bohren und Schießen, mürbere Sorten des Galmei durch Hauerarbeit aus ihren Lagerstätten gelöst. Sie finden sich in den jüngern Gebirgsschichten, vornehmlich im Kalk und Dolomit auf Gängen, Lagern, Stöcken und in einzelnen Nestern. Die eine große Grube am Altenberge bei Aachen ist sogar ein Tagbau; sie ist im Laufe von 5 Jahrhunderten fast ganz geleert und hat ein Ueberschlagsquantum von 20 Millionen Centner Galmei geliefert.

Die Zubereitung der Zinkerze für den Ofenprozeß beginnt, was den Galmei und das fast immer damit vermengte Kieselzinkerz anlangt, meistens mit einem Ablagern an der Luft, damit Erz und Gangart durch Auswittern trennbarer werden. Die besten Stücke werden durch einfache Handscheidung abgefondert, das Erzklein, das ein weniger gutes Material ist, gewöhnlich in Trommeln gewaschen, durch Sezarbeit separirt und die kleinsten Theile geschlämmt. Der gewöhnlichste Begleiter des Galmei ist Eisen, manchmal in solcher Menge, daß derselbe, statt weiß, grau oder roth erscheint. Je größer der Eisengehalt, um so schwieriger ist die Verhüttung des Erzes, da das Eisenoxyd die thönernen Destillationsgefäße angreift und mit deren Masse Schlacken bildet. Der aufbereitete Galmei unterliegt zunächst einem Brennen nach Art des Kalkbrennens, um ihm das Wasser und die Kohlensäure zu benehmen, wogegen die Zinkblende eine wirkliche und zwar langwierige Röstarbeit erfordert, damit der Schwefel entfernt und die Masse in Oxyd verwandelt werde, weil nur in dem Maße, als dies erreicht ist, dieselbe auf metallisches Zink benutzt werden kann. In beiden Fällen besteht also die Absicht, zunächst Oxyd darzustellen. Die nachfolgende Reduktion könnte, was den Galmei betrifft, zwar auch ohne diese Vorbereitung stattfinden, aber sie wird durch das vorgängige Verjagen der Kohlensäure und des Wassers bequemer und an Metall ausgiebiger. Auch wird der Kieselgalmei dabei aufgelockert. Das Rösten der Blende geschieht auf dem Herde eines Blammenofens, da nur wenige Zinkblenden die Eigenschaft haben, in Haufen selbst fortzubrennen, nachdem sie einmal entzündet worden. Die Blende muß zu diesem Zwecke vorher grob gepulvert, in Schlich verwandelt werden. Sie geht dann durch die oxydirende Wirkung der Feuerluft unter häufigem Umrühren langsam über in ein Gemenge von Zinkoxyd und schwefelsaurem Zinkoxyd, aus dem nun unter Steigerung der Temperatur bis zur starken Glühhitze die Schwefelsäure so vollständig wie möglich verjagt werden muß.

Das somit gewonnene Zinkoxyd, gleichviel ob aus Galmei oder Blende, erfährt nun behufs der Zugutemachung in beiden Fällen dieselbe Behandlung im Destillirföfen. Der in Stücken gebrannte Galmei muß nur noch vorher zerkleinert werden, nachdem die jetzt an ihrer Farbe erkennbaren eisenhüßigen Erzstücke und anderes Ungehörige durch Auslesen entfernt worden sind.

Zum Ausbringen des Zinks aus seinem Oxyd benutzt man, wie bei den übrigen Metallen, die reduzirende Wirkung der Kohle; der Gang der Arbeit ist aber hier insofern ein anderer, als das reduzirte Metall nicht direkt niederschmilzt, sondern in Dampfform abgetrieben (destillirt) wird und sich erst in einiger Entfernung zu tropfbarem Metall verdichtet. Der Grund hierfür liegt in dem Umstande, daß der

Hitzegrad, bei welchem das Zink aus dem Oxid reduziert wird, weit höher liegt als der Schmelzpunkt des Metalls; es findet also gleich beim Freiwerden eine solche Hitze vor, daß es in Dampf verwandelt wird. Das Zink geräth bei einer Hitze von etwa 400° C., bei noch nicht voller Glühhitze, in Fluß. Bei angehender Weißglühhitze geräth der Fluß in's Sieden, das Metall geht wie Wasser in Dämpfen fort, die bei abgehaltener Luft in einem Kanal fortgeleitet werden können, das heißt, wenn keine atmosphärische Luft mit den Zinkdämpfen in Berührung kommt; hat aber die Luft freien Zutritt, so verbrennen die Dämpfe mit blendend weißer Flamme zu Zinkoxyd, das in schneeweißen zarten Flocken umherfliegt. Dieses ist das weiße Nichts oder die philosophische Wolle. Aus solchem Verhalten des Metalls gegen den Sauerstoff ergibt sich natürlich die Hauptregel, daß bei dem Ofenprozeß sowol der Luftzutritt abgehalten

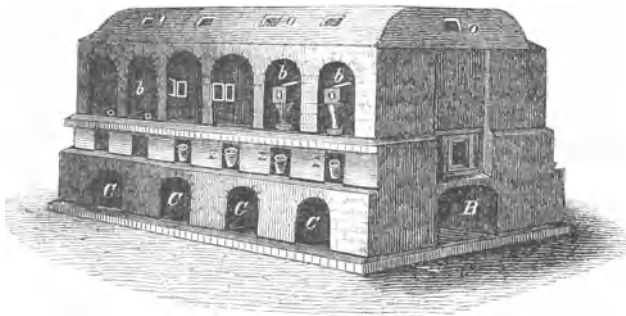
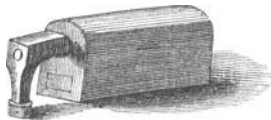


Fig. 42. Zinkofen.

als alle Zuschläge vermieden werden müssen, welche Sauerstoff abgeben können, weil hierdurch die Reduktion vereitelt, das reduzierte Metall immer wieder oxydirt werden würde.

Die Destillation des Zinks geschieht nach der schlesischen Methode in folgender Weise: Der gebrannte Galmei wird, mit dem gleichen Volumen Koakslein vermengt, in feuerfeste thönernerne Muffeln gebracht, von denen hier eine in Fig. 43 abgebildet ist. Eine solche Muffel hat zwei Oeffnungen; durch die mit einer Platte verschlossene untere werden die Rückstände herausgenommen, durch die obere wird das Gemenge mittels Schaufeln eingetragen und dann die knieförmige Vorlage eingefittet. Der Ofen nimmt gewöhnlich in zwei Reihen à 5—6 Muffeln auf, wie man bei b b (Fig. 42) sehen kann. Mitten über dem Raum B, der durch den ganzen Ofen geht, ist ein Roost, der mit Steinkohlen ge-

Fig. 43.  
Muffel zur Destillation des Zinks.

feuert wird, während der Rauch durch die Oeffnungen o o entweicht. Die knieförmige Röhre verbindet die obere Oeffnung der Muffeln mit den Tiegeln z z. Sind sämtliche Muffeln gefüllt, so wird der Ofen (B C) geheizt; jene kommen in Glut, dabei verflüchtigt sich das Zink, verdichtet sich in den Vorlagen und tröpfelt in die Gefäße bei z. Ist nach 24 Stunden die Destillation beendet, so trägt man sogleich eine zweite Füllung durch die am Kopfe der Vorlage befindliche, sonst mit einer Thonscheibe geschlossene Oeffnung, ebenso nach der Hand eine dritte; erst nach drei Destillationen wird die untere Platte der Muffel geöffnet und die Rückstände herausgeschafft. Diese bestehen aus Kieselsäure, aus dem Kiesalgalmei zur Hälfte und mehr, Thonerde, Eisen- und Manganoxydul, einigen Prozenten Zinkoxyd, zuweilen etwas Bleioxyd und Kohle. Springt während des Betriebs eine Muffel, so zeigt sie dies durch herausschlagende Flammen an, indem Zinkdämpfe herausbringen und sich an der Luft entzünden. Auch ohnedies fehlt es nicht an Oxidbildung; Oxid und staubförmiges Metall setzt sich an der Mündung der Vorlage an, verstopft dieselbe zuweilen ganz und mischt sich auch dem abtropfenden Rohzink bei. Das Oxid wird gesammelt und immer wieder mit verarbeitet, ausge-

nommen die ersten braungelb gefärbten Portionen, welche Cadmium (siehe unten) enthalten und besonders verarbeitet werden.

Das in vorbeschriebener Weise gewonnene Tropf- oder Rohzink wird nun in eisernen Tiegeln wieder eingeschmolzen, von Oxid gereinigt und theils in Blöcken zum Guß und zu Messing oder zu Zinkweiß, theils in Form von Blechen in den Handel gebracht. 100 Centner gerösteter Galmei geben 48 Centner Rohzink und diese 41 Centner reines Metall, dazu 4 Centner aus den zu Gute gemachten Abgängen beim Umschmelzen, giebt 45 per 100. In 150 Centner rohem Galmei, welche 100 Centner gebranntem entsprechen, stecken aber 68 Centner Zink, daher sich ein Verlust von 15 Prozent ergibt, der theils schon beim Brennen, theils beim Destilliren entsteht und entweder verflüchtigt und verstäubt oder in den Rückständen verblieben ist. Durch keine Methode der Zinkgewinnung läßt sich ein derartiger Verlust ganz verhüten.

Die Zugutemachung der Blende gehört erst der neuern Zeit an; man betreibt sie in England, Belgien und Deutschland, hier namentlich zu Stolberg bei Aachen, Linz am Rhein, Mülheim an der Ruhr, Achenrain in Tyrol, Davos in Graubünden; gut geröstete reine Blende würde sich eben so gut wie reiner Galmei, und selbst noch leichter als solcher, der viel Kieselerz enthält, ausbringen lassen; der Betrieb stellt sich aber ungünstiger, erstlich wegen der kaum möglichen völligen Durchröstung der Masse, welche demnach immer noch Schwefelmetalle enthält, und zweitens durch den Gehalt der Blende an fremden Metallen, welche theils in das Zink mit übergehen und dessen Qualität benachtheiligen, theils als Oxide die Destillationsgefäße angreifen und verschlacken. Ueber das spezielle Verfahren beim Rösten und Ausbringen sowie die Ausbeute an Metall lauten die Angaben von den verschiedenen Seiten her sehr verschieden und unbestimmt, was meistens in der großen Verschiedenheit der Blende hinsichtlich ihres Gehalts an Eisen und andern Metallen, theils wol auch darin seinen Grund haben mag, daß man manche Fabrikvorthelle nicht mittheilen will. Das Ausbringen erscheint immer unvollkommen und wird auf 20—30 Prozent der rohen Blende angegeben, während dieselbe im reinen Zustande 67 Prozent Zink enthält. In einzelnen Fällen wird die abgetriebene schwefelige Säure auf Schwefelsäure benutzt.

Zur Zinkgewinnung aus der Blende giebt es eine zweite, neuere Methode, welche direkter auf ihr Ziel losgeht und namhafte Vortheile gewähren soll. Es handelt sich hierbei darum, das metallische Zink sofort dadurch frei zu machen, daß man den Schwefelgehalt der Blende an Eisen bindet. Man vermischt demnach die Blende mit einer hinreichenden Menge von Eisenerz unter Zuschlag von gebranntem Kalk. Wasser und Kohlenensäure dürfen die Eisenerze nicht enthalten und müssen daher nöthigenfalls durch vorgängiges Rösten davon befreit werden. Metallisches Eisen statt der Erze würde den Prozeß natürlich noch einfacher und glatter geben; nur ist es fraglich, ob ein annehmbarer Nutzen herauskäme, wenn man gegen ein gewisses Quantum von Kohlen, Arbeit, Eisen und Zinkblende ein anderes von Zink und Schwefeleisen eintauschen würde.

In Schlessien sind vor einiger Zeit sogar Versuche gemacht worden und angeblich nicht ohne Erfolg, gleichzeitig aus einem und demselben Schachtoven Roheisen und Zink zu gewinnen. Die Sache erscheint ganz plausibel: das Zink destillirt oben ab, das Eisen kommt unten heraus, ob aber auch ein gutes Fazit beim praktischen Betriebe herauskommen würde, ist nicht so sicher.

Das käufliche Zink hat stets noch Unreinheiten bei sich, selbst die geschmeidigen Bleche, wie sie die Klempner verarbeiten. Am unschädlichsten erscheint Cadmium, das vormalig besonders im schlesischen Zink bis zu 6 Prozent enthalten sein mochte, ohne daß dessen Dehnbarkeit merklich dadurch litte. Jetzt, wo man den Stoff größtentheils

besonders abscheidet und verwerthet, wird sich nur wenig und jedenfalls stets unter 1 Prozent darin vorfinden lassen. Zu Zinkweiß bestimmtes Zink muß ganz frei davon sein, da das braune Cadmiumoxyd die rein weiße Farbe beeinträchtigen würde. Das kaum jemals fehlende Blei, in Staubform mit übergeführt, macht das Zink weicher, aber gleichzeitig mürber, weniger zäh; bei mehr als  $\frac{1}{2}$  Prozent Blei wird das Metall zu mürbe und unter den Walzen rissig. Für Messing ist schon  $\frac{1}{4}$  Prozent Blei im Zink nachtheilig. Eisen kommt gewöhnlich durch das Umschmelzen des Zinks in eisernen Kesseln und durch Ausgießen in dergleichen Blechformen mit in's Spiel. Kohlenstoff hat eine besondere Anhänglichkeit für das Zink, verändert aber seine physikalischen Eigenschaften anscheinend gar nicht. Störend wird er, wenn das Zink zu Erzeugung reinen Wasserstoffgases gebraucht werden soll, da er zum Theil vom Wasserstoff gelöst wird und so das Gas unrein und übelriechend macht. Dasselbe gilt von Arsen und Antimon, wovon kleine Mengen mit in das Metall kommen können, welche der Verflüchtigung beim Rösten der Blende entgangen sind. Das Zink kann auch verunreinigt werden durch sein eigenes Oxyd, wenn das Umschmelzen bei zu hoher Hitze erfolgt ist. Das Metall im Gemenge mit Oxyd heißt verbranntes Zink; es taugt weder zu Gußwaaren, da es sich nicht rein gießt, noch zu sonst einer Bearbeitung, nicht einmal gut zum Wiedereinschmelzen mit frischem Metall. Reiner von fremden Bestandtheilen erhält man das Zink schon, wenn man das Anfangs- und Endergebniß einer Destillation wegläßt und nur die mittlere Portion nimmt; sonst muß man das Metall behufs besonderer technischer oder chemischer Zwecke raffiniren. Durch Ausgießen des geschmolzenen Metalls in Wasser verwandelt man es in Körner (Granalien) und schmilzt es mit etwa  $\frac{1}{4}$  seines Gewichts Salpeter im geschlossenen Tiegel wieder ein oder läßt es auch aus diesem abdestilliren. Der Kohlegehalt verbrennt hierbei, während Arsenik und andere fremde Metalle oxydiren und in der Schlacke bleiben.

**Die Verarbeitung des Zinks zu Blech** auf den Hütten geschieht in gewöhnlichen Walzwerken, nachdem das Metall vorher zu dünnen Platten von etwa 15 Zoll Länge und 9 Zoll Breite ausgegossen worden. Die besondere Rücksicht beim Zink ist, wie schon gesagt, die Beobachtung und Erhaltung der richtigen Walztemperatur, die zwischen 100 und 150 Grad liegt. Man hat deshalb einen Anwärmofen zur Hand, in welchen die Arbeitsstücke immer wieder gebracht und so weit, aber nicht weiter erhitzt werden, bis ein darauf gebrachter Wassertropfen zischt und siedet. Auch die Preßwalzen werden für die ganze Arbeitsdauer in einer Temperatur von 100 Grad erhalten, am einfachsten durch innere Dampfheizung. Für das Warmhalten der Bleche benutzt man statt des Ofens oder neben demselben auch eine siedend erhaltene Kochsalzlösung, in welche die Bleche eingelegt werden. Haben letztere eine gewisse Dünne erreicht, so geschieht das weitere Auswalzen packetweise.

**Zinkguß.** In neuerer Zeit hat das Zink eine erhöhte Bedeutung erlangt durch seine Verwendung als Gußmaterial. Das Zink gießt sich bei einer Temperatur, die nicht einmal die volle Glühhitze erreicht, ausgezeichnet; es giebt die Formen der Modelle unmittelbar in größter Schärfe und Feinheit wieder, so daß dieselben außer an den Löthfugen fast gar keine Ueberarbeitung bedürfen. Aber das gegossene Zink zeigt die ganze dem Metall eigenthümliche Sprödigkeit, daher es zu Gegenständen, die Stöße und andere Anstrengung aushalten sollen, nicht gebraucht werden kann und seine Anwendung sich auf Werke der Kunstbildnerei, Statuen, Gruppen u. s. w., ferner zu architektonischen Verzierungen und kleinen Gebrauchsgegenständen, wie Leuchter u. dgl., beschränkt. In den großen Industrieausstellungen der letzten 10 Jahre zeigte sich der Kunstguß in Zink bereits auf einer bedeutenden Stufe der Ausbildung. In Deutschland findet derselbe seine hauptsächlichste Pflege in Berlin und Wien. Die Wohl-



feilheit der Herstellung von Zinkgüssen im Vergleich zur Bronze und selbst zum Eisen ist ein Moment, der denselben zur Empfehlung dient.

Der Zinkguß geschieht in Sandformen und unterscheidet sich in der Hauptsache nicht viel vom Eisenguß, ist aber viel leichter, erstlich durch den niedrigen Schmelzpunkt des Metalls und dann durch seine Löthbarkeit, welche gestattet, einzelne Theile für sich zu gießen und dann zu löthen, was beim Eisenguß unthunlich ist. Während z. B. Figuren, Feuer- und Schreibzeuge, Leuchter und andere hohle Gegenstände von Eisen auf einmal mit dem Kerne gegossen werden müssen, kann man sie beim Zinkguß theilen, und so z. B. ein Säulenkapital aus vier gleichen Theilen zusammenlöthen, wodurch viel an Arbeit und Modell erspart wird. Flache Gegenstände, wie Thürfüllungen, Tisch- und Grabplatten, Geländer u. s. w., werden ganz wie beim Eisenguß hergestellt.

Ein Unterschied vom Eisenguß findet beim Zinkguß insofern statt, als bei letzterm fast niemals über Kern gegossen wird. Die starke Zusammenziehung des Metalls beim Erkalten verträgt den Kern nicht, der Guß würde über denselben zerreißen. Höchstens benutzt man einen Kern aus Sand, in dessen Mitte ein rundes Stück Holz u. s. w. mit eingeformt ist, das man gleich nach erfolgtem Gusse herauszieht. Der Kern bekommt dadurch eine Höhlung, und kann vermöge dieser und der Natur des Sandes nun eher der Zusammenziehung des Metalls nachgeben. Dester dagegen wendet man bei Hohlgüssen, soweit sie nicht aus Theilen zusammengesetzt sind, das beim Zinngießer und Gypsformer übliche Stürz- oder Dekantir- (Abjchütte-) Verfahren an. Man füllt die Form völlig mit der Gußmasse und stürzt sie gleich darauf um; das noch Flüssige läuft aus, das an den Formwänden bereits Erstarrte giebt das hohle Gußstück. Je rascher das Dekantiren erfolgt, desto dünner wird die Gußwand, die man solchergestalt bis auf die Stärke einer Linie beschränken kann. Beim Gießen müssen die Formen heiß gemacht werden, damit die Erstarrung nicht allzurash erfolgt.

Das Schmelzen des Zinks geschieht in Graphittiegeln, die Defen gleichen denen der Gelbgießer, das Löthen erfolgt wie bei den Flaschnern mit Zinn und Blei.

Durch Zinkguß werden vielerlei Bauornamente, oft ganze Gesimse hergestellt; so ist z. B. das Hauptgesims der Berliner Universität, welches 3 Fuß Ausladung hat, aus Zinkguß. Fast sämmtliche Fontaine-Aufsätze in den Gärten zu Potsdam bestehen aus demselben Material, unter Anderem ist die Froschgruppe von Kahle meisterhaft und in großen Dimensionen ausgeführt, und der Adler auf dem Berliner Schlosse mit 26 Fuß Flügelspannung ist ebenfalls aus Zinkguß hergestellt und kostet nur 1000 Thaler.

Statuen, Monumente u. s. w. aus Zinkguß werden häufig durch einen Bronzeüberzug geschützt. Nackt gelassen konserviren sie sich zwar auch, aber nur durch eine Oxidschicht, die in einem wenig gefälligen Grau erscheint. Man überzieht Zinkgegenstände auch mit Del- oder Firnißfarben, statuarische Werke häufig mit Weiß, um ihnen Marmorähnlichkeit zu geben. Im Allgemeinen passen aber solche Anstriche schlecht hierher, denn so fest dieselben auf Eisen haften, so unvollkommen auf Zink; es scheint eine chemische Wirkung zwischen Del und Metall stattzufinden, in deren Folge der Anstrich gewöhnlich tausendfache Sprünge bekommt und abblättert. Man sucht sich dagegen durch vorherige Präparaturen des Metalls mit Säuren u. s. w. oder durch einen schwachen galvanischen Ueberzug zu helfen. Künstler sehen aber keinerlei Anstrich gern, da er die feinen Umrißlinien beeinträchtigt. Könnte man durch irgend ein chemisches Mittel das Metall selbst dazu disponiren, daß es sich oberflächlich in eine Schicht des weißen, echten Oxids verwandelte, so wäre — vorausgesetzt daß die Löthfugen dieselbe Farbe annähmen und daß die erzeugte Schicht sich dauernd und dicht erhielt — etwas sehr Angenehmes erreicht. Darauf zielte eine der Preisaufgaben des Berliner Vereins

zur Beförderung des Gewerbefleißes für das Jahr 1862 ab, die unsers Wissens ihrer Lösung noch entgegen steht.

**Zinkweiß.** Ein großer Theil des gewonnenen Zinks wird gegenwärtig wieder verbrannt, um es im Zustande des Oxyds, als Zinkweiß, zu benutzen, und da dieses ebenfalls ein Hüttenprodukt ist, so mag dasselbe gleich hier mit abgehandelt werden.

Das Zinkoxyd diente als „weißes Nichts“ lange nur zu medizinischen Zwecken; obwol schon im vorigen Jahrhunderte französische und deutsche technische Chemiker vorschlugen, dasselbe als Vertreter des so schädlichen Bleiweißes zu benutzen, so kam es doch vor der Hand nicht dazu, hauptsächlich wol, weil der Stoff noch zu theuer war. Erst dem Maler Leclair in Paris, der durch die vielen Erkrankungen in den Bleiweißfabriken bewogen wurde, sich mit dem Gegenstande ernstlich zu beschäftigen, gelang es, dem Zinkweiß Geltung zu verschaffen und dasselbe in Menge so wohlfeil herzustellen, daß es mit Erfolg dem Bleiweiß Konkurrenz machen konnte. Die Gesellschaft der vieille montagne griff die Sache bald in großartigem Maßstabe an, gründete große Fabriken in Belgien, Frankreich und Deutschland und trug viel zur

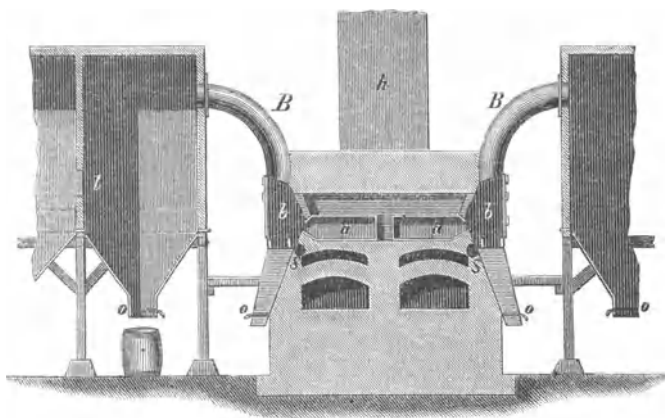


Fig. 44. Zinkweißofen, Durchschnitt.

Verbesserung der Darstellung des Stoffes und seiner ausgedehnteren Verwendung bei. In Folge dessen stieg denn auch die Fabrication bald in's Ungeheure, so daß sich jetzt die rheinische, belgische und schlesische Produktion nach Hunderttausenden von Centnern berechnet. Man sollte nun glauben, das Bleiweiß sei hiermit gänzlich aus

dem Felde geschlagen, allein trotz alledem hat weder die Fabrication noch auch der Verbrauch des Bleiweißes auch nur im Geringsten abgenommen.

Die Darstellung des Zinkweißes besteht aus dem Verbrennen der metallischen Zinkdämpfe zu Oxyd, wie solche schon oben erwähnt wurde, nur daß hier das Experiment nicht an freier Luft, sondern in einem geschlossenen Raume vorgenommen wird, in welchen die dazu nöthige Luft eingeführt wird.

In Fig. 44 ist die Durchschnitts- und in Fig. 45 die äußere Ansicht eines hierzu dienlichen, auf acht Retorten eingerichteten Ofens abgebildet. Wir haben hier in der Mitte zwischen zwei Reihen Auffangkammern einen Ofen, in welchem zwei Reihen thönerner Retorten zu je vier mit den Mündungen nach auswärts liegen (a a der ersten Abbildung). Vor jeder Mündung befindet sich ein Vorraum mit einer Thüre, welche nur für den Moment geöffnet wird, wenn frisches Zink in die Retorte zu schieben ist. Von dem Raume geht ein weites Rohr nach oben, welches das Verbrennungsprodukt, die Zinkblumen, in die erste Kondensationskammer führt. Eine ähnliche rohrartige Verlängerung führt abwärts und schließt mit einem Schieber; sie dient zum Auffangen derjenigen Theilchen, welche nicht dem Zuge nach oben folgen, sondern herabfallen. In dem Raume vor der Retortenmündung hat die Verbrennung zu erfolgen. Die hierzu nöthige Luft gelangt durch Kanäle dahin, die so gelegt sind,

daß das Feuer sie mit heizt, also die Luft mit einem gewissen Hitzegrade in den Brennraum gelangt. Eine Eintrittsöffnung für diese Luft befindet sich unmittelbar unter jeder Retortenmündung.

Denken wir uns nun den Ofen bereits angefeuert, die Retorten glühend, so ist die Führung der Arbeit eine sehr einfache: man schiebt in jede Retorte eine oder zwei Tafeln oder einen Block Zink und wiederholt dies so oft als nöthig. Das Metall kommt in den Retorten bald zum Schmelzen und Sieden, die Dämpfe dringen aus der Mündung, finden hier heiße Luft und verbrennen demzufolge zu Oxyd. Vermöge des durch das ganze System herrschenden Zuges gelangen die flockigen Massen in die erste Kondensationskammer, welche der Hitze halber von Eisen ist; die folgenden sind von Holz oder von grobem Gewebe, das über Rahmen gespannt ist. In der ersten Kammer setzen sich die schwersten Theile ab, an den Wänden sowol als auf dem trichterförmigen Boden. Durch die anhaftenden Unreinigkeiten des Zinks sieht dieses erste Produkt mehr grau als weiß aus und wird entweder als billigere Waare verkauft oder nachträglich noch gereinigt. Was in der ersten Kammer nicht hängen bleibt, geht durch ein Loch in der Scheidewand in die nächstfolgende, und in derselben Weise weiter bis in die letzte, so daß in jeder folgenden sich feinere Waare absetzt. Alle Kammern sind so eingerichtet, daß sie von unten entleert werden können. Von den letzten Kammern aus

gehen, wie die Abbildung Fig. 45 ersehen läßt, Luftkanäle G G, deren obere Einmündung mit einem Gazezieb versehen ist, nach abwärts und nehmen dann die Richtung in den Schornstein. Dieser wirkt durch seinen Zug anfangend auf die Kanäle und durch diese auf die

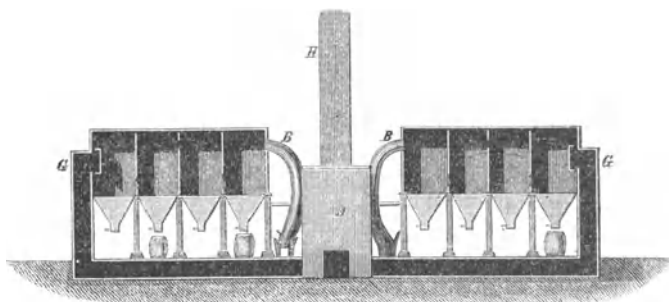


Fig. 45. Zinkweißofen, äußere Ansicht.

Kammern u. s. w. Im Schornstein liegt also die Triebkraft der Circulation, nur muß er dazu hoch genug sein; wo dies nicht der Fall ist, muß eine besondere Vorrichtung, ein Ventilator u. dgl., die Dinge im gehörigen Athem erhalten.

Die Ausbeute aus den Kammern, die an sich verschiedene Sorten darstellt, wird meistens noch geschlämmt, wodurch noch mehr Sorten gewonnen werden, auch da nöthig mit chemischen Waschungen noch geschönt. Theilchen von Blei und Cadmium — Metalle, die das Zink in der Regel begleiten — machen nämlich die Waare gelblich, was durch Waschung mit schwacher Essig- oder Schwefelsäure oder mit einem kohlen-sauren Salz sich beseitigen läßt. Hiernach erscheint auch das Zinkweiß im Handel nicht in Form von Zinkblumen, sondern als mürbes Pulver, das beim Liegen ohne Luftabschluß selbst hart und grieslich werden kann, vielleicht in Folge der Kohlen-säure, welche das Pulver reichlich aus der Luft anzieht.

Was nun den Werth des Zinkweißes als Ersatzmittel von Bleiweiß anlangt, so hat die Erfahrung hierüber Folgendes festgestellt.

Außer daß das Zinkweiß von der Schädlichkeit der Bleipräparate Nichts besitzt und sich mit Schwefelwasserstoff nicht im Geringsten schwärzt, kommt auch seine Anwendung nicht theurer als die von Bleiweiß, sondern eher wohlfeiler zu stehen. Allerdings kommt es an Deckkraft dem letzteren Farbstoff nicht gleich, und man braucht fünf

Anstriche, um dasselbe zu erreichen, was drei Anstriche mit Bleiweiß bewirken; aber wegen seiner größern Leichtigkeit reicht man schließlich doch weiter damit als mit jenem, da 2 Pfund Zinkweiß dieselbe Fläche decken wie 2½ Pfund Bleiweiß, und zur Ausgleichung für die vermehrte Streicharbeit erspart man das so lästige Reiben. Die Zinkanstriche werden sehr hart, lassen eine schöne Politur zu und sind daher besonders für Lackarbeiten dem Bleiweiß unbedingt vorzuziehen.

### K a d m i u m.

Unter den fremden Bestandtheilen der Zinkerze und des Zinks hatten wir das Kadmium mit aufzuführen. Es ist gewissermaßen der Bruder des Zinks, und begleitet dieses sowol im Galmei als in der Blende. Am reichsten daran ist der schlesische Galmei; er enthält davon bis über 5 Prozent; an andern Fundorten beträgt der Gehalt 2, 1 Prozent und weniger. Deshalb verlohnt sich auch besonders in jener Gegend die Zugutemachung und bringt den dortigen Zinkhütten einen annehmllichen Nebengewinn, da das Pfund Kadmium gegen 2 Thaler kostet.

Das Kadmium wurde im Jahre 1818 fast gleichzeitig von Stromeyer in Hannover und Hermann in Schönebeck entdeckt und als ein besonderes Metall erkannt. Hinsichtlich seiner Eigenschaften steht es zwischen Zinn und Zink; es ist zinkweiß, sehr dehn- und hämmerbar, stark glänzend, erblindet aber an der Luft und wird bleigrau. In den Handel kommt es in 8 Zoll langen gegossenen Stangen von Fingerdicke.

Die Gewinnung des Metalls geschieht in den Zinkhütten wol ausschließlich auf dem Wege der Destillation, die Abscheidung auf nassem Wege erscheint umständlicher. Die trockene Gewinnung wird möglich durch den Umstand, daß das Metall schon bei einer Temperatur, bei welcher das Zink eben schmilzt, aber noch nicht dampfförmig wird, sich in Form braungelber Dämpfe verflüchtigt. Diese bilden also das Anfangsprodukt jeder Destillation; sie schlagen sich in Vermischung mit Zinkoxyd und Zinkstaub in der Vorlage als eine pulverige Masse nieder, die gesammelt und in Vermischung mit Kohle aus kleinen eisernen Retorten bei gelinder Hitze, um die Zinktheile hintanzuhalten, abdestillirt wird, wobei das Metall sich in blechernen Vorlagen tropfbar sammelt und erstarrt. Ist das Zink nicht als Oxyd, sondern hauptsächlich als Metallstaub in der Masse, so führen die Kadmiumdämpfe viel Zink mit über und es werden dann zur gehörigen Trennung mehrere Destillationen nöthig.

Auf nassem Wege gewinnt man das Metall, wenn man jenes Destillat oder auch rohen Galmei in einer Säure löst und durch die noch saure Lösung Schwefelwasserstoff leitet. Hierbei wird gelbes Schwefelkadmium gefällt, und eben dieser Niederschlag war es, der den Entdeckern Kunde gab von etwas bis dahin noch Unbekanntem. Der gelbe Stoff wird sodann wieder mit starker Salzsäure zersetzt; man erhält eine Lösung von Chlorkadmium, aus welcher das Metall durch ein kohlensaures Alkali in Form von kohlensaurem Oxyd gefällt wird. Letzteres getrocknet und geglüht, giebt reines Oxyd, das schließlich in obenbezeichneter Weise in Vermischung mit Kohle der Destillation unterworfen wird.

Schade, daß der hohe Preis des Kadmiums seiner Anwendung so enge Grenzen steckt. Das Metall ist ein interessanter Stoff, dessen Eigenschaften, wie es scheint, noch nicht allseitig ermittelt sind. Mit Quecksilber im richtigen Verhältnisse zusammengeknetet, bildet das Kadmium einen sehr guten Zahnkitt, ein Amalgam, das sich weich in die Zahnhöhlung eindrücken läßt und darin sehr hart wird. Das Schwefelkadmium bildet eine ausgezeichnet schöne und haltbare gelbe Farbe, die bei den Malern als Brillantgelb (jaune brillant) sehr beliebt ist; man befestigt es auch auf

Seide. In dem Zustande freilich, wie wir dem Gelb vorhin als Durchgangsform bei der nassen Gewinnung begegneten, wird man es nicht in seinem vollen Glanze erwarten dürfen; es kann da mit kleinen Mengen von Schwefelkupfer u. s. w. vermengt sein, die seine Schönheit verdunkeln. Zur Farbenbereitung muß man sich an das gediegene Metall halten, das man in einer Säure wieder löst und durch Schwefelwasserstoff ausfällt. Kadmiumsalze spielen auch unter den photographischen Präparaten eine gewisse Rolle und das schwefelsaure Salz ist als Augenheilmittel officinell.

Ein neues technisches Interesse hat das Metall erst kürzlich gefunden durch sein Verhalten in Legirungen. Mit gewissen Metallen, namentlich mit Gold, Kupfer, Platin, liefert das Kadmium, obwol selbst sehr weich und dehnbar, nur harte und sehr spröde Legirungen, dehn- und hämmerbare dagegen mit Blei, Zinn und Silber. Seine besondere neu entdeckte Eigenschaft aber besteht darin, daß es als Bestandtheil sogenannter leichtflüssiger Legirungen denselben einen solchen Grad leichter Schmelzbarkeit ertheilt, wie es bisher nicht bekannt war. Es macht hierbei das Wismuth überflüssig, auf welches sich die bisher benutzten derartigen Kompositionen gründeten. So geben z. B. 8 Theile Wismuth mit 5 Theilen Blei und 3 Theilen Zinn eine Legirung, die bei  $94\frac{1}{2}^{\circ}$  C. schmilzt; 2 Theile Wismuth, 4 Theile Zinn und 1 Theil Blei schmelzen etwas unter  $94^{\circ}$ ; 5 Theile Wismuth mit 3 Theilen Blei und 2 Theilen Zinn bei  $91,7^{\circ}$  C. Durch Einführung des Kadmiums an Stelle des Wismuths lassen sich nun diese Schmelzpunkte noch bedeutend weiter, auf  $70^{\circ}$  und selbst auf  $63^{\circ}$  herabsetzen, während eine solche Mischung nach dem Erkalten immer noch ein festes, biegsames, schmiede- und feilbares Metall bildet. Es ist diese leichte Schmelzbarkeit eine Erscheinung, die bei Legirungen häufiger auftritt, aber noch keine genügende Erklärung hat finden können. Daß manchen Technikern, wie Galvanoplastikern, Gravireuren u. s. w., eine solche das Siegellack in der Schmelzbarkeit noch übertreffende Metallmasse höchst erwünscht sein muß, unterliegt keinem Zweifel. Sowol auf belgischen wie auf ober-schlesischen Zinkhütten produziert man Kadmium und es werden große Massen Flugstaub meistens mehrmals der Destillation unterworfen, um von dem geringen Procentgehalt einen Theil davon zu gewinnen, denn das Ganze erlangt man wegen der großen Flüchtigkeit des Metalls niemals. Die jährliche Ausbeute in beiden Produktionsbezirken zusammen überschreitet kaum 5 Centner.

### Kobalt, Nickel und Neusilber.

Zwei nahe Verwandte und durch Gleichheit der Neigungen eng verbundene Freunde sind Kobalt und Nickel. Beide hatten, was sich auch in ihren Namen ausspricht, das Schicksal, erst lange unbekannt zu bleiben, dann arg mißkannt zu werden und schließlich doch zu Geltung und Ansehen zu gelangen und eine Carrière in der technischen Welt zu machen. Ihre Berufsarten jedoch haben sich ihrer inneren Begabung gemäß verschieden gestaltet: das eine wirkt mit Verleugnung seiner Metalleigenschaften im Fache der Farbenchemie, das andere hat in der Metallurgie eine wichtige und unbestrittene Stellung eingenommen.

Von einem Kobaltmetall weiß nur die experimentirende Chemie Einiges zu sagen: es ist, sonst dem Nickelmetall ähnlich, wegen seiner sehr großen Strengflüssigkeit sehr schwer zu reduciren und verspricht bei seiner spröden Natur so wenig technischen Nutzen, daß nur selten eine Probe davon dargestellt worden ist. Das Nickelmetall dagegen ist nur als solches zu brauchen, zwar auch nur für einen Einzelzweck, aber hier ist es denn auch unentbehrlich, denn ohne Nickel gäbe es kein Neusilber.

Bemerkenswerth ist das fast durchgängig gefellige Vorkommen von Kobalt und

Nickel und ihr regelmässiges Gebundensein an Arsenik und Schwefel; selbst wenn sie von diesen und anderen Begleitern durch Feuer und chemische Mittel getrennt sind, halten die beiden noch so feste zusammen, daß sie nicht ohne Schwierigkeit getrennt werden können. In den Nickelserzen befindet sich mehr oder weniger Kobalt und umgekehrt, in manchen von beiden ziemlich gleichviel, weshalb auch die hüttenmännische Behandlung beider in der Hauptsache die nämliche ist.

In den deutschen Namen Kobalt und Nickel, die in den Sprachen aller Industrievölker Aufnahme gefunden, haben wir unbezweifelt ein paar übellaunige Bergmannsbezeichnungen zu erkennen. Der Kobold war der neckende Berggeist, und nach ihm nannten die Bergleute auch alle Erze, die kein Metall hergaben und nach Arsenik und Schwefel rochen. Der Nickel ist noch heute bekannt als Bezeichnung einer widerwärtigen Persönlichkeit voller Mucken. Jetzt freilich haben beide Namen alles Anrühige verloren, und ihre Träger sind geschätzte und gesuchte Leute geworden.

Das Kobalt kam früher zu Ansehen als sein mißliebiger Bruder, wenn auch, wie gesagt, nicht als Metall, das noch lange unentdeckt blieb, sondern in Folge der Eigenschaft seines Oxydes, Glasflüssen eine schöne blaue Farbe zu ertheilen, was noch heute seine Hauptfunktion ist. Allem Anscheine nach wurde diese Eigenschaft um 1550 von einem erzgebirgischen Glasmacher Christoph Schürer durch Zufall entdeckt, indem er von den dort herumliegenden Kobalterzen Etwas in einen Hafen schmelzenden Glases warf, um zu sehen, was daraus werden würde. Er verkaufte das Geheimniß seiner Entdeckung an die Engländer, welche nun Blaufarbenwerke anlegten und die Erze dazu aus Sachsen kommen ließen. Bald darauf entstanden auch in Böhmen solche Anstalten; aber englische wie böhmische gingen ein, als Kurfürst Johann Georg I. die Ausfuhr der Kobalterze aus Sachsen verbot und selbst Blaufarbenwerke, welche jetzt noch bei Schneeberg bestehen, anlegte. Von Sachsen kam nun lange Zeit hindurch alles Kobaltblau, und die Darstellungsweise wurde hier als Fabrikgeheimniß streng gehütet. Die Holländer beteiligten sich an dem Geschäft in so weit, daß sie sächsisches Blau bezogen, noch weiter verfeinerten und unter besonderem Namen wieder vertrieben. Erst im Jahre 1733 wurde die Hauptgrundlage der Kobalterze von dem schwedischen Chemiker Brandt als ein besonderes Metall erkannt und damit die Wissenschaft um eine Thatsache bereichert, aus welcher jedoch die Technik wie gesagt noch nichts zu machen gewußt hat.

Mag nun aber auch die sächsische Erfindungsgeschichte hinsichtlich des blauen Kobaltglases buchstäblich gegründet sein oder nicht, so ist es doch mehr als wahrscheinlich, daß man schon früher und selbst im Alterthum Kobalterze zu demselben Zwecke angewandt hat. Es sind altrömische und ägyptische blaue Gläser auf einen Kobaltgehalt geprüft worden; der eine Chemiker fand einen solchen, andere wieder nicht. Die alten Schriften aber enthalten keine Nachricht über die damaligen Methoden, blaue Gläser herzustellen. So mag sich denn die Sache so verhalten, daß man in einzelnen Fällen sich gewisse Erze verschaffen konnte, deren blaufärbende Kraft man aus Erfahrung kannte, nebenher aber auch zu anderen Mitteln griff, vielleicht zu Eisenpräparaten, denn daß mit Phosphorsäure verbundene Eisenoxyde eine blaue Schmelzfarbe abgeben können, lehret die blauen Schlackenhalde mancher Eisenhütten. Vielleicht gab man sich in dieser Hinsicht in alten Zeiten große Mühe, die überflüssig wurde, als die schöne Kobaltfarbe bekannt wurde. Dieselbe ist so intensiv, daß ein Theil des Oxyds 1000 Theile Glas noch deutlich blau färbt. Demzufolge verräth sich auch jedes nur irgend kobalthaltige Erz bei der Löthrohrprobe sofort durch eine blaue Perle.

**Kobalterze und ihre Verarbeitung.** Die hauptsächlichsten Kobalterze sind: Arsenkobalt (Speiskobalt), die in seinem Namen angegebenen Bestandtheile enthaltend,

Kobalt zum Theil durch Nickel und Eisen vertreten. Dies wichtigste Kobalterz Sachsen kommt hauptsächlich bei Schneeberg und Annaberg mit Silber-, Wismuth- und Kupfererzen vor, ferner bei Joachimsthal in Böhmen, Saalfeld in Thüringen, Reichelsdorf in Hessen, im Nassauischen, Steyermark, Spanien, England, Nordamerika; Glanzkobalt (Verbindung von Arsen- und Schwefelkobalt), gegen 35 Prozent Kobalt enthaltend, findet sich hauptsächlich in Schweden (Tunaberg), Norwegen, auch in Cornwall; schwarzer Erdkobalt, in der Hauptsache ein Gemenge von Mangan- und Kobaltoxyd mit einigen dreißig Prozent Kobalt; ferner als Zersetzungserzeugniß von Arsenikobalt: Kobaltblüte, ein arseniksaures Kobaltoxyd. Von diesen Erzen sind Glanzkobalt und Speiskobalt die häufigsten und am meisten zur Verarbeitung kommenden.

Die erste Behandlung der Erze, nachdem sie durch Ausfuchen, Pochen, Schlämmen u. s. w. möglichst von taubem Gestein und anderen Erzen getrennt sind, was aber nicht in vollständiger Weise thunlich ist, bildet stets ein unsichtiger Röstprozeß, denn es muß vor allen Dingen das Arsenik, beim Glanzkobalt Arsenik und Schwefel, ausgetrieben werden. Beide entweichen in Form saurer Dämpfe; der Arsendampf (arsenige Säure) wird in besondere Kammern (Gifthürme) geleitet, um sich da in Form eines weißen Staubes (das bekannte, höchst gefährliche Giftmehl) abzusetzen. Gifthütten nennt daher das Volk mit Recht alle Arsenikerze verarbeitenden Werke. Das massenhaft abfallende Arsenikmehl wird übrigens zum größeren Theile immer wieder gebraucht als Zusatz bei Beschickung der Smalteglashütten und dient hier, wie wir nachher sehen werden, als ein nothwendiges Reinigungs- und Trennungsmittel.

Das durch Rösten erhaltene Produkt würde, wenn es reine Kobalterze gäbe, der blaufärbende Stoff, das Kobaltoxyd, in reinsten Beschaffenheit sein und vorzügliches blaues Glas geben. Wie aber die Natur die Erze in sehr verschiedenem Gehalt und stets sehr gemischt liefert, so ist auch das Röstprodukt ein Gemisch von Oxyden und Salzen und enthält neben dem Kobaltoxyd oder Oxydul nach Umständen Nickel, Kupfer, Eisen, Wismuth, theils oxydirt, theils als schwefel- und arsenisaure Salze, nebst unzersetzten Arsen- und Schwefelmetallen. Daß man mit dieser unreinen Masse dennoch gute, reinfertige Smalte erzeugen kann, ist ermöglicht durch die bald zu erklärende Wirkung des Arseniks und des Schwefels. Man sorgt demnach auch dafür, daß beide aus der Röstmasse nicht völlig entfernt werden, und setzt der Sicherheit wegen der nachherigen Schmelzmasse wieder Arsenik zu. Würde die Röstung zu weit getrieben, was der Hüttenmann todtrösten nennt, so bekäme man alle in der Mischung vorhandenen fremden Metalle ebenfalls in Form von Oxyden, die sämmtlich an der Verglasung theilnehmen und die reine blaue Farbe jedes in seiner Art benachtheiligen würden. Am unliebsamsten wirkt hierbei das in anderer Hinsicht so werthvolle Nickel, welches das Blau in ein ungefälliges Violet zu verwandeln strebt; am wenigsten schädlich ist das Eisen, das man demnach bei den geringeren Blaufarbenforten nicht so sehr fürchtet.

Die Blaufarbenwerke liefern dreierlei Fabrikate: Oxyd, Zaffer und Smalte. Die gerösteten Kobalterze bilden nach vorstehend Gesagtem bereits das unreine Kobaltoxyd; um es in reinem Zustande zu erhalten, müßte man die Masse in Säuren lösen und die einzelnen Bestandtheile durch chemische Mittel, wie sie unten beim Nickel näher angedeutet sind, trennen und reinigen. Dies geschieht auf den sächsischen Blaufarbenwerken wenigstens nicht (jedoch in England u. s. w.); man benützt da vielmehr nur das in den Rückständen der Blaufarbenbereitung (Nickelspeise) noch vorhandene und chemisch abgetrennte Kobaltoxyd. Dieses Oxyd, ein unscheinbares grauschwarzes Pulver, ist nun die eigentliche Farbequelle in ihrer Reinheit; es ist der unersetz-

liche Blausstoff für Porzellan-, Glas- und Emaillemaier u. s. w. und geht gewöhnlich erst durch die Hände der Laboranten, welche jenen Künstlern ihre sämmtlichen Farbensortimente, mit Fluß versetzt und in den verschiedensten Schattirungen, liefern. Ist doch jeder Töpfer und selbst der Erzeuger geringen Steinguts, der blau bedruckten Teller und Tassen u. s. w., lediglich auf Kobaltblau angewiesen. Für sie dient freilich gleich das oben erwähnte Röstprodukt, mit allen darin steckenden Unreinheiten, nur in verschiedenen Graden mit Quarzmehl vermischt, um dann nach Zusatz von Pottasche gleich einen schmelzfähigen Blausfluß zu bilden. In dieser Vorbereitung heißt die Masse, die je nach ihrem Quarzgehalt ein helleres oder dunkleres Blau giebt, Zaffer.

Das Hauptfabrikat bildet die Smalte in ihren verschiedenen Feinheitsgraden, Sorten und Nummern. Die Prozedur ist in der Hauptsache eine Glasmacherarbeit, und wir werden noch bei der Betrachtung dieses Industriezweiges darauf zu sprechen kommen. Sie geschieht wie diese in einem gewölbten, mit mehreren Glashäfen besetzten und mit Arbeitsöffnungen versehenen Ofen. Die Beschickung der Häfen besteht aus einem Gemenge der gerösteten Erze mit Quarz, Pottasche und Arsenikmehl, Alles fein gepulvert und innig vermischt. Bei der Zusammensetzung der Mischung ist natürlich der Kobaltgehalt der Erze maßgebend, und die Antheile der übrigen Stoffe haben sich hiernach zu richten. Ein jeder Hafen faßt etwa drei Centner Beschickung; zum Flüssigmachen und Räutern des Flusses sind etwa acht Stunden nöthig. Anfangs wird die Schmelze umgerührt, später nicht mehr, damit der Glasfluß sich reinigen, die sogenannte Speise zu Boden sinken und etwa entstehende Glasgalle sich an der Oberfläche sammeln kann.

Die chemischen Vorgänge bei dem Schmelzprozesse sind nun folgende: Pottasche oder vielmehr das Kali der Pottasche, indem die Kohlensäure fortgeht, bildet mit dem Quarz im feurigen Flusse Glas; das gegenwärtige Kobaltoxyd geht als Oxydul sehr bereitwillig in die Verbindung ein und färbt sie blau; andere Metalle, zunächst Eisen, würden denselben Verbindungsweg einschlagen, wenn nicht Arsenik und unter Umständen Schwefel eine Art Sicherheitspolizei bildeten. Arsenik oxydirt erstlich vorhandenes Eisenoxydul zu Oxyd, was der Glasmasse ziemlich unschädlich ist; Arsenik nimmt ferner das Nickel in Beschlag, verbindet sich mit ihm und hindert es, sich dem Glasfluß einzuverleiben; demselben Zuge näherer Verwandtschaft folgend, hängt sich der Schwefel dem gewöhnlich vorhandenen Kupfer an. Es entstehen somit verschiedene Arsenikverbindungen, welche sich vermöge ihrer Schwere am Boden der Glashäfen ansammeln und hier durch ein Loch, das für gewöhnlich mit einem Thonpfropfen geschlossen ist, abgelassen werden. Diese metallisch aussehende spröde Masse heißt nun die Nickelspeise, denn sie enthält den Nickelgehalt der verarbeiteten Erze, und nach Umständen zuweilen einen sehr reichen, bis 50 Prozent und darüber. Neben Arsenik und Schwefel findet sich in der Speise Kupfer und Eisen und etwas Kobalt. Ein etwa vorhandener Gehalt an Wismuth steckt ebenfalls in der Masse gediegen. Der Kobaltgehalt wird nachträglich bei der nassen chemischen Behandlung der Rückstände noch eingeholt; man ließ ihn absichtlich in die Speise kommen, weil, wenn die Glaschmelze so weit getrieben würde, daß aller Kobaltgehalt absorbiert wäre, dann auch Nickel u. s. w. mit eingehen und die Farbe verderben würde. Früher wurde die Speise als nutzlos auf die Halden gestürzt, ist aber dort längst sorgfältig wieder aufgenommen worden und bildet jetzt den Hauptrohstoff zur Nickelgewinnung.

Hat sich der schöne dunkelblaue Glasfluß im Hafen geläutert, so ist die Hauptsache gethan, und die folgende Behandlung der Masse besteht nur noch im Zerkleinern und fortirenden Schlämmen. Man schöpft die Masse mit Kellen aus den Häfen, gießt sie in kaltes Wasser aus und besorgt sogleich einen neuen Einfaß. Durch



das kalte Wasser schiebt die Glasmasse ab und wird zerbrechlicher. Man zerkleinert sie durch Pochen oder Zerquetschen zwischen Walzen und dann weiter unter Beigabe von Wasser durch Zermahlen zwischen granitnen Mühlsteinen. Den erhaltenen feinen Schlamm fortsetzt man durch Zusammenmischen mit vielem Wasser, aus welchem sich zuerst das Größte, Streublau, dann in einem zweiten Faß, in welches die Trübe sogleich weiter geschafft wird, die eigentliche Farbe, Couleur, absetzt; ein zweiter Niederschlag im nächsten Faß giebt eine hellere Farbe, den Eschel, und dann gelangt die Flüssigkeit, wie alle anderen, welche bei nachmaligem Auswaschen der Sorten abfallen, in ein großes Reservoir, wo sich die letzten trübenden Theile sehr langsam absetzen. Sie bilden den Sumpfeschel, der entweder als geringstes und hellstes Blau verkauft oder wieder mit zum Glasfaß geschlagen wird. Streublau verkauft sich zum Theil als blauer Streusand, zum größten Theil gelangt es wieder auf die Mühle zu weiterer Zerkleinerung.

Die Erscheinung, daß das Kobaltblau, obwol aus einem gepulverten Glasfluß bestehend, sich doch nicht scharf, sondern mild und mehlartig anföhlt, erklärt sich daraus, daß von den glasbildenden Stoffen Kiesel und Kali das letztere in größerem Antheile darin vorhanden ist, als zu hartem Glase gehören würde; der an sich farblose Träger des Blau bildet daher ein sogenanntes Wasserglas, welches den Glastheilchen gleichsam eine Schichte ertheilt und auch die Erscheinung erklärt, daß die Smalte durch bloße Behandlung mit Wasser in ihrer Farbensüance noch etwas geändert wird.

Die Smalte hat außer ihrem reinen schönen Blau auch den Vorzug einer Dauerhaftigkeit, wie sie sonst wenig Farben besitzen, denn nur die wenigen chemischen Mittel, welche Glas angreifen, zerstören auch die Smalte. Sie dient deshalb vorzüglich zu Fresco- und Zimmermalerei, zu Anstrichen für dem Wetter ausgesetzte Gegenstände, z. B. Handelsfirmen, und verbindet sich ihrer verwandten Natur halber sehr gut mit Wasserglas. Als Einbrennfarbe kann sie, wie sich denken läßt, auch gebraucht werden, doch hält man sich hierbei für feinere Arbeiten lieber an das reine Oxyd, für gröbere, wie Töpferglasuren u. s. w., an den Zaffer. Außerdem dient das Kobaltblau zum Bläuen von Papier und Wäsche, beim Zurichten von Battist, feinem Nähgarn u. s. w. Das jetzt so massenhaft fabrizirte künstliche Ultramarin, das so schön und wohlfeil ist, hat die Anwendung des Kobaltblau in manchen Zweigen sehr beschränkt; wo es indeß auf Widerstand gegen Licht, Wärme, Feuchtigkeit und allerlei Dünste ankommt, hält jenes mit diesem keinen Vergleich aus. In den Papierfabriken hat sich das Ultramarin festgesetzt, weil es sich gleichmäßiger in der Papiermasse vertheilen soll als die Smalte; im Bereich des häuslichen Verbrauches scheint sich Alles und Neues in die Arbeit getheilt zu haben.

Noch vor dem Auftreten des Ultramarin erhob sich für die sächsischen Blaufarbenwerke eine schwere Konkurrenz durch die in Schweden und Norwegen eröffneten Gruben; die dortigen Werke haben aber die Produkte der sächsischen an Schönheit noch nicht erreichen können. Kleinere Anstalten dieser Art giebt es noch zu Joachimsthal und Altfattel in Böhmen, in Rheinland, Westphalen, wo Siegen'sche Erze verarbeitet werden, und zu Schwarzenfels in Hessen. Auch England fabrizirt in neuerer Zeit Kobaltpräparate aus Erzen, die von alten Halben in Chili als Schiffsballast nach Europa kommen.

Das Kobalt, das bei aller Konkurrenz doch wenigstens das Reich der blauen Schmelzfarben wol immer unbestritten behaupten wird, beschränkt sein Farbvermögen nicht auf Blau, sondern zeigt in verschiedenen chemischen Präparaten eine ganze Farbenskala auf, von Blau, Roth, Violet, Grün und Gelb. Hierauf gründen sich andere, zum Theil alte, zum Theil ganz neue farbentechnische Benutzungsweisen, die

noch kurz erwähnt werden mögen. Kobaltultramarin, ein altes, noch in Sachsen fabrizirtes Präparat, eine schöne blaue Malerfarbe bildend, besteht aus phosphorsaurem Kobaltoxyd, an Thonerde gebunden, hergestellt durch Vermischung beider Bestandtheile auf nassem Wege und durch scharfes Glühen der Masse. Sie war früher wichtig als Stellvertreterin des natürlichen, aus dem Lasurstein gewonnenen und sehr theuren Ultramarin. Nach demselben Muster bereitet man jetzt eine neue Del- und Aquarellfarbe, Cörculein, aus Zinnoxid und Kobaltoxydul; sie besteht aus zinnsaurem Kobaltoxydul, gemischt mit Zinnoxid und Gyps. Phosphorsaures Kobaltoxydul für sich bildet ein rothviolettes Präparat, das sich durch Erhitzen vielfach nüanciren läßt. Kobalt- und Zinnoxid zusammengelüht verbinden sich zu einer lange bekannten dunkelgrünen Masse, Rinmans Grün, die zu ihrer Dauerhaftigkeit und Unschädlichkeit nur mehr Feuer haben sollte, um eine tadellose grüne Farbe zu sein. Endlich existirt auch, wenigstens für das Laboratorium, ein Kobaltgelb, das salpetrigsaure Kobaltoxydkali. —

**Das Nickel.** Im Nickel haben wir eines der in der Geschichte der Technik nicht seltenen Beispiele, daß ein als unbrauchbar und darum werthlos geachteter Stoff, durch die fortschreitende Wissenschaft besser erforscht, plötzlich einen Gebrauchswerth und zuweilen selbst eine hohe Bedeutung erlangt. Die wegwerfende bergmännische Bezeichnung Nickel galt, wie schon erwähnt, früher einem Erze, das dem Anschein nach ein reiches Kupfererz sein mußte und doch trotz aller Bemühungen kein Kupfer hergab, vielmehr die Verhüttung der wirklichen Kupfererze, unter die es sich mischte, nur erschwerte. Dies ist der heute noch aus alter Gewohnheit sogenannte Kupfernickel, der aber eben kein Kupfer, sondern das jetzt so wohl gewürdigte Nickelmetall, gebunden an Arsenik, enthält. Sein wissenschaftlicher Name ist daher Arseniknickel. Als Nebenbestandtheile kann er Blei, Kupfer, Eisen, Wismuth u. s. w. führen. Kobalt enthält er fast beständig, und zwar als Vertreter des Nickel, dessen Gehalt dann um so viel weniger beträgt. Der Arseniknickel mit etwa 14 Prozent Nickelgehalt bildet das häufigste Vorkommeniß und ist daher das hauptsächlichste Nickel Erz; in geringeren Mengen, zum Theil in Gesellschaft von jenem, finden sich Nickelglanz (Verbindung von Schwefelnickel und Arseniknickel) und Nickelspießglanzerz (Verbindung von Schwefelnickel und Antimonnickel). Durch Zersetzung dieser Erze entsteht Nickelocker oder Nickelblüte (arseniksaures Nickeloxyd), meist nur als hellgrüner Ueberzug oder Anflug auf den Erzen, daher technisch unwichtig, doch aber als Erkennungszeichen der Erze von Werth. Die Nickel Erz finden sich aber in der Regel nicht in so reiner Absonderung, um durch einen einfachen Prozeß verhüttet zu werden, sondern kommen meist vor im Gemenge mit anderen arsenik- und schwefelhaltigen Erzen, in denen dann das Nickel und das mit ihm auftretende Kobalt oft nur einen sehr kleinen Bestandtheil und gewisse andere Metalle die Hauptsache bilden, so daß letztere als Nebenprodukte gewonnen werden. Ja, es bilden sogar diese Nebenprodukte, und nicht die reinen Erze, die Hauptquelle der Nickelproduktion. Das hauptsächlichste derselben bildet die Kobaltspeise, die auf Blaufarbenwerken bei der Smaltebereitung abfällt. Sie besteht im Wesentlichen aus Arseniknickel, in welchem ein Theil des Nickels durch Kobalt vertreten ist. Ähnliche Speisen, mit starkem Gehalt an Schwefelblei, fallen bei der Verhüttung mancher Bleierze ab; und auch aus Kupferschlacken und Kupferstein wird hier und da ein kleiner Nickelgehalt ausgezogen, da dessen hoher Preis manche Mühe recht gut lohnt.

Nickel gehört bis jetzt zu den ziemlich seltenen und schwierig zu gewinnenden, daher auch theuren Metallen. Im März 1864 ist jedoch in Piemont ein angeblich außerordentlich reiches Lager von Arseniknickel entdeckt und sofort in Angriff genom-

men worden, ein Fund, der, wenn die Hoffnungen nicht täuschen, geeignet sein könnte, den ganzen Markt zu beherrschen, die Preise herabzudrücken und das mühsamere Ausbringen an verschiedenen Gewinnungsorten ganz unlohnend zu machen. Die bisherigen nickelgewinnenden Gegenden sind: Oberungarn, soll etwa 6000 Centner Nickelerze jährlich gewinnen; das Produkt kommt als Speise in den Handel. Metallisches Nickel kommt meistens aus Sachsen (Zohamungeorgensstadt), Böhmen und Kurhessen. Salzburg und Steyermark (Schladning) liefern weniger; bedeutender dagegen ist in neuerer Zeit die Ausbeute in Nassau und Hessen (Dillenburg, Kiegelsdorf, Bieber) aus nickelhaltigen Kupfer- und Schwefelkiesen. Kleine Nickelserträge fallen ferner aus dem mansfeldischen Kupferschiefer und den Bleierzern vom Rammelsberg im Harz, welche gewöhnlich 1,6 Prozent Kobalt und 0,7 Prozent Nickel enthalten. In den sächsischen Schmelzhütten zu Freiberg gewinnt man aus Blei- und Kupferstein als Nebenprodukt  $\frac{1}{2}$  Prozent Silber und  $2\frac{1}{2}$  Prozent Kobalt und Nickel. Das eigentliche Kupfernickel findet oder fand sich wenigstens in den erzgebirgischen Gruben zu Schneeberg, Annaberg, Gersdorf, Freiberg vielleicht noch am häufigsten; es hatte sich dort im Laufe der Zeit so angesammelt, daß zu Anfang dieses Jahrhunderts um die dortigen Schmelzhütten große Halden dieses verachteten Stoffes vorgestürzt lagen, welche ganz plötzlich Werth und Geltung bekamen. Das Meiste ging anfangs, bis man es selbst brauchen lernte, nach England, wo sich in Birmingham sehr bald die neue Industrie des Neusilbers einheimisch gemacht hatte.

Das metallische Nickel wurde erst 1751 von Cronstedt als besonderes Element entdeckt; Bergmann lehrte es bald darauf aus dem Kupfernickel rein darstellen, aber erst die neuere Zeit erhob es zu dem Range eines gesuchten Artikels; wenn sich auch bis jetzt nur eine einzige hauptsächlichste Funktion für dasselbe gefunden hat, nämlich mit Kupfer das Neusilber zu bilden. Reduzirt man Nickeloxyd bei starker Weißglühhitze mit Kohle, so erhält man einen Metallkönig, der nur noch mit etwas Kohlenstoff verbunden ist. In diesem Zustande ist es weißgrau, von Ansehen dem Platin ähnlich; in völliger Reinheit ist es fast silberweiß. Es hat etwa die Härte des Eisens, läßt sich kalt und glühend in Platten strecken und zu Draht ziehen und nimmt dann eine fehnige Struktur an. Polirt zeigt es einen schönen luftbeständigen Glanz. Seiner Strengflüssigkeit nach ist es nur mit dem Schmiedeeisen zu vergleichen; eine andere Analogie mit dem Eisen besitzt es in der Eigenschaft, vom Magneten angezogen und dann selbst anziehend zu werden. Es erscheint überhaupt als ein Freund und Begleiter des Eisens, sowol in Erzen als besonders auch in vielen Meteorsteinen, in denen sich gediegenes Nickel zuweilen ganz rein, meistens aber mit mehr oder weniger gediegenem Eisen legirt findet.

Das Nickel aus seinen Vererzungen in den metallischen Zustand oder auch nur in eine technisch verwendbare Form zu versetzen, erfordert viele und umständliche Arbeiten, so daß das Metall auch dann immer noch ein theures bleiben wird, wenn neu erschlossene Lagerstätten die Erze in größerer Menge liefern würden.

Die Verarbeitung der Nickelerze liegt nur in ihrem ersten und rohesten Theile in den Händen des eigentlichen Hüttenmannes, dessen Hauptwerkzeug das Feuer ist; ihm ist es nicht um die Darstellung des Metalles selbst, sondern vielmehr um Gewinnung einer möglichst nickelreichen Speise oder eines Steines zu thun. Dann kommt die nasse Chemie, die Laboratoriumsarbeit, welche die Speise je nach ihrer Beschaffenheit auch verschieden behandelt, um Nickel, Kobalt, Arsenik u. s. w. zu trennen und die in Oxydform gewonnenen Metalle nach Bedarf wieder in den regulirten Zustand überzuführen. Hier sind vielerlei Methoden denkbar und in Anwendung,

nicht selten als Fabrikgeheimniß ängstlich gehütet, daher sich hierüber nur das hauptsächlichste anführen läßt.

Die Fälle, wo reiner Kupfernickel zur Verhüttung gelangt, sind nicht häufig. Seine Behandlung wie die aller übrigen arsenik- und schwefelhaltigen Erze besteht in gründlichem und mehrmaligem Rösten unter angemessenen Zuschlägen von Quarz, Lehm, Kalkspath u. s. w., um erst Rohstein und nach weiterer Röstarbeit sogenannten Konzentrationsstein zu gewinnen. Das Arsenik wird durch das Rösten verjagt und in Form arseniger Säure (Giftmehl) in Kondensationskammern aufgefangen. Der Konzentrationsstein wird dann entweder weiter auf metallisches Nickel und Kupfer verarbeitet, oder man arbeitet darauf hin, die beiden Metalle zusammen in einer Legirung abzuscheiden, welche unter der Bedingung, daß sie möglichst arsenik- und eisenfrei ist, sogleich auf Neusilber verarbeitet wird, denn der Kupfergehalt ist hier begreiflicherweise nicht hinderlich, da ja ohnehin dieses Metall zugesetzt werden müßte. Auf den Blaufarbenwerken werden Kobalt-Nickelerze in schon beschriebener Weise auf ihren Gehalt an Kobalt benutzt; das Nickel bleibt in der Speise, welche dann die Beschaffenheit eines natürlichen Nickelerzes mit wenig Kobaltgehalt hat und wie ein solches weiter bearbeitet wird.

Unter Speise versteht man sonach ein Hüttenprodukt, in welchem eines oder mehrere Metalle hauptsächlich an Arsenik gebunden sind. Denkt man sich an Stelle des Arseniks Schwefel, so heißt das Produkt Stein. Unter Umständen liefert ein und derselbe Schmelzprozeß beides. Zu Dillenburg z. B., wo Eisen, Kupfer und Nickel nur als Schwefelmetalle auftreten, verarbeitete man den daraus erschmolzenen Stein, nachdem das Eisen durch Zuschläge größtentheils verschlackt worden, mit metallischem Arsenik, welches sofort das meiste Nickel aufnahm und eine Nickelspeise bildend zu Boden ging, während das Schwefelkupfer (Kupferstein) oben abgehoben werden konnte. Der Stein mußte aber, um ihm den letzten Gehalt an Nickel zu entziehen, noch einmal mit Arsenik behandelt werden. Neuerdings ist dort die Verarbeitung mit Arsenik aufgegeben und eine direkte Zugutemachung des Kupfer-Nickelsteins üblich.

Speise, Stein oder reiche Nickelerze, wo solche zu haben sind (Kupfernickel), bilden nun den Ausgangspunkt, wenn es sich darum handelt, das Nickel in seiner metallischen Gestalt herzustellen. Die Massen werden zunächst fein gepulvert und unter Zusatz von Kohle einer eindringlichen und andauernden Röstung (zwölf Stunden) im Flammofen unterworfen. Der Zweck ist, den Schwefel und das Arsen zu verjagen und alle vorhandenen Metalle in den oxydirten Zustand überzuführen; doch gelingt das so vollständig nicht, als man wünscht, da namentlich ein Antheil Arsen in Verbindung mit Nickel zurückbleibt. Das Röstgut wird dann, wenn es von Natur kein Silber enthält, oder dieses nicht schon vorher, wie bei der sächsischen Kobaltspeise, ausgezogen worden, in Salzsäure gelöst und aus der Lösung die verschiedenen Metalle durch geeignete Reagentien ausgeschieden. Waren die Erze wismuthhaltig, so hat zunächst eine reichliche Verdünnung der Lösung mit Wasser stattzufinden, wobei sich das Metall als unlösliches basisches Chlormetall (Wismuthweiß) ausscheidet. Die klar abgezogene Lösung wird mit etwas Chlorkalk versetzt, um das vorhandene Eisen in Oxyd und die arsenige Säure in Arsensäure zu verwandeln. Durch Zusatz von Kalkmilch werden dann beide Stoffe als arsensaures Eisenoxyd gefällt. War der Eisengehalt nicht hinreichend zur Bindung alles Arseniks, so wurde derselbe vorher durch Zusatz von Eisenchlorid ergänzt. Mehr Kalk, als zum Fällen des Arseniks und Eisens gerade erforderlich, darf nicht angewandt werden, da sonst alsbald Kupfer und Nickel in den Niederschlag folgen würden. Das Kupfer wird vielmehr für sich durch

Einleitung von Schwefelwasserstoffgas (statt dessen vielleicht auch durch Schwefelbarium oder Schwefelcalcium) in Form von Schwefelkupfer ausgefällt, so daß die abfiltrirte Flüssigkeit nun nichts weiter als Nickel und Kobalt enthält. Durch Kochen derselben mit Chlorfalk wird letzteres Metall in Superoxyd verwandelt, das sich niederschlägt und das Nickel allein in Lösung läßt. Durch Kalkmilch fällt man nunmehr auch dieses in Form von wasserhaltigem Oxydul, das, gewaschen, getrocknet und in Mischung mit Kohlenpulver stark geglüht, das Nickelmetall als eine poröse Masse zurückläßt.

In Joachimsthal, wo der Hauptgehalt der reichen Erze Silber mit mehreren Prozenten Kobalt und Nickel ist, löst man dieselben nach der Röstung in verdünnter Schwefelsäure und vollendet die Lösung mit Salpetersäure. Die gewonnene Lauge versetzt man mit Kochsalzlösung, welche den ganzen Silbergehalt als Chlor Silber niederschlägt, und verfährt mit dem Reste zur Reinigung und Trennung von Kobalt und Nickel ähnlich wie oben gesagt.

Ein neueres, von Wöhler angegebenes Verfahren, das den großen Vortheil einer gründlicheren Entfernung des Arsens gewährt, gründet sich, statt auf die Oxydation, auf die Schwefelung der Metalle. Geröstete Speise oder Kupfornickel wird mit ihrem dreifachen Gewicht Schwefel und eben so viel Pottasche in gelinder Glühitze in Tiegeln zusammengeschmolzen und dadurch alle Stoffe mit Schwefel gesättigt. Das Schwefelkalium (Schwefelleber) ist in Wasser löslich und das Schwefelarsenik ist es durch eine chemische Verbindung mit der Schwefelleber ebenfalls geworden. War also die Schmelzarbeit richtig geleitet, so wird man durch einfaches Auslaugen der erkalteten Schmelzmasse mit Wasser den ganzen Arsenikgehalt los und behält in Form schwärzlicher, metallisch glänzender Krystallnadeln Schwefelnickel, Schwefelkobalt und Schwefeleisen. Durch eine Mischung von Schwefel- und Salpetersäure lassen sich diese Schwefelmetalle auflösen und durch die angegebenen und andere chemische Mittel aus der Lösung fällen und trennen. In anderer Weise schmilzt man auch die Nickelspeisen mit einem Gemenge von Pottasche oder Soda und Salpeter, wobei durch Wasser ausziehbares schwefelsaures und arseniksaures Kali sich bilden und das Nickel nebst den übrigen Metallen als Oxyde zurückbleiben.

Es wird indeß das Gesagte hinreichen, um auf diesem chemischen Gebiete einige orientirende Gesichtspunkte gegeben zu haben. Die Scheidekunst hat viele Behelfe, und es mögen sich viele der gebräuchlichen Methoden zum Theil anders gestalten; ja, es wird vielleicht kaum in zwei Anstalten völlig nach einem und demselben Rezept gearbeitet.

Das Nickelmetall kommt gegenwärtig hauptsächlich als Würfelnickel, d. h. in kleine Würfel geformt, in den Handel. Das auf chemischem Wege gefällte, gewaschene und fein gepulverte Oxyd wird nämlich mit etwas Mehlteig zusammen geknetet, die Masse ausgerollt und in Würfel geschnitten. Diese Stückchen setzt man nach völliger Austrocknung mit Kohlenpulver im Schmelztiegel ein und reduziert das Metall bei starker Weißglühitze. Es bleiben kleine Würfel zusammengefeinterten Metalles zurück, die in einer Drehtonne mit Wasser von den Rauigkeiten befreit und etwas polirt werden. Das Metall hat in dieser Form nicht seine reine weiße Naturfarbe, sondern sieht bräunlichgelb oder gelblichgrau aus. Es enthält mehr oder weniger Kobalt, das dem Zwecke der Neusilberdarstellung nicht schadet, dann kleine Mengen von Kohle, Eisen, Schwefel und etwas reichlicher Kieselerde. Beim Auflösen eines Nickelwürfels in Salpetersäure erscheinen die Unreinheiten als nicht unbedeutender Bodensatz. Es ist demnach diese Waare immer noch ein unreines Produkt und überdies je nach den verschiedenen Bezugsquellen von sehr abweichender Zusammensetzung, was ebenso von

dem künstlichen zusammengepreßten Nickelschwamm gilt. Man kann es daher direkt zur Neusilberbereitung noch nicht, oder vielleicht nur zu den geringen Sorten benutzen. Die Neusilberfabriken müssen das künstliche Nickel noch einer läuternden Schmelzung unterwerfen. Dies ist bei der großen Strengflüssigkeit des Metalls eine schwierige und langwierige Arbeit, wozu ein sehr feuerfester Flammofen gehört. Nach vielstündigem Feuern erweicht sich endlich die auf der geneigten Sohle des Ofens liegende Masse, und das reine Metall sammelt sich träge tropfend im Aufsangetiegel zu einem schönen reinen Metallkönig an.

**Das Neusilber.** Da der Gebrauch des Nickels zu andern technischen Zwecken unerheblich ist und auch seine Salze nur ein mehr theoretisches Interesse haben, so bleibt bloß noch die eine hauptsächlichste Verwendung des Metalls, zu Neusilber, in Betracht zu ziehen. Gold und Silber sind schon für das Auge so angenehme Gegenstände, als daß man nicht hätte bestrebt sein sollen, wenigstens scheinbar etwas dem Ähnliches künstlich herzustellen. Die Erzeugung gold- und silberähnlicher Legirungen hat daher den Erfindungsgeist und die Bemühungen der Techniker oft und in ausgedehntem Maße in Anspruch genommen. Was die Nachahmung des Silbers betrifft, so konnte man zwei Ausgangspunkte nehmen. Das reine Zinn kommt an sich schon in Farbe und Glanz dem Silber nahe, aber es ist viel zu weich; die Bemühungen gingen daher einerseits dahin, durch Legirung mit anderen Metallen das Zinn zu härten, und damit gelangte man in England zu den unter dem Namen „Britanniametall“ bekannten Metallgemischen. Andererseits hielt man sich an das Kupfer. Wie dasselbe durch Zusammenschmelzen mit Zink eine gelbe Legirung giebt, so verliert es seine Naturfarbe völlig durch Verbindung mit Arsenik und wird weiß. Diese schlimme Verbindung war früherhin unter dem Namen „Weißkupfer“ in ziemlich starkem Verbrauch zu Knöpfen, Gürtlerwaaren und selbst Tischgeräthen, bis man sich von der Schädlichkeit des Stoffes überzeugte, der, in Säuren sehr leicht löslich, fortwährend die Gefahr von Arsenikvergiftungen nahe legte. Dieser Uebelstand, dadurch hervorgerufene Regierungsverbote und endlich das Auftreten des Neusilbers haben denn auch bewirkt, daß das Weißkupfer heutzutage völlig zu existiren aufgehört hat.

In dem Nickel hatte sich ein anderes und unschädliches Mittel gefunden, das Kupfer weiß zu färben, und wenn wir die Dinge in ihrem Zusammenhange betrachten, so werden wir zu dem Ergebnis kommen müssen, daß in Anwendung dieses Kunstgriffs die Chinesen unsere Lehrmeister oder doch Vorgänger gewesen sind. Das in China längst gebräuchliche und seit etwa einem Jahrhundert in Europa bekannte Weißmetall (Pachfong) besteht, wie Engström schon 1776 durch Analyse fand, aus den drei Metallen des Neusilbers: Kupfer, Nickel und Zink. Zu einer nützlichen Anwendung dieser Kenntniß kam es jedoch vor der Hand noch nicht. Erst später brachten Söhler Gewehrfabrikanten eine ähnliche Legirung in Gebrauch, indem sie daraus Gewehrgarnituren und Sporen fertigten. Diese Legirung bestand nach Kesperstein aus

|              |       |
|--------------|-------|
| Kupfer . . . | 40,4  |
| Nickel . . . | 31,6  |
| Zink . . .   | 25,4  |
| Zinn . . .   | 2,6   |
|              | <hr/> |
|              | 100.  |

Den Anstoß zur Entstehung der gegenwärtigen umfassenderen Neusilberindustrie gab der Verein zur Beförderung des Gewerbflusses in Preußen, indem er eine Preisaufgabe stellte für die Erfindung einer Legirung, welche im Ansehen dem 12löthigen Silber gleichkäme, sich zur fabrikmäßigen vielseitigen Verarbeitung eigne und ohne

Gefahr für die Gesundheit zu Speise-Küchengeräth dienen könne. In Folge der hierdurch angeregten Versuche errichteten 1824 Gebrüder Henniger in Berlin eine Fabrik für Weißkupfer- oder Neusilberwaaren, während gleichzeitig Weitner in Schneeberg dieselbe Legirung darstellte und unter dem Namen Argentan in den Handel brachte. In Sachsen gilt daher Weitner als Erfinder des Argentans. Den Dank, eine neue interessante Industrie daselbst eingeführt und damit ein früher werthloses Produkt des sächsischen Bergbaues in Geltung gebracht zu haben, verdient er jedenfalls, und das Schneeberger Neusilber gilt noch heute als das beste.

Die somit in Deutschland zuerst aufgekommene Legirung fand bald auch in Frankreich und England Eingang, und wurde namentlich in letzterem rasch ein Gegenstand rührigen Fabrikbetriebes. In Frankreich wurde der Name Neusilber nicht gestattet, und man nannte dort das Metall maillechort. In England heißt es insgemein deutsches Silber (german silver, auch in Frankreich argent allemand), dann Packfong. Besondere Sorten sind in England Elektron und Tutenah; das letztere bezeichnet eine Legirung, wie sie in ganz derselben Zusammensetzung auch bei den Chinesen viel gebraucht werden soll. Sie unterscheidet sich durch einen höheren Antheil Zink und ist dadurch leicht schmelzbar und gut geeignet zu Gusswaaren, weniger zu sonstiger Verarbeitung, für welche sie zu hart und wenig fügsam ist. Auch sonst haben mehrfach Fabrikanten ihrem Metall neue klangvolle Namen beigelegt. So nennen jetzt, um Aelteres nicht zu erwähnen, die Wiener eine schön silberähnliche Sorte Neusilber Alpacca, und von anderer Seite offerirt man Lunaid, was wenigstens einen Sinn hat, denn luna, der Mond, hieß bei den Alchemisten auch das ihm gewidmete Silber; Lunaid also ist „silberähnlich“ und entspricht in sprachlicher Hinsicht völlig dem „Argentan“. Alfenid ist eine ältere französische Benennung guten Neusilbers, die sich forterhalten hat. Dieses und die ganz ähnliche Alpacca kommen öfter versilbert vor. Unter China- und Peru Silber versteht man aus Neusilber gefertigte und galvanisch gut versilberte Geräthe, etwa 2 Prozent des Gewichts an Silber haltend. Sie sehen demnach den echt silbernen bei viel größerer Wohlfeilheit völlig gleich und haben vor den silberplattirten kupfernen den Vorzug, daß, wenn auch mit der Zeit der Silberüberzug hier und da sich abnutzt, doch nicht die unangenehme Kupferfarbe zum Vorschein kommt.

Der Begriff Neusilber ist eigentlich ein ziemlich elastischer, insofern die Verhältnisse der drei Bestandtheile in nicht allzu engen Grenzen schwanken können. Thatsächlich ist das Nickel das weißmachende Prinzip, und das Neusilber mit dem höchsten Nickelgehalt ist stets das beste. Das gleich anfangs hinzugenommene Zink sollte jedenfalls nur die Schmelzung und Verarbeitungsfähigkeit der Legirung ermöglichen. Aber da man bemerkte, daß etwas mehr Zink das Ansehen nicht sonderlich beeinträchtigte, so legte man von dem wohlfeilen Metall mehr zu oder brach an dem theuren ab, womit dann schließlich freilich nur ein immer mehr gelbgraues, unscheinbares Produkt herauskam. Im Allgemeinen wird der Zinksatz so hoch genommen, daß das Gemisch bei Weglassung des Nickels Messing geben würde; man kann sich also die Vorstellung von Neusilber dadurch vereinfachen, daß man sich denkt, es sei ein durch Nickel weiß gemachtes Messing. In Berlin sollen drei Sorten Neusilber nach folgenden Verhältnissen dargestellt werden:

|                       | Kupfer. | Nickel. | Zink. |
|-----------------------|---------|---------|-------|
| Beste Sorte . . . . . | 52      | 22      | 26    |
| Mittel . . . . .      | 59      | 11      | 30    |
| Ordinär . . . . .     | 63      | 6       | 31    |

Wiener Neusilber soll aus 3 Theilen Kupfer, 1 Theil Nickel und 1 Theil Zink

bestehen. Als die reichste Legirung von sehr schönem Ansehen, die aber wegen der Schwerflüchtigkeit schon schwierig herzustellen und zu verarbeiten ist, wird bezeichnet:

|                             | Kupfer. | Nickel. | Zink.               |
|-----------------------------|---------|---------|---------------------|
| Chinesisches Packfong . . . | 45,7    | 33,3    | 20                  |
| wurde befunden zu . . .     | 43,8    | 15,6    | 40,6                |
| Eine bessere Qualität . . . | 40,4    | 31,6    | 25,4 und 2,6 Eisen. |

Im chinesischen Packfong sollen sich fast immer 2—3 Prozent Eisen finden, das demnach als absichtlich zugesetzt erscheint. Es erhöht die Weiße, den Glanz und die Politurfähigkeit, bewirkt aber auch Härte und Sprödigkeit, daher die europäischen Fabrikanten in der Regel darauf sehen, möglichst eisenfreie Zuthaten zu erhalten. Doch macht man zuweilen wol auch einen Zusatz von 2—3 Prozent Eisen oder Stahl, wenn es mehr auf schöne Farbe als auf Gefügigkeit abgesehen ist. Von etwas Arsenikgehalt war das frühere Neusilber nicht freizusprechen; es schadet, wenn auch bei der geringen Menge nicht der Gesundheit, desto mehr aber gleich dem Eisen der Geschmeidigkeit. Bei den jetzigen besseren Bereitungsweisen des Nickels bildet der Arsenikgehalt höchstens ein verschwindendes Minimum.

Gutes Neusilber kommt in der That dem 12löthigen Silber im Ansehen nahe und läßt sich auch im Strich auf dem Probirstein kaum von demselben unterscheiden. Beim Aufbringen von Scheidewasser findet sich indeß der Unterschied: der Neusilberstrich verschwindet rascher als der von Silber und giebt bei Zusatz von Kochsalzlösung keine weiße Trübung wie dieses. Ein noch schöneres und völlig dem Silber ähnliches Produkt wird erhalten, wenn dem Neusilber wirkliches Silber, etwa  $\frac{1}{3}$  und mehr, zugesetzt wird; es sind aber dergleichen Legirungen, wie es scheint, nicht in Gebrauch. Das Neusilber wird von sauren Flüssigkeiten weit weniger als Kupfer oder Messing angegriffen und kann daher ohne Gefahr mit Gemüßmitteln in Berührung gebracht werden.

Die besseren Sorten Neusilber sind hinsichtlich ihrer Dehnbarkeit und sonstigen Eigenschaften dem Messing ähnlich und lassen sich fast eben so leicht wie dieses strecken, in Blech und Draht verwandeln u. s. w. Eine Eigenthümlichkeit, die ursprünglich im Kupfer liegt und für die Bearbeitung desselben wie aller Kupferlegirungen von großer Wichtigkeit ist, ist auch dem Neusilber geblieben: es wird, wenn es in der Bearbeitung hart geworden, durch Ablöschen in kaltem Wasser wieder weich und geschmeidig, eine Prozedur, die sich beliebig oft wiederholen läßt.

Die Bereitung des Neusilbers durch Zusammenschmelzen der Bestandtheile besorgen die dasselbe zu Gebrauchsartikeln weiter verarbeitenden größeren Fabriken, die in Deutschland ihren Sitz namentlich in Berlin und Wien haben, selbst; für die Kleingewerbe sorgen Anstalten wie die Schneeberger, die nur Bleche und Drähte resp. dünne Stäbe in den Handel bringen. Das Nickelmetall, sofern es nicht als Würfelnickel in Anwendung kommt, wird in kleine haselnußgroße Brocken zerstoßen, eben so Kupfer und Zink zerkleinert und das Gemisch in den Schmelzhafen eingesetzt — doch so, daß zu unterst und oberst etwas unvermishtes Kupfer zu liegen kommt — mit einer Schicht Kohlenpulver bedeckt und bei starkem Flammenfeuer eingeschmolzen. Zur leichteren Verbindung der verschiedenen Metalle bereitet man auch wol zunächst aus einem Theile des Kupfers und Zinks ein Messing, schmilzt das Uebrige für sich und setzt nach und nach das zerkleinerte Messing zu. Da der Fluß mit einem eisernen Stabe fleißig zusammengerührt werden muß, so entsteht immer einiger Zinkverlust durch Abbrand, welcher durch einen überschüssigen Zusatz dieses Metalls auszugleichen ist. Ist die Masse für den Guß bestimmt, so pflegt man ihr bis zu 3 Prozent Blei einzuverleiben. Das für die



übrigen Zwecke bestimmte Metall wird meistens in Bleche von verschiedener Dicke oder in dicke, runde oder viereckige Drähte zum Gebrauch für Sporer u. s. w. ausgewalzt, oder endlich wie Messing zu dünneren Drähten auf der Ziehbank gezogen. Die Verarbeitung des Neusilbers, sei es durch Walzen, Hämmern u. s. w., ist unter allen Umständen eine kalte; ein schmiedbares Metall ist es eben nicht. Ist der Fluß im Schmelzhafen zur Reife gediehen, so gießt man die Masse zwischen Tafeln von Gußeisen zu Platten von 8—12 Zoll Länge, 5—9 Zoll Breite und 4—6 Linien Dicke aus, die dann durch kaltes Hämmern oder Walzen nach Bedarf verdünnt werden. Diese mechanische Behandlung muß aber anfangs sehr behutsam geschehen; nach jedem Ueberhämmern oder Durchgange durch die Walzen wird das Metall bis zur aufgehenden Glut erhitzt, darf aber nicht eher wieder in Bearbeitung genommen werden, bis es vollständig wieder erkaltet ist, entweder durch Eintauchen in kaltes Wasser oder auch durch Abkühlung an der Luft. Ist das einigermaßen kristallinische Gefüge des ausgegossenen Metalls durch die Bearbeitung erst zerstört, so kann man ihm schon mehr zuzumuthen, und es läßt sich dann fast eben so gut wie Messing verarbeiten. Man hat daher auch Argentaublech von derselben Dünne wie das aus Tombac gewalzte Kauschgold, und es dient als Kauschsilber zu gleichen Zwecken wie jenes.

Bei der fabrikmäßigen Verarbeitung des Argentans zu den verschiedenen Gebrauchsartikeln kommen alle modernen technischen Vortheile in Anwendung. Die Durchschmitt- oder Ausschlagmaschine dient gleichsam als Zuschneider für eine Menge Sachen. Sie stößt aus den Platten oder Blechen allerhand Formen aus, deren Bestimmung zuweilen schwer zu erkennen ist. Ein ausgestoßener Vöffelzuschnitt z. B. hat mit einem Vöffel kaum eine entfernte Ähnlichkeit, es ist ein kurzes plumptes Ding; ist es aber durch ein paar Stahlwalzen gegangen, in welche die verlangte Form beiderseits eingravirt ist, so hat es sich zum eleganten Vöffel gestreckt und geformt, an dem weder Etwas fehlt noch zu viel ist. Andere Zuschnitte zu hohlen Gegenständen oder Reliefs kommen in die Prägwerke, wo die einzelnen Stücke in stählerne Hohlformen gepreßt und dann durch Vöthen mit einander vereinigt werden. Die dünnsten Blechfachen werden auf Drehbänken mittels Drückstählen über Formen gezogen (Druckarbeit), eine Methode, die bei allen in Blech arbeitenden Industriezweigen eine immer größere Ausdehnung gewinnt und mit großem Vortheil die Bearbeitung mit Hammer und Punzen vertritt. Solide Theile endlich, wie Füße, Schäfte u. dgl., werden gegossen, und so kann ein komplizirteres Stück in seinen verschiedenen Theilen alle Darstellungsmethoden erfahren haben, bis es schließlich durch Vöthen zu einem wohlgefälligen Ganzen vereint wird.

Das Nickelmetall besitzt in seinen Salzen und andern chemischen Präparaten einen eben so reichen Farbenfond wie sein Gefährte, das Kobalt; sie zeigen nach Umständen sehr schöne Nuancen von Grün, Blau oder auch von Gelb; Chlornickel bildet, bei starker Hitze sublimirt, goldglänzende Schüppchen. Von einer farbentechnischen Benutzung des Nickels ist indeß zur Zeit noch nichts bekannt, was wol daher kommt, daß alle seine Effekte durch andere Stoffe schöner und billiger zu erreichen sind.

### Antimon und Wismuth.

**Antimon.** Bescheiden bis zur Selbstverleugnung, für sich allein in der technischen Welt keine Rolle spielend, in völliger Reinheit selten hergestellt und doch in vielfacher Beziehung nützlich, reiht sich das Antimon seinen übrigen metallischen Kollegen an. Gediegen, mit sehr wenig Silber und Eisen gemengt, findet sich das Metall nur in vereinzelten Fällen. Das bergmännisch wichtigste Antimonerz ist der Antimonglanz,

oder Grauspießglanzerz, ein dreifaches Schwefelantimon. Das Antimon gehört somit zu den, in stark ausgesprochener Weise, schwefelfreundlichen Metallen. Aus Zersetzungen und Umwandlungen des Antimonglanzes entstanden kommen vor: Antimonblüte (Weißspießglanzerz), Antimonblende (Rothspießglanzerz) und erdiger Antimonocker. Ferner giebt es — nur bei Stolberg am Harz — Zinkenit, aus Antimon, Blei und Schwefel bestehend, sowie Bournonit, mit denselben Bestandtheilen nebst Kupfer, im Erzgebirge und auf dem Harz.

Die Antimonerze finden sich hauptsächlich auf Gängen und Lagern im Granit, Thonschiefer und Gneis, häufig in Begleitung von Kupfer-, Silber-, Blei- und anderen Erzen. In den meisten Fällen ist daher das Antimon ein ungern gesehener Begleiter anderer Metalle, der das Ausbringen dieser erschwert. Nur wo die Antimonerze die einzige oder doch hauptsächlichste Ausfüllung der Gänge bilden, besteht ein eigentlicher Antimonbergbau. Eine solche schon von Alters her ausgebeutete Lokalität findet sich bei Arnsberg in Westphalen, ferner an einigen anderen Punkten Westphalens und Rheinpreußens, in Oesterreich (Oberungarn), England und Frankreich. In neuerer Zeit hat man dem in Algier in großer Menge vorkommenden Weißspießglanzerz eine große technische Aufmerksamkeit zugewiesen.

Das Schwefelantimon (Spießglanz oder Spießglas) bricht entweder in dichten, in verfilzten oder blätterigen Massen, oder, wo es ungestört krystallisiren konnte, als Bündel an einander liegender prismatischer Nadeln von blau- oder stahlgrüner Farbe und starkem Metallglanz. Die Bekanntschaft mit diesem auffälligen Naturprodukt und sein Gebrauch scheint bis in's hohe Alterthum zurückzugehen. Wie noch heute, schwärzten sich die Frauenzimmer der Morgenländer damit oder mit einem Präparat daraus die Augenbrauen und malten sie größer, eine Sitte, auf die schon im alten Testament bei Ezechiel hingewiesen wird. Bei den Griechen hieß daher dieser Stoff der „augenerweiternde“; die Römer nannten es stibium, und Plinius erwähnt es schon als Arzeneimittel.

Die Erkennung des Antimonmetalles als eines eigenthümlichen Körpers scheint in das 15. Jahrhundert zu fallen; früher hielt man es für eine Art Blei, oder verwechselte es mit Wismuth, und die Alchemisten des Mittelalters machten sich mit Spießglanz und Antimon viel zu schaffen. Namentlich hat sich der als Chemiker seiner Zeit nicht unberühmte französische Klostergeistliche Basilus Valentinus (1460) mit den Arzeneiwirkungen des Antimons viel beschäftigt. Da ihm bei seinen desfallsigen Versuchen, sagt man, verschiedene Mönche starben, so habe der Stoff den französischen Namen antimoine, latinisirt antimonium — Mittel gegen Mönche — erhalten. Nach anderen Indizien ist jedoch der letztere Name viel älter.

Das metallische Antimon hat in seinem Verhalten Manches, was die Aufmerksamkeit und die Hoffnungen der Goldmacher erregen konnte. Schmilzt man, was oft als Spielerei ausgeführt wird, vor dem Löthrohr etwas Metall und läßt es auf eine horizontale Fläche fallen, so zerstreut es sich in eine Menge umherfahrender Kügelchen, deren jedes, weil sich das geschmolzene Metall rasch oxydirt, eine weiße Spur wie ein Kreidestrich hinterläßt. In Ruhe gelassen bedeckt sich die geschmolzene Perle mit einer Vegetation feiner, aus Oxyd bestehender Spizen. Für uns besagen diese Erscheinungen weiter nichts, als daß das Metall, nachdem es von seinem liebsten Gefährten, dem Schwefel, getrennt ist, eben so begierig ist, sich mit Sauerstoff zu verbinden; den Alchemisten schien es natürlich eine für ihre Zwecke bedeutungsvolle Transmutation. Das langdauernde Leuchten des erkaltenden Metallflusses und die schöne sternförmige Krystallisation, die sich auf der Oberfläche des im Tiegel unter einer Bedeckung erkalteten Metalles bildet, sahen ebenfalls wie vielversprechende Anzeichen aus.

Noch anziehender mußte das Verhalten des Antimons zum Golde erscheinen. Man darf nur ein Stückchen dieses dehnbaren aller Metalle den Dämpfen von Antimon aussetzen, so verbinden sich beide Metalle, und das Gold wird sofort spröde und brüchig. Hierdurch schien eine gewisse noble Natur des Antimonmetalles angedeutet, und man benannte es daher mit dem noch unvergessenen Namen regulus, kleiner König. Später wurde unter Regulus jeder erschmolzene Metallkern verstanden.

Die Leichtflüchtigkeit des Schwefelantimons gestattet, daß man diesen Rohstoff für die Darstellung des regulinischen Metalls aus seinen Beimengungen direkt anschmilzt, nachdem er vorher durch Handscheidung aus dem Größten von dem begleitenden Quarz, Schwerspath, Kalkstein u. s. w. befreit worden ist. Nach der alten Weise geschieht dies Ausfaigern in Töpfen, die zu zwei und zwei in einander gestellt sind. In dem Boden des oberen, der das Erz aufnimmt, befinden sich einige Vöcher, in dem unteren sammelt sich das durchtröpfelnde Schwefelantimon, nachdem die Töpfe reihenweise zwischen zwei Mauern gestellt, die Zwischenräume mit Brennstoff ausgefüllt und der Brand in Gang gesetzt ist. Aus ökonomischen Rücksichten wendet man in Frankreich Saigeröfen an, die den weiter unten bei der Wisnuthgewinnung dargestellten ähnlich sind. Geneigte gußeiserne Röhren, die mit feuerfestem Thon ausgekleidet sind, weil das Schwefelantimon das Eisen angreift, werden in mehrwöchentlich fortdauerndem Betriebe aller drei Stunden mit einer Ladung von 2—3 Centnern Erz beschickt und das ausschmelzende Rohantimon fängt man in Tiegeln auf. Am schnellsten und massenhaftesten, jedoch mit dem meisten Verlust, läßt sich die Saigerarbeit auf der geneigten Fläche eines Flammenofens bewirken. Man kann dieses Aus-schmelzen, bei welchem stets Verlust an zurückbleibendem und verflüchtigtem Antimon stattfindet, durch zweckmäßige nasse Aufbereitung mittels Sezarbeit und Hochwerken auch ganz umgehen.

Ungefähr ein Zehntel alles gewonnenen Rohantimons mag in pharmazeutischen Gebrauch übergehen; das Uebrige fällt sonstigen technischen Anwendungen anheim. In das Laboratorium des Apothekers, zur Vereitung des Brechweinsteins, Goldschwefels, Kermes u. s. w. können wir ihm nicht folgen; das Hauptaugenmerk ist hier natürlich die größtmögliche Reinheit der Präparate, namentlich die Beseitigung des Arseniks, das sich wie bei allen Schwefelmetallen immer einmischet.

Das einfachste Verfahren zur Gewinnung des reinen metallischen Antimons besteht in der Verschmelzung des Schwefelmetalls in der Rothglühhitze mit Schmiedeeisen (Eisenabfälle oder auch Hammerschlag). Die nahe Verwandtschaft zwischen diesem und dem Schwefel hat zur Folge, daß sich Schwefeleisen bildet und das Antimon frei wird. Das so erschmolzene Metall enthält aber stets Eisen und erfordert, um dasselbe zu oxydiren und abzuscheiden, ein nochmaliges Umschmelzen unter Zusatz von Salpeter.

Eine andere Gewinnungsmethode weicht von der eben beschriebenen Reduktionsarbeit gänzlich ab und gelangt in zwei Schritten, Rösten und Reduziren, zum gediegenen Metall. Bei einem vorsichtigen Röstbetriebe verflüchtigt sich der Schwefel des Spießglanzes, nachdem er sich in schweflige Säure verwandelt hat, an seine Stelle bei dem Antimon tritt aber sofort der Sauerstoff der Luft, und das Röstprodukt (Spießglanzasche) bildet nun ein unreines Oxyd oder richtiger ein Salz, antimon-saures Antimonoxyd, denn das Metall gehört zu den säurebildenden, d. h. sein Oxyd erhält durch Aufnahme von noch mehr Sauerstoff die Natur einer Säure, was bei unserer Röstarbeit wenigstens theilweise geschieht. Das nachfolgende Reduziren der Spießglanzasche besteht nun wie immer in der Beseitigung des Sauerstoffs, wozu ein Glühen mit bloßer Kohle hinreichen würde. Da aber das Röstgut immer noch unzersetztes Schwefelantimon enthält, überdies eine Schlackendecke geschaffen werden muß, um das

Oxyd an der Verflüchtigung zu hindern, so vermischt man die Kohle mit Soda oder wendet zur Reduktion rohen Weinstein an, der Kohle und Kali schon zu seinen Bestandtheilen zählt. Die Reduktion geschieht in Tiegeln bei starker Rothglühhitze. Der Regulus sammelt sich am Boden, und man läßt ihn ohne auszugießen unter der Schlackendecke langsam erkalten, damit er die sternige krystallinische Oberfläche annehme, die man im Handel besonders gern sieht, obwol sie eigentlich nichts über die Qualität besagt und eisenhaltiges Antimon die Krystallisation sogar schöner zeigt als reineres.

Um das Metall von den begleitenden Unreinigkeiten, Eisen, Arsenik, Kupfer, Blei u. s. w. zu reinigen, schmilzt man es zwei- bis dreimal unter Zuschlag von Stoffen um, welche die Unreinigkeiten aufnehmen und in die Schlacke überführen sollen. Gewöhnlich dienen hierzu Salpeter, Soda, Schwefelantimon und Schwefeleisen u. s. w.

Das Antimon ist ein zinnweißes, stark glänzendes Metall von sehr deutlichem blätterigen Krystallgefüge und so spröde, daß es sich leicht zu Pulver stoßen läßt. Als selbständiges metallisches Material in der Technik zu dienen ist es sonach ungeeignet; sein Nutzen liegt vielmehr besonders in der Fähigkeit, andere Metalle, mit denen es legirt wird, zu härten. Beim Schmelzen verdampft es wie gesagt sehr leicht, indem die Dämpfe Oxyd bilden; in hoher Hitze entzündet es sich und verbrennt gleich dem Zink mit leuchtender, starken weißen Oxydrauch ausstoßender Flamme. In der Weißglühhitze unter Ausschluß der Luft läßt es sich ganz wie Zink destilliren. Das Hauptlösungsmittel des Oxyds (oder des Metalls bei Zusatz von Salpetersäure) bildet die Salzsäure; die Lösung bildet das unter dem Namen Antimonbutter (Antimonchlorid) bekannte Aetz- und Beizmittel. Salpetersäure löst das Metall nicht, sondern verwandelt es nur in ein weißes Pulver, das je nach der Stärke der Säure aus Oxyd oder Antimonisäure oder aus beiden besteht. In der Glasfärberei und Schmelzmalerei dient das Antimonoxyd zur Erzeugung gelber Farben.

Der natürliche Spießglanz hat verschiedene technische Anwendungen. Er dient z. B. in der Feuerwerkerei und besonders in Vermischung mit chromsaurem Kali zu Sägen, die sich durch Schlag oder Reibung entzünden und explodiren, demnach bei Herstellung von Reibzündhölzchen und Zündhütchen. Für Fälle, wo das natürliche Produkt nicht rein genug erscheint, erzeugt man sich die Masse auch auf künstlichem Wege durch Zusammenschmelzen von 5 Theilen Antimonmetall und 2 Theilen Schwefel; beide Stoffe vereinigen sich unmittelbar unter schwachem Erglühen.

Die nahe Beziehung zwischen Antimon und Schwefel tritt auch bei nassen chemischen Operationen zu Tage. Kommen irgendwelche Antimonlösungen (Antimonchlorid, Brechweinstein oder dergleichen) mit schwefelhaltigen Lösungen (Schwefelleber, unterschwefligsauren Salzen, Schwefelwasserstoff u. s. w.) zusammen, so entsteht jederzeit ein Niederschlag von Schwefelantimon. Eigenthümlich aber und gerade umgekehrt wie beim Quecksilber zeigen diese Niederschläge eine Orange- oder Zinnoberfarbe, während die natürliche Verbindung immer ein schwärzlich metallisches Außere hat. Man verwendet demnach das Antimon zur Herstellung eines schönen Farbstoffes, Antimonzinnober, der namentlich als Delfarbe dem gewöhnlichen Zinnober Konkurrenz zu machen geeignet ist. Wir werden im Kapitel von den Mineralfarben hierauf zurückkommen.

Dem Antimon begegnen wir bei vielen harten Legirungen, die namentlich als Lagermetalle und zu Metallspiegeln dienen; das weiche Zinn zum Beispiel erstarkt durch Antimonzusatz so weit, daß es als Britanniametall sich dem Silber einen Schritt näher stellen kann, und auch das Blei giebt in Verbindung mit Antimon seine weiche Natur gänzlich auf und wird eine harte, starre, freilich auch spröde Masse. Eine halb und halb natürliche Legirung des Bleies mit Antimon wird schon auf Blei- und

Silberhütten als Nebenprodukt erhalten und Hartblei genannt. Es geht, je nach dem es mehr antimon- oder arsenikhaltig ist, als direkt verwendbarer Stoff entweder nach den Schrifst- oder Schrotgießereien. Die ausgedehnteste und wichtigste Verwendung findet das Antimon aber in den ersteren (siehe Bd. I, S. 363) und somit haben also nicht nur vielerlei Techniker, sondern namentlich auch Alle, die da Bücher schreiben, setzen, drucken und lesen — und derer sind ja sehr Viele — Ursache, dem Antimon einen freundlichen Blick zuzuwenden.

**Wismuth.** Ein im äußeren Ansehen dem Antimon ziemlich ähnliches Metall, doch von viel seltenerem Vorkommen und im Kaufwerthe dieses um das 10—20fache überflügelnd, ist das Wismuth. Im Alterthum nicht bekannt oder nicht unterschieden findet sich dasselbe zuerst 1520 bei Agricola als besonderes Metall erwähnt. Was aber die wahrscheinlich bergmännische, ursprünglich Wismat, Wisemut u. s. w. lautende Benennung eigentlich besagen soll, erscheint sehr dunkel.

Das Wismuth gehört zu den wenigen Metallen, welche die Natur hauptsächlich in gediegenem Zustande, in Form von baumähnlichen Figuren, Blechen, Granen u. s. w., giebt. Die Gewinnung ist daher eine leichte, indem sie in einem bloßen Auszuschmelzen aus den begleitenden Erzen und Gesteinen besteht, was bei der Leichtflüchtigkeit des Metalles sehr rasch von Statten geht. Ein eigentlicher Wismuth bergbau besteht indeß nirgends, denn dieses Metall tritt nicht gesondert auf, sondern mengt sich mit Kobalt- und Silbererzen, Kupfarnickel u. s. w. und bildet bei Verhüttung dieser einen Abfall, der nach heutigem Stande der Dinge einen sehr annehmbaren Nebengewinn abwirft. Außer in gediegenem Zustande kommt das Metall, wiewol seltener, als Oxid (Wismuthocker) und in Verbindung mit Schwefel (Wismuthglanz), zu Schneeberg auch als kieselsaures Wismuthoxyd (Wismuthblende) vor. In den früheren Zeiten des sächsischen Blaufarbenbetriebes beachtete man das dabei auftretende Wismuth kaum. Es floß beim Rösten der Kobalterze gleich in der ersten Hitze aus und fiel durch den Rost in's Aschenloch. Man nannte es demzufolge Aschblei. Jetzt betreibt man die Sache ökonomischer und saigert vorher den Wismuthgehalt in besonderen Oefen mit schräg liegenden gußeisernen Röhren aus, wie die Abbildungen Fig. 46 und 47 darstellen. Die Röhren werden in dunkler Rothglut erhalten und haben vorn am tiefen Ende einen Verschuß von Thonplatten mit Ausparung einer kleinen Oeffnung, durch welche das Wismuth in vorge setzte eiserne Schalen tropft. Was, beim Aussaigern in den Erzen zurückbleibt, geht beim nachfolgenden Blauschmelzen in die Nickelspeise über, hält sich aber auch da gesondert und gediegen, so daß man es durch Pochen und Sortiren größtentheils absondern kann. Auch bei der nassen Scheidung von Kobalt, Nickel u. s. w. gewinnt man noch

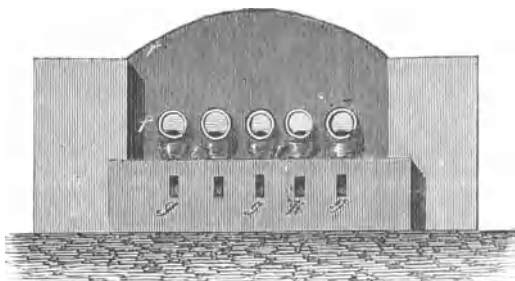


Fig. 46. Wismuth-Saigerofen. Vorderansicht.

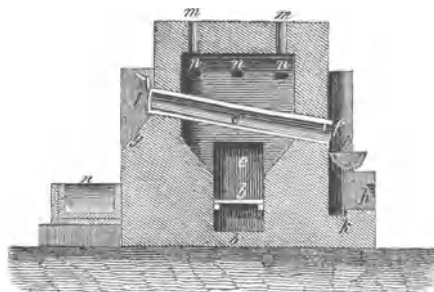


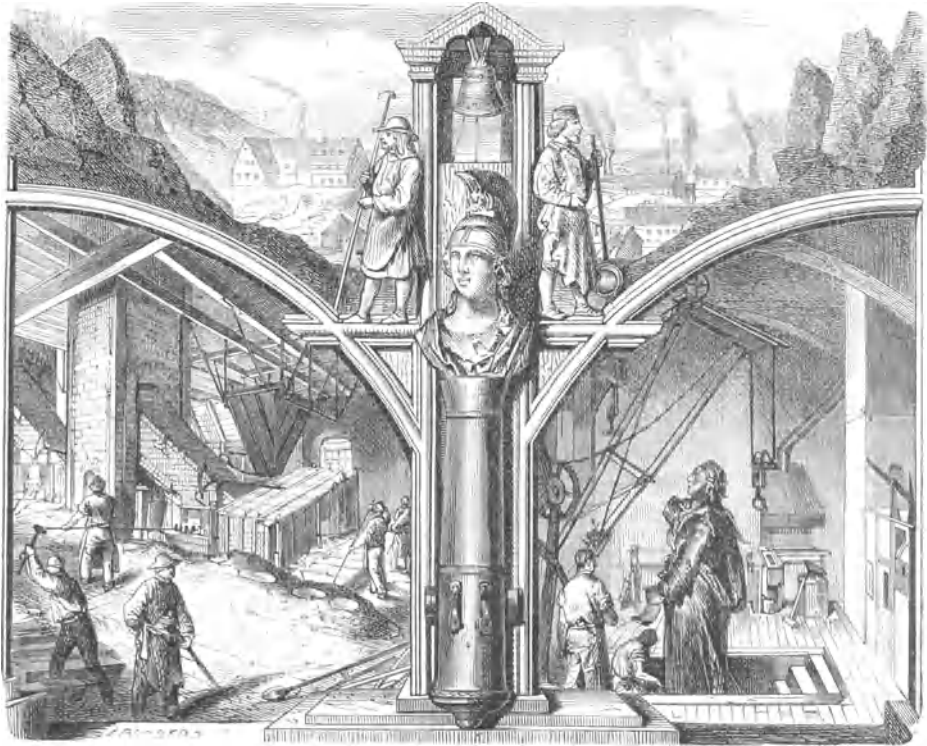
Fig. 47. Wismuth-Saigerofen. Durchschnitt.

einen Rest Wismuth durch Ausfällen mit Wasser. Das Wismuth hat, wie Antimon, Blei und Zinn, die Eigenschaft, daß seine Lösungen in Säuren keine Verdünnung mit Wasser vertragen, sondern dabei in ein unlösliches basisches Salz, d. h. Oxid mit wenig Säure, und in ein saures, das aufgelöst bleibt, zerfallen. Mit vielem Wasser kann man daher fast den ganzen Metallgehalt als weißes Pulver ausfällen, das sich durch rohe Pottasche u. s. w. auf Metall reduciren läßt.

In dieser verschiedenen Weise gewinnt man auf den Werken des sächsischen Erzgebirges jährlich etwas über 200 Centner Wismuth und löst daraus gegen 100,000 Thaler, und dies dürfte wol die ganze Ausbeute und den ganzen jährlichen Weltverbrauch so ziemlich darstellen, seitdem die Engländer aufgehört haben, Wismuth in den Handel zu bringen. Auffallend ist und soll einer englischen Aufkäuferi zuzuschreiben sein, daß ein Stoff, der vor wenig Jahren noch mit  $\frac{1}{2}$  Thaler das Pfund zu kaufen war, jetzt 6 Thaler und mehr kostet, denn von neuen Anwendungen desselben verlautet nichts, vielmehr hat sich zu leichtflüssigen Legirungen, wie wir schon beim Radmium sahen, dieses letztere, freilich eben so theure Metall, in neuerer Zeit besser empfohlen.

Das käufliche Wismuth leidet an denselben Unreinheiten wie das Antimon; will man es rein haben, so muß man es in Salpetersäure lösen, mit Wasser fällen und den Niederschlag wieder reduciren, oder man schmilzt das Metall unter Zuschlag von calcinirter Soda und Schwefel um. So rein braucht man es übrigens nur in der Apotheke, wohin ein kleiner Theil des Wismuths gleich dem Antimonium geht, während das Uebrige zu verschiedenen Legirungen seine Verwendung findet. Der mit Wasser aus sauren Lösungen erhaltene Niederschlag bildet in seinen feinsten Sorten als Spanischweiß ein Schminkmittel, das trotz seiner Schädlichkeit noch immer florirt; übrigens dient es auch als ein gutes, die Farben nicht beeinträchtigendes Flußmittel für Porzellan-, Glas- und Emailmalerei. Die Aehnlichkeit des Metalls mit dem Antimon erstreckt sich auf die leichte Schmelzbarkeit, das ausgezeichnete krystallisch-blätterige Gefüge und die Sprödigkeit, so daß es ebenfalls leicht zu Pulver gestoßen werden kann. In seinem Prachtgewande sieht man es, wenn man es schmilzt, die geschmolzene Masse oberflächlich erkalten läßt, ein Loch in die Kruste stößt und das noch flüssige ausgießt. Die Innenwände sind dann mit schönen Krystallisationen besetzt, welche beim völligen Erkalten an der Luft mit bunten Farben anlaufen.

Bei der Verwendung des Wismuthmetalls zu Legirungen (mit Zinn und Blei), von denen schon beim Radmium die Rede war, kommt lediglich die Leichtflüssigkeit derselben in Betracht. Aus Zinn und Blei z. B. setzen Zinngießer, Orgelbauer, Glaser ihr Schnellloth zusammen; haben sie es aber mit sehr bleihaltigem, also leichtflüssigem Zinn zu thun, so müssen sie auch ein um so leichtflüssigeres Loth haben und fügen dann zu der Zinnbleilegirung noch Wismuth. Auch die Schriftgießer verwenden etwas Wismuth zur Erleichterung des Gusses, aber nicht zum Vortheil der Waare, denn dies Metall macht alle Legirungen spröde und leicht zerbrechlich. In den angedeuteten Gebrauchsweisen verthut sich denn die im Ganzen kleine jährliche Ausbeute des Wismuth.




Nun zerbrecht mir das Gebäude,  
 Seine Absicht hat's erfüllt,  
 Daß sich Herz und Auge weide  
 An dem wohlgelungnen Bild.  
 Schwingt den Hammer, schwingt,  
 Bis der Mantel springt.  
 Wenn die Glock' soll auferstehen,  
 Muß die Form in Stüde gehen.

Schiller.

## Das Kupfer.

**Geschichtliches.** Vorkommen. Gediegenes Kupfer. Kupfererze. Ihre Verhüttung. Mansfelder Hüttenprozeß. Cementation. Kupferblech und Kupferdraht. Legirungen. Bronze und Messing. Glockenguß. Geschützguß. Statuenguß.


 In der technischen Rangordnung, welche den Metallen ihren Platz nach dem Belange ihrer praktischen Nutzenwendbarkeit anweist, kommt das Kupfer unstreitig gleich nach dem Eisen, ja es übertrifft dieses in Hinsicht der Vielseitigkeit der Verwendung, hauptsächlich durch seine Brauchbarkeit zu einer beträchtlichen Anzahl höchst nützlicher Legirungen. Ihrem eigenthümlichen Naturell nach, in ihren Eigenschaften, Tugenden und Untugenden gehen dagegen beide Metalle weit auseinander.

Mit dem Kupfer war die Natur lange nicht so freigebig wie mit dem Eisen, denn obwol dasselbe in keinem Erdtheile und Lande gänzlich fehlt, so bleibt es doch immer ein seltenerer Artikel und ist nur um das 6—7fache des Preises vom besten Eisen, der Centner mit 35—40 Thalern, zu kaufen. Gäbe es des Kupfers so viel,

daß es im Preise dem Eisen gleichkäme, so würde es in vielen Fällen, namentlich beim Dienst im Freien, dieses mit Vortheil ablösen.

Auders als in den Augen des Bergmanns gestaltet sich das Vorkommen des Kupfers in denen des Chemikers; wie derselbe überall Eisen nachzuweisen vermag, so auch in fast ebenso univerveller Verbreitung einen Gehalt an Kupfer, selbst im menschlichen Körper. Namentlich erscheint dasselbe als beständiger Begleiter des Eisens mit dem Arsenik als Dritten im Bunde.

Allen Anzeichen zufolge ist das Kupfer früher in den Dienst des Menschen getreten als das Eisen. Der Umstand, daß sich das erstere zuweilen schon gediegen in der Natur vorfindet, sowie seine leichte Bearbeitbarkeit durch bloßes Hämmern, machen dies leicht erklärlich.

Die jüngsten Beispiele, wie Völker sich mit Kupfer statt des Eisens beholfen haben, lieferten die alten Mexikaner, Peruaner, überhaupt die Amerikaner vor Entdeckung dieses Welttheils durch die Europäer. Doch finden sich auch in Europa und Asien in Grabhügeln, Altarplätzen und sonst Proben von kupfernen Netzen, Hämmern, Meißeln, Pfeilen, Zierrathen, Panzen und Pfeilspitzen, Helmen und Schwertern ohne Spuren von Eisen, vielleicht die Reliquien von wenig gebildeten, nomadischen, nördlichen und nordöstlichen Völkern, die sich an das zunächst Erreichbare halten mußten (in Sibirien findet sich schönes gediegenes Kupfer), während man an den Sitzen alter Bildung, in Aegypten, Griechenland u. s. w., schon längst neben dem Kupfer auch Eisen und Stahl besitzen konnte. Weit häufiger jedoch bestehen die in der Erde gefundenen Zeugen der Vorzeit, statt aus reinem Kupfer, aus Legirungen desselben (Bronze) entweder mit Zinn oder Zink oder mit beiden zugleich. Die Kunst, das Kupfer durch solche Zusätze zu verbessern, zu härten und gießbar zu machen, muß also nach solchen handgreiflichen Belegen eine uralte sein. Wenn man alle Andeutungen, welche in der Bibel und in andern alten Schriftwerken in Bezug auf Bronze gegeben sind, vergleicht, so findet sich nicht, daß zwischen ihr und reinem Kupfer ein wesentlicher Unterschied gemacht wird. Hiernach aber wird die alte Geschichte des Kupfers besonders unklar. Das „Erz“ der Bibel sowol wie das aes der Römer und das chalkos der Griechen kann eben so gut Kupfer wie Bronze oder Messing bedeuten. Die Griechen unterschieden selbst ein weißes, schwarzes und rothes Chalkos und später fand sich noch ein Goldkupfer (aurichalcum) hinzu. Unter diesen Sorten befand sich also jedenfalls auch das Messing, denn die Verschmelzung des Kupfers mit Zinkoxyd (Galmei) geht weit in's Alterthum zurück. Während aber die Griechen ihre Benennung von der Stadt Chalkis auf Euböa ableiteten, das vielleicht ein vorzüglicher Fabrikationsort war, knüpfen die Römer an eine andere Dertlichkeit an, denn das lateinische cuprum soll aus aes cyprieum entstanden sein, also cyprisches Metall bedeuten, weil sich nach Plinius auf der Insel Cypern das Kupfer in großen Mengen gefunden habe. Aus cuprum leiteten die abendländischen Völker ihre Benennungen ab (Kupfer, copper, cuivre), und so haben wir die den gewöhnlichen Annahmen von der Folgereihe der Metalle direkt zuwiderlaufende Erscheinung, daß das Eisen bei den germanischen Völkern eine ursprachliche Benennung hat, das Kupfer dagegen durch ein Fremdwort bezeichnet werden mußte.

**Vorkommen.** Gediegen findet sich das Kupfer nicht selten auf Gängen und Klüften mit Kupfererzen oder in Begleitung anderer Metalle; es tritt in Krystallform, häufiger in Platten und Blechen, drahtförmig, ästig oder moosförmig u. s. w. auf. In vielen solchen Fällen ist es jedoch in so großer Zertheilung eingesprengt, daß ein lohnender Abbau nicht möglich ist. Massenhafte Funde des gediegenen Metalls werden nur an ein paar Dertlichkeiten, am Ural und in Nordamerika, gemacht. In letzterer



Gegend findet man es stückweise als Geschiebe auf der Oberfläche zerstreut und am Oberr See der Vereinigten Staaten hat man dergleichen Klumpen von den riesigsten Dimensionen aufgefunden; in den Zeitungen wurde eines solchen von 7000 Pfund, sowie zwei anderer von 2500 und 1950 Pfd. Gewicht erwähnt. Natürlich müssen solche oben aufliegende Proben Zeugniß geben von unterirdischen Schätzen, und so haben sich auch dort am Oberr See Kupfergruben aufgethan, die schon jetzt von großer Bedeutung sind und es noch mehr werden dürften. Sonst hat Amerika in Peru, Chile, Cuba und an andern Orten sehr reiche Kupfererzlager aufzuweisen und neuerlich ist auch Australien in die Reihe bedeutender Kupferländer eingerückt. In Sibirien, in ein paar benachbarten Distrikten des Kirgisenlandes, sind erst vor einigen Jahren neue Lager gediegenen Kupfers von fabelhaftem Reichthum entdeckt worden. Man fand 4 Klafter unter der Oberfläche das reine Metall in großen Stücken, und in noch größerer Tiefe Klumpen im Gewicht bis zu 500 Pud, das wären nicht weniger als 20,000 Pfd., wenn nicht die weite Entfernung etwas zur Vergrößerung beigetragen hat, denn die Geschichte spielt noch ziemlich 500 Meilen hinter Nischney-Nowgorod. In Europa wird jährlich über eine halbe Million Centner Kupfer produziert und davon liefert England mehr als die Hälfte, vorzüglich aus seinen reichen Lagerstätten in Cornwallis, Swansea u. a. Darum wird auch der Gebrauch des Kupfers wol nirgends in dem Grade ausgedehnt gefunden, wie in England. Die Kupferausbeute in Deutschland wird — wol zu niedrig — auf etwa 100,000 Centner jährlich angenommen, wovon wieder der größte Theil, namentlich durch die großartigen Hüttenbetriebe in Ungarn, auf Oesterreich fällt. Sonst sind für die Kupfererzeugung noch von Belang Schweden, Norwegen und Rußland durch seine Lager am Ural und Altai. Die australischen und ein guter Theil der amerikanischen, auch viel norwegische Erze, gehen zur Verarbeitung nach England. Eine beträchtliche Kupferproduktion hat auch Armenien, deren Ausfuhrhafen Trapezunt am Schwarzen Meere ist. Trotz der schlechten türkischen Wirtschaft sollen jährlich 130,000 Centner ausgeführt werden.

Das natürliche gediegene Kupfer erscheint äußerlich braun oder grün angelauten, verhält sich aber sonst wie das erschmolzene und ist sogleich zur Verarbeitung tauglich. Man betrachtet dasselbe als jüngeres Erzeugniß, durch chemische oder metallelektrische Einflüsse erst aus Kupfererzen reduziert.

Die technisch wichtigsten Kupfererze lassen sich in zwei natürliche Gruppen bringen: in Sauerstoffverbindungen und Schwefelverbindungen. Die wichtigsten in technischer Hinsicht sind folgende: Rothkupfererz. Besteht aus Kupferoxydul und kommt theils sehr schön in Oktaëdern krystallisirt, theils derb vor. In seinen reinsten, jedoch seltenen Varietäten enthält es gegen 89 Prozent reines Kupfer. Unter den neuerlich entdeckten vortrefflichen Erzen Australiens macht das Rothkupfererz einen beträchtlichen Antheil aus. Malachit und Kupferlasur sind Verbindungen von Kupferoxyd mit Kohlen säure und Wasser. Der erstere, von schön grüner Farbe, findet sich in dichten, großen Massen, vorzüglich schön in Sibirien. Bekanntlich dient der Malachit in seinen besten Stücken zu allerlei Kunst- und Schmuckwaaren, und nur das hierzu Werthlose kommt der Kupfergewinnung zu Gute. Aehnlich ist es mit der smaragblauen Kupferlasur, deren reinste Stücke zur Vereitung einer Malerfarbe benutzt werden. Sowol wegen des Kupfergehalts, des leichten Ausbringens und der Güte des daraus gewonnenen Metalls sind die vorgenannten sehr geschätzte Kupfererze. Nach Lage der Dinge ist man bei der Kupfergewinnung aber allermeist auf geschwefelte Kupfererze angewiesen. Solche sind: Kupferglanz und Halbschwefelkupfer, in ganz reinem Zustande aus ziemlich 80 Prozent Kupfer und dem Rest Schwefel bestehend, meist noch durch etwas Schwefeleisengehalt verunreinigt, auch zuweilen Schwefel Silber enthaltend. Bunt-

kupfererz, eine Verbindung von Schwefelkupfer und Schwefeleisen, kommt in England (namentlich in Cornwall), Schweden und Deutschland (Freiberg) immer in Begleitung anderer Kupfererze vor. Kupferkies, ebenfalls Schwefelkupfer mit Schwefeleisen, messing- oder goldgelb, auch bunt, ist das am häufigsten auftretende und zu Gute gemachte Erz, gewöhnlich mit andern Mineralien gemengt, zuweilen auch etwas Gold oder Silber führend, die größten Massen im Rammelsberge auf dem Harz, zu Kråaas in Norwegen, Fahlun in Schweden; besonders schön krystallförmig findet es sich bei Freiberg und Klausthal in Thüringen, Cornwall u. s. w. Fahlerze und Giltigerze heißen verschiedene Verbindungen, in denen zum Schwefelkupfer und Schwefeleisen noch Schwefelantimon oder Schwefelarsenit tritt, und worin das Eisen oft durch Zink, das Kupfer theilweise durch Silber ersetzt ist. Man unterscheidet hiernach Grau-, Weiß- und Schwarzgiltigerz, Kupferfahlerz u. s. w. Das Silber kann im Schwarz- und Weißgiltigerz von 5 bis über 30 Prozent steigen. Kupferschiefer endlich bildet ebenfalls, namentlich im Mansfeldischen, einen Gegenstand des Bergbaues, ist aber kein besonderes Erz, sondern ein kalkig-thoniger, an der Luft zerfallender, meist von bituminösen (erdharzigen) Stoffen geschwärzter Schiefer, in welchen verschiedene metallische Substanzen, namentlich Kupferglanz und Kupferkies, Buntkupfererz, gediegen

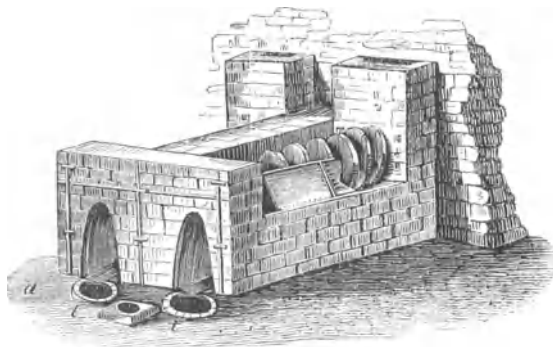


Fig. 49. Saigerherd.

Kupfer, Silber, Kobalterze, Zinkblende u. s. w., eingesprengt sind. Der Mansfelder Bergbau hat sich vermöge zweckmäßiger und wirtschaftlicher Einrichtungen schon durch Jahrhunderte erhalten, obgleich der Kupfergehalt des Schiefers nur 1, 2 bis 3 Prozent beträgt und gar nicht lohnen würde, ohne die dabei abfallende kleine Silberausbeute.

#### Verhüttung der Erze. Die

Kupferhüttenprozesse richten

sich nach der Beschaffenheit der Erze und sind demnach sehr verschieden. Am entwickeltsten gestalten sie sich bei den Fahlerzen und in den nicht seltenen Fällen, wo auch noch Bleierze mit in's Spiel kommen.

Am einfachsten ist, wie gesagt, die Behandlung von Rothkupfererz, Malachit und Kupferlasur. Diese werden schwach geröstet, dann unter Zuschlag von kupferreicher Schlacke, Kalkstein und Kohlen in einem Krummofen niedergeschmolzen. Das hierbei fallende sogenannte Schwarzkupfer wird mit der Schlacke in den Vortiegel abgestochen, in die Form von dünnen Scheiben (Rosetten) gebracht, indem man die Schlacke mit Wasser ablöscht, abzieht und die darunter erstarrte Kruste von Kupfer abnimmt. Das Aufspritzen von Wasser und Wegnehmen der hierdurch entstehenden Scheiben wiederholt sich, bis der Tiegel leer ist. Schwieriger gestaltet sich die Ausbeutung der silberhaltigen Kupfererze; diese werden entfilbert mittelst Saigerung des Schwarzkupfers. Man schmilzt dasselbe, nachdem es in Stücke zerfchlagen ist, in einen niedrigen Bleischachtofen mit Werkblei oder andern bleihaltigen Zuschlägen nieder, wobei man eine Legirung von 1 Theil Kupfer mit 4 Theilen Blei zu erhalten sucht. Diese sticht man ab, gießt sie in eiserne Formen zu runden Scheiben (Frischstücke), setzt sie dann in der Weise auf, wie auf dem in Fig. 49 abgebildeten Saigerherd angedeutet, umgiebt die Scheiben mit Kohlen und saigert bei allmählig gesteigerter

Temperatur das Blei nebst Silber ab, welches nun durch die Saigergasse nach dem Vortiegel t abfließt. Ist es nach einer Saigerung schon silberhaltig genug, so giebt man es auf den Treibherd; im andern Falle verwendet man es zur Entsilberung einer weitern Partie von Schwarzkupfer. Die auf dem Saigerherd zurückgebliebenen Frischstücke (Kienstücke) röstet man in einem eigenthümlichen Darrofen bei hoher Temperatur, wodurch eine sehr kupferreiche Glätte, der Darroost, abfließt und ein noch bleihaltiges Schwarzkupfer zurückbleibt, welches man auf dem Kupfergahrherd vollends zu Gute macht. Viel weitläufiger ist die Verhüttung der geschwefelten Erze, unter denen der Kupferkies das wichtigste ausmacht. Diesen röstet man in offenen Stadeln und entfernt dadurch zunächst einen Theil des Schwefels, alsdann schmilzt man die Masse in Flammenöfen nieder, und erhält dadurch zunächst neben Schlacken den Rothstein, ein Schwefelkupfer, das zer schlagen, von der Schlacke gesondert und, wiederum gut geröstet, in gleicher Weise geschmolzen wird. So erhält man erst die dünne Schicht eines kupferreichen Steins (Dünnstein). Am umständlichsten ist die Verhüttung des Kupferschiefers, weil man erst das Bitumen und die schweflige Säure austreiben, sodann gattiren und den spärlichen Erzgehalt sammeln muß. Im Mansfeldischen und in Kurhessen geschieht dies in sehr ähnlichen Gebläseschachtöfen wie bei Zinn und Blei.

Bei geeigneten Verbindungen oder Gemengen von Schwefelkupfer und Schwefel-eisen findet zuweilen eine besondere Röstmethode, das Kernrösten, Anwendung. Man setzt die Massen in faustgroßen Stücken einer steigenden Hitze aus und es tritt hier bei eine Umsezung der Bestandtheile in der Weise ein, daß die Stücke im Innern einen dichten Kern erhalten, der fast das ganze Kupfer enthält, umgeben von einer äußern porösen Rinde von Eisenoxyd mit wenig Kupfergehalt, die sich auf mechanischem Wege leicht absondern läßt.

Bei dem Mansfelder Kupferhüttenprozeß, der sich nur auf eine Schiefer schicht von 10 bis höchstens 20 Zoll Mächtigkeit gründet, kommen die komplizirtesten Verhältnisse vor. Man brennt erst den Schiefer in hohen, mit Reißholz geschichteten Haufen, wobei man die schwer brennbaren Stücke mit bitumenreichern zu mengen bemüht ist. Ein solcher Haufen brennt je nach der Witterung 12, 14—16 Wochen. Die Schiefer werden dadurch leichter und hellfarbiger; die bituminösen Theile sind zerstört, ein Theil des Schwefels abgetrieben, die metallischen Bestandtheile zum Theil oxydirt. Der gebrannte Schiefer wird nun in Schachtöfen mittels Holzkohlen oder Koaks niedergeschmolzen, wobei eine solche Gattirung der kalt-, thon- und eisenreichen Stücke angestrebt wird, daß eine gute Schlackenbildung zu erwarten ist. Als Zuschlag dienen Flußpath und Schlacken von der Rothkupferschmelze. Aus einer Beschickung von 48 Centnern, die eine 15stündige Behandlung erfordert, ergeben sich neben einer Umassa Schlacken 4—5 Centner Kupferstein, der durchschnittlich 32 Prozent Kupfer und 0,085, also wenig über  $\frac{1}{12}$  Prozent, Silber enthält. Der übrige Gehalt besteht aus Schwefel, Eisen, Zink nebst geringer Menge von Arsenikobalt und Arseniknickel. Der Kupferstein wird nun zuerst in Flammenöfen geröstet, wodurch man den sogenannten Konzentrationsstein erhält; dieser unterliegt dann weiteren Röstungen für sich, und wird dabei nach jedem Feuer mit Wasser ausgezogen. Bei den Röstprozessen tritt Sauerstoff sowol an den Schwefel als an das Kupfer und es bilden sich so die Bestandtheile des Vitriolöls, Schwefelsäure und Kupferoxyd; die Vitriollösungen dampft man ein und läßt sie krystallisiren. Nach dem letzten Rösten hat man ein Produkt, das dem Rothkupfererz ähnlich ist und so wie dieses verhüttet wird. Ist der Silbergehalt des dabei erhaltenen Schwarzkupfers bedeutend genug, um die Kosten des Abscheidens zu tragen (es gehört dazu wenigstens  $\frac{1}{4}$  Prozent), so unterwirft man es dem vorhin beschriebenen Saigerprozeß.

Die Ausbringung des Kupfers ist, wie schon aus dem Gesagten erhellt, um so mühsamer und kostspieliger, je gemengter mit andern Stoffen die Erze sind. Unter den fremden Stoffen macht aber das Eisen die große und rühmliche Ausnahme, daß es nicht schädlich, sondern im Gegentheil für den ganzen Kupferschmelzprozeß höchst nützlich und nothwendig ist, so daß man in Fällen, wo es nicht bereits als Schwefeleisen im Erze vorhanden ist, dasselbe dagegen kieselige Bestandtheile enthält, sogar Eisen zusetzt. Ohne Zuschlag von Eisen oder Kalk würde man hier wenig Kupfer erschmelzen, denn dasselbe würde, sobald es zu Oxidul geworden, in die Schlacke eingehen, was jetzt an seiner Stelle das Eisenoxidul und der Kalk thun. Die Rolle des Eisens bei der Kupfergewinnung ist also im Allgemeinen eine beschützende; es opfert sich förmlich zur Erhaltung des Kupfers auf.

Die fremden Bestandtheile des Schwarzkupfers, des ersten Produkts bei der Kupfergewinnung, sind hauptsächlich Schwefel, Eisen, Blei, Antimon, Arsen, Wismuth, Zink und Nickel. Zu ihrer möglichsten Beseitigung unterliegt nunmehr das Schwarzkupfer (silberhaltiges, nach vorhergegangenem Saigerprozeß) dem Gahrmachen, das heißt, es wird auf einem Gahrherd (Fig. 50) oder in einem kleinen Flammenofen unter Belegung mit Holzkohlen niedergeschmolzen. Die Gahrherde sind den Eisenfrischfeuern sehr ähnlich, nur ist die Herdgrube hier rund, aus schwerem Gestübbe geformt. Da die eben genannten Stoffe sich leichter mit dem Sauerstoff verbinden (oxydiren) als das Kupfer, so ist die Möglichkeit gegeben, letzteres durch Oxydation von ihnen zu befreien, und dies ist eben der Zweck des Gahrmachens. Durch Blasebälge wird der Oberfläche der schmelzenden Masse fortwährend Luft und damit neuer Sauerstoff zugeführt, um die Oxydation zu unterhalten. Die Verunreinigungen gehen nun theils als Dämpfe (Antimon, Arsen) durch den oberhalb angebrachten Mantel fort, theils bilden sie Schlacken, die bei O abfließen. Den Fortschritt der Gahre erkennt man, indem man ab und zu eine Eisenstange in die flüssige Masse taucht, schnell wieder herauszieht, im Wasser ablöscht und die dem Eisen anhängende Kupferschicht prüft. Ist die Gahre vollendet, so stellt man das Gebläse ab, reinigt die Oberfläche des geschmolzenen Metalls von Kohlen und Schlacken und reißt wieder Scheiben (Rosetten), bis der größte Theil des Kupfers in solche verwandelt ist. Die ersten Rosetten sind die feinsten.

Das Rosettenkupfer bildet aber immer noch kein völlig brauchbares Material zur Verarbeitung, es fehlt ihm die Hämmerbarkeit, weil gewöhnlich das Metall eine Quantität Kupferoxidul enthält, welches durch ein erneutes Umschmelzen der Rosetten erst reduziert, d. h. wieder in Metall verwandelt werden muß; diese Arbeit heißt das Hammergahrmachen, das oft auch erst auf den Kupferhämmern vorgenommen wird. Es erfolgt gleichfalls in den Gahrherden unter Zusatz von Holzkohlen und bei schwachem Gebläse. Die hierbei fortwährend mit der Eisenstange herausgezogenen Proben prüft man dergestalt, daß man sie erst heiß auf ihre Hämmerbarkeit versucht, dann sie in Wasser abkühlt und auch kalt hämmert. Sobald sie beide Proben bestehen, ist die Gahre eingetreten und das Kupfer wird mit Kellen in eiserne mit Lehm überzogene Formen geschöpft, wobei man, um das schädliche Kratzen zu vermeiden, gern eine nicht zu hohe Temperatur wählt, außerdem auch durch Umrühren mit Holzstangen die Masse gleichmäßig macht. Die durch das Gießen in die Formen erhaltenen Blöcke heißen Hartstücke und gelangen zur weitem Bearbeitung unter Walzen oder Hämmer.

Bei der englischen Methode des Zugutmachens der Kupfererze in Flammöfen treten hauptsächlich Kohle und Kohlenoxydgas als Reduktionsmittel auf.

Haben wir nunmehr die trockenen Methoden der Kupfergewinnung betrachtet, so

bleibt noch die beim Kupfer vorzugsweise thunliche nasse Gewinnung theils mit, theils ohne Beihülfe des Feuers um so mehr zu erwähnen, da dieselbe in jüngster Zeit in verschiedenartiger Gestalt in die Praxis eingeführt und einzuführen versucht worden ist und ohne Zweifel bald von ganz wichtigem Belange sein wird. Handelt es sich bei solchen Prozessen auch nicht immer um die Gewinnung metallischen Kupfers, sondern bleibt man mitunter beim Kupfervitriol stehen, so ist daran zu erinnern, daß dieses schöne Salz nach der heutigen Lage der Dinge doch meistens auch nur als Durchgangsstufe zu metallischem Kupfer zu betrachten ist, indem sein jetzt so massenhafter Verbrauch seinen hauptsächlichsten Grund in der heute in so großer Ausdehnung betriebenen Galvanoplastik findet.

Eine von Alters her betriebene, mehr beiläufige und zusammenhanglos dastehende nasse Kupfergewinnungsmethode bildet die sogenannte Cementation. Die Grubenwässer der Kupfergruben enthalten durch Verwitterung von Kupferkiesen immer mehr oder weniger Kupfervitriol, bilden also stark verdünnte Kupfersalzlösungen. Legt man daher Eisenstücke hinein, so überziehen sie sich allmählig mit Kupfer, bis endlich fast das ganze Eisen verschwunden ist und Kupfer die Stelle einnimmt. Wo es sich der Mühe lohnt, nimmt man die Grubenwässer förmlich in Behandlung, läutert sie und läßt den Niederschlag in großen Kästen vor sich gehen. So gewinnt man zu Neusohl und Schmölitz in Ungarn jährlich mehrere tausend Centner Kupfer dadurch, daß man Wasser in alte Grubenbaue leitet, alte verwitterte Schlackenhalben auslaugt und aus den Lösungen das Kupfer durch Eisen niederschlägt. Ähnlich verfährt man zu Fahlun in Schweden, auf der englischen Insel Anglesea u. a. D. Die ursprüngliche Kupfervitriollösung verwandelt sich durch den Cementationsprozeß in eine solche von Eisenvitriol, den man durch Eindunsten und Krystallisirenlassen auch noch zu Gute machen kann.

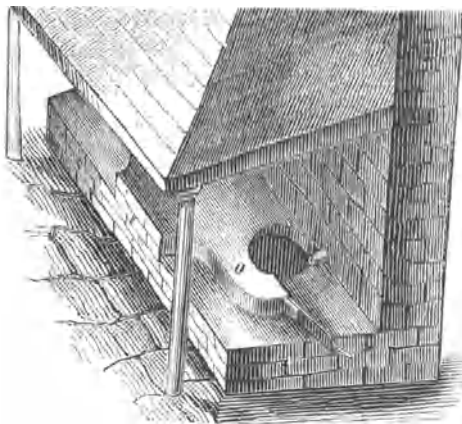


Fig. 50. Gashofen zu Kupfer.

Zu Stadtberg in Westphalen ist eine Extraktionsmethode von Kupfererz mittels Säure im Gange. Ein Schiefer, der etwa 10 Prozent kohlensaures Kupferoxyd in mulmiger Form, zum Theil auch in Form von Malachit und Lazur enthält, wird in gemauerten Behältern aufgeschichtet, die eigentlich kleine Schwefelsäurekammern vorstellen, denn es wird in einem benachbarten Brennofen durch Röstung von Schwefelkiesen und Zinkblende unter Zusatz von etwas Salpeter schweflige Säure und Stioxyd gebildet und diese Gase nebst Wasserdämpfen in die Erzkammer geleitet. Hier entsteht Schwefelsäure, welche sich sogleich mit Kupferoxyd sättigt und als Kupfervitriollösung durch den rosthörnigen Boden der Kammer abfließt. Mit drei solchen Vorrichtungen, die dort im Gange sind und deren jede 1200 Centner Erze faßt, werden die reichern Erze in 8 Wochen, die ärmern schon in 4 Wochen erschöpft. Die erhaltene Vitriollösung giebt, nachdem sie auf ein spezifisches Gewicht von 1,25 konzentriert worden, durch hineingeworfene Eisenabfälle Cementkupfer und als Nebenprodukt Eisenvitriol, der besonders zu Gute gemacht wird und bei einer Menge von jährlich 5400 Centnern größtentheils die Kosten deckt. Das gewaschene und von Eisenstückchen abgestiebene Kupfer wird in Flammenöfen verschmolzen.

Solche Maßnahmen, bei welchen es sich um das Ausziehen des Kupfers mittels einer Säure handelt, sind übrigens nur ausführbar, wenn die betreffenden Erze frei von kohlenfauren Verbindungen des Kalks, der Magnesia und des Eisens sind. Diese lösen sich fast vor dem Kupfer und binden so viel Säure, daß schon ein Gehalt von 2 Prozent die Rechnung zu Schanden macht.

Es giebt übrigens noch zahlreiche Methoden, um die geringen Kupfergehalte mancher Erze zu gewinnen, und jede von ihnen, weil sie sich allemal nach der Natur der mit in Wechselwirkung tretenden nebenfälllichen Stoffe zu richten hat, ist von den andern verschieden. Es kann aber hier nicht der Ort sein, auf diese Einzelheiten einzugehen; vielmehr muß es genügen, in einem übersichtlichen Gesamtbilde die Hauptzüge der Kupfergewinnung gezeigt zu haben.

**Verarbeitung.** Das meiste Metall der Kupferwerke erhält, so weit es nicht als Rosettenkupfer zum Wiedereinschmelzen für den Roth- und Glockenguß u. s. w. bestimmt ist, die Form von Blech oder Platten, in welcher es zur Weiterverarbeitung in Beschläge, allerhand Gefäße, Röhren, Kessel, Apparate u. s. w. dient. Das Ausschlagen geschah früher auf Hammerwerken, jetzt hat man dazu Walzwerke, wie die, welche wir schon beim Eisen begegneten. Nur ungewöhnlich große Kessel und dergleichen werden gleich unter einem Maschinenhammer ausgetrieben. Liegt der Gahrofen dem Walzwerk nahe genug, so werden die aus dem gahren Kupfer gegossenen Barren sogleich in noch glühendem Zustande durch die Walzen gelassen, im andern Falle aber erst wieder in einem Herdfeuer zum Rothglühen gebracht. Dieses Glühendmachen wiederholt sich vor jedem neuen Durchlassen durch die Walzen, bis die Barre sich in eine Platte von etwa 12—15 Fuß Länge und 5 Fuß Breite verwandelt hat. Ist die Plattenform erreicht, so können die Bleche auch durch kaltes Walzen weiter verdünnt werden und eine Erhitzung ist nur zwischendurch nöthig, wenn das Metall unter den Walzen zu hart geworden. Man taucht dann die Bleche heiß in kaltes Wasser und dadurch wird das Metall nicht wie der Stahl gehärtet, sondern es hat im Gegentheil seine Weichheit wieder erlangt. Durch die mehrfache Erhitzung und Verköhlung überziehen sich die Platten aber mit einer Oxidschicht, welche durch Beizen und Scheuern entfernt werden muß, wobei man als Lösungsmittel Ammoniak, nach hergebrachter Weise in der Form von gefaultem Urin, anwendet. Schließlich erhalten die Platten zwischen Schlichtwalzen noch eine gewisse Glätte, worauf sie zu den im Verkauf gangbaren Größen zerschnitten werden.

Das Walzwerk liefert auch Kupfer in Form von Stäben und dicken Drähten, um namentlich zum Behuf des Drahtziehens, zu Nägeln und andern kleinen Gebrauchsgegenständen zu dienen. Für das Drahtziehen bildet das Kupfer vermöge seiner großen Dehnbarkeit ein sehr geeignetes Material; ein Stab von etwa 12 Zoll Länge und 1 Zoll Stärke läßt sich in einen Draht verwandeln, der mehr als eine Meile lang und dünner als ein Menschenhaar ist. In so feiner Verdünnung dient das Kupfer namentlich zu sogenannter Leonischer Waare, d. h. es ist zu diesem Zweck vergoldet oder versilbert; die Belegung mit dem edlen Metall geschieht schon an der zum Draht bestimmten Kupferstange und das Gold und Silber muß daher die ganze Operation des Drahtziehens mit durchmachen. Als telegraphische Leitung läuft der Kupferdraht über alle civilisirte Länder der Erde und selbst unter Meere hindurch, während nicht minder bedeutende Längen dünnerer Drähte zu den Apparaten auf den Telegraphenstationen, ferner zu Rotations- und Induktionsmaschinen, kurz überall da verbraucht werden, wo es sich um Benutzung des Elektromagnetismus handelt.

Das Kupfer besitzt wie kein anderes Metall die Eigenschaft, sich durch kaltes Hämmern in beliebige Formen treiben zu lassen, ohne zu reißen oder zu springen.

Hierauf gründet sich namentlich das Geschäft des Kupferschmieds. Die Kessel und andere von ihm gelieferten Hohlwaaren sind aus flachem Blech ausgehämert. Wo die Treibkunst nicht anwendbar ist oder nicht hinreicht, tritt dann das Zusammennieten einzelner Stücke ein. Das umstehende Bildchen gewährt uns einen Einblick in eine größere Kupferschmiede, in der wir mächtige Cylindergefäße für Zuckersiedereien, Pfannen und Kessel für Brauereien und Färber, Destillirblasen u. dgl. in Arbeit sehen. Die Bildsamkeit des Kupfers ist verschiedene Mal durch das Kunststück dargethan worden, daß man aus Kupfermünzen, bis herab zum sächsischen Pfennig, Theekesseln und andere dergleichen Miniaturgeräthschaften getrieben hat und zwar so, daß am Boden derselben ein Theil der Prägung geschont worden war und als Ursprungszeugniß dienen konnte. Aber auch zu wirklichen Kunstgebilden, z. B. zu Statuen, ist das Treiben in Kupfer öfter benutzt worden und mehrere Hauptstädte, wie Berlin, Wien u. s. w., haben schöne Proben davon aufzuweisen.



Fig. 51. Eine große Kupferschmiede.

In anderer Weise dient das Kupfer seit langer Zeit der Kunst im Fache des Kupfer- und Landartenstichs und nicht minder spielt es im Dienst eine wichtige Rolle, indem es erstlich an Stelle des so leicht verderblichen Eisens zu allerhand großen Nägeln und Bolzen beim Schiffsbau, und dann in Plattenform hauptsächlich zum Beschlagen der hölzernen Schiffe dient. Der Kupferbeschlag soll vornehmlich die bohzenden Seethiere von der Beschädigung des Holzes und die Schalthiere vom Festsetzen an den Schiffskörper abhalten, weil dadurch die Beweglichkeit des Schiffes im Wasser ganz beträchtlich vermindert werden kann. Hier wirkt das Kupfer hauptsächlich durch die giftigen Eigenschaften seiner Lösungen; es muß sich also im Dienst aufopfern und

die Idee, das Schiffskupfer galvanisch zu schützen, indem man es mit Streifen eines leichter angreiflichen Metalls (Zink oder Gußeisen) belegte, das nun die ganze chemische Einwirkung allein auf sich nahm, hatte, weil dadurch das Kupfer ungeschädlich wurde, zwar den Erfolg, die rasche Auflösung desselben, aber nicht das Ansetzen der unbehaglichen blinden Passagiere, auf die es hauptsächlich abgesehen war, zu verhindern.

Als Material für den Metallguß eignet sich das Kupfer an sich, nach dem schon beim Hüttenprozeß Gesagten, schlecht oder eigentlich gar nicht, wird auch in der Praxis dazu wol niemals benutzt. Die Eigenschaft der Gießbarkeit erhält es vielmehr erst durch Verbindung mit andern Metallen, und somit kommen wir in das ausgedehnte Departement der

**Legirungen des Kupfers.** So vielfach und wichtig die Anwendung des unvermischten Kupfers ist, so ist doch seine Benutzung im legirten Zustande noch bei weitem ausgedehnter. Es tritt hierbei eine zweite vorzügliche Eigenschaft dieses Metalles an's Licht, denn so wie wir beim reinen Metall seine vorzügliche Dehnbarkeit hervorzuheben hatten, so hier die Gefügigkeit, womit es sich in die Verschmelzung mit andern Metallen schickt. Wahrscheinlich ist es sogar geeignet, mit allen metallischen Elementen Legirungen einzugehen. Die gebräuchlichsten und daher am besten studirten Legirungen des Kupfers sind die mit Zinn, Zink, Nickel, Blei und den edlen Metallen. Hierzu ist als werthvolle Bereicherung in jüngster Zeit noch die Legirung mit Aluminium (Aluminiumbronze) getreten, welche bei Besprechung dieses letztern Metalls mit betrachtet werden soll.

Durch das Legiren im Allgemeinen haben wir das Mittel in der Hand, aus den gebräuchlichen 10—12 Metallen eine ganze lange Reihe neuer herzustellen, mit neuen Eigenschaften begabt, die sich öfters aus den Eigenschaften der Komponenten gar nicht würden vorherzusagen lassen. Da man nicht bloß zwei, sondern auch drei und vier Metalle in höchst verschiedenen Verhältnissen legiren kann, so ging die Zahl der wenigstens theoretisch möglichen Legirungen geradezu in die Tausende. Vom Kupfer als Grundlage ausgehend, führt die technische Literatur allein wenigstens 70 brauchbare Legirungen dieses Metalles mit Zinn, resp. Zink, Gold, Silber, Blei, Antimon, Nickel, Wismuth, Eisen u. s. w. auf. Von Alters her bekannt und die Basis wichtiger Industriezweige bildend, sind aber die beiden Gruppen, in denen einerseits das Zinn, andererseits das Zink dem Kupfer vermählt und deren allgemeine Bezeichnung durch die Benennungen Bronze und Messing gegeben ist. Streng geschieden sind die beiden Departements insofern nicht, als auch bei gewissen Bronzen das Zink eine Rolle spielt und ihnen dadurch eine Mittelstellung anweist.

Durch das Zusammenschmelzen des Kupfers mit Zinn entsteht eine Masse, welche härter als das Kupfer, klingender, sehr politurfähig und hauptsächlich im Schmelzen von dünnerem Fluß, also geeignet ist, die Gußformen voll und scharf auszufüllen. Da diese Masse überdies beim Erkalten nicht blasig wird, so bildet sie ein ausgezeichnetes Material für die Metallgießerei, wogegen andererseits die ursprüngliche Zähigkeit des Kupfers um so mehr verloren gegangen ist, je höher der Antheil des Zinns genommen wurde. Bei 1 Theil Zinn auf 2 Theile Kupfer, oder noch bestimmter 35 Theilen Zinn auf 65 Theile Kupfer, ist die Legirung am sprödesten, von Farbe weiß oder hell stahlgrau und kaum noch durch die Feile angreifbar; mit abnehmendem Zinngehalt tritt eine weichere Konsistenz und die bekannte röthlichbraune Farbe immer mehr hervor. Sinkt der Zinngehalt unter 18 Prozent, so läßt sich die Masse in der Rothglut zwischen Walzen gut strecken, aber nicht kalt hämmern, was selbst bei 5 und weniger Prozent Zinn nicht so gut angeht wie bei



unvermischem Kupfer. Andererseits sind, wie natürlich, Legirungen von mehr Zinn als Kupfer um so weicher, je mehr das erste Metall vorherrscht.

Wird der Mischung aus Kupfer und Zinn noch Zink zugesetzt, so erhält man eine Masse, welche hinsichtlich ihrer Eigenschaft zwischen der Kupferzinnbronze und dem aus Kupfer und Zink bestehenden Messing steht. Der Zinkzusatz bringt in die Farbe der Mischung das Gelb, und wenn der Zinngehalt im Verhältniß zum Zink klein ist, so kann sogar ein schöneres und höheres Gelb erzielt werden, als dem gewöhnlichen Messing eigen ist, ein Umstand, den man zu Nutzen macht, wenn es sich um den Guß von Sachen handelt, die nachher vergoldet oder goldfarbig gefirnißt werden sollen.

**Bronze.** Die Beschaffenheit der Bronzen des Alterthums ist durch chemische Untersuchung noch vorhandener Münzen, Waffen und Geräthe mehrfach geprüft worden. Man fand immer in der Hauptsache Kupfer und Zinn oder Kupfer und Zink, daneben häufig und gerade in den ältesten Stücken auch Blei in so starker Vertretung, daß ein absichtlicher Zusatz unverkennbar ist, z. B. bei altrömischen Münzen fast bis zu  $\frac{1}{4}$  der ganzen Masse. Bei den Münzen mag sich der Zusatz aus ökonomischen Rücksichten erklären; auch das chinesische Kupfergeld scheint, nach einigen Proben zu urtheilen, immer ziemlich stark mit Blei versetzt zu sein. Andere Bestandtheile der alten Bronzen, wie Eisen, Kobalt, Nickel, selbst zuweilen ein wenig Silber, sind stets an Menge so geringfügig befunden worden, daß sie für unabsichtliche Beimischungen, veranlaßt durch die Unreinheit der Hauptmetalle, angesehen werden müssen. Dagegen gab es im Alterthum auch eine berühmte und von den Römern zu Luxusartikeln sehr geschätzte Legirung, das korinthische Erz, welche aus Kupfer und Silber bestand.

Die Bronze hat, abgesehen von ihrer wirklichen Nützlichkeit, im Laufe der Zeiten mehrfache günstige Chancen für sich gehabt. In der Blütezeit Griechenlands herrschte die Vorliebe für bronzene Statuen in hohem Grade, so daß selbst ungeheure Kolosse dieser Gattung hergestellt wurden. Der römische Konsul Mutian soll zu Athen 3000 bronzene Statuen und eben so viel zu Rhodus und Delphi gefunden haben. Im Mittelalter herrschte eine andere, der Bronze günstige Geschmacksrichtung, die Vorliebe für viele und möglichst große Kirchenglocken, bis eine neuere Zeit in derselben das Hauptmaterial fand für Kanonen und andere Zerstörungsmaschinen. Während sie aber dieses letztere Gebiet ohne Zweifel wieder an den Stahl abtreten müssen, hat sich andererseits die Lust am Denkmalsetzen wieder sehr gehoben, und außerdem sichert ihr die heutige Industrie in Anwendung auf allerlei Kurz- und Kunstwaaren eine immerhin beträchtliche Verwendung.

Im Allgemeinen unterscheidet man Glockenmetall (Glockenspeise), Geschützmetall und Statuenbronze als drei Sorten, die je nach ihrer Bestimmung eine etwas andere Zusammensetzung erhalten. Es giebt aber erstlich schon für diese drei keine feststehende Norm, und dann hat man noch eine Menge anderer Zusammensetzungen für andere Zwecke, die alle das Kupfer zur Grundlage und noch ein, zwei oder drei andere Metalle zu Begleitern haben und zur Klasse der Bronzen gehören. Wir wollen in Nachstehendem wenigstens eine abgekürzte Uebersicht solcher Kompositionen geben.

a) Kupfer und Zinn.

|                                           | Kupfer. | Zinn. |
|-------------------------------------------|---------|-------|
| Glockenmetall . . . . .                   | 4       | 1     |
| » für Uhr Glocken . . . . .               | 100     | 33    |
| Kanonenmetall . . . . .                   | 100     | 10—11 |
| Medaillenbronze . . . . .                 | 92      | 8     |
| Lagermetall für Lokomotivachsen . . . . . | 86      | 14    |

## b) Kupfer, Zinn und Zink.

|                                                                       | Kupfer. | Zinn. | Zink. |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|
| Mannheimer Gold . . . . .                                             | 91      | 15    | 9     |
| Metall zu Lagern, Radbüchsen, Pumpen zc.                              | 80      | 18    | 2     |
|                                                                       | 82      | 16    | 2     |
|                                                                       | 88      | 10    | 2     |
| Statuenbronze, rothgelbe Grenze . . . . .                             | 84,42   | 4,30  | 11,28 |
| » hochgelbe » . . . . .                                               | 65,95   | 2,49  | 31,58 |
| Scheidemünzen in Frankreich, Schweden und<br>in der Schweiz . . . . . | 95      | 4     | 1     |
| » in Dänemark . . . . .                                               | 90      | 5     | 5     |

## c) Kupfer, Zinn, Zink und Blei.

|                                     | Kupfer. | Zinn. | Zink. | Blei. |
|-------------------------------------|---------|-------|-------|-------|
| Statuenbronze . . . . .             | 78,5    | 2,9   | 17,2  | 1,4   |
| Thomson's Glockenmetall . . . . .   | 80,0    | 10,1  | 5,6   | 4,3   |
| Metalle zu Achsenlagern zc. . . . . | 79      | 8     | 5     | 8     |
|                                     | 38      | 15    | 1,5   | 0,5   |

Es läßt sich denken, daß so verschiedene Zusammensetzungen auch verschieden ge-eigenschaftete Produkte geben müssen, die sich bald für diesen, bald für jenen Zweck besser eignen werden. In Rücksicht darauf, daß die Masse nicht bloß vergossen, sondern auch überarbeitet, durch Hämmern, Feilen, Abdrehen u. s. w. behandelt werden soll, muß man von ihr auch eine gewisse Weichheit und Geschmeidigkeit verlangen, welche manche dieser Legirungen nicht besitzen. Mischungen, die etwa 85 Prozent Kupfer und den Rest in Zinn, oder 8 Theile des ersteren und 1 Theil des letzteren enthalten, sind schon von Natur etwas weich und geschmeidig. Man kann diese Eigenschaft erhöhen und sie selbst anders beschaffenen Legirungen mittheilen dadurch, daß man sie glühend in kaltes Wasser bringt. Die Bronze wird hierdurch wie das Kupfer selbst weicher, unter dem Hammer, der Prägepresse und mit Schneideinstrumenten bearbeitbar, ein Umstand, der für die Anwendbarkeit dieses Stoffes von wesentlichem Belang ist, um so mehr, da sich der frühere Härtegrad durch einfaches Erhitzen und langsames Erkaltenlassen leicht wieder herstellen läßt.

Die Behandlung der Bronze beim Schmelzen und beim Gießen namentlich größerer Stücke bietet gewisse Schwierigkeiten, die aus der ungleichen Natur der verschiedenen Metalle entspringen. Die Zusammensetzung der Masse ändert sich durch die ungleiche Einwirkung des Sauerstoffes auf die verschiedenen Bestandtheile während der ganzen Dauer der Schmelzung. Man wird also beim Einschmelzen, wenn eine bestimmte Proportion der Bestandtheile verlangt wird, dem unvermeidlichen Verluste durch Oxydation Rechnung tragen müssen. Ferner ist es zweckmäßig, das Zusatzmetall nicht einfach auf das im Tiegel schmelzende Kupfer aufzuwerfen, sondern es sogleich unter die Oberfläche zu treiben, wo möglich auch die leicht oxydirbaren Metalle in bereits legirtem Zustande zuzusetzen. In der Lütticher Stückgießerei z. B. trägt man zu 100 Theilen schmelzenden Kupfers vorerst nur 8 Theile Zinn ein und vollendet dann den Fluß durch Zusetzen einer schon vorrätzig gehaltenen Legirung aus 2 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn.

Auch die verschiedene Schwere der Bestandtheile macht sich bei schmelzenden Metallgemischen geltend. Beim ruhigen Stehen und langsamen Erkalten eines solchen kann das erhaltene Gußstück bei der Untersuchung ein ganzes Sortiment von Bronzen aufweisen, zu unterst die kupfer-, zu oberst die zinnreichsten. Dazu scheint auch in den Metallen ein Bestreben zu walten, sich in bestimmten festen Verhältnissen besonders

gern zu legiren, wodurch weitere Gruppierungen angeregt werden. Allen diesen Separationsgelisten muß durch tüchtiges Berrühren der Masse unmittelbar vor dem Laufenlassen gesteuert werden; sind aber die Gußstücke groß und war noch dazu die Gußmasse heißer als gerade nöthig, so daß die Abkühlung sich verzögert, so beginnt die Sonderung in den Gußformen von Neuem, und es fallen leicht Stücke von unregaler Beschaffenheit der Masse. Der Zielpunkt und die Kunst des Gießers besteht demnach darin, die Masse genau bei einem solchen Grade laufen zu lassen, wo sie zwar noch die Formen gut ausfüllen kann, dann aber auch schnell erstarrt.

Zum Schmelzen der Bronze im Großen wendet man Flammenöfen an, die in einem großen Raume, dem Gießhause, erbaut werden, der zugleich zum Form- und Gießraume dient; kleinere Gegenstände gießt man aus Tiegeln. Man feuert entweder Holz- oder Steinkohlen, welche eine rasche, starke Hitze geben.

**Glockenguß.** Indem wir nun den Bronzeuß in seinen verschiedenen Branchen etwas näher betrachten wollen, läßt sich sogleich bemerken, daß der Glocken- und Kanonenguß hinsichtlich der Masse, die sie verarbeiten, einander sehr nahe stehen, sowol den Bestandtheilen als den Verhältnissen derselben nach. Beide, und zwar der Stückguß ganz konsequent, halten sich nur an Gemische von Kupfer und Zinn; jeder andere Zusatz würde nach Ansicht der Sachverständigen den Widerstand schwächen, den die Geschützrohre sowol der mechanischen Anstrengung als den chemischen Einflüssen der Pulververbrennung leisten müssen. Den Glockenguß anlangend, so soll alten Chroniken und der noch lebendigen Sage zufolge in früheren Zeiten auch Silber, so viel ein frommes Publikum davon als Opfergabe herbeibringen wollte, hinzugekommen sein. Wenn man nun auch anzunehmen geneigt sein könnte, daß ein Silberzusatz auf den Ton einer Glocke einen vortheilhaften Einfluß haben werde, so hat sich doch merkwürdigerweise noch in keiner alten Glocke Silber nachweisen lassen, und man kommt so auf die Vermuthung, es könnte durch die Gießer ein zumtunmäßiger Hofuspokus geübt worden sein und das Loch zum Einwerfen der Silberfachen gar nicht zu der Schmelzmasse geführt haben. Ja, es scheint sogar erwiesen, daß Silber in einer Glocke dem Tone nicht nur nicht förderlich, sondern gegentheils geradezu nachtheilig ist. In England wollte man neulich die Sache auf praktischem Wege aufklären und goß aus einer bestimmten Legirung vier Versuchsglocken dergestalt, daß die Masse der ersten blieb, wie sie war, und die übrigen in steigender Menge einen Silberzusatz erhielten. Der Erfolg war: die silberfreie Glocke klang weitaus am besten, die übrigen in dem Maße schlechter, als sie mit dem theuren Metall versetzt waren, das man sonach anderweit viel besser anwenden kann.

Die Glockenspeise also bildet ein Kompositum von durchschnittlich 78 Theilen Kupfer und 22 Theilen Zinn. Das gelblichgraue Metall hat einen dichten, feinkörnigen Bruch, schmilzt leicht und wird sehr dünnflüssig, daher die Zierrathen und Inschriften der Glocken auch immer scharf und rein im Guß kommen. Vermöge seiner Härte und Sprödigkeit ist es sehr klangreich; mit dem Kupfer theilt es aber die Eigenschaft, daß Härte und Sprödigkeit nur vorhanden sind, wenn der Guß, wie bei Herstellung der Glocken, langsam abgekühlt ist; beim raschen Abkühlen wird es weich und hämmerbar. Es ist daher möglich, durch Schmieden dünnwandige Lärmbecken, wie die chinesischen Gong's oder Tamtams, zu verfertigen, während gewöhnlicher Glockenguß so spröde ist, daß eine Nachbearbeitung der Glocke auf der Drehbank, um etwa ihren Ton etwas zu ändern, nicht thunlich ist. Die Glocke muß also den Ton, den sie erhalten soll, schon aus dem Gusse mitbringen. Die Tonstufe und der beste Klang der Glocke hängen sowol von der Masse des Metalls als von deren Vertheilung, also von der Form und den Dimensionen, dem Umfang, der Höhe, Wandstärke, wie auch von

dem Grade der Elasticität des Metalls ab; die Regeln hierfür sind den Erfahrungen einer sehr langen Praxis entnommen, und es darf ohne Nachtheil nur unbedeutend davon abgewichen werden. Die Glocke besitzt ihre größte Wandstärke am Schlagringe, d. h. an demjenigen Umkreise, gegen den der Klöppel schlägt. Die größte Weite ist gewöhnlich das 15fache, die Höhe das 12fache von der Dicke am Schlagringe. Die Schwere des Klöppels beträgt etwa den 40sten Theil vom Gewicht der Glocke.

Während man kleine Glocken für Häuser, Bahnhöfe u. s. w. in Sandmodellen, wie andere Gießereiarbeiten, fertigt, gießt man Thurmglöcke in Lehmformen und geht dabei folgendermaßen zu Werke. Der magere, aber nicht sandige Formlehm wird mit Pferdemist, Flachssteben oder Kälberhaaren gemengt. Die Form wird vor dem Gießofen in der Dammgrube aufgeführt; die Grube ist etwas tiefer, als die Glocke hoch werden soll, weil erstlich das einfließende Metall etwas Fall haben und dann auf dem Boden der Grube ein Fundament von Steinen für die Form gelegt werden muß. Zuerst schlägt der Former einen hölzernen Pfahl in der Mitte der Grube ein, legt das Fundament um denselben und mauert auf diesem den Kern aus Ziegelsteinen hohl auf. Der Kern hat ungefähr die Form und Größe, daß er den Innenraum der verlangten Glocke ziemlich ausfüllt. Durch Auftragen mehrerer Schichten feinen Lehms auf den Steinern wird der Körper noch aufgehöhht und ihm dann mittels einer sogenannten Lehre die richtige Form ertheilt. Die Lehre ist ein Stück Bret, dessen eine Seite nach dem inneren Profile der Glocke ausgeschnitten und scharfkantig gemacht worden ist. Sie ist an einer im Centrum über dem Pfahle angebrachten eisernen Spindel befestigt, und indem sie um den abzugleichenden Kern herumgeführt wird, nimmt sie von der weichen Hülle desselben so viel weg, daß eben die gewünschte innere Form der Glocke gebildet wird.

Der so weit fertige Kern wird geäschert, d. h. mit in Wasser oder Bier angerührter Asche bestrichen, damit der nunmehr folgende Formtheil (die Dicke) nicht an dem Kerne hängen bleibe. Jetzt bringt man in den Hohlraum des Kernes Feuer, trocknet ihn damit völlig aus und beginnt nun mit dem Auftragen einer neuen Lehmschicht, welche man schließlich durch eine zweite Lehre rundet und in die verlangte Gestalt bringt. Da diese Lehre nach dem äußeren Profil der Glocke geschnitten ist, so ist einleuchtend, daß diese Schicht, die eben die Dicke oder das Hemd heißt, das ganze Ebenbild der Glocke, mit Ausnahme der Henkel, darstellen muß. Auf dieses eigentliche Modell setzt man denn auch Alles, was über die allgemeine Oberfläche der Glocke hinausragt, also Inschriften, Wappen, Reifen und sonstige Verzierungen. Diese Gegenstände sind in Formwachs bossirt und werden an gehöriger Stelle mittels Terpentin angeklebt, nachdem schon vorher die ganze Außenseite des Modells, zur Verhütung des Zusammenbackens mit dem dritten und letzten Formtheil, mit einer Mischung von Wachs und Talg überstrichen worden. Dieser Theil, der Mantel, entsteht wieder durch Auftragen mehrerer Lehmschichten auf das Modell, die erstere aus der feinsten Masse mittels des Pinsels, die folgenden weniger umständlich. Auch auf die äußere Oberfläche des Mantels wendet man keine besondere Sorgfalt, da auf sie nichts ankommt. So ist denn endlich ein Mauer- und Klebwerk entstanden, das äußerlich nur die rohe Form der Glocke zeigt und aus drei Schichten, Kern, Dicke und Mantel, besteht. Der letztere erhält eine Dicke von 4—6 Zoll. Jetzt wird noch der Kreuzhenkel (die Krone) der Glocke als besonderes Modellstück gefertigt und dem Mantel aufgepaßt. Die Krone hat an verschiedenen Stellen Windpfeifen. Durch umgelegte eiserne Reifen und Bänder giebt man dem aus Mantel und Krone bestehenden Modellstück die nöthige Verstärkung, damit es bei der nachfolgenden Prozedur seinen festen Zusammenhalt bewahre. Nachdem nämlich auch der Mantel durch

Feuer vollständig getrocknet worden und dabei alles Wachs und Talg aus dem Innern der Form ausgeschmolzen ist, windet man mittels eines Krannes das Mantelstück aus der Grube empor, so daß es frei in der Luft schwebt. Die mittlere Schicht, welche dem Metall Platz machen soll, wird nun stückweise vom Kerne abgebrochen, die Gußflächen des Kernes und Mantels genau untersucht und alles Schadhafte nachgebessert. Nachdem endlich auch die Höhlung des Kernes mit Erde ausgefüllt worden, läßt man das schwebende Mantelstück wieder nieder und sorgt, daß es genau seine vorige Stelle wieder einnehme. Die Fuge zwischen dem unteren Mantelrand und der Steinsohle wird mit Lehm verstrichen, die Dammgrube bis oben mit Erde gefüllt und diese so fest wie möglich zusammengestampft. Daß für einen Einguß am obersten Theile des Mantels gesorgt ist, versteht sich wol von selbst.



Fig. 52. Eine Glockengießerei-Werkstatt.

So steht denn die aus Lehm gebrannte Form, „festgemauert in der Erden“, bereit, den feurigen Guß in ihr Inneres aufzunehmen, mit dessen Herrichtung man am Gießofen bereits in voller Arbeit sein wird, denn es gehört eine Zeit von 4—6 Stunden dazu, um das Metall in vollen Fluß und in gießfertigen Zustand zu bringen. Man schmilzt erst alles Kupfer nieder, setzt dann  $\frac{2}{3}$  des benötigten Zinns zu und nachdem diese Legierung gut im Flusse und die Oxide (das Gekräz) von der Oberfläche abgeräumt sind, fügt man das übrige Zinn bei. Ist der Moment des Gusses gekommen, so wird der Zapfen am Abstichloch, der das Metall im Ofen zurückhält, mit einer Eisenstange weggestoßen, und jetzt läßt sich bei der Sache weiter nichts

mehr thun, als zuzusehen, wie der feurige Fluß durch das Gerinne strömt und im Einguß des Modells verschwindet, und auf das Blasen der Windpfeifen zu hören, ob sie eine stete und ruhige Füllung der Form anzeigen. Nach vollendetem Gusse läßt man das Ganze einen bis zwei Tage erkalten, räumt dann die Gießgrube, zer schlägt den Mantel, hebt die Glocke mittels des Krahnes aus, sägt die Gießzapfen und Angüsse ab, befreit die Unebenheiten und giebt der Glocke durch Schleifen mit Sandstein u. dgl. ein schönes Ansehen. Auf unserem Bilde (Fig. 52) links sieht man das Innere einer Glocke dergestalt mit einer Art Maschine bearbeiten.

Beim Glockenguß verfällt etwa  $\frac{1}{10}$  des Metalls der Verschlackung, und um diesen Betrag muß die Masse größer als das Gewicht der Glocke genommen werden. Erhält eine Glocke beim Gießen oder später einen Sprung, so hilft man ihr gründlich nur durch Umgießen; ein nothdürftiges Hülfsmittel gewährt für nicht zu tief greifende Wunden das Ausfügen: man bohrt zu Ende des Sprunges ein Loch durch die Glockenwand und führt zwei den Sprung einschließende Schnitte, die in dem Loche zusammen treffen, und schneidet somit zwei Abfallstreifen heraus. Hierdurch ist die tonverderbende Berührung der Sprungflächen aufgehoben und die Glocke bekommt wieder einen Klang. Den Ton einer Glocke prüft man am besten durch eine Stimmgabel, indem man sie anschlägt und sogleich an die Glocke ansetzt. Haben beide genau denselben Ton, so klingt die Glocke mit, bei der geringsten Abweichung aber bleibt sie stumm.

Eine vielbesprochene Neuigkeit waren einmal Stahlstabgeläute, die sich ebenfalls durch große Wohlfeilheit und außerdem durch ihre Leichtigkeit zu empfehlen suchten. Diese Institute haben gar keine äußere Ähnlichkeit mit Glocken; es sind in einem Winkel gebogene stählerne Schienen  $\wedge$ , die an der Spitze befestigt sind und deren frei abstehende Schenkel mit Hämmern angeschlagen werden. Wer sie gehört, wird wissen, daß sie zwar nicht gerade wie Glocken klingen, aber sie klingen doch und sind für kleine Ortschaften jedenfalls ausreichend.

Als Erfinder des Glockengusses gilt Paulinus, Bischof zu Nola in Campanien, der um's Jahr 400 lebte (siehe Bd. II, S. 351). Es ist aber nur erwiesen, daß in Nola, in dessen Nähe sich ein vorzügliches Kupfererz fand, in alten Zeiten die Glockengießerei in bedeutender Blüte stand und ein starker Handel mit Glocken getrieben wurde. Zuerst schafften sich einzelne Klöster Glocken an und läuteten nun zu Gebet und Gottesdienst, während man früher geblasen hatte. Der Gebrauch ging dann allmählig auch auf andere Kirchen über. In Deutschland finden sich Glocken im 11. Jahrhundert, und seit dem 14. blühten die berühmten Glockengießfamilien zu Nürnberg und Augsburg.

Der Geschmack für kolossale Glocken ist verschwunden, und die vorhandenen können sich nur noch vermindern; es müßte denn sein, daß die Liebhaberei in Amerika wieder auflebte, wo man noch 1845 zu Newyork ein Exemplar von 215 Centnern Gewicht goß. Am stärksten scheint das Wohlgefallen an Glocken in Rußland zu sein; Moskau soll deren bis zum Brande im Jahre 1812 nicht weniger als 1706 besessen haben. Die eigentliche große Moskauer Glocke, schon 1737 zerbrochen, wog angeblich 3860 Centner; die 1812 herabgestürzte und gebrochene Glocke des Kreml 1260 Centner; in Nowgorod befindet sich eine von 620 Centnern, in Wien eine 1711 gegossene von 354 Centnern; die größte der Liebfrauenkirche zu Paris ist 256 Centner schwer, wird also von der großen Susanne zu Erfurt noch um 19 Centner übertroffen.

**Geschützguß.** Die ältesten Geschütze wurden gleichsam zusammengeböttchert, d. h. man setzte Eisenstäbe wie Faßdauben zu einer Röhre zusammen und trieb über das Ganze eiserne Reifen. Selbst von ledernen Kanonen ging die Rede, was vielleicht

so zu verstehen ist, daß man solche aus Stücken bestehende Rohre durch Ueberlegen von Leder gasdichter zu machen suchte. Später lernte man das Gestäbe zusammenschweißen; aber da die Ansprüche an die Geschütze sich mehr und mehr steigerten, und besonders als man statt der früheren Steinkugeln eiserne einführte, mußte sich die Mangelhaftigkeit der weichen Stabeisenrohre immer deutlicher herausstellen, und man ging daher schon frühzeitig zum Geschützguß über. Wann und wo man zuerst Geschütze goß, und ob man früher zum Eisen oder zur Bronze griff, ist unermittelt. Die ersten deutschen Bronzegeschütze, von welchen Nachricht vorhanden ist, wurden 1372 von Narau in Augsburg gegossen. Im 17. Jahrhundert goß man Eisenrohre aus dem Hohofen über den Kern, also gleich hohl; um die Mitte des 18. wurde zuerst, wie jetzt allgemein, in Eisen wie in Bronze aus dem Vollen gegossen und die Hohlung später ausgebohrt.

Mit der Zusammensetzung der Bronze nahm man es in früheren Zeiten aus Mangel an Kenntniß nicht sehr genau. Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts fing man an, für größere Reinheit des Geschützmetalls zu sorgen, und ließ namentlich auch das Zink weg, in Frankreich in Folge einer allgemeinen Regierungsanordnung. Indes hat ein kleiner Gehalt an Zink, bis 3 Prozent, auch seine Vertheidiger gefunden, und man hat nachweisen wollen, daß er in dieser Menge der Haltbarkeit nicht schade, wol aber das Metall dünnflüssiger und dadurch gußfähiger mache. Die dänische Artillerie soll ihrer Bronze noch jetzt Messing zufügen.

In neuerer Zeit also betrachtet man eine Legirung von 9 Theilen Kupfer und 1 Theil Zinn als die eigentliche Geschützbronze, obwol sich die Masse nicht für alle Kaliber gleichbleibt und namentlich für die kleineren Rohre der Antheil des Kupfers gegen das Zinn noch etwas erhöht wird.

Von nicht geringerem Einfluß auf die Güte des Gusses als auf die Beschaffenheit des Materials sind übrigens die Veränderungen, welchen die Masse nach dem Ausgießen unterliegt. Sowol eine rasche als eine langsame Abkühlung bringt Nachteile, und man ist nicht einmal einig darüber, welches die kleineren sind. Es scheinen sich in der Masse gern zwei Legirungen zu bilden, eine sehr harte und spröde weiße, aus 23 Theilen Zinn und 77 Theilen Kupfer bestehend, und eine schwerer schmelzbare röthlichgelbe. Die erstere ist schwerer und sinkt bei ruhigem Stehen nach der Tiefe oder separirt sich in der gelben in Körnern, zuweilen von Bohnengröße. Man nennt sie Zinnflecke, weil man die Masse anfänglich für reines Zinn ansah. Durch starkes Umrühren der geschmolzenen Masse unmittelbar vor dem Ausguß suchen die Gießer beide Legirungen möglichst zu einer homogenen Masse zusammenzumischen.

Da man, wie gesagt, alle Kanonen- und Haubitzenrohre voll gießt und sie erst durch Ausbohren zu Rohren macht, so bedarf man nur einer Hohlform, welche über ein Modellstück gebildet ist, das äußerlich ganz die Gestalt einer Kanone hat. Es giebt zwei Gußmethoden, die ältere in Lehm, und die neuere, viel rascher fördernde, in Massesand, welche jetzt die erstere größtentheils verdrängt hat. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden besteht darin, daß man dort ein Modell aus Lehm bildet, das bei jedem Gusse verloren geht, während man hier über ein metallenes formt, das immer wieder gebraucht werden kann. Das Einformen in Lehm geschieht im Wesentlichen ganz wie beim Glockenguß. Der Modellkörper wird über eine viereckige eiserne Spindel durch Auftragen von Lehmschichten und schließlich durch Aufsetzen der Inschrift und Verzierungen aus Wachs hergestellt. Ueber denselben wird wie beim Glockenguß die Hohlform hergestellt und der Guß bewirkt. Das Gußstück zeigt aber nicht bloß die Gestalt des Rohres, sondern hat an jedem Ende noch einen Ansatz.

Der viereckige am Hinterende heißt der Stollen; er dient zur Befestigung des Rohrs auf der Bohr- und Drehbank und wird nach geleistetem Dienst abgeschnitten. Am Vorderende sitzt eine cylindrische Verlängerung von 18 Zoll Länge oder mehr, der verlorene Kopf, der noch vor dem Ausbohren abgeschnitten werden muß. Derselbe wird deswegen mit angegossen, damit er durch seine Schwere, die 16, 20 und mehr Centner beträgt, die Masse des eigentlichen Rohres dichter und gleichmäßiger macht.

Rascher zum Ziele führt der Massen- oder Kastenguß. Das Geschützmodell sammt Gießkopf ist hier in Metall, meistens Bronze, dünnwandig gegossen, und besteht aus mehreren Stücken, welche ganz, wie schon beim Eisenguß beschrieben, in entsprechender geformten eisernen, zweitheiligen Kästen mit dem Formsand umstempft werden. Nach Vollendung der Form nimmt man die Kästen aus einander und die Modelle heraus, bessert schadhafte Stellen nach, schlichtet die ganze Innenseite mit einem Gemisch von Milch und Graphit, trocknet die Form und schließt sie wieder. Die Formen kommen stehend, das Vorderende zu oberst, in die Gießgrube, werden hier mit Erde umstempft und sind so zum Empfang des Eingusses fertig.

Das Bohren der Hohlung in die Kanon- und Haubitzenröhre geschieht mittels besonderer Bohrmaschinen, die entweder horizontal oder senkrecht wirken. Erstere sind zugleich mit Vorrichtungen zum Abdrehen der äußeren Oberfläche der Röhre und zum Abschneiden der Stollen und verlorenen Köpfe versehen. Bei ihnen dreht sich das Rohr gegen den festliegenden Bohrer, bei senkrechten dagegen dreht sich der Bohrer, welchem das Rohr aufwärts steigend zugeführt wird. Mörser werden wie Stocken über einen Kern gegossen, daher nicht ausgebohrt, sondern nur nachgedreht.

Bei den meisten Bronzegeschützen geht das Zündloch nicht durch die Masse des Rohres, sondern durch ein rundes, zapfenartiges Einsetzstück von reinem Kupfer, welches an betreffender Stelle vermöge eines sehr guten Schraubengewindes eingesetzt ist. Das Kupfer widersteht besser als die Bronze dem Ausbrennen und der dadurch verursachten Erweiterung des Zündlochs. Wurde das Geschütz vernagelt, d. h. durch Eintreiben einer scharfzantigen Stahlspeitze in das Zündloch unbrauchbar gemacht, so geschieht die Wiederherstellung am schnellsten durch Herausnahme des Einsatzes und Einschrauben eines Ersatzstückes.

Der Statuenguß, auch Kunst- und Erzguß genannt, arbeitet nach Modellen, die von Künstlerhand ausgeführt sind. Dem Gießer fällt die Aufgabe zu, das Original in allen seinen Theilen so genau und vollständig als möglich wiederzugeben, und die geschickte Lösung dieser Aufgabe, die Ueberwindung der dabei auftretenden Schwierigkeiten ist nichts Kleines; es kann daher auch ein Gießer in seinem Fache ein berühmter Mann sein. Die Kunstgießerei in Erz stand schon im griechischen Alterthum auf einer hohen Stufe der Ausbildung. Sie lebte im Mittelalter zuerst wieder in Italien auf; dann erstanden auch deutsche Meister, unter denen der Nürnberger Peter Vischer, der Schöpfer des berühmten Sebaldusgrabes mit gegen hundert Figuren, als der hervorragendste gilt.

Das Ideal des Kunstgusses wäre, ein jedes Bildwerk aus einem einzigen Stück zu gießen. Häufig jedoch erscheint dies unthunlich wegen der Komplizirtheit des Werkes, oder zu gewagt wegen seiner Größe, und man muß sich entschließen, einzelne Theile abgefordert herzustellen und sie dann durch Zusammenfügen zu einem Ganzen zu vereinigen. Jedenfalls sucht man aber die Anstückelung so einzurichten, daß die Fugen in Partien verlegt werden, wo sie am wenigsten in's Auge fallen. Nur in seltenen Fällen hat man bisher gewagt, kolossale Bildwerke in einem Stück zu gießen; man giebt dabei der Form statt der aufrechten eine horizontale Lage. Ein gelungenes Beispiel hiervon giebt die Statue von Robert Peel in London.



Standbilder bedürfen für ihre ruhige Existenz kein besonders festes, gegen Anstrengung und Stöße abgehärtetes Material; dagegen hat man mehr auf einen schönen Farbenton, auf die Fähigkeit, sich nach dem Guß für die Eiselerungsarbeiten nicht spröde zu zeigen, mit der Zeit oder auf künstlichem Wege eine schöne Patina anzunehmen, sowie darauf zu sehen, daß die Legirung leichtflüssig ist und die Formen gut ausfüllt. Legirungen von Kupfer mit Zinn und Zink zugleich entsprechen diesen Anforderungen am besten. In den bewährtesten Mischungen beträgt der Zinkgehalt zwischen 4 und 10, der Zinngehalt zwischen 2 und 6 Prozent.

**Formen.** Die Methoden zur Herstellung der Gießformen für den Kunstguß sind verschieden; die älteste und wahrscheinlich schon von den alten griechischen Künstlern geübt gestaltete sich folgendermaßen. Man richtet zuerst einen Kern her, welcher schon die Figur in allen ihren Theilen, aber nur in roher Ausführung und etwas kleiner darstellt, als das Bild werden soll, gewöhnlich aus einer Masse von Gyps, Ziegelmehl und zähem Thon. Verlangt das Bild einen Kern, der sich allein nicht tragen würde, so unterstügt man ihn durch ein Gerippe von eisernen Stäben und Reifen. Gewisse Stäbe dieses Gerippes dienen zugleich zur künftigen Befestigung des Standbildes in seinem Postament, andere zur Absteifung zwischen dem Kern und dem nachher aufgebrachten Mantel. Ist die Kernfigur vollendet, so wird sie mit Feuer getrocknet und sodann mit einer Wachsschicht von höchstens 1 Zoll Dicke in ihrer ganzen Oberfläche belegt und überzogen. In dieser Gestalt unterliegt nun die Figur der weiteren Ausarbeitung durch den modellirenden Künstler; er hat alle Einzelheiten mit möglichster Genauigkeit anzuführen, und von seinem Geschick und Genie hängt der Grad der Vollkommenheit des künftigen Kunstwerkes ab. Sobald diese Kunstarbeit gethan ist, fertigt man, in ähnlicher Weise wie bei den schon früher besprochenen Güssen, die äußere Umhüllung, den Mantel. Begreiflich muß dieses Geschäft in seinem ersten Stadium mit größter Subtilität ausgeführt werden. Man braucht dazu ein Material, das alle Feinheiten des Modells aufzunehmen und festzuhalten vermag, ohne durch das Trocknen zu schwinden und dadurch etwa die modellirten Züge karrivirt wiederzugeben. Das gewöhnliche Material besteht aus Thon und gestoßenen Schmelzriegeln. Man trocknet, pulvert und sibt die Masse höchst fein und rührt sie mit Wasser zu einem rahmartigen Brei an. Sorgfältig pinselt man nun erst eine Lage wie einen Anstrich auf die Form, läßt nach jedesmaligem Trockenwerden deren mehrere folgen, bis eine Dicke erreicht ist, welche gestattet, zu gröberer Lehmmasse überzugehen. Wenn endlich die erforderliche Dicke erreicht ist, welche natürlich mit der Größe des Gußwertes zunehmen muß, so armirt man den Mantel mit eisernen Stäben und Bändern und setzt dann das Modell der Hitze aus, welche das Wachs anschmilzt und den Thon trocknet. Durch die Entfernung des Wachses entsteht der Hohlraum, welcher das Gußmetall aufzunehmen hat. Der Kern schwebt nunmehr frei in der Form, bis auf einige Eisenstangen, welche von ihm in den Mantel übergehen. Das Nachgeben eines einzigen solchen Ankers könnte Veranlassung geben, daß der Kern eine Wendung macht und entweder die Form beschädigt oder sonst zu einem Fehlgusse Anlaß giebt, der wenigstens das Nachgießen und Ansetzen einzelner Theile des Bildes nothwendig machen würde.

Statt dieser Methode, welche das Unbequeme hat, daß der Künstler gewissermaßen im Finstern tappt, indem er niemals einen Einblick in das Innere der Form gewinnen kann, wendet man jetzt häufiger ein abgeändertes Verfahren an, das gerade den umgekehrten Weg geht. Von dem Originalmodell, welches der Künstler über ein Eisengerippe aus Formgyps in ganzer Größe ausgeführt und künstlerisch vollendet hat, nimmt man einen dicken, schalenförmigen Abguß von Gyps in so viel Stücken, als

die Umrisse des Bildes erfordern. Nachdem man dieselben probeweise zu einem Ganzen zusammengestellt, nimmt man in Tafeln von gleicher Dicke ausgewaltes und in Streifen geschnittenes Modellwachs und belegt damit die Innenseite aller Abgüßstücke in solcher Stärke, als die Wandungen des metallenen Gusses haben sollen. Mit geeigneten Werkzeugen wird das Wachs in alle Vertiefungen des Modelles gehörig eingedrückt. Die mit Wachs gefütterten Formtheile sollen nun in ein Ganzes vereint auf den Kern gebracht werden, dessen Bildung also hier erst in zweiter Stelle stattfindet. In der Gießgrube hat man einstweilen das Gerippe dieses Kernes aus eiser- nen Stäben zusammengesetzt; dasselbe einschließend baut man nun die Formstücke auf, natürlich von unten anfangend, und gießt die Hölhlung, so wie die Arbeit fortschreitet, mit einem Brei aus Gyps, Sand und Ziegelmehl aus, welcher bald erhärtet, alle Zwischenräume zwischen den Eisenstücken und dem Wachsmodell ausfüllt und die Hauptmasse des Kernes bildet. Jetzt kann man die äußere Gypsform behutjam ab- nehmen und hat nun ebenfalls ein Wachsbild, wie wir es vorhin anscheinend auf eine viel weniger umständliche Weise entstehen sahen. Dennoch ist dieses neuere Verfahren

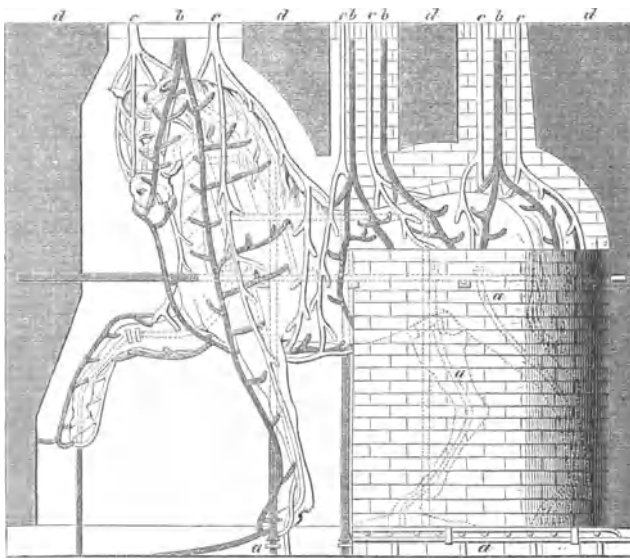


Fig. 53. Gießform einer Statue (Pferd).

das leichtere, geht rasch von Statten und ge- währt den Vortheil, daß das ursprüngliche künstlerische Modell nicht verloren geht, son- dern zu weiteren Ab- güssen verfügbar bleibt. Zur Form für den feu- rigen Guß würde der Gyps nicht taugen; an seine Stelle tritt daher nun feuerfeste Form- masse, aus welcher ganz in der Weise, wie bei der vorhin beschriebe- nen Methode, die Guß- form mit Mantel und Hohlraum hergestellt wird. Selbstverständ-

lich ist durch Kanäle stets dafür gesorgt, daß das Wachs unbehindert ausfließen kann. Von Wachs waren auch die Modelle für den Einguß und die Windpfeifen; sie wur- den vor Anlage des Mantels dem Wachsbild angesetzt.

Zur Veranschaulichung des bisher Gesagten möge das beigegebene Innenbild einer Gießform dienen (Fig. 53). Der Gegenstand ist ein Pferd in natürlicher Größe, also ein Stück, das in einem Gusse gegeben werden kann. Wir erblicken da im Inneren ein merkwürdiges System von Linien, das fast das Bild eines anatomischen Präparats giebt. Wir können in der That etwas Aehnliches wie Knochen, Arterien und Venen unterscheiden. Die Knochen sind von Eisen, im Bilde am schwächsten an- gedeutet und mit a bezeichnet. Einzelne Barren gehen freilich, dem Vergleiche spot- tend, aus dem Thiere hinaus, durch den Mantel hindurch, in das umgebende Stampf- und Mauerwerk und in den Grund der Gießgrube, um dem Ganzen Halt zu geben. Die im Bilde dunkel gehaltenen Kanäle b können die Arterien vorstellen; in ihnen rinnt das flüssige Metall hinab und vertheilt sich nach allen Theilen der Form, wäh-

rend in entgegengesetzter Richtung durch die Luftwege *c* die Luft davongeht. Das Metall fließt sonach in immer dünneren Verzweigungen, während umgekehrt die Luft aus solchen nach den Hauptkanälen gedrängt wird. Die Anlage beider Kanalsysteme muß so berechnet sein, daß diese beiderseitigen Strömungen ungehindert vor sich gehen können und nicht etwa irgendwo eine Portion Luft eingesperrt bleibt, denn dies würde im glücklichen Falle Fußblasen geben, während bei größeren Quantitäten, da die Luft in der Glühhitze sich bedeutend ausdehnen würde, wol gar eine Sprengung der Form stattfinden könnte. Die Form soll sich von unten aufsteigend mit dem flüssigen Metall füllen, daher führen die Hauptkanäle sofort nach der Tiefe, die Abzweigungen aber sind nach oben getrümmt, damit sie auch dann noch fortfließen, wenn das allgemeine Niveau der Gußmasse bereits ihre Mündungen überstiegen hat. Dagegen treten die Zufußkanäle außer Wirksamkeit in dem Maße, wie sie sich von unten auf mit Metall anfüllen. Ist schließlich die Füllung beendet und die Eingüsse *b* nehmen nichts mehr auf, so giebt es in der ganzen Form und ihren Aufsätzen keinen Hohlraum mehr. Dieses komplizirte Geäder nun, das eigentlich in natura noch vielfacher und nur der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung einfacher gehalten ist, erhält seine Anlage ebenfalls in Formwachs, und zwar nachdem das Wachsmodell seine vollständige Ausarbeitung, den letzten Strich des modellirenden Künstlers bereits erhalten hat. Die Formen bilden dann mit aus Wachs gerollten dickeren und dünneren Stöcken, Stäben und Stäbchen das ganze System, legen es an die Oberfläche des Bildes kunstgerecht an und führen die Hauptkanäle über die Form empor, um die Eingüsse für das Metall und die Auswege für die Luft zu gewinnen. Ueber das Ganze nun, das Bild sammt diesen Anlagen und Aufsätzen, wird erst der Gußmantel geformt. Je nachdem die einzelnen Theile mehr oder weniger der Wirkung des Gewichtdrucks ausgesetzt sind, ist nun die Dicke der Wachsschicht, nach welcher sich die Dicke der späteren Bronze richtet, verschieden.

Sehr große Gußstücke werden häufig in einzelnen Theilen gegossen und dann zusammengesetzt. Wo die Größe oder die Komplizirtheit des Gußwerks das stückweise Gießen nöthig macht, muß natürlich jedes einzelne Stück mit seinem Kern besonders versehen werden. Beim Guß der Bavaria war auch der Kern aus Formsand zusammengesetzt, indem man die betreffenden Theile in den vom Modell genommenen Hohlformen in Formsand ausdrückte und diese Kernstücke durch Abnehmen an der Bildfläche um die verlangte Metallstärke abmünderte.

**Gießen.** Dieser letzte Akt gestaltet sich der Natur der Sache nach bei allen Großgüssen, sie mögen eine Bildsäule, Glocke, Relief oder sonst Etwas betreffen, ganz gleich. Die Form ist in der Gießgrube festgestampft, das Metall im Ofen ist in vielen Stunden klar und dünnflüssig geworden. Es wird unmittelbar vor dem Moment des Gusses noch einmal auf's Vollkommenste gerührt und gemengt und dann durch die Oeffnung des Stichloches im Ofen laufen gelassen. Die braunglühende Masse fließt durch den geneigten offenen Kanal und sammelt sich oberhalb der Form in einem trichterförmigen Bassin, in welches die Eingüsse münden. Letztere sind noch durch Pfropfen geschlossen; sobald Metall genug angekommen ist, werden diese zurückgezogen, und die Masse rinnt mit voller Gewalt und großer Geschwindigkeit in die Tiefe hinab. Ein stetiges Dröhnen oder Beben wird aus der Grube hörbar — stürmisches Gepolter ist ein schlimmes Zeichen — die Luftpfeifen entwickeln dicken gelben Qualm; nach wenigen Minuten ist die ganze für das Werk berechnete Menge des Metalls eingeströmt und es soll noch so viel übrig bleiben, daß auch die Eingüsse sich füllen; ist daher der Fluß ruhig verlaufen und das Metall steht in den Eingüssen, so ist auf einen gelungenen Guß zu rechnen; das Ausbleiben dieses Zeichens würde entweder

einen Rechnungsfehler in Bezug auf die Metallmenge beweisen oder anzeigen, daß die Form Schaden genommen und das Metall einen unbeabsichtigten Ausweg gefunden habe. Ist der Guß nach mehreren Tagen in der Grube erkaltet, so wird dieselbe aufgegraben, das äußere Modell abgebrochen und das Gußstück aus der Grube gehoben.

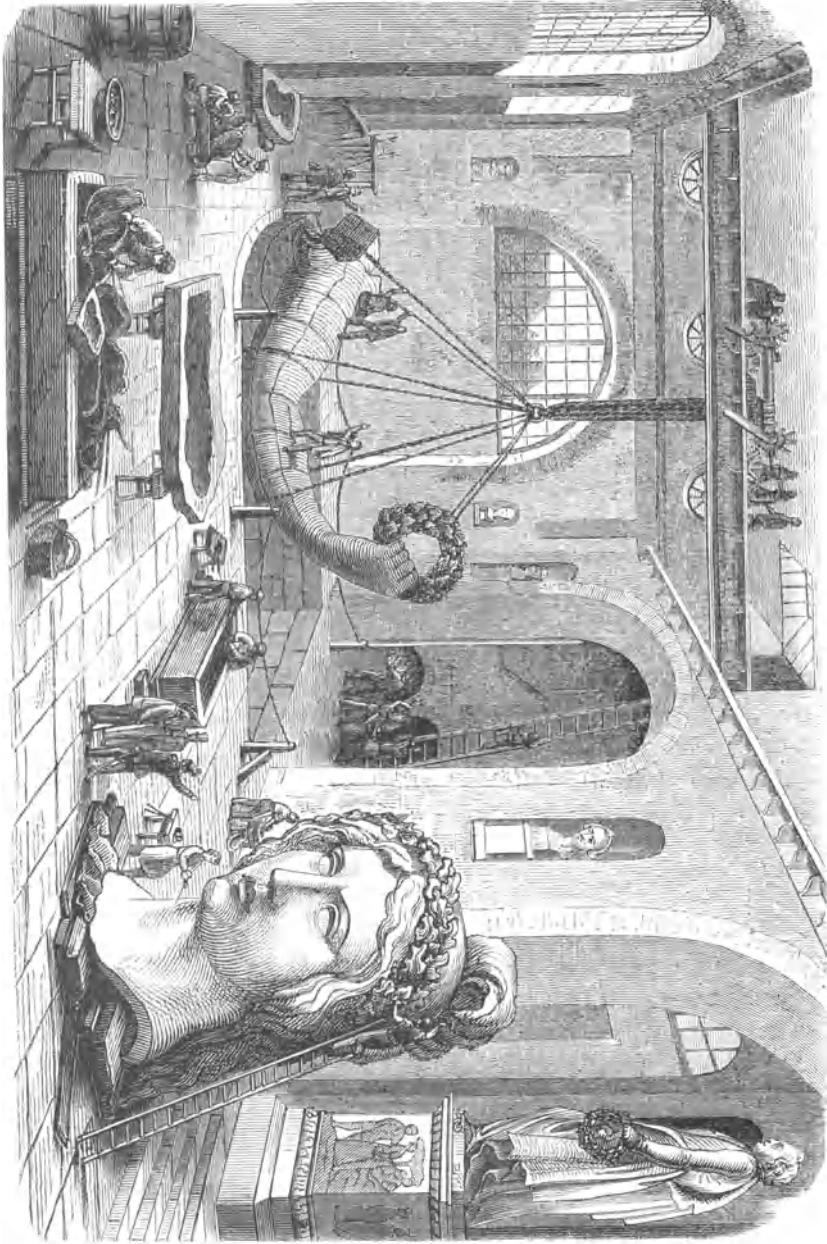


Fig. 51. Inneres des griechischen Gießhauses (Marsellisch).

Die Zapfen, welche durch das Stehenbleiben des Flusses in den Eingüssen und Luftpfeifen entstanden, werden nun abgesägt, eben so wird vom Kern und der Eisenrüstung das Ueberflüssige entfernt. Die aus der Figur herausstehenden Eisenstangen werden bis unter die Oberfläche des Bildes weggenommen, die Vertiefungen mit Bronzemetall

ausgeschlagen. Ist so das Bild aus dem Groben von überstehenden Metalltheilen und von anhängendem Formsand befreit, so erfolgt das eigentliche Eiseliren von Künstlerhand, um ihm die letzte Vollendung zu geben. Mit Meißel, Feile und Schaber verleiht der Eiselleur, je nach seinem Kunstgefühl, wie der Bildhauer in Marmor, seinem Bilde Mätte, Weichheit und Rundung der Formen, Leben und Ausdruck.

In Deutschland geben eine nicht geringe Anzahl künstlerisch und technisch gelungener Kunstwerke, denen sich immer noch neue anschließen, ein schönes Zeugniß von der Vorzüglichkeit seiner Modelleure, Eiselleure und Wärfker. Als gelungenere Kolossalguß aber steht die Bavaria in München bis jetzt einzig da, und wir wollen bei diesem so interessanten wie imposanten Kunstwert etwas länger verweilen. In zwei Abbildungen bringen wir erstlich die werdende, dann die vollendete Bavaria dem Leser vor Augen. Das erste Bild (Fig. 54) zeigt das Gießhaus, im Vordergrund den Kopf der Bavaria mit seinen edeln Zügen, der zugleich eine Vorstellung von der Großartigkeit des Ganzen giebt, wenn man bedenkt, daß in seinem Innern sechs Personen Raum haben. Auf unserem Bilde wird der Guß eben von dem noch daran haftenden Formsande gereinigt und die Blätter von den Angüssen und Luftpfeifen befreit. Im Hintergrunde wird der fertig gegossene Arm aus der Dammgrube gehoben, nachdem man unten bereits die Form zererschlagen hatte. Außerdem erblicken wir noch verschiedene Formen, Büsten, auch ein vollendetes Monument.

Die vollendete Statue der Bavaria (Fig. 55) hat mit dem 30 Fuß hohen Postamente eine Höhe von 95 Fuß, und das dazu verwendete Erz (1560 bayrische Centner) ist aus eroberten norwegischen und türkischen Kanonen gewonnen; unten ist die Metallstärke durchschnittlich  $\frac{3}{4}$  Zoll, oben  $\frac{1}{2}$  Zoll, und das Erzbild allein hat, ohne Piedestal, 233,000 Gulden gekostet. Durch eine Thür an der Rückseite des Piedestals gelangt man auf einer steinernen Treppe von 66 Stufen in die Figur, die etwa bis zur Höhe der Waden ausgemauert ist. Von da ist der innere Raum frei und gleicht einem Bergwerke mit Nebengängen in den Löwen hinein. Eine Treppe von Gusseisen führt durch den Hals in den Kopf empor; sie hat 58 Stufen. Im Kopfe sind zwei Sophas wie in einem Zimmerchen.



Fig. 55.

Die Bavaria auf der Sendlinger Höhe bei München.

Nachdem König Ludwig von Bayern den Entschluß gefaßt hatte, ähnlich der Walkalla, jenem Ehrendenkmal berühmter Personen aller Zeiten und Völker, in der Nähe von München eine nur dem Bayernvolke gewidmete Ruhmeshalle zu bauen, trat auch die Idee in's Leben, vor diesem Prachtbau ein Standbild der Bavaria, das Symbol Bayerns, aufzustellen und durch den Bronzeguß einer kolossalen Statue den gewaltigen Aufschwung zu zeigen, welchen die Erzgießerei in München genommen hatte. Der berühmte Bildhauer Schwanthaler wurde mit dem Entwurfe und der Anfertigung des Modells beauftragt, und Stiglmayer, unter dessen verständiger Leitung die Erzgießerei die bedeutendsten Fortschritte gemacht hatte, sollte den Guß ausführen, starb aber während der Arbeit, und erst sein Neffe, Ferdinand Miller, hatte die Gemuthung, diesen Kolos auszuführen, der seine Nebenbuhler nur in den längst zerstörten Kolossen des hohen Alterthums findet.

Schwanthaler verließ die anfänglich gefaßte Idee einer Statue nach griechischen Vorbildern und wandte sich zu dem Bilde einer deutschen Heldenzungfrau mit Schwert und Kranz, begleitet vom bayerischen Wappenlöwen. Ein kleines, nur 11 Zoll hohes Statuettchen war das erste Vorbild zu dem großartigen Kolos, welcher die Bewunderung der Beschauer erregt. Nach diesem wurde das erste Modell in einer Höhe von 18 Fuß ausgeführt, dann das wirkliche danach übertragen und in Gyps modellirt.

Hierzu ward zuerst ein 120 Fuß hoher Thurm von Holz als Modellhaus erbaut, mit Gängen und Galerien in verschiedener Höhe, mit Aufzügen, Steigwerken und Fahrstühlen versehen, um in jedem Augenblicke schnell an jeden bestimmten Ort gelangen zu können. Ein 10 Fuß hoher Ziegelbau diente der Gestalt zum Postamente; viele Centner Eisenwerk, Bänder und Anker lagen bereit, um die innere Verbindung des Modells zu bewirken. Hunderte von Fässern mit Gyps waren aufgeschichtet, um daraus die erforderliche Masse zu bilden. Ungeheure Planen und Palen hingen, zum Studium des Faltenwurfs, von dem oberen Gebälke herab, und vier Jahre nur durch die Wintermonate unterbrochener Arbeit gehörten dazu, das ungeheure Modell, von der Sohle bis zum Scheitel 54 Fuß hoch, das den Arm mit dem Kranze noch 9 Fuß über das Haupt erhebt, bis zum Kern- und Modellguß der einzelnen Stücke der Bavaria und des Löwen zu vollenden. Zuerst wurde der untere Theil bis zum Gürtel auf dem Unterbau modellirt, und dann das früher besonders geformte Bruststück mit dem Kopfe und den Armen aufgesetzt, hierauf aber das Ganze nochmals überarbeitet. Dies geschah im Herbst 1842, und Schwanthaler leitete diese Arbeit selbst.

Nachdem das Modell vollständig überarbeitet war, wurde es von oben herab wieder abgebrochen oder vielmehr zerschnitten, so daß es in zwölf Theile zerfiel. Die beiden Arme mit Schwert und Kranz wurden zuerst gegossen, und die Riesenhaftigkeit dieser einzelnen Gußtheile läßt die Schwierigkeit der Einformung und des Gusses ahnen, welcher die Errichtung eines Ofens verlangte, in dem 50,000 Pfund Metall zugleich geschmolzen werden konnten.

Wenn auch weniger durch das Großartige der bewältigten Massen, so stehen doch nicht minder durch künstlerische Vollendung einige Werke der neueren Erzgießerei in erster Linie. Wir dürfen nur an das Schiller-Goethe-Standbild in Weimar und an das erst zum Theil vollendete Lutherdenkmal in Worms erinnern, beides Werke des unvergeßlichen Rietchel, welche der deutschen Kunst einen würdigen Platz neben der antiken Erzbildnerei sichern. —

Der Luft und Witterung ausgesetzt, nehmen Bronzestatuen im Laufe der Jahre den bekannten grünen Ueberzug an, der nicht nur seines Ansehens halber als „edler Rost“ oder Patina geschätzt wird, sondern auch, indem er das weitere Eindringen der chemischen Einwirkung von Luft und Feuchtigkeit verhindert, zur Konservirung der

Bilder wesentlich beiträgt. Ursache dieser Erscheinung ist die Oxydation des Kupfers, die bekanntlich auch an alten Kupferdächern durch schön grüne Farbe sich bemerklich macht. Der Ueberzug besteht aus basisch kohlensaurem Kupferoxyd von der Zusammensetzung des Malachits. Was die natürliche Chemie in vielen Jahren und jedenfalls am vorzüglichsten bewerkstelligt, sucht man rascher auf künstlich chemischem Wege zu erreichen, ohne doch so weit gekommen zu sein, daß der Kenner einen Augenblick die Kunst für Natur halten würde. In großen Städten mit ihren schwefligen Ausdünstungen aus Kloaken, Gasleitungen, dem Rauch von Stein- und Braunkohlen, erleidet das Kupfer statt einer Oxydation eine Schwefelung; es entsteht ein Ueberzug von schwarzem Schwefelkupfer. Das abschreckendste Beispiel giebt London, wo alle Bronzeplastiken Mohren sind.

Ebenso wie manche Kupferlegirungen sich durch sehr große Härte auszeichnen und in Folge dessen zur Herstellung von mancherlei Maschinenteilen qualifiziren, giebt es wieder andere (mit 8—10 Prozent Zinngehalt), die durch Erhitzen und rasches Abkühlen einen Grad von Weichheit erhalten, der sie zum Prägen geeignet macht. Man fertigt daraus Bronzescheidemünzen, wobei nicht sowol Ersparungswecke maßgebend sind, als vielmehr der Wunsch, den Münzen größere Dauer zu geben, als das weiche Kupfer hat. Es bleibt aber die Prägung der Bronze im Vergleich zu dem feinen weichen Kupfer eine schwierige Arbeit, die man zuweilen dadurch umgangen hat, daß man die Medaillen wirklich aus weichem Kupfer prägte und nachträglich oberflächlich bronzirte. Beim Kupfer erhält man einen solchen Ueberzug sehr schön rothbraun in folgender Weise: man setzt die Münzen in Eisenoxyd (Eisenroth, caput mortuum) oder überzieht dieselben mit diesem Pulver, nachdem man es zu Drei angemacht, und trocknet dann die Stücke. In diesem Zustande setzt man sie in Rothglut, wobei das Eisen einen Theil Sauerstoff abgiebt, der an das Kupfer tritt; mithin ist es eine Verwandlung in Oxydul, welche beim Kupfer Platz greift und dasselbe als Bronze erscheinen läßt.

Wir übergehen die zahlreichen Mittel, durch welche mittelst Eintauchens und namentlich durch Sieden in gewissen metall-, salz- und säurehaltigen Flüssigkeiten Kupfer und Messing ebenfalls bronzirt und Bronze selbst in ihrem Farbentone erhöht werden kann, und bemerken nur, daß man es in vielen Fällen durch nachträgliches sorgfames Erhitzen in der Gewalt hat, die erhaltenen Bronzetöne noch zu verändern, namentlich dunkler zu machen.

**Messing.** Betrachten wir das Wort Messing einen Augenblick auf seine sprachliche Herkunft, so finden wir, daß die Forschung damit nicht viel anzufangen gewußt hat. Nach einem Autor des Alterthums hießen die Leute am Schwarzen Meere, welche die Vergilbung des Kupfers durch Verschmelzen mit einer gewissen Erde zuerst betrieben haben sollen, die Mössinözier, ihr Produkt also mössinözisches Erz. Wäre diese Benennung nachweislich im Alterthum allgemein üblich gewesen und ließe sich von Griechen auf Römer und spätere Völker verfolgen, so würden wir hierin den Ursprung unseres Wortes finden; es findet sich aber keine Spur hiervon. Nur die Deutschen haben dies Wort, und die Polen und andere slavische Völker, denen die Deutschen in technischen Dingen Lehrer waren, haben dasselbe nach ihrer Zunge eingerichtet. Es mag also wol so viel heißen sollen wie „Mischung“. Die Volksfage, daß die Nürnberger das Messing erfunden, kann ihren Grund nur darin haben, daß in jener gewerbfleißigen Stadt im Mittelalter das Messing so massenhaft verarbeitet wurde, wie vielleicht an keinem anderen Orte der Welt.

Die Legirungen des Kupfers mit Zink haben in der Technik eine viel mannichfaltigere Verwendbarkeit als die entsprechenden mit Zinn; ihre Farbenschattirungen

können von der Weiße des Zinks bis zum tiefen Goldgelb variiren. Die Zusammen-  
setzung der schlechtthin unter dem Namen Messing begriffenen Legirungen ist in ihrer  
Zusammensetzung so schwankend, daß sich kaum eine Formel dafür feststellen läßt.  
Nicht zwei Messingwerke stimmen in dem Gehalt ihrer Masse überein; man hat bei  
Analysen verschiedener Sorten den Kupfergehalt von 50 bis über 80 Prozent gefunden.

Das Messing hat im Allgemeinen mit dem Kupfer die Eigenschaft, im kalten  
Zustande in hohem Grade dehn- und hämmerbar zu sein; es läßt sich mit Leichtigkeit  
strecken, zum dünnsten Blech walzen, zum feinsten Draht ausziehen und durch Treiben  
in jede beliebige Form bringen. Da diese Eigenschaft vom Kupfer her stammt, so ist  
es natürlich, daß dieselbe mit der Höhe des Kupfergehalts zunimmt. Andererseits  
hat der Zinkzusatz dem Kupfer Eigenschaften ertheilt, welche der Legirung werthvolle  
Vorzüge vor dem reinen Metall verleihen. Das Messing ist härter, der Abnutzung  
und atmosphärischen Einflüssen weniger unterworfen als jenes, besitzt eine angenehmere  
Farbe und große Polirfähigkeit. Als Gußmaterial betrachtet, besitzt das Messing  
einen niedrigeren Schmelzpunkt als das Kupfer, ist im geschmolzenen Zustande weit  
dünnflüssiger und füllt die Form gut aus, ohne wie jenes blasig zu werden. Zu  
dem Allen tritt noch die weit größere Wohlfeilheit des Messings im Vergleich zum  
Kupfer, und wir haben hier den seltenen Fall, daß ein Stoff durch Zusatz eines an-  
deren wohlfeileren nicht nur wohlfeilert, sondern auch in seinen Eigenschaften we-  
sentlich verbessert wird. Hiernach ist es natürlich, daß das Messing in so ausge-  
dehnter Anwendung steht sowol zu kleineren Gußstücken als zu andern Verarbeitungen,  
daß wir demselben im Haus- und täglichen Leben, in Anwendung auf kleine Maschi-  
nen, Apparate, Geräthschaften u. s. w. immer und immer wieder begegnen. Nur in  
der Küche zu eigentlichem Koch- und Speisegeräth taugt das Messing eben so wenig  
als das Kupfer; es ist noch leichter lösbar in Säuren als dieses, und seine Auflösung  
enthält statt eines Giftes deren zwei.

Das gewöhnliche Messing, so duktil es in der Kälte sein kann, ist im glühenden  
Zustande brüchig und geht unter dem Hammer in Stücke. Ein schmiedbares Messing  
war lange in den Augen der Werkleute ein Urding, und doch hat sich ein solches ge-  
funden; Legirungen von 60 Theilen Kupfer und 40 Theilen Zink bis 70:30 sind  
im glühenden Zustande unter Hämmern und Walzen streckbar.

Für gewöhnlich enthält das Messing noch eine bald mehr bald minder große  
Zahl verunreinigender Metallbeimischungen, die indeß, wenn sie gewisse Grenzen nicht  
überschreiten, keinen sehr nachtheiligen Einfluß ausüben. Blei oder Zinn können so-  
gar erwünscht sein, und man setzt sie in manchen Fällen, wo sie fehlen, zu. Blei  
(etwa 2 Prozent) giebt dem Messing mehr Weiche und Dehnbarkeit, und das Messing  
für Graveure wird mit etwas Zinn versetzt, weil es dann scharf vor dem Stichel  
losgeht und der Span sich williger hebt und aufwindet. Einen nützlichen Gehalt an  
Eisen zeigt das seit einigen Jahren aufgekommene Nieß- oder Stercometall, das als eine  
Legirung von 60,2 Kupfer, 38,1 Zink und 1,6 Eisen befunden worden. Es gleicht  
an Farbe dem gelben Messing, hat auf dem Bruch ein Korn wie gehärteter Stahl,  
ist in der Hitze schmiedbar und von einer größeren Widerstandsfähigkeit als Eisen, so  
daß es in kleinen Mechanismen und anderen Anwendungen den Stahl zu ersetzen ge-  
eignet scheint. In Oesterreich wird es als Kanonenmetall verwendet.

Ist das Kupfer in den Legirungen in größerem Antheile als  $2\frac{1}{2}$  Theile zu 1  
Theil Zink vorhanden (es können z. B. 5—10 Theile Kupfer auf 1 Theil Zink kom-  
men), so gehören sie in die Klasse des Rothgusses (Rothmessing, Tombak). Diese  
kupferreicheren Legirungen werden mit zunehmendem Kupfergehalt tiefer an Farbe,  
feiner im Korn, weicher und dehnbarer. Das rothe Messing findet gleich dem gelben



zu den verschiedensten Zwecken Verwendung, sowohl in gegossenen Artikeln als zu Kurzwaaren. Der tiefere Farbenton macht die kupferreicheren Legirungen besonders geeignet für Artikel, die vergoldet werden; sie dienen daher in großer Ausdehnung zu Bijouterien, Knöpfen u. dgl.

Handelt es sich um bloßen Zierrath oder um Gegenstände, bei denen der äußere Schein die Hauptsache ist, so wird man diesen kultiviren, also auf die Erhöhung des Farbentons hinarbeiten, und die zum Theil schon wieder vergessenen Namen Similar, Pinischbeck, Prinzmetall u. s. w. geben Zeugniß von den Bemühungen, dem Golde Rivalen zu geben oder doch ein „armer Leute Gold“ herzustellen. Seit ein paar Jahren ist wieder ein künstliches Gold, das Talmigold, aufgetaucht, das besonders zu Uhrketten verarbeitet im Handel erscheint. In der That hat es eine schöne goldgelbe Farbe und hält dauerhaften Glanz. Man fand es bestehend aus Kupfer 86,4, Zink 12,2, Zinn 1,1, Eisen 0,3, das letztere wahrscheinlich nicht absichtlich beigelegt.

Die Legirungsgrenzen, innerhalb welcher schöne goldgelbe Produkte erhalten werden, liegen überhaupt ungefähr von 80 Kupfer, 20 Zink, bis 88 Kupfer, 12 Zink. Setzt man solchen Legirungen ein wenig Blei zu, so bewirkt dies nach dem Poliren einen gewissen Reflex, welcher ihnen Aehnlichkeit mit dem grünen Golde giebt.

Unbezweifelte Goldmacher in den Augen ihres speziellen Publikums sind die Nürnberger und Fürther, wenn sie aus einer Mischung von 11 Theilen Kupfer und 2 Theilen Zink, also einer Sorte Tombak, das Schaum- oder Klebegold schlagen für die Äpfel und Nüsse des Christbaums, oder gelbes Messing zu dem beliebten Knittergold dünn auswalzen.

Wie schon beim Zink bemerkt, verstand man sich schon lange auf die Erzeugung von Messing, bevor man wußte, daß ein besonderes Metall existire, welches zu dem Kupfer tretend dessen Farbe und Eigenschaften beeinflusse.

Die alte Methode, bei welcher das Zugutmachen des Zinks und seine Verschmelzung mit Kupfer in eine Operation zusammenfällt, war Jahrtausende hindurch die allein bestehende. Ganz beseitigt scheint übrigens das alte Verfahren noch heute nicht, sondern kommt hier und da noch in Anwendung, wo man mehr Vortheil dabei findet, namentlich in Frankreich. Zur Bereitung des Messings dienen Windöfen, wie die Abbildung (Fig. 56) einen darstellt. Sie fassen gleichzeitig 7—8 Tiegel aus feuerfestem Thon, die auf einem Kost stehen und mit glühenden Steinkohlen umgeben sind. B sind die Thüren, C die Aschenlöcher, A die Deckel der Kaminröhre, welche durch in den Kanälen befestigte Säulen unterstützt sind. In einem besonderen hölzernen Kasten wird das Gemenge von 55 Pfund Kupfer, 83 Pfund Galmei und  $\frac{1}{3}$  des Volumens beider an Kohlenstaub zur Füllung von sieben thönernen Tiegeln zum Schmelzen geknetet. Zuerst wird das Gahrkupfer gebrochen oder granulirt, d. h. geschmolzen in Wasser gelassen, nachher mit der Zinkbeschickung zusammen in den Tiegeln eingeschmolzen. Früher mußte man den Schmelzprozeß zweimal durchführen, da man mit dem Galmei dem Kupfer nur 20—27 Prozent Zink auf einmal einverleiben kann. Der erste Ausguß hieß Arcot (Koh- oder Stückmessing); er wurde wieder

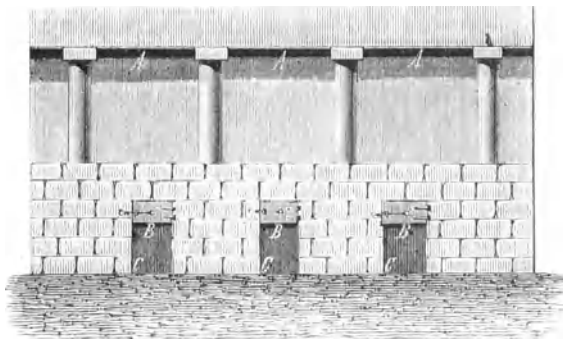


Fig. 56. Ofen einer Messingschmelzhütte.

zerschlagen oder in dünne Platten gegossen und mit neuem Zuschlag eingeschmolzen. Jetzt setzt man das fehlende Zink in metallischer Form zu und erspart das doppelte Schmelzen. Eben so verfährt man mit dem Ofenbruch, der für sich, ohne Zusatz von Zinkmetall, kein Messing giebt. Nach 6—7stündigem Feuern, wobei schließlich fast Weißglühhitze gegeben wird, entsteigen der zu schmelzenden Masse Zinkdämpfe. Das Zink hat also seine Reduktion aus dem Erz begonnen. Man mäßigt nun das Feuer, um erstlich nicht zu viel Zink zu verjagen und dann auch das Kupfer nicht zu rasch in Fluß zu bringen; es soll vielmehr nur tröpfelnd in der Beschickung niedergehen und so den Zinkdämpfen die größte Oberfläche darbieten. Nach abermals 6—7 Stunden hören die Zinkdämpfe auf zu erscheinen, und die Vereinigung ist vollendet. Man hebt die Tiegel mit Zangen aus dem Ofen und entleert sie in einen vorher glühend gemachten größeren Tiegel, der vor dem Ofen in einer Grube steht, rührt die Masse gut durch einander, reinigt sie oberflächlich und gießt das Metall aus. Der Platten-  
guß in eisernen Formen gelingt nicht gut, daher man Granittafeln anwendet, deren zwei eine Gußform bilden. Auseinander gehalten werden sie durch an den Rändern zwischengelegte vierkantige Eisenstäbe, welche die Dicke der Messingplatte bestimmen. Die Steinplatten erhalten auf der Gußseite einen Ueberzug von Lehm, der mit Kohlenfeuer angetrocknet ist und etwa 20 Güsse aushält, und auf den Lehm einen dünnen Ueberzug von Kalkth, welcher aber nach jedem Gusse erneuert werden muß.

Man rechnet, daß 3 Gewichtstheile Steinkohle nöthig sind, um in dieser Weise 1 Theil Messing zu gewinnen. Die Schmelzung in Flammenöfen ist ebenfalls versucht worden, und es wird dabei wol an Brennmaterial gespart, aber auch der Verlust durch Abbrand ist sehr bedeutend.

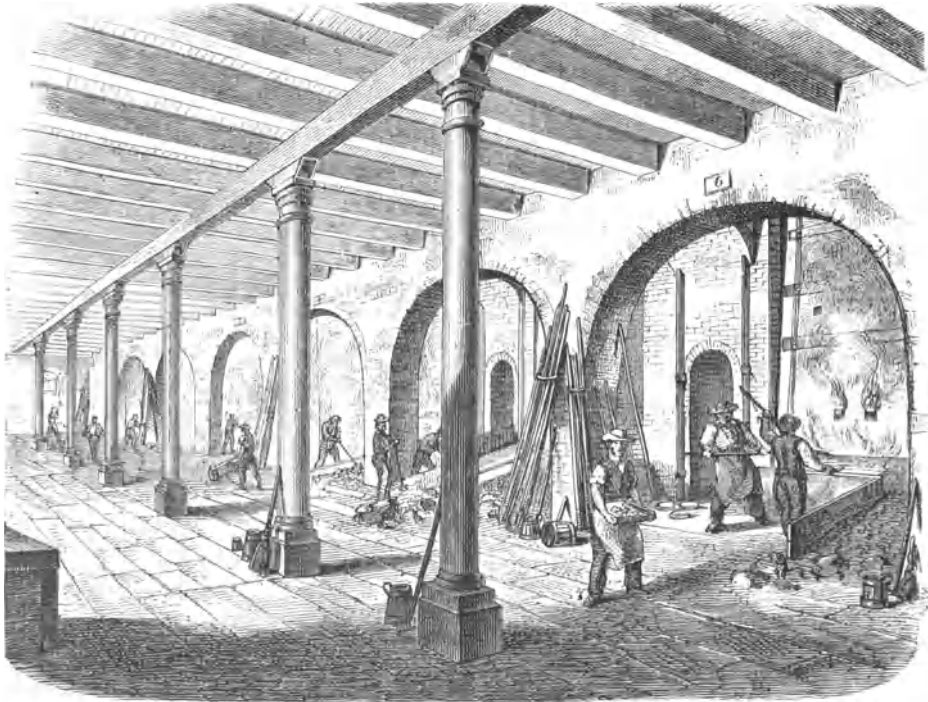
Die direkte Darstellung des Messings aus seinen beiden Bestandtheilen, wie sie jetzt vorzugsweise üblich ist, erfordert eine fast nur halb so lange Schmelzzeit; man kann größere Mengen auf einmal bearbeiten, und der Verlust durch Verflüchtigung von Zink ist geringer. Auch hat man es hierbei besser in der Gewalt, Legirungen von einem vorher bestimmten Verhältniß herzustellen. Das Zusammenschmelzen beider Metalle kann nicht so geschehen, daß zuerst das Kupfer geschmolzen und das Zink sodann hineingerührt würde; dies würde keine gut geeinigte Masse geben und die plötzlich entstehenden Zinkdämpfe müßten fast unvermeidlich Explosionen verursachen. Man legt vielmehr das Zink in kleinen Brocken zu unterst in den Tiegel, obenauf das ebenfalls zerkleinerte Kupfer, und bedeckt das Ganze mit einer dicken Schicht Kohlenstaub. Ist der Satz in Fluß, so erfolgt der Ausguß, wie schon gesagt, in schweren Tafeln, und zwar erhält man Messing oder Tombac, je nachdem das Verhältniß von Kupfer und Zink auf das eine oder andere eingerichtet war. Die Behandlung beider für die fernere Verarbeitung ist ganz dieselbe. Die Tafeln werden meistens mit Kreis Sägen der Länge nach zertheilt und die Stücke sodann weiter ausgereckt, früher unter Häm mern, jetzt meistens auf Walzwerken. Diese Streckarbeit geschieht stets auf kaltem Wege, da die gewöhnlichen Messing- und Tombacsorten in glühendem Zustande nicht geschmeidig sind. Nach jedem Durchgange aber, oder beim Dünnerwerden nach zwei oder drei Durchgängen durch die Walzen, müssen die Tafeln ausgeglüht werden, um ihnen die Walzhärte zu benehmen. Da die Walzen viel verarbeiten, darf auch das Ausglühen und Wiedererkalten der oft sehr langen Platten keinen Aufenthalt verursachen. Man hat daher einen geschlossenen Ofen oder Flammenherd mit zwei gegenüberstehenden eisernen Aufzugthüren, durch welche eine Eisenbahn geht. Zwei eiserne Karren werden abwechselnd, so daß immer einer im Ofen steht, be- und entladen, indem man zwischen die auf einander gelegten Platten Bohrspäne u. dgl. bringt, damit die Hitze durch dieselben circuliren kann. Werden die Bleche dünner, so walzt man

vier, sechs und mehr mit einander. Viele Blechgattungen werden auf den Walzwerken ganz fertig gemacht, andere, sehr dünne und breite, werden bloß in die Länge gestreckt und unter Schnellhämmern, die 400 Schläge in der Minute machen, fertig geschlagen. Nach beendigtem Walzen werden die durch Oxidation geschwärzten Tafeln rein gebeizt und mittels eines Messers zur Erzeugung des Glanzes geschabt. Die starken Tafeln erhalten diese Bearbeitung auf einer Hobelmaschine, welche dieselben unter einem senkrecht stehenden Hobeisen hin- und herführt, bis die ganze Fläche übergangen ist.

Zum Behuf des Drahtziehens schneidet man Blech von passender Stärke zu Stäbchen; sonst geht das meiste Messing in Form von Tafeln und Blechen in den Konsum, seltener als Stückmessing, welches nach dem Schmelzen lediglich in Gestübbe ausgegossen und noch heiß in Stücke geschlagen wurde. Die dicksten und breitesten Tafeln dienen zu größeren Arbeiten, wie zu Pumpentiefeln, Spritzenrohren u. dgl.; zerstückelt dienen sie den Graveuren zur Herstellung starker Prägeplatten. Etwas schwächeres Tafelmessing gebrauchen Gürtler, Wagenarbeiter u. dgl. Zu den dünneren Blechformen gehören Uhrmachermessing, federhart gewalzt, Trommelmessing, Kollmessing (in Rollen aufgewickelt); façonnirtes Messing kommt vor als Uhrmachertrieb, Nägelmessing u. s. w.

**Messingguß.** Nächst dem Eisen ist Messing dasjenige Material, welches am häufigsten zur Herstellung von Gußwaaren dient. Das Gießen in Messing und die Herstellung der zugehörigen Formen ist Sache der Gelbgießerei; die Tombac verarbeitende Rothgießerei unterscheidet sich sonst von jener in nichts Wesentlichem. Der Gürtler gießt ebenfalls neben Bronzefachen viele seiner Produkte in Messing.

Zum Schmelzen dienen Graphittiegel, welche bei Koaksfeuerung sechs bis acht, bei Holzkohlen gegen zwölf Schmelzungen aushalten. Ein Tiegel enthält gewöhnlich 52—30 Pfund Messing. Zu den Formen benutzt man thonhaltigen Sand, der in zu magerem Zustande durch Beimengung von Kleister, Dextrin oder Syrup bindiger gemacht wird, während man zu fetten durch Mischung mit Kohlenstaub verbessert. Die Modelle sind entweder von Holz und zum Schutz gegen die Feuchtigkeit mit einem Lack überzogen, oder es sind für Fälle, wo sie immer wieder gebraucht werden, zinnene oder messingene. Das Einformen und Gießen geschieht in Kästen oder Flaschen wie bei der Eisengießerei. Das Messing erfährt beim Erkalten des Gusses eine kräftige Zusammenziehung, weshalb erstens die Modelle etwas größer gemacht werden müssen, als die Güsse werden sollen, und zweitens die Nothwendigkeit sich ergibt, diese sofort nach dem Erstarren durch Entfernung der Formen bloßzulegen, damit sie sich frei zusammenziehen können. In der Form liegend würde die Formmasse sie daran hindern, und der Guß würde daher in vielen Fällen zerreißen. Aus demselben Grunde der starken Zusammenziehung kann man nicht ohne Weiteres eine messingene Schraubenmutter um eine eiserne Schraube gießen; das Messing würde, weil es früher erkaltet und sich zusammenzieht als das Eisen im Innern, entweder reißen oder nach dem Erkalten so fest auf der Schraube sitzen, daß diese sich nicht losdrehen ließe. Ueberzieht man aber die Schraube vorher mit Lehmwasser, so daß nach dem Trocknen ein ganz dünner Ueberzug entsteht, so kann nunmehr das Messing umgegossen werden. Der Lehm läßt sich mit Wasser leicht fortspülen, und die Schraube ist drehbar. Eigentlicher Lehmguß kommt beim Messing nur in einzelnen Fällen vor, wie z. B. bei der Herstellung von Feuerspritzenstiefeln und Walzen für den Zeugdruck.



Der Bleiöfen (Schachtöfen).

Immer wechselnd, fest sich haltend,  
 Naß und fern, und fern und nah,  
 So gestaltend, umgestaltend —  
 Zum Erstaunen bin ich da.

Goethe.

## Blei, Zinn und Quecksilber.

**Blei.** Geschichtliches. Erze. Gewinnung des Bleies aus denselben. Der Sumpfofen. Raffinieren des Bleies auf dem Treibherde. Der Zilberblick. Glätte. Pattinsoniren. Entsilbern des Bleies durch Zink. Frischen der Glätte. Technische Verwendungen desselben zu Schrot. Platten, Röhren, Draht. Giftige Eigenschaften. — **Das Zinn.** Geschichte. Vorkommen in England und im Erzgebirge. Ostindisches Zinn. Gewinnung des Zinnsteins auf Seifen und durch Bergbau. Aufbereitung und Verschmelzung. Reinigung des Zinns. Technische Verwendung. Verzinnen. Weißfieden. Zinnfuß. Legirungen und Zinnpräparate. — **Das Quecksilber.** Was man früher davon hielt. Seine Eigenschaften. Festes Quecksilber. Schädlichkeit der Quecksilberdämpfe. Vorkommen und Gewinnung. Quecksilberwerke von Almaden, Rheinbayern, Idria, Californien. Zinnober. Verhüttung desselben. Reinigung des metallischen Quecksilbers. Verwendungsarten. Amalgame und sonstige Verbindungen.

**B**lei ist aller Wahrscheinlichkeit nach eines der am längsten bekannten Metalle; es ist von ihm die Rede in den ältesten Ueberlieferungen, in der Bibel (Moses und Hiob) unter dem Namen Babil, und im Homer, wo es molybdos heißt. Das auffallende und vielversprechende Ansehen der Bleierze und die Leichtigkeit, mit welcher sie das reine Metall hergeben, machen das frühe Bekanntwerden erklärlich. Aus den Römerzeiten haben wir von Plinius bestimmte Nachrichten über den Gebrauch des Bleies; man verwandte es zum Belagen der Schiffsböden und zu Wasserleitungsröhren, die man nach Plinius' Angabe mit einer Legirung von 2 Thei-

len Blei und 1 Theil Zinn löthete, und von welchen noch jetzt Ueberbleibsel vorhanden sind. Es waren das die kleinen Vertheilungsröhren des Wassers, die es aus den gemauerten Kanälen in die Häuser führten. Auch die Anwendung des Bleioxyds, der Bleiglätte, zu Töpferglasuren soll im Alterthum schon gebräuchlich gewesen sein, und daß man dasselbe auch zu Glasflüssen verwandte, ist durch Untersuchung alter Gläser gefunden worden.

Als Bezugsquelle des Bleies mochte den alten Mittelmeervölkern das so sehr bleireiche Spanien dienen, wo schon lange, bevor die Römer das Land in Besitz nahmen, Bleibergwerke in Betrieb waren. Die Alchemisten belegten das Metall mit dem Namen des Saturn, was noch jetzt in einigen Apothekernamen beibehalten ist.

Das Blei ist in vielerlei Beziehung ein unedles Metall: es besitzt weder Klang noch Elastizität und Zähigkeit, kann seinen Glanz nur kurze Zeit an der Luft behaupten, wird von Agentien angegriffen, die anderen Metallen nichts anhaben (z. B. Kochsalz und selbst reines Wasser), seine Lösungen und alle seine Präparate sind Gifte; dennoch besitzt es physikalische und chemische Eigenschaften, die ihm eine häufige und mannichfache Verwendung sichern.

Auch in Hinsicht seines Vorkommens ist das Blei ein ziemlich gemeiner Stoff, der massenhaft, wenn auch geographisch ungleich vertheilt, auftritt. In Europa sind besonders die westlichen und zum Theil die südlichen Gegenden reich an Blei, während der Norden und Osten dessen sehr wenig besitzen. Am reichlichsten bedacht in fast allen seinen Provinzen ist Spanien, das nur industriöser sein müßte, um den ganzen Bleimarkt zu beherrschen; seine gegenwärtige Lieferung wird auf 500,000 Centner jährlich angegeben. Doppelt so viel liefert England, welches in seinen die Kohlenformation begleitenden Kalkbergen, besonders in Northumberland, Durham, Cumberland und Wales, einen großen Bleireichtum besitzt. Frankreich hat sehr wenig Blei, dagegen bringt Deutschland über 100,000 Centner jährlich in den Handel. Die hiesigen Bleierz-Fundorte sind besonders der Harz, das Erzgebirge, Oberschlesien, das rheinisch-westphälische Schiefergebirge, der Schwarzwald, die Kärnthner Alpen und namentlich die Gegend um Bleiberg in Mähren (vgl. Bd. III, S. 73). Von außer-europäischen Ländern erscheint das westliche Nordamerika als das reichste an Blei; vom oberen Mississippi soll sich nach Iowa, Illinois und Wisconsin zu ein ungeheures Lager von Bleiglanz erstrecken.

Der Bleiglanz (einfach Schwefelblei) ist das hauptsächlichste Material für die Bleigewinnung. Er kann unter den vielartigsten Verhältnissen auf Gängen und Lagern in älteren und neueren Gebirgsarten auftreten; besonders gern jedoch hält er sich an das Kalkgebirge oder erscheint doch in Begleitung von Kalk. Im Kalkberge ist auch der Sitz des Schwefels, und so bot sich zum Zusammentreffen und zur Verbindung beider Elemente die Gelegenheit so oft, daß das meiste Blei als Schwefelmetall vorhanden ist. Kleine Funde gediegenen Metalls gehören zu den Seltenheiten.

Auch das Blei nimmt, was man ihm nicht zutrauen sollte, bei Weißglühitze Dampfgestalt an, und man kann sich demnach den Bleiglanz als krystallisirten Niederschlag von Schwefel- und Bleidämpfen vorstellen. Ja, in Bleihütten entstehen diese Bildungen oft von Neuem, indem sich aus den Ofendämpfen in Spalten des Ofen gemäuers die zierlichsten Bleiglanzkryrstalle ansetzen. Die Krystallform des Erzes ist der Würfel nebst den aus diesem durch Abstumpfung hervorgehenden Gestalten bis zum Oktaeder, und eine schöne Stufe mit ihrem Hauptwerk lebhaft metallglänzender Krystalle gewährt ein anziehendes Bild und erweckt die Idee von etwas Edlerem als Schwefel und Blei. In der Regel ist auch der Bleiglanz silberhaltig, aber in sehr geringem Grade, und gerade die silberärmsten Proben zeigen die schönsten und größten

KrySTALLÄCHEN. Der Bleiglanz läßt sich zuweilen in großen soliden Blöcken ausbrechen; so hob man z. B. vor einigen Jahren in einer Grube bei Aachen einen solchen von 1728 Pfund Gewicht, und in einer polnischen Klosterkirche findet sich eine aus diesem Material gehauene Heiligenstatue. Der Luft ausgesetzt verliert jedoch das Erz mit der Zeit seinen Glanz und wird trübe und unscheinbar. Aus Bleiglanz entstanden findet sich bisweilen kohlen-saures Bleioxyd (Weißbleierz) in solchen Quantitäten vor, daß es bei der Verhüttung einen Bestandtheil ausmacht; außerdem kann der häufig vorkommende Bournoit, aus Schwefelblei mit Schwefelkupfer und Schwefelantimon bestehend, auf diese drei Metalle benutzt werden. Andere in geringeren Mengen auftretende Bleierze, wie Grün-, Braun-, Roth-, Gelb-, Buntbleierz, Bleivitriol, Hornerz u. s. w., haben wenig technisches Interesse. Den Bleiglanz an sich benutzt man gepulvert zu Streusand, zur Töpferglasur (alquitoux) sowie zum Auspuß kleiner bergmännischer Industrie-Erzeugnisse.

Der Bleiglanz enthält etwa 86 Prozent metallisches Blei; von fremden Metallen, die natürlich ebenfalls als Schwefelverbindungen auftreten, finden sich meistens ein paar Prozent Zink (Zinkblende), dann Silber, Kupfer, Arsen, Antimon u. s. w. Der meistens vorhandene Silbergehalt gewährt natürlich das größte Interesse, und trotz seiner geringfügigkeit bildet daher der Bleiglanz zuweilen ein wichtiges Material zur Silbergewinnung. Ein Gehalt von 1 Prozent Silber ist schon ein bedeutender und nur als Ausnahme vorkommender; meistens enthält ein Centner Bleiglanz nur  $\frac{1}{3}$ — $3\frac{1}{2}$  Loth Silber, aber auch diese Wenigkeit wird zu Gute gemacht, und ihr zu Liebe heißt die Grube dann immer noch eine Silbergrube.

Die Gewinnung des Bleies aus seiner Vererzung gestaltet sich am einfachsten bei dem Weißbleierz, das indessen nur in selteneren Fällen (in der Eifel z. B.) für die Verhüttung reichlich genug vorhanden ist. Mit Koatsklein vermischt und im Klammnofen unter einer Schlackendecke erhitzt, reduziert sich das Erz leicht und läßt seine Metallgehalte ausfließen. In allen anderen Fällen hat man es mit Schwefelverbindungen, also zunächst mit Abtreibung des Schwefels, zu thun. Auch die Verarbeitung reinen Bleiglanzes bietet keine Schwierigkeiten, aber durch die Mit-anwesenheit anderer Metalle wird der Prozeß mitunter sehr komplizirt, und die Methoden zur Gewinnung erleiden hiernach mancherlei Abwandlungen, lassen sich aber doch auf zwei Hauptklassen, Röstarbeit und Niederschlagarbeit, zurückführen.

Die Aufbereitung und der Zerkleinerungsgrad des Bleierzes richtet sich nach der Beschaffenheit und Reinheit desselben, sowie nach dem nachher einzuschlagenden Verfahren des Ausbringens. Durch Handscheidung werden die reinen Erzstufen abge-sondert und von der Gangart durch Hämmer möglichst befreit; die unreinen werden gepocht und durch Siebsetzen und Schlämmen gereinigt und konzentriert. Die Zerkleinerung der reinen Erze fällt weg, wenn der Schwefel durch Niederschlagarbeit vom Blei getrennt werden soll. Die Niederschlagarbeit beruht darauf, daß beim Zusammen-schmelzen von Schwefelblei mit metallischem Eisen der Schwefel wegen seiner größeren Verwandtschaft zu letzterem sich vom Blei trennt und an das Eisen tritt, so daß flüssiges Schwefeleisen und metallisches Blei entstehen. Es dient hierzu ein Schachlofen mit Gebläse, der wegen seines sehr vertieften Tiegels auch Sumpfofen genannt wird. Hier werden die Bleierze in Vermischung mit bleihaltigen Abfällen von früheren Schmelzungen, Eisenfrischschlacken und gekörntem Roheisen bei lebhaftem Koatsfeuer niedergeschmolzen. Der Schacht des Ofens ist 18—20 Fuß hoch, höchstens 3 Fuß weit, zuweilen oben rund, meist viereckig, in der Höhe am weitesten. Die Micht ist seitlich bei g (Fig. 58) angebracht, in der Sohle liegt der Tiegel oder Herd h, zum Theil noch aus der Brust des Ofens hervorragend. Hier sammeln sich

alle Schmelzprodukte; die Schlacken läßt man auf der geneigten Trift *s* abfließen, hierauf durch die Stichöffnung bei *o* die Metalle in den Vortiegel *t*, wo sich das Blei von dem Bleistein und Schwefeleisen vollständig sondert und letztere in Scheiben abgehoben werden. Das zuerst ablaufende heißt Jungferablei; die Rückstände werden zwei- bis dreimal ausgeschmolzen, so daß in 8—10 Stunden die ganze Schmelzpost von 20—30 Centnern Erz abgetrieben ist.

Die Schmelzprodukte, wie sie aus dem Ofen fließen, ordnen sich nach ihrer Schwere von selbst in vier Schichten: zu oberst schwimmt die Schlacke, aus den Erden der Gangart, Eisenoxydhydrat und Bleioxyd bestehend; darunter der Stein (Bleistein, Schwefelblei mit etwas Schwefeleisen, Schwefelkupfer u. s. w.); dann die Bleispeise (die Gehalte von Zink, event. Arsenik, Nickel, Kobalt, mit etwas Schwefel, Blei und Silber); zu unterst das Blei, den größten Antheil des Silbers und etwas von den übrigen Metallen enthaltend. Bei dem bald zu beschreibenden Flammofenbetriebe, wo die Schmelze nicht so dünnflüssig gemacht, sondern mehr breiartig gelassen wird, bleiben diese fremden Stoffe, während das Blei aus ihnen ausfaigert, auf dem Herde des Ofens liegen.

Nächstdem hat man auch eine sogenannte ordinäre Bleiarbeit, welche bei armen, mit anderen Schwefelmetallen stark verunreinigten Erzen Anwendung findet und ein unreineres Blei giebt. Man vertreibt dabei den Schwefel durch Rösten der Erze in freien Haufen und unterwirft dann das Röstgut einer desoxydirenden Schmelzung mit Kohle.

In mehrfacher Hinsicht vortheilhaft ist die Bearbeitung der Bleierze in Flammöfen, die Röstarbeit. Sie geht rascher von Statten, bedarf keiner Gebläse, gestattet rohe Brennmaterialien, verlangt keinen Eisenaufwand u. s. w. Im Flammofen also unterliegt zunächst der auf die Sohle geschichtete Bleiglanz der oxydirenden Einwirkung einer lebhaft ziehenden Flamme. Analog dem, was wir von früher aus der Verhüttung geschwefelter Metalle wissen, werden wir annehmen können, daß das Blei im oxydirten Zustande zurückbleibt und durch Zusammenschmelzen mit Kohle reduziert wird. Im Allgemeinen ist dies auch richtig, doch mit einiger Einschränkung; denn der Ofen giebt schon lange flüssiges gediegenes Blei aus, bevor eine Einwirkung von Kohle stattgefunden hat. Es wird dies durch das Auftreten gewisser Zwischenprodukte im Ofen, Bleioxyd (Bleiglätte), schwefelsaures Bleioxyd, Halbschwefelblei u. s. w., bewirkt, welche sich in der Hitze ganz eigenthümlich gegen einander verhalten. Während man nämlich in der ersten Röstperiode die volle oxydirende Flamme unter fleißigem Umkrücken auf die Röstmasse wirken läßt, erreicht man einen Punkt, wo noch vorhandener unzerfetzter Bleiglanz und schwefelsaures Bleioxyd sich nach chemischen Aequivalenten etwa die Wage halten. Von diesem Moment an beschränkt man den Zug im Ofen auf ein

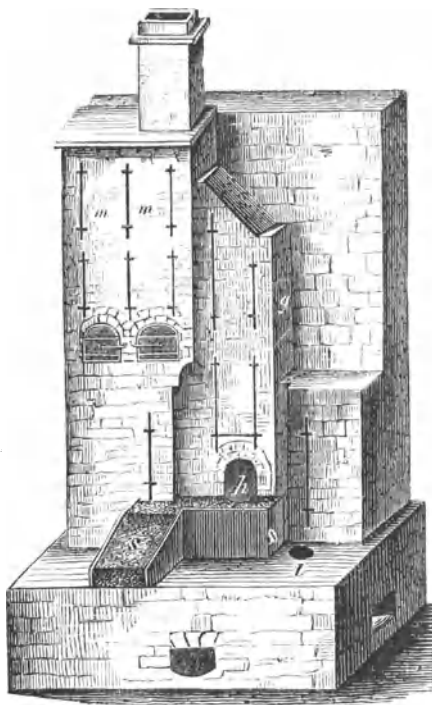


Fig. 58. Sumpfofen zu Blei.

Minimum und verstärkt die Hitze. Es beginnt nun unter den verschiedenen Produkten eine chemische Aktion, bestehend aus Abgabe und Aneignung von Sauerstoff, in deren Folge schwefelsaures Bleioxyd und Bleiglantz (und ebenso dasselbe Salz und Halbschwefelblei) sich so umsetzen, daß schweflige Säure entsteht, welche entweicht, und metallisches Blei, welches in den Vortiegel abfließt. Etwa in der dritten Stunde der Arbeit beginnt somit der rothglühende Ofen Blei auszugeben, am häufigsten beim Umrühren der Erzmasse. Hört endlich dieser Bleifluß auf, so nimmt man die reduzierende Wirkung der Kohle zu Hülfe, denn es ist noch genug Masse im Ofen, aber in einem Mengenverhältniß des Bleiglantzes und Bleivitriols, daß nur noch Bleioxyd sich bilden könnte. Man zieht demnach die Masse auf den hintersten Theil des Herdes, bedeckt sie mit den vom Feuerungsraum genommenen glühenden Kohlen und macht ein neues starkes Feuer an. Nach einiger Zeit rührt man die Masse um, und es fließt auf's Neue Blei aus. Das Bedecken mit frischen Kohlen und das Rühren wird so lange wiederholt, bis kein Metall mehr fließen will. Auch der jetzt bleibende schlackige Rückstand enthält noch eine ziemliche Quantität Blei und dient entweder als Zuschlag bei neuen Schmelzungen oder wird für sich auf dem Hochwerke in Schliche verwandelt und im Flammenofen mit Kohle reduziert, wobei ein unreineres Blei gewonnen wird.

Fast in jedem Lande sind übrigens die Einrichtungen und Manipulationen bei der Bleiverhüttung etwas verschieden; die vorstehende Beschreibung bezieht sich zunächst auf den kärnthner Schmelzprozeß, welcher am direktesten metallisches Blei giebt; die englische oder schottische Methode erzeugt mehr Halbschwefelblei, aus welchem beim Erkalten metallisches Blei auslaigert; die französische arbeitet blos auf Bleioxyd, das einer Reduktion durch Kohle bedarf. In einzelnen Fällen, namentlich wo man stark mit fremden Metallen verunreinigte Erze verarbeitet, bewirkt man die nach Beendigung des Röstens noch nöthige weitere Trennung statt durch Kohle durch Einwerfen von Eisen, eine Methode also, welche Röst- und Niederschlagarbeit mit einander verbindet.

Das auf die eine oder die andere Weise erschmolzene Blei ist nun entweder verkäufliche Waare (Kaufblei), wie gewöhnlich das zuerst ausfließende Jungferneblei, oder aber es ist wegen der darin vorhandenen fremden Metalle zu direkter Verwendung noch nicht geeignet und unterliegt dann noch einer weiteren Behandlung, die, besonders wenn unter den abzuscheidenden Metallen sich Silber befindet, bedeutungsvoll wird. Je mehr fremde Stoffe vorhanden sind, um so mehr Umstände macht ihre Abscheidung, weil sie sich nie auf einmal fassen, sondern nur schrittweise austreiben lassen. Ist der Silbergehalt irgend lohnend, so scheidet man zunächst diesen ab und beseitigt damit schon einen Theil der übrigen Stoffe; unt-silbertes oder kein Silber führendes Blei wird erforderlichen Falls für sich besonders raffinirt.

Die **Abscheidung des Silbers** aus dem Blei, welches in diesem Falle Werkblei heißt, wird durch zwei verschiedene Mittel bewirkt, die Treibarbeit und das erst seit etwa 30 Jahren aufgekommene Pattinsoniren. Die erste Methode beruht auf der größeren Oxydationsfähigkeit des Bleies gegenüber dem Silber in hoher Temperatur und geschieht unter Einwirkung eines lebhaften Gebläses in einer Art Flammenofen, dem Treibherd (Fig. 59), auf einer Unterlage von Holzasche und Kalk, auf welche die Bleinäpfe, Bleibrote, gegeben werden.

Eine bekannte Erscheinung ist die graue und röthliche aschenähnliche Haut, welche sich auf geschmolzenem und der Luft ausgesetztem Blei sofort bildet (Bleiasche). Es ist dies schon ein Oxydationsprodukt, aber ein nur wenig sauerstoffhaltiges (Suboxyd),



mit metallischen Bleitheilchen gemischt. Auf der Sohle des Treibherdes, wo unter der Heizflamme das Blei sehr bald in Fluß kommt, verwandelt der Luftstrom dasselbe in wirkliches Oxyd (Glätte), die bei ihrer leichten Schmelzbarkeit alsbald flüchtig wird, den Bleifluß bedeckt und durch eine Rinne, die Glättgasse, vom Treibherd fortfließt. Zunächst jedoch bilden sich auf der Bleioberfläche schwärzliche oder braune Krusten, schaumige und schlackige Massen (Abzug, Abstrich), welche neben etwas Blei und Glätte aus allerlei Unreinigkeiten bestehen und namentlich einen guten Theil der in dem Werkblei steckenden fremden Metalle in Oxydform enthalten. Diese Abstriche müssen so lange immer wieder abgekrückt werden, wie sie sich neu bilden. Sie verändern sich im Laufe der Arbeit in Aussehen und Gehalt; es kommt z. B. eine Periode, wo der Abstrich besonders reich an Antimon ist; dieser wird für sich gethan und auf Hartblei verarbeitet; dann kommt silberhaltige schwarze Glätte, die natürlich

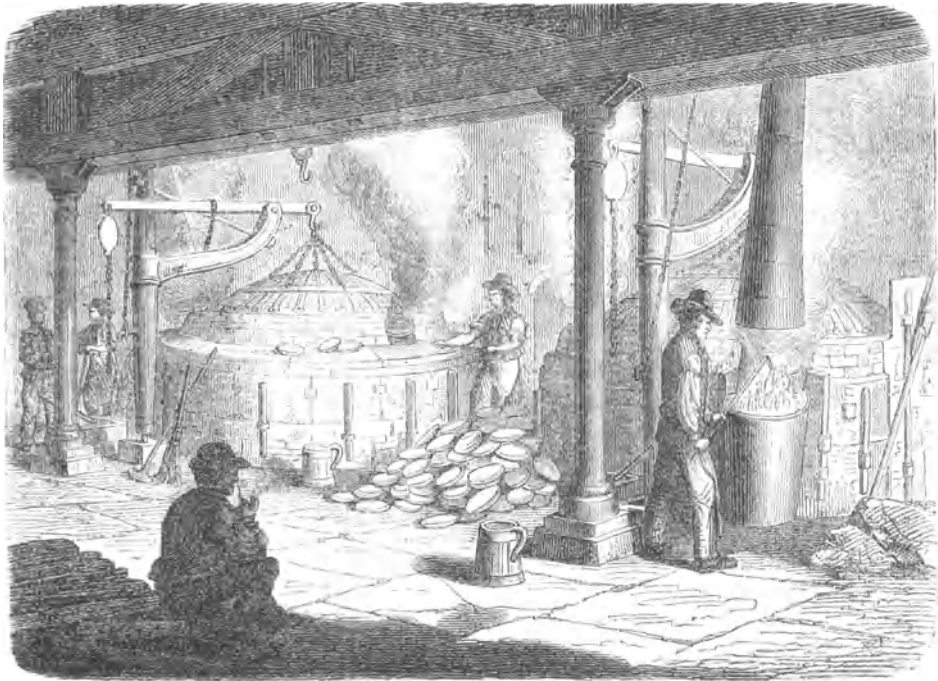


Fig. 59. Der Treibherd.

noch weniger weggeworfen wird. Das Silber ist also für den oxydirenden Einfluß des Gebläses auch nicht völlig unangreiflich, aber das meiste erhält sich doch am Grunde des Treibherdes. Stößt endlich die Masse auf dem Treibherde Schaum und Asche nicht weiter aus, so hat man den reinen rothen Fluß der eigentlichen Glätte.

Nummehr beginnt das letzte Treiben. Man verstärkt das Gebläse, öffnet die Glättgasse und die Glätte fließt aus dem Ofen. Alles noch vorhandene Blei wird so nach und nach in Glätte verwandelt, die der Luftstrom beständig der Glättgasse zutreibt. Wird endlich der letzte Rest Blei oxydirt, so bildet die Glätte nur noch eine dünne, in bunten Farben spielende Haut; diese zerreißt und ein Klumpen oder Klümpchen geschmolzenes Silber kommt plötzlich zum Vorschein; dies ist der beliebte Silberblick. Die Treibarbeit ist damit beendet, und man bricht die Sohlenfütterung des Ofens aus, die sich ebenfalls voll Glätte gefogen und in welche auch das Silber

verschiedene Wurzeln getrieben und Körner gesetzt hat. Die ausgeflossene Glätte erkaltet in Kästen oder auf Klumpen, klüftet sich und zerfällt, wobei sich zweierlei, im Wesen übrigens nicht verschiedene Formen des Oxyds bilden: gelbe zusammenhängende Stücke (Silberglätte) und rothe, schuppige und zerreibliche Massen (Goldglätte). Die Glätte ist schon eine Handelswaare von nicht geringerem Centnerpreis als der des gewöhnlichen Bleies; gewöhnlich bestimmt man zur Kaufglätte die rothe Modifikation, alles Uebrige wird wieder zu Metall reduzirt (verfrischt) und giebt entweder direkt oder nach erfolgter Raffinirung Kaufblei.

Die andere Entsilberungsmethode, das Pattinsoniren, ersetzt zwar die Treibarbeit nicht vollständig, aber kürzt sie bedeutend ab und empfiehlt sich auch sonst als sehr vortheilhaft. Sie beruht auf der Beobachtung des Engländers Pattinson, daß in einer silberhaltigen Bleimasse, wenn solche in geschmolzenen Zustande unter beständigem Umrühren langsam abgekühlt wird, bei einer gewissen Temperatur, nahe dem Schmelzpunkte des Bleies, Krystalle entstehen und unter sinken, welche fast aus reinem Blei bestehen, während das Silber in dem noch flüssigen Blei zurückbleibt. Man schmilzt demnach 50—100 Centner Blei auf einmal in gußeisernen Kesseln ein, nimmt dann das Feuer weg und verschließt alle Ofenöffnungen, so daß eine mäßige, die Masse eben flüssig erhaltende Temperatur längere Zeit konstant bleibt, und rührt den Fluß mit eisernen Stangen gut um. Die entstehenden Bleikrystalle werden mit durchlöchernten Rippen ausgeschöpft und in einem anderen Kessel wieder eingeschmolzen, wie ebenso auch die länger flüssig bleibende Masse in einer Reihe von Kesseln wiederholt derselben Manipulation unterworfen wird. Hieraus entstehen die sehr annehmbaren Vortheile, daß man erstlich eine Partie sehr reines Blei vorweg nimmt, das sogleich als raffinirtes oder doppelt raffinirtes verkäuflich ist, und daß zweitens eben dadurch die Bleimasse, in welcher der Silbergehalt steckt, mehr und mehr vermindert, also silberreicher wird. Sie unterliegt schließlich dem Prozeß des Abtreibens, der aber nun, wo nicht so große Massen zu bewältigen sind, weit weniger Zeit und Kosten in Anspruch nimmt.

Es giebt auch eine noch neuere Entsilberungsmethode, welche bei dem durch Pattinsoniren schon angereicherten Blei an Stelle des Abtreibens treten kann: die Scheidung von Blei und Silber durch Zink. Zink und Blei legiren sich nicht; im geschmolzenen Zustande schwimmt ersteres auf letzterem wie Del auf Wasser. Gießt man also in einen silberhaltigen Bleifluß geschmolzenes Zink — nach Maßgabe des vorhandenen Silbers 1—5 Prozent — rührt die Mischung durch und läßt sie dann in Ruhe, so steigt das Zink empor und nimmt den Silbergehalt bis auf ein Minimum mit sich. Das silberhaltige Zink wird, nachdem es zur Scheibe erstarrt ist, vom Blei abgehoben und der Destillation unterworfen, wobei das Silber zurückbleibt.

Die Zurückverwandlung der beim Abtreiben gewonnenen Glätte in metallisches Blei, das Frischen, ist eine einfache Arbeit und geschieht, wie sich leicht denken läßt, durch Verschmelzen derselben mit Kohle in kleinen Schacht- oder Flammenöfen. Alles erfrischte oder sonst gewonnene Blei, sofern es noch zu unrein für Kaufblei ist, wird raffinirt. Durch gelindes Schmelzen in einem Räuterofen kann schon ein reineres Blei ausgeschmolzen werden, denn die fremden Stoffe bleiben als schwerer flüssig zurück. Weiterhin rührt man das geschmolzene Blei mit frischen Holzstangen um, wodurch ein Aufschäumen entsteht, das die durch Oxydation gesonderten Unreinigkeiten in die Höhe bringt. Natürlich muß man zu rechter Zeit aufzuhören verstehen, denn selbst das reinste Blei würde sich sonst schließlich bis auf den letzten Rest in Asche verwandeln.

Das Blei kommt in viereckigen Blöcken oder muldenförmigen Güssen in den Handel und zeigt bezüglich seiner Reinheit große Verschiedenheiten. Selbst eine und

dieselbe Hütte liefert oft Bleie von verschiedener Reinheit. Als die reinsten Sorten gelten das spanische, englische, amerikanische und kärnthner Bleie. Wo das Pattinieren geübt wird, kann übrigens jede Hütte ihren bezüglichen Antheil reinen Bleies liefern. Deutsches Weichbleie gilt durchschnittlich der Centner 6 Thaler (auf den sächsischen Werken  $6\frac{1}{2}$  Thaler, Hartbleie 6 Thaler), die fremden reineren Sorten etwas mehr. In Freiberg ist auch ein schwach silberhaltiges Bleie unter dem Namen Probirbleie um den dreifachen Preis feil.

Die technische Verwendung des Bleies ist eine vielfache und zum Theil allbekannte. Es theilt dieses Metall mit dem Eisen das Privilegium, dem Herrn der Schöpfung als hauptsächlichstes Zerstörungsmittel gegen seines Gleichen und seine niederen Mitgeschöpfe zu dienen. Und merkwürdig genug erwartet er von demselben Stoff, der ihn Wunden schlug, auch deren Heilung, indem er ihn in Essig aufgelöst als Bleiwasser auflegt. Die bedeutende Schwere des Bleies, die es zu Geschossen tauglich macht, eignet es eben so gut zu Gewichten, Schwungkugeln und für viele Fälle, wo gewissen leichten Dingen mehr Standfestigkeit gegeben werden soll.

In Form von Platten, Blechen und Blättern von allen Dimensionen leistet das Bleie die mannichfachsten Dienste, z. B. zum Dachdecken, dünner gewalzt zum Belegen feuchter Wände, gezogen zu Fensterbleie, in größter Verdünnung als Bleifolie, die dann häufig noch mit Zinn plattirt wird. Das Ausrollen des Bleies zu dickeren oder schwächeren Platten und zur dünnsten Folie geschieht zwischen Metallwalzen ohne alle Schwierigkeit (Fig. 60). Haupt-

sächlichste und zum Theil unersetzliche Dienste leistet ferner das Metall für Fälle, wo seine Widerstandsfähigkeit gegen gewisse starke Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure, Flußsäure) in Anspruch genommen wird, in den größten Dimensionen in Form von Schwefelsäurekammern, dann zu Abdampfpfannen für Schwefelsäure, Alaun und Bistriol, zu Entwicklungs- und Aufbewahrungsgefäßen für Flußsäure u. s. w.

Aus dicken gewalzten Platten fertigt man große Bleiegefäße, Kästen u. s. w., in-

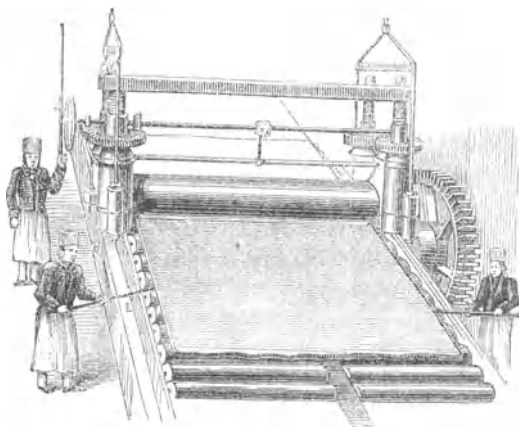


Fig. 60. Bleiwalzwerk.



Fig. 61. Zusammenlöthen der Bleiegefäße mittels Wasserstoffgas.

dem man diese durch Löthen des Bleies mit sich selbst vereinigt, nach neuerem Verfahren am besten bei der Hitze eines Stromes von Wasserstoffgas, das man mittels eines langen Kautschuckschlauches aus dem Entwicklungsgefäß ableitet und so, an dem metallenen Endrohr des Schlauches entzündet, bequem benutzen kann, um die Fugen der Bleigesäße so fest zu verschmelzen, als sei Alles aus einem Stück gegossen (siehe Fig. 61).

Gußwaaren aus Blei giebt es wegen der geringen Widerstandskraft des Metalls nicht viele; außer Spielsachen und andern kleineren Dingen bilden Kugeln und Schrot die häufigsten Gußgegenstände. Im Schrot haben wir das interessante Beispiel eines Metallgusses ohne Anwendung einer Form; die allgemeine Anziehung der Körper, die den Bau der Welt zusammenhält, giebt auch dem Schrotform seine runde Gestalt. Das Schrotmaterial ist Hartblei oder gewöhnliches Blei mit einem Zusatz von 1—3 Tausendsteln Arsenik. Wenn das Blei in gußeisernen Kesseln geschmolzen, dann mit Holzkohlenpulver bedeckt und bis zum Rothglühen erhitzt ist, rührt man mit einem Eisenrahtförschen jene Arsenikmenge zu. Die Metallmasse wird dann auf ein kegelförmiges Sieb von Eisenblech gefüllt, welches auf einem Gestelle ruht, unten weite Löcher hat und mit Bleiasche ausgekleidet ist. Durch dieses Sieb rinnt das Blei, fällt von einem Thurm wol 90—150 Fuß tief in ein Wassergefäß, worauf die Bleitropfen an der Luft oder im Ofen getrocknet werden. Das Sortiren geschieht auf geneigten hölzernen Tafeln mit Randleisten; die Schrote rollen darauf aus der Spalte eines Troges, die länglichen laufen seitwärts, die runden geradeaus in untergestellte Siebe durch Löcher von verschiedener Größe; dann werden erstere mit etwas Graphit in Tonnen polirt.

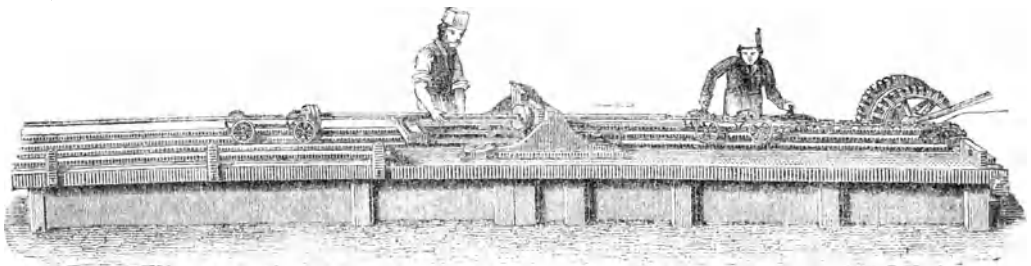


Fig. 62. Ziehbank für Bleiröhren.

Eine Verbesserung, welche den unerläßlich scheinenden hohen Fallthurm entbehrlich macht, wird von Smith in Newyork jetzt angewandt; er setzt die fallenden Bleitropfen einem sehr schnell aufsteigenden Luftstrome aus. Die Vorrichtung selbst besteht aus einem blechernen Rohre — beispielsweise einige 40 Fuß hoch und 2 Fuß weit — in welches unten seitwärts ein Rohr einmündet, um den Wind eines Gebläses einzuleiten. Oben auf ersterem Rohre befindet sich die Schrotform. Indem hier das heiße Metall innerhalb geringeren Fallraums mit eben so viel abkühlender Luft in Berührung kommt als bei größerer Fallhöhe in ruhiger Luft, erreicht man seinen Zweck auch ohne Thurm und noch dazu bequemer.

Bleiröhren im inneren Durchmesser von  $\frac{1}{2}$ —3 Zoll finden ihre häufigste Verwendung zu Gas- und Wasserleitungen im Innern der Gebäude, wozu sie wegen ihrer Biegsamkeit und fast unbefchränkten Länge besonders geeignet sind; ferner zu Leitung verschiedener Flüssigkeiten in Fabriken u. s. w. Die Röhren wurden früher stets auf einer Ziehbank gezogen, wie in Fig. 62 zu sehen, d. h. eine kurze dicke Bleiröhre wurde verdünnt und verlängert, indem man sie durch abnehmend kleinere

Löcher einer Ziehbank zog. Hierzu gehört ein Dorn, ein runder, glatter Eisenstab, der in der Röhre liegt und ihr Inneres offen und glatt erhält. Früher nahm man den Dorn so lang wie die beabsichtigte Röhre und sah sich dadurch in der Länge beschränkt, weil bei einem einigermassen langen Rohre der Dorn schwer herauszuziehen ist; sodann lernte man mit einem kurzen Dorn arbeiten, der, von hinten festgehalten, dem Zuge nicht folgte, sondern in der Mitte des Ziehlochs stehen blieb. Neuerdings werden die Röhren größtentheils nicht mehr gezogen, sondern gepreßt, wobei das vorher gegossene kurze Rohrstück, unter Anwendung einer außerordentlich starken mechanischen Kraft, gleich in einem Gange fertig wird und dabei auf das mehr als Hundertfache verlängert werden kann. Das zu streckende Rohrstück kommt in ein starkes eisernes röhrenförmiges Gehäuse zu liegen und füllt den Hohlraum gerade aus. Vorn hat dasselbe ein kleines rundes Loch, den Preßring; hinten liegt ein Preßkolben, von dessen Centrum aus ein dünnerer cylindrischer Aufsatz so weit nach vorn geht, daß sein vorderes Ende auch bei der hintersten Lage des Kolbens nach vorn inmitten des Preßringes zu sehen ist. Das so entstehende ringförmige Loch ist nun der einzige Ausweg für das Blei, wenn der Kolben durch die Kraft einer mächtigen Schraubenspindel mit Rädervorgelege oder durch eine hydraulische Presse vorgetrieben wird. Es ist also das Prinzip der Spritze, das hier zu Grunde liegt. Die Aehnlichkeit wird noch größer, wenn nicht kalt, sondern warm gepreßt wird. Dann befindet sich das Blei im geschmolzenen Zustande in dem Hohlraume, der das Spritzrohr vorstellt, wird hier durch eine Wärmevorrichtung warm gehalten, beim Austritt aber durch einen kalten Vorschlag gekühlt. Begreiflicher Weise ist zum Warmpressen eine viel kleinere mechanische Kraft hinreichend. Der Dorn sitzt bei dieser Manier nicht am Kolben, sondern wird im Preßringe durch einen Quersteg festgehalten, denn wenn dieser die eintretende Bleimasse auch theilt, so thut sie sich in Folge ihrer teigigen Flüssigkeit doch gleich darauf wieder zusammen.

Man liefert die gepreßten Bleiröhren in beliebigen Längen bis zu 50 Fuß der stärkeren, bis zu 100 Fuß der dünneren Sorten (Freiberg).

Die Glätte, innere Dichtigkeit und Porenfreiheit des solchergestalt gepreßten Bleies dient ihm so sehr zur Empfehlung, daß man auch Platten auf diesem Wege herstellt. Man preßt weite Röhren und läßt sie gleich beim Austritt durch mechanische Vorrichtungen aufschneiden und platt legen.

Denkt man sich das Mundloch der Röhrenpresse stark verengt und ohne Dorn, so wird sie gepreßten Draht liefern. In dieser Weise werden wol die meisten wenigstens dickeren Bleidrähte jetzt hergestellt, dünnere in der alten Art durch Ziehen. Bleidraht, obwol seine Widerstandskraft gegen Zerreißen gering ist, wird doch verschiedentlich benutzt, so namentlich von Gärtnern als wetterfestes Mittel zum Anbinden von Spalierbäumen, Wein u. dgl.; ferner braucht man ihn an Jacquardstühlen, zur Dichtung an Maschinen, ebenso an den Stoßfugen eiserner Röhren u. s. w. So verschwindet viel Blei wieder in die Verborgenheit, wie das ja auch bei Bauten, zum Eingießen eiserner Steinkammern, geschieht.

Vom Blei als Bestandtheil von Legirungen hatten wir schon mehrfach (Buchdruckerei, Bronze, Zinn) Gelegenheit zu reden, daher wir hier darüber hinweggehen können; auch den Chemikalien des Bleies begegnen wir meist an verschiedenen anderen Stellen, so der Glätte als Bestandtheil gewisser Gläser und zur Töpferglasur, dem Superoxyd bei der Fabrikation der Zündhölzchen, endlich dem Bleiweiß, den rothen und gelben Oxydationsstufen sowie einigen farbigen Salzen in dem Abschnitt von der Farbenbereitung. Unter den Bleisalzen sind Bleiweiß, chromsaures Bleioxyd (Chromgelb) und Bleizucker Gegenstände des technischen Großbetriebs. Der

letztere dient nicht nur zur anderweiten Darstellung vieler Bleipräparate, besonders des Chromgelbs, sondern auch für sich zur Firnißbereitung, in der Medizin und hauptsächlich als Beizmittel in der Färberei und Druckerei.

So mancherlei Nutzen uns aber auch das Blei gewährt, so ist es doch eigentlich des Menschen Freund nicht, denn seine Lösungen wie die als Staub oder in irgend einer Form in den Körper aufgenommenen Präparate äußern giftige Wirkungen, wie wol bekannt ist, aber nicht inuner gehörig gewürdigt wird. Die sich so leicht bildende Orzhdhaut des Bleies löst sich nicht nur in den schwächsten Säuren, wie Kohlenensäure, sondern selbst in Wasser. Deshalb sind auch bleierne Wasserleitungsrohren nur mit großer Vorsicht, unter Berücksichtigung aller Umstände und namentlich der chemischen Beschaffenheit des betreffenden Wassers, anwendbar. Salzwasser löst metallisches Blei scheinbar ganz direkt auf, wahrscheinlich als Chlorblei. Glücklicherweise ist die Prüfung auf Blei so leicht, daß sie auch von Laien vorgenommen werden kann. Alle löslichen Bleisalze (unlösliche Präparate, wie Bleiweiß, Mennige, Masicot, können durch Salpetersäure in lösliche verwandelt werden) geben mit Schwefelsäure sowie mit Salzsäure einen weißen, mit Schwefelwasserstoff oder Schwefelkieserlösung einen schwarzbraunen, mit chromsaurem Kali einen gelben Niederschlag (Chromgelb). Bleihaltige Papiere, z. B. mit Chromgelb gefärbtes, verrathen sich beim Entzünden und Wiederausblasen durch schwammartiges Fortglühen, müssen daher auch als feuergefährlich wohl im Auge behalten werden.

### Das Zinn.

Unter den sechs oder sieben Metallen, welche sich schon von Alters her im Dienste des Menschen befinden, mußte das Zinn in den frühesten Zeiten eine ganz besonders wichtige Stelle einnehmen, denn ohne Zinn hätte es ja keine Bronze geben können, die doch einmal — wenn auch unbestimmt, seit wann und wie lange — die Stelle des noch unentdeckten Eisens nothdürftig vertreten haben muß. Zinn und Kupfer leisteten hierbei im Verein, was keinem einzeln möglich war, und die Erklärung hierfür liegt in dem Umstande, daß das Zinn trotz seiner Weichheit doch in Verbindung mit anderen Metallen, mit Ausnahme des Bleies, in der Regel harte Legirungen bildet, eine Eigenschaft, die den Adepten des Mittelalters so außer der Ordnung erschien, daß sie dem Zinn den Titel des „Teufels unter den Metallen“ (diabolus metallorum) einbrachte.

Die Entdeckung des Zinns konnte keine großen Schwierigkeiten haben, denn obgleich sich das Metall in gebiegenem Zustande von Natur nicht darbot (nur erst neuerlich ist es in kleinen gediegenen Körnern in sibirischen Waschgoldlagern gefunden worden), so mußte sich doch schon dessen Orzhd, der Zinnstein, durch seine bedeutende Schwere und Härte sowie durch seine Krystallisation als etwas Besonderes zu erkennen geben, und der leichteste Schmelzversuch mit Kohle genügte dann, um das Metall an's Licht zu bringen. Schon ein zufällig über Zinnstein brennendes Holzfeuer konnte dies bewirken.

Das Vorkommen der Zinnerze ist ein sehr seltenes. Trogdem war bei den alten Kulturvölkern, die um das östliche Mittelmeer saßen und auf die wir ja hauptsächlich mit unserer Kenntniß der Vorzeit angewiesen sind, das Zinn bereits ein bekannter Artikel und, da sich nirgends im Orient Zinnlager finden, zugleich ein wichtiger Gegenstand des auswärtigen Handels. Das Zinn gehörte zu den Haupthandelsartikeln der Phönizier, sie holten es aus dem Lande, das noch heute das europäische Hauptmagazin bildet, aus dem südöstlichen England (Cornwall und Devonshire).

Die Eingebornen jenes Zinnlandes selbst, erzählt ein alter Autor, verschifften ihr Zinn in Nachen aus Korbgeflecht, die mit Thierhäuten überzogen waren, über das Meer nach den Küsten des heutigen Spaniens, von wo sie es über Land weiter nach den Handelsplätzen am Mittelmeere brachten. Bei den Griechen hieß das Zinn *kassiteros*, und schon Homer erwähnt es unter diesem Namen, der für die Griechen ein Fremdwort ohne Erklärung war, daher nach Herodot sich die Ansicht gebildet hatte, das Volk oder die Inseln, von denen das Zinn herkomme, hießen die *Kassiteriden*. Schon bei Aristoteles, der 322 v. Chr. starb, finden sich indeß die Zinngruben von *Cornubia* erwähnt, womit recht wohl das spätere Cornwall gemeint sein kann. Der Römer Plinius, der übrigens die *Kassiteriden* für eine Fabel hält, kennt das Zinn unter dem Namen *Weißblei* (*plumbum album* oder *candidum*), unterscheidet es vom eigentlichen Blei (*Schwarzblei*, *pl. nigrum*) und beschreibt die Eigenschaften beider. Nach ihm gab es auch an den Westküsten der Pyrenäischen Halbinsel (*Nusitanien* und *Gallicien*) bedeutende Zinnwäshen; was jetzt noch dort gefunden wird, erscheint ganz unerheblich.

Das Zinn diente im Alterthum, außer zur Erzeugung der Bronze, auch an und für sich zu allerlei Gefäßen, ferner zum Verzinnen, namentlich kupferner Gegenstände, durch Eintauchen in geschmolzene Zinnmasse, eine Erfindung, welche Plinius den Galliern zuschreibt. Man betrieb auch schon frühzeitig das Versetzen des Zinns mit Blei in verschiedenen Verhältnissen, und diese Vermengung oder auch wol völlige Verwechslung zweier Stoffe macht oft die alten Erwähnungen und Namen unklar. So

scheint das Wort *stannum* anfänglich eine Legirung bezeichnet zu haben, und erst später, etwa seit dem 4. Jahrhundert n. Chr., für das reine Zinn gebraucht worden zu sein. *Stannum* ist

das latinisirte *stan*, welches der einheimische Name des Zinns bei den alten Bewohnern von Cornwallis war, während *Zinn* oder eigentlich *tin*, wie es die Engländer schreiben, dem Chinesischen entnommen sein soll.

Ein kleiner Theil Englands also besaß seit vorgehichtlicher Zeit oder mindestens seit 3000 Jahren das besondere Privilegium, die Welt mit Zinn zu versorgen, ohne daß die Vorräthe sich erschöpft hätten, denn noch heute produziert jener Landstrich alljährlich gegen 100,000 Centner Zinn, wogegen die übrige Ausbeute Europa's als eine Kleinigkeit erscheint. Dieselbe beschränkt sich wesentlich auch nur auf eine Lokalität in Deutschland, das östliche sächsisch-böhmische Erzgebirge, dessen Gruben etwa seit dem 12. und 13. Jahrhundert in Betrieb gekommen sind und in den ersten Zeiten, wo der ganze Abbau noch von Tage aus niedergetrieben wurde, zum Theil außerordentlich ergiebig gewesen sein sollen. Die ganze erzgebirgische Ausbeute beträgt indeß gegenwärtig nur gegen 4000 Centner jährlich, wovon  $\frac{2}{3}$  auf die sächsische und  $\frac{1}{3}$  auf die böhmische Seite fallen. Sonst ist in Deutschland, den nördlicheren und südlicheren Ländern Europa's und dem Orient kein bauwürdiges Zinnlager bekannt.

Von außereuropäischen Bezugsquellen hat namentlich Ostindien eine große Bedeutung für den heutigen Zinnhandel erlangt. Das südöstliche Asien ist sehr reich an Zinn, sowol auf dem Festlande Ostindiens, Birma, Siam und der Halbinsel Malakka, wie auch auf den Inseln Sumatra und hauptsächlich Banca. Das Banca- und Malakka-zinn gilt für das reinste im Handel vorkommende und figurirt auf jedem Marktbericht, wenn nicht etwa die Firma für alles ostindische Zinn gebraucht wird. Auch

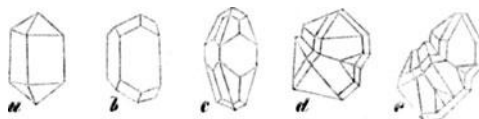


Fig. 63. Zinnmetzthalle.

China soll sehr reich an Zinn sein, und in der neuen Welt findet sich dasselbe in Mexiko, Peru und Brasilien.

**Zinnerze und ihre Verarbeitung.** Die gewöhnlichste Form, in welcher das Zinn in der Natur vorkommt, ist die als ein sehr hartes und schweres Gestein, das theils derb, theils in tetragonalen Erystallen vorkommt, wie sie uns Fig. 63 in den selteneren einfachen Formen a, b, c und in den gewöhnlicher auftretenden Zwillingsgestalten d und e vorführt. Dieser sogenannte Zinnstein ist ein Zinnoxyd und enthält im reinen Zustande  $78\frac{1}{2}$  Prozent Metall und  $21\frac{1}{2}$  Prozent Sauerstoff. An gewissen Verticlichkeiten sind die ursprünglichen Muttergesteine der Zinnerze durch gewaltige Naturkräfte zertrümmert, pulverisirt, verwaschen und weggeführt worden, und alle Metalle, die den Zinnstein sonst begleiteten, spurlos verschwunden; er selbst aber, unangreifbar für Luft, Wasser und Säuren, ist in Schutt und Erdreich eingebettet zurückgeblieben, wie es sonst nur Gold, Platin und Edelsteine thun.

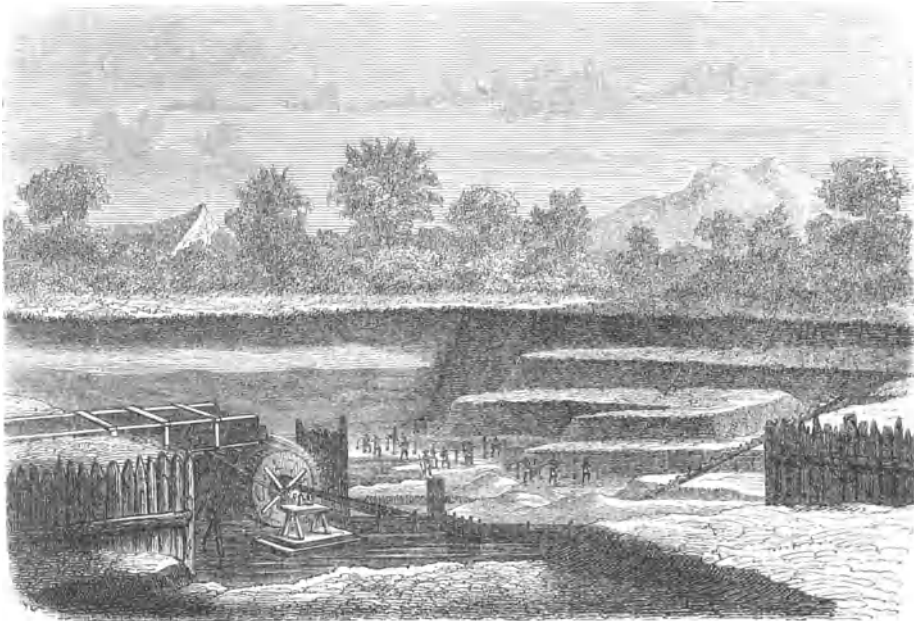


Fig. 64. Zinnmine auf Banca.

In dieser Art des Vorkommens war das Zinnerz nicht allein am leichtesten zu entdecken, sondern man erhielt auch mit geringer Arbeit sogleich das schönste Zinn, denn das Erz hat hier durch Naturwirkungen eine Säuberung oder Aufbereitung erfahren, wie sie auf künstlichem Wege gar nicht oder doch nur mit schweren Kosten beschafft werden könnte. Die Orte, wo derartige Zinnerze gewonnen werden, heißen Seifen, was so viel bedeutet wie Wäschen, denn in der That besteht die ganze Arbeit, um das Erz in schmelzwürdigem Zustande zu gewinnen, nur in einem Verwaschen des aufgedrungenen Erdbreichs und Gruses. Dieses Seifenzinn ist bei weitem reiner als das sogenannte Bergzinn, dessen Erz man aus seiner natürlichen Felsenlagerstätte hervorarbeitet. In Cornwallis bildet neben der Bergarbeit die Gewinnung von Seifenzinn einen regelmäßigen Betrieb, im Erzgebirge finden sich die Zinngruben nur selten und im Schuttlande gar nicht, sondern lediglich in Klüften des Zinngebirges selbst.



In Ostindien beruht die Zinngewinnung zum bei weitem größten Theil auf Wäscharbeit, sei es daß die gebirgischen Zinnlager dort nicht mehr vorhanden oder unbekannt sind, oder daß man die leichtere Arbeit vorzieht. Man gräbt und wäscht das Erdrreich dort entweder ganz oberflächlich oder wenigstens nur bis zu verhältnißmäßig geringer Tiefe, und hält sich hauptsächlich, wie auch in Peru und Mexiko, an das Anschwemmungsland von Gebirgsflüssen. Die Abbildung Fig. 64 giebt uns eine Vorstellung von einer Zinnmine der größten Art (Kolongmine), die auf Banca fast ausschließlich von Chinesen bearbeitet werden. Der primitive Charakter der ganzen Behandlungsweise prägt sich noch entschiedener in der Abbildung von dem Schmelzhaus aus, welches Fig. 65 uns vor Augen führt.

Der Zinnstein, gewöhnlich rothbraun bis schwarz, findet sich in Granit, Porphyr, Gneis, Thonschiefer, Grünstein u. s. w. eingewachsen und durchsetzt in mehr oder weniger starken Gängen das Muttergestein.

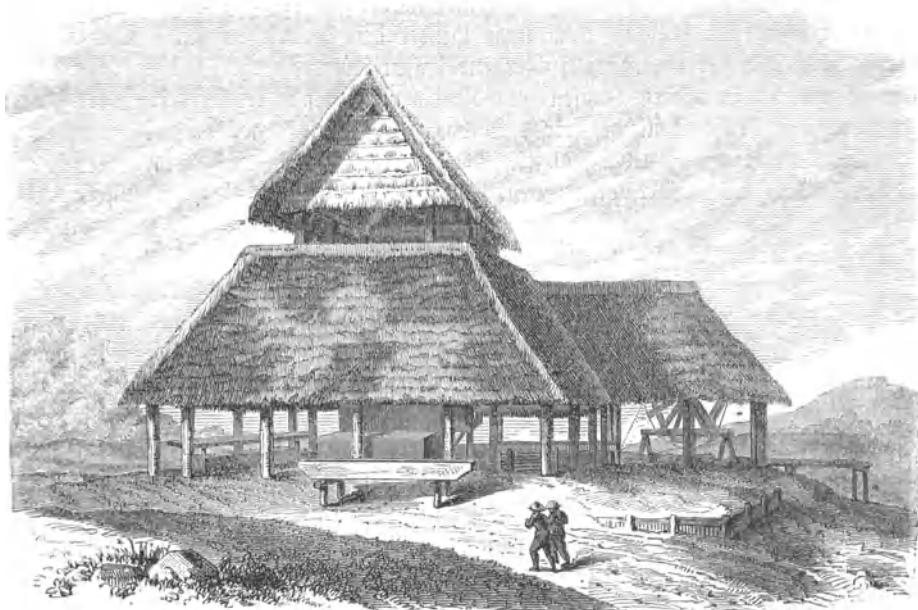


Fig. 65. Schmelzhaus auf Banca.

Kommt das Erz in kleinen Partikeln zerstreut im Gestein vor, so heißt dieses in Sachsen Zwitter. Obwol oft nur  $\frac{1}{2}$  Prozent und weniger Zinn enthaltend, werden diese Zwitter doch verarbeitet und durch mühsame Poch- und Schlümmarbeit zu Schlieche angereichert.

Wenn die zinnführenden Felsmassen, wie meistens der Fall, sich zwischen anderes unhaltiges Felsgestein eingedrängt oder von ihm mantelartig umgeben finden, so nennt man sie Stockwerke. Als Beispiele für diese Art des Vorkommens können die beiden Durchschnittsansichten zweier sächsischer Zinnlagerstätten dienen. Im Altenberger Zinnstock (Fig. 66) durchschwärmen eine Menge Zinnerzgänge a von ein paar Zoll bis 1 Fuß Mächtigkeit den Fels in allen Richtungen; die mehr senkrechten größeren Adern b sind unhaltig. Taub werden ferner alle Adern in den Seitenpartien B und C, in denen der Fels in Granit und Syenitporphyr übergeht, während sich der Erzgehalt in der Mittelpartie A findet und dann in D, wo die Masse wieder in

Feldsteinporphyr übergeht, noch einmal auftritt, so daß dieselben vorher tauben Adern sich hier neu und reichlicher füllen.

In dem Zinnwalder Stock (Fig. 67) sind die mehr lagerartigen Zinnerzgänge von durchschnittlich 1 Fuß Mächtigkeit weit regelmäßiger geordnet. Das Muttergestein ist ein grobkörniger porphyrartiger Granit, die unhaltige Umlagerung B besteht aus Feldsteinporphyr.

So weit man sich von dem Walten der Natur in den früheren Bildungsstadien unserer Erde eine Vorstellung machen kann, scheinen die zinnerzhaltigen Stücke jüngere Gelsgebilde zu sein, die sich im feuerflüssigen Zustande zwischen älteren, diese zerspaltend, empordrängten, im Erstarren zerlüfteten und dadurch Gelegenheit boten, daß von unten möglicherweise aufsteigende metallische Dämpfe sich in ihnen kondensiren konnten. Die Betrachtung der Art und Weise, wie die Natur ihre Zinnvorrathskammern eingerichtet, läßt erkennen, wie es möglich sein mußte, solche Lagerstätten zu entdecken und von oben her, in offenen Gruben, auszubenten.

Den Zinnstein gewinnt man aus seiner natürlichen felsigen Lagerstätte entweder durch Sprengen mit Pulver, oder man weidet das Feuersegen an. Die Erze gelangen dann erst zur trockenen, später zur nassen Aufbereitung. In Sachsen brennt man sie zunächst in offenen Haufen, um die darauf folgende Pocharbeit zu erleichtern. Das Pochmehl (rohe Schlieche) wird, nachdem es gewaschen worden, in Sachsen an die Schmelzwerke der Regierung abgeliefert, die es nach der durch Proben ermittelten Lage ankaufen und weiter verarbeiten. Die Schlieche unterliegt demzufolge einer Röftung in Flammenöfen bei Holzfeuer, durch welche die fremden Beimengungen theils verflüchtigt, theils in leichtere, also durch Waschen zu entfernende Oxide verwandelt werden. Der Zinnstein bleibt hierbei ungeschmolzen und unverändert, und auch das ungern gesehene Wolfram wird dadurch nicht beseitigt. Das Arsenik geht als arsenige Säure fort und wird in einer Giftkammer aufgefangen. In Cornwallis, wo sich viel Kupfererze unter das Zinnerz mischen, läßt man deshalb die geröstete Schlieche einige Zeit an der Luft verwittern, bis das Schwefelkupfer sich zu Kupfervitriol oxydirt hat, den man mit Wasser auszieht. Das braune geröstete Erzpulver unterliegt hierauf der zweiten nassen Aufbereitung auf Stoß- und Rehrherden, wobei eine Menge Unreines fortgewaschen wird und die Waschwasser sich von mitgenommenem Eisenoxyd gewöhnlich ganz roth färben. Die solchergestalt konzentrirte Schlieche enthält nun 40—60 Prozent Zinnmetall und gelangt nach dem Trocknen zum Aufschmelzen in den Öfen.

In den sächsischen und böhmischen Hütten dienen zur Zinnengewinnung aus Stein gemauerte Gebläseschachtöfen von 8—10 Fuß Höhe mit geschlossener Brust, nur mit einem Abstichloch am vordersten tiefsten Theile der Sohle. Ueber der Gicht des Ofens sind Kondensationskammern aufgebaut zum Auffangen des Gestiches, welches bei diesem Betriebe in Menge fortgeht und als metallhaltig nicht verloren gehen darf.

Das Zinnaufschmelzen geschieht kontinuierlich längere oder kürzere Zeit hindurch (gewöhnlich 6—7 Tage), indem beständig Erz, Kohle und Zuschläge oben schichtweise eingetragen und unten als Metall und Schlacken abgezogen werden. Wo man es mit reinem Seifenzinn zu thun hat, ist kein anderer Zusatz nöthig als Kohle; das unreine Bergzinn verlangt indeß verschlackende Zuschläge zur Bindung der fremden Metalle, Quarz gegen einen Eisengehalt, Kalk gegen Wolfram u. s. w. Zinn Schlacken von vorherigen Schmelzungen, Schmelzrückstände und Gestübe machen ebenfalls und in großer Menge die Reise durch den Ofen wieder mit. Im Schmelzofen fügt sich nun das feuerfeste Zinnoxyd willig der vereinten Wirkung von Feuer und Kohle, und die vielleicht einige Millionen Jahre alte, solide Verbindung von Zinn und Sauer-

stoff wird gelöst. Das Metall und die flüssigen Schlacken treten, wenn es Zeit ist, das Stichloch zu öffnen, in einen vorliegenden muldenförmigen Raum, den Vorherd, wo die Schlackendecke zu Platten erstarrt, die abgezogen und in Wasser geworfen werden, um dann zerkleinert der weiteren Ausnutzung zu unterliegen. Die Hitze des Ofens wird so geführt, daß die Stoffe stets in dunkler Rothglut das Stichloch verlassen.

In England geschieht die Reduktion des Bergzinns auf dem Herde eines Flammenofens, wo die Schliche in Vermischung mit Steinkohlenklein und Zuschlägen einer viel stärkeren Schmelzhitze ausgesetzt sind, so daß das Ausbringen zwar rasch und wohlfeil erfolgt, aber auch ein stark verunreinigtes Metall erhalten wird.

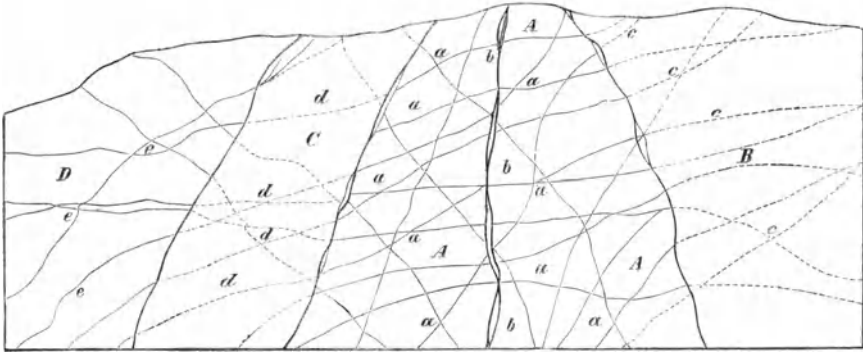


Fig. 66. Durchschnitt des Altenberger Zinnlochs.

Der ruhig stehende Zinnfluß reinigt sich theilweise selbst dadurch, daß er die fremden, weniger leichtflüssigen Metalle sich zu Boden setzen läßt. So bilden sich schon im Vorherd Härklinge, Vergrünungen von Zinn und Eisen, die auch Wolfram, Arsenik u. s. w. aufnehmen. Die oberen Schichten können als ziemlich reines Zinn abgeschöpft werden.

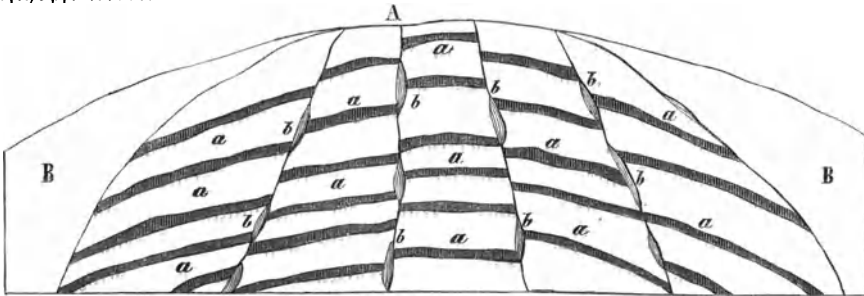


Fig. 67. Durchschnitt des Zinnwalder Zinnlochs.

Im Allgemeinen jedoch genügt diese Reinigung noch nicht, und man verschreitet, gewöhnlich unmittelbar vom Abstichkessel weg, zu einer weiteren Pürierung, welche das Pauschen heißt. Auf die abschüssige Sohle des Pauscherdes, der unten eine Rinne und einen Sammelriegel hat, wird eine handhohe Schicht glühender Kohlen gebracht und das mit Kellen aus dem Abstichtiegel geschöpfte Metall an der höchsten Stelle des Herdes ausgegossen oder auch das Metall ungeschmolzen in Blöcken dahin gelegt. Das leichtflüssige Zinn rinnt langsam durch die Kohlen nieder, die schwerer schmelzbaren Metalle bleiben halb erstarrt, mit Zinn vermischt, zwischen denselben hängen. Durch Klopfen mit hölzernen Schlägeln nöthigt man sie, noch

etwas Zinn fahren zu lassen. Diese Rückstände, welche Dörner heißen, sind in ihrer Beschaffenheit den Härtingen ähnlich und kommen zur weiteren Ausnutzung zu den Schlacken. Sehr unreines Zinn verlangt ein zwei- oder mehrmaliges Pauschen oder Durchlassen.

Das endlich bis zur Qualität einer Handelswaare gebiehene Metall wird schließlich mittels Formen oder durch Ausgießen auf eine Metalltafel in die gewöhnlichen Gestalten des Handels — Blöcke, Barren, Kuchen — gebracht und mit dem Qualitätsstempel versehen. Das englische Bergzinn führt den Namen Blockzinn; das viel bessere, auf Seifen gewonnene Metall heißt Körnerzinn und rangirt in Reinheit und Preis gleich nach dem von Banca und Malakka.

Die Formgebung des Körnerzinns ist etne eigenthümliche, denn es wird weder in Formen gegossen, noch gerollt, sondern gebrochen oder eigentlich gesprengt. Bis nahe zum Schmelzen erhitzt, wird das sonst so milde Metall ganz spröde und brüchig; man erhitzt demnach die Blöcke, bis die Kanten zu schmelzen anfangen, und wirft sie von einer Höhe herab auf harten Boden oder zerschlägt es mit Hämmern. Das Metall zerpringt in eine Menge rundlicher Stückchen mit krystallisirten Flächen, und diese Krystallisation dient als Kennzeichen der Reinheit.

Schlacken, Dörner, Härtinge verursachen noch beträchtliche Arbeit, um den starken Zinngehalt, den sie einschließen, noch möglichst herauszubringen. Völlig gelingt dies niemals, und einige Procente gehen immer verloren. Die Schlacken kommen zunächst in der Regel sofort wieder mit in den Ofen, denn sie enthalten neben mechanisch eingeschlossenen Zinntheilchen auch noch Oxid, das zu reduciren ist. Nach Umständen schmilzt man sie auch für sich aus oder unterwirft sie, wenn sie ganz besonders reich an Körnern geworden, dem Prozeß des Pochens und Waschens, wobei öfter noch ein sehr gutes Zinn erhalten wird. Die letzten Ueberbleibsel nebst Dörnern und Härtingen, Ofenbruch und Flugstaub bilden die ärmste und unsauberste Gesellschaft, welcher aber doch noch ein Tribut abgezwungen wird; man verschmilzt sie für sich besonders bei sehr starker Hitze und erhält durch dieses sogenannte Schlackentreiben noch ein sehr unreines Zinn, das als geringste Sorte für sich verthan wird.

Die technische Verwendung des Zinns ist eine vielseitige, wie schon die Erfahrung des täglichen Lebens ergiebt. Die hauptsächlichste Benutzung bildet dermalen das Ueberziehen anderer Metalle mit Zinn, die Verzinnung. Außer der schon besprochenen Darstellung des Weißblechs verzinnt man hauptsächlich Kupfer und Gußeisen, auch Blei. Bleierne Röhren für Wasser und andere Flüssigkeiten verlieren durch eine gute Verzinnung alles Bedenkliche. Außer der gewöhnlichen Verzinnung durch Eintauchen in geschmolzenes Zinn hat man auch eine nasse, das sogenannte Weißsieden, die auf kleine Messinggegenstände, wie Stecknadeln, Ketten, Ringe u. s. w., Anwendung findet. Man siedet die Gegenstände in einem verzinnnten Kupferkessel mit fein gekörntem Zinn, Weinstein und Wasser, oder bringt sie mit denselben Zuthaten oder auch mit Zinnsalz und heißem Wasser in Tonnen, welche an einer Achse drehbar sind. Das im Messing enthaltene Zink scheidet metallisches Zinn aus der Lösung, welches sich in einer dünnen Schicht dem Messing anhängt.

Die Verwendung des Zinns zu Küchen- und Hausgeräthen, die Zinngießerarbeit, ist bekanntlich in neuerer Zeit sehr in den Hintergrund getreten. Die blankgeschuurten Zinngeschirre, sonst der Stolz der Hausfrau, haben größtentheils dem Porzellan, Glas und anderem Material weichen müssen, sei es aus Rücksichten der Wohlfeilheit oder größeren Bequemlichkeit, sei es daß der schädliche Bleigehalt Bedenken erregte. Ohne alles Blei wird fast gar kein Zinn verarbeitet, denn dieses wird dadurch nicht

allein wohlfeiler, sondern läßt sich auch besser gießen. Das mäßigste Verhältniß ist 32 Theile Zinn und 1 Theil Blei (vierstempeliges Zinn), aber die Mischungsverhältnisse gehen herunter bis 2 Theile Zinn und 1 Theil Blei (dreipfündiges Zinn). Ueber die Einhaltung der verschiedenen Legirungen bestehen gesetzliche Vorschriften; dennoch wurden die Zinnteller u. s. w., wenn sie mitunter zum Umgießen gegeben wurden, grauer und grauer, namentlich als noch das Umgießen von Herumziehern als Gewerbe betrieben wurde. Es ist aber schon 1 Prozent Blei hinreichend, um Glanz und Farbe des Zinns zu beeinträchtigen. Mit mehr Blei wird die Mischung immer weicher und mißfarbiger. Man sucht daher auch wol durch kleine Zusätze von Antimon, Kupfer, Zink und Wismuth dem stark bleihaltigen Zinn mehr Härte zu ertheilen.

Die gewöhnliche Probe zur ungefähren Beurtheilung der Qualität des Zinns besteht im Schmelzen und Ausgießen des Metalls auf eine Fläche. Ist das Metall rein oder nur sehr wenig bleihaltig, so erstarrt es mit weißer spiegelnder Oberfläche; 1 Theil Blei mit 4 Theilen Zinn verräth sich durch eine dichte Vegetation nadel-förmiger Krystalle; 1 Theil Blei und 2 Theile Zinn zeigen große runde glänzende Flecke, welche bei gleichen Theilen Zinn und Blei ebenfalls, aber klein und sehr zahlreich erscheinen. Auch andere metallische Unreinheiten des Zinns verrathen sich durch ästige und sternige Krystallifikationen. Reines Zinn läßt beim Biegen ein eigenthümliches Knirschen hören, und man kann diese Thatsache sehr wohl als ein ungefähres Prüfungsmittel benutzen.

Nicht so leicht zu ersetzen wie im Hauswesen und oft unentbehrlich ist manchen Gewerbszweigen gutes Zinn in Form von Kesseln, Pfannen, Destillirblasen u. s. w., namentlich in der Färberei, Farbenfabrikation und ähnlichen Branchen.

Der Zinnguß geschieht wol nur ausnahmsweise gleich dem Messingguß in Sandformen, denn die Güsse bilden meistens Handelswaare, werden also in vielfachen Exemplaren erzeugt, und damit ist die Anwendung bleibender Formen geboten. Am besten, aber theuersten sind solche von Messing; außerdem dienen gußeiserne, für flache Gegenstände auch in feinem Sandstein oder Schiefer ausgearbeitete. Gypsformen sind bequem, halten aber wenig Abgüsse aus. Kleine Formen macht man auch aus Zinn oder Blei. Das Anhängen des Zinns in den Formen verhütet man durch Anröchern oder man giebt einen Anstrich von Kreide, Thon, Lehm u. s. w. und läßt ihn trocknen. Man unterscheidet Heiß- und Kaltgießen, d. h. mit stark und mit wenig erhitztem Metall; das erstere bezieht sich auf Formen von Messing und Eisen, das andere auf die weniger haltbaren. Hat man in ersterem Falle das Metall in die erhitzte Form gegeben, so kühlt man dieselbe sofort äußerlich mit nassen Lappen und bewirkt dadurch einen besonderen Grad von Härte und Klang, sowie Schärfe und Reinheit des Gusses. Den Vortheil des Gusses in einzelnen Theilen mit nachherigem Zusammenlöthen macht sich der Zinngießer in ausgedehntem Maße zu Nutzen und gießt nur die einfachsten Sachen als Ganzes, wodurch er die Herstellung komplizirter Formen umgeht. Die meisten Zinngießerformen sind aus mehreren Theilen zusammengesetzt und wenigstens zweitheilig. Die Formen zu hohlen Gegenständen haben ein Kernstück; bei solchen jedoch, deren Inneres nicht in's Auge fällt und daher keine reine Fläche zu haben braucht, wendet man das schon beim Zinnguß erwähnte Stürzen an.

Die Vollendung der fertigen Gußstücke geschieht, sofern sie rund sind, auf der Drehbank durch Abdrehen und nachheriges Poliren mit Seife und Smirgel, Achat und dergleichen. Nichtrunde Gegenstände erhalten ihre Bearbeitung durch Raspeln, Feilen, Schaben und Glätten mit einem Glättstein.

Das Zinn, welches der Orgelbauer verarbeitet, enthält ebenfalls immer Blei in verschiedenen Verhältnissen. Das gewöhnlichste Verhältniß ist 10 Theile Zinn und 4 Theile Blei. Die noch mehr bleihaltigen Mischungen nennt der Orgelbauer Metall. Zinnfiguren bestehen aus 4 Theilen Zinn und 3 Theilen Blei oder auch aus beiden zu gleichen Theilen. Eigenthümlich durch ihr glänzendes Aeußere verhält sich eine stark bleihaltige Legirung von 29 Theilen Zinn und 19 Theilen Blei; es ist die Masse, aus welcher der sogenannte Zinnschmuck (Zinnbrillanten) besteht, der auf Theatern und Maskenbällen zu Hause ist. Man taucht brillantennähnlich geschliffene Glasstückchen in das geschmolzene Metall; beim Herausziehen bleibt ein Häutchen hängen, das nach dem Erkalten von selbst abfällt und auf der Hohlseite die Glätte und den Glanz des polirten Glases zeigt. Aus einiger Entfernung gesehen, macht die vertiefte Figur den Eindruck einer erhabenen geschliffenen.

Zähigkeit besitzt das Metall fast gar keine, und von Zinndraht ist daher eigentlich keine Rede. Dagegen ist die in der Weichheit des Metalls begründete Dehnbarkeit eine bedeutende und gestattet die Verwendung des Metalls in Form ganz dünner Blätter, die als Zinnfolie oder Stanniol bekannt sind. Die wichtigste Verwendung des Blattzinns bildet die zur Herstellung des Spiegelbelegs, worauf wir später zu sprechen kommen; sonst dient dasselbe vielfach als saubere Enveloppe für Chocoladen, Parfümerien, als Kapseln zum luftdichten Verschluss von Flaschen u. dgl. Zur Zinnfolie verwendet man das reinste und deshalb geschmeidigste Zinn, das erst in Form von Stäben ausgegossen und sodann durch Hämmern oder Walzen weiter ausgearbeitet wird. Zur Schlägerei dienen leichte, rasch gehende Schwanzhämmer von circa 50 Pfund Gewicht mit etwa 300 Schlägen in der Minute. Hammer wie Ambos sind natürlich auf der Schlagbahn gut gestählt und polirt. Die Zinnstäbe gelangen der Reihe nach unter dreierlei Hämmer: Streckhammer, Zainhammer und Platthammer, sie werden anfänglich bloß gestreckt und schließlich erst in die Breite getrieben. So wie die Zaine einige Dünne erlangt haben, werden ihrer mehrere über einander gelegt, dann die Verdoppelung beim Ausplatten fortgesetzt, bis endlich 32—192 Blätter auf einander liegen, die man winkeltrecht beschneidet, aus einander nimmt und die fehlerhaften ausschleift. Ein großer Theil der jetzt verkäuflichen Zinnfolie besteht übrigens aus beiderseits mit Zinn plattirtem Blei. Da sich beide Metalle beim Strecken ähnlich verhalten, so erreicht man beim Einlegen einer Bleiplatte zwischen zwei Zinnplatten und beim Auswalzen zu Stanniol eine Vereinigung der drei Theile zu einem Ganzen. Man prüft ein solches Produkt, das bis zur Hälfte und mehr aus Blei bestehen kann, durch wiederholtes Eintauchen in mäßig starke Salpetersäure. Die reine Zinnfolie verwandelt sich hierbei ganz in ein weißes Pulver, Zinnoxydhydrat, während andernfalls das bleierne Mittelstück übrig bleibt.

**Legirungen.** Begegnet uns das Zinn sonach in den meisten Fällen schon als eine Zusammensetzung mit mehr oder weniger Blei, so wird es durch seine Legirungsfähigkeit auch noch anderweit verwendbar. Hinsichtlich der Bronze, worin Kupfer der Hauptstoff, Zinn das Hilfsmittel ist, verweisen wir auf den vom Kupfer handelnden Abschnitt; herrscht der Antheil des Zinns bedeutend vor, so entstehen Legirungen, die sich der Zinnfarbe nähern, übrigens aber beträchtlich härter sind als das reine Zinn. Andere härtende Zusätze geben Zink, Wismuth und namentlich Antimon. Mit Anwendung solcher Zusätze in verschiedenen Nuancen lassen sich verschiedentlich geeignete Kompositionen herstellen, worunter das Britanniametall in Form von Köffeln, Leuchtern, Gefäßen u. s. w. die populärste sein dürfte. Die Darstellung dieser Legirung ging von der Zinngießerei aus, wo man sich wie gesagt bestrebt, das stark bleihaltige Zinn durch Zusatz von Antimon u. dgl. zu verbessern. Hieraus er-

wuchs mit der Zeit die Einsicht, daß man unter Weglassung des Bleies auch etwas Besseres erzielen könne, und es entstanden verschiedene Zusammensetzungen, unter denen das Britanniametall bis jetzt den Vorzug und fast die alleinige Geltung behauptet hat. Zu seinen Vorzügen gehört, daß es sich sehr schön und scharf gießen und eben so zu Blech auswalzen, zu Draht ziehen, prägen, drücken und auf der Drehbank bearbeiten läßt, endlich auch eine schöne Politur annimmt. Ueber die Zusammensetzung der Legirung existiren mancherlei Angaben, jedenfalls deshalb, weil die verschiedenen Fabriken, die namentlich in England zu Hause sind und große Massen von Waaren, oft galvanisch versilbert, produziren, selbst nicht nach einerlei Rezept arbeiten. Als einfachstes Verhältniß erscheint die Legirung von 9 Theilen Zinn und 1 Theil Antimon; es scheinen aber häufig kleine Mengen von Zink und Kupfer absichtlich zugelegt zu werden. Britanniametall und Neusilber sind ihrer Bestimmung nach Kollegen; obgleich auf ganz verschiedene Weise entstanden, verfolgen sie denselben Zweck, ein weißes Metall zu bilden, das so viel wie möglich dem Silber ähnlich aussehen soll. Besteht doch das unechte Blattsilber aus nichts weiter als aus Zinn, mit etwas Zink versetzt, und das Musiv- oder Muschelsilber aus Zinn, Wismuth und Quecksilber. Eine Verbindung des Zinns mit Schwefel aber (Zweifachschwefelzinn), aus goldgelben weichen Schüppchen bestehend, bildet das Gold (Musivgold) im Malekafen der Knaben.

Auch in seinen Salzen und anderen Präparaten ist das Zinn von Interesse und technischer Wichtigkeit. Schmilzt man Zinn unter Zutritt der Luft, so überzieht es sich zunächst mit einer grauen Haut, die aus unvollkommenem Oxhd und Metalltheilchen besteht (Zinnkrüge); bei fortgesetztem Erhitzen verwandelt sich endlich das Ganze in gelblichweißes Oxhd, in der Technik Zinnasche genannt. Obwol das Oxhd in dieser Pulverform in nichts an den natürlichen Zinnstein erinnert, so ist es doch nicht allein chemisch derselbe Stoff, sondern besitzt auch in seinen Theilchen jedenfalls die gleiche elementähnliche Härte wie jener, und bildet demzufolge das vorzüglichste Smirgel- und Polirmittel auf Stahl. Man hat, weil sich die Zinnasche für diesen Zweck nur schwierig durch Schlämmen präpariren läßt, neuerdings ein hübsches Verfahren, um dieselbe direkt in vorzüglicher Feinheit zu gewinnen. Es wird eine Lösung von Zinn Salz mit einer solchen von Klee säure heiß vermischt, der hierbei entstehende weiße Niederschlag von klee saurem Zinn oxhdul gut ausgewaschen, getrocknet und sodann in einer Schale über Kohlen oder Spiritusflamme unter beständigem Umrühren erhitzt. Die Säure wird hierbei zerlegt und in Gasform ausgetrieben, während das Oxhdul zu Oxhd wird und als voluminöses leichtes Pulver von erwünschter Feinheit zurückbleibt. Glasflüssen ertheilt eingeschmolzenes Zinn oxhd eine undurchsichtige weiße Farbe und bildet demzufolge seit lange das Hauptmittel zur Herstellung von Email zu feinen weißen Glasuren. Verschiedene Zinn salze endlich sind für die Färberei, Zeugdruckerei und theilweise für die Farbentechnik (zu Lackfarben) von hoher Bedeutung und ausgedehntestem Gebrauch; denn wenngleich das Zinn in sich selbst keinen Farbenfond besitzt, so leistet das Oxhd doch ausgezeichnete Dienste als Beizmittel, d. h. als Träger und Festiger der Farbstoffe. Die hierher gehörigen Präparate sind: einfach Chlorzinn, das speziell so genannte Zinn Salz, entstehend durch Auflösen von Zinn in Salz säure; Zweifach Chlorzinn (Zinn butter), Zinn in Königswasser gelöst; Pinksalz, aus Chlorzinn und Salmiak bestehend; Sodastannat oder zinn saures Natron, in welchem das Zinn oxhd seine basische Natur aufgegeben und dem Alkali gegenüber die Stelle einer Säure eingenommen hat.

### Das Quecksilber.

Argentum vivum — lebendiges Silber — nannten die alten Römer das merkwürdige Element, zu dessen Besprechung wir nun kommen, und die späteren Völker sammt den Deutschen thaten es ihnen nach, denn unser altdeutsches *qued* oder *quid* bedeutet eben auch lebendig. Die Griechen nannten es Wasser Silber, und die alten Goldmacher in Folge ihrer geträumten Beziehungen zwischen Planeten und Metallen belegten es mit dem Namen des Merkur, mit dem sich sonach ein häßlicher medizinischer Nebenbegriff verbunden hat, an welchem der Busenfreund der Sonne sicher ganz unschuldig ist. Die spanischen Zinnobergruben von Almaden waren nach Plinius den Griechen schon 700 Jahre vor Christi Geburt bekannt; auch erfuhr man bald, daß im Zinnober das Quecksilber enthalten sei, und lernte es ausscheiden. Von irgend einem wichtigen Gebrauche des Metalls im Alterthum ist nichts bekannt; der Zinnober als Malerfarbe war die Hauptsache; dagegen war dasselbe in den Augen der Adepten ein höchst wichtiger Stoff, mit dem sie fort und fort experimentirten. Mit Ausnahme Agricola's, der das Quecksilber für ein eigenes Metall hielt, betrachteten die Anderen dasselbe als ein noch unreifes, der Erziehung fähiges Edelmetall, als den flüchtigen Geist aller Metalle, gleichsam als eine Metallseele, die sich austreiben und anderswo wieder inorporiren ließ. Noch die Gelehrten des 17. und 18. Jahrhunderts waren über die Natur des Quecksilbers im Unklaren und wollten es höchstens für einen metallähnlichen Körper, ein Halbmetall gelten lassen, bis durch die neue, mit der Entdeckung des Sauerstoffs beginnende Chemie der Stoff nicht allein in die Reihe eines eigenen, in die Reihe der Metalle gehörigen Grundstoffes eingesetzt wurde, sondern gerade auch das erste Mittel abgeben sollte, durch welches, indem man den Sauerstoff damit verband und wieder abtrennte, die Existenz dieses wichtigen Elementes am augenscheinlichsten darzuthun war.

Das metallische Quecksilber hat einen ganz außerordentlich niedrigen Schmelzpunkt; der Temperaturgrad, bei welchem es sich als solider Körper gleich den übrigen Metallen zeigt, liegt weit unter Null, aber er ist zu erreichen und das Metall in die feste Form überzuführen. Dieses Experiment führte zuerst Braun im Jahre 1769 zu Petersburg mit Hülfe einer künstlichen Kältemischung aus. Im hohen Norden, selbst noch in Schweden, Norwegen und Rußland, giebt die Natur die hierzu nöthige Kälte von 39—40° C. nicht selten gratis, und Reisende hatten daher öfter erwünschte oder unerwünschte Gelegenheit, das Festwerden des Metalls in ihren Thermometern und Barometern eintreten zu sehen. So z. B. benutzten die Offiziere der 1819 unter Parry gegen den Nordpol anstrebenden Expedition die Gelegenheit, um mit großen Massen festgewordenen Quecksilbers Versuche anzustellen. Man fand, daß es in Bezug auf Härte, Streck- und Hämmerbarkeit und Klang die Mitte halte zwischen Zinn und Blei; wie diese beiden wird es immer spröder und brüchiger, je näher es dem Punkte des Schmelzens kommt. Ein Stückchen festes Quecksilber, in die Hand genommen, erregt augenblicklich ein Gefühl, als habe man ein Stück glühendes Eisen angefaßt — ein eigentlicher kalter Brand.

Das Quecksilber besitzt weder Geschmack noch Geruch, es kann auch ohne Schaden verschluckt werden, indem es der Körper unverändert wieder abführt. Man hat dies deshalb öfter mit Erfolg zur Lösung gefährlicher Darmverfäulungen benutzt. Von heftiger Wirkung dagegen ist das in Dunstform eingeathmete Metall, sowie die Oxyde und Salze desselben innerlich genommen. Bei jeder Temperatur — in der Kälte



natürlich am wenigsten und beim Sieden in einer Hitze von  $360^{\circ}$  am meisten — verdampft das Quecksilber, unmerklich für Auge und Nase und eher noch durch ein Gefühl im Munde angezeigt. Die gewöhnliche erste Wirkung ist die Erregung von Speichelfluß; dann leiden die Lungen und der ganze Körper. Ein schreckliches Beispiel solcher Vergiftung ereignete sich in den Quecksilbergruben zu Idria am 11. Mai 1803, wo durch Entzündung schlagender Wetter ein Brand ausgebrochen war. Die ganze 1300 Mann starke Knappschaft wurde von den in großer Menge sich bildenden Metalldämpfen gefährlich ergriffen; 900 Mann wurden von einem beständigen Zittern befallen, das besonders bei Nacht sich einstellte und sie zu aller Arbeit unfähig machte; die übrigen 400 kamen zwar etwas leichter davon, blieben aber doch zeitlebens kraftlos und konnten nur halbe Arbeitszeiten halten.

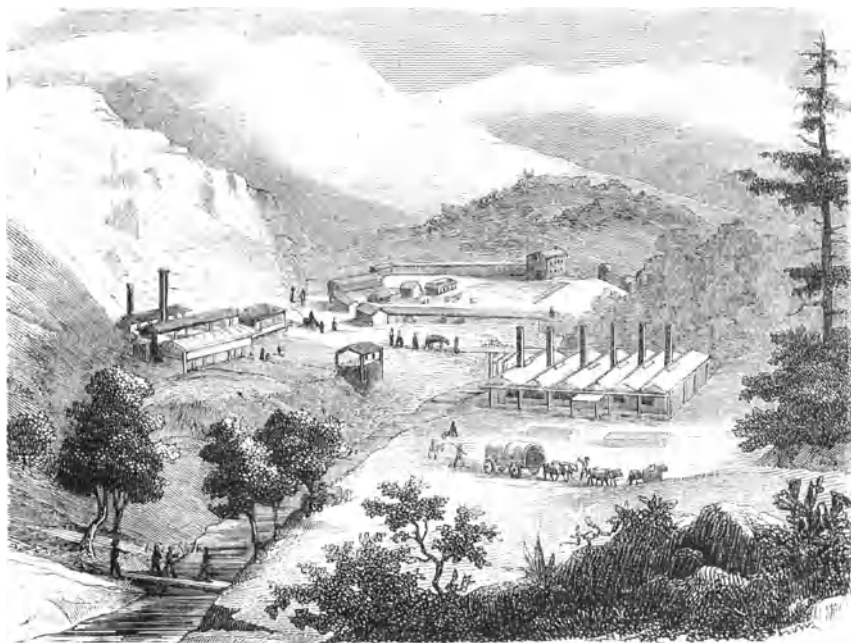


Fig. 68. Quecksilbertert Neu-Almaden in Californien.

**Vorkommen und Gewinnung.** Die geographische Vertheilung des Metalls ist an sich schon eine spärliche; noch seltener aber sind die Verticlichkeiten, wo seine Gewinnung lohnend betrieben werden kann. In Folge der ungemeinen Theilbarkeit des flüssigen Quecksilbers und seiner leichten Verflüchtigung finden sich Partikelchen davon hier und da im jüngeren Gebirge und im Schuttland eingeschlossen. So z. B. steckt die Gegend von Rissabon auf beiden Seiten des Tajo von den Spitzen der Hügel bis tief unter die Meeresfläche voller Quecksilberkügelchen; man kann den Gehalt auf viele Tausende von Centnern veranschlagen, aber alle Versuche des Ausbringens erwiesen sich als unlohnend. Eben solche hoffnungslose Lagerstätten finden sich in Frankreich, Toscana und vielleicht noch an manchen Orten. Auch das große Rußland hat fast keine eigene Erzeugung und führt jährlich wenigstens 1000 Centner aus Spanien ein. Hier, in der Provinz Andalusien, liegen die in Europa bedeutendsten Gruben, die von Almaden, welche trotz 2000jähriger Bearbeitung noch kaum über 900 Fuß ausgetieft worden sind. Das Quecksilbererz (Zinnober, Schwefelquecksilber, aus denen das Metall sehr leicht darzustellen ist) liegt hier, eingeschlossen von Thon-

schiefer, in Gängen von mitunter 60 Fuß Mächtigkeit. Es arbeiten 700 Berg- und 200 Hüttenleute, und das jährliche Erzeugniß soll etwa 22,000 Centner betragen. In Rheinbayern giebt es Gruben, die früher bis in's 17. Jahrhundert reiche Erträge gaben, später fast auf Null sanken und jetzt durch besseren Betrieb wieder eine mäßige Ausbeute (kaum 100 Centner) liefern. Der einzig bedeutende Fundort nächst den spanischen ist Idria in Krain, seit 1497 entdeckt und ausgebeutet, mit einer Jahresproduktion von etwa 3000 Centnern Quecksilber, das durch bessere Behandlung weit reiner ist als das spanische. Ungefähr ein Drittel der Produktion wird gleich an Ort und Stelle zu künstlichem Zinnober verarbeitet. Die Erzeugnisse von Idria nebst kleinen Beiträgen aus Böhmen, Ungarn und Siebenbürgen machen die österreichische Quecksilberproduktion aus. Außereuropäische Quecksilber gewinnende Länder sind Japan, China, Peru und seit 1750 in bedeutendem Maße Californien. Hier wurden ohnweit San Francisco mächtige Lager von Zinnober entdeckt, sofort in Betrieb gesetzt und Neu-Almaden getauft.

Schon 1855 betrug hier die Ausbeute etwa halb so viel wie die ganze spanische Produktion. Dieser Fund war insofern ein Glück für die ganze Welt, als in neuerer Zeit das Haus Rothschild, als Uebernehmer sämmtlicher Erträge der spanischen Gruben, die Preise dieses Metalls um mehr als das Doppelte gesteigert hatte; seit jener wohlthätigen Konkurrenz sind sie ungefähr auf das alte Niveau zurückgekehrt. Früher ging ein großer Antheil des spanischen Quecksilbers über Meer nach den Silberbergwerken von Mexiko zum Behuf der Silbergewinnung; seit Eröffnung der Gruben von Neu-Almaden ist der Preis des Centners Quecksilber dort von 130 auf 45 Dollar gesunken. Anlaß, in Californien Zinnoberlager zu vermuthen und danach zu suchen, gaben wahrscheinlicherweise die dortigen Eingeborenen, die den Stoff seit langen Zeiten gern zu einer Universalaschminke, d. h. zu einem Anstrich über den ganzen Körper verwenden, und in diesem Putze unbewußt als Geschäftskreisende dienten, mit der eigenen Haut als Empfehlungskarte.

In China und Japan scheint die Menge des gewonnenen Quecksilbers eine sehr bedeutende zu sein; chinesisches fand sich schon früher auf dem europäischen Markte ein, eingeschlossen in Röhren aus dicken Bambusstämmen.

Das Quecksilber ist also auch ein ganz entschieden schwefelliebendes Metall, und sein einziges, für die Gewinnung bedeutendes Erz ist der Zinnober, der in 100 Theilen  $86\frac{1}{4}$  Prozent des Metalles, das Uebrige Schwefel, enthält und sich auf Lagern und Gängen im Schiefer-, Uebergangs- und Flözgebirge vorfindet. Nur in vereinzelt Partien bricht derselbe so rein, daß er seine schöne rothe Farbe ungetrübt zeigt und sogleich als Farbmaterial dienen kann (Bergzinnober); der meiste Zinnober ist ein künstlicher, durch Wiederverbindung des metallischen Quecksilbers mit Schwefel erhaltenes Fabrikat. In Idria bricht das meiste als Lebererz, das ein unreiner, mit Thon und erdharzigen Stoffen gemengter Zinnober ist. Auf und nahe den Zinnobergängen, auch sonst zwischen den Spalten von Schiefer und in Höhlungen, findet sich ferner — als ob der Schwefel nicht hingereicht hätte — metallisches Quecksilber in größeren oder kleineren Kügelchen, zuweilen etwas silberhaltig. Diese geben, besonders gesammelt, das Jungfernequecksilber, das aber immer nur einen kleinen Theil des ganzen Ertrags bildet. Im Allgemeinen gilt der mit anderen Mineralstoffen verunreinigte Zinnober, wenn er die Hälfte seines Gewichtes Metall giebt, schon für ein reiches Erz.

Die Verhüttung der quecksilberhaltigen Mineralien ist sehr einfach: man treibt das Metall in Dampfform durch Hitze aus und läßt es in geeigneten Niederschlagsräumen tropfbar absetzen. Enthält das Gestein nur gediegenes Quecksilber, so ge-

schiebt die Destillation ohne allen Zuschlag; bei dem Schwefelerz dagegen ist ein Zusatz nützlich, der den Schwefel an sich hält. Für gewöhnlich dient hierzu Kalk, mitunter Eisen. Nicht selten besteht schon die Gangart aus Kalk, der dann nicht erst zugesetzt zu werden braucht. Oder man läßt, wie in Almaden und zum Theil in Idria, auch den Zuschlag weg und überläßt es dem Luftstrom, den Schwefel zu verbrennen und in abziehende schweflige Säure zu verwandeln.

In Almaden benutzt man einen cylindrischen, oben geschlossenen Schachtofen, der durch ein durchbrochenes Gewölbe in eine obere und untere Hälfte getheilt ist; die untere bildet den Feuerraum. Ohne besondere Vorbereitung wirft man durch ein zu oberst angebrachtes Loch, das nachgehends mit einer Platte verschlossen wird, das Erz zunächst in faustgroßen Stücken, giebt kleineres Material nach und schließlich den kleinsten Abfall nebst den rußartigen Produkten früherer Destillationen, die mittels Thon zu Ziegeln geformt sind, auch Bruchstücke von alten, mit Quecksilber durchdrungenen sogenannten Mudeln. Dieses letztere, aus dem Arabischen stammende Wort bezeichnet aus Thon gebrannte birn- oder kürbisförmige Flaschen mit einem Hals an jedem Ende, deren man bei jedem Ofen einige hundert braucht. Indem man einen Hals in den andern steckt und die Fugen verkittet, entstehen geschlossene Kanäle, die einerseits in den oberen Theil des Ofens, andererseits, nachdem sie eine Strecke von einigen 60 Fuß über eine etwas schräg abfallende Fläche hingelaufen, in eine Kondensationskammer münden. Die Beschickung eines Ofens beträgt gegen 300 Centner, woraus 25—30 Centner, ausnahmsweise auch mehr Quecksilber gewonnen wird. Man feuert mittels Reisig erst mit gelinder, dann stärkerer Hitze, bis in etwa 15 Stunden das Abtreiben beendet ist. Die Quecksilberdämpfe nebst den Verbrennungsprodukten nehmen ihren Weg durch die Reihen der Mudeln, hinterlassen da schon verdichtetes Metall, während das überfließende am Ende der Kanäle in einem Gerinne aufgefangen wird. Was beim Eintritt in die am Ende stehende Kammer noch dampfförmig ist, verdichtet sich in derselben vollends oder entweicht mit den Verbrennungsgasen und der schwefligen Säure aus dem oberhalb angebrachten Schloße. Nach zwei bis drei Tagen, wenn das Ganze erkaltet ist, nimmt man die Mudeln auseinander, schüttet das darin befindliche Quecksilber aus, setzt sie wieder zusammen, räumt den Ofen aus und beschickt von Neuem. Man erhält auf diese Art das Quecksilber mit Rußtheilen verunreinigt. Nach Absonderung derselben füllt man es in Quantitäten von 80 Pfund in eiserne Flaschen.

In Idria hat man die früher ebenfalls gebrauchten Mudeln beseitigt und benutzt, wie die Abbildung (Fig. 69) zeigt, nur eine Reihe von Niederschlagkammern. Hier werden blos die reichen Stufen sofort der Destillation unterworfen, das Grubenklein erst gewaschen, gesetzt und geklaubt. A ist der Schachtofen, den man sich in der Mitte stehend und die Zeichnung eben so weit nach links wie nach rechts fortgesetzt zu denken hat. Derselbe ist durch drei durchbrochene Gewölbe mm, nn und oo in vier Abtheilungen gebracht, deren untere E als Feuerherd dient. Die erste Etage darüber füllt man mit Erzstücken locker aus, bringt obenauf in irdenen Schüffeln den mit Kalk versetzten Zinnoberfchlich und die Rückstände früherer Brände, röstet bei gelindem Feuer die ganze Beschickung langsam durch und begünstigt durch Einleitung von Luft in die oberen Räume das Verbrennen des Schwefels, dessen letzte Theile sich bei steigender Temperatur mit dem Kalk verbinden, so daß alles Quecksilber vollständig abdestillirt. Als Dampf entweicht nun dasselbe nach den auf beiden Seiten liegenden Kammern K 1—6. In 1 verdichtet sich das meiste Quecksilber, in der größeren 6 S nur wenig, aber viel saures Wasser. Auf den eisernen Bodenplatten sammelt sich das mehr oder minder unreine Quecksilber und läuft in Rinnen nach einem

Kanal außerhalb ab. In neuerer Zeit hat man Flammenöfen mit ununterbrochener Destillation eingeführt, die sich namentlich bei den ärmeren Erzen bewähren und bedeutend an Zeit und Brennstoff sparen. In der Rheinpfalz geschieht die Zersetzung der Erze mittels Kalk in eisernen Retorten, von denen 30—50 Stück in einem Gaalereenofen liegen.

Zur besseren Kondensation der Quecksilberdämpfe leitet man hier und da dieselben in Vorschlagwasser. Man erhält darin neben dem Metall einen schwarzen Staub, Quecksilberschwarz, der abgesehlümt und als ebenfalls metallhaltig in den Destillationsprozeß zurückgegeben wird. In den trockenen Niederschlagskammern beim Röstprozeß sammelt sich ebenfalls Quecksilberschwarz.

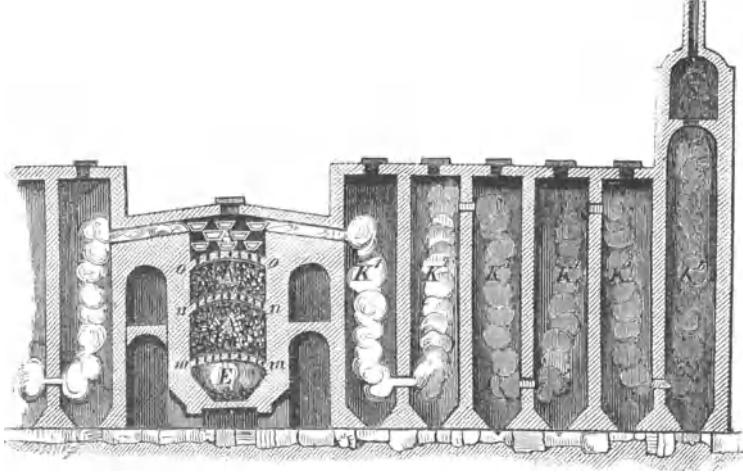


Fig. 69. Quecksilberkammern in Idria.

Die gewöhnliche Nachbearbeitung des Quecksilbers, um es zu trocknen und von eingemengten Unreinheiten zu befreien, besteht im Verreiben mit zerfallenem Kalk und Filtriren durch Leder, Zwillich oder Filz. Böllig rein ist hiermit das Quecksilber nicht, sondern enthält stets mehr oder weniger fremde Metalle. Bei nur einiger Menge derselben erblindet das Quecksilber an der Luft und zeigt einen geringeren Grad von Beweglichkeit. Um eine noch vollständigere Reinigung zu erzielen und das gewöhnlich im Quecksilber aufgelöste Blei, Zinn, Zink, Wismuth und Kupfer zu entfernen, kann es zunächst von Neuem unter Zuschlag von Zinnober destillirt werden, wobei die fremden Stoffe, vom Zinnober in Schwefelmetalle verwandelt, größtentheils im Rückstande verbleiben. Wismuth und Zink jedoch destilliren mit und müssen auf nassem Wege durch Schütteln mit Säuren u. s. w. entfernt werden, was sich auch auf die ganze Reinigung erstrecken kann. Chemisch reines Quecksilber kann übrigens nur erhalten werden durch Destillation von feinem Zinnober mit Eisenfeilspänen.

**Verwendungsarten.** Das Quecksilber nebst seinen Präparaten findet zu technischen, wissenschaftlichen, arzneilichen u. s. w. Zwecken so vielfache und verschiedenartige Verwendung, daß sich gleichsam die Zerfahrenheit des Metalls auch auf seinen Gebrauch erstreckt. Wir sind diesem Metall im Laufe unserer Betrachtungen schon oftmals und namentlich bei der Besprechung physikalischer Apparate begegnet und werden noch oft seine Eigenschaften nützlich angewendet finden, so bei der Spiegel fabrication im Abschnitt vom Glase, bei der Gold- und Silbergewinnung, der Feuervergoldung, der Lichtbildnerei nach Daguerre, der Fabrication künstlichen Zinnobers in der Farbenbereitung u. s. w. Das Quecksilber leistet seine Dienste entweder an und

für sich, oder in Verbindung mit anderen Metallen, oder in Form irgend eines chemischen Präparates. Als flüssiges schweres Metall dient es vor allen Dingen und fast ausschließlich zur Füllung von Thermometern, für Barometer, Manometer und andere Gas-, Dampf- und Wasserdruckmesser. Dem experimentirenden Chemiker ist das Quecksilber wichtig zum luftdichten Absperrn, für sogenannte pneumatische Apparate bei Arbeiten mit Gasen. Durch Schütteln mit Wasser, Terpentinöl u. s. w., oder Verreiben mit Zucker, Schwefel, Fett (Quecksilberfalbe) läßt sich das Metall so fein zertheilen, daß es fein ganzes metallisches Ansehen einbüßt und als graues Pulver erscheint. Es fließt aber nach Entfernung der Zwischenmittel doch wieder zusammen; nur mit dem Schwefel verbindet es sich bald zu schwarzem Schwefelquecksilber, dem *aethiops mineralis* der Apotheker.

Die Verbindungen des Quecksilbers mit anderen Metallen heißen ausnahmsweise nicht Legirungen, sondern Amalgame. Da das eine Metall bereits flüssig ist und im Allgemeinen ein starres Metall weit unter seinem Schmelzpunkte flüssig wird, wenn es mit einem bereits flüssigen in Berührung kommt, so entstehen die Amalgame auf kaltem Wege durch bloßes Zusammenrühren oder Kneten. Bei den meisten Metallen erfolgt die Verbindung leicht rasch; bei einzelnen, namentlich bei Kupfer, Eisen, Nickel, in dieser Art gar nicht und ist nur auf Umwegen möglich. Alle Amalgame werden in der Hitze zerlegt und das Quecksilber ausgetrieben. Sie sind um so weicher, je mehr Quecksilber sie enthalten. Manche Amalgame, namentlich die mit Kupfer, Gold u. s. w., werden allmählig sehr hart und dienen namentlich als Zahnfitt. Oberflächliche Amalgamationen von Zink-, Kupfer-, Eisenplatten erhält man durch Anreiben des Quecksilbers auf die mit einer sauren Flüssigkeit benetzte Platte.

Die technisch wichtigsten Amalgame sind die mit Zinn zur Spiegelbelegung und die mit Gold und Silber entweder zum Behuf der Vergoldung und Verfilberung im Feuer, oder zur Ausscheidung dieser Edelmetalle aus ihren Erzen. In beiden Fällen dient das Quecksilber nur als Behälter oder Träger und geht im ersten Falle ganz, im zweiten wenigstens theilweise verloren. Das Blei spielt, wie wir sehen werden, bei der Silbergewinnung eine ganz gleiche Rolle, und somit haben Blei und Quecksilber unter ihren verschiedenen Missionen auch die einer Selbstopferung um des Goldes und Silbers willen; damit diese emporkommen und glänzen, müssen jene verstauben und verduften.

Die chemischen Verbindungen des Quecksilbers sind sehr mannichfaltig; sie schlagen größtentheils in's Fach des Apothekers, bei welchem früher die Quecksilberpräparate noch weit zahlreicher als gegenwärtig anzutreffen waren. Einige finden auch technische und anderweite Anwendung. Mit dem Säurestoff bildet das Metall ein schwarzes, unbeständiges Oxydul und das eigentliche Oxyd, bekannt unter dem Namen des rothen Präzipitats. Das Oxyd wie dessen Salze sind sämmtlich heftige Gifte. Es giebt basische, neutrale und saure Quecksilbersalze und außerdem noch Doppelsalze, welche aus der Verbindung dieser mit Ammoniak entstehen. Das salpetersaure Oxydsalz bildet das bei der Vergoldung gebrauchte Quicksilberwasser.

Wie mit dem Schwefel verbindet sich das Quecksilber auch leicht in zweierlei Verhältnissen mit Chlor, Iod, Brom, Cyan. Das Quecksilberjodid hat eine schön scharlachrothe Farbe und findet einige Anwendung in der Färberei und Zeugdruckerei. Wir kommen später auf diese Farbstoffe noch zu sprechen. Am meisten verbraucht und darum im Großen fabrizirt werden die beiden Chlorverbindungen, das Chlorür und Chlorid, ersteres bekannt unter dem Apothekernamen Kalomel oder *mercurius dulcis*, letzteres als das bössartige Aëzsublimat. Beide können auf verschiedenen nassen und trockenen Wegen hergestellt werden. Das Kalomel, wegen seiner geringen

Möglichkeit das mildeste Präparat, bildet bekanntlich ein stark frequentirtes Arzneimittel, namentlich in der Kinderpraxis, da diese kleinen Geschöpfe merkwürdigerweise viel besser vertragen als Erwachsene. Das Aëgsublimat dagegen ist ein energisches, freßendes Gift, als Arznei- und Aëgmittel daher nur in kleinster Menge und mit größter Vorsicht verwendbar. Bekannt ist seine Anwendung als säulnißwidriges Konservierungsmittel thierischer Präparate, als Abhaltungs- und Tödtungsmittel von Insekten. Als Konservierungsmittel des Holzes hat sich das Sublimat (an den Schwellen der badischen Staatsbahn) ganz vorzüglich bewährt. Freilich ist es hierfür fast zu theuer. Außerdem dient es in der Zeugdruckerei, zum Aëgen von Stahl, in der Chemie als chlorabgebender Stoff, sowie als Ausgangspunkt für viele andere Präparate. Ammoniak giebt in einer Sublimatlösung als weißen Niederschlag eine Verbindung beider Stoffe, die unter dem Namen des weißen Präzipitats officinell ist.

Endlich theilhaftig sich das Quecksilber an lebensgefährlichen Operationen noch direct in Form von Knallquecksilber, ein Präparat, das aus einer Mischung von salpetersaurer Quecksilberlösung mit Alkohol beim Erhitzen niederfällt und als ein besonderes Salz, knallsaures Quecksilberoxydul, betrachtet wird. Es dient als Zündmasse für Zündhütchen, jedoch nur zu einem kleinen Antheil, vermischt mit Pulvermehl oder anderen brennbaren Stoffen. Wegen seiner leichten Explosivbarkeit erfordert seine Bereitung und Verwendung große Vorsicht. Seine Verpuffung, d. h. das Auseinanderfallen seiner lose verbundenen Bestandtheile, erfolgt sowol durch Stoß oder Reibung, als durch Erwärmen und durch Berührung mit starken Mineral Säuren; es zerfällt in Quecksilber, Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf.

Bei längerem Sieden verwandelt sich das Quecksilber in fein Dryd, das rothe Präzipitat; wird aber die Temperatur etwas erhöht, so läßt es den Sauerstoff fahren und erscheint wieder als Metall. Diese geringe Verwandtschaft zum Sauerstoff, sowie der Umstand, daß das reine Metall seinen schönen Glanz an der Luft unverändert beibehält, sind schon Merkmale eines edleren Stoffes, und somit bildet das Quecksilber einen passenden Uebergang zu den eigentlichen Edelmetallen, mit denen wir uns nunmehr beschäftigen wollen.

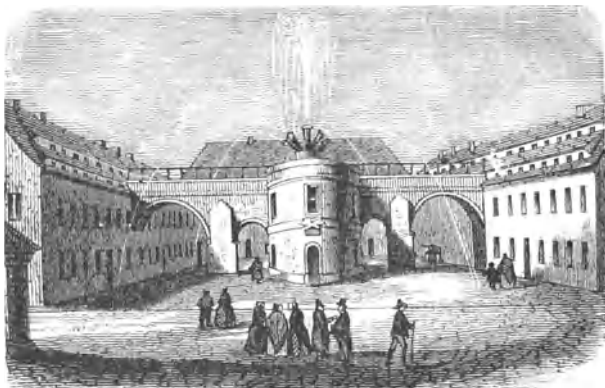
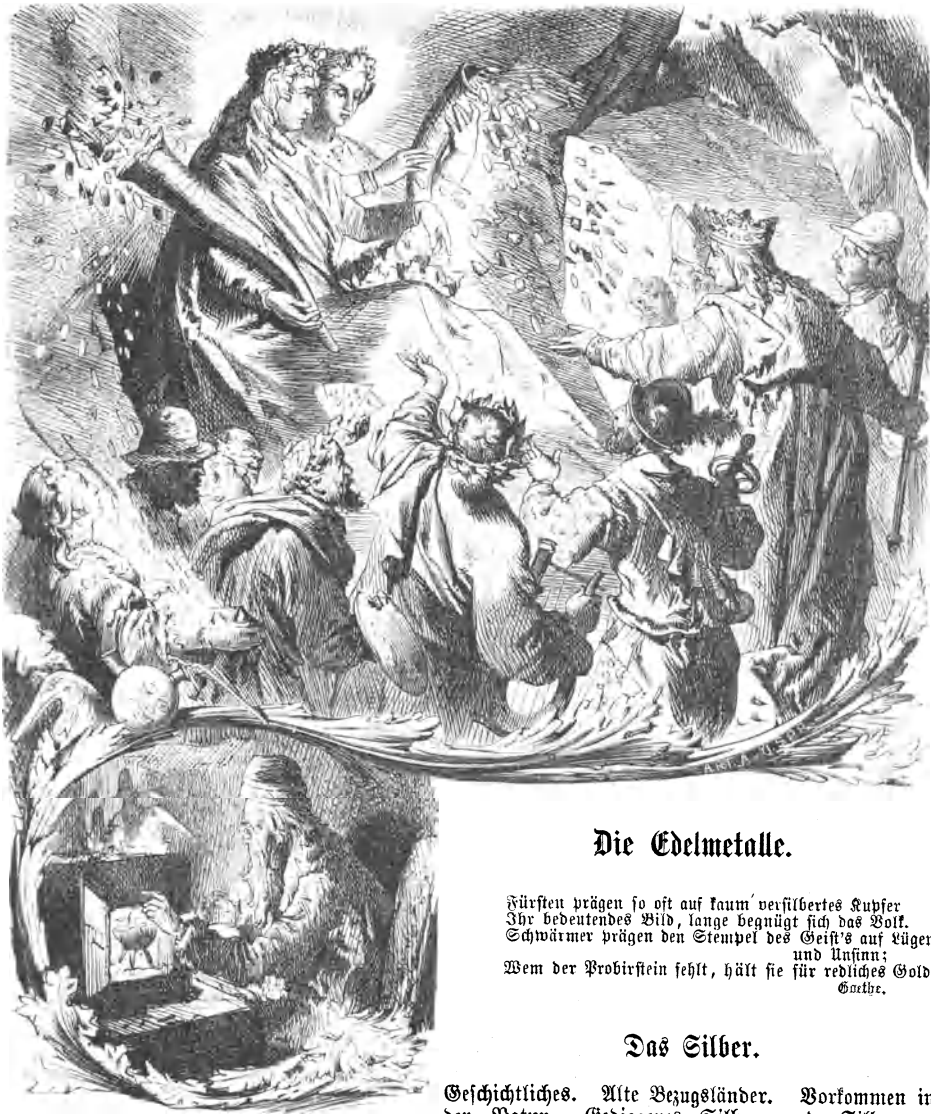


Fig. 70. Amalgamirwerk zu Halsbrücke bei Freiberg.



## Die Edelmetalle.

Fürsten prägen so oft auf kaum versilbertes Kupfer  
Ihr bedeutendes Bild, lange begnügt sich das Volk.  
Schwärmer prägen den Stempel des Geists auf Äugen  
und Unsin: des redlichen Gold.  
Wem der Probirstein fehlt, hält sie für redliches Gold.  
Gotha.

## Das Silber.

Gewinnung des Silbers aus denselben. Amalgamiren. Silberscheidung auf nassem Wege. Eigenschaften und Verbindungen des Silbers. Legirungen. Silberdraht. Versilbern. Plattiren. Gold- und Silberschmiede. Die Münztechnik. Bullion. Schrot und Korn. Gießen der Zaine. Das Ausschlagen der Platten. Zustiren. Bündeln. Prägen und Prägemaschinen.

Edelmetalle nannten die Alchemisten das Gold und das Silber, nicht nur weil dieselben an Farbe und Glanz allen anderen voranstehen, sondern besonders auch, weil sie am wenigsten geneigt sind, ihre Individualität, d. h. ihren Metallzustand, sich nehmen zu lassen, sich mit andern Stoffen zu verbinden. Gab es doch für das Gold, den König der Metalle, nur ein einziges Auflösungsmittel, das Königswasser, und das strahlende Metall führte den Namen der Sonne, wie das sanfte leuchtende Silber den des Mondes. Für uns ist noch das Platin diesem Begriff beigelegt worden.

Der dem Gold und Silber von jeher beigelegte hohe Werth, ihr angenehmes Aussehen, ihre Theilbarkeit, verhältnißmäßige Seltenheit u. s. w. hatten zur Folge,

daß man sie sehr zeitig als bequemes Tauschmittel benutzte; man wog sich dieselben anfangs zu, wie noch heute den Goldstaub in Afrika und Californien, machte sich dann die Geschäfte bequemer und formte sie zu Barren oder Platten von bestimmtem Gewicht, das man für alle künftigen Tauschfälle darauf stempelte, und so entstand bei allen Völkern, die es zu einer gewissen Kulturstufe brachten, in ganz natürlichem Verlaufe das Geld, der nervus rerum, die Triebfeder der Dinge und das Strebeziel aller Menschen. Und wenn das Geld dem vernünftigen Menschen auch nur als Mittel dient, dessen Wiederausgabe ihn erst in den Genuß der eigentlich brauchbaren Lebensgüter setzt, so haben wir doch als Ausnahme auch den bei seinen Schätzen hungernden Geizhals, dies unbegreifliche Geschöpf, das man als lebendigen Beweis für die oft behauptete besondere Anziehungskraft der Edelmetalle auf den Menschen, den geheimnißvollen Metallreiz, würde ansehen müssen, wenn nicht die Erfahrung lehrte, daß die Geizhälse wirklich immer mehr aussterben.

Ganz außerordentlich und theilweise unglaublich waren die Anhäufungen edler Metalle in alten Zeiten, wie uns die Bibel und die Profanschriftsteller erzählen. Abraham war ein Mann reich an Vieh, Gold und Silber; aber seine Nachkommen David und Salomo leisteten im Zusammenhäufen edler Metalle wirklich Großartiges; Salomo machte, wie im 1. Buch der Könige erzählt wird, daß in Jerusalem des Silbers so viel war wie der Steine; es wurde für Nichts geachtet.

Das älteste Bezugsland der Edelmetalle war wol Indien. Die alten ägyptischen Könige hielten sich an die Reichthümer ihrer Nachbarländer Aubien und Aethiopien. Die Griechen gewannen im eigenen Lande Silber und Gold, aber die reichsten Quellen kostbarer Metalle bot in alten Zeiten die spanische Halbinsel. Ungeheure Mengen von Silber namentlich schleppten Phönizier, Karthager und Römer lange Zeit aus diesem Lande weg. Der Silberreichthum Spaniens mußte Hannibal die Mittel liefern zur Bekämpfung der Römer, und noch jetzt glaubt man die Gruben zu kennen, aus denen er sein Silber bezog (angeblich 300 Pfund täglich), und die Stollen, durch die er Tag und Nacht das Wasser herauschaffen ließ. Aber sie sind ersoffen, wie der Bergmann sagt, und man weiß nicht, ob sie verlassen wurden wegen Mangels an Ausbeute oder wegen Ueberfluß an Wasser. Auch die Araber sollen noch viel Silber in Spanien gegraben haben. Die Glanzperiode aber, wo nach Diodor's Erzählung bei Waldbränden das geschmolzene Silber in Strömen von den Pyrenäen niederfloß, ist längst dahin; außer einigen bescheidenen Silbergruben hält man sich jetzt mehr an den Silbergehalt des Bleies, den man früher nicht achtete oder auch nicht zu gewinnen wußte. Das letztere ist namentlich durch den schon erwähnten Pattinson'schen Prozeß möglich geworden, der deshalb auch in Spanien eine gute Aufnahme gefunden hat.

Hauptquellen des Metallreichthums im Mittelalter waren österreichische und ungarische Gruben, von denen die berühmten Werke zu Schemnitz und Kremnitz schon von den Römern betrieben worden sein sollen; sicherer wird der Anfang ihres Betriebes in's 8. Jahrhundert versetzt. Seit dem 10. Jahrhundert etwa — denn Zuverlässiges weiß man nicht — kamen die berühmt gewordenen Silbergruben zu Joachimsthal in Böhmen, die Gruben im Harzgebirge und die im sächsischen Erzgebirge von anfangs fabelhaft reichem Ertrage in Betrieb; sie werden mit mäßigem Erfolge noch heute gebaut, während die lange Zeit berühmten Silberbergwerke Norwegens und Schwedens wie verschollen und zur Zeit wenigstens ganz unerheblich sind. In Sachsen wurden im Durchschnitt der letzten 10 Jahre noch circa 55,000 Pfund Silber gewonnen, aber der Ertrag ist im allmäligen Sinken begriffen. Die jährliche Silberausbeute der ganzen Welt soll etwa 2 Millionen Pfund im Werthe von über 60 Millionen Thaler betragen.



Preußen bezieht aus der Entsilberung des Kupfersteins im Mansfeld'schen und der Bleierze im Düren'schen etwa  $\frac{3}{4}$  Millionen Thaler jährlich. Die gesammten deutschen Zollvereinsländer produzierten 1862 127,971 Pfund im Werthe von 3,794,772 Thalern. Im Allgemeinen sind die Erzeugungskosten des deutschen Silbers nicht viel niedriger als dessen Kaufwerth; aber volkswirtschaftliche Rücksichten gebieten doch die Fortführung der Werke und selbst den Aufwand beträchtlicher Verbesserungskosten.

Die Spanier fanden in den ersten 50 Jahren nach der Entdeckung Amerika's dort nur Gold oder doch nur wenig Silber; erst nachdem Peru erobert worden, war das reichste Feld gewonnen, auf dem sich nun unzählige Gold- und Silbergruben erschlossen. Keine aber erlangte solche Berühmtheit, wie die reiche Mine von Potosi, welche gegen 1545 unter Umständen entdeckt wurde, wie sie Bd. III S. 62 nach der gangbaren Erzählung wiedergegeben sind. Jedoch die Klumpen und Aeste gediegenen Silbers sind in aller Welt immer nur das Wenigste, bilden gleichsam nur den Ausputz, und die Hauptmasse einer Silbergrube ist mit Blei, Schwefel und andern Dingen vererzt. Zur Abscheidung des Silbers von diesen gehören zunächst Kenntnisse, woran die Spanier nicht eben schwer zu tragen hatten. Man ließ daher die Indianer gewähren, die rationell genug die reichern Silbererze mit Bleiglanz und Kohle in thönerne Gefäße schichteten und den Saß im Feuer ausschmolzen. Aber eine vortheilhaftere Gewinnungsmethode that sehr noth und so verfiel man um 1560 auf die Ausziehung des Silbers durch Quecksilber, eine Methode, die überall raschen Eingang fand. Von da an hing der Silberertrag aller mexikanischen und peruanischen Bergwerke wesentlich davon ab, wie viel Quecksilber ihnen zugeführt werden konnte. Schon daß man so frühzeitig nach einem so umständlichen Hülfsmittel griff, muß die Vorstellungen von dem Silberreichtum Amerika's in gewisser Art moderiren. Die spanisch-amerikanische Erfindung der Amalgamation fand mit der Zeit ihren Weg auch nach Europa. In Schemnitz wurden zuerst von 1780 an glückliche Versuche damit gemacht, die bald auch in Freiberg aufgenommen wurden, wo man diese Methode verbesserte und von wo aus sie sich unter dem Namen der europäischen Amalgamation weiter verbreitete. Freiberg und das Mansfeldische waren überhaupt die Lokalitäten, wo das Amalgamationsverfahren auf die höchste Vollkommenheit gebracht wurde, bis schließlich 1845 die mansfeldischen Bergbeamten Augustin und Ziervogel mit zwei neuen Entsilberungsmethoden auf nassem Wege auftraten, die einfacher und weniger kostspielig waren und sowol die Amalgamation als die Entsilberung durch Blei, wenn nicht verdrängt, doch wesentlich beschränkt haben.

Seit 1809, wo in Amerika die politischen Bewegungen eintraten, welche Spanien den Verlust seiner amerikanischen Besitzungen brachten, damit aber noch nicht aufhörten, kam die Ausbeutung der amerikanischen Silbergruben bedeutend in Abnahme und sie gewann erst in jüngster Zeit durch Einfluß des nordamerikanischen und europäischen Unternehmungsgeistes wieder eine ansehnliche Steigerung. Große, vielversprechende Länder, wie der ganze Norden von Mexiko, harren mit Lagern von Silber, Gold und Quecksilber noch des Bergmanns; das Goldland Californien hat auch ein silbernes Gesicht enthüllt; auf der Ostseite der Schneeanpen (Sierra nevada), die sich durch das Land ziehen und an der Westseite Gold in Menge liefern, hat man lezthün reiche Silbererzlager in einer Erstreckung von 100 englischen Meilen Länge entdeckt. Nach allem Diefen ist mit Sicherheit anzunehmen, daß Amerika auch künftig noch die erste Stufe unter den Silber produzierenden Ländern einnehmen wird.

Das Vorkommen des Silbers in der Natur ist ein ziemlich mannichfaltiges. Gediegen findet es sich in schwachen Adern, Aesten, Drähten und Plättchen, seltener in größern Klumpen und Platten. Zuweilen enthält das gediegene Silber einige Procente Antimon, Kupfer

oder Arsenik; im eigentlichen Antimon Silber, dem Haupterz des Harzer Werkes zu Andreasberg, beträgt das Antimon 23 Prozent. Ferner amalgamirt sich das Silber zuweilen mit Quecksilber (Chili, Moschellandsberg in Bayern) oder legirt sich mit Gold zu einer weißgelben Verbindung. In Californien greifen in gewissen Gegenden die Gold- und Silberregion in einander ein und es hat sich ein güldisches Silber oder silberhaltiges Gold gebildet, von welchem die Unze mit 9 Dollar bezahlt wird.

Die wichtigsten Silbererze sind: Silberglanz, aus  $86\frac{1}{2}$  Silber und  $13\frac{1}{2}$  Schwefel bestehend, kommt mehr oder weniger auf fast allen Silbergruben vor, in besonders großen und reinen Stücken namentlich zu Freiberg, Johannegeorgenstadt, Joachimsthal, in Formen wie das gebiegene Silber, metallisch glänzend und völlig geschmeidig und biegsam, so daß es sich wie ein gebiegenes Metall prägen läßt. Es existiren davon Joachimsthaler und sächsische Schaumünzen, letztere mit dem Brustbilde König August's von Polen. Ebenso wichtig, wie der Silberglanz für Sachsen, Böhmen, Ungarn u. s. w., ist das Sprödglasserz oder Schwarzgültigerz, aus Silber, Antimon und Schwefel bestehend, und das Rothgültigerz (Silberblende), in seinen beiden Varietäten als dunkles und liches, das erstere aus Silber, Antimon und Schwefel, letzteres aus Silber, Arsenik und Schwefel bestehend. Weißgültigerz (Silberfahlerz) enthält geschwefeltes Silber, Kupfer, Eisen und Zink im Gemisch. Hierzu kommen noch solche geschwefelte Erze, in denen das Kupfer vorherrscht und welche neben andern Metallen (Blei, Antimon, Arsenik) Spuren von Silber bis zu 30 Prozent enthalten können, der silberhaltige Kupfererzglanz mit zuweilen mehr als der Hälfte Silber, und dann vorzüglich die Bleiglanze, welche ihren geringen Silbergehalt gewissermaßen durch die Menge ihres Vorkommens entschuldigen und einen immerhin bedeutenden Faktor für die europäische Silbergewinnung abgeben. Hornsilber (Chlor Silber) ist für Europa eine Seltenheit, von ansehnlichem Belange jedoch für die Silbergewinnung in Sibirien, Mexiko, Chili und Peru.

**Gewinnung des Silbers.** Was nun die Extraktion des Silbers aus seinen verschiedenen Erzen anlangt, so giebt es hierfür unterschiedliche Methoden, die sich im Allgemeinen in nasse und trockene unterscheiden lassen. Zu den erstern gehört die Amalgamation mittels Quecksilber, die Auflösung und Fällung nach Augustin's, Ziervogel's u. A. Verfahren. Die trockene Behandlung beruht auf der Gewinnung eines silberhaltigen Bleies und Abscheidung des Silbers aus diesem Werkblei durch Abtreiben, Pattinsoniren oder mittels Zink, wie schon beim Blei besprochen wurde.

Während es sich nämlich dort darum handelte, den kleinen natürlichen Silbergehalt des Bleiglanzes zu gewinnen, setzt man bei den eigentlichen Silbererzen absichtlich Blei zu, damit dasselbe den Silbergehalt aufnehme und sodann wieder herausgebe. Blei und Quecksilber spielen demnach bei der Silbergewinnung eine und dieselbe Rolle, sie sind Mittel und Werkzeuge zur Abscheidung; nur bedarf das erstere dazu der Hitze, während das andere auf kaltem Wege wirkt.

Die Extraktion mittels Quecksilber, das Amalgamiren, ist aus chemischen wie aus ökonomischen Gründen nur thunlich bei den eigentlichen Silbererzen, nicht bei den silberhaltigen Erzen anderer Metalle. Das ältere Verfahren wird in Amerika noch heute fast in derselben Weise betrieben, wie es vor 300 Jahren eingeführt wurde. Es ist wahrscheinlich für die dortigen Verhältnisse das passendste, denn die Erze sind im Allgemeinen nicht reicher als bei uns, das Blei ist sehr theuer, und der Brennstoff sehr rar. Die aus der Grube kommenden Erze unterliegen einer Hand-scheidung, wobei die reicherer, mehr als 1 Prozent Silber enthaltenden Stücke abgefordert und für den Schmelzprozeß reservirt werden; der Rest unterliegt der Amalgamation, für welche die Erze zunächst auf's Feinste gepulvert werden müssen.

Die Zerkleinerung geschieht zuerst auf Trockenpochwerken und wird dann auf Rojten oder vielmehr Maulthiermühlen unter Granitsteinen mit Zusatz von ein wenig Wasser zu Ende geführt. Den von den Mühlen erhaltenen Schlamm läßt man an der Sonne einige Konfisten gewinnen und schaffst ihn dann auf den Amalgamationsplatz (patio), einen gepflasterten und ummauerten Hof, setzt die Masse in große Haufen und vermengt sie durch Umschneffeln und Eintreiben von Maulthierren (Fig. 72) zunächst mit einer Quantität Seesalz. Nach einigen Tagen fügt man, bei abermaliger gründlicher Durcharbeitung, das Magistral hinzu, eine Masse, die aus gut geröstetem Kupferkies (oder statt dessen Kupfervitriol) und geröstetem Eisenkies (Schwefeleisen) besteht. Es beginnen nun, begünstigt von der Sonnenhitze, in der feuchten Masse gewisse chemische Umsetzungen. Das Silber findet sich nämlich in den Erzen theils in gediegenen Partikeln, theils als Chlor Silber, theils als Einfach- oder Mehrfach-Schwefel Silber. Der Zweck ist zunächst, möglichst alles Silber in Chlor Silber überzuführen. Dies geschieht in Gegenwart zwischen den schwefelsauren Salzen des Magistral und dem Kochsalz, indem schwefelsaures Natron sowie Kupfer- und Eisenchlorid gebildet wird, welche letztere, bei Gegenwart von überschüssigem Kochsalz, das Schwefel Silber in Chlor Silber umwandeln, während wieder Schwefeleisen und Schwefelkupfer entsteht. Sobald diese Reaktionen in Gang gekommen, wird ein Theil des Quecksilbers zugesetzt und mittels Durcharbeitens innig einverleibt. Das Quecksilber zerlegt nun wieder das Chlor Silber durch Entziehung des Chlors, es entsteht Quecksilberchlorür und metallisches, reines Silber, das sich in metallisch gebliebenem Quecksilber auflöst. Das Umarbeiten der Haufen dauert mehrere Tage lang, dann wird wieder eine Beschickung von Quecksilber und gegen den Schluß hin meist noch ein dritter Zusatz gegeben. Die ganze Arbeit währt auf den besten Amalgamirwerken 12—15 Tage im Sommer, 20—25 Tage im Winter. In der ganzen Zeit wird die Amalgamation unterstützt durch fleißiges Umarbeiten, der Fortschritt derselben häufig durch Probiren erprüft, Fehler durch Zusatz von mehr Magistral oder bei einem Zuviel von diesem durch Zusatz von Kalk korrigirt. Man verwendet achtmal so viel Quecksilber, als man den Silbergehalt der Erze schätzt, und gewinnt davon etwa drei Viertel zurück. Der Rest geht verloren und wird in Form von Quecksilberchlorür beim nachfolgenden Waschen mit fortgeschwemmt. Um 1 Pfund Silber zu gewinnen, muß man also ein Opfer von 2 Pfund Quecksilber bringen. Ist endlich die Amalgamation in der Masse zur Vollständigkeit gediehen, so stürzt man diese in mit Wasser gefüllte Kufen, wo sie von stehenden, mit Querarmen versehenen Wellen gerührt und gequirt wird. Die Unreinigkeiten suspendiren sich dadurch im Wasser und werden mit diesem abgelassen, während das flüssige Amalgam sich am Boden sammelt. Letzteres preßt man in Filzsäcken, wobei flüssiges, noch etwas silberhaltiges Quecksilber durchgeht, das man



Fig. 72. Amalgamationsplatz zu Salgado in Mexico.

wieder zur Amalgamation verwendet, während das zurückbleibende steifere Amalgam der Destillation unterworfen wird, welche das Quecksilber austreibt und das Silber freimacht.

Bei dem europäischen oder Freiburger Verfahren geht man rationeller zu Werke, so daß man an jedem Pfund Silber nicht 2 Pfund, sondern nur  $1\frac{1}{2}$  Loth Quecksilber verliert. Dieser große Vortheil beruht auf der Mitbenutzung des metallischen Eisens, durch welches die Verchlorung des Quecksilbers wieder rückgängig gemacht wird.

Zur Amalgamation, wie sie auf dem Freiburger Werk Halsbrücke geübt wird, eignen sich am besten Erze, die im Centner 7—8 Loth Silber enthalten; bei silberreicheren würde zu viel in den Rückständen verbleiben, während ärmere die Kosten nicht lohnen würden. Die Bestandtheile der Erze sind in der Hauptsache Schwefelmetalle nebst erdigen und quarzigen Bestandtheilen. Gewöhnlich setzt man den durch Handscheidung sortirten Erzen noch silberhaltigen Schwefelkies (Schwefeleisen) zu, damit die benötigte Menge Schwefel in der Masse sei.

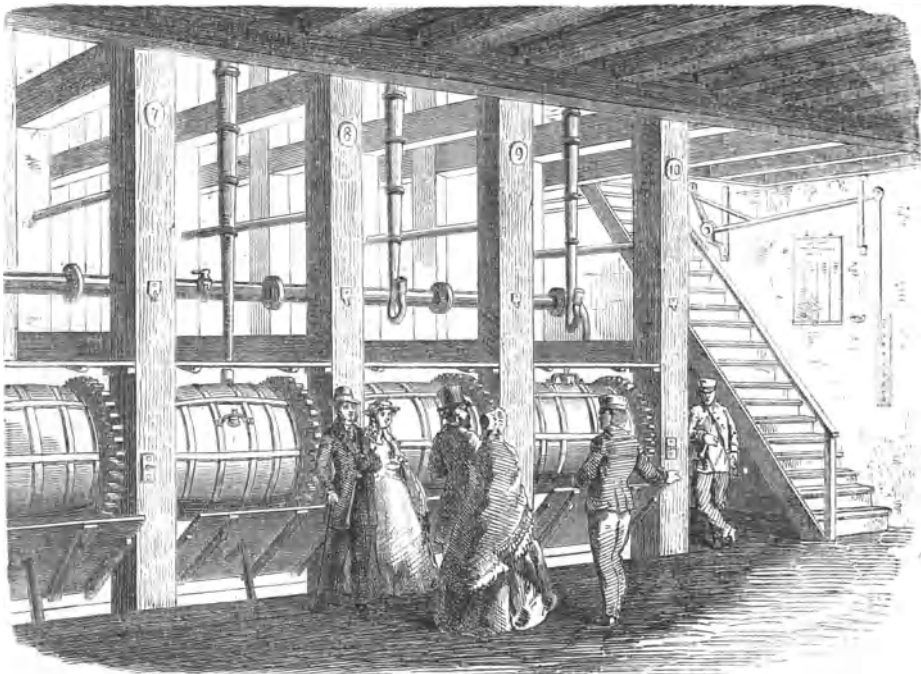


Fig. 73. Der Amalgamirapparat in Freiberg.

Man pulverisirt auf Trockenpochwerken Alles auf's Feinste, mischt dann etwa  $\frac{1}{10}$  des Gewichts Kochsalz zu und röstet die Masse unter fleißigem Wenden in Flammenöfen. Dabei verwandelt sich durch chemische Umsetzungen nicht nur alles Silber in Chlor Silber, sondern auch die andern Metalle sind zu Chloriden geworden, die sich in der Hitze zum Theil verflüchtigen. Die Röstmasse bringt man nach dem Erkalten auf Siebwerke, das zurückbleibende Grobe kommt, nachdem es zerkleinert und mit Kochsalz gemengt worden, zur weiteren Röste, das Feine wird ganz nach Art des Getreides zwischen granitnen Steinen vermahlen und gebeutelt und ist dann zum Amalgamiren (Anquicken) geschickt.

Zum Anquicken hat man eine Anzahl hölzerner, mit Eisenreifen gebundener Tonnen, die horizontal in Zapfen liegen und durch Maschinentrast in Umlauf gesetzt werden (Fig. 73). In jede Tonne kommt zunächst eine Füllung von 12 Centnern Erzmehl, 4 Centnern Wasser und 100 Pfund zerstückeltem Schmiedeeisen. So läßt man

die Tonnen 2 Stunden langsam umlaufen. Hier entstehen schon durch Aufeinanderwirkungen der sich im Wasser lösenden Salze und des Eisens zweckfordernde chemische Veränderungen. Sodann wird das Quecksilber (5 Centner) hinzugegeben und die Fässer nach 16—20 Stunden gedreht. Es tritt Erwärmung der Masse ein, welche die Zersetzung befördert, in deren Folge nicht allein das Chlor Silber, sondern auch die Chloride der fremden Metalle in regulinischen Zustand übergeführt werden und in das Amalgam eingehen, das somit außer dem Silber noch Kupfer, Antimon, Blei, Gold u. s. w. enthalten kann. Ist der Prozeß so weit gediehen, so füllt man die Fässer ganz mit Wasser auf und läßt sie noch  $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden laufen, gegen das Ende mit verminderter Geschwindigkeit. Das Amalgam hat sich nun vereinigt und bildet die unterste Schicht in den Fässern. Man läßt es ablaufen und bringt den übrigen Inhalt in große Bottiche, um noch den Rest daraus zu waschen.

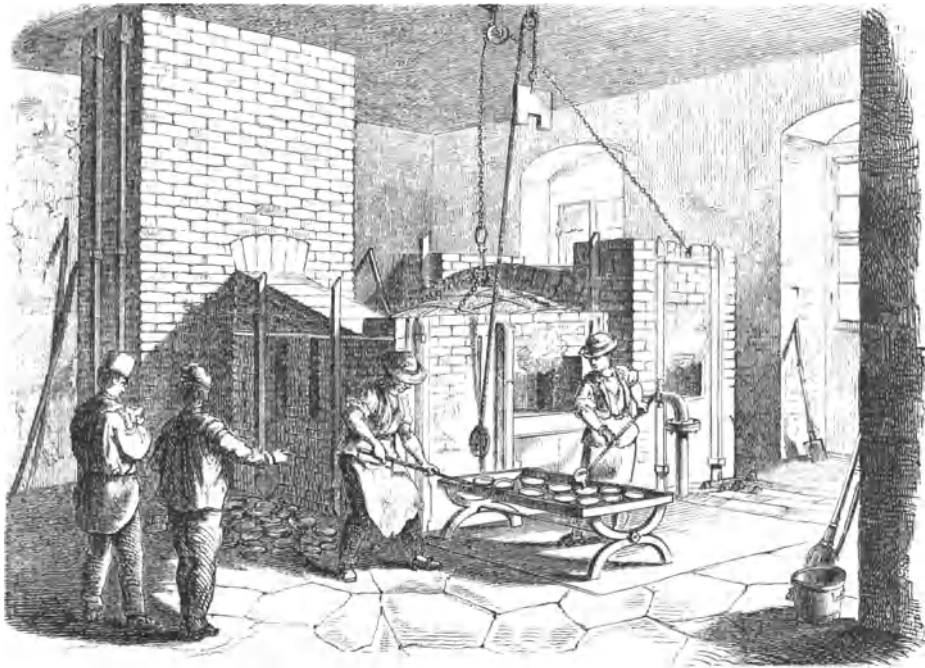


Fig. 74. Das Feinbrennen des Silbers.

Das freiwillig abgelaufene Amalgam wird mittels kleiner Rinnen in Zwillichbeutel geleitet. Aus diesen scheidet schon durch die Eigenschwere ein Theil des überschüssigen Quecksilbers ab, später wird durch starkes Pressen der Beutel noch mehr abgetrennt, und so behält man ein steifes Amalgam übrig, das aus 82—83 Theilen Quecksilber, 10 bis 12 Theilen Silber und 5—8 Theilen fremder Metalle, hauptsächlich Kupfer mit wenig Blei, Zink und Antimon besteht. Zur Entfernung des Quecksilbers daraus ist nichts nöthig als Hitze; man bringt das Amalgam in eiserne Schalen unter eine gußeiserne Glocke, die von außen mit Kohlenfeuer erhitzt wird, oder vortheilhafter, man schiebt jetzt die Schalen in eiserne Retorten. Das durch die Hitze verflüchtigte Quecksilber wird in einem Verdichtungsraum wieder tropfbar und unter Wasser aufgefangen, während auf den Schalen ein Kuchen unreinen Silbers zurückbleibt (Tellersilber), das wie jedes auf andere Art gewonnene noch eine Reinigung (Raffination) zu bestehen hat.

Auf andern chemischen Erfahrungssätzen beruhen die mehrfach aufgetretenen oder

vorgeschlagenen nassen Methoden der Silbergewinnung, von denen hier die Augustin'sche und Ziervogel'sche kurz beschrieben werden sollen, welche besonders bei der Extraktion silberhaltiger Kupfererze dienen, bei denen früher auch die Amalgamation in Anwendung kam. Des Ersteren Methode gründet sich auf die Eigenschaft des Chlorsilbers, sich in Kochsalzlösung aufzulösen. Es bekommt deshalb die Röstmasse (gewöhnlich Kupferstein) einen Zusatz von Kochsalz, welcher das Silber in Chlor Silber überführt. Um das Chlor Silber auszuziehen, ist später nichts weiter erforderlich als die Behandlung des Röstmeßls mit konzentrierter Salzlösung. Die gewonnene Silberlauge bringt man nun auf Fässer, worin metallisches Kupfer enthalten ist; das Silber wird hier durch das Kupfer gefällt, es setzt sich als Schlamm zu Boden, während die nun kupferhaltige Flüssigkeit auf ähnliche Weise durch Cementation mittels Eisen ausgenutzt wird.

Die Ziervogel'sche Methode zieht den beim Rösten entstandenen Silbervitriol mit heißem Wasser aus und schlägt das Silber durch metallisches Kupfer nieder, wobei man Kupfervitriol als Nebenprodukt erhält. Andere Vorschläge betreffen meist die Anwendung anderer Lösungsmittel statt der Kochsalzlösung, namentlich das in der Photographie allgemein gebrauchte unterschweflige saure Natron.

Die Gewinnung des Silbers durch Schmelzarbeit gestaltet sich nach der Natur der gegebenen Erze sehr verschieden, immer aber benutzt man als Hilfs- und Ausfuhrmittel das Blei.

Silberhaltige Kupfererze werden entweder durch die gewöhnliche Kupferhüttenarbeit zuerst auf Schwarzkupfer verarbeitet und aus diesem das Silber durch Saigerung mit Blei geschieden, oder man erhält das silberhaltige Blei durch Niederschmelzen der Kupfererze mit geröstetem Bleiglanz, oder man verschmilzt die Kupfererze nur auf Kohstein, der das Silber einschließt und sodann durch Verschmelzen mit geröstetem Bleiglanz oder Glätte verbleit wird. Aus der Schmelze erhält man das silberführende Blei durch Saigerung. Am komplizirtesten sind die Arbeiten, wenn silberhaltige Kupfer- und Bleierze zusammen vorkommen. Es sind dann wiederholte Schmelzungen nöthig, welche indeß immer auch die Erzeugung eines silberhaltigen Werkbleies einerseits und silberhaltigen Rothkupfers andererseits zum Zweck haben. Erze, die kein Kupfer enthalten, werden ähnlich behandelt, nur wird der Kohstein als werthloses Produkt nicht weiter in Betracht gezogen. Das silberhaltige Werkblei, das Endergebniß aller dieser Methoden, unterliegt endlich der Treibararbeit, welche bereits bei Gelegenheit des Bleies ihre Besprechung gefunden hat.

Weder das mit Blei erschmolzene, noch das aus Auflösungen niedergeschmolzene, noch das durch Amalgamation gewonnene Silber ist rein genug, um als Feinsilber gelten zu können; es enthält noch einige Prozent fremder Metalle, deren Wegschaffung die letzte Arbeit, das Feinbrennen, ausmacht; sie besteht aus einem Umschmelzen unter Luftzutritt und ist bei dem durch Treibararbeit gewonnenen Silber, wo der hauptsächlichste fremde Stoff ein Ueberrest von Blei ist, eigentlich nur eine noch weiter fortgesetzte Treibararbeit. Es dient hierzu eine Art Mulde oder Schüssel, der Test, aus einer abforbirenden Masse (Knochen- oder ausgelaugte Holzasche, Mergel u. s. w.) durch Einstampfen in eine eiserne Unterlage geformt, die entweder unter einer großen Muffel dem freien Luftzuge oder vortheilhafter im Flammenofen der Wirkung eines Gebläses ausgesetzt wird. Durch die oxydirende Wirkung der Luft verwandelt sich nun der Bleigehalt des schmelzenden Silbers vollends in flüssige Glätte, die man aber nicht von der Silberfläche ablaufen läßt, da sie sich von selbst in die poröse Masse des Testes einzieht. Enthält das Silber neben Kupfer, Antimon u. s. w. wenig oder kein Blei, so setzt man dem Silberfluß welches zu, weil die Oxyde der übrigen Metalle außer dem Silber mit der Bleiplatte sich verschlacken. So reinigt sich das Silber bis

etwa auf  $\frac{1}{4}$  Prozent darin bleibende unedle Metalle und heißt dann Brand- oder Feinsilber. Nur ein etwaiger sehr kleiner Goldgehalt, der durch alle Strapazen hindurch fest zum Silber gehalten hat, muß, wenn es der Mühe lohnt, auf andern Wege herausgezogen werden.

**Eigenschaften und Verbindungen des Silbers.** So hätten wir denn das schöne weißglänzende Metall in den Zustand seiner Gediegenheit überführen sehen, freilich nur, damit es zum Behuf der Verarbeitung zu Münzen und Geräthen bald wieder mit einem unedlen Metall, dem Kupfer, verbunden werde, das seine schöne Farbe allerdings etwas beeinträchtigt. Das reine Silber ist nämlich für die meisten Zwecke zu weich, daher zu sehr der Abnutzung unterworfen; man stärkt und härtet es deshalb in verschiedenen Abstufungen mit Kupfer und bezeichnet den Feingehalt der Legirungen durch die Zahl der in der Mark (16 Loth) enthaltenen Lothe Silber, so daß z. B. ein Silber, das aus 13 Theilen Silber und 3 Theilen Kupfer besteht, 13löthig heißt. Neuerdings hat die Bezeichnung nach Tausendtheilen mehr Platz gegriffen. Zwölflöthiges Silber z. B. erhält hiernach die Bezeichnung 0,750, d. h. in 1000 Theilen enthält es 750 Theile Feinsilber und 250 Theile Kupfer.

Feines Silber hält sich an der Luft in Farbe und Glanz vollkommen beständig, mit Kupfer verfestes natürlich nur so weit, als es nach Höhe des Kupfergehaltes möglich ist. Geräth eine Silbermünze in's Feuer, so wird sie völlig schwarz, jedoch ist hieran lediglich das Kupfer schuld; es hat sich ein Häutchen schwarzes Kupferoxydul gebildet, das durch Eintauchen in eine Säure leicht entfernt werden kann. Die Oberfläche des Silbers wird auf diese Art feiner. In ähnlicher Weise verschaffen uns Silberarbeiter und Münzwerkstätten wenigstens für einige Zeit den Anblick des feinen Silbers; sie sieden ihre bis zum Poliren fertigen Stücke in verdünnter Schwefelsäure, welche nur Kupfer auflöst und die Oberfläche in einer sehr dünnen Schicht als Feinsilber zurückläßt (das Weißsieden).

Die schwache Seite des Silbers ist seine Neigung zum Schwefel, die sich schon in seiner häufigsten Vererzung ausdrückt. In schwefligen Dämpfen färbt sich das Silber gelb, braun u. s. w. in Folge einer oberflächlichen Bildung von Schwefelsilber; in schwefligen Lösungen (Schwefellebern) ist die Bildung noch intensiver und dunkelfarbiger. Man benutzt dies mitunter bei Herstellung von Schmuckfachen, denen durch Eintauchen in Schwefelleberlösung eine schwärzlich-graue Oberfläche ertheilt wird. Man nennt solche Sachen, wiewol unzutreffend, oxydirtes Silber. Eigentliches oxydirtes Silber oder Silberoxyd läßt sich zwar auch, aber nur auf chemischem Wege, darstellen; man erhält es als granbraunes Pulver durch Niederschlag aus einer salpetersauren Silberlösung mittels Aetkali. Das schmelzende reine Silber hingegen widersteht der Oxydation im geschmolzenen Zustande, und seine Neigung zum Sauerstoff ist so gering, daß auch das gefällte Oxyd in der Rothglühhitze und selbst schon bei längerer Einwirkung des Sonnenlichts den Sauerstoff fahren läßt und wieder metallisch wird. Dennoch giebt es eine merkwürdige Beziehung zwischen Silber und Sauerstoff. Geschmolzenes Silber nämlich, unter der Bedingung, daß es frei von fremden Metallen ist, verschluckt eine Menge Sauerstoff, etwa das 22fache seines eigenen Volumens, ohne ihn chemisch zu binden, und stößt ihn beim Erstarren mit Heftigkeit wieder von sich. Diese Erscheinung, das Spritzen genannt, gewährt bei größeren Massen — 40—50 Pfund etwa — ein eigenthümlich interessantes Schauspiel. War eine solche Masse längere Zeit im Fluß und wird nun der Abkühlung überlassen, so fängt die sich an der Oberfläche zuerst bildende feste gewölbte Kruste bald an zu reißen, noch sehr flüssiges Silber dringt heraus und überfließt in dünnen Schichten die Oberfläche. Dies ist jedenfalls einer bloßen Ausdehnung in Folge der

beginnenden Krystallisation zuzuschreiben. Bald jedoch beginnt die Gasentbindung; die Decke erhebt sich hier und da zu kleinen Hügeln oder Blasen, welche unter Bildung baumförmiger Figuren plagen und Ströme von Sauerstoff herauschießen lassen, während man innerhalb das flüssige Silber in heftiger Wallung sieht und kleine Ströme desselben gleich der Lava aus einem Vulkan herausquellen. Wie die Kruste dicker wird, steigen die Blasen höher auf, das Gas sprengt sie explosionsartig, und um das Bild von Miniaturvulkanen vollständig zu machen, werden kleine Tropfen flüssigen Silbers weit umher geschleudert.

Das beste Lösungsmittel des Silbers ist die Salpetersäure; außerdem löst es sich in heißer konzentrierter Schwefelsäure. Aus den Lösungen fallen Salzsäure, Kochsalz und alle anderen chlorhaltigen Stoffe das Metall als käsiges Chlor Silber. Auf diesem Verhalten beruhen die besten Silberproben. Man löst eine bestimmte Menge unreines Silber in Salpetersäure und probirt, wie viele Tropfen einer Kochsalzlösung von genau bestimmter Stärke nöthig sind, um alles Silber als Chlor Silber auszufällen. Die salpetersaure Silberlösung giebt eingedunstet das unter dem Namen Höllestein bekannte, scharf ägende Salz, das gewöhnlich bei gelinder Hitze geschmolzen und in Stängelchen gegossen ist. Sonst nur als ärztliches Aemittel, zum Schwärzen der Haare u. s. w. benutzt, hat dasselbe seit dem Auftreten der Photographie eine viel größere Bedeutung und Anwendung gefunden. Bedenkt man, wie viele der neuen von Höllestein lebenden Künstler schon bei uns vorhanden sind, daß in England und Frankreich vielleicht noch viel mehr, in Nordamerika über alle Maßen viel photographirt wird, so dürften die 55,000 Pfund Silber, die Sachsen jährlich erzeugt, zur Deckung des allgemeinen photographischen Bedarfs noch lange nicht hinreichen; ja man nimmt an, daß Europa allein 500 Centner hierzu verbrauche.

Das Silber ist sehr geeignet, sowol mit dem Gold als mit dem Kupfer Legirungen zu bilden. Diese sind auch, wenn wir von kleinen Ausnahmen, z. B. dem Silberstahl absehen, die einzigen technisch gebräuchlichen. In dem gewöhnlichen Arbeits Silber haben wir, wie gesagt, stets eine Legirung mit Kupfer. Durch den Zusatz von Kupfer wird das Silber härter, verliert nur wenig von seiner Geschmeidigkeit und läßt sich immer noch gut hämmern, walzen, zu Draht ziehen u. s. w.; nur wo eine besonders große Geschmeidigkeit verlangt wird, wie bei getriebener Arbeit und den feinsten Drähten, muß man feines oder sehr wenig versetztes Silber anwenden. Das legirte Silber ist leichtflüssiger und gießt sich besser und schärfer aus als reines. Das mit Kupfer legirte Silber, an sich schon härter als feines, besitzt die Eigenschaft, durch Hämmern, Walzen u. s. w., an Härte noch bedeutend zuzunehmen. Durch Ausglühen läßt sich jedoch die Masse immer wieder erweichen. Um die Legirung von Kupfer und Silber ganz homogen zu machen, setzt man eine sehr geringe Quantität Zink zu.

**Silberdraht.** Was über das Drahtziehen bei früherer Gelegenheit schon gesagt wurde, gilt im Allgemeinen auch für die Herstellung des Drahtes aus Edelmetallen, nur daß hier meist hohe Feinheitsgrade hergestellt werden, die ihre schließliche Ausbildung auf kleinen Handleiern erhalten. Feines Silber läßt sich zu den dünnsten Drähten ausspinnen und muß oft an 150 immer enger werdende Ziehlöcher passiren. Dasjenige, was man echten Golddraht zu nennen pflegt, ist stets Silberdraht mit einer schwächeren oder stärkeren Vergoldung. Gold für sich wäre nicht haltbar genug, vor Allem auch zu theuer. Diesen silbernen Golddraht erzeugt man folgendermaßen. Wenn der zum Drahtziehen bestimmte Silberstab einige Male durch die großen Zieh-eisen gezogen ist, so wird er mit einer feinen Feile der Länge nach gefeilt, etwas rauh gemacht und dann mit Gold belegt. Das zu diesem Zwecke verwendete sog-



beginnenden Krystallisation zuzuschreiben. Bald jedoch beginnt die Gasentbindung: die Decke erhebt sich hier und da zu kleinen Hügeln oder Blasen, welche unter Bildung baumförmiger Figuren plagen und Ströme von Sauerstoff herauschießen lassen, während man innerhalb das flüssige Silber in heftiger Wallung sieht und kleine Ströme desselben gleich der Lava aus einem Vulkan herausquellen. Wie die Kruste dicker wird, steigen die Blasen höher auf, das Gas sprengt sie explosionsartig, und um das Bild von Miniaturvulkanen vollständig zu machen, werden kleine Tropfen flüssigen Silbers weit umher geschleudert.

Das beste Lösungsmittel des Silbers ist die Salpetersäure; außerdem löst es sich in heißer konzentrirter Schwefelsäure. Aus den Lösungen fallen Salzsäure, Kochsalz und alle anderen chlorhaltigen Stoffe das Metall als käsiges Chlor Silber. Auf diesem Verhalten beruhen die besten Silberproben. Man löst eine bestimmte Menge unreines Silber in Salpetersäure und probirt, wie viele Tropfen einer Kochsalzlösung von genau bestimmter Stärke nöthig sind, um alles Silber als Chlor Silber auszufällen. Die salpetersaure Silberlösung giebt eingedunstet das unter dem Namen Höllenstein bekannte, scharf ätzende Salz, das gewöhnlich bei gelinder Hitze geschmolzen und in Stängelchen gegossen ist. Sonst nur als ärztliches Narkotikum, zum Schwärzen der Haare u. s. w. benutzt, hat dasselbe seit dem Auftreten der Photographie eine viel größere Bedeutung und Anwendung gefunden. Bedenkt man, wie viele der neuen von Höllenstein lebenden Künstler schon bei uns vorhanden sind, daß in England und Frankreich vielleicht noch viel mehr, in Nordamerika über alle Maßen viel photographirt wird, so dürften die 55,000 Pfund Silber, die Sachsen jährlich erzeugt, zur Deckung des allgemeinen photographischen Bedarfs noch lange nicht hinreichen; ja man nimmt an, daß Europa allein 500 Centner hierzu verbrauche.

Das Silber ist sehr geeignet, sowol mit dem Gold als mit dem Kupfer Legirungen zu bilden. Diese sind auch, wenn wir von kleinen Ausnahmen, z. B. dem Silberstahl absehen, die einzigen technisch gebräuchlichen. In dem gewöhnlichen Arbeits Silber haben wir, wie gesagt, stets eine Legirung mit Kupfer. Durch den Zusatz von Kupfer wird das Silber härter, verliert nur wenig von seiner Geschmeidigkeit und läßt sich immer noch gut hämmern, walzen, zu Draht ziehen u. s. w.; nur wo eine besonders große Geschmeidigkeit verlangt wird, wie bei getriebener Arbeit und den feinsten Drähten, muß man feines oder sehr wenig versetztes Silber anwenden. Das legirte Silber ist leichtflüssiger und gießt sich besser und schärfer aus als reines. Das mit Kupfer legirte Silber, an sich schon härter als feines, besitzt die Eigenschaft, durch Hämmern, Walzen u. s. w., an Härte noch bedeutend zuzunehmen. Durch Ausglühen läßt sich jedoch die Masse immer wieder erweichen. Um die Legirung von Kupfer und Silber ganz homogen zu machen, setzt man eine sehr geringe Quantität Zink zu.

**Silberdraht.** Was über das Drahtziehen bei früherer Gelegenheit schon gesagt wurde, gilt im Allgemeinen auch für die Herstellung des Drahtes aus Edelmetallen, nur daß hier meist hohe Feinheitsgrade hergestellt werden, die ihre schließliche Ausbildung auf kleinen Handleiern erhalten. Feines Silber läßt sich zu den dünnsten Drähten ausspinnen und muß oft an 150 immer enger werdende Ziehlöcher passiren. Dasjenige, was man echten Golddraht zu nennen pflegt, ist stets Silberdraht mit einer schwächeren oder stärkeren Vergoldung. Gold für sich wäre nicht haltbar genug, vor Allem auch zu theuer. Diesen silbernen Golddraht erzeugt man folgendermaßen. Wenn der zum Drahtziehen bestimmte Silberstab einige Male durch die großen Zieh-eisen gezogen ist, so wird er mit einer feinen Feile der Länge nach gefeilt, etwas rauh gemacht und dann mit Gold belegt. Das zu diesem Zwecke verwendete foge-

blatt wird über die Ränder des Kupfers umgebogen, ein ausgeglühter Eisendraht um dieselben herumgelegt und die so verbundenen Platten über Kohlenfeuer einer starken Rothglut ausgefekt. Hierbei überfährt man das Silber kräftig und anhaltend mit einem eisernen Reiber, um unter Austreibung der Luft eine möglichst innige Berührung zwischen den beiden Metallen herzustellen. Die so vereinigte Platte wird glühend herausgenommen und sogleich mehrmals durch die jedesmal enger gestellten Walzen eines Streckwerks gehen gelassen. So wird durch bloßes festes Aneinanderliegen, ohne Schmelzung oder Löthung, ein solcher Zusammenhalt der beiden Metalle erzeugt, daß sie auch bei dem weiteren Auswalzen auf kaltem Wege sich gleichmäßig mit einander strecken und — einzelne Fehlfälle ausgenommen — kein Auseinanderklaffen erfolgt. Die Silberlage beträgt dem Gewicht nach  $\frac{1}{40}$  bis  $\frac{1}{10}$  des Ganzen. Auch bei der schwachen Lage von  $\frac{1}{40}$ , und wenn das Blech zu der geringen Dicke von  $\frac{1}{100}$  Zoll ausgewalzt wird, also die Silberlage  $\frac{1}{5000}$  Zoll dick darauf liegt, ist sie immer noch viel stärker als in den meisten anderen Fällen der Verfilberung. Die Anwendung des silberplattirten Kupfers ist durch die galvanische Verfilberung (s. Bd. II, S. 287) ziemlich beschränkt worden.

Man übt auch eine Plattirung auf fertige Gegenstände von Eisen, bei denen Dauerhaftigkeit mit Eleganz verbunden sein soll. Solche sind namentlich Theile zu Rutschgeschirren und Reitzzeugen, Thürgriffe, Eßbestecke u. s. w. Die eisernen Stücke werden zunächst verzinnt, dann papierdünnnes Silber zur Umhüllung passend zurecht geschnitten, ungelegt, durch Drücken, Klopfen und Reiben, oder auch durch Einstampfen in Hohlformen anschließend gemacht, durch Umwinden mit Draht noch mehr gesichert und endlich das Ganze über Kohlenfeuer erhitzt. Hier schmilzt das Zinn und vereinigt die Plattirung mit dem Kern, worauf dann durch Polirstahl u. s. w. die Oberfläche ausgeglichen und geschönt wird.

Die Verfilberungsmethoden durch Zerlegen einer Silberlösung, in welche man den zu verfilbernden Gegenstand eintaucht, oder welche durch Anreiben ihren Silbergehalt fahren läßt, beruhen auf der bekannten chemischen Wechselwirkung, in Folge deren das Kupfer das Silber aus seinen Verbindungen leicht austreibt, und es sind unzählige Vorschriften und Rezepte für dergleichen Verfahren vorhanden. Da auf diese Weise aber nur eine sehr schwache Verfilberung erhalten werden kann, so macht man blos in seltenen Fällen und zu ganz gewissen Zwecken von ihr Anwendung.

Ihre eigentliche Bearbeitung erfahren die Edelmetalle in den Werkstätten der Gold- und Silberschmiede. Hier wird das Material zuerst in Graphittiegeln geschmolzen und nach bestimmten Vorschriften das Silber mit Kupfer, das Gold meist mit Silber und Kupfer versetzt. Es werden daraus Stäbe oder Platten gegossen, und wenn sie auf den richtigen Gehalt probirt sind, mit dem gültigen Zeichen (Stempel) versehen. Da es sich selten um Gußstücke aus Edelmetallen handelt, so werden die Raine und Platten größtentheils zu Blech gewalzt oder zu Draht gezogen und aus diesen sodann beliebige Gegenstände hergestellt. Stärkere Sachen, wie Schüsseln, Teller, Löffel, Gabeln, werden aus Rainen oder Platten direkt durch bloßes kaltes Hämmern hergestellt. Viel häufiger jedoch formt man auch solche Stücke aus gewalztem Blech, denn unsere Zeit will selbst die Luxusfachen wohlfeil haben, also müssen sie dünn und leicht sein. Gefäße und überhaupt größere hohle Gegenstände werden hergestellt durch Biegen und Drücken des Blechs, durch Behandlung mit verschiedenen Hämmern (zum Theil aus Holz und Horn), nach der Weise des Klempners. Viele runde Sachen, wie Becher u. dgl., werden auf der Drehbank über Formen gedrückt; andere werden mit Hämmern oder mit Anwendung von Punzen verschiedener Art getrieben. Die kunstvollsten Stücke des Goldschmieds bestehen

meist aus getriebener Arbeit. Der dabei benutzte Ambos besteht aus einer in einem Kranze drehbaren steinernen oder eisernen Kugel, die oberhalb mit einem Kitt aus Pech, Terpentin u. dgl. belegt ist, denn das zu treibende Blech bedarf natürlich einer etwas nachgiebigen Unterlage. Hohlgefäße, auf welche Verzierungen zu treiben sind, pflegt man gleich mit dem geschmolzenen Kitt vollzugießen. Die Arbeit kann dann selbstverständlich nur von einer Seite her, von außen nach innen, erfolgen. Das Treiben ist mehr oder weniger künstlerisch; es geschieht nach Vorzeichnungen und mit Handgriffen, die sich in ihren Einzelheiten nicht wohl beschreiben lassen. Daneben bedient sich der Goldschmied zahlreicher Apparate und Verfahrensarten, um gewisse häufig vorkommende Gegenstände zu formen oder zu verzieren. Stempel, Punzen, Eiselwerkzeuge u. s. w. helfen ihm in großer Menge bei Ausübung seiner Kunst. Zur Verbindung einzelner Bestandtheile zu einem Ganzen dient das Löthen, beim Silber mit Silberloth, aus Silber mit mehr oder weniger Kupfer oder Messing bestehend, bei Gold mit Goldloth aus Gold, Silber und Kupfer.

Das Schleifen und Poliren der Silberwaaren erfolgt durch successive Anwendung von Bimsstein, blauem Wasserschleifstein, Kohle und Wasser, worauf bei den mehr kupferhaltigen Legirungen (12löthig und darunter) erst das schon erwähnte Weißfieden folgt. Das hierdurch erzeugte dünne Oberflächenhäutchen von Feinsilber muß nun aber geschont werden, weshalb keine angreifenden Mittel weiter zulässig sind, sondern die Politur erst mit dem Stahl und zuletzt mit Blutstein zu geben ist; feineres Silber dagegen kann glänzend geschliffen werden und erhält dadurch einen schöneren Glanz als durch den Stahl; es dienen dazu Tripel mit Oel auf Leder, endlich Polirroth mit Brauntwein.

Beim Gold- und Silberarbeiter entstehen wie in anderen Werkstätten eine Menge kleiner Abschnißel, Feilspäne u. dgl., welche man hier natürlich nicht wegwirft, sondern nebst Allem, was noch Theilchen edler Metalle enthalten könnte, sorgfältig sammelt und wieder zu Gute macht. Dahin gehören der Staub vom Arbeitstisch und Fußboden, der beim Schleifen entstehende Schlamm, Reste von alten Schmelzriegeln, Pfluglappen und Polirleder, selbst der Ruß aus Schmelzöfen und Essen. Alle diese Dinge heißen im Allgemeinen Gekräz und werden jetzt meistens in besonderen Gekräzanstalten, die aus der Bearbeitung ein Geschäft machen, oder diese wird von den Werkstätten selbst besorgt. Man glüht zuerst das Gemisch, um die verbrennlichen Theile zu zerstören, trennt dann die erdigen Theile durch Schlämmen ab und gewinnt endlich Gold und Silber durch Amalgamiren oder Schmelzen, worauf dann noch die Scheidung beider Metalle, wenn sie im Gekräz zusammen vorkommen, zu erfolgen hat.

**Das Münzwesen.** Gold und Silber sind an und für sich schon baares Geld, wenigstens im Welthandel; wenn wir lesen, daß dieses oder jenes Schiff Comptanten mitgebracht habe, so braucht dies nicht gemünztes Metall zu sein, sondern es kann eben so gut auch rohes in Form von Barren, Staub oder dergleichen gemeint sein. Die edlen Metalle haben sich zu Werthmessern für alle Produkte emporgeschwungen, und das Ausmünzen bildet eben nur eine Bequemlichkeitsmaßregel behufs der besseren Theilbarkeit und zur Ersparung des Wägens und Probirens. Die ungemünzten Metalle heißen Bullion; auch sind fremde Münzen, die man nicht zählt, sondern ebenfalls verwiegt, in diesen Begriff mit eingeschlossen. Zudem man fremde Münzen, wie das an europäischen Handelsplätzen mit außereuropäischem Gelde zu geschehen pflegt, nur nach Gewicht annimmt, ignorirt man die von den fremden Regierungen darauf gefegte Prägung und Werthangabe und behandelt den Stoff gleich den ungemünzten Barren. Fremdes Handels Silber erscheint meist in anderen als den bei den europäischen Hüttenwerken gebräuchlichen Barren- und Scheibenformen; die

Abbildungen Fig. 75, 76 und 77 zeigen, wie südamerikanisches und chinesisches Rohsilber anzusehen pflegt.

Vor einiger Zeit versuchte die russische Regierung ein anderes Edelmetall, das Platin, als Münzmetall einzuführen, sah sich aber nach kurzer Zeit zu dessen Zurückziehung veranlaßt. Wenn auch schon wirtschaftliche Gründe dies rathlich machten, so trug doch auch der allgemeine Widerwille dazu bei, mit welchem die unscheinbaren bleiähnlichen Münzen, die doch einen so hohen Werth haben sollten, im Publikum



Fig. 75. Amerikanisches Silber

aufgenommen wurden. Man sieht also, daß zum Gelde auch eine wohlgefällige äußere Erscheinung gehört.

Bekanntlich verwendet man weder zu Gold- noch zu Silbermünzen die reinen Metalle, sondern legirt dieselben der größeren Härte wegen mit mehr oder weniger Kupfer. Bei kleineren Münzen steigt der Kupfergehalt, damit sie nicht zu klein ausfallen, bedeutend, denn es enthält

3. B. die Regierung zu  $2\frac{1}{2}$  Silbergroschenstückchen auf 1000 Theile nur 375, die zu ganzen und halben Silberroschen nur 220 Theile Silber. Die groben Münzsorten und die Vereinsgoldmünze enthalten nach den heutigen deutschen Münzverhältnissen  $\frac{9}{10}$  feines Metall und  $\frac{1}{10}$  Kupferzusatz. Das ganze Gewicht einer Münze heißt Schrot, das Gewicht des darin enthaltenen Edelmetalls Korn, und die gesetzliche Feststellung des Verhältnisses von Schrot und Korn bildet den Münzfuß.



Fig. 76. Amerikanisches Silber.

Bei den Courantmünzen ist es Regel, daß der ihnen beigelegte Werth nur nach der Qualität des darin enthaltenen Edelmetalls berechnet ist, der Kupferzusatz also nicht in Anrechnung kommt. Bei den Scheidemünzen ist dies nicht festzuhalten wegen des bedeutend höheren Arbeitsaufwandes, den ihre Herstellung erheischt. Der reelle Werth der Scheidemünze ist etwas geringer als der Nenn-

werth, sie besitzt demnach schon etwas von dem Charakter einer Marke, bei welcher es auf den inneren Werth gar nicht ankommt.

Auch der Preis der Courantmünzen steht natürlich etwas höher als der des ungemünzten Metalls, denn einerseits müssen die Fabrikationskosten in Anschlag gebracht, andererseits soll dadurch auch der Vernichtung durch Einschmelzen vorgebeugt werden. Diese Preiserhöhung heißt der Schlagstab. Vor etwa hundert Jahren betrug derselbe noch bis zu 9 Prozent; seit aber die Münztechnik so bedeutend vervollkommenet ist, wird er inuner geringer und beträgt jetzt nur noch 6 Prozent; ja die Eng-

länder und Franzosen schlagen aus dem Metall, das 3091 Franken kostet, nicht mehr als 3100 Franken, wonach also an 3100 Franken nur 9 Franken verdient werden. Bei Scheidemünzen kann der Schlagschatz bis über 70 Prozent betragen.

Aufgabe der Münzkunst ist es nun, erstlich Legierungen herzustellen, welche genau das vom Gesetz vorgeschriebene Verhältniß von Edelmetall und Zuschlag darstellen, hieraus Stücke zu formen, welche möglichst genau das gleiche Gewicht und den gleichen inneren Gehalt haben, und endlich diesen Stücken eine Prägung zu geben, welche die Nachahmung durch Fälscher in möglichst hohem Grade erschwert. Bei aller Vervollkommnung der Technik ist es aber doch unvermeidlich, daß die einzelnen Stücke in Schrot und Korn etwas variiren, da namentlich beim Guß der Zaine die Legirung an verschiedenen Stellen sich etwas ungleich gestalten kann. Man hat daher gewisse Fehlergrenzen des Zuviel und Zuwenig festgesetzt, innerhalb welcher ein Geldstück noch unlauffähig bleibt. Dieser erlaubte Fehler heißt das *Remedium* (Toleranz, Münznachsicht), das sowol am Schrot als am Korn, also am Gewicht wie am Feingehalt, stattfinden kann. Früher hatte das *Remedium* sehr weite Grenzen, und manche absichtliche Verkümmernng konnte sich darunter verstecken; jetzt hat man die erlaubte Fehlergrenze auf wenige Tausendstel beschränkt.

Die Reihe von Operationen, durch welche das Rohmetall in Münzen umgeformt wird, ist folgende: 1) Schmelzen der Legirung; 2) Gießen in Barren; 3) Strecken der Barren zu Blechen; 4) Ausschneiden der Münzplatten aus den Blechen; 5) Justiren der Platten; 6) Sieben und Heizen derselben; 7) Rändeln und 8) Prägen, beides letztere häufig zusammenfallend.

Um eine genau bestimmte Legirung herzustellen, muß man natürlich vor Allem die Zuthaten zu derselben genau kennen. Diese können bestehen aus angekauften Gold- und Silberbarren, aus alten einzuschmelzenden Münzen, aus altem Gerätehilber u. s. w. Ueberall hat der Münzwarden zunächst den reinen Gold- oder Silbergehalt auf das Genaueste zu ermitteln, um hiernach die Rechnung für die neue Legirung aufstellen zu können. Chemisch reines Gold und Silber giebt es im Handel nicht; im besten Falle sind 2, oft aber bis zu 5 und 8 Tausendstel fremde Metalle, beziehentlich Silber, Blei, Kupfer u. s. w., darin enthalten. Alte Münzen und Geräte bestehen an sich schon aus Legierungen. Bei separater Umprägung ersterer kann ein Silberzusatz erforderlich werden, in den übrigen Fällen ist es Aufgabe zu ermitteln, wie viel Kupfer zuzusetzen ist, um die verlangte Legirung zu erhalten. Enthält das Silber Gold — und seien dies auch nur 2 Tausendtheile — so sucht man dasselbe zu gewinnen, und anstatt das Metall in die Münze zu geben, überläßt man es den Scheideanstalten. Von dieser Goldscheidung, die man oft noch an alten Münzen mit Vortheil ausführt, wird beim Golde weiter die Rede sein.

Das Einschmelzen der zu der Legirung erforderlichen Metalle geschieht in Paffauer Graphittiegeln in Windöfen, die mit Koaks oder Kohlen geheizt werden, bei großem Betriebe auch in großen gußeisernen, 4—500 Pfund Silber fassenden Tie-

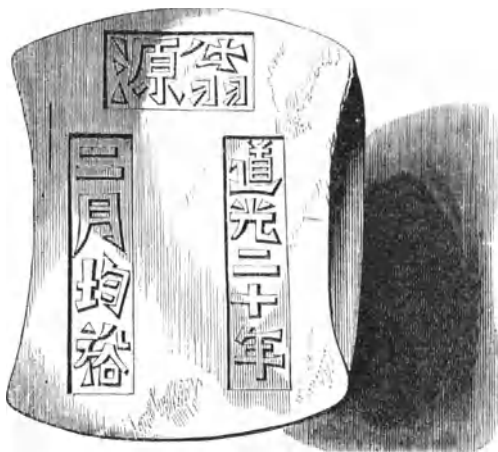


Fig. 77. Shinesischer Silber.

geln. Zum Schmelzen des Goldes dienen kleinere Thontegel. Man macht erst das Schmelzgefäß glühend, setzt dann die Metallbarren ein und giebt, wie die Schmelzung fortschreitet, andere nach. Zur Abhaltung der Luft bekommt das Metall eine Decke von Kohlenpulver. Ist die Schmelzung erfolgt, so wird die Masse mit eisernen Stäben gut durchgerührt, der Münzwardein nimmt eine Probe und sobald dieselbe die Richtigkeit der Legirung erweist, schreitet man zum Gießen der Barren oder sogenannten Zaine, was mittels eiserner Schöpflöffel in eiserne Formen geschieht. Scheidmünzmetall gießt man in Sandformen, weil in Eisenformen das Kupfer zu spröde werden würde.

Die Zaine sind 15—24 Zoll lang, 2—4 Linien dick und fast so breit wie der einfache oder — bei zweireihigem Ausschlagen — doppelte Durchmesser der zu prägenden Münze, da beim Plätten (Auswalzen) die Breite nur wenig zunimmt.

Die gegossenen und erkalteten Zaine werden auf einem besonderen Walzwerke zwischen Stahlwalzen gestreckt. Nach je zwei- bis dreimaligem Durchgange durch die Walzen müssen sie wieder ausgeglüht werden, sonst werden sie zu hart und dehnen sich nicht mehr aus. Die nach der nöthigen Dicke gewalzten Zaine werden dann in Längen von 4 Fuß geschnitten. Auch gießt man wol, namentlich in England,

gleich viel breitere Platten, die nach dem Strecken der Länge nach auf einem Kreis sägwerke in Streifen geschnitten werden.

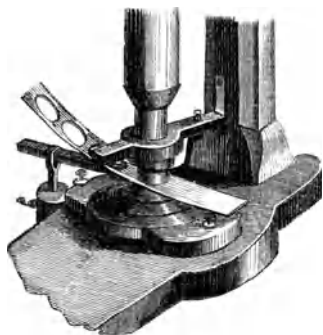


Fig. 7.  
Rollwerk zum Ausschlagen der Platten.

Die möglichst genau abgeglichenen und gerichteten Zaine werden in eine neue Maschine gebracht, um daselbst ausgestückelt, d. h. in runde Scheiben oder Platten von der gehörigen Größe verwandelt zu werden. Dies geschieht mittels eines Durchschlags, der entweder ein Hebelwerk oder, für größere Münzen, ein Fallwerk mit Balancier und Druckschraube ist. Ein geschickter Arbeiter kann von den kleinen Scheiben zu Scheidemünzen in der Stunde 6—7000 Plättchen ausschlagen. Für größere Münzsorten hat man stets von Maschinenkraft bewegte

Durchschnittsmaschinen. Die übrig bleibenden durchlocherten Bleche nennt man Schrotten; sie werden natürlich bei nächster Gelegenheit wieder mit eingeschmolzen. Die Arbeit der Ausstückelungsmaschine besteht in jedem Falle in einem kurzen Auf- und Niedergehen eines Schiebers, an dessen unterem Ende ein stählerner Drücker oder Stempel angebracht ist, dessen Durchschnitfläche so groß ist, wie die Münzstücke werden sollen. Beim Niedergehen tritt derselbe in einen genau passenden Stahlring. Liegt nun zwischen dem Ringe und Stempel eine Platte, so muß der Theil, welcher die Oeffnung des Ringes deckt, dem starken Drucke weichen; die Kanten des Ringes und Stempels schneiden ihn ab, wie die zwei Theile einer Sphäre, und er fällt als Rundplatte unten durch.

Nachdem die ausgeschlagenen Münzplatten vollkommen gereinigt und untersucht worden sind, werden sie justirt, d. h. ihrem Gewichte nach vollständig berichtigt. Denn so große Genauigkeit auch immer beim Walzen der Zaine angewendet worden, so kommen doch stets Abweichungen im Gewicht vor, da selbst scheinbare Kleinigkeiten auf die verschiedene Dicke der Platten Einfluß haben. So fällt die letztere z. B. schon etwas verschieden aus, je nachdem die Walzen langsamer oder schneller sich drehen. Zum Justiren hat man eigene Wagen, sogenannte Justirwagen, mittels deren diese Operation sehr schnell von Statten geht. Nur große Münzen, Thaler,

Gulden und Goldmünzen, werden einzeln justirt. Von den zu schweren Stücken werden von denselben Arbeitern, welche das Wägen besorgen, auf einer kleinen Maschine sofort so viel Späne abgehobelt, bis das richtige Gewicht erreicht ist. Würde man diese Vorsichtsmaßregel nicht beobachten, so wäre das Geschäft von Spekulanten, sogenannten kippern und Wippern, die ehemals ihr Wesen in ausgedehntem Maße trieben, immer noch einträglich genug, um die schwereren Münzstücke zurückzuhalten und einzuschmelzen und nur die zu leichten dem Verkehr zu lassen und so dem Staate einen großen Verlust zu verursachen, wenn derselbe einmal veranlaßt wäre, seine Münzen einzuziehen. Das kleine Courant wird im Ganzen justirt, d. h. es werden so viel Stücke, als eine Mark wiegen sollen, auf die Wage gezählt und zu gleich gewogen. Haben diese das richtige Gewicht, so kümmert man sich um die einzelnen Stücke nicht. Zu schwere Marken werden mit zu leichten gemengt und dann abermals gewogen. Die Fortschritte der Münztechnik erlauben es jetzt, daß auch das größere Courant, die  $\frac{1}{2}$ - und  $\frac{1}{4}$ -Guldenstücke, die  $\frac{1}{3}$ - und  $\frac{1}{6}$ -Thalerstücke, einzeln justirt werden können, indem man eigene Wagetische baut, die 10--20 Justirwagen zugleich tragen, deren beide Schalen, die eine mit dem Passirgewicht, auf der Tafel ruhen. Aus Trichtern fällt auf jede leere Schale eine Münzscheibe, nun heben sich langsam alle Wagen gleichzeitig; die leichten Platten gehen aufwärts, die richtigen liegen in der Mitte und die zu schweren ziehen abwärts. Sind alle Wagen zur Ruhe gekommen, so erfolgt gegen alle gleichzeitig ein scharfer Schlag, und die Münzscheiben fliegen vorwärts, die zu leichten in das zu oberst liegende, die richtigen in das mittlere, die zu schweren in das untere Fach vor jeder Wage. Dann senten sich die Wagen wieder, um neue Platten zu empfangen u. s. w. Ueber die Sortirwage in der Londoner Bank, die sogenannte Cottonwage, siehe Bd. II, S. 57. Die zu leichten Scheiben werden wieder eingeschmolzen, die zu schweren aber in einer besonderen Maschine etwas abgehobelt, dann neu justirt, bis sie richtig werden. Ein geübter Justirer bearbeitet etwa 1200 Platten täglich.

Sobald die Münzplatten vollkommen justirt sind, werden sie fein gesotten. Die Platten erscheinen nämlich durch die verschiedenen Stufen der Bearbeitung, namentlich von dem wiederholten Ausglühen her, zum größten Theile mit einer schwärzlichen Oxydschicht bedeckt, die vor dem Prägen fortgeschafft werden muß, so daß die Kupferplatten hellroth, die Gold- und Silberplatten aber die Farbe des reinsten Goldes oder Silbers zeigen. Sie werden zu diesem Zweck in einem Kessel mit sehr verdünnter Schwefelsäure gesotten. Wie bedeutend diese Wirkung der Schwefelsäure sei, welche das in der Mischung enthaltene Kupfer an der Oberfläche auflöst und nur das edle Metall dort unverändert läßt, erkennt man am besten an der kleinen Scheidemünze, welche neu blendend silberweiß erscheint, während nach kurzem Gebrauch die eigentlich rothe Farbe der Metallmischung wieder zum Vorschein kommt. Goldplatten werden bisweilen noch durch Abfieden in einer Auflösung von Salpeter, Kochsalz und Alaun schöner gefärbt. Die durch das Sieden ganz rein, aber nicht glänzend, sondern matt erscheinenden Metallplatten werden noch einmal justirt, da sie durch das Sieden  $\frac{3}{16}$ —2 Prozent an Gewicht verlieren, dann in Drehtrommeln mit Wasser und Kohlenpulver oder Sägespänen geschauert, abgetrocknet und sind so endlich zum Prägen fertig.

Die gesottene Münzplatten müssen zuerst gerändelt, d. h. mit einer Verzierung auf der flachen Seite des Umfanges versehen werden. Bei Kupfer- und Scheidemünzen ist der Rand glatt, bei Silber- und Goldmünzen aber besteht die Verzierung aus Kerben, Schuppen, Blättern oder Punkten, bei den größeren aus einer Umschrift, die bisweilen erhaben ist. Zum Rändeln dient eine kleine Maschine, das

Kräusel- oder Rändelwerk, welches sehr verschieden eingerichtet werden kann. Eines der besten ist das in der Münze zu Paris gebräuchliche, mit welchem ein Arbeiter in einem Tage 20,000 Fünffrankenstücke rändeln kann. Die beiden Rändeleisen, E und D in Fig. 79, enthalten jedes die Hälfte von der Randverzierung erhaben auf ihrer gekrümmten Oberfläche. Sie bestehen aus glashartem Stahle und sind, jedes mit zwei Schrauben, nämlich E auf das festliegende Stück AB und D auf das Ende des Hebels FD, der sich um die Achse C dreht, befestigt. Man erteilt dem Stabe P mit der Hand eine hin- und hergehende Bewegung. Die Krümmungen beider

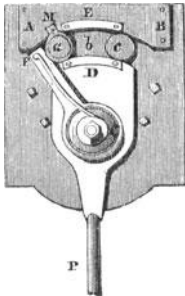


Fig. 79.

Rändelwerk mit bogenförmigem Rändeleisen.

Rändeleisen sind Kreisbogenstücke, deren Mittelpunkt C ist, und die Münzplatte geht nur sehr gedrängt zwischen beide hinein; a ist eine senkrechte Röhre, in welcher die Münzplatten aufgestapelt werden und die stets gefüllt gehalten wird. Unten ist diese Röhre um so viel offen, daß eine Platte freiliegt. Mittels der Schraube M ist die Röhre auf AB befestigt. Der mit dem Stücke PD bewegliche Arm CF geht unter der Röhre durch und stößt die unterste Platte der Säule vor sich her, die von der Ruth zwischen den beiden Rändeln aufgenommen und von a nach b vorwärts geführt wird, bis sie, fertig gerändert, bei c ausfällt.

Ein anderes Rändelwerk ist das in Fig. 80 abgebildete; a und b sind die beiden Rändeleisen, welche enge Falzen haben, auf deren schmaler Kante das Randmuster eingegraben ist. Das Rändeleisen a wird durch die Zahnstange e mittels der Kurbel auf c und des Getriebes d hin- und herbewegt; bei f wird die Platte eingelegt, sofort von dem Rändeleisen ergriffen, gerändert und bei g wieder ausgeworfen. Durch die Stellschrauben ii, welche durch den Steg h gehen, wird das Rändeleisen b gehörig angenähert und festgestellt.

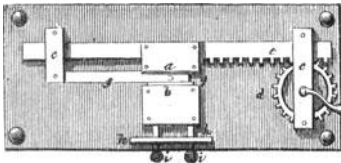


Fig. 80. Rändelwerk mit geradem Rändeleisen.

Damit alle Platten zum Rändeln genau in gleicher Größe hergestellt werden, pflegt man sie vor dem Rändeln zu stauchen, wodurch der Rand etwas breiter und vollkommen cylindrisch wird. Unsere Abbildung Fig. 81 zeigt die dazu gehörige Maschine. TT ist ein massives gußeisernes Gestell, in welchem sich, um v, eine Scheibe w bewegt; zwischen beiden bleibt ein Zwischenraum, der nach der Größe der Münzplatte verschieden und genau so groß im Durchmesser ist, wie der Prägring des Fallwerks. Die Platten werden oben eingeschlossen, durch die sich drehende Scheibe glatt gepreßt und fallen bei h wieder aus der Maschine.

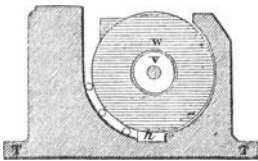


Fig. 81. Stauchen der Platten.

Das Prägen der Münzen wird mittels zweier tief gravirter stählerner Stempel verrichtet, welche gehärtet und gelb angelassen sind, zwischen denen eine jede Münzplatte einem augenblicklichen Stoße ausgesetzt wird. Die Maschine, in welcher zu diesem Behufe die Prägestempel angebracht sind, ist ein sogenanntes Fallwerk, d. h. ein Prägwerk, in welchem eine mittels eines Balancers rasch niedergetriebene Schraube wirkt, wie solches überhaupt in der Metallfabrikation vielfach Anwendung findet. Beistehende Abbildung Fig. 80 stellt den Durchschnitt eines solchen Prägwerks dar.

AA ist eine starke Schraube mit flachen Gängen, die sehr genau geschnitten sind, und zwar ist sie eine sogenannte dreifache Schraube. Es setzen sich nämlich am Fuße



statt eines Schraubenganges deren drei an, die sich neben einander um die Spindel winden. Dadurch erhält die Schraube eine sehr starke Steigung, so daß die Spindel bei der Umdrehung sich sehr schnell und hoch hebt und eben so schnell fällt, und zwar mit größerer Gewalt, da bei starker Steigung die Reibung weniger Kraftverlust verursacht. Die drehende Bewegung wird der Spindel durch einen Schwenkel oder Balancier mitgetheilt, dessen Arme 5—8 Fuß lang und an den Enden noch mit schweren Kugeln versehen sind, um den Schwung und Stoß zu verstärken. Dieser Balancier ist dem sechseckigen Kopf B der Schraube aufgesetzt. Zwei, vier, acht, ja zwölf Arbeiter sind nöthig, um dem Balancier die Kreisbewegung zu ertheilen, welche den Niedergang der Schraube zur Folge hat. Durch die Drehung steigt die Schraubenspindel in einer Mutter von Bronze NN, welche fast die ganze Länge der Schraube umfaßt und selbst wieder einen Cylinder bildet, der in dem massiven Körper des aus Gußeisen bestehenden Prägstockes eingeschraubt ist. Bei dem Abwärtsgehen stößt die Spindel sehr heftig auf den stählernen Prägstöß K. Der Widerstand der unteren Theile dient nicht allein dazu, den Stoß zu schwächen, sondern es entsteht durch die Elastizität eine rückwirkende Kraft, welche das Wiederaufsteigen der Schraube begünstigt.

Die Schraubenspindel ist aus Gußeisen, allein ihr Schuh QI besteht aus gehärtetem Stahl und ist unten etwas gewölbt. Letzterer hat oben einen cylindrischen Aufsatz Q, mit dem er auf eine eigenthümliche Weise in der Spindel befestigt ist. Schrauben und jede andere Befestigung würden nämlich durch die unzähligen Stöße sich sehr schnell abnutzen; unverwundlich ist aber folgende Art. Das Loch für den Aufsatz wird in der Spindel etwas zu eng gebohrt und die Spindel dann glühend gemacht, wodurch sie sich ausdehnt, das Loch sich also so viel erweitert, daß der Aufsatz Q kalt eingeschoben werden kann. Beim Erkalten zieht sich die Spindel wieder zusammen und hält den Aufsatz Q außerordentlich fest.

Der Prägstöß K ist ein wenig ausgehöhlt, aber weniger, als die Erhabenheit des Schuhses QI beträgt, so daß beide Flächen sich genau genommen nur in einem Punkte berühren; der Gebrauch aber vergrößert die Berührungsflächen sehr bald. Die durch die Spindel vermittelte auf- und absteigende Bewegung theilt sich dem Oberstempel G mit; die beiden Grundflächen von G und K sind vollkommen horizontal. Der Unterstempel P liegt darunter und die zu prägende Platte wird zwischen beiden in den Raum U gelegt, der durch das Steigen der Spindel vergrößert wird. Die stählernen Stempel enthalten das Gepräge, das die Münze zeigen soll, verkehrt und vertieft, und die Ränder liegen genau senkrecht über einander. Die Stempel müssen sehr hart sein, da sie einen ungeheuren Druck auszuhalten haben. Um sie zu verfertigen, wird für jede Seite eine Matrice mit dem Gepräge erhaben aus weichem Stahl geschnitten und nachher gehärtet; man setzt man die Matrice in die Prägschraube und legt ein Stück weichen Stahl unter, in welchen dann durch eine mehr-

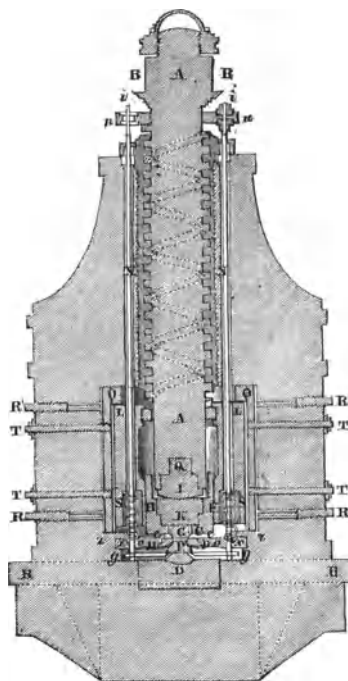


Fig. 82.  
Durchschnitt eines Prägwerks, Fallwert.

mals wiederholte Prägung die erhabene Gravirung der Matrize sich vollkommen genau und scharf vertieft abdrückt und den künftigen Prägstempel bildet, der dann gehärtet wird. Auf solche Weise kann man mittels einer Matrize sehr viele einander genau gleichende Prägstempel erzeugen. Man prägt sonach nicht nur das Geld, sondern auch schon die Stempel zu dem Gelde. Der Unterstempel ist unten etwas gewölbt und ruht auf einer ebenfalls gewölbten Unterlage D, so daß er seine Stellung etwas verändern kann, im Falle der Druck nicht überall gleichmäßig, d. h. die Münzplatte nicht durchgängig genau gleich ist. Das Ganze steht fest auf dem Boden RR und dergestalt erhöht, daß der Balancier in der Brusthöhe der Arbeiter liegt.

Der Raum C zwischen dem Ober- und Unterstempel, in welchem die Münzplatte liegt, ist von einem stählernen Ringe ee umgeben, der genau den Durchmesser der Münzplatte hat und durch vier Federn op auf seinem Plaze erhalten wird. Dieser Prägering dient dazu, der Münzplatte die freisrunde Gestalt zu erhalten und alle Münzen genau gleich groß zu machen. Vor und bei dem Prägen steht der Rand dieses Ringes um die Dicke der Münzplatte höher als die gravirte Fläche des Unterstempels; wenn aber der Oberstempel nach dem Stöße wieder steigt, so hebt sich entweder der Unterstempel oder der Ring senkt sich, so daß das geprägte Stück aus dem Ringe frei wird und zur Seite geschoben werden kann. Während dann der Oberstempel wieder zu fallen beginnt, tritt Alles in seine alte Lage zurück, und es kann eine neue Münzplatte in den Ring gelegt werden.

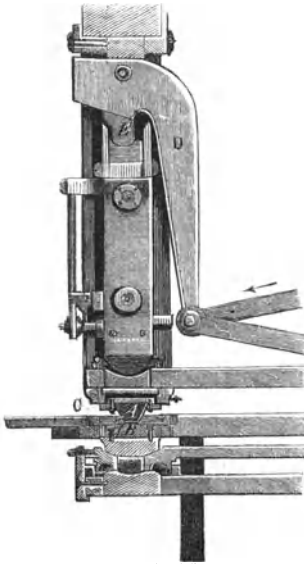


Fig. 83. Prägstock und Aniesstück eines Aniehebelprägwerks.

einziges Stück, so würde er die fertige Münze gar nicht auslassen. Man macht ihn daher aus drei Theilen, welche in Folge ihrer Federkraft beim Heben des Stempels etwas aus einander klaffen; in dieser Form heißt er ein Springring.

Die unteren Theile KG des Fallwerks, welche den Oberstempel enthalten, sind in eine Büchse HF eingeschlossen, welche mittels der Ansätze LL in dem Falze O sich senkrecht auf und ab bewegen kann. Durch den Stoß der Prägschraube wird diese Büchse mit dem Stempel abwärts getrieben, durch die Spiralfeder SS aber wieder emporgehoben, sobald die Schraube steigt. Die Schraube A nimmt aber beim Steigen den Ring nn mit in die Höhe und dieser die Stäbe ii, welche an ihrem unteren Ende den Ring gg tragen, auf dem der Unterstempel P ruht, der also mit emportreten, sich durch den Prägtring drängen und die geprägte Münzplatte aus demselben heben muß, da der Ring ee durch die Platte XX in ZZ gehalten wird. Die Schrauben RR' und TT dienen dazu, die Büchse HF in Stellung und Gang genau zu reguliren.

Das Einlegen der Münzplatten in den Prägtring geschah bei den älteren Prägmaschinen mit der Hand; bei den neueren Prägmaschinen hat man einen mechanischen

Zuführer angebracht, welcher durch die Prägschraube mit bewegt wird und die Münzplatte unten in den Ring schiebt, die fertige Münze aber in einen nebenstehenden Korb schleudert, so daß der Arbeiter nur die Münzplatten in den Zuführer zu bringen und die fertigen Münzen fortzuschaffen hat.

Das Fall- oder Stoßwerk, sonst die einzig gebrauchte Prägmachine, hat in neuerer Zeit meistens vortheilhafteren Mechanismen weichen müssen. Die alte Maschine war zeitraubend wegen der großen Kreisbewegung, welche dem Balancier gegeben werden mußte; in Folge ihrer gewaltigen Wirkung wurde sie leicht reparaturbedürftig, und ein besonders fühlbarer Mangel war, daß sie mit Menschenkraft betrieben werden mußte und mit keiner Dampfmaschine in Verbindung zu bringen war.

Die neuen Prägmachines beruhen auf Anwendung des Kniehebels, und die Abbildungen Fig. 83 und 84 veranschaulichen den Mechanismus der jetzt in den Münzwerkstätten fast allgemein gebräuchlichen Apparate. Die Wirkungsweise derselben ist

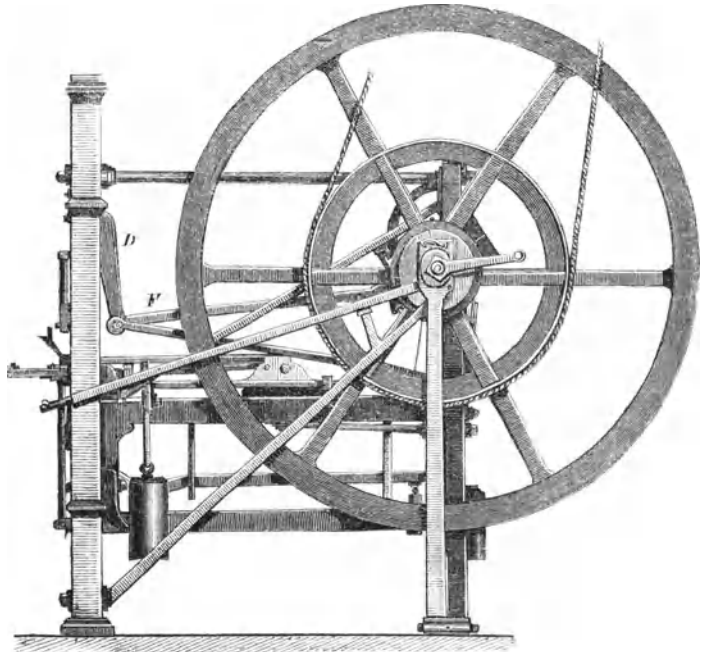


Fig. 81. Das Uhlhorn'sche Kniehebelpräswerk.

ziemlich leicht zu begreifen; A ist der Oberstempel, B der Unterstempel: zwischen beide legt ein Schieber die zu prägende Münzplatte ein und wirft vorher die fertig geprägte zur Seite, nachdem dieselbe durch Senkung des Ringes C frei geworden ist. Die Stange F ist excentrisch mit der Schwungradwelle verbunden und wird dadurch zuerst vorgehoben, dann zurückgehoben. Dabei ertheilt sie dem knieförmigen Stück D eine pendelnde Bewegung. Bei der Stellung, welche die Maschine auf der Zeichnung hat, findet gerade Prägung statt; geht aber D wieder rückwärts, so wird auch E in eine schiefe Stellung gebracht, es drückt dann den Bolzen und den Oberstempel nicht mehr nieder, sondern hebt dieselben, so daß das Unterlegen einer neuen Münzplatte geschehen kann.

Es sind diese Maschinen zuerst von Uhlhorn in Grevenbroich bei Aachen verfertigt worden, und alle später gebauten sind Nachbildungen dieser. Außer einer höchst akkuraten und sehr schnellen Arbeit haben die Uhlhorn'schen Maschinen auch den Vortheil, daß sie Vorrichtungen besitzen zur Verhütung von Unglücksfällen, die dadurch entstehen könnten, daß der Schieber einmal gar keine Münzplatte unterlegte, oder dieselbe nicht vollständig in den Ring des Unterstempels einführte, oder daß

andernfalls ein geprägtes Stück nicht weggeshoben wurde und eine neue Platte auf dasselbe zu liegen käme. In solchen Fällen stellt die Maschine von selbst ihre Bewegung augenblicklich ein. Eine andere sinnreiche Einrichtung, die sich an allen Hebelprä-

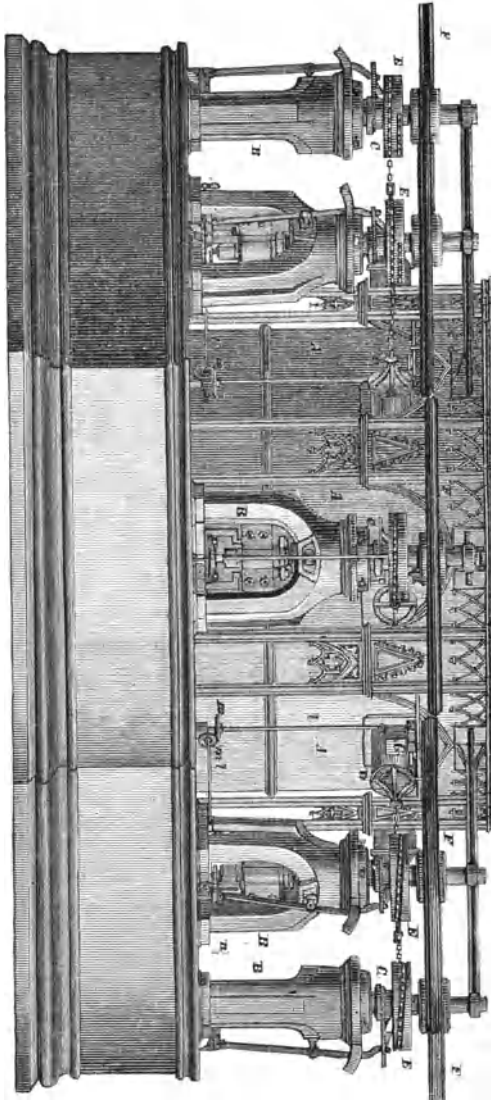
pressen findet, besteht darin, daß der Unterstempel in dem Momente, wo die Prägung erfolgt, eine ganz kleine Achsendrehung (höchstens  $\frac{1}{2}$  Linie am Umkreise großer Münzen) macht, wodurch das scharfe Ausprägen sehr gefördert wird und mit weit geringerer Kraft erzielt werden kann.

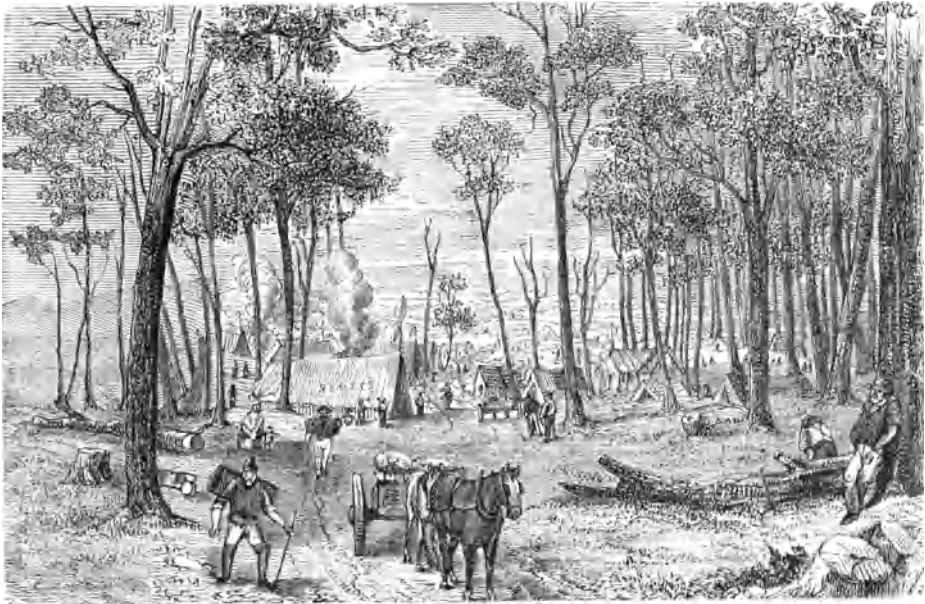
Zur Bedienung bedürfen derartige Maschinen einen Mann, der mit zählender Handbewegung die Platten unausgesetzt und in richtigem Tempo auf eine schiefe Fläche niederlegt, auf der sie hinabgleiten, um eine nach der andern vom Schieber (Zubringer) in den Prägring geschoben zu werden. Nach erhaltener Prägung befördert die Maschine die Stücke auf einem andern Wege selbst heraus und läßt sie in ein Sammelgefäß fallen. Zu den Vortheilen der Hebelpressen gehört der sehr wesentliche, daß die Prägung bei allen Stücken ganz gleichmäßig erfolgt, was bei den von Menschen getriebenen Spindelpressen so wenig zu erwarten war, als daß ein Mensch mit einem Hammer immerfort ganz gleichkräftige Schläge führen könnte.

Die Kniehebelwerke fördern in gleicher Zeit das 8—10fache dessen, was die alten Spindelpressen liefern konnten. Es läßt sich leicht denken, daß an dieser Maschinerie

mit jedem Umschwunge des Rades die Theile in ihre alte Stellung zurückkehren und somit allemal ein Stück der vielgesuchten Waare fertig sein wird. Da nun die Maschinen sich sehr hurtig drehen, so hat man die Genugthuung, ein Stück nach dem andern fertig herausfallen zu sehen, bei größeren Münzen in der Minute 36—40mal, bei mittleren 50—56mal, bei kleineren bis 75mal, und es könnte das Arbeiten einer solchen Maschine den Zuschauer auf die Idee bringen, als müßte alle Geldklemme nächstens ein Ende haben.

Fig. 57. Vergrößerte Ansicht einer Hebelmaschine für Rio Janeiro.





Erste Ansiedlung der Goldsucher.

Fern von gebildeten Menschen, am Ende der Reiche, wer hilft euch  
 Schätze finden und sie glücklich zu bringen an's Licht?  
 Nur Verstand und Redlichkeit helfen; es führen die beiden  
 Schlüssel zu jeglichem Schatz, welchen die Erde verwahrt.

Goethe.

## Gold, Platin und seine Genossen.

Geschichte des Goldes. Vorkommen in der Natur und Gewinnung aus dem Gestein und dem Sande der Flüsse. Goldwäschereien, alte in Deutschland, am Rheine, Böhmerwalde u. s. w. Die neuen Goldländer. — Mexiko. Californien. Australien. Ural und Sibirien mit den dort gebräuchlichen Aufbereitungsmethoden. Eigenschaften des Goldes und Verwendung. Legirungen. Goldschlägerei. Färben des Goldes. Das Platin. Vorkommen und Darstellung. Verarbeitung. Seine Bedeutung für die Naturwissenschaften und die Technik. Iridium. Palladium u. s. w.

**G**old, der König der Metalle, dessen Symbol die Alles bewirkende Sonne ist, war allem Anschein nach einer der ältesten Handelsartikel und Indien scheint im Alterthume bei weitem früher das Hauptbezugsland gewesen zu sein, als das später so viel gesuchte Ophir, aus welchem dem weisen Salomo die unermeßlichen Reichthümer zuflossen, die er, obgleich ihm Alles eitel war, mit menschlichem Behagen um sich anhäuften. Uebrigens scheint es, als ob man alte Sagen von entlegenen Ländern, in denen Goldschätze von Ungeheuern gehütet werden, der Lage nach auf Gegenden nördlich von Indien beziehen dürfte, so daß also damals schon die ansehnlichen Fundorte im südöstlichen Rußland zum Theil erkannt und benutzt sein konnten. Das noch heute nicht verarmte Afrika (es soll etwa 30,000 Pfd. jährlich liefern) war im Alterthum nicht minder eine bedeutende Goldquelle. Ja, es giebt überhaupt kaum ein Land, welches nicht zu irgend einer Zeit auf Gold ausgebeutet worden wäre. So lieferte Arabien sehr feines und zu Schmucksachen gesuchtes Gold, in Aegypten gab es Goldwäschen, die Schätze des Krösus sollen aus kleinasiatischen Flüssen gewaschen worden

sein, die Griechen gewannen im eigenen Lande Gold und von der Goldgewinnung auf der silberreichen spanischen Halbinsel unterrichten uns viele alte Urkunden. Die reichste Goldquelle der Römer dürfte Aegypten gewesen sein; dort fanden sie angeblich das Metall massenweise in größter Reinheit durch bloßes Auflesen wie durch Graben. Lange kam indeß dies Eldorado nicht vorgehalten haben, denn jene Nation kühner Eroberer hat sich auch die viel größere Mühe genommen, in den deutschen Alpen goldführende Quarze zu brechen, und noch heute sieht man in den Alpen oberhalb Gastein in bedeutender Höhe solche Römerbaue.

Daß man in früheren Zeiten in Deutschland, wie z. B. auf dem Thüringer Wald, in den schlesischen Gebirgen u. s. w., Gold gewonnen, namentlich aus Bächen gewaschen hat, ist noch jetzt im Volke nicht vergessen. Im 11., 12. und 13. Jahrhundert soll allein Goldberg in Schlesien wöchentlich 75 Pfund geliefert haben, also ungefähr doppelt so viel wie jetzt das gesammte Europa. Davon ist indessen nichts weiter geblieben, als das Sprichwort: daß die Goldberger Todten in Gold ruhen. Zahlreiche Seifenhügel (ausgewaschener Sand) im Böhmerwalde geben Zeugniß, daß einstmals auch hier die Goldwäscherei schwunghaft betrieben wurde. Heutzutage ist in Europa, von Rußland abgesehen, nur noch Oesterreich — namentlich durch Siebenbürgen und Ungarn — von einiger Bedeutung für die Goldgewinnung (etwa 3000 Pfd. jährlich), während Deutschlands Erträgniß so unbedeutend geworden ist, daß die statistische Aufstellung der Bergprodukte des Zollvereins vom Jahre 1862 an Gold nicht mehr als 19 Pfd. auführt, wovon 10 Pfd. auf Sachsen und 9 Pfd. auf Hannover und Braunschweig kommen. Der Hauptsache nach sind dies die kleinen Nebengewinne aus goldhaltigen Silber- und andern Erzen. Hierzu mögen noch für einige tausend Thaler Waschgold aus dem Rheine kommen, dem ehemals sehr berühmten deutschen Goldstrom, der von Straßburg bis Mannheim, am obern Ende am reichlichsten, das edle Metall in seinem Sande führt.

Aus dem Gesagten schon läßt sich entnehmen, daß das Gold an sich gar kein so seltener Stoff ist, als man anzunehmen pflegt; es ist vielmehr sehr allgemein verbreitet und in diesem Punkte vielleicht nur mit dem Eisen zu vergleichen. Der Orte aber, die eine ausgedehntere Gewinnung gestatten, sind doch nicht sehr viele und der Natur der Sache nach liegen sie bekanntlich alle in weiter Ferne, in Amerika, Australien und tief im innern Rußland. Von dort kommen die Massen Goldes, welche der heutige Verkehr umwälzt.

**Vorkommen.** Die Eigenthümlichkeiten, die das Gold in der Art seines Vorkommens zeigt, erklären sich aus seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften. Noch edler in seiner Natur als das Silber hält es sich stets gediegen; es ist durch die in der Natur vorkommenden Säuren unangreifbar, macht sich freiwillig weder mit Schwefel noch mit Sauerstoff gemein. Nur der mechanischen Zertheilung unterliegt es in Folge seiner Weichheit leicht und in einem hohen Grade. So findet es sich in manchen Gebirgs- und Erzarten in so feinen Theilchen eingesprengt, daß es dem bloßen Auge unmerklich bleibt. Schwefelkiese enthalten häufig etwas Gold und heißen dann Goldkiese; ebenso kommt es im Kupfer- und Arsenikkies, in der Zinkblende, im Graupfiegglanzerg u. s. w. vor. In Felsarten, wie Quarz, Gneiß, Glimmer- und Talkschiefer, Granit, Trachyt u. s. w., steckt es entweder ebenso mikroskopisch verlarvt oder als „Freigold“ in Schüppchen, Blättchen, Nadeln und Adern als Ausfüllung von Rissen, Spalten und Klüften. Bei weitem das vorzüglichste Muttergestein des Goldes ist der Quarz; in Kieselstein ruht das Gold am liebsten und selbst wenn rauhe Naturgewalten Felsen und Gold zertrümmert und pulverisirt haben, halten beide auch dann noch treulich zusammen und das Gold ist nun um so weicher in Sand gebettet. Auch der alltäg-

lichte Sand kann ein Minimum an Gold enthalten. In Glashütten findet man zuweilen am Boden von Glashäfen, die mehrere Wochen zum Schmelzen gedient haben, einige Körnchen ausgeschmolzenen Goldes. In seltenen Fällen können die Quarzgoldadern sehr massiv sein. In Petersburg befindet sich ein schönes Kabinetsstück von uralischem oder sibirischem Golde; man ist dort vor mehreren Jahren so gefällig gewesen, vergoldete Gypsnaehbildungen davon an andere Kabinete zu vertheilen. Das Stück gleicht in Größe und Form annähernd einem kleinern Mauerziegel, aber seine beiden Hauptflächen sind in der Mitte ausgetieft, so daß die Vertiefungen sich in der Mitte begegnen und eine kleine Durchlochung bilden. Diese Vertiefungen sind die interessantesten Partien, denn in ihnen finden sich die glänzenden Kry stallflächen des ehemaligen Quarzbettes sehr schön abgeformt und wohl erhalten. Doch wurde auch dieses Stück schon nicht mehr an seiner ursprünglichen Lagerstätte, sondern frei im Sande liegend gefunden; es hatte die totale Zerstörung des Quarzfelsens überdauert und war vielleicht der Rest einer viel größern Platte.

Sonach finden wir das Gold, genau wie das Zinn, unter zweierlei Verhältnissen, auf primärer und sekundärer Lagerstätte, d. h. entweder in ein Muttergestein eingewachsen oder unter den Trümmern desselben im Aufschwemmungsstande. Durch den andauernden natürlichen Schlämmprozess mußten von den zerkleinerten Felsstücken die leichtern Theilchen immer mehr abgetrennt, unedle Metalle oxydirt und als Oxide fortgeschwemmt werden, so daß schließlich nur die schwersten und widerstandsfähigsten Theile vereinigt blieben. Wir treffen demnach häufig, wie im Ural, in Australien und bei uns im Böhmerwalde, die nächsten Zonen an dergleichen Urgebirgen mit goldführendem Sande bedeckt (Böhmerwald), der außer Körnern von unedlem Gestein und Erz Zinngrauen, Granaten, Sapphire, Zirkone, Rubine, Topase und manches andere Edelgestein enthält, so daß dieser Sand unter dem Mikroskop ein ganzes kostbares Mineralienkabinet darstellt. Im Ural gesellen sich hierzu noch im gediegenen Zustande Platin und dessen besonderes Gefolge von Palladium, Iridium, Osmium u. s. w. Die Natur hat in ihrer Weise und in angemessenen Zeiträumen eine Aufbereitungsarbeit besorgt, die dem golddürstigen Menschen sehr wohl zu Statten kommt und ohne die es um seinen Goldgewinn mißlich genug aussehen würde. Denn das Gold aus dem Felsen herauszufördern ist eine schwere und kostspielige Arbeit, welche man nur nothgedrungen und unter Verzichtleistung auf außerordentliche Gewinne unternimmt, die aber gleichwol in dem goldreichen Californien und Australien zum Theil hat ergriffen werden müssen. Der bei weitem größte Theil alles gewonnenen Goldes ist wie gesagt Waschgold, welches auf kunstlose Weise aus dem durch die langdauernde Wirkung des Wassers angehäuften Sand und aus Geröllen abgetrennt wird.

Bei der Natur also und speziell beim Wasser hat sich der Goldsucher dafür zu bedanken, daß sein Geschäft nicht noch mühsamer ist; aber schwere Arbeit giebt es auch jetzt noch genug. In den leichtesten Fällen liegt allerdings der goldführende Sand noch öde und unfruchtbar und das Waschen kann unmittelbar von der Oberfläche ausgehen; in andern Fällen ist schon Wald auszuroden und eine Schicht Gewächserde wegzuschaffen. Die Arbeit der Goldsucher ist daher oft sehr beschwerlich. In den neuen Goldparadiesen Californien und Australien muß in der Regel erst in die Tiefe gegraben werden und namentlich im letztern Lande scheint die Wühlerei bedeutende Schwierigkeiten zu haben. Es wird von dort bestätigt, daß man in der That die alten Betten vorzeitlicher Bäche ausbeutet; aber sie liegen meist tief, oft haustief unter der gegenwärtigen Oberfläche. Es ist also wenigstens die Inangriffnahme einer Gegend ein reines Glücksspiel, irgendwo einzuschlagen mit der Hoffnung, gerade auf einen solchen Goldfaden zu treffen, daher denn auch diese Lotterie sehr vieleieten hat. Wer einen

Tresser gezogen, stößt endlich auf eine verhältnißmäßig dünne Schicht von Sand und Grus, die er herauschafft und wäscht, dann ist er mit dieser Grube zu Ende. Sind erst der Gruben mehrere auf einem kleinern Bezirk entstanden, so sucht man aus der Lage der gelungenen die Richtung zu errathen, welche der ehemalige Goldfluß genommen haben könnte; in der Verlängerung nach zwei entgegengesetzten Seiten bekommt man das Terrain einen muthmaßlichen Werth und hier etabliren sich alsbald neue Gruben, die aber dennoch häufig leer ausgehen, wenn vielleicht der ehemalige Wasserlauf die Caprice hatte, gerade hier eine Krümmung zu schlagen. Auf solchen alten, aus den Bergen kommenden Minusalen, die später durch Bewegungshutt oder Aufschwemmung hoch überstürzt wurden, scheint, nach flüchtiger Anschauung der Lokalitäten zu urtheilen, auch der einst so berühmte Bergbau zu Goldberg am nördlichen Fuße des Riesengebirges beruht zu haben.

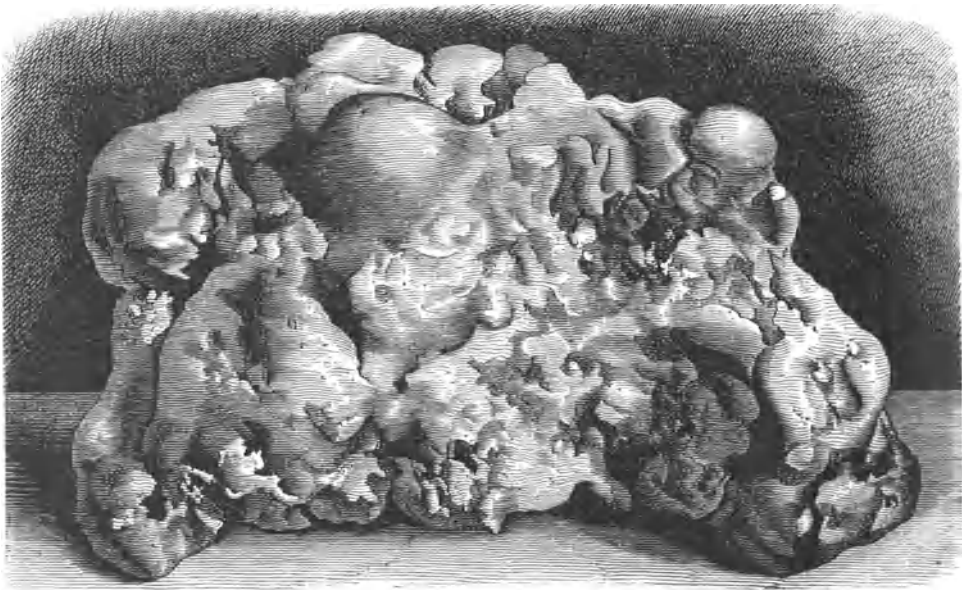


Fig. 27. Goldstück in seiner natürlichen Größe und Form, in Californien gefunden.

Amerika hat schon zweimal, zuerst bei seiner Entdeckung und dann in der Gegenwart, durch seine Goldreichthümer auf den Weltverkehr bedeutenden Einfluß geübt. Aber das von den Spaniern so eifrig gesuchte Eldorado, jener See mit goldreichen Ufern, einer goldstrahlenden Stadt und einem mit Gold bedeckten König, ließ sich nicht finden. So reich das zunächst durchsuchte Peru an Silber war, so erwies es sich doch in Bezug auf seine Goldproduktion als weit hinter den Erwartungen seiner Eroberer stehend. Nirgends lag das Gold zum Aufraffen, und es wird erzählt, daß ein gequälter Häuptling eine künstliche Mine anlegen, d. h. Gold in eine Felspatte einstopfen ließ, um sie seinen spanischen Drängern zeigen zu können.

Man hat namentlich von den Peruanern vermuthet, daß sie ihren Besitz an Gold auf dem Wege des Handels erworben haben könnten, wozu besonders Brasilien die Gelegenheit geboten haben würde. Denn Brasilien erwies sich in der Folge als das goldreichste Land des Südens von Amerika. Man kennt dort etwa 40 verschiedene Vertikheiten, wo Gold gefunden wird; am häufigsten da, wo auch die Diamanten gewonnen werden, in der Provinz Minas Geraes. Negerflaven aus Afrika mußten hier die aus der Heimat mitgebrachte Fertigkeit des Goldwaschens zu Gunsten ihrer



weißen Herren ausüben; doch blieb die Ausbeutung wegen Mangel an Arbeitskräften immer hinter dem zurück, was sie hätte sein können, und ist mit der Zeit noch bedeutend gesunken. Sie soll jetzt einen Jahresertrag von etwa 600 Pfund geben, während sie auch in der besten Zeit 6—7000 Pfund nicht überstiegen hat.

Das Goldwaschen geschieht in Brasilien derart, daß man zuerst die goldführende Erde in eine Reihe Bassins bringt, welche treppenförmig übereinander liegen. Man leitet dann einen Wasserstrom durch dieses System, welcher im obersten Bassin ein- und im untersten wieder ausfließt. In jedem Bassin steht ein Mann oder mehrere, welche beständig im Sande rühren und dadurch veranlassen, daß die leichtern Theile vom Wasser mit fortgenommen werden. Der Sand, welcher durch diese Operation viel goldreicher geworden ist, wird darauf in einem runden, kegelförmigen, einem chinesischen Hut ähnlichen Troge geschlämmt. Man giebt etwas Goldsand und Wasser hinein und versetzt ihn in eine drehende Bewegung, welche die Goldkörner in den untern spitzen Theil bringt, so daß der größte Theil des Sandes abgenommen werden kann. Läßt sich das Gold in dieser Weise nicht völlig abscheiden, so vermischt man den Rest mit Quecksilber, welches das Gold auflöst, die quarzigen Theile aber und selbst die Platinförner zurückläßt. Dann folgt das uns bekannte Abtreiben des Quecksilbers in der Hitze. In manchen Stellen leitet man auch das Wasser von Gebirgsbächen durch die goldhaltigen Schichten und läßt es, wenn sein Lauf etwas ruhiger geworden, über Ochsenfelle laufen, deren Haarseite nach oben zu in dem Bette des Flusses liegt. Die goldführenden schweren Niederschläge, welche sich auf diese eher absetzen als der erdige Schlamm, den das Wasser weiter mit fortführt, gewinnt man sodann durch Ausklopfen jener Häute und verarbeitet sie auf geeignete Weise weiter.

Weiter nördlich in Bolivia, Neugranada, Venezuela sind auch seit langer Zeit Goldwäschereien in Betrieb und in den letzten Jahren des verfloffenen Jahrhunderts verursachten die Berichte eines neuentdeckten Goldgebietes am Rio Choquecomata in den Nachbarländern bedeutende Aufregung.

Mexiko war von Anfang an als Goldland bekannt; in seinen öden nördlichen Distrikten trieben die berücktigten Gambusinos (Goldsucher) bis in unsere Zeit ihr Wesen. Jetzt werden sie sich wol alle nach Californien geworfen haben. Wegen Wassermangel bestand ihre Arbeit meistens in einem oberflächlichen Spüren nach Goldkörnern (Pepitas). In der nördlichen Hälfte Amerika's entstanden Goldwäschereien in Virginien, Nord- und Südcarolina, Georgia und selbst in Canada. Aber alles bisher Genannte war gleichsam nur Vorspiel zu dem Hauptstück, das sich in unserer Zeit in Californien eröffnete. Auch von diesem Lande war längst bekannt, daß es an edeln Metallen reich sein müsse. Fast ist es 300 Jahre, daß Franz Drake seine berühmten Reisen in der Südsee machte, und schon in den betreffenden Berichten heißt es von Californien, man könne keine Hand von der Erde aufheben, ohne Gold- und Silberbestandtheile darin zu finden. Noch öfter wurden diese Beobachtungen in der Folge bestätigt, aber Niemand dachte an eine Unternehmung in diesem unbekanntem, von wilden Indianern bewohnten Lande. Die spezielle Entdeckung datirt von 1847 und knüpft sich bekanntlich an den Schweizer Sutter, der in einem Seitenthale des Sacramentoflusses eine Sägemühle anlegte, an einem Bache, in welchem buchstäblich jede Hand voll Sand glänzende Goldtheilchen in Fülle sehen ließ. Dies war der Fund, der einen Wendepunkt in der Geschichte des Weltverkehrs bilden sollte. Aus weitem und immer weitem streifen, aus der neuen und der alten Welt, strömten nach dem Bekanntwerden desselben die Menschen zu dem heilbringenden Sacramento; rasch wurden neue Goldlager entdeckt, eines reicher als das andere; es fand sich Gold in allen Wasseradern, sowie in ausgetrockneten Flußbetten, und man verfolgte es bis an die Abhänge der Hügel, von

denen es herabgeschwenmt worden war. Bald folgte der Entdeckung am Sacramento eine neue im Süden, an der Grenze von Mexiko, wo sich am Flusse San Joaquino, in den Schluchten einer gewaltigen, wilden vulkanischen Felsenatur, ein Goldfeld von 50 Quadratmeilen aufthut. Erst 1851 entdeckte man, daß auch in den höhern Gebirgsgegenden Californiens Gold zu holen sei.

Wir können uns hier nicht über die speziellen Wirkungen des californischen Goldfundes und Goldfiebers, über das fast fabelhaft zu nennende Entstehen einer großen, reichen, im Welthandel bereits wichtigen Stadt im Laufe weniger Jahre u. s. w. verbreiten. Zur Zeit haben sich die hochgehenden Wogen schon wieder sehr beruhigt. Die Umgebungen der Flüsse Sacramento und San Joaquin sind gegenwärtig ziemlich ausgebeutet. Ohne harte Arbeit ist nicht so leicht mehr Gold zu gewinnen und die Zeit, wo in wenigen Wochen fabelhafte Reichthümer erbeutet wurden, ist vorüber. Der Wäscher ist heute sehr vergnügt, wenn er mit großer Mühe täglich für 2 Dollar Gold gewinnt. Von den Ufern des Sacramento weg haben sich die meisten der kleineren Gesellschaften weiter in's Hochgebirge gewandt. Die Ausrüstung dieser Leute ist immer die gleiche mit Flinte, Revolver, Hacke, Schaufel, Küchengeschirr und der unerläßlichen Kùpe. Sobald die Goldgräber in der auserwählten Gegend angekommen sind, beginnen sie von der anscheinend günstigsten Stelle Besitz zu nehmen, indem sie Stäbe einschlagen und daran eine Anzeige über ihr zeitweiliges Eigenthum befestigen. Während die Einen noch die Zelte aufschlagen und wohliche Einrichtungen treffen, schreiten die Andern sofort mit ihren Werkzeugen zur Untersuchung des Bodens. Man gräbt ein Loch 3, 4, 6 Fuß tief, macht mittels der Kùpe (einer Art blecherner Schüssel) wiederholte Waschproben zur Prüfung des gehobenen Erdreichs, bis entweder die Hoffnung ausgeht und man das Loch verläßt, um an anderer Stelle ein zweites, drittes u. s. w. einzuschlagen, oder bis andernfalls der Boden sich wirklich goldhaltig zeigt und zum Dableiben auffordert. Unter Mühseligkeiten aller Art, oft bei einer durch nichts gemilderten, wochenlang anhaltenden Sonnenglut, auf die wieder monatelanges kühles Regenwetter, das heißt Regen in Strömen, folgt, häufig bei Mangel an Lebensmitteln und Wasser, ja häufig mit verlorener Arbeit, wird jetzt das Auswaschen der Erde fortgesetzt. Man bedient sich hierzu zweier Instrumente, die unter den Namen Wiege und Longtom bekannt sind. Die Wiege, deren man sich auch in andern Theilen Amerika's von jeher zum Goldwaschen zu bedienen pflegte, besteht aus einem 7—8 Fuß langen Kasten, über dessen gerundeten Boden kleine hölzerne Kloben in der Quere eingenagelt sind. Am obern Ende befindet sich ein grobes Sieb, am untern Ende ist die Wiege offen. Das Ganze ruht auf Schaufelbalken.

An einer solchen, immer nahe am Ufer eines Flusses oder Baches aufgestellten Maschine müssen mindestens vier Menschen arbeiten. Während der Eine die goldhaltige Erde ausgräbt, trägt ein Zweiter dieselbe zur Maschine und wirft sie in ein Sieb. Der Dritte hält die Wiege durch Schaufeln in anhaltend lebhafter Bewegung und der Vierte gießt Wasser über das Sieb. Dadurch bleiben die größeren Steine in demselben zurück, die erdigen Theile dagegen werden weggespült; die härteren sowie der Kles rollen nach und nach am untern offenen Ende der Maschine heraus; das Gold selbst aber, mit einem schweren, feinen schwarzen Sande vermischt, bleibt hinter den Querschölzern sitzen. Das so vermischte Gold läßt man dann in Pfannen laufen, in denen es der Sonne ausgesetzt wird, bis es gänzlich trocken ist, worauf der Sand einfach weggeblasen wird und das Gold in glänzenden Körnern zurückbleibt.

Das Auswaschen mit dem Longtom erfolgt ungefähr auf dieselbe Weise. Letzteres Instrument wurde an Ort und Stelle von einem Amerikaner, Namens Tom, erfunden, und da man es gewöhnlich 10—12 Fuß lang macht, so hat man seinem ursprüng-

lichen Namen das Beiwort „lang“ hinzugefügt. Andere einfache Vorrichtungen zur Trennung des Goldes von Sand und Erde tauchten mehrfach auf und fanden ihre Liebhaber; hier fand ein Schaufelrad oder sonstiges Rührwerk Beifall, dort benutzte man einen starken, heftig auffallenden Wasserstrahl zur Trennung von Gut und Schlecht u. s. w. Immer aber ist viel Wasser vonnöthen; daher wurde das Goldwaschen in Californien durch Austrocknen der Bäche so erschwert. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, bildeten sich Gesellschaften, welche die sogenannten Drydiggings in den höheren trockenen Gegenden auch in der dürren Zeit mit Wasser versorgten. In Folge dessen entstanden großartige Wasserbauten; künstliche Seen speisten ein Netz von Kanälen und andere Anlagen führten das Wasser von Flüssen über Berg und Thal der Minenlandschaft zu. Die Gesammtlänge dieser vielfach verzweigten Kanäle betrug 1858 bereits über 1235 deutsche Meilen und die Anlagekosten beliefen sich auf 19 $\frac{1}{3}$  Millionen Thaler. Einzelne Flüsse, deren Grund goldhaltig erscheint, werden abgedämmt, in ein neugegrabenes Bett geleitet und hierauf die trocken gelegten Gründe weiter bearbeitet.

Gegenwärtig hat sich die Gestalt der Dinge in Californien größtentheils geändert. Das Goldwaschen ist unlohnend geworden und tritt bereits in den Hintergrund gegen die Verarbeitung des festen Gesteins, des goldhaltigen Quarzes. Was die Natur in langen Zeiträumen dem Menschen vorgearbeitet hatte, haben Millionen gierige Hände im Laufe weniger Jahre zum besten Theil in Beschlag genommen. Jetzt muß der Mensch das Zerkleinern des Felsens selbst ausführen.



Fig. 88. Goldwaschen an der Wasserrinne.



Fig. 89. Goldgewinnung aus Gruben mittels Wasserleitung und Sieb.

An Stelle der langsamen Thätigkeit der Natur sind jetzt Quarzmühlen getreten, welche unaufhörlich das feste Gestein in ein feines Pulver verwandeln. Durch Schlämmen des Pulvers werden die Goldtheilchen desselben konzentriert und schließlich das Metall durch Quecksilber ausgezogen. Ohne die Entdeckung der reichen Quecksilberminen am Joaquinflusse wäre diese Ausbeutung kaum möglich gewesen. Jene Minen sind viel reicher als die europäischen und kamen sehr gelegen zur Gewinnung der Schätze an Gold und Silber, welche gleichzeitig im Osten der californischen Hochgebirge in gänzlich unfruchtbaren, schauerlichen Fels- und Sandwüsten entdeckt

worden sind und sogleich viele Tausende von Schatzgräbern aus Californien an sich gezogen haben.

Noch einmal wurde das Volk der Goldgräber in fieberhafte Aufregung gesetzt und Tausende strömten dem höhern Norden der amerikanischen Westküste zu: der „Fraserfluß“ war das neue Lösungswort. Hier, auf englischem Territorium, in einem nur von Indianern bewohnten Lande, waren neue Goldlager entdeckt worden. Die Unsicherheit des Fundes aber, die sich bald herausstellte, die großen Beschwerlichkeiten des Terrains, ungemeine Theuerung der Lebensmittel, das rauhe Klima, das nur 5 Monate im Jahre zu arbeiten gestattet, haben die Goldsucher größtentheils wieder vertrieben. Indes ist wenigstens ein Beweis mehr gegeben, daß das westliche Küstengebirge Nordamerika's auf eine sehr weite Erstreckung hin — freilich meist in schauerlichen Gebirgen und Wüsten — große Metallreichthümer birgt, die noch auf lange Zeit den Unternehmungsgeist wach halten dürften. Einstweilen ist Wunders genug geschehen in der so raschen Besiedelung Californiens und in dem Aufschließen einer Weltstadt, wie San Francisco, wodurch das nördliche Amerika gleichsam ein zweites, nach Westen gerichtetes Gesicht bekommen hat, das Newyork des Westens. Glücklicherweise beruht aber der Flor Californiens nicht mehr auf dem Goldreichthum seines Gebietes, sondern in soliderer Weise auf der ungemeinen Fruchtbarkeit seines Bodens und

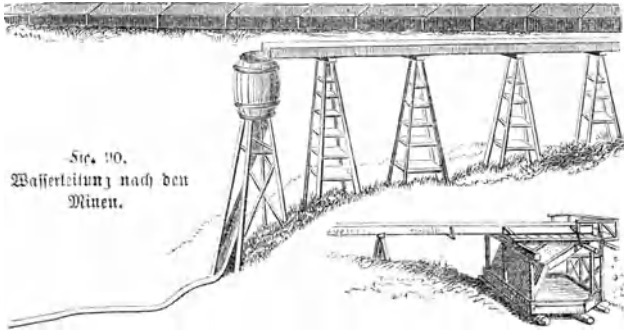


Fig. 10.  
Wasserhebung nach den  
Minen.

auf dem vortrefflichen Ausfuhrhafen von San Francisco, der die Pforte geworden ist für einen immer wichtiger werdenden Handel mit den Ländern der Südsee und Ostasiens.

Nicht lange nach dem Auslodern des Goldfiebers in Californien machte dasselbe einen weiten Sprung in den

fünften Welttheil, um da einen ganz ähnlichen Verlauf zu nehmen. Schon seit 1844 hatte der englische Geolog Murchison die Aufmerksamkeit auf die östlichen Berge Neuholands hingelenkt, wegen ihrer merkwürdigen Ähnlichkeit mit den Goldgebirgen des Ural. Seine Ueberzeugung, daß sich dort Gold finden müsse, war so fest, daß er den unbeschäftigten Bergleuten von Cornwallis rief, nach Neusüdwales zum Behuf des Goldschürfens auszuwandern. Einzelne Personen hatten auch auf diese Veranlassung hin gesucht und gefunden und selbst australisches Gold nach London gesandt. Andere hatten schon früher darum gewußt, aber das Geheimniß für sich behalten. Da erbaten sich Zwei der Regierung, für eine Prämie die Gegend anzuzeigen, wo sich das Gold finde. So kam es allmählig an den Tag, daß die Fundorte 200 englische Meilen westlich von Sydney, im Bathurst- und Wellingtonbezirke, liegen mußten. Nun faßte (Mai 1851) das Goldfieber die schon durch die Nachrichten aus Californien stark aufgeregte Menge unwiderstehlich; Alles drängte sich nach dem ersten Fundorte, einer Hügelgegend bei Bathurst, die man gleich mit dem Namen Ophir beehrte, und jene Symptome, die zu wiederholten Malen das Ausbrechen des Goldfiebers in Californien, Brasilien u. s. w. begleitet hatten, zeigten sich mit überraschender Schnelle auch hier. Die Stadt Bathurst selbst war bald wie ausgestorben. Die Matrosen verließen die Schiffe im Hafen von Sydney, die Werk-

stätten der Handwerker lernten sich, Groß und Klein, Jung und Alt wanderte aus und es bildeten sich in den Küstenorten, wie Melbourne, ganze Züge von Goldgräbern.

Das Gold fand sich bald als Staub vor, bald in kleineren und größeren Klumpen, und die erste Ausbeute war eine sehr bedeutende; bis zum 19. August 1851 wurden bereits 28,000 Pfd. Sterling aus Sidney nach England verschifft; ja der erste in Australien noch im Quarzfelsen steckend aufgefundene Goldklumpen war zugleich — wenigstens vor der Hand — einer der größten, er wog 106 Pfund. Die Ophirminen blieben jedoch nicht der Hauptsammelplatz der Goldgräber. Die Ufer und das Bett des Turon, der neun deutsche Meilen nordwestlich von Bathurst in den Macquarrie fällt, wurden von nicht minder zahlreichen Glücksjägern eingenommen; durchschnittlich arbeiteten 30—40,000 hier, wenn auch nicht Alle das ganze Jahr hindurch. Der am meisten besuchte Fleck war Fredericks-Vale an der westlichen Seite des Macquarrie, wo alles Land Privateigenthum und die Bevölkerung eine ziemlich beträchtliche ist. Auch gegen Süden hat man reiche Lager entdeckt, an den Ufern des Abererombie Flusses zwischen Bathurst und Melbourne. Außerdem fanden Andere in der Nähe der Seeküste Goldminen, circa 40 Meilen südlich von Sidney an den Ufern des Flusses Murrn. Die Port Philipp-Kolonie hat 10 Meilen nordwestlich von Melbourne ebenfalls ihre Goldminen. Kurzum, es überwogten die Tausende von Goldsuchern das Land in immer größerer Ausdehnung, denn es fanden sich Anzeichen von Gold von Neusüdwales aus südwestlich über 12 Breitengrade hin bis in die Provinz Victoria, wo sich ein zweites Centrum der Goldausbeutung bildete. Das Thal von Ballarat und der Mount Alexander waren hier die Hauptanziehungspunkte und gaben in der ersten Zeit manche kolossale Ausbeute. In Ballarat kommen die meisten Tiefbauten (bis zu 200 Fuß) vor, aber auch die ansehnlichsten Goldklumpen wurden hier, in der Tiefe an Größe zunehmend, gefunden. Sie liegen in Thonschiefer, in den sie gefallen und versunken sein müssen, als er noch weicher Schlamm war. Das Gold von Ballarat ist das feinste; das australische Metall überhaupt ist feiner als das californische, das einen Iridiumgehalt und dadurch einen grünlichen Schimmer hat. Die Fundstätten von Ballarat waren es auch, welche den ersten australischen Riesenklumpen von 106 Pfund in die zweite Stelle versetzten. Am 11. Juni 1858 wurde daselbst eine Masse gefunden, welche 138 preussische Pfund wog und den Feingehalt von 99,20 ergab. Man taufte den Klumpen Welcome (Willkommen), versteigerte ihn zu Melbourne und löste daraus 9525 Pfund Sterling oder gegen 63,500 Thaler.

Auch in Australien ist der durch die ersten leichten Gewinne erzeugte Taumel mit seinen Extravaganzen aller Art gewichen; die Goldgewinnung geht in einen ruhigeren Gleise und hat sich mit den übrigen Erwerbszweigen besser in's Gleichgewicht gesetzt. Obgleich man den goldhaltigen Boden nach vielen Tausenden englischer Quadratmeilen rechnet und dabei ein paar hundert Meilen noch unzertrümmertes goldführendes Quarzgebirge zur Disposition hat, so daß es der Ausbeutung auf viele Jahrhunderte nicht an Material zu fehlen scheint, so sind doch die Gewinnungsarbeiten schon schwieriger geworden und müssen durch verbesserte Methoden mit Hilfe von Dampfmaschinen, Quarzmühlen u. s. w. betrieben werden. Die Uebersicht des Ausbringens, welche von 1851—57 vorliegt und merkwürdigerweise fast genau dieselbe ist, wie die Californiens in der gleichen Zeit, läßt das erste Volljahr (1852) als das glänzendste im Ertrag erscheinen, dem kein gleiches wieder gefolgt ist. Es werden angegeben nach Tausend pfundgewichten: 20 (1851), 250 (1852), 205 (1853), 170 (1854), 200 (1855), 215 (1856), 180 (1851), in den 7 Jahren also das hübsche Quantum von 1,240,000 Pfd.

Die Gesamtproduktion Australiens an Gold seit dem 1. Oktober 1851 bis zum 1. Oktober 1861 war auf der letzten Londoner Industriausstellung 1862 durch einen im

Volumen gleich großen vergoldeten Obelisken dargestellt, der eine Höhe von 45 Fuß und eine Basis von 10 Quadratfuß hatte. Er repräsentirte ein Gewicht von 1,793,995 Pfund, eine Masse von 1492,5 Kubikfuß und einen Werth von 104,649,728 Pfund Sterling. Halten wir gleich daneben, was die Statistik aus dem gleichen Zeitraum als russische Produktion angiebt, so finden wir 341,000 Pfund verzeichnet und einen Jahresdurchschnitt von circa 50,000 Pfund. Dies wäre nur  $\frac{1}{8}$  von dem, was Californien und Australien zusammen liefern, immerhin aber bedeutend genug, um Rußland zur Zeit noch die dritte Stelle unter den goldproduzirenden Ländern zu sichern.

Zwei Gegenden Rußlands sind es namentlich, welche Gold liefern, eine am Ural und eine später entdeckte im östlichen Sibirien. Im Jahre 1814 betrug die Menge des in Rußland gewonnenen Goldes kaum über 3 Pfund, 1825 betrug sie durch Aufnahme der uralischen Wäschereien bereits über 9000 Pfund. Das ertragreichste Jahr daselbst war 1832 mit circa 13,000 Pfund; seitdem ist die dortige Produktion bereits wieder etwas gesunken und mag sich auf etwa 10,000 Pfund erhalten. Die sibirischen Wäschereien, welche 1828 ihren Anfang nahmen, sind mit der Zeit immer bedeutender geworden und haben die uralischen bald überholt; denn während im Jahre 1841 die Erträge beider Lokalitäten ungefähr gleich standen, hatte Sibirien schon im nächsten Jahre fast das Doppelte des uralischen Ertrags aufzuweisen, und es läßt sich annehmen, daß diese östlichen Distrikte auch in Zukunft die Hauptschatzkammer Rußlands bleiben werden. Im Ural ist die Arbeit sehr wenig lohnend; man wäscht noch, wenn in 100 Pud nur  $\frac{1}{3}$  Solotnik oder in mehr als einer Million Pfund nur 1 Pfund Gold in Aussicht steht. Bei weitem nicht alles im Sande steckende Gold wird durch das Waschen herausgeschafft, man gewinnt etwa  $\frac{1}{25}$  oder  $\frac{1}{30}$  des Ganzen. Dies wird glaublich durch Versuche, welche man gemacht hat, den Sand auszusmelzen: es wurden hierbei aus 112,720 Pud Sand etwas über 6 Pud Gold erhalten. Trotz dieses gewaltigen Unterschiedes ist es der Kosten wegen ganz unmöglich, den Schmelzprozeß beim Sande anzuwenden. Der Kieselsand ist nur mit einem Alkali (Soda oder Potasche) schmelzbar, es läuft also die Operation auf Erzeugung eines in Wasser löslichen Glasflusses (Wasserglas) hinaus, in welchem die Goldtheilchen untersinken. Auch nirgend anderswo hat sich diese Methode als vortheilhaft erwiesen.

Bei der enormen Massenbewältigung, welche am Ural erforderlich ist, war man bald darauf bedacht, sich die Arbeit durch Maschinen zu erleichtern. Nebstehendes Bild giebt die Ansicht der dort gebräuchlichen sinnreichen Centrifugalwaschmaschine. Das Gefäß, in welchem durch den Umschwung die Trennung der verschiedenen schweren Substanzen bewirkt wird, ist der mit B bezeichnete konische Cylinder, der 8 Fuß lang und  $3\frac{1}{2}$  Fuß im Durchmesser hält. Er ist mit halbzölligen Löchern durchbohrt und wird von einer Welle getragen, die durch ein System von Rädern mit einem Wasserrade in Verbindung steht und durch dieses in Umschwung versetzt wird, so daß der Cylinder 30 bis 40 Umdrehungen in der Minute macht. Ein an der Welle befestigter Arm treibt die doppelte Pumpe C, welche Wasser in eine Cisterne hebt. In die offenen Enden des Cylinders münden wasserführende, von der Cisterne ausgehende Röhren, während der Goldsand in den Trichter E und von da in den Cylinder gelangt. Derselbe entläßt nun, wie in jeder Centrifugal-Maschine, die feineren Theile durch seine Löcher auf eine unter ihm befindliche schiefe Ebene, die gröbereren durch seine offenen Enden in einen auf der Zeichnung nicht sichtbaren Behälter. Die schiefe Ebene besitzt Querleisten und hält somit die leichteren Metallstücke zwischen denselben zurück, während die schwereren von den in den Behälter geworfenen Steinen leicht gefondert werden. Das Wasser gelangt von der schiefen Ebene nach der Rinne G, die abermals Querhölzer besißt. Schwere Rahmen, die mit eisernen Messern besetzt und an Pendeln (H) auf-

gehangen sind, rühren den niedergeschlagenen Schlamm auf, indem sie durch die Querstangen (L) in schwingende Bewegung versetzt werden. Hierbei lagern sich die schwereren Goldtheile zu Boden, während die leichteren Stoffe in den Trog G' gelangen und nochmals gewaschen werden. Innerhalb 10 Stunden waschen mittels dieser Maschine 26 Arbeiter 4000 Centner Sand aus; 10 derselben sind beschäftigt, die unbrauchbaren Schlammtheile wegzuschaffen. Sonach ist das Gold am Ural im Allgemeinen verzweifelt dünn gesät. Nur einmal wurde (1842) ein Kapitalsfund gemacht, als man einen Waschdistrikt bereits als ausgebeutet verließ und nur wie zum Spaß auch die Stelle noch durchnahm, auf welcher der Aufseherschuppen gestanden hatte. Es fand sich da das in Petersburg aufbewahrte schöne Kabinetstück von 72 Pfd. Gewicht.

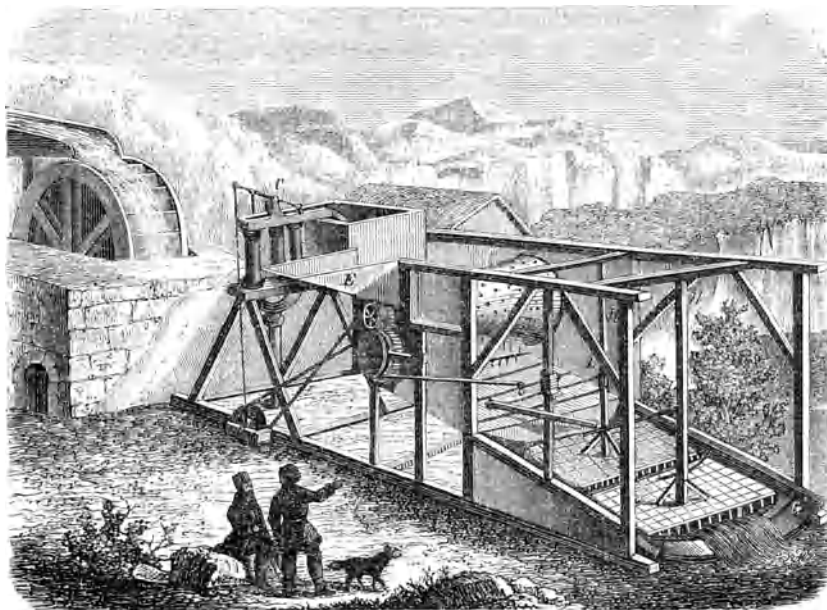


Fig. 91. Centrifugal-Maschine zum Goldwaschen im Ural.

Das Bekanntwerden der ausgedehnten Goldfelder Sibiriens, Gouvernment Jeniseisk, ist hauptsächlich den zahlreichen, vom Gouverneur veranstalteten Schürfvorfuchen zu danken. In dem Buche des Russen Starjatin, „Memoiren eines Goldjägers“, finden sich über die dortigen Verhältnisse, das Stillleben vor der Entdeckung und über den durch den allgemeinen Reichtum in's Thörichtste übertriebenen Luxus nach derselben, interessante Aufschlüsse, welche den Beweis geben, daß die Menschen dem Golde gegenüber allerorten dieselben sind. Nur in den Städtchen und Dörfern längs der großen sibirischen Heerstraße war früher ein nothdürftiger Kleinverkehr vorhanden; seitab davon war die menschliche Arbeit fast für nichts geachtet, die ersten Lebensbedürfnisse waren so gut wie umsonst zu haben; die reichsten Gaben der Natur, Getreide, Vieh, Früchte, Fische, waren in Hülle und Fülle da, ohne Absatz zu finden. An Gold war aber solcher Mangel, daß zu Bestreitung ungewöhnlicher Ausgaben, zu Steuern, zu den Kosten einer Hochzeit oder der Loskaufung eines Militärpflichtigen, eine Bauernfamilie sich mitunter auf länger als ein Jahr zur Frohnarbeit verbinden mußte.

Den schlagendsten Gegensatz zeigen diese so stillen Gegenden einige Jahre später. Das Zufließen vieler Tausende von Geschäftsleuten und Arbeitern, die oft mit vielen tausend Rubeln Verdienst aus den Gruben zurückkehren, um ihn baldmöglichst wieder

unter die Leute zu bringen; das rasche Reichwerden der Grubenbesitzer und den dadurch einreißenden unglaublichen verschwenderischen Luxus, dem sich selbst die Arbeiter hingeben; das Zustromen von Industrie- und Luxusartikeln aller Art, die alle zu fabelhaften Preisen Abnehmer finden; der nie geträumte Wohlstand, der sich von Jahr zu Jahr mehr in Stadt und Land, bei Hoch und Niedrig einbürgert und den kleinsten Bauer in die Verhältnisse eines reichen Gutsbesitzers versetzt, das Alles giebt ein sehr lachendes Bild, das indeß auch der Schattenseiten nicht entbehrt. Hier wie in Californien traten gleichzeitig mit den süßen Früchten die ekelhaftesten Auswüchse des Goldhunger zu Tage. Fieberische Hast, Ruhelosigkeit, Gier, Neid und ihre Hülfsstruppen und Mittel zur Erlangung immer größeren Reichthums, waghalsige Speculation, Spiel, Mißachtung der Arbeit, Genußsucht und Verachtung des eignen und des Lebens der Andern bildeten — wie überall — auch in dem früher so idyllischen Lande den trüben Hintergrund zu dem kurzen Verlaufe glänzender Tage. Hat man in Sibirien ein Goldfeld nach vielleicht vielen gefährvollen Irrfahrten in der Wildniß ausfindig gemacht, so benützt man den Winter, um über Schneefelder und gefrorene Flüsse erst Lebensmittel, Arbeitsgeräthe und sonst Nöthiges hinzuschaffen, einige Hütten zu bauen u. s. w. Im März langten dann die Arbeiter an, bauen aus dem überall in Menge vorhandenen Holz Quartiere, Magazin und Schmiede, eine Maschine wird aufgestellt, das Areal vom etwaigen Holzbestande und der goldhaltige Schurf von der Erdoberfläche befreit. Damit ist der Sommer herangekommen; das Auswaschen beginnt und dauert bei einer nur einigermaßen ergiebigen Wäsche bis zum September, wo die Natur wieder Feierabend gebietet und bis zu welcher Zeit nicht nur das Anlagekapital gedeckt, sondern auch ein Gewinn erzielt sein muß.

Von den drei großen Goldquellen in Amerika, Australien und Rußland war also vor 20 Jahren so gut wie nichts bekannt. Bedenkt man, wie manche Million Pfund des edeln Metalls sie seitdem in den Verkehr geworfen, wie dadurch die Menge des früher in Umlauf befindlichen Goldes wenigstens verdoppelt, ja vielleicht verdreifacht worden ist, so könnte man sich versucht fühlen, unser Zeitalter vor allen andern ein goldenes, wenigstens das goldreichste zu nennen. Es scheint sogar, als sollten sich die Goldfundorte noch immer vermehren und das Goldfieber gleich der Cholera eine gewisse Permanenz erhalten. Auch die nach Europa gefehrte Küste Amerika's hat sich in ihrem obern Theile als goldführend erwiesen, und in Neuschottland, wo sich zuerst in der Grafschaft Halifax in einem kleinen Bache und in dem benachbarten Quarzgestein Gold fand, sind seit 1860 mehrere tausend Goldsucher auf die Beine gekommen. Anfangs spärlich, fand sich an andern Punkten (Tanger, Lunenburg) der Goldgehalt bedeutender, theils als Staub, theils in kleinen Stücken. Selbst der Sand, die Felspalten der Meeresküste und die weit im Meere liegenden Sandbänke sowie die entstehenden Massen von Schwefel- und Arsenikkies wurden als goldführend erkannt. Gleich im ersten Anlauf wurde auf einzelne Konzessionen für 16,000, 10,000, 5000 u. s. w. Dollars Gold gewonnen; Andere fanden viel weniger und Etliche auch gar nichts, denn der Goldkobold hat überall dieselben Capricen. Am sichersten gewinnt immer die englische Regierung, die sich hier wie in Australien die Erlaubnißscheine zum Graben unter allen Umständen bezahlen läßt. Eine weitere Gelegenheit hierzu hat sich in Canada gefunden, wo am und im Flusse Chaudière und in seinen Nebenflüssen seit dem Sommer 1863 ebenfalls emsig auf Gold gewaschen und jedenfalls auch solches gefunden wird; mit welchem Reinertrag, ist zur Zeit noch nicht zu beurtheilen. Schon aber sind die Köpfe der Goldbedürftigen nach einer neuen Richtung hingewandt: Neuseeland ist die neue Lösung. Auf jener, jenseit Südamerika im Stillen Ozean gelegenen Doppelinsel, in Gebirgen, welche selbst die Eingeborenen



bisher unbetreten gelassen, soll sich der neueste Akt des Golddrama's, seinen Vorgängern jedenfalls auf ein Haar ähnlich, abspielen. Wer von den vielen sich meldenden Mitspielern hier durchfällt, kann sich noch durch den sehr haltbaren neuseeländischen Flachs auf eine oder die andere Art aus der Klemme befreien.

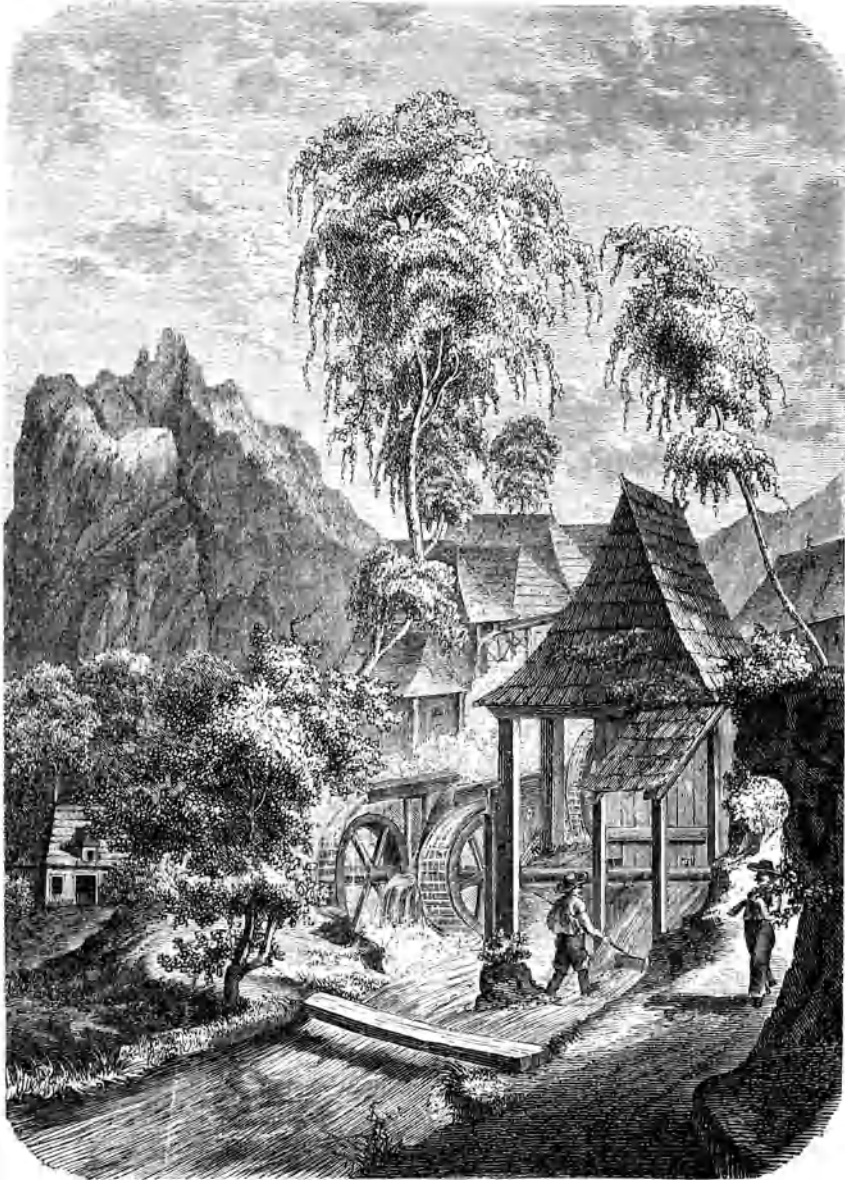


Fig. 92. Pochwerke der Goldbergwerke von Wörös-Pataz.

Ist die Gewinnung des Goldes in den bisher gedachten Fällen eine wenn auch mühsame, so doch ihrem Verfahren nach sehr einfache, so komplizirt sich dieselbe bisweilen da, wo das Gold aus seinen Erzverstecken herausgezogen werden soll. Immer ist es indessen auch hier in gediegenem Zustande. In Tyrol z. B. — um auf unser bescheidenes europäisches Goldverhältniß zurückzukommen — findet sich in Schwefelfiesen

etwas Gold und Silber. Die sehr fein gepochten Erze mischt man in umlaufenden Tonnen mit Quecksilber unter Wasserzufluß; die von dem Wasser aus den Mühlen fortgeführten Schließe kommen in Schlammgraben und unterliegen sodann dem Silberschmelzprozeß, während das Quecksilber, nachdem es vier Wochen in den Tonnen verblieben ist, herausgenommen, gewaschen, durch Leder gepreßt und das zurückbleibende Amalgam in bekannter Weise abdestillirt wird.

Von größerer Wichtigkeit für die europäische Produktion sind indessen die Goldgruben von Ungarn und Siebenbürgen. Die ungarischen Fundorte sollen schon seit 2000 Jahren ausgebeutet worden sein; sicher ist ihre Bebauung seit dem 8. Jahrhundert. An den Hauptfundorten Königsberg, Schemnitz und Tello-Banya findet sich das gebiegene Gold in Schwefelsilber eingesprengt; in Siebenbürgen mehr in Gängen von Quarz, eisenschüssigem Kalkstein, Schwerspath, auch Schwefelsilber; an einigen andern Punkten kommt das Siebenbürgen eigenthümliche Tellurgold vor. Am reichsten an Goldminen und Wäschereien ist der westliche Theil dieses Landes, wo, wie bei Börös-Patak, bisweilen ganze Berge durch mehr als tausendjährige Bergmannsarbeit wie Honigscheiben durchlöchert sind. Mit dem Nachspüren goldhaltiger Adern ist es aber nicht bloß gethan, sondern da das ganze Granitgestein goldhaltig ist und das edle Metall in Blättchen, Flittern oder Körnern eingemengt erscheint, so bricht der Bergmann den ganzen Stein und schafft ihn auf die Pochmühle, wo er zerkleinert wird. Bei Börös-Patak finden sich aus uralten Zeiten Gänge, in denen der Bergmann auf dem Bauche liegend arbeiten muß, aber auch prachtvolle, geräumige Stollen aus den Römerzeiten. Gegenwärtig bearbeiten meist arme Bauern die Gänge und liefern das aus dem zerstampften Gesteine ausgeflämmte Gold nach Ubrud-Banya ab. Neben den eigentlichen Goldminen sind aber auch Goldwäschereien im Gange, die meistens von Zigeunern nach derselben Weise, wie in Brasilien üblich, betrieben werden. Die Goldwäscher treten in Gesellschaften von 80—100 Personen zusammen, stehen unter einem Oberhaupte und liefern ihre Ausbeute an eines der k. k. Gold-einlösämter ab. Fast alle Flüsse Siebenbürgens führen in ihrem Sande Gold mit sich, und werden, besonders in ihrem Oberlauf, ehe sich ihr Sand mit fruchtbarer Erde mischt, von Goldwäschern an vielen Orten ausgebeutet.

Fast eben so alt und noch berühmter sind die Silber- und Goldbergwerke Ungarns. Das Sprüchwort behauptete: „Kremnitz hat Mauern von Gold, Schemnitz von Silber, Neusohl von Kupfer.“ Heute will dies freilich nicht mehr recht passen; denn die Gold- und Silberadern geben spärlichere Ausbeute, ein Theil der alten Minen steht unter Wasser, aber dennoch liefert der Grünstein, in dessen quarziger Gangmasse das Metall eingesprengt ist, jährlich noch 15,000 Mark Silber und 250 Mark Gold. Die Gangsteine werden auch hier ganz klein geschlagen, in Pochmühlen durch schwere Blöcke zu feinem Schlamm zermalmt, dann die Masse auf einer schiefen Ebene ausgebreitet und mit Wasser überströmt, welches die leichteren Theile fortführt, dagegen die schweren Metallblättchen liegen läßt, worauf man durch Schmelzen das Metall weiter reinigt und von geringeren Beimischungen scheidet. Der Hauptort des Bergwerksbetriebes ist das im Eipelthal gelegene Schemnitz. Die Bergwände dieser Stadt sind von Silberadern durchzogen und daher das ganze Terrain derselben durch Stollen unterminirt. Ueber 18,000 Arbeiter sind in den Gruben, Poch-, Wasch- und Schmelzwerken thätig, ein Wassergöpel hebt das wilde Grubenwasser 180 Klaftern oder 1080 Fuß hoch und fördert es aus dem Leopoldschacht zu Tage, während ein Dampfpochwerk das silberhaltige Gestein zermalmt. Früher lieferten die Gruben so reichen Ertrag, daß — sagt man — die Häuer silberne Nägel an den Schuhsohlen trugen; jetzt wird etwa für 2 Millionen Gulden jährlich gewonnen.

Das Ausziehen des Goldes aus Schwefelkiesen bewirkt man außer durch Amalgamiren auch dadurch, daß man die Kiese erst an der Luft verwittern läßt, wobei dieselben zum Theil in Eisenvitriol verwandelt werden, den der Regen auslaugt, worauf man den Rückstand der Wäsche unterwirft. Goldhaltige Blei-, Kupfer- und Silbererze behandelt man durch verschiedene, uns meistens schon bekannt gewordene Schmelzarbeiten. Die Kupfererze verarbeitet man auf Schwarzkupfer, dem man das Gold oder Silber durch Blei entzieht und dieses abtreibt. Oder man schmilzt die besseren Erze nach dem Kösten gleich mit bleihaltigen Zuschlägen, während man sehr goldreiche Silbererze durch Einträtkarbeit mit Blei behandelt und durch Abtreiben eine Gold-Silberlegirung gewinnt, die durch Affination geschieden wird.

Alles hüttenmännisch gewonnene Gold kommt im Allgemeinen sehr theuer zu stehen, und auch das Gesamterträgniß ist, wie schon gesagt, im Verhältniß zu dem der Goldwäscherei ganz unbedeutend. Wir gehen daher nicht tiefer auf die hier einschlägigen Methoden ein und erwähnen auch in Bezug auf die ebenfalls vorgeschlagenen nassen Extraktionsmethoden nur, daß man vor einiger Zeit große Hoffnungen auf das Chlor setzte, mit welchem man selbst alte Halben mit nur  $\frac{1}{50,000}$  Gold auszubenten gedachte. Die Methode wurde zu Reichenstein in Schlesien auf alte Arsenitabbrände angewandt und scheint daselbst fortbetrieben zu werden. Die Brände werden in große Bottiche aus Steingut gefüllt, dieselben verdeckt und Chlorgas eingeleitet. Am folgenden Tage laugt man die Masse mit Wasser aus, fällt das Gold mit Schwefelwasserstoff, filtrirt und verbrennt die Filter sammt der darin enthaltenen Mischung von Gold und Schwefel, löst dann die verkohlte Masse in Königswasser auf und fällt das Gold durch Eisenvitriol. Man ist sogar bemüht, denselben Prozeß auf den goldhaltigen Sand anzuwenden, der bei Goldberg und Löwenberg sich in einer Fläche von 20 Quadratmeilen unter der Oberfläche findet.

**Raffiniren.** Jedes Gold enthält mehr oder weniger Silber, zuweilen auch, wie das californische, Iridium; das hüttenmännisch gewonnene kann nebst dem Antimon Zinn und Blei enthalten. Von diesen unedeln Metallen ist schon  $\frac{1}{2000}$  hinreichend, die Dehnbarkeit des Goldes wesentlich zu beeinträchtigen, daher das Berggold noch raffinirt werden muß. Dies geschieht, indem man es einschmilzt und mit etwas Borax und Salpeter verrührt. Hierbei oxydiren sich die fremden Metalle (Silber ausgenommen) und schwimmen als Schlacken obenauf. Das Silber wird man in den meisten Fällen auch nicht darin lassen, und die Scheidung der so fest verbundenen beiden Freunde beruht auf ihrem verschiedenen Verhalten zu Säuren; Silber löst sich in Salpetersäure, etwas schwerer in Schwefelsäure; dem Golde können beide Säuren nichts anhaben. Die alte Methode der Gold-Silberscheidung mittels Salpetersäure heißt die Quartation oder Scheidung durch die Quart, weil man ehemals annahm, daß in der Legirung das Silber zu  $\frac{3}{4}$ , das Gold zu  $\frac{1}{4}$  enthalten sein müsse, wenn die Scheidung gelingen sollte; andernfalls gab man das fehlende Silber zu. Später fand sich, daß die Operation auch schon thunlich sei, wenn die Mischung aus 2 Theilen Silber und 1 Theil Gold besteht. In der Münze zu Philadelphia wird dieses sonst ziemlich verlassene Scheidungsverfahren an californischem Golde folgendermaßen ausgeführt. Nachdem die Goldsendungen probirt sind, wird das Gold granulirt und so viel Silber beigegeben, daß auf 1 Theil Gold 2 Theile Silber kommen. Man schmilzt in Tiegeln von 150 Pfund Inhalt also 50 Pfund Gold und 100 Pfund Silber. Die Legirung wird wieder granulirt und in großen Steinkruken mit starker Salpetersäure angesetzt. Am 7. Tage zieht man die Silberlösung ab, die schon das meiste Silber enthält, und digerirt noch einige Stunden mit frischer Säure. Das zurückbleibende Feingold, das etwa noch 1 Prozent oder weniger Fremdes enthält, wird gewaschen,

unter einer hydraulischen Presse zu Kuchen geformt und durch Hitze getrocknet. Aus der abgezogenen Silberlösung fällt man das Silber mit Salzwasser als Chlor Silber, welches man mittels Zink zu reinem Metall reduziert. Um ein Pfund Gold fein zu machen, werden  $4\frac{1}{2}$  Pfund Salpetersäure verbraucht.

Durch ein sehr altbekanntes Verfahren, die sogenannte Cementation, kann das Gold ebenfalls von einem Theile der ihm beigemengten fremden Metalle befreit und somit feiner gemacht werden. Das Verfahren findet gegenwärtig fast nur noch Anwendung auf fertige Gold- und Vergolderarbeiten und bildet hier das sogenannte Färben des Goldes, welches, indem es den Zweck hat, der Oberfläche das Ansehen feinsten Goldes zu geben, beim Golde ganz die Rolle spielt wie das Weißfieden beim Silber. Man setzt die Gegenstände (oder das in dünne Bleche oder Graupen verwandelte Metall) in thönernerne Kapseln, umgibt sie mit dem aus Ziegelmehl, Kochsalz und entwässertem Eisenvitriol bestehenden Cementpulver und setzt dieselben einer mäßigen Glühhitze aus. Je nachdem eine wirkliche Scheidung oder die bloße Schönung beabsichtigt wird, dauert nun die Glühung länger oder kürzer, im ersten Falle 10 Stunden und mehr. Das Gold wird hierbei entfilbert, denn es entwickelt sich beim Glühen aus dem Kochsalz Chlor, durch die Schwefelsäure des Vitriols ausgetrieben; das Chlor löst zumeist Silber (und etwa vorhandene andere Metalle) auf, und das flüssige Chlor Silber wird von dem Steinpulver aufgesogen. In Folge dieser Extraktion wird das verfeinerte Gold ganz mürbe und porös und muß umgeschmolzen werden. Für das bloße Färben also ist das Verfahren kürzer und subtiler einzurichten. Auch wird in Folge der lösenden Wirkung des Chlors die Goldoberfläche matt und muß, so weit sie nicht so bleiben soll, wieder polirt werden.

Zur Abscheidung kleiner Mengen Gold aus Silber (das Umgekehrte geht nicht) dient zur Zeit ganz allgemein das Kochen der granulirten Metallmasse mit Schwefelsäure (Affination), ein Verfahren, das erst seit Anfang dieses Jahrhunderts in Aufnahme gekommen ist und jetzt ein Hauptmittelglied in der Verarbeitung alter goldhaltiger Silbermünzen ausmacht. Während des Processes findet eine Entwicklung von schwefliger Säure statt, welche durch einen gut ziehenden Schornstein abgeleitet werden muß. Durch die eintretende Operation wird der größte Theil des Silbers in schwefelsaures Silberoxyd verwandelt, das Gold in Verbindung mit einem kleinen Theile Silber bleibt zurück. Man hebt dann gewöhnlich diese Silberlösung in bleierne Kästen und überläßt sie der Ruhe; das darin in feinen Stäubchen schwebende Gold setzt sich dabei allmählig zu Boden. Der Niederschlag wird noch einmal in gleicher Weise in einem kleineren (Platin-) Kessel mit Säure gekocht, um den Rest des Silbers zu lösen; auch aus dieser Lösung setzt sich dann das reine Gold als ein Pulver ab, welches in einem Kesselchen mit heißem Wasser mehrfach gekocht, nach dem Trocknen eingeschmolzen und in Stangen gegossen wird. Um das Silber aus seiner schwefelsauren Lösung zu gewinnen, stellt man einfach Kupferplatten darein, auf welchen sich das Metall in glänzenden Blättchen chemisch rein niederschlägt. Es braucht dann nur noch mit Wasser gewaschen, getrocknet und eingeschmolzen zu werden, um eine wegen ihrer Reinheit namentlich für photographische Zwecke sehr gesuchte Kaufwaare zu geben.

Früher verstand man kleine Goldgehalte des Silbers nicht abzuscheiden. Jetzt macht man alles Das mit annehmlichem Gewinn zu Gute. Es giebt in den meisten Großstädten und Handelsplätzen Goldscheideanstalten; große Massen von Kron- und Laubthalern und anderen alten Stücken haben schon ihren Weg durch diese Scheideküche genommen. Frankreich begann zuerst seine Silbermünzen in dieser Weise umzuarbeiten, und fand bald viele Nachahmer. Man nimmt gewöhnlich den Goldgehalt

alten Silbers auf  $\frac{1}{1000}$  seines Gewichts an, was bei der Einfachheit und Wohlfeilheit des Affinationsverfahrens noch einen ganz ansehnlichen Nutzen übrig läßt.

Um im Gegentheil Silber aus Gold zu scheiden, giebt es verschiedene, wiewol nicht völlig genügende Schmelzmethode: so die Scheidung durch Schmelzen mit Schwefelantimon, mit Schwefel, mit Bleiglätte, ferner die schon erwähnte Cementation. Auf nassem Wege steht die Quartation zu Gebote, statt deren es aber vortheilhafter erscheinen kann, das Ganze in Königswasser aufzulösen, wobei das Silber als käsiges Chlor Silber den Rückstand bildet. Die Affination mit Schwefelsäure ist nur thunlich, wenn man so viel Silber zuschmilzt, daß dieses in der Mischung überwiegt. Ist das Gold auch von einem etwaigen Gehalt an Platin oder Iridium zu reinigen, so sind fernerweite Maßregeln zu nehmen, so daß das Gold, bevor es im vollen Glanze erscheinen kann, oft einen langen Läuterungsweg durchzumachen hat.

**Verwendung des Goldes.** Haben wir uns bis jetzt nur mit der Herbeischaffung des Goldes beschäftigt, so liegt die Frage nahe, wo alle die Massen hinkommen, und ob nicht des Goldes so viel werden müsse, daß eine beträchtliche Entwerthung die Folge wäre. Damit hat es indessen seine guten Wege, denn in bei weitem höherem Grade als die Produktion edler Metalle hat Handel und Verkehr an Ausdehnung zugenommen, so daß die früher hinreichenden Metallmünzen jetzt sogar nur zum Theil das Bedürfniß decken und neue Ausgleichsmittel in immer größerer Zahl durch Werthpapiere geschaffen werden müssen. Bei den Münzen geht im Umlauf durch die bloße Abnutzung ein beträchtlicher Theil des Metalles verloren. Man hat diesen Verlust auf  $\frac{1}{40}$  Prozent des Gewichts, aber auch auf  $\frac{1}{10}$  oder gar auf  $\frac{1}{6}$  Prozent angeschlagen, so daß z. B. ein kursirender Louisd'or alljährlich um 1—2 Pfennige an Werth verliere. Ferner ist der Verbrauch des Goldes in der Industrie ungeheuer gestiegen, und Gold prangt jetzt nicht nur in Form von Schmuck und Geräthen, sondern selbst auf den dauerlosesten Artikeln. Alle die leichten galvanischen Vergoldungen, alles Blattgold, was auf Leder, Papier, Holz u. s. w. seinen Platz findet, die Vergoldungen auf Porzellan und Glas, sind für weiteren Gebrauch verloren und kehren in's Reich der Atome zurück. Es ist sonach wol kein Ueberfluß, sondern eher ein künftiger Mangel an Gold zu befürchten, da sich wol nicht aller 20 Jahre ein neues Californien oder Australien aufthun wird.

Betrachten wir nun das Gold in seinem eigenen Wesen etwas näher. Lange war Gold das schwerste Metall, hat aber in diesem Punkte dem Iridium die erste Stelle überlassen müssen. Das spezifische Gewicht des Goldes variiert im gegoffenen Zustande zwischen  $19\frac{1}{4}$  und  $19\frac{1}{2}$ , und ist noch etwas höher, wenn das Metall durch Bearbeitung verdichtet wird. Zum Schmelzen bedarf das Gold etwas höherer Hitze als Silber und Kupfer; im geschmolzenen Zustande, wobei es sich weder verflüchtigt noch oxydirt, leuchtet es mit meergrüner Farbe; beim Erstarren zieht es sich beträchtlich zusammen. In sehr dünnen Blättchen oder feinen Drähten der Hitze einer sehr starken elektrischen Batterie ausgesetzt, verbrennt das Gold mit grüner Flamme. Diese Erscheinung kann indeß auf einer bloßen Verstäubung des glühenden Metalls beruhen. Goldoxyd als dunkelbraunes Pulver wird nur auf indirekte Art durch Niederschlag erhalten und die Verbindung zwischen Gold und Sauerstoff ist so locker, daß das Oxyd in der Hitze bald wieder zu Gold wird, ja sich schon im Tageslicht mit einem Goldhäutchen überzieht. Auf dieser geringen Verwandtschaft des Goldes mit Sauerstoff beruht größtentheils seine Unlöslichkeit in Säuren und die Beständigkeit seines Glanzes. Edler als das Silber, leidet das Gold auch nicht durch schweflige Dämpfe und widersteht dem Zusammenschmelzen mit Schwefel. Mit Chlor, Phosphor, Arsenik verbindet sich das Gold direkt, eben so mehr oder weniger leicht mit Brom, Jod

und Cyan; durch Niederschlag aus einer Auflösung mittels Schwefelwasserstoffgas entsteht auch ein Schwefelgold als schwarzes Pulver. Das Chlor bildete lange Zeit den einzigen Schlüssel zur Einführung des Goldes in die lösende Chemie. Rührt man fein vertheiltes Gold in Wasser und leitet Chlorgas ein, so wird das Gold gelöst. Aber lange bevor das Chlor bekannt war, benutzte man es unbewußt zur Goldlösung in Form des Königswassers. Dasselbe ist ein Gemisch von Salz- und Salpetersäure und wirkt, indem die Salpetersäure durch ihren Sauerstoffgehalt den Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser oxydirt und das Chlorgas freimacht. Das Chlor verbindet sich mit dem Gold zu Goldchlorid, welches mit gelber Farbe in Wasser löslich ist und die gewöhnliche Ausgangsstation auch für andere Goldpräparate abgiebt. Eine merkwürdige Verbindung ist das mit ungeheurer Kraft explosirende Knallgold, welches durch Kochen von Goldchlorid mit Ammoniakflüssigkeit erhalten wird. Um aus dem Goldchlorid metallisches Gold wieder abzuscheiden, können viele Stoffe benutzt werden, welche die Chemie als reduzirende kennt. Gewöhnlich dient hierzu Eisenvitriol oder Kleeensäure.

Unter gewissen Umständen bewirkt das Gold rothe Färbungen. Goldchlorid z. B. färbt Haut, Papier u. s. w. purpurfarben. Dasselbe oder Goldoxyd unter Glasflüsse geschmolzen, giebt das geschätzte Rubin glas. Wird Goldchlorid mit einer Lösung von Zinn Salz vermischt, so erhält man einen schön purpurfarbenen Niederschlag, der getrocknet fast schwarz aussieht. Dies ist der berühmte Cassius'sche Goldpurpur, der seine Verwendung in der Porzellanmalerei zu schönen rothen Tönen findet.

Goldoxyd hat nicht die Eigenschaften einer starken Basis, vielmehr verhält es sich den Alkalien gegenüber wie eine Säure und bildet mit ihnen sowol Salze als Doppelsalze in ziemlicher Anzahl. Alle erweisen sich leicht zersezbar unter Farbenveränderung, sie sind daher für den Photographen als lichtempfindliche Salze von Wichtigkeit und werden vielfach benutzt, die Bilder zu kräftigen und ihnen verschiedene Töne zu ertheilen. Die Präparate des Photographen sind, außer dem Goldchlorid, das Goldchlorid-Chlornatrium und das unterschwefligsaure Goldoxydnatron, welches par excellence den Namen Goldsalz (*sel d'or*) führt.

Dem Chaugoldkalium sind wir bereits bei der galvanischen Vergoldung begegnet. Das Gold tritt so gern in diese Verbindung, daß es, in eine Lösung von Chankalium gelegt, sich unmittelbar, wenn auch langsam, darin auflöst. Rascher erfolgt die Lösung, wenn man das Gold zum positiven Pol einer galvanischen Batterie macht.

So viel aus der Chemie des Goldes. Wenden wir uns nun zu der technischen Verwendung des Metalls an sich, so interessieren uns außer dem über denselben Gegenstand bereits bei früherer Gelegenheit Gesagten (Münzen, Drahtziehen u. s. w.) namentlich die Legirungen, die Goldschlägerei und die noch übrigen Methoden der Vergoldung.

**Legirungen.** Das Gold legirt sich mit mehreren Metallen; doch haben nur seine Legirungen mit Kupfer und Silber Bedeutung; außerdem verarbeitet die Bijouterie eine Legirung von 5—6 Theilen Gold und 1 Theil Eisen unter dem Namen Graugold. Mit Quecksilber tritt es merkwürdig leicht zu einem Amalgam zusammen. Ein Stück Gold, z. B. ein Ring, darf nur einige Augenblicke mit Quecksilber in Berührung sein, und es schwillt in Folge der Amalgamation zur Unförmlichkeit auf. Die Weichheit des Goldes sowie sein hoher Preis bedingen mehr noch als beim Silber einen härtenden und vermohlfeilernden Zusatz, daher dasselbe fast stets in Form einer Legirung mit Kupfer oder Silber verarbeitet wird. Selbst das weichste Dukaten gold enthält noch etwa 2 Prozent Kupfer. Die Legirung mit Kupfer heißt die rothe, die mit Silber die weiße, die mit beiden die gemischte Karatirung. Der

Zusatz ist meistens sehr beträchtlich, da z. B. 14karätiges Gold schon einen Stoff zu feineren Arbeiten abgiebt. Der Ausdruck „14karätig“ will aber besagen, daß in 24 Theilen (die Mark = 24 Karat) sich 14 Theile Gold und 10 Theile Zusatz befinden. Zu geringeren Schmucksachen wird aber viel schlechteres, 6-, 4- und 3karätiges Gold massenhaft verarbeitet. Im letzteren Falle, wo also eine Mischung von 7 Theilen Kupfer mit 1 Theil Gold vorliegt, muß man ein besseres Aussehen durch oberflächliche Vergoldung herstellen. Die weiße Karatirung, d. h. der Zusatz von Silber allein, wird selten angewandt, weil solches Gold blaß, messinggelb aussieht; öfter gebraucht man die rothe und am meisten die gemischte Karatirung mit sehr verschiedenen Verhältnissen des Silber- und Kupferantheils, je nach der gewünschten mehr gelben oder mehr rothen Färbung. Man hat namentlich für Bijouteriesachen durch verschiedene Legirungen mehrere Farbennüancen herzustellen gesucht, um durch Zusammenstellungen neue Effekte zu gewinnen. Außer rothem und gelbem Gold verarbeitet man auch das schon erwähnte graue, welches durch Aenderung des Eisen- oder Stahlzusatzes mehr bläulich fällt (blaues Gold); eine Legirung von 7 Theilen Gold und 3 Theilen Silber ist grünlich-gelb, erscheint aber durch Zusammenstellung mit rothem Gold blaßgrün (grünes Gold). Durch Verwendung von reinem Silber oder Platin gewinnt man zu dieser Farbenskala noch das Weiß.

Die Legirung mit Gold oder Silber macht das Gold, das trotz seiner Weichheit zu den schwerflüssigen Metallen gehört, weit leichtflüssiger und sein Ein- und Umschmelzen bequemer, ohne daß es dadurch zu einem eigentlichen Gußmaterial würde. Gegossene Goldwaaren giebt es schon nicht wegen des hohen Preises des Metalls, und dann auch weil dasselbe sich beim Erkalten sehr stark zusammenzieht. Man gießt daher meistens nur Zaine und arbeitet dieselben durch Strecken, Hämmern u. s. w. weiter aus. Ueberhaupt ist der Verbrauch des Goldes zu massiven Gegenständen, von Münzen abgesehen, in unsern Zeiten der geringste. Die eine seiner Haupttugenden, seine immense Dehnbarkeit, gestattet es, den edeln Stoff in so fabelhaft dünnen Schichten anzubringen, daß das Gold sogar ein wohlfeiler, häufig anwendbarer Stoff wird und man so zu sagen selbst das nackte Elend noch vergolden könnte.

Die Goldschlägerei, deren Geschäft die Verwandlung des Goldes, Silbers u. s. w. in die dünnsten Blättchen ist, hat schon seit sehr alten Zeiten bestanden, und der alte volkstümliche Ausspruch, daß man einen Dukaten so weit ausschlagen könne, um einen Reiter sammt seinem Pferd zu vergolden, ist nicht übertrieben. Die Goldschläger verarbeiten theils feines Gold, theils solches, welches einen sehr geringen Zusatz ( $\frac{1}{80}$ ) Silber oder Kupfer enthält, je nach der Farbe, welche man dem Golde geben will. Als Feingold benutzt man gern das Scheidegold, das aus der Entgoldung alter Silbermünzen gewonnen wurde. Das Gold wird geschmolzen und in einem Eingusse zu einem Stabe gegossen, dieser auf einem kleinen Walzwerke bis auf 1 Zoll Breite und  $\frac{1}{2}$  Linie Dicke ausgewalzt, endlich aber in Stücke von 6 Zoll Länge geschnitten, aus welchen ein Gebind gemacht wird. Dies wird gehämmert und zwar erst in die Länge und dann in die Breite, wodurch das Metall nach beiden Seiten ausgedehnt und bis auf die Stärke eines Papierblattes verdünnt wird. Die einzelnen 4 Loth wiegenden Metallstreifen werden nun in viereckige Blätter, Quartiere, von 1 Zoll im Quadrat, geschnitten, und Blatt für Blatt zwischen die 150 Blätter der Pergament- oder Quetschform gebracht, welche 3 Zoll im Quadrat halten. Die ganze Form, welche die Blätter in einer Kapsel verbunden enthält, wird nun auf einem Granitblock mit dem 5—15 Pfund schweren Formhammer so lange geschlagen, bis sich die Goldblätter so weit ausgedehnt haben, daß sie ebenfalls Quadrate von 3 Zoll Seitenlänge bilden. Dadurch sind sie aber hart geworden; sie werden daher in eine

eiserne Kapsel eingelegt und mit derselben geglüht, wodurch sie wieder die nöthige Weichheit erhalten; dann kommen sie in die vierzöllige Form und werden in dieser ausgeschlagen, bis sie Quadrate von 4 Zoll Seitenlänge bilden. Jedes der einzelnen Blätter schneidet man nun in vier gleiche Theile und bringt je einen derselben zwischen zwei Blätter der Hautform, welche aus dem sogenannten Goldschlägerhäutchen, der besonders zubereiteten äußeren Haut des Blinddarmes vom Rindvieh, besteht. Diese Form hat 600 Blätter, und die vorher 1 Zoll im Quadrat haltenden Goldblätter werden abermals bis auf 3 Zoll ausgedehnt, dann wieder in vier Theile geschnitten und in die bekamten, aus dem röthlichen Goldschlägerpapier bereiteten Bücheln eingelegt, welche meist in die Buchbindereien und Portefeuilfabriken wandern.

Das Goldschlägerhäutchen ist ein wichtiger Gegenstand beim Goldschlagen und von dessen Güte hängt die Schönheit des Produktes vorzüglich ab. Es ist auch ein sehr theurer Artikel, dessen Herstellung und Behandlung sehr umständlich ist und viel Sorgfalt erheischt. Um den Häutchen die Sprödigkeit zu benehmen, die sie beim Schlagen erhalten, müssen sie bisweilen mit Essig befeuchtet werden; außerdem aber sind sie immer glatt zu pressen und trocken zu halten, da sie leicht Feuchtigkeit aus der Luft anziehen. Beim Schlagen müssen sie ganz trocken sein und nöthigenfalls vorher durch Wärme getrocknet werden. Die englischen Häutchen gelten für die besten und werden von deutschen Goldschlägern viel benutzt; doch soll man sie in neuerer Zeit in Nürnberg in gleicher Güte herzustellen gelernt haben.

Auch das Schlagen, das beim Fortgange der Arbeit mit immer leichteren Hämmern geschieht, ist eine Arbeit, die bei aller Einfachheit viel Geschick erfordert. Die Form wird mit der einen Hand gehalten und beständig so geführt und gewendet, daß die Schläge in richtiger Vertheilung fallen; ferner muß der Form von Zeit zu Zeit eine solche nicht näher zu beschreibende Bewegung ertheilt werden, daß die durch die Schläge bewirkte Anhaftung zwischen den Goldblättchen und den Häuten wieder gelöst wird und erstere sich in ihre zunehmende Breite strecken können. Indes erhält man auch bei geschickter Arbeit kaum die Hälfte des angewandten Goldes in gut ausgeschlagenen Blättern; der Abfall (Schaum) wird entweder wieder eingeschmolzen oder dient zur Darstellung von echter Bronze oder Muschelgold.

Die aus dem feinsten Gold herstellbaren Blättchen sind so dünn, daß 20,000, auf einander gelegt, erst die Dicke einer Linie erreichen. Versucht man es, sie noch dünner zu schlagen, so fangen sie an zu reißen, während sie vorher, obschon ganz durchscheinend, vollkommen dicht sind. Dennoch ist die Grenze der Dehnbarkeit des Goldes durch dieses Schlagen noch nicht erreicht, und auf dem Wege des Drahtziehens läßt sich die Verdünnung so weit treiben, daß die einen Silberdraht überziehende Goldschicht nur  $\frac{1}{12,000,000}$  einer Linie Dicke besitzt.

Man hat verschiedene Arten von Blattgold. Die stärkste Sorte heißt Fabrikgold und dient zum Vergolden von Silberdraht. Das Franzgold der Buchbinder hat einen Zusatz von etwas Silber, erscheint daher hell in der Farbe. Zwischgold wird erhalten, wenn man ein sehr dünnes Blatt Feingold und ein eben so dünnes Blatt Feinsilber heiß auf einander walzt und durch die gewöhnliche Goldschlägerarbeit vereinigt. Diese Blätter sind auf einer Seite gelb und auf der andern weiß. Das Feinsilber wird eben so behandelt wie das Gold, aber nicht so oft und so dünn geschlagen. Das unechte Blattgold und Blattsilber werden eben so wie das echte hergestellt; ersteres besteht aus Tombak, letzteres aus Zinn.

**Vergoldung.** Mit Blattgold wird ein großer Theil der Vergoldungen, namentlich auf nichtmetallische Stoffe, ausgeführt. Es gehört hierzu immer irgend ein Bindemittel zum Festhalten des Goldes. Bei der haltbareren Delvergoldung und Ver-



silberung wird dem vollkommen geebneten Gegenstande ein Ueberstrich von Leinölfirniß und geschlammtem Ocher für Gold, oder von Leinölfirniß und Bleiweiß für Silber gegeben, und wenn derselbe so trocken ist, daß der Finger eben noch ein wenig darauf haftet, werden die Gold- oder Silberblättchen aufgelegt. Diese Art gestattet aber kein Poliren, und die schönen hellpolirten Spiegel- und Bilderrahmen sind durch Wasservergoldung erzeugt. Bei dieser, welche im Ganzen viel schwieriger und umständlicher, aber auch viel vergänglicher ist als die Delvergoldung, werden die Gegenstände zuerst mit Leim getränkt und dann mit 6—8 Lagen eines aus Leimwasser und geschlammter Kreide bestehenden Grundes angestrichen, wobei aber jede folgende Lage erst dann aufgetragen werden kann, wenn die vorhergehende durchaus trocken ist. Dieser Grund wird dann mit Bimsstein trocken und endlich mit einem Pinsel feucht geschliffen, nun das sogenannte Poliment, eine Mischung von fein geriebenem Bolus, Graphit, Leim und ein wenig Wachs, aufgetragen und auf dieses dann die Gold- und Silberblättchen aufgelegt. Nach dem vollkommenen Trocknen können die zu polirenden Stellen mit Blutstein oder Achat polirt werden, die matten aber erhalten einen Ueberstrich von sehr dünnem Leimwasser, das mit einem geringen Zusatz von Drachenblut gefärbt ist. Neuerdings wendet man bei Anfertigung der Holzleisten statt Goldes bloß Blattsilber an, dem man durch Ueberziehen mit einem gelben Firniß jede beliebige Goldnuance ertheilt. Die Leisten haben ein sehr goldähnliches Ansehen, kosten weniger und können ohne Schaden gewaschen werden.

Die vielfache Verwendung des Blattgoldes in der Buchbinderei werden wir später (VI. Bd.) zu betrachten Gelegenheit haben. Man kann mit Blattgold auch Metalle ohne jedes Zwischenmittel vergolden. Bei dieser im Ganzen selten, am meisten noch auf Stahl ausgeführten Methode werden die zu vergoldenden Stellen mit Scheidewasser angeätzt, die Stücke bis zum Blauanlaufen erhitzt, die Goldblätter aufgelegt und angedrückt. Nachdem das Erhitzen und Auflegen drei- oder viermal erfolgt ist, wird mit dem Polirstahl Politur gegeben. Man ritzt auch zur besseren Anhaftung des Goldes die Stellen vorher mit einem scharfen Instrument (rauhe Vergoldung), und braucht dann natürlich etwas mehr Goldblätter, um die Ritzen unsichtbar zu machen.

Die solideste Vergoldung von Metallen (Bronze, Messing, Silber und Kupfer) ist die Feuervergoldung. Ihre Haltbarkeit rührt daher, daß hier unter Einfluß von Rothglühhitze ein wirkliches Anschmelzen oder die Bildung einer Legirung erfolgt, die zwischen dem Grundmetall und dem Gold in der Mitte liegt. Behufs der Vergoldung im Feuer werden zu einem Theile des in dünne Bleche ausgewalzten und rothglühend gemachten Goldes 6—8 Theile Quecksilber zugesetzt, wodurch das Gold aufgelöst und ein Amalgam gebildet wird, von welchem man nach dem Erkalten durch Auspressen das überschüssige Quecksilber absondert. Die zu vergoldende Metallmasse wird nun ausgeglüht, nach dem Erkalten mit Schwefelsäure rein gebeizt, dann in eine Mischung von Salpetersäure, Salz und etwas Ruß getaucht und damit abgerieben, und darauf das Amalgam mittels einer zuvor in die obige Mischung (oder das aus einer Auflösung von Quecksilber in Salpetersäure bestehende Quickwasser) getauchten Bürste aus Messingdraht aufgetragen. Nach dem Auftragen wird der Gegenstand mit Wasser abgespült, getrocknet, dann über glühenden Kohlen erhitzt und hierbei nach Erforderniß gedreht und gewendet. Dabei wird das Quecksilber verflüchtigt und das Gold bleibt in einer dünnen Lage auf dem Metall zurück; es wird mit Essig abgerieben und mit Blutstein polirt. Das Vergolden kann nach Befinden zwei- bis dreimal wiederholt werden, um die Goldschicht zu verstärken.

Bronzene und messingene Gegenstände unterliegen vor dem Vergolden noch einer Vorbereitungsarbeit, dem Abbrennen. Dasselbe besteht aus einem Glühendmachen,

Erfaltenlassen und Abbeizen der dabei entstandenen Oxidhaut durch eine Säure. Hiermit wird aus der Oberfläche der Grundmasse Zink verflüchtigt und eine reinere Kupferfläche erzeugt, welche das Amalgam besser annimmt und der Vergoldung einen wärmeren Ton verleiht. Gegenstände, welche ganz oder theilweise matt bleiben sollen, werden nach dem Vergolden mattirt. Die nachher zu polirenden Stellen erhalten eine unschädliche Bedeckung aus Kreide und Gummi u. s. w., die zu mattirenden eine Komposition, welche in der Hitze Chlor entwickelt und dadurch das Gold angreift und matt macht.

Um den Ton der Vergoldung mehr zu röthen, wendet man nach dem Abreiben des Quecksilbers Glühwachs an, womit das noch warme Stück bestrichen und neuerdings der Hitze ausgesetzt wird. Das Wachs enthält als Hauptingredienz Grünspan, welches in der Hitze Kupfer an die Unterlage abgibt, so daß sich oberflächlich eine wirklich rothe Karaturung erzeugt. Gelbes Glühwachs, Zinkvitriol enthaltend, färbt die Goldoberfläche heller gelb u. s. w.

Die beim Feuervergolden entstehenden Quecksilberdämpfe und auch die beim Mattiren sich entwickelnden Gase sind für die Gesundheit der Arbeiter höchst gefährlich. Die Werkstätten müssen daher vor allen Dingen einen stark ziehenden Schornstein haben; auch sucht man wol bei Bearbeitung großer Massen den Mund vor den Dämpfen durch eine Maskirung noch mehr zu schützen.

Eisen und Stahl nehmen das Goldamalgam nicht direkt an; man hilft sich bei ihnen entweder mit der nassen Amalgamirung, welche aus einem Sieden der Gegenstände in Wasser mit Quecksilber, Zink, Eisenvitriol und Salzsäure besteht und wobei das Eisen sich mit einem dünnen Quecksilberspiegel überzieht, oder man ertheilt den Stücken vorher eine dünne Verkupferung, wonach die Vergoldung keine Schwierigkeit hat. Auf die Vergoldung von Porzellan und Glas kommen wir bei den betreffenden Gegenständen noch besonders zu sprechen.

Viel weniger dauerhaft als die Vergoldung im Feuer ist auch die kalte und die nasse Vergoldung. Unter letzterer begreift man alle Methoden, bei denen das Gold in Form einer Auflösung zur Anwendung kommt. Die kalte Vergoldung (Anreiben) ist auf Kupfer, Messing, Tombak, Argentan und Silber anwendbar und kommt besonders bei letzterem in Gebrauch. Man löst das Gold in Königswasser bis zu dessen Sättigung auf, mit der Auflösung werden feine Leinwandlappen getränkt, getrocknet und zu Zunder verbrannt. In diesem steckt das metallische Gold in feinsten Vertheilung, und es wird so mittels eines in Essig getauchten Korkes auf die zu vergoldenden Metallflächen gerieben, welche vorher blank gemacht sein müssen. Bei hinlänglich fortgesetztem Reiben bildet sich durch das bloße Anhängen von Goldtheilchen die Vergoldung, die schließlich polirt wird. Sie hat ein schönes Aussehen und wird selbst mitunter gebraucht, um schwach im Feuer oder galvanisch vergoldete Sachen aufzubessern.

Von den Methoden der nassen Vergoldung diente früher, vor Einführung der galvanischen Vergoldung, hauptsächlich der sogenannte Goldsud, um Bijouteriesachen und anderen kleinen Gegenständen rasch eine dünne Vergoldung zu geben. Die hierzu dienliche Lösung ist sogenanntes goldsaures Kali, eine Komposition aus Chlorgoldlösung und doppeltkohlenfaurem Kali mit Wasser. In einem Porzellan- oder emailirten Gußeisengeschirr erhält man dieselbe im Sieden, taucht die Gegenstände an blanken Kupferdrähten hängend hinein und zieht sie in einer Minute vergoldet wieder heraus. Die Methode paßt für Kupfer, Messing und Tombak; für Eisen und Stahl nur dann, wenn sie vorgängig leicht überkuppert worden sind; für Silber ist sie ungeeignet.

An kleinen Stahlwaaren, wie Scheren, Näh- und Stricknadeln, findet sich öfter

ein Hauch von Vergoldung, meist nur stellenweise als Verzierung angebracht. Man hat sie zu diesem Zweck in Goldäther eingetaucht oder damit bepinselt; auf ein gelindes Erwärmen erscheint dann gleich das Goldhäutchen. Der Goldäther entsteht durch Zusammenschütteln von Chlorgoldlösung mit Schwefeläther.

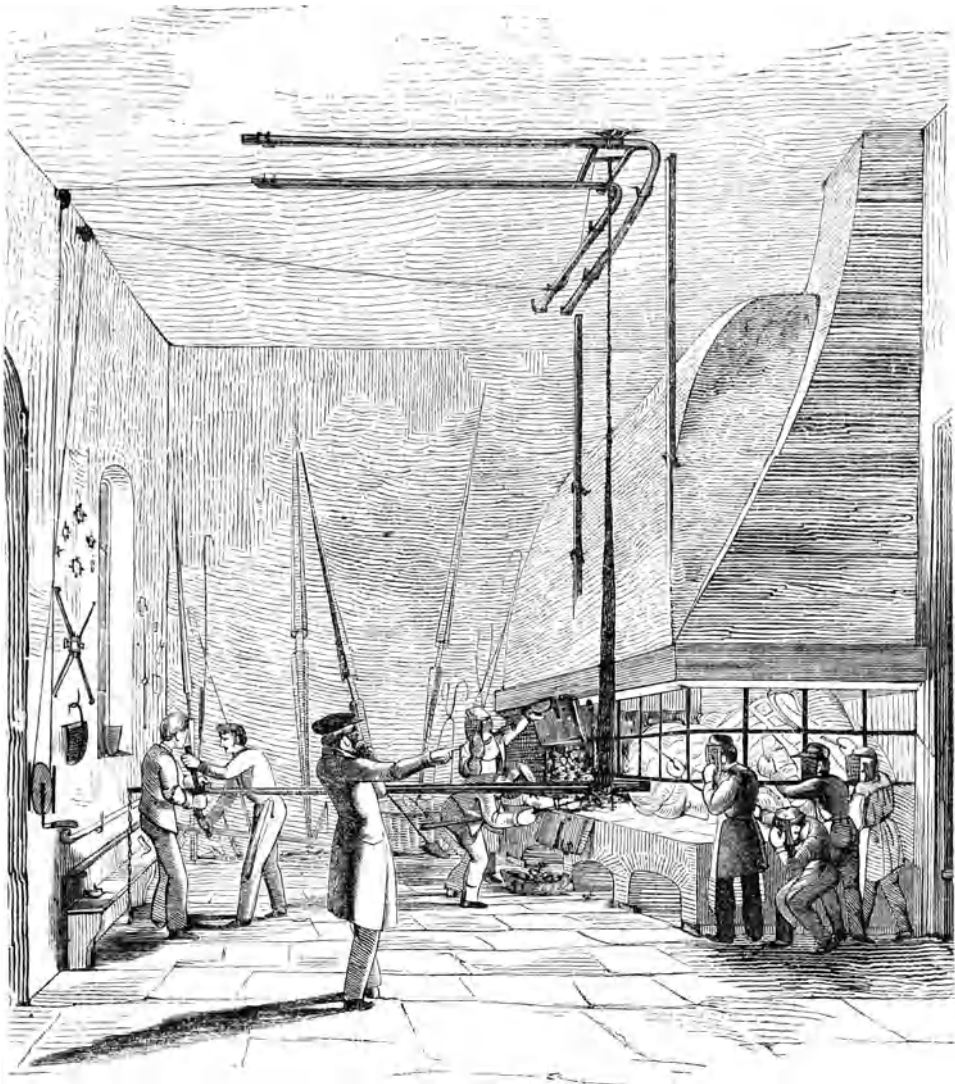


Fig. 93. Vergoldung eines größeren Stückes im Feuer.

Zink und alle vorher verzinkten Metalle lassen sich bequem stellenweise vergolden, wenn man aus einer Lösung des schon erwähnten Chlorgoldkaliums mit Kreide und etwas Weinstein einen Brei macht, den man an beliebigen Stellen aufpinselt und dann wieder abwäscht.

Bei allen nassen Vergoldungsmethoden findet eine reduzierende chemische Thätigkeit statt.

Die unedlen Metalle haben zu dem Partner des Goldes (Chlor, Cyan) mehr Anziehung als das sich so leicht aus allen chemischen Fesseln freimachende Edelmetall. Es erfolgt eine Scheidung einerseits und Neuverbindung andererseits. Kommen hierbei elektrische Ströme in's Spiel, so gehen diese Umsetzungen lebhafter vor sich und lassen sich auch unter Umständen hervorrufen, wo sie freilich nicht stattfinden würden, wie wir bereits früher gesehen haben.

Somit hätten wir das Gold begleitet auf seinem Lebenslaufe, meist aus winziger Vertheilung in der Natur mühevoll zusammengebracht, sehr selten sich in größern Massen darbietend, doch schließlich wieder der Zerstückelung und weitgehender Vertheilung, ja großentheils einer wirklich homöopathischen Verdünnung anheimfallend.

### Das Platin und seine Begleiter.

Nach einer alten Weltanschauung, welche in dünnlicher Weise den Menschen als letzten Zweck der Natur ansah, sollten die Gaben der Natur gerade in solcher Menge und Vertheilung vorhanden sein, wie es für den Herrn der Schöpfung, zu dessen Besten ja Alles nur existirte, am zweckmäßigsten geeignet war. Die Steinkohlen staken nur deshalb so tief im Gebirge, damit sie sparsamer verbrannt würden. Diese Ansicht hätte, wenn durch nichts Anderes, allein schon durch das Platin gestürzt werden können. Platin ist offenbar zu wenig vorhanden und daher viel zu theuer, das wird jeder Chemiker, Physiker und Techniker zugeben. Denn man könnte dies Metall in großen Massen sehr gut brauchen, und nicht etwa zu Glanz und Luxus, wozu es sich, obwohl ein Edelmetall wie Gold und Silber, doch weniger als diese eignet, sondern vorzugsweise im Dienste der Wissenschaft und Technik. Es hat seinen eigentlichen Platz im Laboratorium des Chemikers, Physikers und chemischen Technikers, und große Errungenschaften hängen mit der Kenntniß und Anwendung des Metalls zusammen.

Eine alte Geschichte hat das Platin nicht. Wir sind zuerst durch das metallreiche Amerika mit dem neuen Elemente bekannt gemacht worden, und da dasselbe unter den nämlichen Verhältnissen wie das Waschgold im Sande sich zu finden pflegt und seine ursprüngliche Lagerstätte noch jetzt nicht sicher bekannt ist, so konnte auch seine Entdeckung nicht füglich anderswo als in Goldwäschereien erfolgen. Dies geschah in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts im ehemals spanischen Südamerika. Es wurde da zwischen Gold ein anderes schweres weißes Metall in Sand- und Körnerform gefunden, mit dem man zunächst nichts anzufangen wußte. Man nannte es in Ableitung von dem Worte plata (Silber) platina, Kleinsilber, oder etwas dem Silber Aehnliches. Eigentlich war die erste Benennung platina del Pinho, weil es sich zuerst in dem goldführenden Sande des Pinho-Flusses in Neugranada fand; später ergaben sich noch weitere Fundorte in Brasilien, Columbien, Mexiko, Peru und auf San Domingo, von denen die in Columbien, am westlichen Abhange der Anden, die bedeutendsten sind. Bevor aber noch ein Gebrauch des neuen Stoffes gefunden war, wurde schon ein Mißbrauch desselben gefürchtet. Es fand sich nämlich, daß sich eine ziemliche Menge dieses Metalls in das Gold einschmelzen ließ, ohne dessen Gewicht und Farbe zu verändern, und aus Furcht vor möglichen Goldverfälschungen ließ nun die spanische Regierung die ersten gesammelten Vorräthe sämmtlich in die See werfen. Mit der Zeit wurde man besser mit den Eigenschaften dieses Stoffes bekannt. Der Engländer Wood brachte es 1741 zum ersten Mal nach Europa. Die Schweden Steffen und Lewis bestimmten es 1754 als ein eigenes Metall, aber erst 1803 wurde ermittelt, daß das rohe Platin (Platinerz) eigentlich eine Vereinigung von fünf oder sechs Metallen sei: Palladium, Rhodium, Iridium und Osmium, wozu sich später

noch das Ruthenium fand. Das Vorkommen dieser Metalle in Gesellschaft des Platins ist so beständig, daß man sie ganz allgemein Platinmetalle zu nennen pflegt.

Bis zum Jahre 1822 war Amerika der alleinige Platinfieferant; in diesem Jahre entdeckte man in den Goldwäschereien am östlichen Abhange des Ural dasselbe Mineral und bald war seine Anwesenheit im Sande in größerer oder geringerer Menge längs der ganzen Uralkette konstatiert. Die Wäschen von Nischne Tagilsk und Kuschwinsk sind bisher die ergiebigsten geblieben. Die reichen Tagilsk'schen Gruben, welche der Familie Demidoff gehören, die an die Regierung 15 Prozent des gewonnenen Rohplatin als Grundsteuer abgibt, liegen auf dem höchsten Kamme des Ural flach unter der Oberfläche in Sandschichten. Die Ausbeutung am Ural gestaltete sich gegenüber der amerikanischen bald so bedeutend, daß gegenwärtig Rußland die Preise des Platins bestimmt. Denn während Columbien, Brasilien und Haiti (San Domingo) zusammen etwa 850 Pfund im Jahre liefern, beträgt das russische Ausbringen über 3800 Pfund. Nach Aussage von Sachkennern ließe sich die Platiningewinnung am Ural noch in weit größerem Maßstabe betreiben.

Gegenwärtig steht also ein jährliches Einkommen von noch nicht 5000 Pfund Platin dem Konsum zur Verfügung, denn wenn das Metall auch anderwärts, auf Borneo, in Awa u. s. w., vorkommen soll, so wird doch von dorthier nichts geliefert und es giebt demnach thatsächlich nur zwei Bezugsländer. Hierbei hilft es nichts, sondern hat nur ein theoretisches Interesse zu wissen, daß das Platin an sich gar nicht so selten, sondern in feinsten Vertheilung eigentlich ein sehr verbreiteter Stoff ist. Es soll sich nach Pettenkofer in München in fast allem Gold und Silber des Handels, soweit es nicht Scheidemetall aus dem Affinirprozeß ist, und nach französischen Chemikern in vielen Gesteinen und Mineralien, namentlich der Alpen, finden. Selbst Gußeisen und Stahl aus verschiedenen Bezugsländern enthielten Platin, freilich nur höchstens 1 Gran im Centner.

**Vorkommen.** In demselben alten Schuttland und Anschwemmungssand, in welchem Gold vorkommt, kann auch das Platin liegen. Doch sind die platinreichen Lager arm an Gold und dem dasselbe anzeigenden Quarzsande, so daß eine andere Gebirgsart, über welche man jedoch noch zweifelhaft ist, das Muttergestein des Platins sein mag. Da sich das gediegene Platinerz mitunter verwachsen mit Chromeisenstein und Serpentin gefunden hat, so hat man vermuthet, daß es ursprünglich in Serpentinfels zu Hause sei. In Columbien dagegen wurde es mit Shenit verwachsen auf Quarz- und Brauneisensteingängen entdeckt. Wie das Gold, kommt auch das Platin nur gediegen in der Natur vor, doch stets in großer Gesellschaft anderer Mineralien und Metalle, mit denen es theils im Gemenge liegt, theils verwachsen, theils auch legirt ist. Ein Stück sogenanntes Platinerz kann daher einen sehr unsichern Werth haben, indem es durchaus reines Platin sein, aber auch nur ein paar Prozent davon enthalten kann. In den meisten Fällen finden sich die Platinmetalle zu feinem Sand zerkleinert, in kleinen Schüppchen, in Körnern von Erbsengröße, selten in größeren Stücken und Klumpen. Theils zeigen sie Metallglanz, theils ein unscheinbares schwärzliches Aeußeres. Das größte bis heute in Amerika gefundene Stück Platinerz, das sich jetzt in Madrid befindet, wiegt nur 49 Loth, dagegen ist der Ural an größeren Klumpen reicher; man fand deren von 10—20 Pfund, der größte bekannte wiegt 23 Pfund. Auf der ergiebigsten, der Regierung gehörigen Wäsche am Ural erscheint das Platinerz in Gestalt eines gleichartigen grauen Sandes mit einzelnen metallisch glänzenden Flittern; es enthält bis 88 Prozent reines Platin.

Außer den schon angeführten vier oder fünf neuen Metallen, die man erst bei Gelegenheit des Platins kennen lernte und welche die eigentliche Leibgarde desselben

ausmachen, und außer dem Golde, pflegen sich als Begleiter vorzufinden: Magnet-, Titan- und Chromeisenstein, Zirkon, Spinell, Quarz, Serpentin u. s. w.

**Reindarstellung des Platins.** Die Scheidungsarbeiten haben natürlich mit den gewöhnlichen Hüttenprozessen gar nichts gemein und fallen lediglich ins Bereich des chemischen Laboratoriums. Der Gang des Verfahrens im Allgemeinen ist, daß das Platinwasser in Königswasser gelöst, daraus das Platin mittels Salmiak gefällt und dieser Niederschlag gegläht wird. Man erhält so das Metall in Form einer pulverigen Masse, welche durch starkes Pressen, Glühen und Hämmern in den Zustand des kompakten Metalls gebracht wird. Bevor man Erz und Sand in diese Behandlung nimmt, wird man es durch Waschen und Auslesen möglichst von fremden Bestandtheilen trennen. Mittels eines Magnets lassen sich eisenhaltige Theile herausziehen; es giebt aber sowol im amerikanischen als russischen Erz Körner, welche eine wirkliche Legirung von Platin und Eisen darstellen und ebenfalls dem Magnete folgen.

Die Unlöslichkeit in einfachen Säuren theilt das Platin mit dem Golde; ja es ist in seinem rohen Zustande selbst gegen das Königswasser widerständiger als dieses; man braucht zur Lösung eine große Quantität unter Anwendung von Hitze. Durch kaltes schwaches Königswasser läßt sich der etwa vorhandene Goldgehalt vorweg herausziehen, sowie schon durch bloße Salzsäure das gemeine Metall, Kupfer, Eisen u. s. w. In Petersburg, wo jedenfalls die größte Platinscheideanstalt besteht, in welcher fast alles uralische Rohplatin zu Gute gemacht wird, beginnt man gleich mit der Lösung in heißem Königswasser. In dreißig in einem Sandboden stehenden großen Porzellantaschen, jede von 25—35 Pfund Inhalt, ist das Platinpulver der Erhitzung in Königswasser von 1 Theil Salpeter und 3 Theilen Salzsäure ausgesetzt. Hat nach 8—10 Stunden die Entwicklung rother Dämpfe aufgehört, so zieht man die Flüssigkeit von dem ungelösten Rückstande ab und vermischt sie mit Salmiaklösung, so lange noch ein gelber Niederschlag entsteht. Dieser ist ein Doppelsalz aus Chlorplatin und Chlorammonium. Um aus diesem Platinsalmiak das Metall zu gewinnen, ist ein bloßes Glühen hinreichend, der Salmiak verflüchtigt sich dabei und läßt das Platin zurück. Das Glühen geschieht in einer Platinschale und das Metall erscheint sodann als ein höchst feines, lockeres graues Pulver, als sogenannter Platinschwamm, welcher in einem Metallmörser unter gelindem Drucke verrieben und dann gesiebt wird. Das Pulver schüttet man in ein gußeisernes Rohr und treibt mittels einer sehr kräftigen Presse einen stählernen Stempel nach. Durch den starken Druck bekommt das Pulver so viel Zusammenhang, daß es nunmehr eine dicke runde Scheibe, einen kurzen Cylinder darstellt. Sind eine Anzahl solcher Cylinder vorhanden, so setzt man sie einige 30 Stunden lang der Hitze eines Porzellanbrennofens aus. Hier sintern die Theilchen noch mehr zusammen und die Scheiben erscheinen nach dem Brande merklich kleiner. Das Metall ist in diesem Zustande schon schmiedbar und zu manchen Anwendungen geschickt, wird aber gewöhnlich noch zu kleinen Barren geschmiedet oder zu Blechen ausgewalzt, oder auch zu Draht in verschiedener Dicke verarbeitet. Der Preisunterschied zwischen rohem und gereinigtem Platin ist ein bedeutender. Von ersterem kostet das Pfund in Petersburg etwa 180 Gulden, von letzterem 250 Gulden. Die große Menge Königswasser, die bei dieser Methode verbraucht wird, macht sie ziemlich kostspielig. Vortheilhafter erscheint in dieser Hinsicht ein anderes Verfahren. Man schmilzt das Platinerz mit 2—3 Theilen Zink zusammen. Dies giebt eine höchst spröde Legirung, die sich leicht in feines Pulver verwandeln läßt. Aus diesem zieht man mit verdünnter Schwefelsäure Zink und Eisen, dann durch Salpetersäure den größten Theil der übrigen Metalle, löst endlich den platinhaltigen Rest in Königswasser und verfäbrt ferner nach Herstellung des Platinsalmiaks wie oben gesagt.

**Eigenschaften und Verwendung.** Unzerstörbar, gleich dem Golde, hat das Platin fast die Festigkeit des Eisens und Kupfers. Doch ist diese Eigenschaft eigentlich eine eutlicheue und rührt von einem geringen Gehalt von Iridium her, das leicht bei dem Metalle verbleiben kann. An und für sich ist das Platin weicher als Silber. Ein Iridiumgehalt in gewissen Grenzen ist daher eher nützlich als schädlich, wenn das Platin zu Zwecken dienen soll, wo eine gewisse Härte und Elasticität erwünscht ist, also namentlich in Anwendung auf Schmelzriegel und andere Instrumente. An Dehnbarkeit steht das weiche Platin dem Golde wenig und dem Silber gar nicht nach; es läßt sich so dünn wie Blattsilber schlagen und schon durch gewöhnliche Mittel des Drahtziehens aus geschmiedeten Stängeln oder schmalen Blechstreifen in sehr feinen Draht verwandeln. Man kann aber durch einen Kunstgriff die Verfeinerung noch weiter treiben, man giebt einem Platindraht mit einer stärkern Schicht Silber und zieht nun das Ganze so fein als möglich aus. Der Platinkern folgt immer mit und erscheint, nachdem die Silberschicht durch Salpetersäure abgeätzt worden, als ein un-  
fühlbares, ja kaum sichtbares Härchen. Wollaston erhielt ein solches Kunstprodukt so fein, daß sein Durchmesser  $\frac{1}{30,000}$ stel eines Zolles nicht überstieg.

Bei dem Widerstande des Platins gegen Oxydation und andere chemische Einflüsse wird dasselbe überall das dreimal so theuere Gold vertreten können, wo es nicht auf die Farbe des letztern ankommt. Dies ist z. B. der Fall in Anwendung auf die Arbeiten der Zahnkünstler, und sein Verbrauch hierzu dürfte im Ganzen nicht unbedeutend sein, wenn man erfährt, daß eine einzige Fabrik in Philadelphia monatlich 300 Unzen Platin, à Unze 8 Dollar, zu Nieten für künstliche Zähne verbraucht. In der Form von Blattmetall vertritt das Platin zuweilen das Silber zum Belegen von Rahmen, Schnitzarbeit und dergl., wobei es sich besonders neben der Vergoldung gut ausnimmt und gegen das Silber den Vorzug besitzt, nicht wie dieses durch schwefelige Dämpfe geschwärzt zu werden.

Von größter Wichtigkeit ist aber das Platin für Zwecke, wo es sich um einen Stoff handelt, der mit dem Widerstande gegen die stärksten Säuren zugleich die Eigenschaft weder zu zerspringen noch zu schmelzen besitzt. In den chemischen Laboratorien findet daher das Platin in Form mannichfacher Geräthe, als Retorten, Tiegel, Abdampfschalen, Löffel, Zangen, Spatel, Blech und Draht, viel Verwendung. Größere Abdampfgefäße dieser Art bedürfen namentlich die Schwefelsäurefabriken wie auch die Goldscheideanstalten, und es wird vorzüglich in den erstern die Kostspieligkeit des Platins stark empfunden. Einer Schwefelsäurefabrik, die täglich 80 Centner konzentrirte Säure liefert, kostet die Platinblase und einige Nebentheile, Rohre, Stöpsel u. s. w., die auch von Platin sein müssen, mindestens 20,000 Thaler, und doch muß man das theure Möbel haben, wenn man nicht unter dem Risiko, jeden Augenblick ein Zerspringen gewärtigen zu müssen, Glasgefäße anwenden will. Nur durch das Platin wurde eine großartige Fabrikation der Schwefelsäure möglich, und wer die Wichtigkeit dieses Lösungsmittels für eine große Reihe technischer Zweige zu würdigen weiß, wird auch die guten Dienste des Platins dabei gern anerkennen. Uebrigens weiß der Chemiker wohl, daß er seinen Plattingefäßen nicht Alles und Jedes zumuthen darf und sie vor manchen Einflüssen sorgsam zu hüten hat. Er wird ihnen z. B. keinen Inhalt geben, welcher Chlor entwickelt, weil dieses zum Platin wie zum Gold der eigentliche Löseschlüssel ist. Das Gleiche gilt von Brom, Jod, Phosphor und Schwefel. Dann darf das Metall nicht mit glühenden Kohlen in direkte Berührung gebracht werden, weil es leicht aus der Asche Silizium aufnimmt und in Folge dessen brüchig wird und Röhren bekommt. Lithionverbindungen, Aetzkali, schmelzender Salpeter u. s. w. greifen das Platin ebenfalls an und zum Schmelzen von Metallen können Plattingefäße wegen

der zu befürchtenden Regirungen ebenfalls nicht gebraucht werden; namentlich veranlassen Blei, Zinn u. dgl. sofort Brüche und Pöcher.

Bis in die neueste Zeit war Paris der Hauptbezugsort für Platingeräthe. Erst seit 1857 verfertigt man sie auch in Deutschland (Hanau) fabrikmäßig.

Gleich dem Kupfer, Gold und Silber läßt sich auch das Platin galvanisch niederschlagen, indessen gelang es noch nicht, metallne Gefäße so dicht damit zu überziehen, daß sie für Säuren gleich denen aus gediegenem Metall gebraucht werden konnten. Es bleibt, um an Platin zu sparen, nur der Ausweg des Plattirens mit Platinblech.

Das Platin ist im gewöhnlichen Feuer ganz unerschmelzbar; in der Weißglühhitze erweicht es indeß und läßt sich gleich dem Stabeisen schweißen, nur insofern etwas schwieriger, als es die Hitze sehr rasch abgiebt. Die gewöhnliche Formgebung geschieht daher durch Hämmern, Treiben, Walzen u. s. w. und wo Pöthungen sich nöthig machen, benutzt man dazu feines Gold.

In den letzten Jahren hat die Technik des Platins einen neuen Aufschwung genommen, nachdem sich französische Chemiker darauf verlegt hatten, größere Massen des Metalls zu schmelzen. In einem kleinen Ofen, der in seinen Leistungen einem Knallgasgebläse gleichkommt, gelang es in der That, Massen von einigen 20 Pfund allmählig zusammenzuschmelzen. Der Brennstoff ist ein Gemisch von Leuchtgas und reinem Sauerstoffgas, und die entwickelte Hitze ist so stark, daß die besten irdenen Schmelztiegel flüssig wie Glas werden würden. Man benutzt daher einen Tiegel oder vertieften Herd, der aus einem Stück Kalk geformt ist. Durch Zusammen gießen der Schmelzungen aus mehreren kleinen Defen lassen sich Barrren erzeugen, größer als es jeder Bedarf erheischt. In einer Londoner Platinfabrik wurden in solchen Schmelzapparaten schon 200 Pfund Metall auf einmal in Fluß gebracht.

Das ungeschmolzene Platin ist eine schöne homogene Masse, gefügig wie Kupfer und eben so leicht zu verarbeiten. Es läßt sich auch ganz bequem gießen und füllt die Formen gut aus. In Folge dieses Umschwunges wird schon jetzt überall ungeschmolzenes Platin verarbeitet und die großen Schwefelsäurekessel, diese sonst so mühevollen Werke, werden einfach in Sand gegossen oder vorgegossen. Welche Vortheile die Technik hierin gefunden, läßt sich schon daraus entnehmen, daß gegenwärtig Schwefelsäurekessel zu etwa ein Viertel der bisher gangbaren Preise angeboten sind. Der Ladenpreis ist jetzt etwa 6 Thaler das Loth.

Von den Begleitern des Platins findet sich das Palladium in geringer Menge manchmal als gediegener Körper in den Platinerzen. Es gleicht dem Platin in vielen Eigenschaften, in der Farbe ähnelt es mehr dem Silber, sein spezifisches Gewicht ist nur halb so groß wie das des Platin, nämlich 11,3—11,8, auch ist es viel leichter schmelzbar als dieses und löst sich schon in Salpetersäure. Man benutzt es zu feinen nautischen Instrumenten, da es durch Seewasser nicht wie Kupfer und Silber anläuft, sowie zu künstlichen Gebissen und Impfknadeln. Aus der allgemeinen Lösung der Platinerze erhält man es durch Fällen mit Cyanquecksilber als Cyanpalladium, welches beim Glühen reines Palladium liefert. Rhodium, Iridium und Ruthenium lassen sich ebenfalls aus der sauren Lösung abscheiden, nachdem Platin und Palladium gefällt worden sind. Das Iridium ist ein sehr sprödes Metall und für sich wenig zu technischer Anwendung geeignet. Es ist der schwerste aller bekannten Körper, denn sein spezifisches Gewicht ist 23—24. Man verfertigte daraus die Spitzen der sogenannten Goldschreibfedern, zieht aber jetzt hierzu das Rhodium vor. Osmium ist ein Stoff von anderm Charakter als die übrigen Platinmetalle, es ist ein säurebildendes Metall, das gar keines technischen Gebrauchs fähig scheint. Beim Glühen verflüchtigt es sich als Osmiumsäure. Im Platinerz findet es sich zu einem größern Theil mit Iridium



legirt, in Form eines schwarzen Pulvers, das den größten Theil der bei der Lösung in Königswasser übrig bleibenden Rückstände bildet. Diese haben sich in den Scheideanstalten bisher überall in beträchtlicher Menge angesammelt, da man sie nicht zu verwerthen wußte. Nach den von Deville und Debrans gefundenen Ergebnissen dürften sie bald an die Reihe kommen und ihren Gehalt an Iridium hergeben müssen. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß das Iridium in viel größerer Menge, als man glaubte, dem Platin zugesetzt werden kann, und daß dessen gute Eigenschaften dadurch nur gesteigert werden. Bei 10—15 Prozent Iridiumgehalt widersteht das Platin der Hitze und den Säuren besser und ist viel härter als im reinen Zustande; Legirungen mit 20 Prozent widerstehen selbst dem Königswasser fast vollständig. Es hat hierbei keinen Nachtheil, wenn in die Legirung auch Rhodium mit eingeht. Sonach scheint es, daß man — wenigstens für bestimmte Zwecke — nicht mehr nöthig haben wird, durch die umständliche nasse Scheidung auf die Darstellung reinen Platins hinzuarbeiten, sondern durch den Schmelzprozeß im Knallgas Legirungen aus Platin, Iridium und Rhodium erhalten kann, die eben so gut, vielleicht sogar besser, zu brauchen sind. Mit Kupfer oder mit Kupfer und Zink legirt giebt das Platin goldähnliche Verbindungen. Zum Behuf künstlicher Gebisse sind Legirungen von Platin mit Gold oder mit Silber oder auch mit beiden in Anwendung gekommen.

Die gewöhnliche Lösung des Platins ist das Chlorid, ganz dem Goldchlorid entsprechend, und von derselben braun- oder rothgelben Farbe. Aus ihm lassen sich die weiteren Verbindungen ableiten, die im Allgemeinen denen des Goldes analog sind. Die Neigung zur Bildung von Doppelsalzen theilt das Platin ebenfalls mit dem Golde, und wie dieses, bildet es mit Ammoniak eine explodirende Verbindung, Knallplatin. Auch mit dem Schwefel verbindet sich das Platin in zwei Verhältnissen- und durch Oxydation des Doppelschwefelplatins mittels Salpetersäure wird schwefelsaures Platinoxyd, eine andere gebräuchliche Lösung, erhalten. Alle Platinpräparate sind durch Hitze und reduzirende Agentien leicht auf das metallische Platin zurückzuführen.

Um das Studium der Platinchemie haben sich in hervorragender Weise Berzelius und Döbereiner verdient gemacht. Des Letztern Name' ist besonders durch die bekannte Platingündmaschine populär und mit dem des Platins eng verknüpft worden. Und hiermit kommen wir auf eine weitere interessante Eigenschaft des Platins zu sprechen, die dasselbe zwar mit vielen andern Körpern theilt, in der es aber, was die Wirkung anbelangt, von keinem erreicht wird. Es ist das die Eigenschaft fester Körper, gasige Stoffe an ihrer Oberfläche mit mehr oder weniger Kraft festzuhalten und zu verdichten. Je poröser ein solcher Körper, je größer seine Oberfläche ist, um so mehr wird sich dies Vermögen bemerklich machen. Von der Holzkohle wissen wir, daß sie, wenn alle Luft und Feuchtigkeit durch Hitze aus ihr vertrieben sind, mancherlei Gase bis zum 90fachen ihres Volumens verschlucken kann. Das höchst fein zertheilte metallische Platin, Platinschwamm, und mehr noch das Platinschwarz, oder der Platinmohr, übertreffen nun die Kohle an Porosität noch bei weitem, und an ihnen zeigen sich die Wirkungen der Gasverdichtung in ausgezeichneter Weise. Eine sehr große Anziehungskraft zeigt aber auch schon das kompakte metallische Platin. Bringt man ein Stückchen Platinblech, nachdem es mit einer Säure rein gewaschen, in Knallgas (Mischung von Sauer- und Wasserstoffgas), so zwingt das Metall die beiden Gase, sich allmählig zu Wasser zu verbinden, das sich wie ein Thau auf demselben niederschlägt; das Platin geräth dabei von selbst in's Glühen. Alkohol dampf, mit Sauerstoff oder atmosphärischer Luft gemischt, wird unter denselben Umständen durch Platin entzündet. Befindet sich eine Spirale feinen Platindrahtes in der Flamme eines Spirituslämpchens und wird diese ausgelöscht, nachdem das Drähtchen glühend

geworden, so glüht dasselbe fort, so lange als Spiritusdünste aus dem Lämpchen aufsteigen. Diese aber werden durch das Metall, indem es ihre Verbindung mit Sauerstoff bewirkt, in Essigsäure verwandelt, und darauf gründet sich das Räucherlämpchen Döbereiner's, das sich aber nicht beliebt machen konnte, weil neben der Essigsäure auch ein unfertiges Produkt, Aldehyd, gebildet wird, das von unangenehmer Wirkung auf die Geruchsnerven ist.

In der Döbereiner'schen Zündmaschine wirkt der uns schon bekannte Platinschwamm. Indem er die Luft und den in ihr enthaltenen Sauerstoff auf ein sehr geringes Volumen komprimirt, ist es sehr wohl denkbar, daß bei dieser Zusammendrängung die Gase andere Eigenschaften als im gewöhnlichen Zustande annehmen. Das Streben des so komprimirten freien Sauerstoffs nach Verbindung mit andern Elementen wird mächtig gesteigert und sowie der Strahl des Wasserstoffs aus der Maschine tritt, beginnt augenblicklich die Wasserbildung; die hierbei entwickelte Verbrennungshitze macht das Schwämmchen glühend und an diesem kleinen intensiven Feuerherde entzündet sich rückwärts der Wasserstoffstrahl.

Platinmohr ist noch feiner zertheilt als der Platinschwamm. Er kann auf verschiedene Weise erhalten werden, am besten durch Auflösen von Platinchlorür in heißer Aetzkalilauge und durch allmähliges Hinzufügen von Alkohol. Das niederfallende Platin bildet ein schwarzes abfärbendes Pulver. Es soll nach Döbereiner zuweilen das 250fache seines Volumens Sauerstoff in seinen Poren verdichten können und wirkt daher noch energischer als der Platinschwamm. Alkoholdämpfe entzündet es zwar nicht, wie das gediegene Platin, verwandelt sie aber, wenn sie mit Luft gemischt sind, in Essigsäure, wobei es sich erhitzt. Hierauf begründete schon Döbereiner seinen Vorschlag einer Schnellessigfabrikation mittels Platinmohr. Derselbe leidet dabei durchaus keine Veränderung und es geht nichts davon verloren. Nach den Ergebnissen in kleineren Apparaten hat man geschlossen, daß mit 20—30 Pfund Platin ein Apparat erhalten würde, welcher täglich 300 Pfund schlechten Weingeist in reinen Essig umbilden könnte.

Nach allen vorerwähnten Beispielen hat also das Platin eine ausgezeichnete oxydierende Kraft; es disponirt, ohne sich dabei selbst zu ändern, den Sauerstoff dahin, daß er weit leichter und energischer mit andern Elementen in Verbindung tritt, als unter gewöhnlichen Umständen. Bedenkt man, wie so manche wichtige technische Operationen, wie eben die Essigfabrikation, die der Schwefelsäure u. s. w., auf Oxydation beruhen, so kann man nur bedauern, daß ein so viel versprechendes Hilfsmittel der allgemeinen technischen Benutzung durch seinen hohen Preis zur Zeit noch so gar unzugänglich gemacht ist.

---




Trachte, daß dein Auß'res werde  
Glänzend, und dein Inn'res rein;  
Jede Miene und Geberde,  
Jedes Wort ein Edelstein.

Rückert.

## Die Edelsteinlieferanten, Aluminium und Magnesium.

Was sind Erden? Die Thonerde und ihr Vorkommen in den Edelsteinen und andern Mineralien, Beryllerde und Talkerde. Die Herstellung echter Edelsteine durch Gaudin, Ebelmen, Daubrè u. s. w. Thonerdesalze. Das Aluminium von Wöhler zuerst dargestellt. Gewinnungsmethode. Erzeugung im Großen durch St. Claire-Deville. Verschiedene Darstellungsverfahren. Eigenschaften des Aluminiums. Aluminiumtechnik. Fabriken. Verwendungsarten. Das Aluminium als Münzmetall eine verkehrte Idee. Legirungen. Das Magnesium als Leuchtkörper, seine Eigenschaften, Legirungen und Aussichten.


 An Gold und Silber schließen sich für uns einige Metalle, welche für sich zwar nicht beanspruchen können, gleiche Werthschätzung als edle zu erfahren, wie jene, die aber ihrer noblen Verbindungen und theilweise auch des großen Ansehens wegen, in das sie sich zeitweilig zu bringen vermocht haben, in deren nächste Nähe gestellt werden mögen. Der prachtholle Rubin, der nächst dem Diamant für das edelste Gestein gehalten wird, stellt uns in seiner chemischen Zusammensetzung eine Verbindung dar, welche neben der Kieselerde wol die bedeutendste Masse Baumaterial zur Bildung unsers Erdkörpers gegeben hat. Er ist eine Erde, wie die Verbindungen gewisser Metalle mit Sauerstoff genannt werden, nichts als reine krystallisirte Thonerde, welche also ein metallisches Oxyd darstellt, wenn wir so wollen, ein Erz, wie etwa der Galmei ist, nur mit anderer metallischer Grundlage.

Das metallische Element in der Thonerde ist das in neuerer Zeit namentlich durch die Reklamen französischer Chemiker oft genannte Aluminium, welches darin zu 54 Prozent enthalten ist; die übrigen 46 Prozent sind Sauerstoff. Genau dieselbe Zusammensetzung hat außer dem Rubin noch ein anderer Edelstein, der Saphir, der sich von jenen überhaupt nur durch die Verschiedenheit der Farbe unterscheidet. Er ist blau, während der Rubin mannichfaltige rothe Farbennüancen zeigt. Die ganze

Familie, der diese beiden Brüder angehören, nennt der Mineralog Korund. Sie begreift diejenigen Mineralien, welche dem Diamant an Härte am nächsten stehen, und dies sowol als ihre große Seltenheit, ihre ausgezeichnet schönen Farben, ihre Durchsichtigkeit und Feuer machen sie zu den gesuchtesten Schmucksteinen, welche in besonders schönen Exemplaren selbst dem königlichen Diamant im Preise gleichgestellt werden. Die schönsten Varietäten kommen aus Ceylon; doch lieferte auch China, Brasilien und Sibirien Steine dieser Art von hohem Werth. Merkwürdigerweise hält die Zone, welche wir bewohnen, wie in der Produktion organischer Gebilde, auch auf dem Gebiete der unorganischen Welt die gemäßigte Mitte. Die blendendsten Farben und die phantastischsten, reichsten Formen scheint in der Pflanzen- und Thierwelt nur der heiße Süden hervorbringen zu können. In edlen Metallen und kostbaren Steinen dagegen rivalisirt mit ihm der eisige Norden. Das östliche Asien, das südliche Amerika und der unwirthliche Ural sind die Hauptfundorte nicht nur des Rubins und des Saphirs, sondern auch des Diamantes und der übrigen aristokratischen Suite im Heere der Mineralien. Ist ja ein solcher Offizier aus jenem Hauptquartier unter unsere Gemeinen versprengt worden, so hat seine Uniform in der Regel den Glanz verloren, und er vermag nur durch die inneren Eigenschaften sich über seine gewöhnliche Umgebung zu erheben. So kommt bei uns zwar der Korund auch vor, allein in einem Gewande, in welchem er nicht mehr auf den Namen Rubin oder Saphir Anspruch machen kann. Er stellt nämlich eine graue, bläulich gefärbte Masse dar, welche Smirgel genannt wird. Als Schmuckstein ist er in dieser Gestalt nicht zu gebrauchen, allein seine große Härte, welche er unverändert als Zeichen seiner edlen Herkunft bewahrt hat, läßt ihn als ein ausgezeichnetes Schleifmaterial für andere Edelsteine nützlich werden. Er ist ein Knecht mit adliger Gesinnung.

In all' diesen Substanzen finden wir die Thonerde rein, mit keinem andern Stoffe vermischt, ausgenommen die unbedeutenden Beimengungen, welche die verschiedene Färbung bedingen und die irgend ein Metalloxyd sind. In unzähligen andern Mineralien aber treffen wir die Thonerde doch mit andern Körpern vergesellschaftet und in diesen Verbindungen macht sie eben einen Hauptbestandtheil unserer Gebirge aus. Der gewöhnliche Töpferthon, die Porzellanerde, die Wallerde, der Lehm und ähnliche Substanzen bestehen aus Thonerde und Kieselsäure. Alle dergleichen Vorkommnisse sind aber erst sekundäre Produkte. Sie sind entstanden durch Umwandlungen krystallisirter Mineralien, welche den Einwirkungen der Atmosphäre, des Wassers, der Temperaturveränderungen mit ihren theils mechanisch, theils chemisch wirkenden Kräften nicht dauernden Widerstand zu leisten vermochten. Meist sind sie erzeugt durch Verwitterung des Feldspaths, eines Mineralen, welches, aus kieselhaurer Thonerde und einem kieselhauren Alkali bestehend, in nur wenigen Gebirgsarten fehlt und durch seine Zersetzung, bei der die löslichen Bestandtheile durch das Wasser fortgeführt und den Pflanzen als eine willkommene Nahrung dargeboten werden, die thonigen Massen als unlösliche Rudera zurückgelassen hat. Die Porzellanerde und alle verwandten Verbindungen sind die Ueberbleibsel zeretzter Granite, Klingsteine, Porphyre und ähnlicher Felsarten, an deren Zusammensetzung der Feldspath den wesentlichsten Antheil hat.

Außer in diesen Mineralien ist die kieselhaure Thonerde noch in einer großen Zahl anderer enthalten, die ein größeres Interesse für sich nur vor den Mineralogen in Anspruch nehmen. Wichtig aber wird sie für uns ganz besonders wieder da, wo sie in Gesellschaft mit ähnlich gearteten Körpern, wie sie selbst einer ist, auftritt. Solche Körper, Erden, sind die Beryllerde und die Magnesia oder Bittererde, von denen aber nur die letztere eine größere Verbreitung auf der Erde hat und unter

Anderm auch im Meerwasser als Chlormagnesium vorkommt, während die erstere sich nur in einigen wenigen Mineralien findet. Die Beryllerde besteht aus Beryllium und Sauerstoff, die Magnesia aus Sauerstoff und Magnesium; Beryllium wie Magnesium sind zwei Metalle, die sich aus ihren Oxyden auf geeignete Art darstellen lassen und von denen das letztere wenigstens unsere Aufmerksamkeit noch besonders in Anspruch nehmen wird.

Diese Erden insgesammt haben sehr noble Tendenzen; eine große Zahl der seltensten Edelsteine werden aus ihnen gebildet. So ist der Spinell eine Verbindung von Thonerde und Magnesia; Smaragd, Beryll, Aquamarin bestehen aus kiesel-saurer Thonerde und kiesel-saurer Beryllerde, der Granat enthält kiesel-saure Thonerde mit kiesel-saurem Eisenoxyd verbunden. Im Topas ist die Thonerde an Flußsäure gefettet und in Verein mit Schwefelnatrium und Schwefeleisen setzt sie den Lasurstein zusammen, aus dem bis vor kurzer Zeit das echte Ultramarin, jene kostbare blaue Farbe, ausschließlich bereitet wurde. In neuerer Zeit ist es indessen den Chemikern gelungen, diese Farbe künstlich aus den Bestandtheilen des Lapis lazuli darzustellen und für den Preis, welchen man früher für ein Loth Lasurstein-Ultramarin zu bezahlen hatte, kann man jetzt mehrere Pfunde eines eben so schönen und in jeder Beziehung gleichen Farbstoffes haben.

Im chemisch reinen Zustande, in welchem die Thonerde nur höchst selten in der Natur vorkommt, erscheint sie uns als eine weiße erdige Substanz, geruch- und geschmacklos, da sie in Wasser nicht löslich ist. Sie läßt sich künstlich leicht aus ihren Salzen darstellen und ist dann in Kalilauge löslich. Im gewöhnlichen Flammenfeuer ist sie unschmelzbar. Sie ändert zwar vor dem Löthrohr und in starker Ofenhitze ihre Natur in Etwas, indem sie härter wird, in eigentlichen Fluß aber kann sie nicht gebracht werden.

**Edelsteinfabrikation.** In der Hitze, welche das Knallgasgebläse zu erzeugen vermag, ist es gelungen, kleine Quantitäten Thonerde zu schmelzen, und man hat auf solche Weise künstliche Edelsteine erhalten, denen man durch Eisen- oder Chromoxyd die schöne Farbe der natürlichen geben konnte. In Paris sind dahin zielende Versuche in großer Zahl angestellt worden, allein wenn auch die so dargestellten Rubine von den natürlichen durch nichts sich unterschieden, da sie mit denselben nicht nur in Bezug auf Glanz, Farbe und Härte, sondern auch, was die Krystallform anbelangt, vollständig übereinstimmten, so genügte doch diese Methode der Edelsteinfabrikation nicht, weil die zu Gebote stehende Hitze viel zu gering war, um einigermaßen größere Massen in Fluß zu bringen. Gaudin berichtet zwar, daß er im Knallgasgebläse reine Thonerde zu einer haselnußgroßen, wasserhellen Korundkugel zusammengesmolzen habe, welche im Innern eine mit Krystallen ausgekleidete Höhlung gehabt habe; das Verfahren war aber doch zu mühsam, als daß er es zur Darstellung künstlicher Edelsteine im Großen hätte anwenden können. Eben so wenig, wie mit reiner Thonerde, waren mit Gemischen, welche die Zusammensetzung des Beryll, Granat u. s. w. repräsentiren, günstige Erfolge auf dem Wege der Schmelzung zu erlangen. Dagegen haben andere Verfahren, welche von anderen chemischen Voraussetzungen ausgehen, in der Darstellung künstlicher Edelsteine zu Resultaten geführt, von denen es nur wunderbar ist, daß sich ihrer die große Technik noch nicht zu weiterer Ausbeutung bemächtigt hat.

Das Verfahren, welches Cbelmen in Paris einschlug, gründet sich auf Folgendes: Es giebt Stoffe, welche die Eigenschaft besitzen, sich mit den Erden Thonerde, Talkerde u. s. w. zu verhältnißmäßig leicht schmelzbaren Verbindungen zu vereinigen, bei einer Hitze aber, wie sie in einem Porzellanofen erzeugt werden kann, zu verdampfen

und sich aus jenen Verbindungen wieder zu isoliren, so daß die Erden dabei ausgeschieden werden und wieder in ihren unlöslichen Zustand übergehen. Unter diese Substanzen gehört vor allen Dingen die Bor säure, das bor saure Natron (Borax), kohlen saures Kali, kohlen saures Natron und noch einige andere. Wenn man also diejenigen Bestandtheile, aus denen, z. B. der Spinell (Talkerde und Thonerde) besteht, in fein pulverisirter Form und in den betreffenden Gewichtsverhältnissen gemengt, in schmelzende Bor säure allmählig einträgt, den Tiegel aber, den das Gemenge enthält, nachdem sich Alles gelöst und in ein ruhig schmelzendes Glas verwandelt hat, noch einige Zeit einer gesteigerten heftigen Hitze aussetzt und dafür sorgt, daß sich die Luft über dem Tiegel fortwährend erneuert, so wird sich ein großer Theil der Bor säure verflüchtigen und der zurückbleibende Rest schließlich nicht mehr im Stande sein, die ganze Thonerde und Talkerde in Lösung zu erhalten. Ein Theil, dessen Bor säure äquivalent verdampft ist, wird sich ausscheiden und ganz wie im Salz, das sich aus seiner verdunstenden Lösung absetzt, wird der freiverdende Theil Krystalle von Thonerde, Talkerde oder Spinell bilden. Diese Krystalle lassen sich durch Zusatz von Metalloxyden zu der schmelzenden Masse färben; so bewirkt Chromoxyd eine rothe, Kobaltoxyd eine blaue, Eisenoxydul eine grüne Farbe, wie sie den Chrysoberyll auszeichnet u. s. w.

Ebelmen hat auf diese Weise eine große Anzahl von Edelsteinen künstlich dargestellt, indem er sich bald der Bor säure, bald anderer Substanzen als Lösungsmittel bediente. Außer diesen kostbaren Produkten erzeugte er auch eine große Menge von Mineralien, deren Darstellung zwar weniger ein so allgemein praktisches Interesse bietet, wie die der Edelsteine, welche aber für die Beurtheilung der Hypothesen über die Entstehung der Mineralien, ihr Ausscheiden aus der ursprünglichen Gesteinsmasse, mithin über die allmähliche Bildungsweise und Metamorphose des festen Gerüstes unserer Erde, von der größten Wichtigkeit sind; ein neuer Beweis, wie eng die materiellen Bedürfnisse der Menschheit an die Lösung oft scheinbar sehr weit abliegender wissenschaftlicher Probleme geknüpft sind. Und nicht nur Mineralien, wie wir sie in der Natur auffinden, sondern auch solche sind im engen Laboratorium erzeugt worden, die in den weiten Ländergebieten noch nicht von der Erde aufgefunden worden sind. So ergänzt der Forscher die schöpferische Thätigkeit der Natur, welche, den Reichthum ihrer Produktion allenthalben zu entwickeln, selbst in allen ihren Reichen nicht genugsame Gelegenheit findet, indem er die Bedingungen verändert und so die Bildung neuer Produkte veranlaßt, welche unter gleichen Verhältnissen allerdings auch ohne sein Zutun würden entstanden sein. Dadurch öffnet er uns eine Lücke, durch die hindurch wir einen Blick in die hinter uns liegenden Epochen der Erdbildung wagen dürfen.

Daubrè, St. Claire-Deville und Caron, welche — namentlich der Erstgenannte — sich um die Erkenntniß der Mineralgenese und um die Darstellung von künstlichen Edelsteinen große Mühe gegeben haben, ließen die Thonerde aus gasförmigen Verbindungen sich ausscheiden, und vermochten auf diese Weise günstigere Bedingungen für die Entstehung großer Individuen zu erreichen, als Ebelmen, der sie aus flüssigen Auflösungen herauskrystallisiren ließ. Daubrè z. B. erhitzte Fluorsilizium und leitete die Dämpfe über pulverförmige reine Thonerde. Dabei zersetzte sich das Fluorsilizium dergestalt, daß sich Fluoraluminium und Kieselsäure bildete, indem der Sauerstoff der Thonerde an das Silizium, das Fluor aber an das freigewordene Aluminium trat. Die Kieselsäure verbindet sich nun mit Thonerde, welche sich zur Genüge vorfindet, und die kiesel saure Thonerde vereinigt sich mit dem Fluoraluminium zu einem Doppelsalz, welches in chemischer Zusammensetzung ganz dem Topas entspricht. Die Masse, welche Daubrè erhielt, bestand in der That auch durch und durch aus kleinen Topaskrystallen.

Die Edelsteine, wie alle übrigen Mineralien, sind — wie schon beiläufig erwähnt wurde — nicht etwa willkürliche Zusammenhäufungen ihrer Bestandtheile, vielmehr sind es Doppel- und mehrfache Verbindungen, unter denen die einfacheren in sehr simplen Verhältnissen zu einander stehen. Der Beryll z. B. besteht aus Kieselsäure, Beryllerde und Thonerde, so daß stets, auf ein Atom kiesel-saure Beryllerde zwei Atome kiesel-saure Thonerde kommen. Wenn man nun in einer Röhre ein glühendes Gemenge von Beryllerde und Thonerde der Einwirkung von Fluorsilziumdämpfen aussetzt, so entsteht, jener Doppelverbindung zu Gefallen, von selbst allemal ein Atom kiesel-saure Beryllerde, wenn zwei Atome kiesel-saure Thonerde gebildet werden; die Entstehung des einen regt die Entstehung des andern an. Nur ist zu berücksichtigen, daß diejenige Erde, zu deren Metall das Fluor in der Glühhitze die größte Verwandtschaft hat, im Ueberschuß angewendet werde, damit die Bildung der Kieselsäure auf keine Schwierigkeiten stößt. Und wie Topas und Beryll, so kann man durch entsprechende Aenderung der Erden auch zahlreiche andere Mineralien herstellen.

Freilich ist ein Uebelstand bei dem Daubrè'schen Verfahren. Die ganze Masse bäckt zusammen und die im Innern befindlichen Krystalle sind schwer isolirt und von praktisch verwendbarer Größe zu bekommen. Diefem Nachtheil begegnen die Methoden, deren sich St. Claire-Deville und Caron bedienen. Fluoraluminium und Vorsäure verwandeln sich beide in großer Hitze in Dämpfe; leitet man diese Dämpfe zusammen, so erfolgt eine chemische Zerlegung. Das Fluor verbindet sich mit dem Vor der Vorsäure, welche aus Vor und Sauerstoff besteht, zu Fluorvor. Der Sauerstoff der Vorsäure dagegen geht an das aus dem Fluoraluminium sich ausscheidende Aluminium und bildet damit Thonerde, welche, indem sie plötzlich aus einer gasförmigen Verbindung sich abscheidet, von dem Bestreben geleitet wird, Krystalle zu bilden. Dauert nun die Zusammenführung von Fluoraluminium- und Vorsäuredämpfen längere Zeit fort, so werden die entstehenden Krystallindividuen immer mehr und mehr durch neuen Anfaß sich vergrößern, und es ist den Entdeckern dieser Methode gelungen, auf diese Weise farblosen Korund darzustellen, dessen einzelne völlig durchsichtige Krystallindividuen eine Größe von über  $\frac{1}{3}$  Zoll hatten. Leider fehlte den Krystallen die einer solchen Ausdehnung entsprechende Dicke, durch welche allein erst sie als Schmucksteine verwendbar werden. Wenn man Fluorchrom zusetzte, eine Substanz, die in der Hitze ebenfalls flüchtig ist, so erschienen die Korundkrystalle gefärbt und stellten bald rothe Rubine, bald blaue Saphire dar; auch fanden sich grüne Krystalle, die ihre Farbe ebenfalls dem Chrom verdankten und die dem in der Natur nur höchst selten vorkommenden orientalischen Smaragd entsprachen. Das Chrom vermag also wahrscheinlich in drei verschiedenen Verbindungen als färbende Substanz aufzutreten. Statt Fluoraluminium allein kann man ein Gemenge mit Fluorberyllium anwenden, wodurch man Chrysoberyll oder Smaragd erhält.

Bedingungen der Herstellung großer, zu Schmucksteinen geeigneter Krystalle sind ein allmähliges Erhitzen der zu verflüchtigenen Körper, dann gleichmäßige Erhaltung der höchsten Temperatur, die aber nie höher gesteigert werden darf, als zur langsamen Verdunstung gerade erforderlich ist, um eine nie unterbrochene, aber immer nur in geringen Mengen statthabende Ausscheidung der Edelsteinmasse zu unterhalten, endlich das Arbeiten mit möglichst großen Quantitäten. Es dürfte sich vielleicht auch noch vortheilhaft erweisen, die Vorsäure einestheils sowie die Fluorometalle andernteils in gesonderten Gefäßen zu erhitzen und in einer gemeinsamen Vorlage, in welche man die Dämpfe leitet, erst die gegenseitige Einwirkung vor sich gehen zu lassen, da die Hitze- grade der Verflüchtigung für die verschiedenen Substanzen verschieden sind.

Wichtiger aber als die künstlichen Rubine, Saphire und Smaragden sind zur

Zeit noch die Thonerdesalze, unter denen der Alaun die erste Stelle einnimmt. Wir kommen bei einer späteren Gelegenheit noch ausführlicher auf seine Darstellung und Verwendung zu sprechen. Wenn man eine Auflösung von reinem Alaun mit Aetzkali vermischt, so treibt dieses die Thonerde aus ihrer Verbindung mit Schwefelsäure als einen weißen, voluminösen Niederschlag aus. In einem Ueberschuß von Kalilauge ist dieser Niederschlag wieder auflöslich. Er besteht aber nicht aus bloßer Thonerde, dieselbe ist vielmehr in ihm mit Wasser verbunden; er ist sogenanntes Thonerdehydrat, welches man durch starkes Glühen wasserfrei machen kann.

**Das Aluminium.** Nachdem Davy die Alkalien als Verbindungen eigenthümlicher Metalle mit Sauerstoff erkannt und Kalium und Natrium aus dem Kali und Natron dargestellt hatte, schloß man mit Recht auch auf Metalle in den Erden und es lag nahe, nach demjenigen Metall zu forschen, von dem man wußte, ohne daß man es aber je gesehen hatte, daß es in der Thonerde enthalten sei.

Die Darstellung des Aluminium (von alumina, die Thonerde, alumen lateinische Benennung des Alaun) gelang zuerst dem deutschen Chemiker Wöhler, der in den zwanziger Jahren bereits ein Verfahren angab, nach denen dasselbe aus seinen Verbindungen abzuscheiden sei, und welches von Deville zu Anfange der fünfziger Jahre ohne Aenderung noch befolgt wurde. Nach diesem Verfahren wurde von den Chemikern dann und wann die Bereitung des Aluminiums als ein Experiment in den Laboratorien vorgenommen. Natürlich stellte man nur immer sehr geringe Quantitäten her, denn die bekannt gewordenen Eigenschaften des neuen Körpers ließen von einer großartigeren Gewinnungsweise weder für die Wissenschaft noch für die Praxis etwas Erhebliches hoffen.

Als aber der schon genannte französische Chemiker St. Claire-Deville in Paris große Quantitäten eines silberweißen Metalles, welches in vielen seiner Eigenschaften von den übrigen Metallen auf eine so merkwürdige Weise abstach, daß es schon dadurch dem großen Publikum höchst merkwürdig werden mußte, aus der allgegenwärtigen und überall umsonst zu habenden Thonerde darstellte, da jubelte die ganze Welt über „das neue Metall“ und gab sich, durch die überschwänglichen Schilderungen der unkundigen Presse aufgeregt, mit Entzücken den hochfliegendsten Träumereien hin, nicht ahnend, daß ihm etwas längst Bekanntes aufgetischt worden sei. Nie hat man den Thon mit größerem Respekt betrachtet, als da man erfuhr, daß derselbe ein Erz sei, aus dem man wie aus den Eisenerzen ein Metall herauszuschmelzen könne, welches dem Silber den Rang als Edelmetall abzulaufen vollständig befähigt sein sollte.

In was sich Deville's Arbeit von der Wöhler's unterschied, das war, ganz abgesehen noch davon, daß der Gedanke, die Erfindung dem deutschen Forscher gebührt, weiter nichts als die größere Menge Aluminiums, welche jetzt dargestellt worden war. Dazu aber gehörte weiter nichts als Geld. Und dies hatte die französische Regierung geschafft, welche Deville in den Stand setzte, seinen Versuchen die größte Ausdehnung zu geben, denn die grande nation sah im Geiste die ganze herrliche Armee schon in blitzenden Aluminiumhelmen und Aluminiumkürassen, und sich als die Schöpferin einer epochemachenden Industrie, an welcher alle Zweige des menschlichen Wohlbefindens dankbar partizipiren dürften.

Nun haben sich jene anfänglichen Schwärmereien, welche auch in dem echo'enden Deutschland einen lauten Nachklang fanden, im Laufe der Zeit allerdings, wie die vorurtheilsfrei Blickenden voraussahen, sehr abgekühlt, sodaß man jetzt kaum mehr davon bemerkt, als dann und wann eine ephemere Zeitungsnotiz über eine versuchte neue Anwendung; indessen hat die Sache die Gemüther doch zu viel bewegt und der Name Aluminium ist zu lange Stichwort gewesen, als daß wir nicht an dieser Stelle das



Hauptfächlichste über seine Darstellung, Eigenschaften und Verwendung zusammenstellen sollten.

Um das Aluminium aus seinen Verbindungen abzuscheiden, verfolgt man dasselbe Prinzip, welches bei der Gewinnung des Eisens aus seinen Erzen angewendet wurde; das heißt, man macht das Metall frei, indem man einen Körper auf die Thonerde einwirken läßt, der eine größere Verwandtschaft zum Sauerstoff derselben hat als das Aluminium. Ein solcher Körper ist nun das Kalium, jenes leichte Metall, welches Davy zuerst aus dem Kali dargestellt hat; es verbindet sich so begierig mit dem Sauerstoff, daß es für sich nicht an der Luft liegen kann, ohne sich zu entzünden; selbst unter Wasser verbrennt es, indem es das Wasser zersetzt und sich den Sauerstoff desselben aneignet; seine Verwandtschaft zu Chlor, Fluor u. s. w. ist nicht minder groß. Man könnte nun die Thonerde direkt durch das Kalium zersetzen, indessen hat es schon Wöhler praktisch für vortheilhafter gefunden, statt derselben das Chloraluminium anzuwenden, und in neuerer Zeit ist durch Rose in Berlin das Fluoraluminium an dessen Stelle getreten, dessen Vereitung nur geringe Umstände macht, da es schon ziemlich rein in einem in Grönland massenhaft vorkommenden Minerale, dem Kryolith, enthalten ist. Man schichtet, gleichviel welche von beiden Verbindungen man nimmt, dieselbe mit Kalium in einem Tiegel, sodas abwechselnd stets eine Lage Kalium auf eine Lage der Aluminiumverbindung folgt. Das Gemenge wird allmählig erhitzt. Schon bei ziemlich niedriger Temperatur fängt das Kalium an zu schmelzen und zersetzt sogleich die nächsten Partien des Salzes, indem es sich z. B. bei Chloraluminium mit dem Chlor zu Chlorkalium verbindet, das Aluminium aber frei macht, welches man als graues Pulver beim Auflösen der geschmolzenen Masse in Wasser auf dem Boden des Gefäßes findet. Der chemische Prozeß, der bei dieser Zersetzung vorgeht, ist so energisch, daß die ganze Masse in die heftigste Glühhitze geräth und man deshalb auch Sorge zu tragen hat, daß der Tiegel nicht zersprengt wird.

Genau nach diesem von Wöhler angegebenen Verfahren stellte 1853 Deville sein Aluminium her. Späterhin sind einige Abänderungen getroffen worden, die aber das Wesentliche nicht berühren. Anstatt des Kaliums wandte man das ganz analog sich verhaltende Natrium zur Zersetzung an. Nach anderer Richtung hin versuchte man die kostspieligen leichten Metalle ganz zu umgehen, indessen ist zur Zeit ein praktischer Erfolg noch nicht erreicht worden. Die Aluminiumtechnik verarbeitet immer noch Metall, welches durch Reduktion mit Natrium gewonnen wird. Bei der Anwendung von Chloraluminium im Großen, das man sich erst auf ziemlich mühsame Weise herzustellen hat, setzt man demselben, um seine Flüchtigkeit in hoher Temperatur zu verringern, Kochsalz zu. Dieses Gemisch wird zu 10 Theilen mit 5 Theilen Kryolith, der als Flußmittel dient, vermenget, dann mit 2 Theilen Natrium auf die glühende Herdsohle eines Flammenofens gebracht und hier so lange der Einwirkung einer starken Hitze ausgesetzt, bis das Ganze eine ruhig schmelzende Masse bildet. Diese wird sodann durch ein Stichloch abgezogen, so daß zuerst die Schlacke und hierauf erst das Aluminium fließt; das letztere reinigt man von eingemengten Schlackentheilen durch Umschmelzen in Graphittiegeln.

Die Herstellung eines reinen Chloraluminiums verlangt eine ganz reine Thonerde und für die Aluminiumindustrie war daher das Auffinden eines Mineralcs, welches dieselbe enthält, von Wichtigkeit. Ein solches wird im Var (Gebirgspas von Ollioules bei Toulon) bergmännisch gewonnen und besteht in der Regel aus 60 Prozent Thonerde, 25 Prozent Eisenoxyd, 3 Prozent Kieselcrde und 12 Prozent Wasser.

Statt des Chloraluminiums kann man auch gleich fein pulverisirten Kryolith anwenden, den man mit entwässertem Kochsalz und Natrium in großen gußeisernen

Schmelztiegeln schichtet und in einem guten Ofen bis zum völligen Schmelzen der Masse erhitzt. Das reduzierte Aluminium sammelt sich am Boden an.

**Eigenschaften des Aluminiums.** Das auf eine oder die andere Art nun gewonnene Aluminium ist ein Metall von silberweißer Farbe, die es aber nur in ganz reinem Zustande besitzt und auch dann nicht dauernd behält. Gewöhnlich erscheint es mit einer Oberfläche, welche der Farbe nach zwischen dem Platin und Zinn steht. Es ist nur  $2\frac{1}{2}$ mal so schwer wie das Wasser, gleich große Stücke sind also 5mal leichter als silberne und 7mal leichter als goldene. In Bezug auf seine Festigkeit ähnelt es in gegossenem Zustande dem Messing; es ist ziemlich zähe, läßt sich hämmern, walzen und zu Draht ausziehen. Ebenso kann man es pressen und treiben, wobei es aber zweckmäßig ist, sich eines Firnisses aus Terpentinöl und Stearin zu bedienen; mit dem man das Metall überzieht. In seinem chemischen Verhalten zeigt es eine große Verwandtschaft zum Sauerstoff, weshalb es auch in der Natur nie gediegen gefunden wird und in regulinischer Form eine große Unbeständigkeit den Einwirkungen chemischer Reagentien gegenüber zeigt. Von ganz reinem Wasser wird es nicht angegriffen, wol aber von alkalischen Flüssigkeiten, und es löst sich unter Wasserstoffentwicklung sehr leicht, wenn im Wasser eine freie Säure enthalten ist, mit der sich die Thonerde verbinden kann. Konzentrierte Säuren greifen es weniger an. Man hat diesen letzteren Umstand immer in erster Reihe hervorgehoben, um auf die vollständige Unzerstörbarkeit des Metalles hinzuweisen. Eben so gut könnte man aber das Eisen ein beständiges Metall nennen, weil man aus eisernen Retorten unbeschadet die stärksten Säuren destilliren kann, während es doch im Freien eine Beute des Wassers und der Luft wird.

**Aluminiumtechnik.** Was kann man nun von einem Metall erwarten, das von schwachen Alkalien sowol als von Säuren angegriffen wird, da es ja kaum eine Flüssigkeit giebt, die nicht hinlänglich saurer oder alkalischer Natur wäre, um die äußere, schöne Oberfläche des Aluminiums sehr bald zu zerstören oder es in seiner ganzen Masse allmählig aufzulösen. Thee, Wein, Bier, Kaffee, alle Fruchtsäfte sind Vernichtungsmittel, selbst der Schweiß muß ihm seine Politur nehmen, indem er Aluminiumschmuck oberflächlich angreift und die Bildung ganz gewöhnlicher Thonerde veranlaßt. Wäre also auch die Farbe des Aluminiums eine viel schönere, als sie in der That ist, und könnte man ihm auch die höchste Politur geben, es würde dieser seiner leichten Angreifbarkeit wegen doch nicht im Stande sein, das Silber in der Reihe der schmückenden Metalle zu ersetzen. Durch die anfänglichen Klagen angestachelt, hat zwar besonders die französische Industrie sich die Verarbeitung des Thonerdemetalles angelegen sein lassen und es bestehen gegenwärtig drei Fabriken, in denen Aluminium im Großen erzeugt wird: eine zu Nanterre bei Paris (Morin & Co.), eine zu Salindres (Merle & Co.) und eine in Amfre-ville-la-mie-Boie bei Rouen. England besitzt zu Newcastle-on-Tyne eine Aluminiumfabrik (Gebrüder Bell). Dies dürften zur Zeit die einzigen Bezugsquellen für das Metall sein, von welchem man vor kaum 10 Jahren einen so ungemainen Einfluß erwartete.

Durch die Darstellung im Großen ist der Preis des Aluminiums, welcher 1856 für das Zoltpfund noch 400 Thaler betrug, allerdings wesentlich gesunken, so daß man jetzt das Pfund für 16 Thaler kaufen kann; allein für die Zwecke, zu denen sich das Metall vielleicht mit wirklichem Nutzen verwenden ließe, ist es immer noch zu theuer.

Wenn wir als eine Uebersicht über die aus Aluminium darstellbaren oder vielmehr dargestellten Artikel den Bericht über die letzte Londoner Industrieausstellung ansehen, so finden wir, daß es eine Hauptverwendung in der Bijouterie gefunden hat. Brochen, Knöpfe, Nadeln, Rämme, Armbänder, Medaillen, Stockgriffe, Setons, Spernglaseröhren, Filigranarbeiten, Spizen, Treppen und dergleichen Gegenstände sind

vielfach daraus gearbeitet und in diesen tausenderlei Formen ist es auch in das Publikum gebracht worden; es giebt, neben Gold gestellt, einen recht hübschen Effekt, besonders wenn seine Oberfläche matt gehalten und ziselirt ist. Allein die Liebhaberei an solchen Dingen dauerte nur so lange, als die Sache neu und in Aller Munde war.

Die einzige Eigenschaft, durch welche das Aluminium sich zu einer praktisch wichtigen Verwendung qualifiziren könnte, ist seine große Leichtigkeit. Ihr verdankt es auch die Einführung in die französische Armee, denn wenn auch nicht Helme und Kürasse, so sind doch eine Anzahl der Adler, welche die Regimenter als Standarten führen, aus Aluminium angefertigt worden. Seiner Leichtigkeit wegen schlug man vor, das Aluminium als Münzmetall zu verwerthen, weil man hoffte, die Falschmünzerei dadurch unmöglich zu machen. Dies ist jedoch eine Selbsttäuschung; denn es ist nichts leichter, als einem Körper von einer bestimmten Größe ein geringeres spezifisches Gewicht zu geben, man darf ihn nur hohl machen oder mit spezifisch leichteren Substanzen ausfüllen. Dagegen ist es absolut unmöglich, durch irgend welche Kunststücke den spezifisch schwersten Körper durch einen andern zu ersetzen, und wenn es sich um die Herstellung von Münzen handeln sollte, welche den Falschmünzern das größte Kopfzerbrechen machen, so wäre jedenfalls das Iridium dazu das geeignetste Material, denn dasselbe übertrifft in seinem spezifischen Gewicht das Platin noch um 3, das Gold um 4,5.

**Legirungen.** Hat man nun solchergestalt vom Aluminium an sich wenig zu hoffen, so ist demselben doch am Ende nicht alle Hoffnung auf größere zukünftige Anerkennung abzuschneiden. Was das reine Metall nicht zu erringen vermochte, das vermögen vielleicht seine Verbindungen mit andern Metallen. Das Aluminium geht sehr leicht Legirungen mit andern Metallen ein und namentlich sind diejenigen mit Kupfer durch Eigenschaften ausgezeichnet, welche ihnen das Interesse der Metallarbeiter zuwenden dürften. Eine Legirung von 90 Prozent Kupfer und 10 Prozent Aluminium hat eine goldgelbe Farbe, die sich an der Luft sehr schön erhalten soll, weswegen davon auch zu Schmuckartikeln als Imitation des Goldes Anwendung gemacht worden ist. Eine schönfarbige, feinkörnige und durch Härte, Dehnbarkeit und Gußvollkommenheit hervorragende Bronze erhält man aus 1 Theil Aluminium, 96 Theilen Kupfer und 4 Theilen Zinn. Legirungen von 90, 92½ oder 95 Theilen Kupfer und beziehentlich 10, 7½ oder 5 Theilen Aluminium sollen sehr günstige Eigenschaften, besonders große Härte besitzen, wie daraus hervorgeht, daß aus der Bronze (90:10) in der Fabrik Christofle in Paris ein Zapfenlager für eine Polirscheibe angefertigt wurde, die in der Minute 2200 Umdrehungen zu machen hatte, welches Lager 18 Monate in Gebrauch blieb, während alle früher angewandten Metallkompositionen im günstigsten Falle nur drei Monate aushielten.

Die Aluminiumtechnik — so weit von einer solchen noch die Rede sein kann — befindet sich fast ausschließlich noch in den Händen der Franzosen und es ist kein geringes Lob für dieselben, daß es ihnen durch ihre geschmackvollen Formen gelungen ist, einen Stoff noch wohl oder übel über dem Wasser zu erhalten, dessen eignes Wesen eine besondere Berücksichtigung nicht beanspruchen kann.

**Das Magnesium.** Wie das Aluminium lange Zeit bekannt war, ehe es im großen Leben seine Rolle zu spielen begann, so hat auch das Magnesium, bereits 1829 von dem französischen Chemiker Bussy aus der Magnesia oder Talkerde dargestellt, erst in den letzten zwei Jahren die Aufmerksamkeit der großen Welt auf sich zu ziehen vermocht, und zwar in ganz eigenthümlicher Weise als Leuchtmaterial.

Wenn wir an das Ende einer stählernen Uhrfeder ein Stückchen brennenden Schwamm heften und sie damit in reinen Sauerstoff bringen, so verbrennt das Eisen

unter prachtvollem Funkenprühen. Verdampfendes Zink läßt sich schon in freier Luft entzünden und brennt mit blendender Flamme; Kalium und Natrium zersetzen sogar das Wasser und verbrennen mit brillantem Licht in dem freiwerdenden Sauerstoff.

Von allen den genannten Metallen aber entwickelt keines einen so intensiven Glanz bei seiner Verbrennung wie das Magnesium, dessen Darstellung mit der des Aluminiums im Wesentlichen übereinstimmt. Ein Draht von der Dike eines starken Pferdehaares, an einer Kerze entzündet, bewirkt ein so starkes Licht, als es 70 auf einen einzigen Punkt konzentrierte Paraffinkerzen nicht hervorzubringen vermöchten; dabei verbrennt in einer Minute etwa ein Meter dieses Drahtes. In Folge der Verbrennung entsteht aus dem Metall Magnesia, jene leichte weiße Substanz, die in den Apotheken als nihilum album, weißes Nichts, zu bekommen ist, und der wir in verschiedenen Edelsteinen, dem Spinell, Hyazinth, Chrysolith u. s. w., schon begegnet sind.

Die ungemeine Intensität dieses Lichtes, welchem sich nur das elektrische Licht sehr starker Batterien an die Seite stellen kann, hat die Theilnahme des technischen Publikums auf sich gezogen und trotz des hohen Preises ist man eifrig bestrebt, seine Verwendung zu verallgemeinern, um dadurch rückwirkend die Herstellungskosten des Metalles zu verringern. Man will es namentlich für Leuchttürme sowie für manche Zwecke der Photographie in Anwendung bringen; überhaupt tritt aber hier wie bei der elektrischen Beleuchtung der Umstand in den Vordergrund, daß es nur da seine zweckmäßigste Ausnutzung erfahren kann, wo große Lichtmassen für eine kurze Zeit auf einen einzigen Punkt konzentriert werden sollen. Zur Straßenbeleuchtung dürfte sich das Magnesiumlicht deswegen eben so wenig eignen wie das elektrische Licht.

Das Magnesium selbst ist ein silberweißes, mattglänzendes Metall, welches schon bei gewöhnlicher Rothglühhitze schmilzt. Es ist noch leichter als das Aluminium, denn sein spezifisches Gewicht beträgt nur 1,743. Mit andern Metallen läßt es sich in mannichfachen Verhältnissen zusammenschmelzen und diese Legirungen scheinen für seine Verwendung als Leuchtkörper Vortheile zu bieten. Denn da das Pfund metallisches Magnesium zur Zeit noch gegen 150 Thaler kostet, so dürften Metalle wie Zink (welches, zu 1 Theil mit 2 Theilen Magnesium legirt, die Flamme nur etwas bläulich färbt, ohne ihr an Stärke Etwas zu rauben) als Verwohlfeuerungsmittel sehr willkommen sein. Eine Legirung von 1 Theil Zink und 3 Theilen Magnesium giebt eine grüne, 1 Theil Strontium mit 2 Theilen Magnesium eine prachtvolle rothe Flamme.

In Amerika hat sich Zeitungsnachrichten zufolge eine Magnesium-metal-Company gebildet, um das Metall in großen Massen herzustellen, und behufs der Ausrüstung des Unions-Blockadeschwaders mit diesem neuen Leuchtkörper sollen bereits bedeutende Mengen fabrizirt worden sein.

Wie weit sich die excentrischen Hoffnungen realisiren werden, welche die Welt, wie jedem Neuen, auch dem Magnesium entgegenbringt, müssen wir der Zukunft überlassen. Möglich, daß wir in einer neuen Auflage des Buchs der Erfindungen einen Einfluß des neuen Lichtes noch zu konstatiren haben werden; wahrscheinlicher aber, daß es dem Magnesium sehr bald wie seinem Schwestermetall, dem Aluminium, ergeht, welches nur noch ein wissenschaftliches und für das gewerbliche Leben ein historisches Interesse hat.



Weh' dem, der zu sterben geht  
 Und keinem Liebe geschenkt hat —  
 Ein Krug, der zu Erben geht  
 Und keinen Durst'gen getränkt hat.  
 Rückert.

## Töpferwaren und Porzellan.

Geschichtliches über die Töpferkunst in Aegypten, Griechenland, Italien (Etrurien), China. Die Rohmaterialien des Töpfers. Ziegelbrennerei. Thonpfannen. Die Gefäßfabrikation. Behandlung des Thones. Formen auf der Drehscheibe und in Gyps. Die Glasur. Majolika oder Fayence. Geschichte dieses Kunstzweiges. Palissy. Josiah Wedgwood. Steinzeug und Passauer Schmelztiegel. Das Porzellan. Geschichte desselben. Bei den Chinesen. Seine Erfindung durch Bötticher und Schirnhäusen. Meißen. Ausbreitung der Fabrikation. Wien. Frankenthal. Sevres u. s. w. Die Fabrikation des Porzellans. Formen. Glasiren. Brennen. Malen und Vergolden.

Wir haben in der Einleitung zum ersten Bande dieses Werkes (S. 85 bis 90) bereits auf die Bedeutung hingewiesen, welche die Gefäß-

industrie für das Kulturleben der Welt hat, ohne uns dort eingehender mit den Einzelheiten dieses wichtigen Gegenstandes zu beschäftigen. Jetzt bietet sich uns dagegen

im systematischen Verlaufe unserer chemischen Betrachtungen Gelegenheit, den bei weitem wichtigsten Theil dieses Kapitels in's Auge zu fassen, denn es kann weder die Herstellung von Gefäßen aus Holz, Leder oder aus den natürlich vorhandenen Schalen der Früchte, aus Muscheln u. s. w., noch die aus Metallen, ja selbst nicht die Benutzung des Glases zu den in Rede stehenden Zwecken eine nur annähernd so hervorragende Stellung beanspruchen, wie die Verarbeitung des Thones.

Wie weit dieselbe, die Kunst der Töpferei, in das Alterthum zurückgeht, darüber sind uns nur sehr mangelhafte Nachweise möglich zu geben. Wissen wir doch kaum zu bestimmen, wie viele Jahrtausende die ersten geschichtlichen Ueberlieferungen der alten Kulturvölker hinter uns zurückliegen; um wie viel schwieriger müssen die Versuche sein, den bei weitem früheren Zeitpunkt nachzuweisen, wo sie die ersten Staffeln einer Technik, wie sie die Töpferei ist, erstiegen, welche für Erfordernisse der ursprünglichsten Art arbeitet. Tief unter dem langsam sich absetzenden Schlamme des Nil sind glafirte Thonscherben hervorgegraben worden, die, wenn anders die Rechnung aus der Dicke der Schlammschicht und des alljährlich sich absetzenden Niederschlages richtig ist, vor mehr als 13,000 Jahren gebrannt worden sein müssen. In den alten Pfahlbauten, deren Ueberreste neuerdings in großer Zahl entdeckt worden sind, hat man Scherben von Thongefäßen aufgefunden, ja die Anhäufung derselben zu langhin

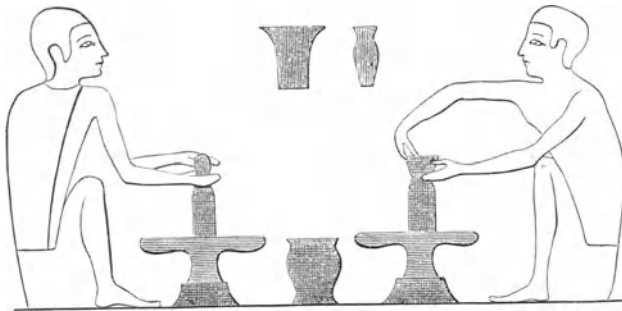


Fig. 96. Altägyptische Töpfer an der Scheibe arbeitend.

sich ziehenden massenhaften Bänken giebt der Vermuthung Grund, daß schon damals die Herstellung von Geschirren über den persönlichen Bedarf hinaus in fabrikmäßiger Weise betrieben worden ist.

Welcher Art freilich diese Herstellung in jener Kulturperiode war, darüber stehen uns viel mangelhaftere Andeutungen nur

für die Schlußfolgerung zu Gebote. Es belehren uns aber über diese Fragen schon die ältesten Dokumente, welche uns die Zeit entzifferbar aufbewahrt hat. Auf ägyptischen Basreliefs finden wir wiederholt die Abbildungen der verschiedenen Manipulationen, welche bei der Bearbeitung des Thones eine Rolle spielen. Wir sehen den rohen Thon mit Füßen kneten, damit er plastischer werde; Erzeugnisse verschiedener Formen werden, theils aus freier Hand, theils auf der Töpferscheibe daraus gebildet (Fig. 96) und die daneben dargestellten Geräthe lassen schließen, daß dieselben Handgriffe, wie heute, auch schon damals angewendet wurden. Andere Figuren zeigen uns das Brennen, die Gestalt der Ofen, das Einsetzen der Geschirre in dieselben, das Entleeren, ja sogar die rothe Farbe der altägyptischen Thongeschirre.

Daß die Israeliten ebenfalls schon in den frühesten Zeiten die Kunst der Töpferei verstanden, das beweisen zahlreiche Beziehungen, welche die bilderreiche Sprache des alten Testaments benutzte; so ist im Sirach die Stelle zu finden:

Also ein Töpfer, der muß bei seiner Arbeit sein und die Scheibe mit seinen Füßen umtreiben und muß immer mit Sorgen sein Werk machen und hat sein gewisses Tagewerk.

Er muß mit seinen Armen aus dem Thon sein Gefäß formiren und muß sich zu seinen Füßen müde bücken.

Er muß denken, wie er es fein glasure, und früh und spät den Ofen fegen.

Wenn auch nicht mit den ersten Anfangsgründen, denn auf diese kommt naturgemäß jedes Volk von selbst, so sind doch höchst wahrscheinlich die Griechen durch die Aegyptier mit den Vervollkommnungen der Töpferkunst bekannt gemacht worden. Zu Homer's Zeiten gab es auf der Insel Samos Töpferciern, welche eine große Berühmtheit besaßen, sodaß der blinde Sänger dieselben durch ein Gedicht verherrlichte, welches die Meinung hervorrufen könnte, als sei es durch den Besuch eines großen Etablissements der Neuzeit veranlaßt worden, so übereinstimmend sind die darin geschilderten Verfahren mit dem heutigen. Außerdem sind uns die Namen vieler der bedeutendsten griechischen Töpfer aufbewahrt geblieben, so des Dibutades von Sikyon, dessen Gefäße in Menge nach Korinth gebracht wurden; wann er lebte, ist unbekannt; Koröbus von Athen um 1500 vor Christo; Talos, der Sohn des Perdix und Nefte des Dädalus; Therikles von Korinth, nach welchem eine Sorte Vasen den Namen erhielt u. s. w. Uebrigens griffen auch andere Kunstzweige fruchtbar in das Töpfergewerbe ein und es erschien einem Phidias, Polyklet, Myron u. A. nicht zu gering, Zeichnungen für die Werke der Töpfer zu entwerfen. Wie alle Bildung und Kunstfertigkeit, so nahm auch die Gefäßkunst ihren Weg von Griechenland nach den südlichen Theilen Italiens, um von hier aus in den Lebensorganismus des römischen Reiches überzugehen.

Zwar mag auch in den dortigen Landschaften lange vorher schon eine eigenthümliche Kultur bestanden haben, auf die Ausbildung der fruchtbaren Zweige aber wurde der von Griechenland ausgehende sonnigbelebende Hauch von der wesentlichsten Förderung. Die charakteristischen Formen etruskischer Bildnerci erlangen durch den Einfluß griechischer Muster eine wunderbare Verschönerung. Durch die Sitte der Alten, Aschenkrüge und Urnen in die Grabstätten zu setzen, ist uns ein großes Material für die Beurtheilung des damaligen Geschmacks und der technischen Fähigkeiten, demselben gerecht zu werden, überliefert und durch ausgedehnte Ausgrabungen zugänglich gemacht worden. Betrachten wir die in Museen und Sammlungen vereinigten Gefäße, Urnen, Lampen, Aschen-, Henkelkrüge, Vasen u. s. w., so müssen wir über den Reichthum der Formen und ihrer unübertrefflichen Schönheit nicht minder als darüber erstaunen, daß alle Erzeugnisse der Kunstgewerbe damaliger Zeit von einer Reinheit, von einer Naivetät und doch von einer Harmonie in allen Zweigen der Geschmacksrichtung Zeugniß ablegen, welchen sich wieder zu nähern auf dem Wege der Absicht und Spekulation unserer Tage kaum möglich sein dürfte. Wir geben in Fig. 97 und 98 die Abbildung eines der berühmtesten Werke etruskischer Töpferkunst, die nach



Fig. 97.

Die Base des Argefilans. Werk eines etruskischen Töpfers (500 v. Chr.).

dem Gegenstande ihrer Malerei sogenannte Vase des Argesilaus, und zwar zeigt uns Fig. 97 die innere Malerei, Fig. 98 die äußere Form und Zeichnung. Das Kunstwerk hat eine Höhe von etwa 11 Zoll, einen Durchmesser von gegen 12 Zoll und befindet sich in der kaiserlichen Bibliothek zu Paris.

In Rom standen zu Plinius' Zeiten besonders die 'Erdenwaaren aus Tralles in Sydien, Erhythrä in Jonien, Adria in Oberitalien, Regium und Cumä in Unteritalien in hohem Ansehen. Die Henkelkrüge von Kos waren so geschätzt, daß sie die Patrizier an ihre Klienten vertheilten, wenn sie bei besonderen Gelegenheiten deren Gunst sich sichern wollten. Das Material, aus welchem alle diese Gefäße hergestellt waren, bestand aus einem farbigen, rothen oder rothbraunen Thone und die Malerei meist nur aus einer schwarzen Zeichnung auf der natürlichen Farbe des Grundes. Wenn mehrere Gefäße dieselbe Malerei erhalten sollten, so erleichterte man sich die Arbeit, indem man die Zeichnung in Papier ausschchnitt, diese Schablone um das Thongeschirv legte und dasselbe in den flüssigen Farbstoff tauchte. Alle ausgeschrittenen Stellen des Papiers ließen auf dem Gefäß sich Farbe absetzen, während die übrigen Partien ihre ursprüngliche Grundfarbe behielten.

Es ist bekannt, daß in alten slawischen Gräbern in Deutschland, Polen und Rußland ebenfalls irdene Gefäße in großer Zahl gefunden werden, und die völlig eigenthümlichen Formen derselben beweisen zur Genüge den selbständigen Entwicklungsgang, den die Töpferkunst bei diesen Völkern genommen hat.

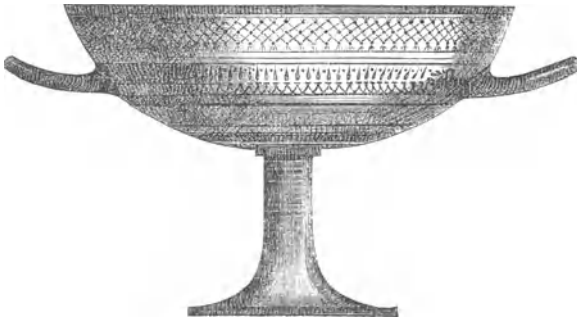


Fig. 98.

Die Vase des Argesilaus. Innere Malerei.

Obwol schon in dem Seite 262 angeführten Ausspruche Strach's der Glasur Erwähnung geschieht und auch altägyptische Scherben

von glasiertem Thon gefunden worden sein sollen, so scheinen doch die aufgeschmolzenen Ueberzüge, die man den Erdenwaaren geben lernte und wodurch man sie dauerhafter und für Flüssigkeiten undurchdringlich machte, eine Erfindung zu sein, die nur bei einzelnen Völkern gemacht worden war und sich nicht allgemein verbreitete. Vielleicht bestand sogar die alte Glasur nur in einem Ueberzuge von Harz oder dergleichen, wie ihn heute noch manche Stämme in Südamerika ihren Thongeschirren geben, um denselben die Porosität zu nehmen. Die in Deutschland ausgegrabenen Gefäße sind von unglasirter Masse. Die Griechen und Römer aber lernten Glasur und Farben einschmelzen und die Schmelzmalerei war in Italien bereits zur Zeit des Porzenna einheimisch. Die Malerei wurde immer unter der Glasur angebracht; die bereits aufgeschmolzene Glasur zu bemalen, soll erst zu Ende des 14. Jahrhunderts von dem Florentiner Lucca della Robbia erfunden worden sein. Viel weiter noch zurück als im Abendlande reicht die nachweisbare Erfindungsgeschichte der Töpferei bei den Chinesen. Schon zu den Zeiten des Kaisers Hoang-Ti, welcher um 2650 vor Christo regierte, gab es große kaiserliche Töpfereien und angestellte Oberaufsichtsbeamte über dieselben. Indessen wollen wir uns bei den Erfindungen des auserwählten Volkes der Mitte nicht besonders aufhalten, da uns hierzu das Porzellan noch bessere Gelegenheit darbieten wird. Vielmehr wollen wir, da sich die einzelnen Vervollkommnungen der Kunst





nicht genügend ohne einen Einblick in den technischen Theil verstehen lassen, uns eine Bekanntschaft zu verschaffen suchen mit dem Wesentlichen der Töpferei bezüglich der Stoffe, welche sie verarbeitet, der Methoden, nach denen dies geschieht, und schließlich der Produkte, die sie auf solche Weise hervorbringt.

Das Rohmaterial der Töpferei ist der Thon und die ganze Kunst, mag sie nun in der Herstellung von Ofenscheln bestehen, oder in der Erzeugung der künstlichsten Werke, wie sie die Porzellanmanufaktur in Meissen oder Sevres hervorbringen, ja sogar die Fabrikation von Ziegeln und gebrannten Steinen beruht in gleicher Weise auf der Eigenschaft des Thones, in großer Hitze in einen Zustand beginnender Schmelzung zu gerathen, wodurch seine Theilchen an einander haften und die innere Masse Härte und Festigkeit erwinnt. Wir haben im vorigen Abschnitte, wo wir den einen Hauptbestandtheil des Thones, die Thonerde, gelegentlich der Darstellung künstlicher Edelsteine zu betrachten hatten, schon gesehen, daß diese Erde an sich so gut wie unerschmelzbar ist; in Verbindung mit Kieselsäure, als kiesel-saure Thonerde, wird sie in der Hitze weich und diese Eigenschaft läßt sich durch Zusatz von geeigneten



Fig. 99. Gefäße aus der alten klassischen Zeit.

anderen Substanzen modifiziren, so daß wir für die verschiedenen Zwecke der Töpferei auch verschiedene Gemenge werden verarbeiten sehen. Da der Thon ebenso wie der Lehm Rückstände verwitterter feldspathhaltiger Gesteine sind und diese zum Theil aus Mineralien zusammengesetzt waren, welche Eisen, Kalk, Kieselerde (Quarz), Magnesia und dergleichen Bestandtheile enthalten, so werden sich diese Stoffe, so weit sie unlöslicher Natur sind, auch im Thone wiederfinden können. Die löslichen Bestandtheile, wie Kali, Natron u. s. w., sind dagegen durch das Wasser ausgelaugt worden, welcher Prozeß eben das Wesen der Verwitterung ausmacht.

Nicht alle Thone sind für die Zwecke der Töpferei geeignet. Der beste ist der Porzellan- oder Pfeifenthon, welcher vollkommen eisenfrei ist und beim Brennen daher eine ganz weiße Masse liefert. Je mehr Eisen im Thon enthalten ist, um so mehr sind die daraus gebrannten Gegenstände gefärbt und die Nuancen, welche dabei zum Vorschein kommen, wechseln von dem Bläßgelb gewisser Porzellane bis zu dem Braunschwarz mancher Ziegelforten. Das Eisen übt übrigens nicht nur einen färbenden Einfluß, sondern es ist, ebenso wie der Kalk, das Kali u. s. w., auch gern geneigt,

schmelzbare Schlacken zu bilden, daher Thone, welche diese Bestandtheile in großer Menge enthalten, durchaus nicht zu den feuerfesten gerechnet werden können.

Wenn wir die Thonwaaren im großen Ganzen in's Auge fassen und dazu auch die Erzeugnisse der Ziegeleien rechnen, so können wir Thone von gewissen Eigenschaften noch als recht gut verwendbare bezeichnen, die für die feineren Werke der Gefäßbildnerei durchaus untauglich sein würden.

Die Thone unterscheiden sich zunächst in plastische, bildsame, zu denen der gewöhnliche Töpferthon gehört, und in unplastische, wie die Porzellanerde. Die ersteren sind dadurch charakterisirt, daß sie mittels des Wassers einen ausgezeichneten Schlämmprozess durchgemacht haben, welcher sie von allen fremdartigen gröbereren mineralischen Bestandtheilen, wie Quarzkörner u. s. w., befreit hat. Sie liegen nicht mehr auf der ursprünglichen Lagerstätte ihrer Muttergesteine, vielmehr sind sie von den Fluten weiter geführt und an Stellen, wo die Strömung ruhiger ging, abgesetzt worden. Daher denn auch das feine Gefüge und die konstante chemische Zusammensetzung, welche auf 1 Atom Kieselerde 1 Atom Thonerde und 2 Atome Wasser erkennen läßt; außerdem aber zeichnen sie sich durch einen wechselnden Gehalt an freier Kieselerde und bisweilen durch eine geringe Quantität organischer Beimengungen aus. Sie fühlen sich fettig an und lassen sich im feuchten Zustande in alle möglichen Formen bringen, weswegen sie auch ein sehr geeignetes Material für die Bildhauer und Erzgießer sind, welche ihre Modelle aus ihnen herstellen. Der Luft ausgesetzt verlieren diese Thone ihren Wassergehalt und werden fest, sie erhalten aber ihre Bildsamkeit wieder, wenn sie in Wasser aufgeweicht werden. Werden sie geglüht, so schwinden die reinsten Sorten nur wenig, erhärten aber, ohne zusammenzufintern und dadurch ihre Porosität zu verlieren. Sie werden dabei heller, denn die organischen Bestandtheile, welche die blaue, graue oder schwärzliche Färbung verursachen, verbrennen in der Glühhitze. Minder reine Sorten, vorzüglich solche, welche Eisen, Kalk, Kali u. dgl. enthalten, erweichen in der Glühhitze mehr oder weniger, backen dabei zu einer fast gar nicht mehr porösen Masse zusammen und schwinden in ihrem Volumen oft sehr beträchtlich. Diese Thone eignen sich zur Fabrikation von Gefäßen, in denen Flüssigkeiten aufbewahrt werden sollen (Steinzeugthon), während die vorher erwähnten (die sogenannten Pfeifenthone) dazu nur beschränkte Anwendung finden können. Geht der Gehalt an verschlackbaren Basen über eine gewisse Grenze hinaus, so können die Thonwaaren bei großer Hitze förmlich in Fluß kommen, in diesem Falle treten dann die etwa vorhandenen Metalloxyde, Eisen und Mangan, mit ihrer intensiv färbenden Kraft hervor, wie wir an manchen glasigen, verbräunten Ziegeln beobachten können.

Die mageren Thone, welche im Gegensatz zu den bildsamen fetten nur eine geringe Elastizität besitzen, wie die Porzellanerde, liegen noch an der Stelle, wo sie aus der Zersetzung der feldspathhaltigen Gesteine enthalten sind; sie besitzen daher gewöhnlich auch noch alle übrigen unlösbaren Mineralbestandtheile des ursprünglichen Materials, Quarz u. s. w., in sich, und müssen vor ihrer Verarbeitung erst von denselben durch Schlämmen, Kneten, Auslesen u. dgl. befreit werden. Um ihre Bildsamkeit zu erhöhen, werden sie in der Regel mit fettem Thone versetzt. Für manche Zwecke ist dies jedoch nicht nöthig und Backsteine werden in neuerer Zeit sogar aus ganz trockenem Thone geformt, lediglich durch Anwendung starken Druckes; dadurch wird, weil kein Wasser aus den Ziegeln zu verdampfen ist, viel an Brennmaterial erspart.

Wenden wir uns zu dem einfachsten Zweige der Thonwaarenindustrie, zu der Ziegelfabrikation, jener uralten Erzeugung von künstlichen Bausteinen, welche fast von allen, selbst den unkultivirtesten Völkern, betrieben wird, und von der wir auf ägyptischen Bauwerken Abbildungen, wie z. B. Fig. 100 eine darstellt, finden.

Sie verlangt für ihre Zwecke eine verhältnißmäßig nur geringe Vorbereitung des Rohmaterials. Der durch Ausstechen gewonnene Thon wird mittels Durchsieben von den größeren Beimengungen, Steinen, Wurzelstücken u. s. w., befreit, wenn er zu fett ist, in durch die Erfahrungen festgestellten Verhältnissen innig mit Sand gemischt und sodann ohne Weiteres in die entsprechende Form eingedrückt. Die Formen werden an den Innenwänden mit Wasser benetzt, damit der Thon nicht daran haften bleibt, die geformten Steine aber an der Luft behutsam getrocknet, damit sie nicht reißen, und schließlich bei gesteigerter Hitze gebrannt.

Die Ziegelbrennöfen können sehr verschiedenartig konstruirt sein. Die sogenannten deutschen Brennöfen sind ohne Gewölbe, oben offen und werden, nachdem sie völlig eingefestigt sind, nur mit Ziegelstücken oder Ansen zugedeckt. Sie sind nicht sehr praktisch, denn nicht nur daß bei ihnen ein großer Theil der Hitze nutzlos vergeudet wird, entsteht auch sehr viel Abfall; die obersten Schichten sind häufig ganz unvollkommen gebrannt, während die innen liegenden Schichten oft verbrannt werden. Die holländischen Ofen sind mit einem vollen Zirkelgewölbe geschlossen, sie sollen aber in Betreff der Feuerungsersparniß ebenfalls weit hinter denen zurückstehen, welche mit einem flachen Bogensegment überwölbt sind, da, wie die Ziegelbrenner behaupten, das von dem oberen Gewölbe zurückschlagende Feuer nur bis zu dem Centrum des spannenden Bogens herabgeführt wird. Uebrigens ist für die innere Einrichtung des Ofens die Natur des Brennmaterials von ganz wesentlichem Einfluß und in Gegenden, wo billiges Kohlenklein zu haben ist, kann man jetzt großartige Massenerzeugung von Ziegeln sehen, welche, wie die Verkohlung des Holzes in Meilern, ganz im Freien ohne jede Benutzung eines Ofens geschieht. Es werden dabei die völlig lufttrocknen Steine so übereinander geschichtet, daß jeder Stein von dem andern durch eine dünne Lage Kohlenpulvers getrennt ist; das Ganze wird schließlich äußerlich mit Rasenstücken bedeckt und nur oben werden einige Zugöffnungen gelassen, aus denen die Verbrennungsgase entweichen können. Das



Fig. 100. Gebräuer unter der Aufsicht ägyptischer Wächter Ziegel streichend.

Anzünden geschieht von besonderen Feuerungskanälen aus, die am Boden angebracht und mit trockenem Holze gleich beim Aufbauen des Haufens zugesetzt worden sind. Der Betrieb eines solchen brennenden Haufens ist ganz ähnlich der Meilerverkohlung. Je nach dem Winde und dem Fortschreiten des Brandes werden Zuglöcher geöffnet, sodaß sich das Feuer, welches erst die unteren Schichten ergreift, immer weiter nach oben zieht und allmählig den ganzen Haufen durchglüht. Ein solcher Brand dauert ziemlich lange; dabei schwindet durch das Ausbrennen des Kohlenkleins das Volumen des Meilers und es gehört viel Uebung und Geschick dazu, beim Zusammensetzen sowol als beim nachherigen Abbrennen auf dieses Zusammenfallen der einzelnen Schichten Rücksicht zu nehmen, damit nicht das Ganze regellos in sich einstürze und anstatt gutgebrannter Ziegel nutzlose Bruchstücke liefert.

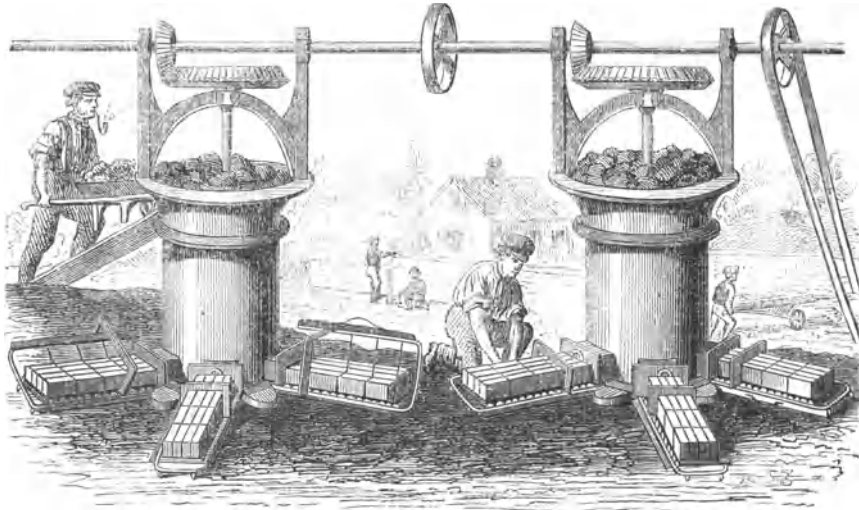


Fig. 101. Maschine zum Formen roher Backsteine.

Das sogenannte Ziegelstreichen, die Anfertigung der Steine aus dem Lehm, erfolgte früher durchgängig mit der Hand. In der Neuzeit aber hat auch hier die Maschinenthätigkeit sich Eingang verschafft. Nicht nur, daß das Durchkneten des Lehmes oder Thones nicht mehr mit den Füßen oder Händen geschieht, sondern mittels eigenthümlicher Quetschwalzwerke, Brechmühlen und anderer Apparate, welche durch Pferdekraft, Mühlräder oder Dampfmaschinen in Bewegung gesetzt werden, so hat man auch das Formen der gehörig vorbereiteten Masse besonderen Maschinenvorrichtungen übertragen. Es ist dadurch nicht nur eine viel raschere Produktion, sondern auch eine viel größere Mannichfaltigkeit der darstellbaren Formstücke ermöglicht worden. Dieselben werden nicht mehr wie bei der alten Methode durch Einzelformen erzeugt, vielmehr wird der plastische Thon mit Hülfe einer starken Presse durch eine Oeffnung gezwängt, welche ihm eine solche Gestalt giebt, daß für die Herstellung der einzelnen Stücke nur ein Durchschneiden nothwendig ist. Für Ziegelsteine kommt die Thonmasse als ein vierkantiges Prisma heraus, für Drainröhren wird sie über einen cylindrischen Dorn gepreßt, gerade wie bei der Herstellung der Bleiröhren geschieht, und die mancherlei Formziegel, deren Erzeugung früher so viele Umständlichkeit im Gefolge hatte, lassen sich auf diese Weise, wo es nur auf die Form der Oeffnung ankommt, mit derselben Schnelligkeit wie gewöhnliche Backsteine gewinnen. Das herausquellende Thonstück wird mittels eines Drahtes oder einer Messerschneide, die von der Maschine

in entsprechenden Intervallen an der Oeffnung vorübergeführt wird, durchschnitten und dadurch jedesmal ein selbständiges Stück isolirt. Ein Formapparat, der gleich eine größere Anzahl von Einzelstücken herstellt, ist in Fig. 101 abgebildet. In den senkrecht stehenden Cylindern wird der Lehm geknetet und durch Oeffnungen am Boden, deren wir bei jedem Cylinder drei erblicken, herausgepreßt; diese Oeffnungen sind durch eingesetzte Schneiden in vier Fächer getheilt. Haben die solchergestalt erlangten Lehmprismen die Länge des Bretes erreicht, über welches sie vorgeschoben werden, so theilt sie ein Arbeiter mittels eines Rahmens, welcher drei, vier oder mehr gleichweit von einander gespannte Drähte enthält, in einzelne Stücke, so daß mit jedem Schnitt deren zwölf, sechzehn oder mehr fertig werden.

Die Thonpfeifen, deren weltgeschichtliche Bedeutung durch die Cigarre einen bedeutenden Stoß erlitten hat, sind ein ganz eigenthümliches Produkt der Thonwaarenindustrie. Trotzdem daß zu ihrer Vollendung eine Anzahl Manipulationen vorgenommen werden und von dem Auskneten des Thones an bis zum letzten Poliren ganze Reihen von Arbeitern sich in die Hände arbeiten müssen, so ist der Preis dieses Artikels doch ein so niedriger, daß nur die großartigste Massenproduktion eine Erklärung dafür geben kann. Der beste Pfeifenthon (Pfeifenerde) muß sehr fein und feuerfest sein und sich in der Hitze ganz weiß brennen. Er wird auf das Sorgsamste geschlämmt, die Pfeife aber aus ihm so geformt, daß man zuerst eine lange, dünne runde Walze herstellt, an deren einem Ende ein größeres Thonklümpchen für den Kopf gelassen wird. Dieser Thoncylinder wird mit einem Drahte der Länge nach durchbohrt und sodann der Kopf in einer zweitheiligen Messingform ausgedrückt, der Draht vollends bis in die Höhlung des Kopfes hineingestoßen, der überschüssige Thon abgeschabt, das Knöpfchen mit dem Fabrikstempel versehen und nun die so weit fertige Pfeife geeignet aufgestellt, damit sie trocknen kann. Das Brennen geschieht in besonderen Oefen, in denen jede Pfeife für sich um eine in der Mitte stehende Säule so arrangirt werden kann, daß sie die andern nicht berührt (Fig. 102); nach dem Brennen werden die besseren Sorten noch mit einem Gemisch von Seife, Wachs und Traganth bestrichen und polirt oder wenigstens mit einem wollenen Lappen glatt gerieben, die gewöhnlichen Sorten nur oberflächlich von den größten Fehlern befreit.

Bei der Fabrikation der Thonpfeifen werden ganz andere Handgriffe und Apparate, Oefen u. s. w. in Anwendung gebracht als bei der Herstellung von Geschirren; es ist deswegen jene auch nicht zu dem eigentlichen Gewerbe der Töpferei mit zu rechnen und wie die Ziegelfabrikation konnte sie von uns hier nur gelegentlich kurz mit erwähnt werden.

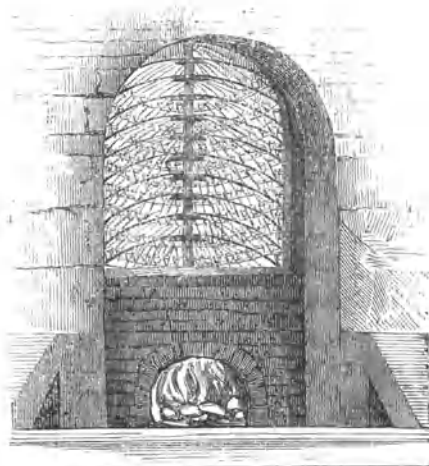


Fig. 102. Brennen der Thonpfeifen.

Fast dasselbe gilt von der namentlich in neuerer Zeit höchst fruchtbar gewordenen Terracotten- und Siderolith-Fabrikation. Terracotta bedeutet nichts Anderes als gebrannte Erde und man bezeichnet mit diesem Namen eine große Zahl verschiedenartiger Produkte, deren Eigenthümlichkeit hauptsächlich in einer trockenen erdigen Masse sowie im Mangel einer feuerbeständigen Glasur besteht. Da die geringe Hitze, welche bei

dem Brande angewandt wird, ein starkes Schwinden nicht hervorbringt, so findet man als Terracotten gewöhnlich plastische Kunstwerke ausgeführt, die in solcher Art eine wenig kostspielige Wiederholung gestatten. Mengt man den Thon mit anderen Bestandtheilen, z. B. mit Chauffestaub, so erhält man Kompositionen, die man zu gewissen Zwecken gut verwenden kann und welche unter dem Namen Siderolith bekannt genug sind. Da die innere Masse gewöhnlich von nicht sehr hervorstechend reiner Farbe ist, so giebt man den Siderolithwaaren sowol wie den Terracotten Anstriche von Farben oder undurchsichtige, farbige Glasuren von sehr leichtflüssiger Natur.

**Gefäßfabrikation.** Wenden wir uns jetzt dem bei weitem wichtigeren Gegenstande, der Gefäßfabrikation zu, so haben wir zwar ein Gebiet vor uns, das nach der Art seiner verschiedenen Erzeugnisse sich als mannichfach gegliedert erweist, welches aber in allen seinen Theilen eine solche Uebereinstimmung des technischen Verfahrens zeigt, daß für das Ganze eine allgemeine Betrachtung Gültigkeit gewinnen kann. Je nach dem angewandten Rohmaterial und seiner Bearbeitung kann man die Töpferwaaren in zwei Klassen theilen, in erdige und gläserne Thonwaaren. Die ersteren bestehen aus nicht feuerfestem Thone, der keine sehr bedeutende Hitze beim Brennen verträgt; sie sind deshalb auch auf dem Bruche von einem matten, glanzlosen Ansehen und vollkommen undurchsichtig. Ihrer großen Porosität wegen müssen sie zu Zwecken, wo diese nachtheilig sein würden, wie z. B. bei der Herstellung von Gefäßen für Flüssigkeiten, oberflächlich mit einer zusammenhängenden Schicht, einer sogenannten Glasur, versehen werden. Diese ist bei den gewöhnlichen Topfwaaren auch eine auf möglichst billige Weise, gewöhnlich nur durch Kochsalz, bewirkt; feineren Waaren aber, wie Steingut und dergleichen Geschirre, wird eine größere Aufmerksamkeit geschenkt, und bei den guten Fayencen, der Majolika u. s. w., wird oft die Glasur zur Hauptsache.

Die gläsernen Töpferwaaren werden am brillantesten durch das Porzellan vertreten. Ihre charakteristische Eigenthümlichkeit besteht in dem Zusammensintern ihrer Masse durch die Hitze, sie erscheinen auf dem Bruche glänzend und mehr oder weniger dicht und sind auch ohne besondere Glasur zur Aufbewahrung von Flüssigkeit tauglich. Neben dem Porzellan haben wir zu ihnen daher diejenigen Steinzeuge zu rechnen, welche aus einer ganz besonders harten, braunen halbgelbten Masse bestehen und die als Bierflaschen, Milchfäße u. s. w. gewiß allen unsern Lesern bekannt sind. Sie sind ungemein hart, jedoch, wenn sie nicht mit großer Behutsamkeit gebrannt und gekühlt worden sind, auch sehr spröde.

Der Thon wird vor seiner Verarbeitung zuerst auf seine Eigenthümlichkeit untersucht und, wenn er dem beabsichtigten Zwecke nicht ganz entsprechen sollte, beziehentlich mit einer fetten oder mageren Sorte vermengt. Diese Mischung knetet man ein, das heißt, man läßt sie einige Zeit an der Luft in Berührung mit Wasser liegen, wol auch frieren, wodurch die organischen Bestandtheile zerstört werden und das Ganze in einen Zustand der Gährung kommt. Hierauf schlämmt man den Thon und knetet oder schneidet ihn, um alle größeren Theile und die Steine daraus zu entfernen. Beim Schneiden wird ein Klumpen Thon auf einem Block aufgesetzt und mit scharfen Klingen werden lauter dünne Blätter heruntergeschnitten; dadurch legt man die kleinsten Steinchen bloß und kann sie entfernen. In größeren Werkstätten benutzt man zum Kneten und Reinigen der Masse Maschinen, ähnlich den Brechmühlen in den Ziegeleien, welche ihren Zweck auf sehr verschiedene Art erreichen können, sogenannte Thonmühlen. Kurz, ehe der Thon wirklich geformt wird, unterwirft man ihn einer Behandlung, die ihn in eine völlig gleichmäßige, plastische, von organischen Beimengungen völlig freie Masse verwandelt.

Das Formen selbst geschieht der Hauptsache nach auf zweierlei Weise, nämlich



entweder auf der Scheibe oder in Hohlformen. Die Behandlung auf der Scheibe dient für alle Gegenstände, welche in ihrer Grundform kreisrund sind. Der Arbeiter sitzt bei der Arbeit, wie es Fig. 103 zeigt, an einer beweglichen Scheibe, die mit ihrem Mittelpunkte auf einer senkrechten Welle befestigt ist. Oben dreht sich die Welle in einem Halseisen, unten aber in einer Pfanne, und nahe am Fuße ist eine zweite Scheibe, die Tretscheibe, befestigt. Auf diese setzt der Arbeiter seinen Fuß, und indem er ihn rasch von sich stößt oder nach sich zieht, versetzt er die untere Scheibe in eine drehende Bewegung, welcher die obere folgen muß. Auf die Mitte der letzteren legt nun der Töpfer — nehmen wir an, er wolle einen gewöhnlichen cylindrischen Topf machen — ein hinreichend großes Stück weichen Thones und versetzt die Scheibe in Umdrehung, während er die Hand gegen den Thon preßt, der dadurch die Form eines Cylinders annimmt. Indem er nun die beiden Daumen in die Mitte des Thons drückt und die Hand zu schließen strebt, bildet sich die innere kreisrunde Höhlung und der Thon, der ausweichen muß, drängt sich nach oben. Der Arbeiter folgt mit seinen Händen nach, und so hebt sich nach und nach die Wand cylindrisch in die Höhe, wie dies im Vordergrunde unseres Bildes dargestellt ist. Zuletzt wird der obere Rand umgelegt und das nun vorläufig vollendete Gefäß mit einem Drahte von der Scheibe abgeschnitten und zum Trocknen zur Seite gestellt. Das ganze Verfahren geht ungemein schnell, und ein ziemlich großer Topf der Art kann so weit in einer viel kürzern Zeit vollendet werden, als wir gebraucht haben, das Verfahren zu beschreiben.

Die Erfindung der Töpferscheibe ist eine sehr alte und es hat den Anschein, als ob die verschiedenen Völker ganz selbständig darauf gekommen wären. Die Griechen schrieben die Erfindung dem Tales, einem um die Mitte des 12. Jahrhunderts vor Christo lebenden Handwerker, Andere wieder dem Theodorus von Samos zu, wahrscheinlich aber dürfte die Vorrichtung ein noch bei weitem höheres Alter beanspruchen. Uebrigens giebt es Völkerschaften, welche kreisrunde Gefäße von sehr bedeutenden Dimensionen ohne Anwendung der Scheibe herzustellen wissen, so die Krowaken und Maranen in Südamerika, die 5—6 Fuß hohe Töpfe lediglich durch Aufeinanderlegen dünner langer Thonwürste schraubenförmig auf einander erzeugen (siehe Bd. I. S. 88). Handwerkszeug ist für die Arbeit an der Scheibe kein anderes nöthig, als höchstens eine kleine Holzschiene zum Glätten und Ebenen der Flächen und ein Tasterzirkel, um die Dicken zu messen, ob schon fast in allen Fällen das Augenmaß der sicherste Leiter des Arbeiters sein muß. Zur Seite steht ein Gefäß mit Wasser, um den Thon, wenn er bei der Arbeit zu trocken wird, ein wenig anzufeuchten und geschmeidiger zu machen.

Ist die Form etwas zusammengesetzter, geschweift, wie z. B. bei dem zweiten Arbeiter im Hintergrunde, so muß allerdings die Hand auch noch die Hauptsache thun, aber es wird mit allerlei Stäbchen und Formhölzchen verschiedener Art nachgeholfen und die schärferen Umrisse gegeben, bis auch hier die gewünschte Gestalt hervorgebracht worden ist. In der Regel bedienen sich die Töpfer für die Vollendung hölzerner Schablonen, Leeren, kleiner Bretchen, die genau nach dem Durchschnitt der verlangten Form ausgeschnitten sind und welche, an die bereits im Rohen vorgeformte, schnell rotirende, weiche Thonmasse angeedrückt, diese zwingen, ihre Umrisse anzunehmen. So werden Vasen, Flaschen und einfache Teller und Schüsseln gemacht. Werden die Sachen mit Henkeln versehen, so bildet der Arbeiter dieselben aus freier Hand und klebt sie mit etwas verdünntem Thon an das fertige Gefäß an. Ausgüßöffnungen, sogenannte Schneppen, entstehen dadurch, daß der Arbeiter gegen den Rand des fertigen Gefäßes den Daumen und den Mittelfinger der einen Hand legt und mit dem Zeigefinger den Rand zwischen beide hineindrückt.

Das bis jetzt beschriebene Arbeiten an der Scheibe liefert aber nur kreisrunde



Gegenstände und auch diese nur ganz glatt. Sobald es sich um ovale oder eckige oder auch runde verzierte Formen handelt, tritt ein anderes Verfahren ein, nämlich das Drücken in Formen, die Förmerei. Bei dieser Arbeit wird der weiche Thon in Formen gepreßt, in denen die Oberfläche des darzustellenden Gegenstandes vertieft ausgearbeitet ist. Hierzu wird er erst auf einer Tafel mit Walze, wie dies im Hintergrunde unseres Bildes (Fig. 104) geschieht, in Platten ausgearbeitet, ungefähr so, wie der Bäcker den Kuchenteig macht, und dann eine solche Platte in oder über die Form gelegt, wie dies der stehende Arbeiter im Vordergrund thut, an die Unterlage überall fest angedrückt; wo zu viel ist, abgeschnitten, wo zu wenig ist, zugesetzt und mit weicher Masse angeklebt, so daß die Form ganz ausgefüllt wird. Ist nur eine Seite gemustert, so wird die andere mit Boffirhölzern oder der Hand geebnet; sind aber beide Seiten unregelmäßig oder gemustert, so muß auch die Form zwei Theile haben, einen äußern und einen innern, zwischen welche das Thonblatt eingepreßt wird.



Fig. 103. Arbeiten an der Töpferscheibe.

Für sehr zusammengesetzte Gegenstände besteht die Form auch wol aus mehr als zwei Stücken, da man sie sonst nicht wieder von dem geformten Gegenstande würde entfernen können. Hervorspringende Verzierungen u. dgl. werden besonders geformt und angefügt. So hat z. B. der in der Mitte unseres Bildes sitzende Arbeiter eine Schale zur Hand, an welche er einen von den neben ihm liegenden, im Voraus geformten Henkeln mit weicher Masse ansetzt und die Fuge mit einem Form- oder Boffirhölzchen verstreicht. Die Platten zu Dfenkacheln u. dgl. werden wie die Lehmziegel von einem würfelförmig geformten Thonblock mit einem dünnen Metalldraht abgeschnitten.

Die Formen, in welche die Thonmasse gedrückt wird, sind meistens von Gyps, auch wol von Holz oder Stein, ebenso hat man deren von Metall.

In neuerer Zeit machen die Töpfer auch häufig große Ornamente für Bauten, ja ganze Bildsäulen von Thon. Diese Arbeit ist ebenfalls ein Zweig der Förmerei; Ornamente sowie die Figuren werden in einzelnen Theilen in Formen hergestellt,

damit auf den Fugen, wie dies auch bei den übrigen Gegenständen der Fall ist, mit weicher Masse zusammengesetzt, die Vereinigungsstellen selbst aber gehörig verputzt.

Die geformten Gegenstände müssen an der Luft getrocknet werden, dadurch erlangen sie einige Festigkeit und können nun das Brennen, das ihnen erst die volle Härte giebt, aushalten. Sollen die Gefäße indessen zur Aufnahme von Flüssigkeiten dienen, so muß, ehe sie gebrannt werden können, noch für die Glasur gesorgt werden.

Die Glasur wird in Form eines dünnen Breies auf die lufttrocknen Gefäße aufgegossen oder gestrichen, oder man taucht dieselben gleich in den Brei ein. Ist die Waare abermals trocken, so wird sie gebrannt und ist somit in einem Brande fertig, was indeß nur von den gewöhnlichen Töpferwaaren gilt; denn feinere Gefäße müssen, wie wir noch sehen werden, sowohl vor als nach der Glasur gebrannt werden.



Sig. 104. Die Töpfererei.

Die gewöhnliche Glasur besteht fast immer aus einem Gemenge von Bleioxyd (Glätte) mit Thon, Lehm oder Sand. Will man eine farbige Glasur, so hat man noch die färbende Substanz zuzusetzen. Alle Bestandtheile werden zwischen ein Paar Mühlsteinen unter Wasserzusatz auf's Feinste zusammengemahlen. Als Farbmittel dienen verschiedene Metallverbindungen, z. B. Smalte für Blau, Eisenvitriol für Roth, Schwefelantimon für Gelb, Kupferasche für Grün, Braunkstein für Schwarz. In Rezepten für härtere Glasuren befindet sich meist auch ein Antheil Kochsalz angegeben, dessen Nutzen wir gleich kennen lernen werden.

Das Wesen und die Wirkung der Glasur besteht darin, daß sie in der Hitze in Fluß geräth und sich in eine Art Glas verwandelt, welches die Poren des Thones ausfüllt und eine glatte Oberfläche erzeugt. Ist das Schmelzmittel Bleioxyd, so bildet sich kiesel-saures Bleioxyd als glasiger Körper. Je stärker der Bleizusatz, desto leichtflüssiger wird die Glasur, desto weniger Hitze ist also zu ihrer Erzeugung nöthig; sie wird aber auch in demselben Grade minder hart und dauerhaft. Eine solche schlechte Glasur erhält mit der Zeit eine Unzahl feiner Sprünge und ist wohl geeignet,

an saure Flüssigkeiten und Fette, die in die Gefäße gebracht werden, Blei abzugeben und sie dadurch zu vergiften. Man hat sich daher schon vielfach die Aufgabe gestellt, das Blei als gesundheitschädlich ganz aus den Glasuren zu verbannen; auch werden nicht selten Sanitäts- (Gesundheits-) Geschirre ausgeben, die eben durch diesen Namen andeuten sollen, daß sie bleifrei sind. Im Allgemeinen aber ist das Blei nach wie vor in Gebrauch geblieben, und wenn die Bleiglasur nur hart genug gemacht wird, so ist wol auch nicht viel von ihr zu fürchten. Eher wäre den Töpfern die Abschaffung des Bleioxyds zu gönnen, da deren Gesundheit durch Einathmen des bleihaltigen Staubes oft schwer leidet. Der Grund, warum das Blei noch keinen Stellvertreter gefunden, liegt hauptsächlich darin, daß die vorgeschlagenen Materialien, z. B. Gemenge von Feldspath, gebranntem Borax, Glas u. s. w. theils zu theuer, theils zu strengflüssig sind. Statt der Bleiglätte, Bleioxyd, kommt sehr gewöhnlich Bleiglanz, das sogenannte Glasurerz, zur Anwendung. Da derselbe aus Schwefel und Blei besteht und der erstere Bestandtheil in der Hitze wegbrennt, so ist das Resultat das nämliche wie bei der Glätte.

Bei härterer Waare, die unter stärkeren Hitzegraden gebrannt wird, kommt als Glasurmittel Kochsalz in Anwendung, entweder als Zusatz zu anderen Stoffen, oder auch, wie beim Steinzeug, ganz allein, indem man es einfach in den Ofen wirft. Die starke Hitze verdampft das Salz und da zugleich durch das Verbrennen des Holzes Wasserdämpfe gebildet werden, so zersetzen sich Salz- und Wasserdämpfe; es entsteht Salzsäure, welche entweicht, und Natron, das an die Kieselerde der glühenden Gefäße tritt und mit dieser ein Glas bildet, das seinem Wesen nach ganz mit gewöhnlichem harten Glas übereinkommt.

Die bis zum Einbrennen fertigen Töpferwaaren werden in einen eigens dazu konstruirten Ofen eingesetzt und im Flammenfeuer anfangs mäßig, dann immer stärker erhitzt, bis die Masse durchgeglüht und die Glasur geflossen ist. Dann werden alle Oeffnungen des Ofens geschlossen und die Waare bis zur völligen Abkühlung darin gelassen. Unglasirte Stücke, wie Blumentöpfe u. dgl., können in und über einander gesetzt werden; glasirte dagegen dürfen sich nicht berühren, weil sie unfehlbar zusammenbacken würden.

Diesem Entwicklungsgange folgen nun der Hauptsache nach alle Thonwaaren. Nur die feineren Sorten erfahren eine sorgfältigere und im Einzelnen komplizirtere Behandlung, von ihnen sind die Majoliken oder Fayencen besonders dadurch interessant, daß sie vor Erfindung des Porzellans die edelsten Erzeugnisse der Keramik waren und auf ihre Vervollkommnung Jahrhundertlang großer Fleiß und oft bedeutende Kunstfertigkeit verwendet wurde. Dadurch haben diese alten Geschirre ein bedeutendes kunsthistorisches Interesse erhalten, was uns veranlaßt, noch einige Augenblicke bei ihrer Betrachtung zu verweilen.

Die Majolika oder die Fayence ist kaum härter als die gewöhnliche Töpferwaare und verdient sonach nicht den Namen Steingut, den man ihr oft beilegt. Aus dieser Masse bestehen unsere gewöhnlichen weißen Teller und Kaffeegeschirre, auch, wie schon gesagt, die feinen weißen Nenfacheln. Der dazu verwandte Thon brennt sich meist gelb oder röthlich, daher er durch eine undurchsichtige Glasur ganz verdeckt wird. Hierbei wird zu dem Bleioxyd noch Zinnoxid genommen, das zwar auch verglast, aber einen undurchsichtigen Fluß, eine Emaille, giebt. Waaren dieser Art werden stets zweimal gebrannt.

Den Namen Fayence erhielt die Waare von der italienischen Stadt Faenza, wo sie vor Jahrhunderten zuerst gemacht wurde. Der Name Majolika stammt von der Insel Majorca, wohin der eigenthümliche Zweig der Töpferkunst zuerst durch die

Araber gekommen sein soll, und bezeichnet im Allgemeinen dieselbe Waare, besonders aber solche hochgeschätzte Stücke, die vor 300—400 Jahren in Italien angefertigt wurden. Während man anderwärts noch nichts Anderes kannte als gemeine Töpferwaare, war die Anfertigung dieser edlen Erzeugnisse dort schon ein hochentwickelter Kunstzweig geworden.

Die Kunsttöpferei war seit der Zeit der römischen Herrschaft in Europa so gut wie ganz verschwunden. Erst durch den Bildhauer Lucca della Robbia (1415 bis 1425), welcher geschmackvolle Formen für seine Terracotten erfand und dieselben mit einer schönen Zinnglasur und sorgsam ausgeführter Malerei verzierte, erhob sich das heruntergekommene Gewerbe auf eine höhere Stufe. Seine Erzeugnisse fingen an, ästhetischen Ansprüchen zu genügen, und deshalb ließ man bei ihrer Herstellung andere Gesichtspunkte gelten als nur die auf Zwecke des nächstliegenden praktischen Bedürfnisses.

So ging allmählig aus dem Unvollkommenen jene berühmte italienische Majolika hervor, deren schönste Werke aus der Zeit der Blüte italienischer Malerei um die Mitte des 16. Jahrhunderts stammen. Damals (1540—1560) war es namentlich der Herzog von Toskana Guidobaldo II., welcher durch die freigebigste Aufmunterung eine künstlerische Vollendung dieser Thonwaaren hervorrief, namentlich auch dadurch, daß er den Majolikaarbeitern Rafael'sche Zeichnungen zugehen ließ, damit sie dieselben auf die Geschirre übertragen. Für den Namen Rafaelgeschirr, welchen die Majoliken aus dieser Zeit führen, darf man wol mit mehr Recht hierin den Ursprung suchen, als in dem oft behaupteten Umstande, daß der größte aller Maler eigenhändig Majoliken gemalt habe.

Die feine italienische Majolika ist ausgezeichnet durch eine über die ganze Oberfläche verbreitete, sehr schöne regenbogenfarbige Glasur, welche durch die später aufgetragene Malerei hindurchschimmert. Sie hat eine hochrothe Färbung und soll in größter Vollkommenheit aus den Fabriken von Gubbio und Pesaro hervorgegangen sein. Namentlich ist als Majolikamalder Giorgio Andreoli von Pavia berühmt, der seit 1498 in Gubbio ansässig war. Die von ihm gemalten Geschirre werden jetzt mit fabelhaften Preisen bezahlt und sind an dem Zeichen ihres Meisters kenntlich, welches die damaligen Künstler jedem ihrer Werke einzugraben oder aufzumalen pflegten. Fig. 105 zeigt eine solche Marke von Giorgio, Fig. 106 eine des Xanto von Urbino, der um 1530—1535 blühte;

die erstere läßt außer der Jahreszahl der Verfertigung die Anfangsbuchstaben M(aestro) G(iorgio), die zweite F(rancesco) X(anto) A(vello) R(ovigo) lesen.

Nächst Italien fing man in Frankreich an, sich um bessere Erzeugnisse zu bemühen. Katharina von Medicis veranlaßte ihren Verwandten, Louis Gonzago, sich in Nevers niederzulassen und daselbst eine Thonwaarenfabrik nach italienischem Muster zu begründen. Die besten Erzeugnisse von Nevers führen seit dem 17. Jahrhundert als Fabrikzeichen gewöhnlich ein rohgemaltes N(evers) oder die beiden verschlungenen Buchstaben J. S. (Jacques Senlis, ein dort im 18. Jahrhundert lebender Töpfer von Ruf) [Fig. 107]. In Frankreich stoßen wir bald auf eine Persönlichkeit, die wegen



Fig. 105. Marke des Giorgio.

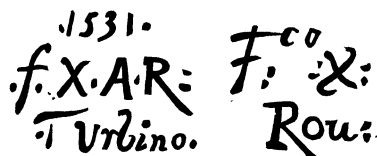


Fig. 106. Marke des Xanto von Urbino.



Fig. 107. Fabrikzeichen von Nevers.

ihrer Ausdauer und Schicksale ein besonderes Interesse für sich in Anspruch nimmt. Wir meinen den selbstgelehrten Kunsttöpfer Palissy. Im Anfang des 16. Jahrhunderts geboren und seiner Profession nach ein Glasmaler, sah er in seinem 30. Jahre eine schön emailirte Majolika. Sofort ergriff ihn der Gedanke, etwas Aehnliches zu schaffen. Ohne chemische Kenntnisse fing er an, alle Dinge zu zerstoßen und zu mischen, von denen er glaubte, „daß Etwas daraus werden könne.“ Er zererschlug irdene Töpfe, strich seine Mischungen darauf und versuchte sie in einem selbst nothdürftig erbauten Ofen in Fluß zu bringen. Er quälte sich ein paar Jahre allein. Dann trug er seine Scherben in eine benachbarte Töpferei, allein das Glück begünstigte ihn deswegen nicht mehr. In einer Glashütte, an die er sich nun wendete, fingen endlich, weil da die Hitze viel stärker war, einzelne seiner Glasurproben zu fließen an. Bei einem letzten verzweifelten Versuche mit mehr als 300 Proben hatte er die Freude, daß ein Stück sich nach dem Erkalten mit einer weißen Emaille bedeckte, die ihm, wie er sagte, „himmlisch schön“ erschien. Ehe er aber zu diesem ersten Erfolge gelangte,



Fig. 108. Monogramm  
des Palissy.

waren wenigstens schon 10 Jahre der drückendsten Noth und Plage dahin gegangen; oft konnte er kaum Brod für die Seinen schaffen, da Alles für Töpfe, Holz und Ingredienzen darauf gegangen war; dazu verbitterte ihm ein ungeduldiges Weib das Leben, und selbst mit der Erfindung seiner Emaille war seine Prüfungszeit noch nicht zu Ende. Da die Kochtöpfe seiner Nachbarn nicht die Gegenstände sein konnten, welche er mit der für ihn so kostbaren Masse hätte überziehen können, so mußte er sein Augenmerk darauf richten, Kunstgeschirre zu erzeugen. Er baute mit eigener Hand wieder einen Brennofen, der ihm freilich zu einem Alles verschlingenden Ungeheuer wurde. Seinen Garten zum Theil hatte er bereits hineingeworfen, als bei einem Probebrande die Hitze noch nicht genügen wollte; was helfen konnte, mußte helfen, Brennmaterial war nicht mehr vorhanden und wie wahnsinnig holte Palissy aus seiner Wohnung einen Stuhl um den andern, Tische und Bettstellen; Alles, was nur von Holz war, wanderte in das Feuer, selbst der Dielen schonte er nicht. Und als er den ersten mühsam vorbereiteten Brand nach eigenen künstlerischen Zeichnungen angefertigter Geschirre durchgeführt hatte und eine lohnende Frucht jahrelanger Mühen und Entbehrungen erwartete, da zeigten sich seine Hoffnungen durch ein neues unvorhergesehenes Mißgeschick vereitelt. Der Mörtel



Fig. 109. Delfter Monogramme.

seines Ofens war voller Kiesel, die von der gewaltigen Hitze sprangen, und so waren seine Gefäße, obwohl sonst sehr schön, mit Kieselplittern dicht besetzt und dadurch gänzlich verdorben. Noch manche Arbeit sah er so durch irgend ein Ungemach verloren; aber er hartete aus, erweiterte durch bittere Erfahrungen seine Kenntnisse und schritt stufenweise endlich einer hohen Meisterschaft in seiner Kunst entgegen. Fünfzehn oder sechzehn Jahre tappte er, wie er selbst sagt, in der Irre; in den letzten sechs bis acht Jahren vollendete er aber Werke, die sehr gern gekauft wurden und ihm die Mittel verschafften, sich zu nähren und weiter zu bilden. Palissy, der wol zeichnen konnte, sonst aber nicht den einfachsten Topf zu Stande gebracht hätte, erhob sich bis zum wirklichen Künstler. Seine Gefäße, erkennbar an seinem Monogramm (Fig. 108), waren in sinniger Weise geschmückt mit Gegenständen des Thier- und Pflanzenreichs von wunderbarer Treue und Schönheit und verbreiteten dadurch den Ruhm ihres Erfinders weit und breit. Palissy wurde endlich zum Hofkünstler ernannt und nach Paris gezogen. Als aber die Hugenottenverfolgungen ausbrachen, konnte selbst seine

hohe Gönnerschaft ihn, den eifrigen Protestanten, nur vor dem Tode, nicht aber vor Gefängniß schützen. Er kam in die Bastille und starb darin.

In Deutschland waren um diese Zeit die Töpfercielen nicht auf der hohen Stufe, welche sie in den künstlerisch damals höher stehenden Nachbarländern einnahmen. Indessen finden wir noch sehr interessante Geschirre aus dem 16. oder 17. Jahrhundert, an denen wir die Eigenthümlichkeit der Verzierung bewundern können. Arabesken, Darstellungen aus der biblischen Geschichte in oft sehr kühnen Zeichnungen, Bildnissen und Inschriften bedecken bisweilen die ganze Oberfläche. Die Jahreszahl der Verfertigung hat der Künstler oft, die Anfangsbuchstaben des Namens selten angegeben, doch finden wir dergleichen, wie Fig. 109 zeigt, an Geschirren von Delft (Mitte des 17. Jahrhunderts), welches seiner ausgezeichneten Töpferwaaren wegen berühmt war.

Aus Frankreich und Italien kam die Majolikafabrikation nach England und ihre Produkte haben sich dort neben dem Porzellan die Vorliebe des Publikums zu erhalten gewußt, wie die große Majolika-Fontaine beweist, welche auf der letzten Londoner Ausstellung ein Hauptanziehungspunkt für das große Publikum war: ein Werk der Töpferkunst von 46 Fuß Höhe und 39 Fuß im Durchmesser, einen reichgegliederten Fontainenauflatz darstellend, auf dem Gipfel die mehr als lebensgroße Gruppe St. Georg mit dem überwundenen Drachen und umgeben von zahlreichen Schalen, wasserspeiendem Gethier, Genien, Nymphen, Pflanzenbildungen und all' dem dekorativen Schmuck, den nur Form und Farbe geben kann. Das Tonbild giebt uns eine Ansicht davon.



Fig. 110. Josiah Wedgwood.

Die hohe Stufe der Ausbildung, auf welcher sich in England dieser Zweig der Töpferei jetzt befindet, verdankt dieses Land einem einzigen Manne, Josiah Wedgwood. Dieser, der Sohn eines Töpfers, geboren 1730 zu Staffordshire, brachte seine Arbeiten dadurch in Schwung, daß er seinen Gefäßen geschmackvollere Formen gab, die er den schönen antiken etruskischen Mustern nachbildete. Das Fehlen von Porzellanmasse in England veranlaßte ihn, vorzüglich die Ausbildung der Steingutfabrikation in die Hand zu nehmen. Fleiß, Ausdauer und die erlangte künstlerische Ausbildung brachten ihn dahin, daß er 1770 eine kleine Fabrikstadt für seine Arbeiter anlegen konnte, der er den Namen Etruria gab, und die er durch eine eigene Kunststraße von zwei Meilen Länge mit der Nachbarschaft verband; vorher schon hatte er die Anlage des Kanals zwischen dem Trent und Mersey begonnen. Wedgwood starb 1795 zu Etruria, und jetzt segnet eine Bevölkerung von gegen 40,000 Menschen, die in jenem Bezirke — den Potteries — ihr tägliches Brod mit allen möglichen Töpfer- und Steingutarbeiten verdienen, das Andenken des Mannes, der, aus ihrem eigenen Stande hervorgegangen, durch Genie, Charaktergröße und Ausdauer einen hochbedeutenden Industriezweig erschuf. Eine besondere Sorte des Steingutes führt auch bei uns den Namen seines Erfinders und die 1862 in London ausgestellten Gegenstände der Etruria works zeigten, daß nicht nur der Name des verdienstvollen Gründers, sondern auch sein Geist fruchtbar unter seinen Nachfolgern noch fortlebt. Die Pflege antiker Formen, welche die Erzeugnisse der Etruria works mit zu so hoher Bedeutung gebracht hat, finden wir auch als einen wesentlichen Charakterzug der großartigen

Fabrik von Minton in Stoke upon Trent, welche auf der letzten Indusrienausstellung sich in die Reihe der ausgezeichnetsten stellte und von deren einem Produkt uns Fig. 111 eine Abbildung giebt.

Das eigentliche Steingut oder Steinzeug besteht, wie schon erwähnt, aus einer gefinterten Masse, die meist farbig, oft auch ganz weiß und schon ohne Glasur für Wasser undurchdringlich ist. Was aber gewöhnlich Steingut genannt wird, verdient diesen Namen durchaus nicht, denn es besitzt häufig eine matte erdige Masse, die erst durch eine dicke Glasur für Flüssigkeiten undurchdringlich gemacht wird. Auf dem echten Steingut wendet man oft eine bloße Salzglasur an. Das Sintern wird durch heftiges Feuer und durch Zusatz verschiedener Fluxmittel, wie Feldspath, Gyps, Kalk, Baryt, Knochenasche, in England häufig Feuerstein, bewirkt..

Vermöge der verschiedenen Zusammensetzung ihrer Masse sind die Thonwaaren selbst sehr verschieden und wir finden Uebergänge von den vorhin erwähnten erdigen Geschirren bis zu solchen, welche dem echten Porzellan ziemlich nahe kommen. Für das eigentliche Steinzeug werden die einzelnen Bestandtheile für sich fein gemahlen und geschlämmt und wir werden beim Porzellan noch Gelegenheit finden, diese Hülfsarbeiten mit zu betrachten; die Formgebung findet theils auf der Drehscheibe, theils in Gypsformen statt; das Brennen geschieht größtentheils in Kapseln, d. h. die Gefäße werden nicht frei in den Brennofen gestellt, sondern einzeln in besondere Thonscherben eingesetzt. Sollen die Gefäße eine besondere Farbe bekommen, so werden die betreffenden Metalloxyde entweder der ganzen Masse einverleibt oder der Ersparniß halber die gefärbte Thonmasse nur auf die halbtrockenen Gefäße angegossen. In dieser Weise werden z. B. die bekannten Bunz- lauer Geschirre erzeugt, die an sich eine gelbliche Masse haben, aber mit einer braunen Farbe überzogen sind, welche aus einem bolusartigen Thon und aus gemahlener Glascherben besteht. Auch ein ganz schwarzes Steinzeug wird hier und da aus einer Mischung von Thon und Graphit erzeugt, und die Passauer Schmelztiegel sind in dieser Art wol die bekanntesten Gegenstände.

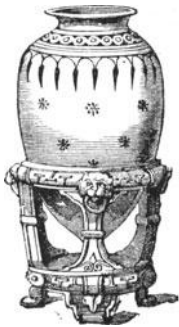


Fig. 111. Fayence-Vase mit Dreifuß.

Feinere Fayencegeschirre werden auch jetzt noch und bisweilen mit viel Aufwand von Kunst bemalt, gewöhnlichere verziert man durch aufgedruckte Kupferstiche oder verzieht sie mit verschiedenen Metall-Lüstren. Zum Bemalen dient das durch Metalloxyde gefärbte leichtflüssige Glas, das in Pulvergestalt mit Spießöl aufgetragen wird. Sollen Kupferstiche auf solche Waare abgedruckt werden, so schwärzt man die Kupferplatte, statt mit Firnißfarbe, mit einer Farbe aus Del und schwarzem oder blauem Glasfluß ein, druckt sie auf sehr dünnes Papier ab und legt dies, noch feucht, mit der bedruckten Seite auf den zu verzierenden Gegenstand. Der Thon saugt die Farbe sogleich begierig ein, worauf man das Blatt, von dem nun der Abdruck fast verschwunden ist, wieder abnimmt, die Waare dann glasirt und zum zweiten Male brennt, weshalb die Darstellungen unter der Glasur liegen. Durch die Lüstreglasuren erhalten wir die schönen, wie Gold, Kupfer oder Silber glänzenden Steingutwaaren. Zu dem Goldlüstre wird Gold in Königswasser aufgelöst, etwas Zinn zugefetzt und ein wenig von dieser Auflösung, mit Schwefelbalsam und Terpentinöl verfetzt, auf die Waare aufgetragen und dann in einer Muffel gebrannt. Der Silberlüstre entsteht durch eine Platinalösung, die ähnlich behandelt und eingebrannt wird; der Eisenlüstre wird durch Chlor Eisen hervorgebracht, und auch eine ähnliche schwarze Glasur, die aber leicht ungleich ausfällt, wird in England gemacht. Die marmorirten Glasuren entstehen, indem man aus einem in Fächer getheilten Kasten die verschiedenen gefärbten Glasuren

gleichzeitig auf die untergehaltene Waare ausfließen läßt, und dieselbe dabei beständig hin und her dreht und bewegt. Drückt man mit Stempeln oder Formen vertiefte Ornamente in die halb trockene Waare, begießt dieselbe dann mit einer anders gefärbten Glasur und dreht sie dann wieder ab, so erscheinen die Ornamente wie eingelegte Arbeit.

### Das Porzellan.

Die Porzellanfabrikation bildet unstreitig den edelsten Zweig der Thonverarbeitung und liefert ein Produkt, welches bei ausgezeichneter Schönheit die schätzenswerthesten Eigenschaften aller übrigen Thonwaaren in sich vereinigt. Bei vollkommener Undurchdringlichkeit, außerordentlicher Härte und Feuerbeständigkeit widersteht es einem raschen Temperaturwechsel so gut, daß es selbst zu Kochgeschirren angewendet werden kann, und durch seine rein weiße Farbe, verbunden mit einem gewissen Grade von Durchscheinbarkeit, eignet es sich sehr gut zur Anbringung von Malereien, und bildet somit einen werthvollen Stoff nicht nur zum häuslichen und technischen Gebrauch, sondern nicht minder zu den ausgezeichnetsten Luxusartikeln.



Fig. 112. Chinesische Porzellangefäße.

Das Porzellan ist eine Erfindung der Chinesen und wurde von diesen und den Japanern schon viele Jahrhunderte früher gefertigt als in Europa, und zwar von einer Vollkommenheit, wie sie bei uns nur an wenig Orten erreicht worden ist. In den chinesischen Geschichtsbüchern kommt das Porzellan zuerst unter der Dynastie der Tang vor, ein Zeitraum, der in die Jahre 185 vor bis 87 nach Christo fällt. Der erste Porzellanofen stand zu Chang-Nan in der Provinz King-Si. Jetzt soll man in China Ortschaften finden, welche, wie das Dorf Kütchin, mehrere tausend Porzellanöfen in Thätigkeit haben. Die Portugiesen, welche den frühesten Handel mit jenen östlichen Theilen der Erde trieben, brachten gegen das Jahr 1500 oder wenig später das erste chinesische Porzellan nach Europa; in Folge des großen und allgemeinen Beifalls, den die Waare fand, führten sie immer größere Massen davon ein und sie waren es auch, die ihm seinen Namen gaben. Derselbe ist von der Porzellanschnecke entlehnt, an deren Schale der eigenthümliche Rüstre des Porzellans erinnert. Diese Schnecke heißt aber bei den Portugiesen ihrer Form halber porcella (Schweinch), und so hat nicht etwa die Schnecke vom Porzellan ihren Namen, sondern die Sache verhält sich eben umgekehrt. Die Gefäße, welche man von dort nach Europa brachte,



glänzten als Marietäten in den Kunstkabinetten, ja sie wurden fast mit Gold aufgewogen, denn Kurfürst August II. von Sachsen gab dem ersten Könige von Preußen für 48 chinesische Gefäße, weiß mit rothen Blumen, ein ganzes Dragonerregiment. Mit den Porzellangeschirren wanderte aber nicht die Erfindung selbst in Europa ein, dieselbe mußte vielmehr hier noch einmal gemacht werden, was bekanntlich erst geschah, nachdem volle 200 Jahre lang das chinesische Porzellan keinen Nebenbuhler auf dem europäischen Markte gehabt hatte. Es heißt, die Chinesen hätten ihre Kunst sehr geheim gehalten; es scheint aber eher, daß die Fremden es nur nicht verstanden, sich Belehrung zu verschaffen; denn die Chinesen haben all' ihr Wissen und Können seit lange schon in bündereichen Encyclopädien niedergelegt, und es ist vor wenig Jahren das Buch der Porzellanbereitung, wie früher das des Seidenbaues, von dem französischen Gelehrten Julien übersetzt worden. Für uns ist es jetzt nur dadurch interessant, daß es zeigt, wie die Chinesen fast genau dasselbe Verfahren einschlugen wie wir, und mit ganz den nämlichen Materialien arbeiten. Merkwürdigerweise findet selbst die Analogie statt, daß auch in China die Regierung diese Industrie von Anfang her in die Hand genommen hat und die Staatsfabrik das Musterbild wurde für die Privatunternehmungen. Die kaiserliche Fabrik blüht noch jetzt; sie bildet eine große, ausgedehnte Fabrikstadt mit vielen Tausenden von Arbeitern, und hatte im vorigen Jahrhundert über 3000 Brennöfen. In dem erwähnten chinesischen Lehrbuche der Porzellanfabrikation sind nicht nur alle hierbei vorkommenden Operationen genau beschrieben, sondern auch durch zahlreiche Abbildungen veranschaulicht, wie es die Chinesen in allen ihren Werken lieben. Wir benutzen diese Gelegenheit, um unsern Lesern eine kleine Probe chinesischer Darstellungsweise zu liefern, indem wir in den Figuren 112 bis 115 einige dieser Bilder herausheben.

Die Materialien, welche die Chinesen zur Erzeugung ihres Porzellans benutzen und die ganz in derselben Weise auch bei uns Anwendung finden, sind 1) eine ganz reine weiße Erde Kao-Lin, die aus der Verwitterung von Granit, Syenit, Gneis, Porphyrn und dergleichen feldspathhaltigen Gesteinen zurückbleibt. Sie ist wie der Lehm für die Ziegel- und der Thon für die gewöhnlicheren Töpferwaaren der Hauptmassentheil und findet sich nicht blos in China, sondern in mehr oder minder großer Menge in fast allen Ländern der Erde, auf deren Oberfläche die obengenannten Gesteine vorkommen, so namentlich zu Aue bei Schneeberg, St. Nicaise bei Limoges, St. Stephans in Cornwall, Seilitz bei Meißen, Sorunzig bei Mügeln, Kasephas bei Altenburg, in der Gegend von Halle u. s. w.

Der Hauptsache nach besteht der Kaolin aus kiesel-saurer Thonerde (50—75 Prozent), freier Kieselsäure (1—10 Prozent), Wasser (8—12 Prozent) und Rückständen des alten Muttergesteines. Je weniger von den letzteren darin enthalten sind, um so geeigneter ist die Masse für die Porzellanbereitung, indessen läßt sich durch entsprechende Behandlung, Schlämmen u. dgl., oft ein unreiner Kaolin zu einem ganz tauglichen Materiale umwandeln. An und für sich ist der Kaolin unschmelzbar und deswegen auch ohne Vermischung mit andern Stoffen in der Gefäßfabrikation nicht zu verwenden.

Der hauptsächlichste auf die Schmelzbarkeit hinwirkende Rohstoff ist 2) der Feldspath, ein Mineral, das in verschiedenen Varietäten in der Natur vorkommt und durch eine ausgezeichnete Krystallfirbarkeit charakterisirt ist. Einige seiner häufig vorkommenden Krystallformen haben wir schon bei früherer Gelegenheit (III. Bd. S. 119) abgebildet. Er besteht aus kiesel-saurem Alkali (Kali oder Natron) und kiesel-saurer Thonerde. Das kiesel-saure Alkali ist durch Wasser ausziehbar und dieser Umstand veranlaßt die Verwitterung feldspathführender Gesteine. Der Feldspath ist an sich schmelzbar und außer daß er der Masse der Gefäße zugesetzt wird, dient er deshalb

auch, oberflächlich aufgetragen, zu einer ausgezeichneten Glasur. Als Gemengtheil vieler krystallinischer Gesteine kommt der Feldspath bisweilen in großen derben Massen vor, deren Ausbeutung für die Porzellanfabrikation von großer Bedeutung ist.



Fig. 113. Brechen des Feldspath.



Fig. 114. Stampfen des Feldspath.

Fig. 115.  
Formen auf der Scheibe.Fig. 116.  
Brennen in offenen und geschlossenen Defen.

3) Kieselerde oder Quarz ist ein Mittel, um feldspathreiche Porzellanerden strengflüssiger zu machen, dient außerdem auch zur Zusammensetzung der Glasuren, als deren Hauptbestandtheile Bleiweiß, gestoßenes Glas, Soda, Pottasche, Kochsalz, Bleiglätte, Borax, Zinnoxyd, Gyps, färbende Metalloxyde u. s. w. Anwendung finden.

Die Beliebtheit und Kostbarkeit des chinesischen Porzellans mußte natürlich den  
Das Buch der Erfindungen Fünfte Aufl. IV. Bd.

Nachahmungstrieb heftig anregen; man bemühte sich eine ähnliche Masse aufzufinden, und so kam zuerst in Frankreich, im Jahre 1695, ein nachgeahmtes Porzellan zum Vorschein, das im Aeußern dem echten sehr ähnlich war, aber wenig von dessen guten Eigenschaften an sich hatte, denn es war nicht dauerhaft in der Hitze, überhaupt zu weich, und bestand eigentlich aus nichts Anderem als aus einer Glasmasse, die durch weiße Substanzen undurchsichtig gemacht war. Dabei war seine Anfertigung höchst umständlich und die Masse so wenig bildsam, daß man mit einem Zufaze von Seife oder Gummi nachhelfen mußte.

Das Wahre aufzufinden war den Deutschen vorbehalten. Das Hauptmaterial, die Porzellanerde oder das Kaolin, hatte man in Europa zwar so gut wie die Chinesen, aber man kannte es als solches nicht, und noch zu Anfang des vorigen Jahrhunderts wußte man damit nichts Anderes anzufangen als — die Perrücken zu pudern. Während sich in Sachsen namentlich der bekannte Ehrenfried Walter von Tschirnhausen mit Versuchen befaßte, Porzellan aus inländischen Materialien herzustellen, erhielt der damalige Kurfürst von Sachsen und König von Polen, August der Starke, Nachrichten über einen gewissen Böttger, der, aus Schleiz gebürtig (4. Februar 1682), in Berlin bei einem Apotheker gelernt hatte und dann plötzlich unter großem Aufsehen daselbst als Goldmacher aufgetreten war. Eigentlich hatte er nur von einem italienischen Charlatan etwas Goldpulver erhalten, mit der Weisung, erst nach seiner Abreise Gebrauch davon zu machen. Da alle diese Goldpulver und Tinkturen stets goldhaltig waren, so war es keine Kunst, durch Vergolden von schlechten Knöpfen und dergleichen leichtgläubige Leute zu täuschen. Böttger aber gab sich selbst für den Inhaber der wahren Goldmacherkunst aus, weshalb der preussische König sich seiner Person zu versichern suchte. Der Adept entging jedoch seiner Verhaftung durch die Flucht nach Sachsen — Wittenberg — von wo ihn Preußen mit Ungestüm zurückforderte.

Da man indessen von der unwiderlegbaren Ansicht ausging, einen wirklichen Goldmacher auch in Sachsen gebrauchen zu können, so wurde er nicht ausgeliefert, sondern nach Dresden gebracht, um hier für sein engeres Vaterland Gold zu machen. Dies machte er zwar auch — aber auf eine unvorhergesehene Art. Mit der eigentlichen Goldmacherei war es nämlich nichts; denn obgleich Böttger sich rühmte, das Arkanum, wie man es nannte, zu besitzen, so jagte er dennoch große Summen durch den Schornstein, ohne damit auch nur ein Gran Gold zu erzeugen. Alle Schmeicheleien und Drohungen konnten nicht dem Aermsten ein Geheimniß entreißen, das er in der That nicht besaß. Sie waren aber belästigend genug, um unserm Alchemisten Sachsen zu enge zu machen. Er wollte nach Wien entfliehen, allein der Versuch mißlang. Damit aber seine nicht unbedeutenden Kenntnisse doch zu Etwas gut wären, schlug Tschirnhausen dem Könige vor, durch Böttger Versuche machen zu lassen, ob nicht manche mineralische Erzeugnisse Sachsens nutzbar gemacht, namentlich zur Fabrication des Porzellans benutzt werden könnten. So wurde denn Böttger auf den Königstein gebracht. Im strengsten Verschlusse, von Hülfсарbeitern und Wachen fortwährend umgeben, mußte er hier seine Versuche ausführen und es war gewiß nicht das Ergebniß freien, freudigen Forschens, wenn es ihm endlich gelang, wie man sagt, bei Anfertigung eines Schmelztiegels eine rothe Masse zu erzeugen, welche mit dem Porzellan manche Aehnlichkeit hatte und deshalb große Hoffnungen erregte; zu dem echten Porzellan gelangte er unter unsäglichen Mühen erst ein paar Jahre später, nachdem ihm das mineralische Pudermehl von Aue bei Schneeberg, eine sehr reine Porzellanerde, in die Hände gefallen war.

Die Entdeckung der Porzellanerde bei Aue schreibt man einem Hammereschmied Johann Schnorr zu, der zuerst bei der Beaufsichtigung seiner Zugpferde auf die

eigenthümliche weiße Erde aufmerksam geworden sein soll, welche diese mit ihren Hufen herausrissen. Zu dieser Zeit war der Gebrauch des Haarpuders allgemein und es schien dem spekulativen Kopfe ein einträgliches Unternehmen, die weiße Erde zu trocknen, zu reinigen, auf das Feinste zu schlämmen und sie dann als Ersatz für dies viel theurere feine Weizenmehl zu verkaufen. Ein Packet solcher Pudererde gelangte auch Böttger in die Hände, der als Gefangener wahrscheinlich manchmal Gelegenheit gehabt haben wird, für seine Toilette selbst zu sorgen. Der Versuch damit gelang auf das Vortrefflichste; der Stein der Weisen war gefunden und der Bedrängte gerettet. Im Jahre 1707 wurde nun in Dresden an der sogenannten Jungfernbastei eine große Werkstätte errichtet; leider starb Tschirnhausen, dessen Einfluß auf die Erfindung des Porzellans für gewöhnlich wol zu gering angegeben wird, schon das Jahr darauf und er erlebte somit nicht den ersten Triumph, welchen die neuen Produkte zu Ostern 1709 auf der damals für die Welt viel bedeutenden Leipziger Messe feierten. Um die Produktion zu vergrößern, wurde im Jahre 1710 die Albrechtsburg in Meißen zur Porzellanmanufaktur eingerichtet. Böttger aber war, obschon reich belohnt und in den Freiherrnstand erhoben, undankbar genug, mit Preußen in Unterhandlung zu treten, um das Geheimniß dorthin zu verkaufen. Man leitete deshalb zwar eine Untersuchung ein, aber Böttger starb vor Fällung des Urtheils, und zwar, da er stets verschwenderisch gelebt, in drückender Arnuith, obschon er mehr als 150,000 Thaler an Gehalt und Geschenken erhalten hatte. So wenig erfreulich nun im Ganzen auch das Bild ist, das wir uns von dem Charakter des Erfinders des Porzellans machen können, so söhnt uns doch das Werk, welches ihm seinen Ursprung verdankt, die Porzellanmanufaktur in Meißen, einigermaßen wieder mit ihm aus. Von Anbeginn Staatsanstalt gewesen und geblieben, hat sich diese erste außerchinesische Porzellanfabrik lediglich der Pflege des innersten Wesens ihrer Industrie hingeben können, ohne ängstliche Rücksichtnahme auf die augenblickliche Geschmacksrichtung der Menge höheren, künstlerischen Richtungen folgend. Dadurch haben die Meißner Porzellane, jene für die Kultur nicht hoch genug zu schätzenden Erzeugnisse eines neuen auf die Geschmacksentwicklung bedeutungsvoll wirkenden Kunstzweiges, sich mit Raschheit auf die Höhe der Vollendung geschwungen und auf derselben erhalten, welche sie vor allen ähnlichen Produkten heute

noch unbestritten und ausschließlich besitzen.

Es ist nun zwar keineswegs unsere Absicht, für die heutige Zeit und für alle Branchen der Industrie damit einem ähnlichen Prinzip der Monopolisirung, wie es nicht nur die sächsische Regierung in Betreff des Porzellans angewandt hat, sondern wie es später auch von andern Staaten bei diesem Kunstzweige beliebt wurde, das Wort reden zu wollen. Vor anderthalbhundert Jahren aber waren die Verhältnisse noch unentwickelte, der Geschmack ein bei weitem roherer, die technischen Künste, die wissenschaftlichen Hilfsmittel standen noch auf schwachen Füßen — und wenn sich unter solchen Umständen eine neue Richtung in das Ganze fördernder Weise Bahn brechen sollte, so konnte sie dies unbeirrt nur durch diejenigen Unterstützungen, welche damals allein noch von den Höfen ausgehen konnten.

In den ersten Zeiten waren es hauptsächlich chinesische Muster, welche die Meißner Fabrik nachzuahmen versuchte. Sie erlangte darin auch eine solche Meisterschaft, daß selbst Kenner in Zweifel gerathen könnten, welchem Erzeugnisse, ob dem Original oder der Kopie, der Vorzug größerer Trefflichkeit eingeräumt werden müsse. Von der Gefäßbildnerei ging man sehr bald auf die Herstellung rein plastischer Gegenstände, Büsten, Statuetten, Genrebildwerke, Blumen- und Thiergruppen über, welche von den ausgezeichnetsten Künstlern geformt und gemalt wurden. Dergleichen alte Erzeugnisse sind uns jetzt noch durch die Treue der Auffassung und künstlerische Voll-

endung der Ausführung bewundernswürdig und werden heute noch mit viel höheren Preisen bezahlt als zur Zeit ihrer Herstellung.

Die ängstliche Geheimhaltung, welche mit Böttger getrieben worden war, blieb als erstes Fabrikgebot in Meißen Nichtschwur. Trotzdem aber gelangte, wie erzählt wird, durch einen in die Porzellanbereitung eingeweihten Arbeiter die Kenntniß davon sehr bald nach Wien, wo 1718 eine Porzellanfabrik, die zweite europäische also, angelegt wurde, und von dort aus gewann der neue Industriezweig bald weitere Ausbreitung. Zunächst entstanden zu Höchst am Rhein (1740), bald darauf zu Frankenthal bei Frankfurt und anderwärts Fabriken, welche aber zum Theil sehr bald wieder eingingen. Andere dagegen, auf deren Entstehung wir später noch zu sprechen kommen, bestehen zum Theil noch jetzt, ohne daß es indessen auch nur einer einzigen gelungen wäre, den Ruhm der Meißener Mutteranstalt zu verdunkeln.

Die ältesten Meißener oder Dresdner Geschirre enthalten die Buchstaben K. P. M., königl. Porzellan-Manufaktur; später, aber sehr frühzeitig schon, zeichnete die Fabrik ihre Produkte mit den jetzt noch gebräuchlichen und in der ganzen Welt bekannten gekreuzten Kurfschwertern (Fig. 117), die in blauer Farbe gewöhnlich nur mit ein paar Pünfelstrichen ausgeführt sind. Für den Gebrauch des Kurfsürsten bestimmtes Geschirr trug die Chiffre A. R. Gegen 1720 wurden eine Zeit lang die Stichblätter der beiden Schwertcr über die Mitte hinaus nach Innen zu verlängert, so daß sie sich kreuzten; auch befindet sich in dem Innenraume zwischen denselben bis

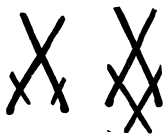


Fig. 117.  
Meißener Porzellanmarke.

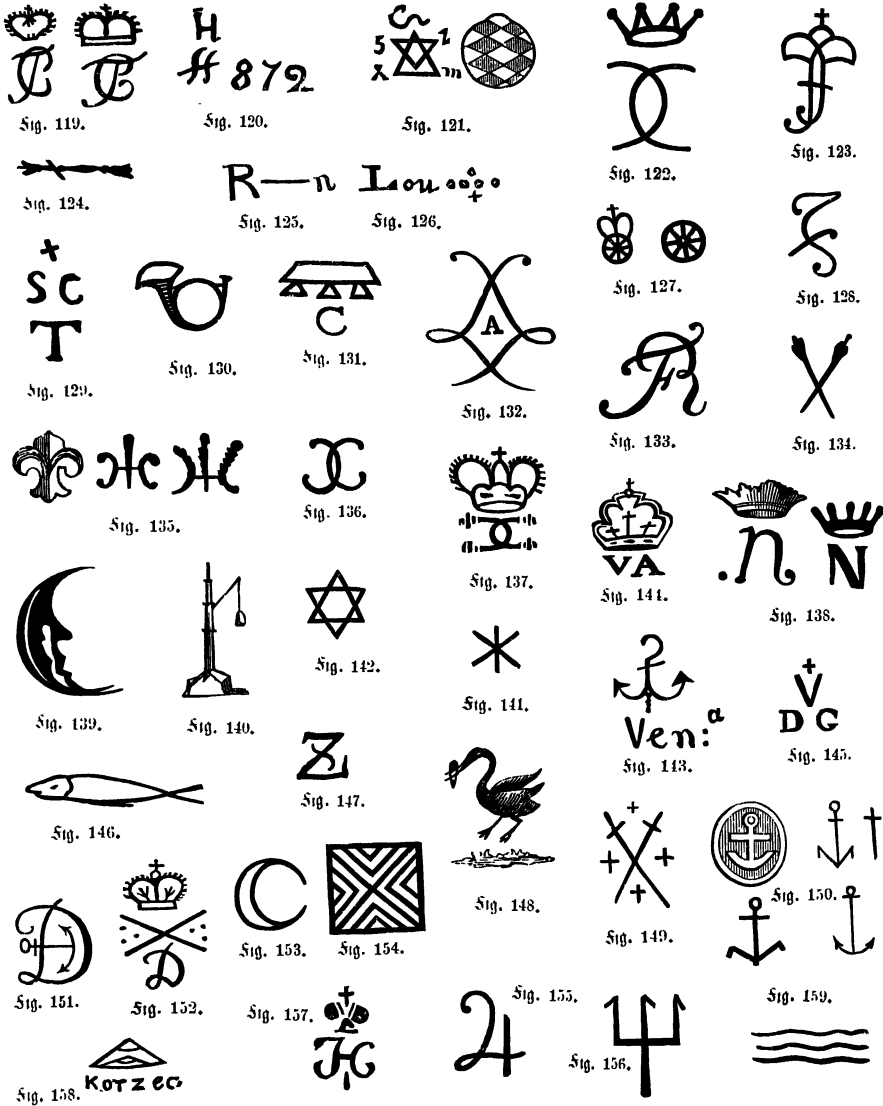
weilen ein kleiner Kreis (1778). Die Wiener Fabrik hatte zur Marke einen dem österreichischen Wappen entnommenen Schild (Fig. 118), Frankenthal nahm um 1755 zum Zeichen einen springenden Löwen, den Helmschmuck der Pfalz, vertauschte denselben aber später gegen die gekrönten Buchstaben C. T. (Pfalzgraf Carl Theodor), (Fig. 119) in blauer Farbe auf das Porzellan gemalt. Hanung, der Gründer der Fabrik (gestorben 1761), führte als Marke den Anfangsbuchstaben seines Namens und ein f (Frankenthal); gewöhnlich steht daneben noch eine auf das Muster bezügliche Nummer (Fig. 120). Die Frankenthaler Fabrik ging 1800 ein, wo die Porzälthe und Utensilien verkauft und damit im Bährischen Rheinkreise eine Fayencefabrik errichtet wurde.



Fig. 118.  
Wiener Marke.

Von den übrigen namhaftesten deutschen Porzellanfabriken geben uns die Figuren 121 bis 159 die Marken an und zwar zeigt uns Fig. 121 zwei derselben von Nymphenburg in Bayern (1758 gegründet), die zweite davon ist das bairische Wappen, auf dem Porzellan in Blau ausgeführt; Fig. 122 die Marke der von Herzog Karl Eugen zu Ludwigsburg 1758 errichteten, 1824 aber wieder eingegangenen Fabrik in Ludwigsburg. Ein noch kürzeres Leben hatte die von dem Fürstbischof zu Fulda gegründete Fabrik, dieselbe wurde der zu großen Betriebskosten wegen schon 1780 geschlossen; Marke blau, Fig. 123. Die Berliner Fabrik, nach dem Hubertusbürger Frieden von Friedrich dem Großen begründet, welcher als Herr von Dresden die nöthigen Kenntnisse sich leicht verschaffen konnte und große Quantitäten Porzellanerde fortführen ließ, hatte als erstes Zeichen ein Scepter (Fig. 124), später wurde ein Adler, noch später ein Reichsapfel über den Buchstaben K. P. M. (vgl. Porzellan-Manufaktur) zugefügt. Rudolstadt in Thüringen, um die Mitte des vorigen Jahrhunderts entstanden, führte ein R, blau; Ravensstein in Sachsen-Meiningen die in Fig. 125; Limbach, nicht weit davon entfernt liegend, die in Fig. 126 angegebene Marke; Großbreitenbach ein Kleeblatt, Weiskdorf einen bloßen Strich, Almenau ein L; Gotha bis 1802 ein R, von da ab ein G,

Unsbach ein A, Gera ein G u. s. w. In Mainz wurde 1740 eine Porzellanfabrik gegründet, sie ging aber 1794 in Folge des Einfalls der Franzosen wieder ein; ihre Porzellane sind kenntlich an dem Zeichen Fig. 127, dem Wappen des Erzbisthums,



Sig. 119 bis 159. Marken der namhaftesten Porzellanfabriken.

einem kleinen vergoldeten Rade; dasselbe ist bisweilen in Roth, bisweilen in Blau ausgeführt und bedeutet diese Farbenverschiedenheit vielleicht eine Verschiedenheit der Güte oder der Fabrikationszeit. Die Porzellane der später bei Höchst errichteten Fabrik haben das alte Zeichen beibehalten, demselben aber ein D beigesezt. Fürstenberg (im Braunschweigischen, 1750 begründet) zeichnete mit einem blauen F (Fig. 128).

In Frankreich kam die Porzellanfabrikation erst etwa 30 Jahre später in Gang als in Meissen. Es war zwar das Geheimniß der Bereitung, wie es von Meissen nach Wien und Frankenthal gekommen war, auch von hier den Franzosen bekannt geworden und namentlich heißt es, daß der Gründer der Frankenthaler Fabrik, Samung,

der französischen Regierung darauf bezügliche Mittheilungen gemacht habe; aber es zeigte sich der fatale Umstand, daß in ganz Frankreich das unerläßliche Kaolin sich nicht finden wollte, während der Bezug aus andern Ländern überall durch Ausfuhrverbote unthunlich geworden war. Die Porzellanfabriken, welche unter solchen Verhältnissen in Frankreich entstanden, konnten daher in ihren Erzeugnissen mit den deutschen Porzellanen in keiner Weise konkurriren. Viele von ihnen gingen nach kurzem Bestande wieder ein und Frankreich wäre wol in Bezug auf Porzellan von andern Ländern abhängig geblieben, wenn nicht ein besonderer Zufall ihm hilfreich geworden wäre.

Eines Tages suchte Frau Darret, die Gattin eines armen Barbiers in St. Yrieix bei Limoges, Thon, um ihre Wäsche weiß zu machen, und fand an einem nahen Berggrüben einen weißen, speckartigen Stein, der ihr dazu passend schien. Sie übergab denselben ihrem Manne, welcher darin etwas Besseres als Wallerde zu erkennen glaubte, zeigte ihn dem Apotheker Villaris in Bordeaux; dieser rieth auf Kaolin und sandte sogleich eine Probe davon an den Chemiker Macquer, welcher sie alsbald auch als solches erkannte. Man fand an dem betreffenden Orte ein reiches Kaolinlager und der unscheinbare Stoff, welcher von einer armen Frau gefunden wurde, brachte nun die Porzellanmanufaktur Frankreichs plötzlich in die Höhe. 1774 war die große Porzellanmanufaktur in Sèvres in vollem Gange; sie ist jetzt noch eine der größten und bedeutendsten in der ganzen Welt, und ihre Modelle und Malereien gehören zu den besten und sthylvollsten.

Als die Wiege der französischen Porzellanmanufaktur muß jedoch St. Cloud angesehen werden. Hier waren schon seit langer Zeit kostbare Töpferwaaren der verschiedensten Art gefertigt worden, die an der in Fig. 129 dargestellten Marke erkennbar sind oder an einer strahlenden Sonne, welche nach 1702 angenommen wurde, nachdem Ludwig XIV. der Fabrik große Rechte verliehen hatte. Eigentliche Porzellane wurden in dieser Zeit hier eben so wenig gemacht wie in Chantilly, wo auch bereits seit 1735 eine ausgezeichnete Thonwaarenfabrik bestand (Marke Fig. 130). Zu Clignancourt blühte um die Mitte des vorigen Jahrhunderts ein ähnliches Etablissement, dessen Produkte das Wappen des Herzogs von Orleans, ältesten Sohnes des Königs, führten, ein auf drei Spitzen ruhendes Dach (Fig. 131). Man versuchte die von Deutschland erlangten Rezepte zwar auszuführen, da aber, wie schon erwähnt, das Rohmaterial fehlte, so konnten die Versuche in Bezug auf die eigentliche Porzellanbereitung nur mangelhafte Resultate geben. Das, was an Stelle desselben in dieser Fabrik namentlich und in einzelnen andern mit großer Vollkommenheit erzeugt wurde, war das sogenannte Frittenporzellan (porcellan tendre), eine mehr glasartige Masse, welche ohne Zusatz von Kaolin bereitet werden kann, und mehr ein unvollständig geschmolzenes Glas vorstellt als ein wirkliches Porzellan. Die Masse des Frittenporzellans wird aus einem schmelzbaren Kieselalkali, Mergel und Kreide zusammengesetzt, fein gemahlen, als Brei mehrere Monate aufbewahrt, getrocknet und wiederholt gemahlen und endlich, um sie plastisch zu machen, mit Seifen- oder Leimwasser versetzt. Das Brennen geschieht in Kapseln, dabei verzieht sich indessen die Masse leicht, da eine viel geringere Hitze schon genügt, um sie gar zu brennen, als für das harte Porzellan. Als Glasur dient ein sehr bleihaltiges Glas. Das französische Porzellan erhielt gewöhnlich in seiner ganzen Masse eine Färbung und namentlich war das Hellblau von Sèvres (Türkis) sowie das Dunkelblau und Grün ebendaher berühmt. Die Erzeugnisse der Fabrik von Sèvres tragen als Marke ein doppeltes L (Louis); von 1753 an wurde in den Innenraum dieses Monogramms jedes Jahr ein neuer Buchstabe, von A an das ganze Alphabet durch, gesetzt (Fig. 132), sodaß 1776 das Z erreicht war. 1777 fing das Alphabet wieder

von vorn an, aber die Buchstaben wurden doppelt genommen und die Porzellane, welche mit RR bezeichnet sind, gehören demnach dem Jahre 1794 an. Von diesem Jahre an wechselte die Marke mit der in Fig. 133 abgebildeten (République Française), 1800—1804 verschwand auch diese und die Buchstaben M. NLE (Manufacture nationale) mit dem Worte SÈVRES traten an ihre Stelle; 1804 wurde das Nationale durch IMPLÉ (Imperiale) ersetzt und von 1810 bis 1814 florirte der Napoleonische gekrönte Adler als Zeichen. Später nahm Ludwig XVIII. wieder den alten Namenszug hervor mit einer Lilie in der Mitte, Karl X. den seitigen unter einer Krone, dem entsprechend Louis Philipp, die Republik von 1848—1850 aber nahm die Marke S mit der Jahreszahl. Der schon erwähnte Hanung oder Hannong errichtete im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts auch zu Paris eine Fabrik, welche mit H signirte; aus derselben Zeit stammen noch die Marken M. A. P. von Morelle; S von Souroup; zwei sich kreuzende Pfeile (Fig. 134) von Vocre (1773); ein gekröntes A mit einer rothen Lilie von Le Boeuf (1780—1793) u. s. w.

In Spanien gründete König Karl III. 1759 bei Madrid in den Gärten seines Palastes El Buen Retiro eine Fabrik, deren Produkte theils durch Lilien, wie deren drei in Fig. 135 angegeben sind, theils durch zwei verschlungene C (Fig. 136) bezeichnet sind. Der letztere Namenszug hat manchmal eine Krone und die Buchstaben sind dann gewöhnlich verzerrt, wie es Fig. 137 angiebt. Derselbe Monarch hatte früher schon in Neapel eine Fabrik gegründet, deren Erzeugnisse unter dem Namen „Capo di Monte-Porzellane“ von Sammlern hoch bezahlt werden (Marke Fig. 138). Die Zeichen Fig. 139 und 140 kommen neapolitanischen Porzellanen aus andern Fabriken zu, welche ebenfalls in der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts arbeiteten. Doccia in Toskana führte entweder das Zeichen Fig. 141 oder einen Stern, (Fig. 142), ähnlich der Marke von Venove in der Lombardei (blau oder roth). Das alte Venetianer Porzellan hat einen großen rothen Anker (Fig. 143); Bieneuf in Piemont (1750 gegründet) ein Kreuz mit den Anfangsbuchstaben des Ortes und Gründers Dr. Gioanetti (Fig. 144). Vista bei Oporto führte die Marke Fig. 145.

Aus der Schweiz sind vorzüglich zwei Marken, ein Fisch (Fig. 146) auf dem Porzellan von Nyon im Kanton Waadt und ein blaues Z (Fig. 147) auf dem um die Mitte des vorigen Jahrhunderts in Zürich gefertigten Porzellan bemerkenswerth.

In Holland entstanden während des Siebenjährigen Krieges Porzellanfabriken, von ihnen ist namentlich die im Haag und die Amsterdamer bekannt. Die letztere hat ein A als Zeichen, die erstere (1778 errichtet) die in blauer Farbe roh ausgeführte Zeichnung eines Storches, der entweder auf einem Beine steht oder mit einem Frosch im Schnabel auffliegt (Fig. 148). Doornik oder Tournay (1750—1800) führte zwei gekreuzte Schwerter mit vier kleinen Sternchen dazwischen (Fig. 149).

In England fand die Porzellanfabrikation schon frühzeitig einen günstigen Boden und in den Fabriken von Bow und Chelsea, welche vor 1750 errichtet worden sind, wurden ausgezeichnete Werke hervorgebracht. Das Bower Porzellan ist jetzt sehr selten und wird mit ungeheuren Preisen bezahlt; kenntlich ist es an einer Biene, die entweder nur darauf gemalt oder so modellirt ist, als ob sie auf dem Porzellan säße. Das Chelsea-Porzellan hat, wenn es überhaupt mit einem Fabrikzeichen versehen ist, einen Anker, der gewöhnlich ziemlich roh und mit rother Farbe gemalt, nur bei ganz feiner Waare, wie der letzten der in Fig. 150 abgebildeten, in zarten Goldstrichen ausgeführt ist. Als die Fabrik in Chelsea 1765 einging, siedelten die besten ihrer Arbeiter nach Derby über, wo bereits 1751 eine Porzellanfabrik gegründet worden war. Dadurch kam der Anker als Marke nach Derby und wurde in dem D, wahrscheinlich dem früheren Zeichen der Fabrik, angebracht (Fig. 151). Später unter Georg III., als das



Derby=Porzellan großen Ruf erlangt hatte, wurden zwei gekreuzte Schwerter mit einer Krone und dem Buchstaben D zur Bezeichnung gebraucht (Fig. 152). Beide Marken sind entweder in Hochroth oder Violet, bei sehr feinen Porzellanen auch in Gold ausgeführt.

Worcester, gleichzeitig mit der Fabrik Derby errichtet, excellirte hauptsächlich in der Nachahmung japanesischer und chinesischer Porzellane und benutzte auch derartige Marken; als eigenthümliches Zeichen aber diente ein halber Mond, in Blau unter die Glasur gemalt, bisweilen auch ein W und später eine schachbretartige Zeichnung (Fig. 153 und 154). Plymouth wurde um 1760 von Coolworthy errichtet; wahrscheinlich haben die naheliegenden reichen Zinnlagerstätten die Veranlassung gegeben, dieselbe Marke (Fig. 155) zu wählen, welche als Zinnstempel dient. Der unter Fig. 156



Fig. 160. Porzellanvase aus der Meißner Fabrik.

das Zeichen für die 1750 gegründete Porzellanfabrik gleichen Namens; Bristol hat ein blaues Kreuz, Leeds signirt durch eine Pfeilspitze und die Buchstaben G. G., Nottingham durch einen Greif; das alte Shropshire=Porzellan führt den Buchstaben S, Wedgwood bezeichnete seine Waaren mit seinem vollen Namen, manchmal in Verbindung mit dem seines Theilhabers Bentley.

Führen wir nun noch an, daß die kaiserliche Porzellanfabrik in Petersburg in der Regel den Namenszug des herrschenden Regenten mit der russischen Krone als Zeichen trägt, z. B. das Porzellan aus der Zeit Katharina's II. das Zeichen Fig. 157, ferner daß Fig. 158 die Marke der polnischen Fabrik Korzec darstellt und daß die königliche Fabrik in Kopenhagen (seit 1775) drei wellenförmige blaue Linien, den Sund, großen und kleinen Belt bedeutend, führt (Fig. 159), so dürften wir damit die Aufzählung der bedeutendsten und in der Geschichte des Porzellans interessantesten europäischen Fabriken beendeten haben. —

Das Porzellan ist ein Kunstmaterial und als solches zu den ausgezeichnetsten Werken verwendet worden. Wenn daher alte Geschirre mit hohen Preisen bezahlt werden, so ist es nicht nur das Interesse Alles zusammenhäufender Sammelwuth, welches bisweilen blind in seiner Werthschätzung verfährt, sondern es kommen edlere Gesichtspunkte mit in's Spiel. Die Würdigung dergleichen alter Kunstwerke ist aber für den Laien nicht leicht und Mancher befindet sich im Besitze werthvoller Stücke, ohne eine Ahnung davon zu haben; für solche können die abgebildeten Fabrikzeichen zu beachtenswerthen Fingerzeigen werden.

In der Neuzeit ist die Porzellanfabrikation zu einem allgemein verbreiteten technischen Gewerbe geworden, welches an vielen Orten schwunghaft betrieben wird. Erzeugen auch Privatwerke nicht jene künstlerisch vollendeten Gebilde, wie sie aus den Staatswerkstätten von Meißen, Berlin, Sevres hervorgehen, so sind sie für das

gewöhnliche Leben doch von einer großen Bedeutung, da die Massenproduktion die Herstellung guten Porzellans so billig gemacht hat, daß dasselbe jetzt zu den Geräthen des gewöhnlichen Gebrauchs Verwendung finden kann. Wenn man aber die Produkte ansieht, in denen das Porzellan dem Nutzen oder Vergnügen der Menschen dienen soll, so kommt man freilich bisweilen in Zweifel, ob die Verwendung eines so schönen Materials in oft so unschönen Formen nicht trotzdem noch eine Verschwendung genannt werden müsse. Eine einheitliche Geschmacksrichtung, ein Befolgen ästhetischer, unserem Schönheitssinne wohlthuerender Regeln, eine Rücksichtnahme auf das Auge — das scheinen im großen Ganzen in der Gefäßfabrikation für unnöthige Weitläufigkeiten, nutzlose Spielereien gehalten zu werden. Als ob man den Mund weiter aufthun müßte zu einem Herrgott als zu einem Kreuzackerlot; ein schön geformtes Gefäß herzustellen verlangt nicht mehr Mühe als die Aufreibung eines jener geschwollenen Krüge oder sonstigen häufig ebenso unschönen als unzuweckmäßigen Stücke, durch welche die Töpfergewerbe unaufhörlich auf die Verschlechterung des Geschmacks hinarbeiten,



Fig. 161. Sèvres-Porzellan. Terrine, Urnen, Blumenflaschen; ausgestellt in London 1862.

während sie gerade zumeist die Gelegenheit haben, das Auge des Volks an edle, schöne Formen zu gewöhnen. Es ist indessen hier nicht der Ort, mit einem irrefeleiteten Geschmack zu polemisiren, und eben so wenig der Raum, die Gesichtspunkte zu eröffnen, welche eine Verbesserung desselben hervorrufen könnten. Bedauern aber müssen wir den gegenwärtigen Zustand um so mehr, als die modernen Verhältnisse keine Aussicht gestatten, daß unsere Phantasie, welche Formen und Gebilde schafft, sobald sich von den unzähligen Einzelseinflüssen der uns umgebenden verpfuschten Dinge frei machen und als eine ursprünglich befruchtende Kraft sich aus dem Wüste von Verkehrtheiten wieder heranslösen könnte. Nach und nach wird dies auch geschehen und mit dem Fortschreiten wahrer Erkenntniß nähern wir uns auch wieder den wahren Ideen von Schön und Gut.

Die großen Porzellanfabriken, welche in den verschiedenen Ländern auf Staatskosten betrieben werden, haben deswegen auch eine nicht zu unterschätzende Bedeutung, weil sie mehr Kunstanstalten als industrielle Etablissements sein können, und wenn der Staat auch nicht im großen Ganzen die Aufgabe hat, Fabrikunternehmer zu sein, so hat er in solchen Fällen dazu sehr wohl die Verpflichtung.

Unter den Porzellanfabriken, welche zu allen Zeiten ihres Bestehens sich gleichen Ruhm bewahrt haben, stehen die zu Meissen und Sevres obenan, sowol was die Güte des Materials als die Vortrefflichkeit der Form und Vollendung der künstlerischen Ausführung, Malerei und Vergoldung anbelangt. Neben ihnen dürfte die Porzellanfabrik in Berlin und die englische von Worcester den höchsten Rang beanspruchen. Die letzte Ausstellung in London (1862) ließ die herrlichsten Meisterstücke bewundern. Wir geben in den Fig. 160 und 164 zwei derjenigen Vasen, welche Meissen hingefandt hatte. Die erstere (Fig. 160) hat eine Höhe von ungefähr 4 Fuß und ist nach Zeichnungen von Schnorr von Carolsfeld ganz in antikem Styl ausgeführt. Die zweite (Fig. 164), ebenfalls von Schnorr entworfen, ist noch größer, denn sie mißt in der Höhe 5½ Fuß. Außer diesen Dimensionen, welche der Herstellung ungemeine Schwierigkeiten in den Weg legen, weil bei dem Brennen die Masse des Porzellans erweicht und durch das große Gewicht die Form unfehlbar verdrückt und verschoben werden würde, wenn man nicht die subtilsten Vorsichtsmaßregeln anzuwenden verstände, ist ganz besonders die meisterhafte Ausführung der Malerei zu bewundern,

welche auf der großen Vase das berühmte Dianenbad von Albani, in der Dresdner Gallerie, vorstellt.

Sevres, dessen Porzellanfabrik jetzt unter der Direktion des berühmten französischen Chemikers Regnault steht, hatte eine Sammlung wundervoller Gefäße ausgestellt, von denen uns die Abbildung (Fig 161) einzelne Stücke vorführt. Freilich müssen wir darauf verzichten, durch den Holzschnitt auch nur eine entfernte Andeutung des Reizes zu geben, welchen das unvergleichliche Material ausübt, und den Zauber der Farben, der bei derartigen Kunstprodukten den Gesamteindruck wesentlich bestimmt, kann uns selbst die lebhafteste Phantasie nicht ersetzen.



Fig. 162.

Worcester = Porzellan. Teller aus dem Service der Königin von England; ausgestellt in London 1862.

Der Teller (Fig. 162) aus der von Worcester 1752 gegründeten Porzellanmanufaktur ist durch die Eleganz seiner Form und Zeichnung ausgezeichnet. Sind im Ganzen die Engländer, was Form und Verzierung ihrer Porzellane anbelangt, hinter den Franzosen und Deutschen zurück, so stehen doch nicht nur die Worcesterer Geschirre, sondern auch die Erzeugnisse einiger Privatfabriken (wie die der schon früher erwähnten von Minton in Stoke upon Trent) mit in erstem Range.

**Erzeugung des Porzellans.** Gehen wir nun zu der Herstellung des Porzellans aus seinen Rohmaterialien über, so haben wir im Wesentlichen wieder dieselben Vorbereitungen und Manipulationen zu beachten, die schon bei der gewöhnlichen Töpferei vorkommen, nur daß wegen der größeren Kostbarkeit der Produkte auch die Auswahl der Materialien und die darauf verwandte Arbeit eine bei weitem sorgfältigere sein wird. Andererseits aber hängt die Eigenthümlichkeit des Produkts mit besonderen Umständen zusammen, welche auch wieder ganz besondere Rücksichtnahmen bei der Fabrikation bedingen.

Das Porzellan ist bekanntlich eine milchweiße, halb durchsichtige, mit einer ganz durchsichtigen, bleifreien Glasur bedeckte Masse. Die beiden Grundstoffe sind Kaolin

und Feldspath, und da auch die Glasur aus Feldspath hergestellt wird, während der Kaolin eben auch nichts weiter ist als das Produkt der Verwitterung feldspathreicher Gesteine, so begreift es sich, daß schließlich eine sehr gleichmäßige, innig vercinnte Masse daraus entsteht, bei welcher von Glasurrissen u. dgl. keine Rede sein kann. Der Kaolin ist unsmelzbar; der Feldspath sintert aber im Feuer. Das Porzellan besteht demnach aus weißen, undurchsichtigen Körperchen, die mit einer glasigen Masse durchtränkt und verbunden sind. Die Halbdurchsichtigkeit desselben ist hieraus leicht erklärlich. Die Chinesen nennen sehr bezeichnend den Kaolin die Knochen, den Feldspath das Fleisch des Porzellans. Betrachtet man ein Porzellansplitterchen unter dem Mikroskop, so stellt sich die Grundmasse, der Kaolin, als feine Stäbchen dar, die sich bei stärkerer Vergrößerung in Reihen von Kügelchen auflösen. Aus einem Kaolin, der noch viel unzeretzten Feldspath enthält, kann man ohne weitere Zumischung Porzellan machen, wie dies in der That auch namentlich in der Fabrik zu Sevres geschieht. Zu diesen Grundstoffen kommen aber gewöhnlich noch andere Zusätze, wie sie die Gelegenheit darbietet oder der Vortheil erheischt. So setzt man zur Verminderung des Schwindens häufig Quarz zu, während man durch Kalk, Gyps, Magnesia den theuren Feldspath theilweise zu ersetzen sucht. Freilich fällt die Waare um so geringer aus, je mehr fremde Bestandtheile in die Masse eingehen werden.

Alle Bestandtheile des Porzellans werden durch Stampfen, Mahlen zwischen Steinen und Schlämmen mit Wasser in das feinste Pulver verwandelt und in der Regel im Zustande flüssiger Schläpfe in den angenommenen Verhältnissen zusammengerührt, das Gemisch nochmals geschlämmt, der abgewässerte Schlamm sodann ausgepreßt und die halbtrockene Masse nach gehöriger Durcharbeitung in Ballen geformt. Diese überläßt man in Kellern einer Art freiwilliger Gährung oder Rottung, die wenigstens ein Jahr, in China — sagt man — 40—50 Jahre unterhalten wird, und wodurch der Thon sich mehr aufschließt und an Bildsamkeit gewinnt. Die Masse erleidet hierbei eine eigenthümliche, noch nicht genau genug untersuchte Veränderung. Sie schwärzt sich nämlich, indem die darin enthaltenen Spuren organischer Substanzen in Fäulniß übergehen; vielleicht auch, indem bei der chemischen Umwandlung Schwefeleisen im Spiele ist, denn dies Gemenge stößt oft einen deutlichen Geruch nach Schwefelwasserstoff aus. An der Luft wird das Ganze allmählig wieder weiß.

Die gegohrene Masse wird abermals durchgearbeitet und daraus werden dann die Gegenstände ziemlich in derselben Art wie bei der Töpferei gefertigt, nur daß beide Arbeiten, Dreherei und Förmerei, stets Hand in Hand gehen und alle geformten Gegenstände womöglich noch in Gypsformen fertig gedreht werden. Die kurze und wenig bildsame Beschaffenheit der Porzellanmasse macht aber die Verarbeitung bedeutend schwieriger als die der fetten Thonarten. Ist daher ein Gegenstand, Vase, Tasse u. dgl., auf der Scheibe leidlich vorgedreht, so setzt man ihn in eine aus mehreren Stücken bestehende Gypsform, die ebenfalls gedreht wird, während man die Porzellanmasse durch Drücken und andere Manipulationen an die Wände der Formen genau anzulegen sucht. Da der Gyps lebhaft Wasser aus der thonigen Masse zieht, so erlangt diese dadurch so viel Konsistenz, daß die Formstücke sich davon ablösen lassen. Hohle Körper formt man ebenfalls in zwei Schalen, die man dann mit dünner Masse — dem Töpferleim — zusammenfittet und mit feuchten Schwämmchen polirt. Bei durchbrochenen Gegenständen werden bisweilen die Durchbrechungen mit freier Hand, aus dem Massiven hergestellt. Büsten, Statuen u. s. w. müssen auf alle Fälle noch aus freier Hand nachgearbeitet, ziselirt u. s. w. werden, wenn sie windtrocken sind. Vertiefte Ornamente werden eingedrückt, erhabene gleich mit geformt, oder auch wie Henkel u. dgl. mit Töpferleim angefittet.

Teller und Schüsseln erhalten ihre Gestalt auf der Drehscheibe, indem man eine weiche Platte von Porzellanthon über eine auf der Scheibe befindliche Form, welche das Innere bildet, aufschlägt und dann die äußere Form mittels der Schablone abdreht, den Gegenstand aber so lange auf der Unterlage läßt, bis er windtrocken ist und sich nicht mehr verziehen kann. Lufttrockene, sogenannte lederharte Gegenstände werden nicht selten noch auf der Drehbank ganz wie Holz ausgearbeitet.

Manche Sachen werden auf eigenthümliche Weise in zwei- oder mehrtheiligen dickwandigen Gypsformen gegossen. Eine solche Form schließt man unten und füllt sie ganz mit Porzellanmasse, die etwa so dick ist wie fette Sahne. Nun saugt der Gyps das Wasser aus der anliegenden Porzellanschicht und verdichtet diese; wenn man die Form unten öffnet, fließt die übrige Masse aus und es bleibt nur die verdichtete Wand in der Form sitzen, so daß man, wenn dieselbe wieder trocken geworden ist, beim Oeffnen der Form das fertige Gefäß herausnehmen kann. Statt des Abzapfens von unten wird öfters das Umstürzen der Formen angewandt, bei kleinen Gefäßen zieht man wol auch die innere, flüssig bleibende Masse mit einer Spritze heraus. Man kann auf diese Weise Schalen u. dgl. herstellen, die so dünn und zart wie Postpapier sind. Denselben Effekt einer ungewöhnlichen Dünne erreicht man auch durch Anwendung von Centrifugalmaschinen, indem etwas dünner Brei in eine Mutterchale gethan und diese in anhaltenden raschen Umlauf gesetzt wird. Die weiche Masse muß dadurch an den Wänden in die Höhe steigen und wenn das Drehen lange genug anhält, so wird sie dadurch ohne Zweifel so austrocknen, daß sie nicht wieder zurückfließt und dann weiter getrocknet und gebrannt werden kann.

An den feineren Porzellanfiguren von Meißen findet man öfters Schleier u. dgl., die wie der feinste Spitzengrund aussehen. Die Anfertigung ist höchst einfach. Es wird nämlich ein Stückchen gewöhnlicher Spitzengrund in dünne Porzellanmasse getaucht, die sich an die Fäden anhängt, ohne die Löcher zu verstopfen. Aus diesem Spitzengrunde bildet man nun den Schleier, oder sonst einen Theil des Gewandes naturgetreu. Bei dem nachfolgenden Brande verbrennen die Fäden des Spitzengrundes und die Porzellanmasse behält die Form desselben.

Die Lichtbilder oder Lithophanien, jene bekannten dünnen, unglasirten Porzellanplatten, welche, gegen das Licht gehalten, malerische Darstellungen, Landschaften, Figuren u. s. w. mit einer wunderbaren Weichheit der Schatten- und Lichtabstufungen hervortreten lassen, werden in flachen Gypsformen, Matrizen, gepreßt. Diejenigen Stellen, welche im Bilde dunkel erscheinen sollen, erhalten eine größere Dicke; die helleren, lichtreichen Partien werden in der Masse ganz dünn hergestellt, so daß sie von dem durchgehenden Lichte auch nur wenig zurückhalten. Ihre Darstellung beginnt mit der Anfertigung eines Wachsbildes, das in allen seinen Theilen einer fertigen Lithophanie gleicht, und aus denselben Gründen die nämliche Wirkung macht. Eine Wachstafel wird zu dem Ende auf einer Glasscheibe, die ihre Beleuchtung von der untern Seite erhält, nach der darauf entworfenen Zeichnung so lange mit Bissirholzern bearbeitet, bis die gewünschte Wirkung erreicht ist. Von dieser Originalplatte wird ein Gypsabguß genommen, welcher nach dem Trocknen als Form dient.

Die geformten und an der Luft oder in gelinder Wärme vollkommen ausgetrockneten Gegenstände kommen zuerst in den Borglühofen, wo sie in einem starken Hitzegrade so weit erhärten, daß sie glasirt werden können. Die Glasur ist gewöhnliche Porzellanmasse, aber ziemlich stark mit irgend welchen Flußmitteln versetzt; in verschiedenen Fabriken ist sie verschieden. In Meißen besteht sie aus 37 Prozent Quarz, ebensoviel Kaolin von Seitz, 17,5 Prozent Kalk und 8,5 Prozent gemahlener Porzellanscherben. Sie wird als ein dünnes Schlammwasser dargestellt, in das

der Arbeiter die Waare taucht. Die sich anhängende dünne Schicht wird nöthigenfalls durch Auftragen mit dem Pinsel ergänzt (Fig. 163). In England verwendet man in neuerer Zeit viel Vorsäure zu der Glasur. Die schon betrachtete Methode des Glasirens durch Eintauchen oder Auftragen der Glasurmasse ist nicht die einzige gebräuchliche, sondern man wendet auch die Glasur in Pulverform an und bestäubt damit die etwas feuchten Waaren. Zu solcher, in der Regel nur für billige Porzellane tauglichen Glasur kann ein Gemenge von Zinblendes und Glaubersalz dienen. Ferner kann man gewisse Substanzen, wie Kochsalz, Vorsäure u. s. w., die sich in der Hitze verflüchtigen, in den Ofenraum bringen und von diesen die Glasur bilden lassen. Gewisse Metalloide sind dazu auch recht tauglich und geben, wenn ihre kiesel-sauren Salze gefärbt sind, sehr hübsche Lustres, die namentlich in England sehr beliebt sind. Diese Art des Glasirens wird *smearing* genannt.

**Brennen.** Die glasirten Gegenstände kommen, wenn sie ganz trocken sind, in Kapseln oder Kästen von feuerfestem Thon, damit sie im Ofen nicht von der Asche oder den Flammen verunreinigt werden, und mit jenen Kästen in den Brennofen. Derselbe ist kreisrund, mit Zügen erbaut und hat mehrere, in der Regel drei Etagen, um darauf die Gegenstände nach dem zu ihrem Ausbrennen nöthigen Hitzegrade vertheilen zu können, der oft bis auf 160° C. gesteigert wird. Wenn das Porzellan weißglühend geworden ist, was man an einer herausgezogenen Probe erkennt, schließt man den Ofen ganz und läßt ihn langsam auskühlen. Das Gutbrennen dauert in der Regel 17—18 Stunden, das Verköhlen dagegen mehrere, bis 5 und 6 Tage.

Wir geben anbei die Durchschnittsansicht eines mit Waare gefüllten Porzellanofens. Der cylindrische Körper desselben geht nach oben in einen kegelförmigen Schlot über. Die Wandungen sind, um die Hitze zusammenzuhalten, gewöhnlich doppelt, mit einer Zwischenfüllung von Asche u. dgl. Außerlich ist das ganze Gemäuer mit einem Netz von starken Eisenschienen umgeben. An der untersten oder auch an dieser und der folgenden Etage befinden sich ringsum vier Feuerstellen, die etwas ausgerückt sind, um die Flamme reiner in den Ofen treten zu lassen. Das

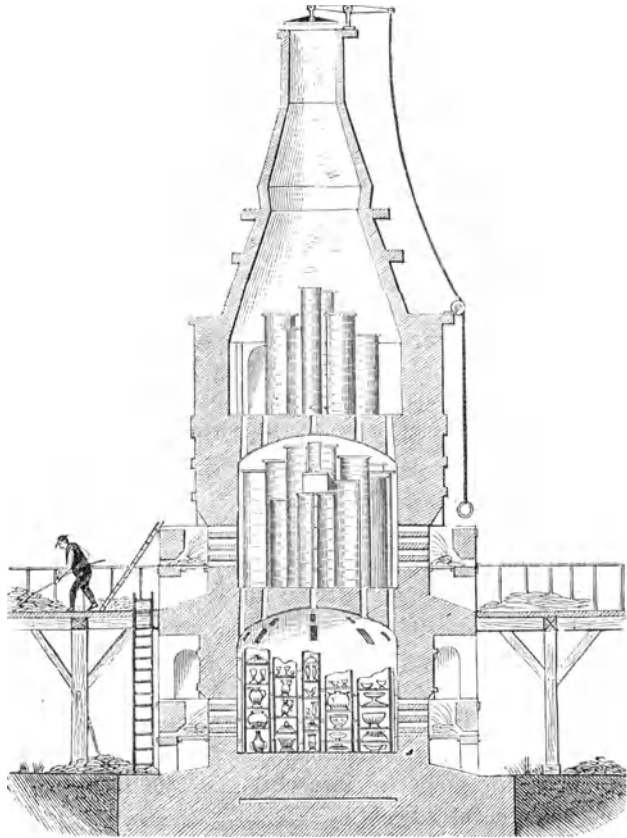


Fig. 163. Porzellanofen im Durchschnit.

Feuerungsmaterial war früher ausschließlich Holz, während man neuerdings hier und da mit gutem Erfolg Steinkohlen anwendet. Diese geben zwar eine unreinere Flamme, was aber, da alles Porzellan in Kapseln gebrannt wird, wenig auf sich hat. Die Kapseln sind runde, schachtelartige Gefäße, die von ganz feuerfestem Thone gebrannt sind (Chamotte) und säulenartig so aufeinander gesetzt werden können, daß die nächst-obere immer die unter ihr stehende als Deckel verschließt. In den Kapseln stehen die Porzellangegenstände auf kleinen, eben geschliffenen Platten aus Kapselmasse, sogenannten Pumpfen.

Die oberen Räume des Ofens, wo die Hitze begreiflicherweise am schwächsten ist, dienen zum ersten Brande, zum Verglühen, außerdem zum Brennen von Kapseln, zum Rösten des Feldspath u. dgl. Bei dem Verglühen behufs Aufnahme der Glasur verliert die Masse etwa  $\frac{1}{4}$  ihres Gewichtes und die Gefäße schwinden nur unmerklich; bei dem nachfolgenden Glattbrennen aber, wobei die Waare in den untersten Räumen des Ofens der stärksten Weißglühhitze ausgesetzt ist, tritt ein beträchtliches Deformiren ein. Hier kommt die Glasur in Fluß, die ganze Masse erweicht und erlangt die geschätzte halbdurchsichtige Beschaffenheit. Die Regulirung des Feuers ist beim Porzellanbrennen eine Sache von der größten Wichtigkeit und erfordert sehr viel Aufsicht, damit die Hitze gleichmäßig von allen Seiten die Gegenstände umspielt, weil sonst ein Verziehen die nothwendige Folge sein würde. Uebrigens dringen die Ofengase doch in die Kapseln ein und die chemische Beschaffenheit derselben ist daher namentlich in Bezug auf gemalte Waaren von Einfluß. Große Gegenstände, wie die in Fig. 164 abgebildete Vase, müssen, um nicht durch ihr eigenes Gewicht zusammengedrückt zu werden, besonders gestellt und auf das Behutsamste unterstützt werden, so daß die weiche Masse nicht die ganze Last allein zu tragen hat.

Je nach der Menge und der Beschaffenheit der einzelnen Bestandtheile liefert die Porzellanmasse nach dem Brande ein sehr verschiedenartiges Produkt. Sind alle Materialien im Zustande vollständiger Reinheit verwendet worden, so ist die Farbe vollständig weiß. Ein geringer Gehalt an Eisen aber ist schon hinreichend, um eine gelbliche Färbung zu bewirken. Die größere oder geringere Durchscheinbarkeit hängt von dem Verhältniß des Kaolins zu dem Feldspath ab. Das kaolinreichste Porzellan ist das Bisquit, eine sehr strengflüssige, unglasirte Masse, aus der namentlich Statuen hergestellt werden. Berühmt sind, wegen der künstlerischen Ausführung, die Meißner Erzeugnisse in dieser Branche. In neuerer Zeit sind mit dem Namen Parisches Porzellan oder Parian und Carrara Massen bezeichnet worden, welche den berühmten parischen und Carrara-Marmor nachahmen sollen; sie sind aber nichts Anderes, als das schon seit lange in Meissen erzeugte Statuenporzellan, welches sie an Schönheit noch nicht einmal erreichen.

Die Erzeugnisse eines Brandes zeigen sich beim Entleeren des Ofens aber nicht alle von gleicher Beschaffenheit. Größere oder kleinere Fehler kommen zahlreich vor und es muß ein genaues Sortiren erfolgen, nach welchem die weiße Waare in Feingut, Mittelgut, Ausschuß und Bruchgeschirr gesondert wird. Das Feingut muß völlig fleckenlos, milchweiß und fehlerfrei in der Glasur, ohne Blasen und matte Stellen sein und darf sich natürlich weder verbogen haben noch Risse zeigen. Kleine Fleckchen oder mangelhafte Stellen in der Glasur, die man aber durch die Malerei verdecken kann, geben die zweite Sorte; übrigens brauchen die Fehler nur sehr wenig merkbar zu sein, um in renommirten Porzellanfabriken die Waare schon unter den Ausschuß zu verweisen, der gleichwol im Preise oft vielmal niedriger steht als das Feingut.

Die Porzellanmalerei. Soll nun die weiße Waare noch gemalt oder vergoldet,

also durch die Kunst verschönert werden, so muß sie nachher abermals gebrannt werden, damit die Farbe in Fluß komme und sich mit der Glasur verbinde. Sorgfältiger ausgeführte Gemälde müssen immer mehrmals in die Glühhitze und können nur nach und nach gefertigt werden. Ja, gerade die zartesten Partien, wie Fleischtöne u. dgl., erfordern die meisten Brände. Zur Porzellanmalerei gehören, wie zur Glasmalerei, Farben, welche Mineralien oder Metalloxyde sind und mit Spießöl aufgetragen werden, die aber mehr Körper haben können als die Glasfarben, da bei ihnen nicht, wie bei jenen, Durchsichtigkeit Bedingung ist.

Man hat Farben für volles und halbes Feuer, und solche, die noch leichtflüssiger sind, in Muffeln eingebrannt werden und nur die Rothglühhitze verlangen. Die gewöhnlichen Farben sind: Goldpurpur für alle Farben vom Rosa bis zum Karmin und Violet, Eisenoxyd für andere rothe Töne, Blau, Braun, Gelb, Violet, Antimon mit Bleiglas für Gelb, Uranoxyd für Dunkelgelb und Schwarz, Bleiglas für Strohgelb, Kobaltoxyd für Blau, Kupferoxyd für Grün, Chromoxyd für Gelb, Titanoxyd für Gelb, Roth und Grün, Eisenoxyd, Mangan, Kobaltoxyd, Iridiumoxyd für Schwarz u. s. w. Die nassen Gemälde müssen, ehe sie in den Ofen kommen, über Spiritusfeuer abgetrocknet werden. Uebrigens werden nicht alle Porzellanfarben auf die Glasur aufgetragen. Diejenigen, welche den hohen Hitzeegrad des Gutbrennens vertragen, ohne sich zu verflüchtigen oder zu zersetzen, kann man auch unter der Glasur anbringen, sogenannte Scharffeuerfarben, zum Unterschiede von den Muffelfarben, welche sich im Scharffeuer verändern und unreine Töne geben würden, und daher nach dem Glasiren mit weniger Hitze eingebrannt werden. Früher wurden

übrigens häufiger als jetzt ziemlich umfangreiche Gemälde auf dem Wege der Porzellanmalerei hergestellt. Die vielen ungünstigen Umstände aber, welche eintreten und das mühevollen Werk des Künstlers plötzlich verunzieren können, haben diesen Kunstzweig sehr beschränkt, so daß er meist nur als Dekorationsmoment in Betracht kommt. Freilich kann er auch eine sehr große Vollkommenheit erlangen und Kunstwerke ersten Ranges, wie die in Fig. 164 abgebildete, schon früher von uns erwähnte Vase aus der Meißner Fabrik, verdankt ihren hohen Werth vorzugsweise der Malerei, mit welcher sie geschmückt ist.



Fig. 164.

Große gemalte Vase aus der Meißner Fabrik; ausgestellt in London 1862.



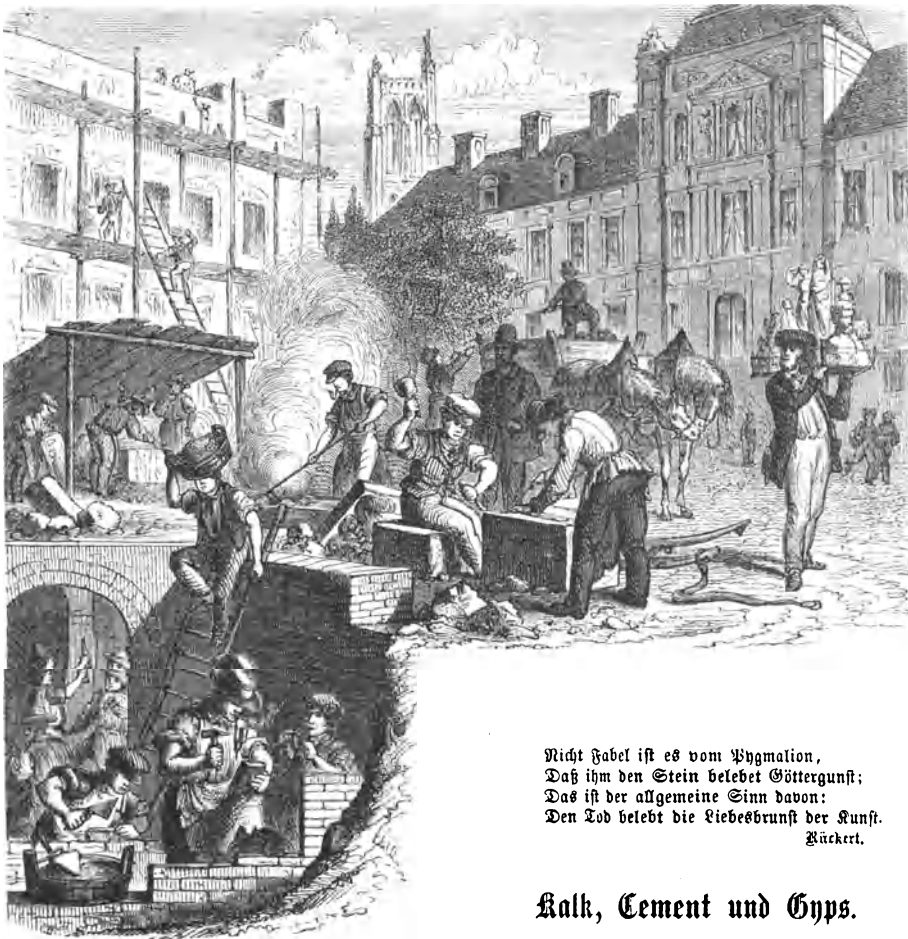
Zur Vergoldung des Porzellans (Versilberung ist wegen des schnellen Unsehbarwerdens wenig üblich) wird das Gold aus seiner Auflösung in Königswasser in höchst fein zertheiltem Zustande niedergeschlagen, was gewöhnlich durch Eisenditriol geschieht. Es bildet so ein braunes Pulver, das mit Fluß und Del versetzt und wie eine Farbe mit dem Pinsel aufgetragen wird. Es schmilzt leicht mit der Glasur zusammen. Nach dem Brande erscheint das Gold zwar in seiner eigenthümlichen Farbe, aber matt und glanzlos. Der Glanz muß erst durch Poliren mit Achat oder Blutstein hervorgerufen werden. Brillanter, aber nicht so haltbar, ist eine andere Vergoldung, bei welcher das Gold gleich glänzend aus dem Feuer kommt. Das Verfahren war lange Zeit im Alleinbesitz der Meißner Fabrik; diese Vergoldung heißt deswegen auch Meißner Vergoldung. Sie wird erzielt durch Einbrennen einer Lösung von Schwefelgold oder Knallgold und Schwefelbalsam.

Die eigentliche Porzellanmalerei aber hat ihre großen Schwierigkeiten, weil sich die Farben während des Einbrennens erst entwickeln, und es bedarf einer großen Erfahrung des Malers, um im Voraus beurtheilen zu können, welchen Eindruck seine Arbeit nach dem Brande machen werde.

Neben dem Auftragen der Farbe mittels des Pinsels kommt auch das Bedrucken, vorzüglich von billigen Porzellangeschirren, in Anwendung und es wird dasselbe auf die Art ausgeführt, welche schon früher bei der Besprechung des Steinguts von uns Erwähnung fand. In neuester Zeit hat man auch gelernt Photographien auf Porzellan zu übertragen und die Zeichnung unter die Glasur einzuschmelzen.

Wenn wir rückblickend die Fortschritte betrachten, welche die Thomvaarenfabrikation im Laufe der Zeiten, und bei uns namentlich in den letzten beiden durch das Aufblühen der chemischen Wissenschaften bezeichneten Jahrhunderten gemacht hat, so fällt uns jener Widerspruch, der zwischen dem geistigen Elemente der Keramik, wenn wir uns so ausdrücken dürfen, und ihrem materiellen Wesen, dem Technischen, der Herstellung des Materials, der Färbung u. s. w., liegt, allerdings sehr in die Augen. Aber der Mangel auf der einen ist zum Theil durch das Vorwärtsgen auf der andern Seite bedingt. Künste und Gewerbe waren früher enger mit einander verbunden. Das Beispiel des Palissy lehrt uns, daß es noch vor kaum zweihundert Jahren einem genialen Manne ein größeres, erstrebenswerthes Ziel erschien, eine weiße Glasur zu erfinden, als die Kirchenfenster mit Glasgemälden zu schmücken. Heute ist das anders geworden. Die Arterien des großen Lebens verbreiten jeden Pulsschlag über die ganze civilisirte Welt, machen den Entferntesten mit den Anschauungen des großen Mittelpunktes vertraut, und verwischen so, indem sie das Widerstrebendste in unmittelbarer Folge nacheinander zum Eindruck bringen, jede eigenthümliche Entwicklung im Keime. Daher der Mangel an selbständigem Styl in allen Künsten.

Aber wenn die Fabrikestablissemens mit ihrer Massenerzeugung die Phantasie aus ihren Räumen häufig vertreiben, so haben sie dafür den forschenden Geist sorgsam gehütet und seine Winke und Rathschläge reichlich vergolten, indem sie ihm die Werkzeuge und Waffen bilden halfen, mit denen er der Erkenntniß aus ihrem von der Kurzsichtigkeit und dem Vorurtheil verrammelten Gefängniß heraushilft. Die Anwendungen, welche das Porzellan auf den physikalischen und chemischen Gebieten findet, sind so mannichfaltige und so unschätzbare, daß bei dem Gedanken an sie sich das Andenken an Böttger in dem freundlichsten Lichte erneuert.



Nicht Fabel ist es vom Pygmalion,  
 Daß ihm den Stein belebet Göttergunst;  
 Das ist der allgemeine Sinn davon:  
 Den Tod belebt die Liebesbrunst der Kunst.  
 Rückert.

## Kalk, Cement und Gyps.

Verbreitung des Kalkes in der Natur. Der kohlen-  
 saure Kalk. Seine Verwendung. Aetzalk. Brennen  
 in Kalköfen. Löschen. Der Mörtel. Hydraulische Mörtel und Cemente. Portland- und Roman-  
 Cement. Der Gyps. Vorkommen. Zusammensetzung. Anhydrit. Entwässerung. Gypsgießerei.  
 Baryt und Strontian.

Der Kalk ist einer der verbreitetsten Grundstoffe der Natur. Wenn er sich auch der Menge nach nicht in so hervortretender Weise wie die Kiesel-erde an der Zusammensetzung der Mineralien und Gesteinsarten theilhaftig und sein Vorkommen in dem unorganischen Reiche auch nicht eine gesetzlich so sanktionirte Ausdehnung hat wie das Auftreten jenes Körpers, so ist er deswegen nicht weniger häufig. Nur ist er nicht immer der allein berechnete Inhaber der Stellen, welche er einnimmt. Häufig drängt er sich in Verbindungen, die eigentlich einen andern Stoff, etwa Manganoxydul, Eisenoxydul, Talkerde oder dergleichen, aufnehmen wollten; dafür muß er sich dann wieder gefallen lassen, daß dieselben Stoffe auch ihn aus seinen eigenthümlichen Verbindungen bisweilen verjagen und seinen Platz besetzen.

Unter den zahlreichen und überall vorkommenden Mineralien, welche die Kalk-erde zu ihren Bestandtheilen zählt, giebt es demgemäß eine sehr große Zahl, welche ihn nur nebensächlich und in geringer Quantität enthalten. Andere aber, die auch zu den weitverbreiteten gehören, bestehen fast ausschließlich aus ihr und diese liefern dann

das hervorragendste Beispiel großartigen lokalen Massenvorkommens eines Körpers. Kein anderer Stoff, selbst die Kiesel-erde und die Thonerde nicht ausgenommen, kann sich rühmen, in so ungeheuren Quantitäten auf einmal an einer bestimmten Vertikalität aufzutreten wie der Kalk. Nur das Wasser, in den grundlosen Tiefen der Meere angehäuft, vermag ihm Konkurrenz zu machen. Große meilenweite Ablagerungen von Kalkgebirgen, oft eine Mächtigkeit von vielen tausend Fuß erreichend, treten an vielen Orten der Erde auf und diese Gebirge bestehen der Hauptsache nach aus nichts weiter als aus Kalkerde und Kohlen-säure. Der gewöhnliche Kalkstein, der Marmor, Kalkspath, Arragonit und die Kreide sind kohlen-saure Kalkerde. Mit Schwefelsäure verbunden bildet die Kalkerde den Gyps, mit Phosphorsäure den Apatit. Alle diese Verbindungen sind, obwol nur in geringem Maße, so doch unter gewissen Umständen in Wasser löslich. Da nun die Kalkerde, wie schon erwähnt, als Vertreterin einer Anzahl anderer Basen in vielen Mineralien vorkommt und daher in keiner Gebirgsart ganz fehlt, so enthält auch jeder Ackerboden, der ja erst aus der oberflächlichen Verwitterung des festen Felskörpers unserer Erde entstanden ist, Kalkerde an eine oder die andere Säure gebunden. In dem durchsickernden Wasser löst sie sich, und von der Pflanze aufgenommen und in Kraut und Stengel, Blüte und Frucht mit übergeführt, findet sie so ihren Weg in das dritte Reich, dessen eigentliche Stütze sie wird, indem die Bildung von Knochen, Zähnen, Schalen und Gehäusen lediglich durch die Kalkzufuhr, welche die Pflanze dem Thiere vermittelt, ermöglicht wird.

In den Deluvial-schichten findet man unter den Ueberresten längst vergangener Thiergeschlechter Zähne des Mammuth, von denen ein einziger oft die Größe eines Kannenmaßes hat — nur mit Kalk sind sie gewachsen. Und andererseits die weißen Felsen der englischen Küste — sie bestehen aus Kreide, den Anhäufungen der Kalkgehäuse untergegangener Infusorien, von denen jeder Kubitzoll viele Millionen enthält.

Aber nicht nur an sich ist die Kalkerde für das Wachstum der Organismen von der größten Wichtigkeit, sie wird es noch mehr durch ihre basischen Eigenschaften, in Folge deren sie jene Säuren, welche ebenfalls für Pflanzen und Thiere unentbehrliche Nahrungsprodukte sind, namentlich die Phosphorsäure, sodann aber auch Schwefelsäure, Salpetersäure und Kohlen-säure, an sich bindet und in den belebten Kreislauf des Stoffes einführt.

Im kohlen-sauren Kalk ist ohne allen Vergleich mehr Kohlenstoff enthalten, als das gesammte Thierreich, alle Pflanzen, Wälder und Wiesen, dazu gerechnet noch die in der Erde als Torf und Kohlen vergrabenen Reste vorweltlicher Pflanzendecken, bieten; selbst der Kohlenstoff, welcher in der Kohlen-säure der viele Meilen hoch über uns flutenden Atmosphäre enthalten ist, enthält viel mehr, als all diese zusammen an Kohlenstoff repräsentiren.

Denn wenn auch der gesammte Kohlenstoff, welcher in der Kohlen-säure der atmosphärischen Luft enthalten ist, plötzlich als dichte schwarze Kohle herunterfiel, so würde die ganze Erde doch nur mit einer Schicht von noch nicht  $\frac{1}{25}$  Zoll Dicke damit überzogen werden; und wenn wir Alles, was an Pflanzen grünt und an Thieren den Boden, das Wasser und die Luft belebt, uns plötzlich derart vernichtet denken, daß der in ihren Körpern enthaltene Kohlenstoff ausgeschieden und ebenso gleichmäßig über die Erde ausgebreitet würde, so ist das schon eine hohe Annahme, wenn wir die Dicke dieser Schicht auch zu  $\frac{1}{25}$  Zoll annehmen, denn nach Liebig erzeugt ein Morgen fruchtbaren Landes, mag er mit Holz oder Wiese bestanden sein, jährlich im Durchschnitt nicht mehr als 1000 Pfund Kohlenstoff, was eine gleichmäßige Decke von  $\frac{1}{175}$  Zoll ergeben würde. Der in der Erde als fossile Kohle vergraben liegende Kohlenstoff, auch wenn er doppelt so viel betragen sollte, als jetzt noch athmet und lebt, würde aber mit den vorgenannten Quoten zusammen doch nur die Erde mit einer

Schicht von  $\frac{1}{6}$  Zoll Dicke überziehen können und gleichwol betrüge das Gewicht dieser Kohlenschicht gegen sechzig und einige Billionen Centner. Wenn man nun dagegen bedenkt, daß jeder Centner kohlenfaurer Kalk, Marmor, Kreide u. s. w. den achten Theil seines Gewichtes an reinem Kohlenstoff enthält, so darf man nur eine Kalkschicht von wenig über einen Zoll Dicke um die ganze Erde gelegt sich denken, um darin eben so viel Kohlenstoff vertreten zu wissen, als Thier- und Pflanzenreich und Atmosphäre zusammen enthalten. Aber wer nur einigermaßen die Zusammensetzung der Mineralien und Gesteine kennt, der wird ohne Bestimmen erklären, daß gegen den wirklichen Gehalt der Erde an kohlenfaurem Kalk jene berechnete Menge nur den verschwindenden Bruchtheil eines Prozents ausmacht.

Ein Stoff von so allgemeinem Vorkommen und in Folge seiner chemischen Eigenschaften auch von so großer Verwendbarkeit, von dem wird zu vermuthen sein, daß er von den Menschen zu den mancherlei Zwecken ihres Bedarfs herangezogen worden ist. Und in der That dient der kohlenfaure Kalk in seiner natürlichen Gestalt als Baustein sowol als auch in den edleren Varietäten des Marmors dem Bildhauer als das ausgezeichnetste Material zur Ausführung seiner künstlerischen Ideen. Der durchsichtige, krystallisirte Kalkspath, und besonders der klare Doppelspath von Island, hat für den Physiker ein ausgezeichnetes Interesse, indem er das schönste Beispiel eines doppeltbrechenden Körpers darstellt, und welche künstlerische oder mechanische Absichten der lithographische Stein und die Kreide verwirklichen helfen, das sagt ein flüchtiger Gedankengang jedem unserer Leser selbst. Neben der kohlenfauren Kalkerde findet der schwefelsaure Kalk, der Gyps, in dem Zustande, wie er in der Natur gefunden wird, nicht minder häufigen und verschiedenen Verbrauch, und wir kommen darauf noch besonders zu sprechen. Zu manchen Zwecken aber erfahren beide Körper eine besondere Behandlung, in Folge deren ihre chemische Natur eine andere wird.

**Das Brennen des Kalkes.** Wenn der gewöhnliche, der kohlenfaure Kalk, einer heftigen Hitze ausgesetzt wird, so kann er ein verschiedenes Verhalten zeigen. Geschieht nämlich die Erhitzung in einer allseitig verschlossenen Röhre, so kommt die Masse in's Schmelzen und zeigt beim Erstarren ein krystallinisches Gefüge, und wahrscheinlich ist die natürliche Bildung des Marmors aus gemeinem Kalkstein auf keine andere Art vor sich gegangen, als durch Einwirkung großer Hitze unter entsprechend großem Drucke von außen. Ist ein solcher Druck nämlich nicht vorhanden, so entweicht die Kohlenensäure als Gas und es bleibt reine Kalkerde zurück. Beim Glühen in einer geschlossenen Röhre entweicht zwar auch ein Theil der Kohlenensäure, aber nur so viel, als sich in der Röhre ansammeln kann, bis darin eine gewisse Spannung erzeugt ist, welche die noch übrige Kohlenensäure zwingt, in ihrer Verbindung zu bleiben. Die reine Kalkerde, der sogenannte Aetkalk, ist von ganz entschieden basischen Eigenschaften, die ihn zu einem technisch wichtigen Körper machen. Wir werden später Gelegenheit haben, auf seine Verwendungen in der Seifenfabrikation, bei der Gasbereitung, der Glasmacherei, bei der Sodafabrikation und zu vielen chemischen Produkten zu sprechen zu kommen. Gegenwärtig wollen wir seiner Darstellung aus dem von der Natur gelieferten Materiale, dem Brennen der Kalksteine, einige Beachtung schenken.

Das Brennen der Kalksteine geschieht entweder in Meilern, wie die Kohlenbrennerei, oder gewöhnlicher in besonders dazu gebauten festen Oefen, Kalköfen. Die letzteren sind in ihrer Form verschieden, sie lassen sich aber im Wesentlichen in zwei Klassen eintheilen: in solche mit unterbrochenem Betriebe, in denen jede Füllung für sich abgebrannt wird, und in solche mit ununterbrochenem Gange, in denen wie bei den Schüttöfen zu einer Gicht kontinuierlich rohe Kalksteine aufgegeben werden, während man am Boden die gebrannten herausnimmt.

Der Innenraum der periodisch arbeitenden Kalköfen ist bald cylindrisch, bald eiförmig. Der Feuerraum wird darin erst durch Zusammensetzen roher Kalksteine abgegrenzt. Auf dies Gewölbe werden die übrigen zu brennenden Steine geschichtet, bis der Ofen gefüllt ist. Häufig haben solche Oefen gar keinen Feuerrost, und stellen sich dann natürlich in Betreff des Brennmaterialverbrauchs am allerungünstigsten. Das Brennen selbst geschieht in der Art, daß man in dem Feuerraume erst mit einem leichten Brennstoffe, Reisigholz, Heidekraut u. s. w., ein rasches Rauchfeuer annimmt, welches nur den Zweck hat, die Steine vorläufig zu erwärmen, damit sie bei der stärkeren Hitze nicht zu sehr zerspringen. Es genügt nicht, um die Steine gar zu brennen. Dazu muß das Feuer bedeutend verstärkt und die Hitze so weit gesteigert werden, daß selbst die obersten Steine im Schachte weißglühend werden. In 36 bis 48 Stunden ist in der Regel dies Ziel erreicht. Der Inhalt des Ofens ist dabei um etwa  $\frac{1}{6}$  seines Volumens zusammengeschwunden. Die Kohlenäure ist durch die Gicht entwichen, wobei

auch brennbare Ofengase noch mit ausströmen und eine Gichtflamme, wie bei den Hochöfen, bilden können.

Die Oefen mit ununterbrochenem Gange, von denen uns Fig. 166 einen im Durchschnitte darstellt, zeichnen sich vor den obengenannten durch eine viel zweckmäßigere Benutzung des Brennmaterials aus. Der Schacht wird hier durch die Mauern *d d* und *e e* gebildet, die zwischen sich einen Raum lassen, welcher mit Asche ausgefüllt ist. Eine solche Einrichtung ist zweckmäßig, weil sie die durch die Hitze bewirkte Ausdehnung der Mauer leichter geschehen

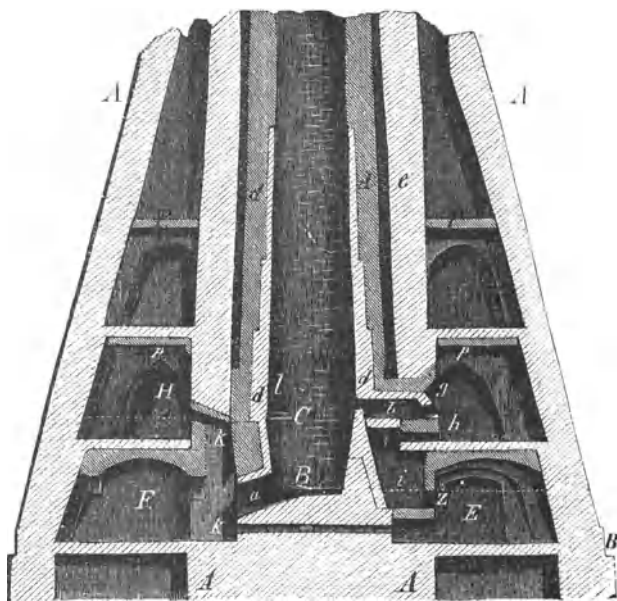


Fig. 166. Kalkofen mit ununterbrochenem Gange.

und auch etwaige Reparaturen an den der Zerstörung am meisten ausgesetzten Innenwandungen bequemer vornehmen läßt. Um diese Schachtmauern zieht sich ein Mantel *A A*, zu keinem andern Zweck, als um Räumlichkeit für den einstweiligen Aufenthalt der Arbeiter oder zur Aufbewahrung der Kalksteine oder des Brennmaterials zu gewinnen; das letztere auch vielleicht durch die von dem Ofen ausstrahlende Wärme zu trocknen. Die Feuerungen *h* befinden sich zu mehreren, drei oder fünf, rings um den Ofen etwa 12 Fuß über der Schachtsohle *B* bei *C* angebracht, sie gehen durch die Füße *b b* in das Innere. Unterhalb des Rostes liegt bei *i* der Aschenraum, der in einen größeren Aschenbehälter *E* führt. Wenn ein solcher Ofen angefeuert werden soll, so wird er erst in seinem untern Theile bis in die Höhe von *C* mit Holz angefüllt und dieses angebraunt. Es hat dies nur den Zweck, dem Ofen die nöthige Erwärmung zu geben, welche zu einem guten Zuge nothwendig ist. Die seitlichen Feuerungen stehen daher zuerst auch außer Wirksamkeit. Hat sich der Ofen erwärmt, so werden die Seitenfeuerungen *h* in Thätigkeit gesetzt und der Schacht zuerst mit bereits

gar gebrannten Kalksteinen bis an das Niveau gefüllt, wo die Feuerluft durch b wirksam wird. Von hier ab beginnt die Füllung mit rohem Kalkstein, der, indem unten bei a der gebrannte Kalk herausgezogen wird, durch die Glutregion herabsinkt und gar gebrannt wird. Der Schacht hat eine Höhe von etwa 40 Fuß, auf der Sicht kann noch ein Regel von mindestens 4 Fuß Höhe aus rohen Kalksteinen errichtet werden, die sich hier vorwärmen und allmählig herabsinken. Wenn ein solcher Ofen keine Beschädigung erleidet, so sieht man ein, kann der Betrieb fortgesetzt werden, so lange man überhaupt rohen Kalkstein und Brennmaterial zur Verfügung hat.

Da die natürlich vorkommenden Kalksteine nicht eine gleiche chemische Zusammensetzung haben, und namentlich da ihnen oft Bestandtheile beigemengt sind, welche durch die Hitze verändert werden und entweder für sich schon oder indem sie mit Kalkerde zusammentreten, in's Schmelzen kommen, so sind auch die dem Kalkofen entnommenen Produkte, der gebrannte Kalk, oft von sehr verschiedener Tauglichkeit.

Reiner kohlenaurer Kalk giebt, nach dem Brennen mit Wasser übergossen, gelösch, einen fetten Brei, es ist sogenannter fetter Kalk. Häufig aber enthält der Kalkstein kohlenfaure Talkerde und nähert sich dem Dolomit, der aus gleichen Atomen kohlenaurer Kalkerde und kohlenaurer Talkerde besteht. Solcher Kalk wird schon, wenn er 20 bis 25 Prozent von dem zweiten Bestandtheile enthält, für die eigentlichen Verwendungen unbrauchbar; er ist zu mager. Ein Gehalt an Kieselerde ist ebenfalls sehr nachtheilig, weil der kiesel-saure Kalk, der dann entsteht, in der Hitze ein schmelzendes Glas bildet und die ganze Masse leicht zu festen, zusammengefügerten Klumpen zusammenbäckt. Es ist dies auch gewöhnlich die Ursache des sogenannten todtgebrannten Kalkes, der sich, mit Wasser angemacht, nicht löschen will. Eine zu große Hitze bewirkt ein solches Todtbrennen — wenn sie nämlich allmählig sich entwickelt — nicht, wol aber kann sich durch eine kurze und sehr plötzliche Glut ein halbkohlenaurer Kalk bilden, der, wie die Kalkbrenner behaupten, später sich nicht mehr gar brennen läßt.

**Das Löschen des Kalkes.** Zu vielen technischen Verwendungen gebraucht man den Aetzkalk in einem mehr oder weniger flüssigen Zustande, er wird deshalb mit Wasser angerührt, gelösch. So wie er aus dem Kalkofen kommt, ist er natürlich von Kohlen-säure und auch von Wasser frei. Zu dem letzteren Körper hat aber die reine Kalkerde eine große Verwandtschaft. Sie geht mit ihm eine Verbindung ein, Kalkhydrat, welche sich in geringer Menge in Wasser auflöst, Kalkwasser. Bei der Aufnahme von Wasser schwillt der gebrannte Kalk auf, er wächst oder gedeiht.

Das Löschen darf nicht in der Art geschehen, daß man die gebrannten Steine in's Wasser wirft, sondern man besenchtet sie durch Uebergießen allmählig. 100 Theile Kalk nehmen ungefähr 32 Theile Wasser auf, dabei erhigen sie sich beträchtlich und zerfallen in ein feines, ganz trockenes Pulver, welches nun erst, in mehr Wasser eingecumpft, den Kalkbrei liefert, wie er zur Bereitung des Mörtels gebraucht wird.

Der Mörtel ist weiter nichts als Kalkbrei, welchem Sand oder ein sandiger Körper, auch Lehm u. s. w., um seine Masse zu vermehren und ihn billiger zu machen, zugesetzt wird. Er hat eine sehr bindende Kraft, denn er wird allmählig hart und eignet sich deshalb vortreflich zur Vereinigung von Bausteinen oder als Abputzmaterial für Gebäude. Der gewöhnliche oder Luftmörtel ist schon nach einigen Tagen bis zu einem gewissen Grade erhärtet, seine größte Festigkeit erlangt er aber nur langsam in Folge mancher noch nicht einmal genau bekannten chemischen Prozesse, die Jahrhunderte lang thätig sein können.

Allgemein wird angenommen, daß die Ursache der Erhärtung die Aufnahme von Kohlen-säure aus der Luft und ferner die Vereinigung mit Kieselsäure sei, die theils in dem beigemengten Sande dem Kalle dargeboten wird, theils von diesem aus den Bau-

steinen an sich gezogen werden kann. Denn es ist notorisch, daß auch solcher Mörtel hart wird, der nicht mit Quarzsand, sondern mit kleinen Kalkförmern angemacht worden ist. Die Entstehung des schon erwähnten halbkohlensauren Kalkes ( $\text{CaO}$ ,  $\text{CO}_2$  +  $\text{CaO}$ ,  $\text{HO}$ ) soll auch eine Bedingung des Festwerdens sein, kurz es sind eine Menge Ansichten darüber aufgestellt und Mörtel von allen Arten und allen Jahrhunderten chemisch analysirt worden, ohne daß auf irgend eine Weise die Frage endgiltig entschieden worden wäre. Denn bald fand sich in jungen Mörteln ein kiesel-saures Kalksalz gebildet, bald aber enthielten sehr alte und sehr feste Mörtel so gut wie gar keine Kieselsäure mit dem Kalk verbunden. Und damit scheint wenigstens positiv nachgewiesen, daß die Funktion des Sandes im Mörtel nicht bloß darauf beruht, das Material für eine chemische Verbindung zu liefern, sondern daß er auch in physikalischer Weise eigenthümlich wirksam auftritt.

**Hydraulische Mörtel.** Es giebt kalkige Mineralien, welche die ganz besondere Eigenschaft haben, wenn sie gebrannt und in der Art wie der reine Kalk mit Wasser und Sand zu einem Mörtel angerührt werden, unter Wasser zu erhärten, und die deshalb für Wasserbauten ein ausgezeichnetes Material sind. Diese Mineralien haben eine bestimmte chemische Zusammensetzung und enthalten außer kohlensaurem Kalk theils freie Kieselsäure, theils kiesel-saure Verbindungen, unter denen namentlich kiesel-saure Thonerde als nothwendig und charakteristisch zu bezeichnen ist.

Gewöhnlichen Kalkmörtel kann man übrigens auch durch Zusätze zu hydraulischem Mörtel machen. Solche Zusätze heißen Cemente und es eignen sich dazu sowol natürlich vorkommende Mineralien, als künstlich dargestellte Verbindungen. Verschiedene Trasse, wie der „poröse Stein“ von Andernach, aus dem Broththale, die Puzzolane von Puzzuoli bei Neapel, das Santorin von der gleichnamigen Insel, sämmtlich vulkanischen Ursprungs, sind dergleichen natürliche Cemente. Es wurde zuerst gegen den Ausgang des vorigen Jahrhunderts in England versucht, sie auf künstlichem Wege nachzumachen, und zwar gelang dies zuerst dem Erbauer des berühmten Eddystone-Leuchthturms, John Smeaton. Smeaton entdeckte in der Nähe des Bristol-Kanals einen thonhaltigen Kalkstein, der, gebrannt, unter Wasser erhärtete und eine bedeutende Bindekraft zeigte. Der Thongehalt war aber zu gering und der daraus gewonnene Cement konnte die theuere Puzzolani bei dem Bau des Leuchthturms nicht ersetzen. Smeaton griff daher zu einem Kalksteine von Barnow, der 22 Prozent Thon enthielt und welchem noch die Hälfte seiner Masse Eisenerzabfälle und der vierte Theil grober Sand beigemischt wurde. Damit wurde das berühmte und segensreiche Bauwerk errichtet. Ein Eisengehalt im Cement scheint von besonderem Nutzen, denn auch diejenigen thonigen Kalksteinnieren, welche später, nach der Erfindung Smeaton's, von Parker zur Herstellung von Cement verarbeitet wurden und die über der englischen Kreideformation, namentlich an den Ufern der Themse, zahlreich eingebettet liegen, verdanken ihre braungelbe Farbe einer nicht unbeträchtlichen Beimengung von Eisenoxyd. Parker ließ sich 1796 sein Verfahren patentiren und errichtete darauf die noch bestehende Roman-Cementfabrik, welche unter der Firma Parker, Whatt & Comp. bis in die neueste Zeit bestanden hat. Diese Fabrik verarbeitete ihr Rohmaterial in folgender Art. Die Thonnieren werden in einem Kalkofen so heftig gebrannt, daß sie anfangen zu sintern, hierauf zu Pulver gemahlen und können in dieser Form gleich als ein ausgezeichnetes hydraulisches Mörtel dienen. Lange Zeit war der aus dem sogenannten Sheppy-Steine hergestellte Roman-Cement in England in ausschließlichem Gebrauch und die großartigsten Bauten sind mit ihm ausgeführt worden, außer dem Themse-Tunnel die London Docks, die Royal Exchange, das Britische Museum u. s. w. Später, als das Rohmaterial nicht mehr zulangen wollte, griff man (Ingenieur James Forst) zu eisen- und manganhaltigen

Mergeln, die an der Küste von Essex vorkommen, und fabricirte daraus in großen Etablissements sehr gute Cements. Andere Versuche folgten, zahlreiche Patente wurden gegeben, den bedeutendsten Fortschritt machte aber ein Maurer, Joseph Aspdin, in Leeds, welcher auf jahrelang fortgesetzte Versuche den berühmten Portland=Cement erfand.

Den Portland=Cement, dessen Bereitung Aspdin patentirt wurde, erhält man durch Brennen eines in der dortigen Gegend vorkommenden gemeinen Kalksteines und durch innige Vermischung dieses Productes mit einer gleichen Menge Thon. Die mit Wasser plastisch gemachte Masse wird getrocknet, in einem Kalkofen gebrannt und sodann ebenfalls gemahlen. Der Portland=Cement kommt als eine grünlich-graue feinsandige Masse in den Handel und führt seinen Namen deshalb, weil er an Farbe dem in England als Baumaterial vielbenutzten Portlandstein nahe steht. Nach anderen Verfahren brennt man Flußthon innig mit Kreide gemengt (Pasley) und Pettenkofer weist darauf hin, daß wahrscheinlich manche natürliche Mergelsorten, die man in Bayern so schon zu Cementen brennt, noch bessere Produkte geben würden, wenn man die Masse vor dem Brennen mit Kochsalzlösung tränken würde. Es gründet sich dieser Vorschlag darauf, daß der in England verwendete Flußthon durch das eindringende Flutwasser salzhaltig gemacht worden ist.

Der Gehalt an Alkali unterscheidet die Portland=Cements von den Roman=Cementen, welche keine alkalischen Bestandtheile, dagegen einen Gehalt an Aetzalkali besitzen, der den Portland=Cementen abgeht. Die Vorgänge beim Erhärten kommen wol bei beiden auf dasselbe hinaus, auf die Bildung eines kiesel-sauren Kalk=Thonerde=Doppelsalzes, und dazu scheint das Alkali insofern von günstigem Einfluß, als es die Kieselsäure in den leicht löslichen Zustand überführt.

Das rasche Erhärten und die große Widerstandskraft des Cements machen ihn ganz vorzüglich geeignet zur Herstellung künstlicher Steine, namentlich solcher, welche in besonderen Formen oder Farben zur Ausschmückung von Baulichkeiten, Mosaikfußböden und dergleichen Anwendung finden sollen. Wir wollen uns nicht dabei aufhalten, auf die hundertertei verschiedenartigen Bestandtheile, wirksame und unwirksame, hinzuweisen, welche mit den kalkigen Bindemitteln zu einer formbaren Masse vereinigt werden, oder die Pigmente zu nennen, mittels derer den Producten das Aussehen hunder Marmore oder anderer Gesteine gegeben wird. Die unlöslichen mineralischen Bestandtheile sind fast ohne Ausnahme geeignet, in Pulverform dem Cementbrei mit zugesetzt zu werden, wenn irgend ihre Farbe keine störende Wirkung hervorbringt; und der Werth einer Vorschrift vor der andern besteht in der Regel nur in der größeren Ersparniß des werthvollsten Bestandtheiles des Cements oder des Gypses, welche dieselbe vor andern gewährt.

Der Gyps ist schwefelsaure Kalkerde. Er kommt in der Natur in geringer Menge fast in allen Wässern gelöst, in größeren Massen jedoch derb vor und bildet unter verschiedenen Formen bald nesterförmige Einlagerungen in den Gebirgs-gesteinen, bald Gangausfüllungen, bald ganze Gebirgszüge, wie am südlichen Rande des Harzes, wo der Gyps eine meilenlange Mauer von Osterode bis Obersdorf bei Sangerhausen zusammensetzt.

Die reinsten Varietäten des Gypses sind ganz weiß und erscheinen bisweilen in schönen, durchsichtigen, oft ziemlich großen Krystallen. Das bekannte Marienglas oder Fraueneis gehört darunter. Häufiger aber ist der derbe Gypsstein, welcher gepulvert mannigfache Verwendung in der Farbentechnik, in der Papierfabrikation als Surrogat für die Lumpenmasse, um dem Papiere mehr Masse zu geben u. s. w., findet. Unreine Sorten sind oft gestreift, gebändert, marmorähnlich gezeichnet und werden deswegen,



und da sie sich sehr leicht bearbeiten lassen, wie der Marmor, zu Gegenständen mancher Art verarbeitet.

Im natürlichen Zustande enthält der Gyps außer den beiden Bestandtheilen Calcium und Schwefelsäure auch noch Wasser. Der Anhydrit, ein ebenfalls in der Natur vorkommendes Mineral, ist schwefelsaurer Kalk ohne Wasser. Von seinem Wassergehalt kann der Gyps durch Erhitzen befreit werden, er behält aber immer, wie der gebrannte Kalk, das Bestreben, sich mit der entsprechenden Quantität Wasser wieder zu vereinigen und in seine ursprüngliche Form überzugehen. Dabei verändert sich der gebrannte Gyps; er schwillt auf und bekommt Festigkeit, so daß er, wenn er vorher zu dem feinsten Pulver gestoßen war, nun eine starre, in sich zusammenhängende Masse darstellt. Auf diese bemerkenswerthe Eigenschaft gründet sich seine ganz eigenthümliche Verwendung.

Um den Gyps nun dafür geschickt zu machen, brennt man die Steine auf ähnliche Weise, wie den kohlensauren Kalk, entweder in besonders konstruirten Oefen, oder aber auch bloß in geheizten Backöfen, in welche die Steine auf Eisenblechen eingeschoben werden. Da aber das Wasser schon bei einer Temperatur, die noch unter der Glühhitze steht, entweicht, und erfahrungsmäßig festgestellt ist, daß der gebrannte Gyps die meiste Bindekraft dann besitzt, wenn er noch nicht seinen ganzen Wassergehalt verloren hat, so ist eine sorgfältige Regelung der Temperatur eine Hauptbedingung für die Herstellung eines guten Produktes. An einigen Orten brennt man daher den Gyps auch am liebsten bei Nacht, weil man dann das Nahen des Glühens, bis zu welchem die Hitze nicht gesteigert werden darf, an den vorausgehenden Farbenveränderungen besser erkennen kann. Ueberhitzter Gyps verliert seine Fähigkeit, Wasser wieder aufzunehmen, er ist todtgebrannt.

Wenn die Steine verglüht sind, werden sie zerschlagen und zu Pulver gemahlen. Für die feineren Zwecke der Bildnerei zieht man es aber vor, besonders reine Gypssteine vor dem Brennen zu pulverisiren, und erhitzt das Pulver sodann entweder in eisernen Kesseln oder auf Eisenblechen unter fortwährendem Umrühren, ein Verfahren, welches Bildhauer und andere Gyps konsumirende Künstler häufig mit eigener Hand verrichten, und wozu sie dann das Mehl von Maaßter oder Frauncis gebrauchen.

Um den gebrannten pulverigen Gyps zu Formstücken oder Bildwerken zu verwenden, rührt man ihn mit reinem Wasser in einem des Anhängens wegen mit Oel ausgestrichenen Gefäße an, wobei man dafür zu sorgen hat, daß der Brei durchweg gleichmäßig und vorzüglich ganz frei von Luftblasen ist. Statt reinen Wassers kann man auch eine dünne Leimlösung, saure Milch und andere Flüssigkeiten anwenden, und dem Gypse dadurch entweder eine gewünschte Farbe, größere Härte, Durchscheinendheit oder andere Eigenschaften mittheilen. Der Grad der Konsistenz, welche man dem Gypsbrei zu geben hat, richtet sich nach dem Zwecke. Zu Figuren und Abdrücken, welche die Originale auf das Genaueste wiedergeben sollen, bereitet man sich eine dünne Masse, die allerdings langsamer erhärtet, dabei aber Zeit hat, die feinsten Ränne auszufüllen und sich den zartesten Vertiefungen anzulegen.

**Gypsformen.** Verhält sich solchergestalt der Gypsbrei ähnlich wie eine geschmolzene Metallmasse, so werden für die Darstellung der Modelle und Formen auch ähnliche Vorschriften gegeben werden können, wie wir schon früher beim Guß von Kunststücken (IV. Bd. S. 156) befolgt sahen. Entweder man macht Modelle von Wachs, über welche man durch fortgesetzte Aufstriche von Gyps eine Form herstellt, aus welcher, wenn sie die erforderliche Dicke erlangt hat, das Modell durch Erhitzen herausgeschmolzen wird. Um die Form öfters benützen zu können, wird sie mittels einer Säge in möglichst große Stücke zerschnitten, welche man für jeden Abguß mit sehr dünnem Gypsbrei

wieder zusammenfittet. Bei sehr großen Modellen von Thon, deren Masse sich aus der ganzen Hohlform schwierig nur entfernen lassen würde, und die auch ein Zerfügen über dem Modell nicht gestatten, legt man, ehe der erste Gypsüberzug aufgestrichen wird, einen Faden so über das Modell, daß er dasselbe passend in zwei Hälften theilt, und indem man ihn durch die fertig aufgestrichene, aber noch nicht vollständig erhärtete Gypsmaße abzieht, schneidet man aus dieser die beiden Formstücke, deren Trennungsflächen man mit einer in Del getauchten Feder bestreicht, damit sie nicht wieder zusammenbacken.

Ueber Modellen aber, welche nicht zerstört werden können, sind die Formen nach den angegebenen Verfahren nicht herzustellen, wenigstens nur in den seltenen Fällen, wo die Theilung durch einen Faden genügt, um die Formstücke von der Unterlage loslösen zu lassen. Theile des menschlichen Körpers, Arme, Hände u. s. w., können freilich der Natur der Sache nach auf keine andere Art angefertigt werden, als daß man den abzuformenden, vorher von allen Härchen befreien und gut eingölkten Theil ringsum mit Gypsbrei umgiebt. Dabei muß er gehörig unterstützt sein, damit nicht durch Anstrengung oder Erschlaffung eine unbeabsichtigte Thätigkeit der Muskeln während der Abformung eintritt. Man legt nun wol einen Faden und theilt damit die Form in zwei Haupttheile; es genügt dies jedoch nur in seltenen Fällen, um die Form frei abheben zu können. Defters muß man sie in mehrere Stücke zer Sprengen oder zerfügen und man bereitet dies vor, indem man mittels eines feinen Bossirholzes in die Formmaße, so lange sie noch weich ist, an den passendsten Stellen Einritzungen macht bis beinahe an die Haut. Ist der Gyps vollständig erhärtet, so treibt man in diese Klüfte kleine Keile und zerbricht damit die Form in einzelne Stücke, die zum Behufe des Abgießens mit Fäden wieder verbunden werden. Die Anfügstellen sind auf den Abgüssen als erhabene Nähte zu bemerken und werden, um die Treue des Bildes nicht zu beeinträchtigen, in der Regel nicht verputzt. Bei der Abformung großer Statuen befolgt man noch ein anderes Verfahren, wobei man durch aufgesetzte Thonblättchen oder geöltes Kartenpapier die Figur mit lauter oben offenen Kästchen überzieht, in welche man den Gypsbrei eingießt. Die Trennung der einzelnen Formtheile erfolgt sehr leicht und die Wiedererzeugung geschieht ganz auf die nämliche Weise, die wir schon angegeben haben.

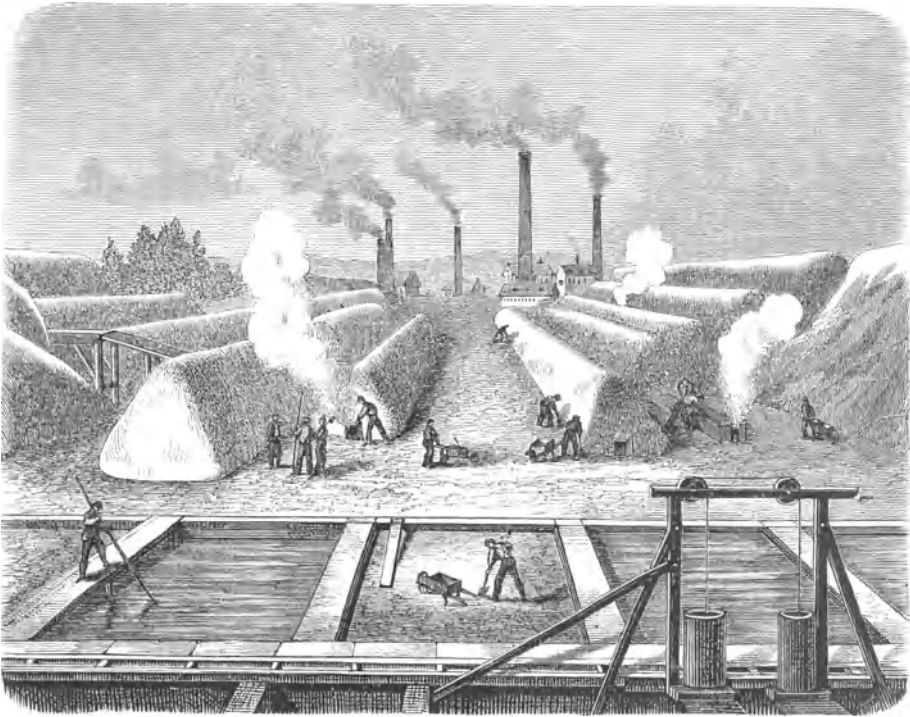
Das Gießen des Gypses verlangt vor Allem eine Form, von welcher sich die leicht anhaftende Gußmaße ohne Schwierigkeit wieder ablösen läßt. Ist daher die Form selbst von Gyps, so muß sie vor dem Guß gut eingölk werden. Daß beim Gießen selbst alle diese eigenen Vorsichtsmaßregeln zum Entweichen der in der Form eingeschlossenen Luft getroffen werden müssen, wie beim Metallguß, versteht sich von selbst. Der Gypsbrei darf nicht sehr steif sein, so daß er sich in der Form, ohne daß diese vollständig damit angefüllt zu sein braucht, nach allen Seiten hin schwenken lassen kann. Fängt er an zu erstarren, so gießt man das noch flüssige aus der Form heraus. Auf diese Weise erhält die Form nur einen dünnen Ueberzug im Innern, durch mehrmaliges Wiederholen dieser Manipulation aber verstärkt man diese Schicht, bis sie die genügende Dicke erreicht hat.

Bei sehr großen Gegenständen und namentlich bei Figuren, die man nicht in einzelnen Stücken gießen will und deren Form man nur schwierig durch Drehen und Wenden mit der Gypsmaße auf die angegebene Weise würde ausfüllen können, treibt man den leichtflüssigen Brei mit Hilfe der Centrifugalkraft in die einzelnen Abtheilungen des Hohlraumes, indem man die Form auf eine rotirende Scheibe setzt, welche, je nachdem der Gypsbrei Theile ausfüllen soll, die näher oder entfernter der Drehungsachse liegen, in mehr oder weniger rasche Umdrehung versetzt wird. Um den Gypsgegen-

ständen den trockenen Ton zu benchmen, der ihnen im Vergleich zu der weichen Durchscheinendheit des Marmors ein kaltes, todtcs Ansehen giebt, kann man sie mit geschmolzener Stearinsäure oder mit Paraffin tränken. Es ist dies Verfahren jedoch nur bei kleinen Gegenständen anwendbar. Dagegen lassen sich solche Gypsabgüsse, die den atmosphärischen oder sonstigen zerstörenden Einflüssen ausgesetzt werden sollen, zweckmäßiger Weise durch Eintauchen in Lösungen von Leim, Maun oder Borax härten.

Als Industriezweig wird die Gypsgießerei vorzüglich in Italien betrieben, von wo unzählige Abgüsse alter und neuer plastischer Kunstwerke nach allen Ländern der Erde vertrieben werden. Wenn auch nicht ausnahmslos, so hat in diesen Erzeugnissen der Gyps für die Welt doch eine große ästhetische Bedeutung, denn er ist das einzige Mittel der Vervielfältigung für Werke, von denen weder Beschreibungen noch Abbildungen genügende Vorstellungen zu erwecken im Stande sind. Ohne ihn würde das Studium der alten Kunst mit seiner unvergleichlich befruchtenden Kraft ein höchst mühsames, weil nur an denjenigen Orten vorzunehmendes sei, wo die überlieferten Werke in natura aufbewahrt werden, wenn es nicht geradezu unmöglich wäre, weil die der Zerstörung entgangenen Bildwerke weithin in den Sammlungen zerstreut sich finden, und eine vergleichende Nebeneinanderstellung, wie sie jetzt mit verhältnißmäßig geringen Mitteln zu ermöglichen ist, nie zu bewerkstelligen sein würde.

Baryt und Strontian sind zwei Erden, welche in chemischer Beziehung mit der Kalkerde große Aehnlichkeit haben. Sie sind wie diese die Oxyde metallischer Elemente (Barium und Strontium) und kommen in der Natur theils in Verbindung mit Kohlenäure, öfter aber und in größern Massen in Verbindung mit Schwefelsäure als Schwerspath (schwefelsaures Baryt) und als Cölestir (schwefelsaurer Strontian) vor. Bisher hat sich die Technik ihre Verwendung nur in geringem Grade angelegen sein lassen und außer einigen chemischen Präparaten fanden sie nur etwa zu der Darstellung des bunten bengalischen Feuers eine ausgedehntere Verwendung. Salpetersaurer Baryt färbt nämlich die Flamme prachtvoll grün, wie sie der salpetersaure Strontian feurig roth färbt. Anstatt des Gypses diente fein pulverisirter Schwerspath auch als Surrogat in der Papierfabrikation, und sein hohes spezifisches Gewicht ließ ihn unter den Fabrikanten viel Liebhaber finden. In neuerer Zeit dagegen hat sich eine lobenswerthe Anwendung Bahn gebrochen. Das chemisch dargestellte schwefelsaure Salz zeichnet sich nämlich durch eine ausgezeichnete Weiße und durch eine sehr große Deckkraft als Farbstoff auf das Vortheilhafteste aus. Und da man es in der Färberei als Nebenprodukt bei der Darstellung der vielgebrauchten essigsauren Thonerde sehr rein gewinnen kann, indem man schwefelsaure Thonerde (Maun) mit essigsaurem Baryt zum Austausch ihrer Bestandtheile bringt, so ist damit der Barytkonsumtion ein günstiges Feld eröffnet, um so mehr, als man früher anstatt des essigsauren Baryts das ungleich theurere essigsaure Blei (Bleizucker) verwandte, wobei man schwefelsaures Bleioxyd als ein viel werthloseres Nebenprodukt erhielt. Außerdem scheint es, als ob der Baryt in der Glasmacherei dem Bleioxyd die Rolle streitig machen wolle. Er läßt sich wie dieses in die Glasmasse einführen und da er derselben ebenfalls eine ungemein starke Brechbarkeit zu ertheilen vermag, so dürfte der Umstand, daß die Barytgläser der Verwitterung und der mechanischen Verletzung ihrer größern Härte wegen weniger unterworfen sind als die Bleigläser, viel zu seiner Aufnahme in jenen wichtigen Industriezweig beitragen.



Ein kleiner Ring  
Begrenzt unser Leben,  
Und viele Geschlechter  
Reihen sich dauernd  
An ihres Daseins  
Unendliche Kette.  
Goethe.

## Alaun, Soda und Salpeter.

Die Alkalien im Haushalt der Natur. Geschichtliches. Kali und Natron. Die Potasche und ihre Gewinnung. Natrium. Der Alaun. Alaunerze und Alaunsiederei. Die Soda. Natürliche und künstliche. Leblanc's Verfahren zur Bereitung der letzteren. Kochsalz. Chemische Vorgänge dabei. Auslaugen. Reindarstellung. Wasserfreie, calcinirte und krystallisirte Soda. Der Salpeter. Natürliche Salpetererzeugung in der Luft und im Boden. Salpeterpflanzung. Raffiniren. Natron oder Chilisalpeter. Vorkommen, Gewinnung und Verarbeitung desselben auf salpetersaures Kali. Die Salpetersäure. Ihre Darstellung und Wirkungsweise. Königswasser. Chlor und Salzsäure.

**B**inden und Lösen — was giebt es für des Menschen Handeln Bestimmenderes? Das ganze Leben bewegt sich zwischen diesen beiden Polen. Jeder Entschluß, selbst der geringste, bindet den freien Flug unseres Geistes und giebt ihm feste Form und Richtung; jedes Entfagen, selbst das leichteste, löst unserm Willen die Fessel. Unbegrenzte Freiheit ist nur im Schlaf, im Tod und Vergessen; aber sie erzeugt keine Gebilde, sie ist der wesenlose Zustand des Nichts. Und wie im Reiche geistiger Thätigkeit, so ist in der großen Natur alles werdende ein Binden, alles bestehende ein Gebundenes, und das Lösen der zusammenhaltenden Glieder macht das

Zerfallen der Körper. Wie viel aber auch Einzelringe die schön gegliederte Kette natürlicher Erscheinungen zusammenbilden, es sind zwar alle von gleicher Bedeutung für das fertige Gebilde; das Entstehen aber fördern die einen mehr, die andern weniger.

Wie ein Taschenspieler eine Anzahl Reifen auf hundertfache Art mit einander verschlingt und Dir, wenn Du sie betrachtest, jeder derselben in sich geschlossen und fest erscheint, bis auf zwei oder drei, die eine fein versteckte Feder öffnet, so daß von diesen allein das Entstehen der wechselnden Figuren abhängt, so verbindet die Allzauberin Natur durch wenige bewegliche Mittelglieder nur die Menge aller übrigen schwerbeweglichen Stoffe zu unzähligen Körpern.

Und diese wenigen Mittelglieder sind die Alkalien, leichtbeweglich durch ihre Löslichkeit in Wasser, mit dem sie den Kreislauf durch alle Reiche der Erde machen: Kali, Natron, Lithion und die in neuerer Zeit durch die Spektralanalyse dazu entdeckten Cäsium, Rubidium und Thallium. Zwar in der Art seiner Zusammensetzung ganz anders beschaffen, in seinem Verhalten aber von so großer Uebereinstimmung mit den genannten, daß es fast zu denselben gezählt werden kann, ist das Ammoniak, eine Verbindung von Stickstoff und Wasserstoff, die wir aber dieser ihrer abweichenden Konstitution wegen hier nur beiläufig mit erwähnen werden. Was die Alkalien chemisch genommen sind, daß wir sie als Oxide besonderer leichter Metalle ansehen müssen, das Kali als Kaliumoxyd, das Natron als Natriumoxyd, das Lithion als Lithiumoxyd u. s. w., wie sie in der Natur als Bestandtheile der festen Gesteine vorkommen und aus diesen durch das Wasser aufgelöst werden, den starren Felsen zerfallen und zu dem pflanzentragenden Boden werden lassen, das zu betrachten haben wir beiläufig schon Gelegenheit gehabt.

Die Kieselsäure, an welche die Alkalien in den Steinen gebunden sind, wird im Laufe der Verwitterung von der Kohlensäure der Luft zum Austritt gezwungen und es entsteht nur kohlen-saures Salz, das bei seiner großen Löslichkeit bald von den Wässern ausgezogen und in die weite Welt eingeführt wird zu allerlei Bestimmung und Wandlung. Je heißer durch die unterirdische Glut die Wasser auf die von ihnen durchdrickerten Gesteine einwirken, um so stärker ist ihre zersetzende Kraft, um so mehr werden sie von den löslichen Bestandtheilen aufnehmen, wie wir an Mineralwässern beobachten können. Denn die Alkalien können im Boden oder Wasser noch öfter Veranlassung finden, von einer Säure auf die andere überzugehen. Jedenfalls dürfen wir nicht erwarten, die Alkalien anders als in Form von Salzen in der Natur anzutreffen. Was von den Alkalien in den Kreis des Pflanzenlebens aufgenommen ist, erscheint hier gebunden an die Säuren, welche sich in den Gewächsen je nach ihrer Natur und durch Einwirkung der Alkalien bilden (Pflanzen-säuren). In der Traube des Weinstocks z. B., der ein starker Kalikonsument ist, finden wir doppeltweinsäures Kali (Weinstein), in den Vogelbeeren äpfelsäures, in der Citrone citronensäures Kali oder Natron u. s. w. Aeschern wir aber Pflanzenkörper ein und laugen die Asche aus, so erhalten wir stets nur wieder kohlen-saures Salz, denn die Pflanzen-säuren werden durch das Feuer zerstört, aber allsogleich durch Kohlensäure, das Produkt der Verbrennung, ersetzt.

Kommt irgendwo ein Natronsalz mit Chlorgas, mit Dämpfen von Salzsäure oder salzsäurehaltigem Wasser zusammen, so wird Kochsalz gebildet werden. Da aber solche Begegnungen in der freien Natur doch nur sehr vereinzelt vorkommen dürften, so fehlt uns eigentlich eine klare Vorstellung darüber, unter welchen Umständen die ungeheuren Massen Kochsalz, die theils in den Meeren aufgelöst, theils in der Erde als Steinsalz aufgespeichert liegen, einst gebildet worden sein mögen. Wir müssen uns damit begnügen, daß dieses so wichtige Material in unerschöpflicher Menge da ist,

daß nicht allein sämtliche Weltmeere als stark verdünnte Salzlösungen zu betrachten sind, sondern auch längst ausgetrocknete Meere uns ihren Salzgehalt in Form mächtiger Steinsalzlager hinterlassen haben. Und selbst wo eine solche Salzniederlage von Menschen noch unentdeckt in der Erde ruht, ist es vielleicht vor Jahrtausenden schon von irgend einer Quelle auf ihren unterirdischen Reisen aufgefunden; sie kann durch den Salzstock nicht hingehen, ohne sich durch Auflösen mehr oder weniger davon anzueignen, und tritt endlich als segensreiche Salzquelle irgendwo in das Reich der Oberwelt.

Außer mit Kieselsäure und Chlor treten die Alkalien im Mineralreiche auch noch mit Fluor (im Kryolith als Fluorkalium), mit Salpetersäure als salpetersaures Kali und salpetersaures Natron, mit Schwefelsäure als schwefelsaure Salze im Maun, mit Jod als Jodkalium und Jodnatrium, mit Brom als Bromkalium und dergleichen verbunden, auf. Sind nun auch für die Zwecke der Technik alle diese Vorkommen von Werth, so nehmen doch einzelne derselben unsere Aufmerksamkeit ganz besonders in Anspruch durch die Massenhaftigkeit ihres Auftretens, demzufolge sie für die Verarbeitung auf künstlichem Wege zu Ausgangspunkten werden, und namentlich sind in dieser Beziehung das Kochsalz, die kohlenfauren Verbindungen, Potasche und Soda, der Maun, sowie endlich der Salpeter, Kali- und Natronsalpeter, bemerkenswerth.

In althistorischer Beziehung läßt sich über Kali und Natron nicht viel beibringen, wie dies ja mit andern technischen Dingen eben so geht. Die alten Griechen hatten ein Nitron, das sie zum Waschen brauchten und das wol nichts Anderes als natürliches kohlensaures Natron aus afrikanischen Natronseen gewesen sein wird. Erscheint auch die Erzählung von der Erfindung des Glases an sich unglaublich, so lernen wir doch daraus, daß Nitron ein Handelsartikel und auch seine Dienlichkeit zum Glasmachen bekannt war, wenn auch als die gewöhnlichen Rohstoffe für Glas bei den Alten nur Asche und Sand genannt werden. Aus Asche mittels Kalk Aetzlauge zu machen, scheint Griechen und Römern bekannt gewesen, die Bereitung von Seife aus Aetzlauge und Talg aber eine Erfindung der Deutschen oder Gallier zu sein. Das Laugensalz, das als Rückstand beim Eindampfen der Aschenlauge erhalten wird, dürfte bei dieser leichten Darstellungsweise schon sehr lange bekannt gewesen sein. Im 13. Jahrhundert bereits wird es erwähnt. Später wurde es Handelsartikel und erhielt den Namen Potasche, weil man es seiner Zerfließlichkeit halber in Töpfen (Pots) versandte. Lange aber dauerte es, ehe man erkannte, daß man zwei verschiedene Laugensalze erhält, je nachdem die Asche von Hölzern oder Landpflanzen überhaupt, oder von See- und Küstpflanzen stammt. Man benutzte Jahrhunderte lang beiderlei Aschen zum Glasmachen, wie es die Gelegenheit gab. Auch sind beide Salze sich in den meisten Stücken sehr ähnlich, nur daß das Kalisalz, die Potasche, aus der Luft Wasser anzieht und feucht und zerfließlich wird, während das Natronsalz oder die Soda immer mehr austrocknet. Erst im Anfange des 18. Jahrhunderts wurde man auf die Unterschiede aufmerksam, und der Berliner Chemiker Marggraf setzte 1758 die Eigenthümlichkeit des Natrons außer Zweifel; er wies auch nach, daß es einen Bestandtheil des Kochsalzes wie des Glaubersalzes ausmache.

Wenden wir uns erst den Kaliverbindungen zu, so ist das kohlensaure Salz dasjenige, welches wir überall und auf dem kürzesten Wege der Natur abgewinnen können.

**Die Potasche.** Das kohlensaure Kali wird aus den durch Verbrennung von Landpflanzen erhaltenen Aschenrückständen dargestellt. In der Asche müssen sich aber alle diejenigen mineralischen Bestandtheile wiederfinden, welche die Pflanze dem Boden entzogen hat; wir werden daher vermuthen dürfen, bei Aschenanalysen auf eine ziemlich zahlreiche Gesellschaft von Stoffen zu stoßen, denn es ist uns bekannt, daß in der

Pflanzenerde neben Alkalien auch Kalk-, Magnesia-, Thonerde-, Eisensalze und dergleichen enthalten sind, ja man hat selbst Stoffe nachgewiesen, die, wie Arsenik und Silber, an sich überhaupt nur in sehr geringer Menge in der Natur vorkommen. Alle diese Salze aber werden, sobald sie löslich sind, auch von den Pflanzen mehr oder weniger leicht aufgenommen und wenn sie auch nicht zur Bildung von pflanzlichen Organen verarbeitet werden, weil viele ihnen dazu nicht nothwendig sind, so werden sie doch in der Asche sich zeitweilig mit vorfinden können. Und in Gesellschaft dieser Basen treten Kieselsäure, Phosphorsäure, Schwefel-, Salz- und Salpetersäure in den Organismus der Pflanzen ein, der ihrer zur Bildung seiner Produkte nicht entzogen kann. Sie müssen wir ebenfalls in der Asche wieder finden. Und je nach der Natur der Pflanze finden wir sie auch darin, und zwar bei derselben Pflanze immer in ganz gleichbleibenden Verhältnissen, die nur durch das verschiedene Alter, die Jahreszeit und die besondere Beschaffenheit des Bodens in besonderer, aber ebenfalls gesetzmäßiger Weise beeinflusst werden.

Durch Behandeln der Aschenrückstände in Wasser kann man die alkalischen Bestandtheile von den erdigen, weniger löslichen oberflächlich trennen und namentlich geht das kohlen-saure Kali, welches den vorwiegendsten Bestandtheil derselben ausmacht, vollständig in Lösung. Dasjenige, was man erhält, wenn man diese Lösung eindampft, ist die sogenannte rohe Potasche.

Sie wird im Großen auf ganz dieselbe ursprüngliche Weise dargestellt, die wir eben angegeben haben. Es giebt holzreiche Ländergebiete in Amerika, Rußland, Äthrien, Ungarn, im Böhmerwalde u. s. w., wo jenes Naturerzeugniß bei der verhältnißmäßig geringen Bevölkerung, oder weil ungünstige Bodenverhältnisse einen Weitertransport des Holzes nicht gestatten, nur einen geringen Werth hat, so daß, wenn auch die besten Stücke der Stämme verbraucht werden können, doch die Aeste und Zweige nutzlos verrotten würden, wenn nicht die Holzhauer oder öfters eine besondere Klasse von Arbeitern, die Aschenbrenner, es sich angelegen sein ließen, diese Holzreste in großen Haufen zusammenzuschichten, trocknen zu lassen und sodann zu verbrennen, um die dabei übrig bleibende Asche zu sammeln. Die Waldasche wird nun von ihnen entweder selbst auf rohe Potasche verarbeitet, oder weiter an größere Etablissements verkauft, wo dieselbe ausgelaugt wird. Dieser Prozeß und der darauf folgende der Reinigung, Arkallisirung und des Calcinirens ist ein so einfacher, daß wir an dieser Stelle wenig darüber zu sagen brauchen. Die rohe Waldasche oder die aus den Deisen bei Holzfeuerung gesammelte Brenn-asche wird in gepulvertem Zustande auf einem durchlöcher-ten und mit Stroh belegten Boden in große Bottiche gebracht und in der Art mit Wasser behandelt, daß das aus dem ersten Bottich ablaufende noch einmal über die in dem zweiten Bottich enthaltene Asche geht u. s. w. In den letzten Bottich kommt die frische Asche, hier sättigt sich die Lösung vollends. Die allmählig sich erschöpfende Asche aber wird aus einem Bottich in den andern gebracht und kommt auf diese Weise mit immer geringhaltigeren Lösungen zusammen, bis sie endlich in das erste Auslaugegefäß gelangt, wo das einströmende frische Wasser ihr die letzten Spuren löslicher Bestandtheile entzieht. Die Auslaugung geschieht in der Regel nur mit kaltem Wasser, weil darin die hauptsächlichsten in der Asche enthaltenen Verunreinigungen nicht gut löslich sind. Durch Abdampfen der Lauge, was unter fortwährendem Umrühren zu geschehen hat, erhält man die Potasche als eine feste Masse, durch organische Beimengungen braun gefärbt; um sie davon und von dem 6—10 Prozent betragenden Wassergehalt zu befreien, wird sie im Flammenofen bis zum Glühen erhitzt (calcinierte Potasche). Die Ausbeute an Potasche ist bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden; während 1000 Pfund Nichtenholz noch nicht  $\frac{1}{2}$ , Pappelholz etwa  $\frac{3}{4}$ , Eichenholz anderthalb Pfund geben,

enthalten die krautartigen Gewächse viel mehr, Brennesseln bis 25 Pfund, Wickenkraut 27 $\frac{1}{2}$ , Erdrauchkraut sogar 79 Pfund kohlenstoffsaures Kali.

In neuerer Zeit hat man Potasche auch aus der Melasse der Rübenzuckerfabriken dargestellt. Man verarbeitet aus derselben zuerst die Zuckerbestandtheile, indem man sie durch Gährung in Alkohol verwandelt und abdestillirt, das in der Mutterlauge aber enthaltene kohlenstoffsaure Kali durch Einkochen derselben und auch durch Erkaltenlassen von dem beigemengtem Gypse reinigt und sodann die Masse zur Trockne verdampft und im Flammenofen glüht. Eine andere und zur Zeit lange noch nicht genug gewürdigte Gewinnung von Potasche ist die aus Feldspath, welcher mit Kalk geglüht und sodann ausgelaugt wird.

Was das Raffiniren der Potasche und ihre Ueberführung in den Zustand chemischer Reinheit anbelangt, so geschieht dies lediglich auf dem Wege des Umkrystallisirens. Selbst die Trennung von dem kohlenstoffsauren Natron, welches in der aus Pflanzenasche dargestellten Potasche immer enthalten ist, gelingt auf keine andere Weise leichter und vollständiger als unter Benutzung der verschiedenen Löslichkeit beider Salze.

Für die meisten Zwecke, zu denen die Potasche verwandt wird, ist aber eine absolute Reinheit gar nicht einmal nothwendig. Der Seifensieder begnügt sich gern mit minder gereinigter und dafür billigerer Waare, während freilich der Glasfabrikant für besonders feine Gläser ein sehr reines Produkt verlangt. Da, wo es auf absolute Reinheit des kohlenstoffsauren Kali's ankommt, wie in chemischen Laboratorien, stellt man sich dieses aber dann nicht aus roher Potasche dar, sondern durch Glühen von weinsteinsaurem Kali, wobei die Weinsteinsäure zur Kohlenstoffsäure verbrennt, die sich an Stelle der Weinsteinsäure mit dem Kali verbindet.

**Aetzkali.** Obwol die Kohlenstoffsäure nur eine schwache Säure ist, so ist sie doch in vielen Fällen ein Hinderniß, welches die beabsichtigte Verbindung noch schwächerer Körper mit dem Kali hindert. Die Seife z. B. ist fettstoffsaures Kali, die Fettstoffsäure aber, die sich aus dem Talg, Del u. s. w. leicht bildet, wenn eine starke Basis, mit der sie sich verbinden kann, auf diese Körper einwirkt, ist nicht stark genug, um im Kampfe mit der Kohlenstoffsäure die Oberhand zu erringen. Will man daher Fette mit Kali verseifen, so darf man dieses nicht als kohlenstoffsaures Salz mit jenen zusammenbringen, sondern man muß zuvor die Kohlenstoffsäure davon trennen, und reines Kali, Aetzkali, darstellen. Dies geschieht leicht, wenn man eine starke Potaschenlauge mit Aetzkalk kocht. Es geht dabei die Kohlenstoffsäure an den Kalk, weil sie mit diesem in eine unlösliche Verbindung treten kann, und dadurch wird das Kali frei.

Aus seiner Lösung läßt sich das Aetzkali auch in fester Form durch Abdampfen darstellen. Es erscheint dann als eine weiße schmelzbare Masse, die gewöhnlich in Form runder cylindrischer Stängelchen in den Handel gebracht und namentlich in chemischen Laboratorien als Reagens mannichfach verwendet wird. Es ist sehr begierig, Wasser anzuziehen, und kann von einem gewissen Wassergehalt selbst durch Erhitzen bis zum Schmelzen nicht befreit werden. Durch Aufnahme von Wasser aus der Luft zerfließt es, dabei sättigt es sich auch mit Kohlenstoffsäure und geht dadurch wieder in kohlenstoffsaures Kali über. Leitet man in eine Lösung von Kali Kohlenstoffsäure so lange, wie Etwas davon aufgenommen wird, so erhält man nicht bloß das gewöhnliche kohlenstoffsaure Kali der Potasche, sondern ein Salz, welches auf dieselbe Menge der Basis die doppelte Menge der Säure enthält, doppeltkohlenstoffsaures Kali. Entsprechend verhält sich auch das Natron und bekanntlich ist das doppeltkohlenstoffsaure Natron dasjenige Salz, welches in der künstlichen Bereitung der kohlenstoffsauren Wasser, im Brausepulver u. dgl., eine Hauptrolle spielt.

Der **Alaun** ist eins der am längsten bekannten und technisch verwendeten Salze,



in denen das Kali einen Hauptbestandtheil ausmacht, und zwar tritt dasselbe darin in seiner Verbindung mit Schwefelsäure als schwefelsaures Kali auf. Der Name schon — von alumen, nach welchem alumina die Thonerde heißt — deutet darauf hin, daß außer dem Kalisalze darin noch ein anderer Körper enthalten sein wird, und in der That besteht der gewöhnliche oder Kalialaun aus einer Verbindung von schwefelsaurem Kali mit schwefelsaurer Thonerde. Solchergestalt kann er eigentlich eben so gut unter die Thonerdesalze gerechnet werden. Es ist aber weder die Thonerde noch das Kali absolut nothwendig zur Konstituierung eines Salzes, welches die charakteristischen Eigenschaften der Alaune, chemische Formel, Krystallform u. s. w., haben soll. Anstatt des Kali kann sich mit der schwefelsauren Thonerde eben so gut schwefelsaures Ammoniak zu einem Doppelsalz verbinden, das ebenfalls in schönen weißen oktaedrischen Krystallen (Fig. 168) aus seinen Lösungen anschießt und denselben Gehalt an Krystallwasser, dieselben Äquivalentverhältnisse besitzt. Andererseits läßt sich die Thonerde durch Eisenoxyd oder Chromoxyd vertreten, und ein derartiger Ersatz ist äußerlich nur an der verschiedenen Farbe des Produktes zu erkennen. Eins der interessantesten Beispiele der Isomorphie. Kehren wir aber zu dem uns zunächst interessirenden gewöhnlichen Kalialaun, dem Doppelsalz von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Thonerde, zurück.

Von dem Alaun spricht schon Plinius in seiner *historia naturalis*, indessen geht aus seiner Beschreibung hervor, daß er mit demselben Namen wol zweierlei

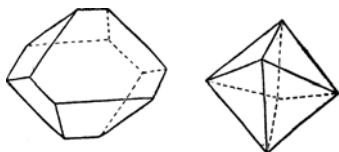


Fig. 168. Krystallform des Alauns.

verschiedene Salze, den Eisenvitriol, welchen er schwarzes alumen und vielleicht den reinen weißen Alaun weißes alumen bezeichnet hat, und in ähnlicher Weise sind wol auch die von Dioskorides und Anderen gebrauchten Benennungen nicht ganz strikt auf das jetzt mit dem Namen Alaun bezeichnete Salz zu beziehen. Nichtsdestoweniger scheint aber den Alten, wenn auch nicht in ganz

reinem Zustande, so doch in Gemengen mit andern Salzen, das Alaun bekannt gewesen zu sein, denn die Art des Gebrauchs, welche davon angegeben wird, in der Färberei der Zeuge, stimmt mit seiner heutigen Verwendung ganz überein. Geber, der schon früher von uns erwähnte arabische Chemiker, gedenkt dagegen (Mitte des 8. Jahrhunderts) des Alauns in unverkennbarer Weise und giebt die Art und Weise seiner Gewinnung an. Zu Anfange des 13. Jahrhunderts finden wir Alaunwerke in Kleinasien (Smirna), in Italien, namentlich im Neapolitanischen, auf der Insel Sicilien und im 15. Jahrhunderte zu Tolfa im Kirchenstaate erwähnt. Die Kunst der Alaun-darstellung war aber hierher aus dem Orient verpflanzt worden. Daß sich in Deutschland manche Gegenden zur Alaunsiederei eigneten, weil das Salz in gewissen Grubenwässern enthalten sei, darauf macht schon Basilius Valentinus (in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts) aufmerksam und kurze Zeit später erfahren wir, daß an verschiedenen Orten, im Lüneburg'schen, bei Plauen in Sachsen u. s. w., Alaun erzeugt worden ist.

Die hauptsächlichste Verwendung fand der Alaun damals wie noch heute in der Färberei, daneben aber spielte er in der Heilmittellehre eine große Rolle. Der Kalialaun kommt in der Natur an manchen Orten, namentlich in vulkanischen Gegenden wie in der Auvergne, in Sicilien u. s. w., fertig gebildet vor. Die Errichtung der ältesten Alaunwerke von Civita vecchia soll dadurch veranlaßt worden sein, daß ein gewisser Johann de Castro, welcher einen Handel mit Farben und Zeugstoffen nach Kleinasien trieb, in der Gegend um Tolfa eine Pflanze (*Alex aquifolium*) sehr häufig

wachsend antraf, die auch in den Alaungegenden Kleinasien sehr gewöhnlich war. Daraus schloß er, daß sie in Italien dieselben Bodenbestandtheile zu ihrer Ernährung finden möchte wie dort und daß sich aus dem angegebenen Grunde die Anlage von Alaunfiedereien in Italien lohnen würde. Der Erfolg bestätigte seine Vermuthung und der Bedarf des vielgebrauchten Salzes, welches früher allein von den Mauren und Türken bezogen worden war, konnte durch die inländische Produktion vollständig gedeckt werden, sodaß Papst Pius II. die Darstellung des Alauns zu monopolisiren suchte, indem er durch allerhand Einschränkungen den Bezug von auswärts erschwerte.

Die Darstellung des Alauns geschieht auf die zweckmäßigste und beinahe ausschließlich angewandte Weise, daß man solche Gesteine, in denen sich entweder der Alaun bereits fertig gebildet vorfindet oder aus denen er entstehen kann, durch Verwitterung und indem man vielleicht einen oder den andern fehlenden Bestandtheil zusetzt, im Freien zuerst der Einwirkung der atmosphärischen Einflüsse aussetzt, sie sodann auslaugt und aus der Lösung die Salze durch Auskrystallisiren gewinnt.

Die Gesteine, welche dazu sich besonders eignen, sind die schon genannten Alaunschiefer, bituminöse Schiefer von schmutzig dunkler Farbe, die sich durch einen Gehalt an Schwefelkies auszeichnen; der Alaunstein oder Alumit, ein Mineral, welches aus etwa 30 Prozent Thonerde, 10 Prozent Kali, 35 Prozent Schwefelsäure und 15 Prozent Wasser besteht und demnach bis auf reine übrig bleibende Thonerde sich vollständig unter günstigen Verhältnissen in Alaun umwandeln kann. Alaunerze im großen Ganzen nennt man alle die natürlich vorkommenden Mineralerze, welche Thonerde und Schwefelkies enthalten und bei ihrer Verwitterung den wichtigsten Bestandtheil des Alauns, schwefelsaure Thonerde, bilden. Um das Doppelsalz darzustellen, wird also schwefelsaures Kali zugesetzt werden müssen. — Bei manchen Alaunsteinen, z. B. denen von Tolfa, welche sowohl Kali und Thonerde als auch Schwefelsäure enthalten und die dann in der Regel als eine Verbindung von Alaun mit wasserhaltiger Thonerde anzusehen sind, genügt es schon, der Thonerde durch Erhitzen das Wasser zu entziehen. Dadurch verliert dieselbe ihre bindende Kraft auf den Alaun, sie bleibt unlöslich, während sich der letztere durch Wasser ausziehen läßt. Das Erhitzen geschieht entweder in Haufen oder in Oefen, ähnlich denen, die man zum Kalkbrennen anwendet. Das Auslaugen mit Wasser, Abdampfen, Krystallisirenlassen und Reinigen der Lösung geschieht auf ganz analoge Weise, wie wir schon bei der Potasche zu beobachten Gelegenheit gehabt haben, und wie wir bei der Soda noch ausführlicher betrachten werden.

Komplizirter ist dagegen die Darstellung des Alauns aus den Alaunerzen, zu denen auch der Alaunschiefer und die Alaunerde zu rechnen sind. Der Hauptmasse nach bestehen diese Gesteine aus kieselhafter Thonerde mit beigemengtem Schwefelkies. Der letztere soll sich durch Sauerstoffaufnahme aus der Luft in Schwefelsäure verwandeln und in dieser Form an die Thonerde binden. Es geschieht dies bei lockern, porösen Gesteinen, in denen die einzelnen Schwefelkiespartikelchen der Einwirkung der Luft frei daliegen, schon bei gewöhnlicher Temperatur; dichtere Erze müssen dagegen durch Erhitzen, beziehentlich Glühen, vorher mürbe gemacht, geröstet werden.

Die Röftung der Alaunschiefer geschieht nun in der Weise, daß man die Steine auf einen dichten, undurchlässigen Thonboden in Haufen zusammenschichtet, in denen ihre bituminösen Bestandtheile verbrennen und durch die dabei entstehende Erhitzung die Schwefelmetalle oxydiren sollen. Die Entzündung geschieht entweder durch beim Aufsetzen besonders angelegte Feuerkanäle, in denen bei Beginn des Röstprozesses ein Feuer angemacht wird, oder aber einfacher dadurch, daß man über und um ein brennendes Kohlenfeuer zuerst größere Schieferstücke schichtet und sowie diese in Brand ge-

rathen sind, den Aufbau des Haufens weiter und weiter fortführt, so daß sich derselbe wie ein Kohlenmeiſer ſelbſt in Brand erhält.

Formen und Dimensionen der Röſthaufen ſind ſehr verſchieden. In den großartigen Alaunwerken von Furlat und Campſie bei Glasgow umfaſſen die Röſthaufen zweier Fabriken allein einen Raum von ungefähr 20 Morgen und enthalten bei einer Länge von 120—180 Fuß, einer Breite von 20 Fuß und einer Höhe von 15 Fuß bis zu 26,000 Tonnen Erz. Die Behandlung der Haufen in Bezug auf Regulirung der Hitze bedient ſich ganz derſelben Mittel, welche bei der Verfohlung in Meilern angewandt werden. Die Erfahrung hat feſtgeſtellt, wann auf den Haufen nicht mehr aufgebaut werden darf; es wird derſelbe dann mit einer Decke ausgelaugten Erzes umgeben, bemantelt, und der Abkühlung überlaſſen. Im Allgemeinen gebraucht ein Haufen von den angegebenen Größenverhältniſſen, um vollſtändig durchgeröſtet zu werden, eine Zeit von 5—12 Monaten. Die Auslaugung geſchieht in gemauerten Eiſternen, in welche ein falſcher Boden von Platten eingelegt iſt.



Fig. 169. Abdampföfen für Alaunlösung.

Auf dieſen werden die geröſteten Erze etwa 18 Zoll hoch aufgeſchichtet und mehrmals mit immer ſchwächerer Lauge von früheren Waſchungen behandelt, bis endlich die letzte Erſchöpfung mit reinem Waſſer erfolgt. Hat man dadurch ſchließlich eine ſiedewürdige Lauge erhalten, ſo ſchreitet man, nachdem dieſelbe durch Abſetzen ſich hinlänglich geklärt hat, zur Eindampfung, die in eiſernen Pfannen oder auch in Flammeöfen (Fig. 169) geſchehen kann. In die Verdampfpfannen *d d* kommt die Lauge, über deren Oberfläche *a* die Flamme vom Roſt *r* ausgehend wegschlägt und durch den Schornſtein *e* entweicht. Die Lauge wird aus den Gefäßen *h h* mittels der Hähne *i* in die Pfanne gelaffen; die verſchließbaren Oeffnungen *m m* dienen zum Reinigen der Pfannen, *n n* zur Beobachtung des Prozeſſes. Durch das Rohr *f* leitet man die Lauge aus der höheren Pfanne in die tiefere und durch *o p* läßt man die konzentrirte Lauge ab.

Außer einer, in der Regel aber verhältnißmäßig geringen, Menge fertig gebildeten Alauns enthält die Rohlauge ſchwefelſaure Thonerde und ſchwefelſaures Eiſenorydul als vorwiegende Beſtandtheile, daneben aber ſchwefelſaure Salze von Natron, Kali, Magnesia, Salz, Mangan, ferner Chlorkalium, Kochſalz, Chloraluminium u. ſ. w. Das ſchwefelſaure Eiſenorydul wird bei dem Eindampfen durch Sauerſtoffaufnahme aus der Luft in eine unlösliche Verbindung umgewandelt, die ſich als ſogeannter Vitriolſchwand ausſcheidet. Wo neben der Darſtellung von Alaun auch die Gewinnung von Eiſenvitriol beabſichtigt wird, vermeidet man dies durch Hineinwerfen von metalliſchen Eiſenſtücken in die Lauge. Iſt der entſprechende Konzentrationsgrad erreicht, ſo ſetzt man (je nachdem es ſich um die Darſtellung von Kalialaun oder von Ammoniakalaun handelt) ſo viel ſchwefelſaures Kali oder ſchwefelſaures Ammoniak zu, als nothwendig iſt, um die ſchwefelſaure Thonerde zu binden. Ein Theil der beglei-

tenden Salze hat sich als weniger löslich bereits während des Abdampfens ausgeschieden und ist entfernt worden; ein Rest dagegen setzt sich noch in den Schüttelkästen ab, in welche die Lauge geleitet und wo der Zusatz des Alkali's vorgenommen wird.

Die Schüttelkästen haben den Namen davon, daß in ihnen die Lösung fortwährend durch Umrühren oder Schütteln gestört wird, um die Ausbildung großer Alaunkrystalle, welche viel von der unreinen Mutterlauge einschließen würden, zu verhindern. Das so gewonnene Alaunmehl wird durch mehrmaliges



Fig. 170. Waschen des Alauns.

Uebergießen mit Wasser von der anhängenden Mutterlauge befreit, in einer Pfanne durch hincingleitete Wasserdämpfe zur Auflösung gebracht und die konzentrierte Lösung der Ruhe überlassen. Es bilden sich hier aber auch noch keine großen, durchsichtigen Krystalle, vielmehr setzt sich das Salz als eine dichte weiße Masse an den Wänden ab, und man hat daher ein nochmaliges Auflösen, mit dem man wiederholte Waschungen verbindet, nöthig, um die im Handel beliebte Form zu gewinnen.

Daß sich Alaun oder schwefelsaure Thonerde auch auf andere Weise, z. B. durch Behandeln thonerdhaltiger Mineralien mit Schwefelsäure, darstellen läßt, mag beiläufig erwähnt werden; einer weiteren Besprechung der dabei angewandten oder dazu vorgeschlagenen Methoden aber, sowie auch der Aufzählung der zahlreichen Fälle technischer Verwendung dieses Salzes, wollen wir uns hier enthalten, da wir an den bezüglichlichen Stellen, wie in der Färberei und Druckerei, noch Gelegenheit finden werden, darauf zurückzukommen.

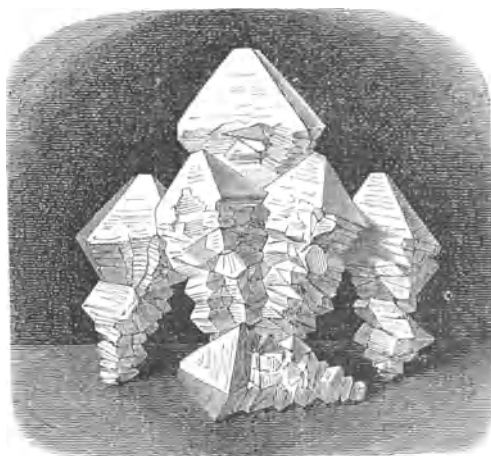


Fig. 171. Alaunkrystallgruppe.

Von dem Alaun wenden wir uns zu einem Natriumsalze, indem wir uns die Betrachtung des Salpeters bis zuletzt versparen, einmal weil das salpetersaure Natron

dieselbe Rolle in der Natur und in den Laboratorien spielt, wie das salpetersaure Kali, und wir außerdem auch naturgemäß die Betrachtung der Salpetersäure und der alkaliähnlichen Basis des Ammoniaks daran zu schließen haben werden.

**Die Soda.** Von der Natur fertig gebildete Soda kommt in einzelnen Erdgegenden in ziemlich großen Mengen vor in den sogenannten Natronseen, welche dieselben — freilich mit andern Salzen, namentlich Koch- und Glaubersalz, verunreinigt — aufgelöst enthalten, so daß sie, wenn diese Nachen durch die Sonnenhitze ausgetrocknet sind, als Krystalle oder Krusten zurückbleibt und gesammelt werden kann. Auch gräbt man wol das vom Salz durchzogene Erdreich ab, laugt es aus und läßt die Lösung abdunsten.



Fig. 172. Bahr el Mandia, Natronsee in Teffan (Nordafrika).

Solche Verticilliten finden sich in Aegypten und anderwärts in Nordafrika, ferner in Südamerika, Mexiko, in Ungarn u. s. w. Eine allgemeinere und früher die hauptsächlichste Gewinnung der Soda geschieht indeß durch Einäschern gewisser Meerpflanzen, sowol solcher, die im Wasser selbst wachsen (Lange), als solcher, die am Strande ihren Standort haben. Man wird daraus schon schließen können, daß das kohlen saure Natron ein in chemischer Beziehung dem kohlen sauren Kali oder der Potasche ganz analoges Salz ist. Es ähnelt demselben nicht nur in Farbe, Löslichkeit, im Verhalten andern Salzen, Säuren und Basen gegenüber, sondern auch sein Dryd, das Aeknatron, welches ganz entsprechend durch Kochen von Sodalsüßung mit Aekfalk erhalten wird, zeigt mit dem Aekkali die größte Uebereinstimmung.

**Soda-Gewinnung.** Die Urquelle der natürlichen Soda bildet sonach das Meer und die darin wachsenden Pflanzen sind die Sammler, welche das Salz aus seiner großen Verdünnung im Meerwasser ausscheiden und in sich konzentriren. Freilich liefern sie die Soda nicht rein, sondern im Gemisch mit viel Kali, Kochsalz, Kalksalzen u. s. w. Das sodareichste Produkt dieser Art wird an einigen Punkten der spanischen Küsten aus der den Botanikern als *Salsola soda* bekannten Pflanze gewonnen und im Handel Barilla genannt. Man sät zu diesem Zweck die Pflanze auf großen Feldern, welche vom Meere abgedämmt sind, aber durch Schleusen zeitweilig unter Wasser gesetzt werden.

Die gereiften Pflanzen werden abgemäht, getrocknet, die Samen ausgerieben und dann die Pflanzen in Erdgruben verbrannt. Der Rückstand an Asche und Salzen bildet halbverschlackte, harte Klumpen, die, so wie sie sind, in den Handel kommen. In ganz ähnlicher Weise benutzt man an andern Orten andere wild wachsende Pflanzen. In Südfrankreich, namentlich bei Narbonne, gewinnt man aus Glasschmalz (*Salicornia annua*) das *Salicor*, eine Waare mit etwa 15 Prozent Sodagehalt, in anderen Gegenden aus verschiedenen Pflanzen die *Blanquette*, mit mehr Kochsalz als Sodagehalt, besonders zur Seifenfabrikation gern gebraucht wegen der hohen Preise des Kochsalzes in Frankreich. In der Normandie heißen die Aschen *Varec* und in Schottland, Irland, den Orkney-Inseln u. s. w. *Kelp*, welche gewonnen werden durch Verbrennung getrockneter Seetange, deren Einsammlung an vielen Orten, z. B. auf der Insel Bersey, eine Wichtigkeit hat, wie am Rhein die Ernte des Weins. Alle diese Produkte haben aber nur einen ganz unbedeutenden Sodagehalt und werden deswegen hauptsächlich auch zur Gewinnung ihrer übrigen Salze, Kochsalz, Chlorkalium, schwefelsaures Kali, sowie auf Brom- und Jod benutzt.

Alle diese Meerstrand-Industrien sind deswegen auch in der Gegenwart zur Unbedeutendheit herabgesunken, und der allergrößte Theil der Soda, welche in der chemischen Industrie so massenhaft Verwendung findet, ist künstliche, aus Kochsalz dargestellte. Es stammt diese Fabrikation aus Frankreich und ist, wie so mancher andere Fortschritt, ein Erzeugniß der Noth gewesen. Als zur Zeit der Revolution die Einfuhr fremder Soda nach Frankreich gesperrt war und die alten Sodafabriken völlig unzureichend waren zur Deckung des innern Bedarfs, entstand unter Fabrikanten und Chemikern ein lebhafter Wett-eifer in Erfindung von Methoden, um die Soda durch Umwandlung des Kochsalzes zu gewinnen. Nach Prüfung der zahlreichen Projekte wurde das des Chemikers Leblanc, der dasselbe auch bereits in einer neu errichteten Fabrik praktisch und im Großen bethätigt hatte, als das beste befunden und hat auch heute noch durch nichts Einfacheres und Vortheilhafteres ersetzt werden können.

Die Leblanc'sche Methode, noch allgemein in Anwendung stehend, erreicht ihr Ziel in zwei Schritten. Betrachten wir das Rohmaterial, Kochsalz, der Kürze halber als salzsaures Natron, so ist, um daraus Soda zu machen, nichts erforderlich, als an Stelle der Salzsäure Kohlensäure zu setzen. Die Kohlensäure aber ist zu schwach, um die Salzsäure aus ihrer Stelle zu vertreiben; die Schwefelsäure thut dies leicht und man verwandelt deswegen zuerst das Kochsalz in schwefelsaures Natron, das bekannte Glaubersalz. Durch einen weiteren chemischen Prozeß wird dieses letztere Produkt wieder zerlegt, die Schwefelsäure vom Natron getrennt und durch Kohlensäure ersetzt. Hierzu kommt als dritter Theil der Fabrikation noch das Auslaugen, Krystallisiren und Calciniren der so gewonnenen rohen Soda.

Das im Mineralwasser enthaltene Kochsalz besteht aus dem gasförmigen Chlor

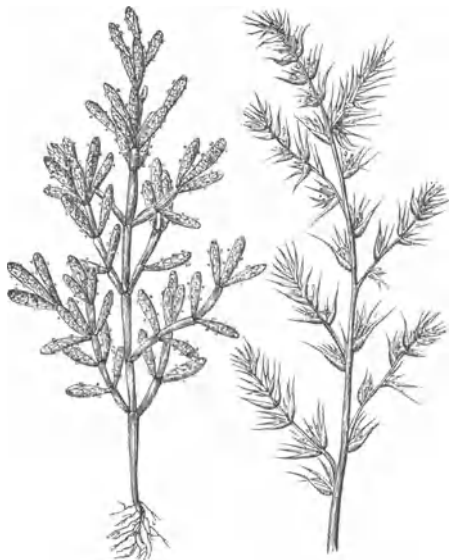


Fig. 173. Sodapflanze und Glasschmalz.

und dem leichten Metall Natrium; es ist ein sogenanntes Haloidsalz, das wir schon früher (Einleitung S. 26) von den Sauerstoffsalzen unterschieden haben. Die Zersetzung des Kochsalzes durch Schwefelsäure und die Bildung von Glaubersalz und Salzsäure erfolgt unter Anwendung von Wärme sehr willig, und der Prozeß wäre ein sehr einfacher, wenn man nicht die Salzsäure in den Kauf nehmen müßte. Denn obwohl auch sie ein nutzbarer Artikel ist, so fällt doch in den Fabriken so ungeheuer viel davon ab, und sie ist daher so wohlfeil, daß der Fabrikant in vielen Fällen auf ihre Vereitung verzichten möchte. Die ersten Vorrichtungen, die Salzsäure abzufangen, bestanden darin, daß man in den Schloten eine Füllung von Koakstein, zerkleinerten Ziegeln oder dergleichen anbrachte, durch welche fortwährend Wasser herabtröpfelte. Die so gewonnene flüssige Säure ist aber zu wasserreich, als daß sie zu technischen Zwecken viel taugen könnte; man ist daher, wo man diese verdünnte Säure nicht in's Freie laufen lassen darf, oft gezwungen, eine konzentrierte Säure zu bereiten, die man dann zu verkaufen oder selbst so gut als möglich zu verwerthen sucht. Das führt denn zu Nebenweigen der Fabrikation, welche meistens in Erzeugung von Chlorkalk, Zinkchlorid oder doppeltkohlensaurem Natron bestehen.



Fig. 174. Seetangerte im Hafen von Jersey.

Die zweckmäßigste Kondensationsmethode für die Salzsäure ist diejenige, wobei die Dämpfe derselben durch eine große Anzahl Wasser enthaltender Verdichtungsballons geführt und so fast ganz in dem Wasser zurückgehalten werden. Der Tröpfelapparat mit Koaks fällt dabei nach Umständen entweder ganz weg oder man bringt ihn an's Ende der Verdichtungsreihe in dem des Zuges wegen dastehenden hohen Schlot noch an, nur um das wenig saure Gas noch unschädlich zu machen, das auf dem Wege durch die Ballons nicht verdichtet worden ist. Uebrigens sind entschlüpfte salzsaure Dämpfe in den Fabriken trotzdem, und namentlich in der Nähe der Zersetzungsöfen, oft häufig genug, um den Besucher zu Husten und Thränen zu reizen.

Die Zersetzungsapparate haben sehr verschiedene Formen. Zur Massendarstellung der Soda, wie sie in neuerer Zeit in großartigen Fabrikanlagen betrieben wird, dienen Flammenöfen von der Einrichtung, die unser Bild Fig. 175 versinnlicht, und zwar steht ein solcher Ofen entweder gesondert oder er ist mit dem für die folgende Operation nöthigen Schmelzofen in Eins verbunden. Wir sehen, daß der Ofen zwei innere Räume hat: der Raum B mit der Feuerung A stellt einen gewöhnlichen Flam-

menofen vor; an denselben schließt sich eine zweite Abtheilung E, welche mit beheizt werden muß, daher die Züge niedermwärts bei d d' und unter der eisernen, mit Blei gefütterten Verzehungspfanne hinlaufen, welche die Abtheilung E einnimmt. In die Scheidewand, welche beide Abtheilungen trennt, ist eine Schieberthür eingesetzt, die nur für einen gewissen Moment des Betriebes geöffnet wird. Die Abtheilung B ist im Innern mit einer Lage sehr hart gebrannter feuer- und säurefester Steine ausgekleidet. Die Defen sind in der Regel 12—15 Fuß lang und 5—6 Fuß weit. Der Gang der Arbeit ist nun der, daß das Salz durch die Eintragthür h in die Pfanne E gebracht wird und hier die erste, sodann im Ofen B am offenen Feuer noch eine weitere Bearbeitung erhält. Ist die Pfanne mit einer Ladung von mehreren Centnern Salz beschickt und die Eintragthür dicht geschlossen, so läßt man von oben durch bleierne Trichter das bestimmte Quantum Schwefelsäure hinzulaufen. Die Zersetzung beginnt, durch die Hitze von unten unterstützt, sofort und die reichlich auftretenden Dämpfe von Salzsäure entweichen, da sie keinen andern Ausweg finden, durch die feingutene Röhrenleitung g und gelangen auf diesem Wege in eine Reihe oder Doppelreihe von ebenfalls feingutenen Verdichtungsballons, deren jeder bei  $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$  Füllung 2<sup>o</sup> bis 300 Pfund Wasser enthält. Die Zahl dieser Ballons kann 30, 40 und mehr betragen.

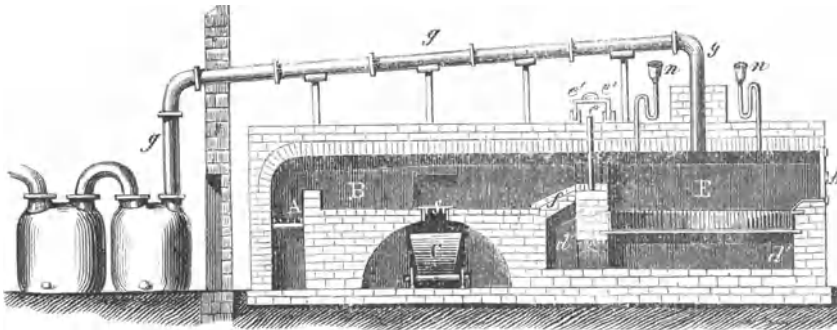
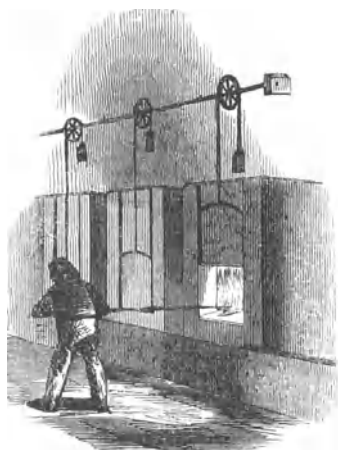


Fig. 175. Ofen zur Umwandlung des Kochsalzes in Glaubersalz.

Die Säure, die aus diesem Theile des Apparates gewonnen wird, ist die reinste, weil sie mit den Gasen des Ofenfeuers außer Berührung geblieben. Anders gestalten sich die Sachen in dem Ofenraum B. In der Pfanne E nämlich wurde die Masse Anfangs flüssig, da etwa gleiche Gewichtstheile Salz und Säure eingetragen wurden. Mit der Zeit wird die Masse aber durch das Entweichen von Wasser- und Säuredämpfen dick und klümpig, und dann ist es Zeit, ihr eine verstärkte Hitze angedeihen zu lassen. Die seitlichen Arbeitsthüren und die Schieberthür der Mittelwand werden nun geöffnet und die Salzmasse von E nach B hinübergekrückt. Hier erfährt sie, während in E eine neue Beschickung in Arbeit genommen ist, die unmittelbare Einwirkung des Feuers, die Zersetzung vollendet sich und es wird noch eine ziemliche Menge Salzsäure ausgetrieben, bis endlich die Masse sich zusammenballt und zu einem harten, festen Körper austrocknet. Dies ist nun das Glaubersalz. Man öffnet einen Deckel in der Herdsohle und krückt das Salz unmittelbar in einen untergeschobenen eisernen Karren, der es seinem weitem Schicksale zuführt. Die Salzsäuredämpfe aber, welche aus dem Flammenofen fortgeführt wurden, gehen ebenfalls durch eine Reihe tiefer stehender, im Wilde nicht angedeuteter Verdichtungsgefäße; die Verdichtung erfolgt hier schwieriger, weil sie durch die begleitenden Verbrennungsgase behindert ist. Schließlich geht alles Dampfförmige, was aus der obern und untern Verdichtungsreihe übrig geblieben, in den hohen Schornstein, der durch kräftigen Zug die Dinge im Gange erhält.



Die gewonnene Glaubersalzmasse wird, nachdem sie ausgekühlt ist, sogleich in weitere Behandlung genommen: man pulverisirt und mengt sie mit etwa dem gleichen Gewicht kohlen-sauren Kalks, d. h. Kreide oder eines ähnlichen Minerals, und der Hälfte ihres Gewichtes Stein- oder Holzkohlenklein innig zusammen und bringt dies Gemisch in den Glühofen. Der Glühofen ist ein schlichter Flammenofen von möglicher Länge, damit die durchziehende Flamme vollständig auswirken kann; die Länge beträgt gewöhnlich 18—20 Fuß bei 6—8 Fuß Breite. Das Innere des Ofens ist zugänglich durch Fallthüren in seiner Decke, durch welche die Masse eingestürzt wird, und ebenso durch mehrere Seitenthüren, von wo aus die Arbeiter mit schweren eisernen Krücken die Masse breiten und während der Schmelzarbeit fleißig durchrühren müssen. Ist ein solcher Ofen zu Anfang seines Betriebes einmal in Glut gesetzt, so folgen sich auch die Beschickungen bei Tag und Nacht so lange als möglich, d. h. bis der Ofen schadhaft wird und Reparaturen bedarf. Wie viel aber ein Ofen auf eine Portion verschlucken muß und wie viel Zeit er zur Verdauung braucht, hängt von seiner Größe sowie vom zugesetzten Material, ob Kreide oder Kalkstein, ab. Ein Ofen



S. g. 176. Sodabrennofen.

von den bezeichneten Dimensionen gehört zu den größeren und kann 15—18 Centner auf einmal fassen, die etwa eine vierstündige Bearbeitung erfordern. Andere Fabriken dagegen arbeiten mit viel kleineren Ofen, die etwa 3 Centner auf einmal fassen und allstündlich neu beschickt werden können. Die Beschickungsmasse wird zunächst in der hintern Partie des Ofens, die vom Feuer am weitesten entfernt ist, eingeschüttet und hier vorgehitzt, während eine frühere Partie im vordern Raume ihre Bearbeitung erfährt; ist dieser Ort geräumt, so wird jene Masse vorgezogen und hinten neues Material aufgeschüttet. Die Wirkung des Feuers auf die Masse ist zunächst die, daß die letztere oberflächlich in Fluß geräth; sie wird nunmehr mit Schaufeln gewendet, dann der Ofen geschlossen und die Hitze höher getrieben, bis das Ganze zu einer teigartigen Masse zusammen-

schmilzt und Blasen zu werfen beginnt, welche beim Zerplatzen mit blauen Flämmchen verbrennen. Dies ist Kohlenoxydgas, das Zeichen, daß die Zersetzung und Umbildung der Masse begonnen hat. Gleichzeitig beginnt das Rühren und Durcharbeiten, um die chemischen Vorgänge zu befördern, und zwar geschieht dies absatzweise, weil immer durch das Öffnen der Arbeitsthüren, wobei die Feuerzüge halb zu schließen sind, die Temperatur rasch sinkt und dann erst wieder gesteigert werden muß. Allmählig werden die blauen Lichter, die anfänglich in großer Menge und Lebhaftigkeit erscheinen, feltener und schwächer, und man schließt den Prozeß ab, noch ehe sie ganz verschwinden, weil dies von Vortheil für die Ausbeute ist. Die immer noch teigige Masse wird aus dem Ofen in untergesetzte eiserne Kästen gekrückt, wo sie bald zu dem schwarzen steinigen Körper erhärtet, der die Schmelze heißt.

**Chemische Vorgänge.** Fragen wir nun, welche Veränderung die große chemische Künstlerin, die Hitze, in dem Gemisch von Glaubersalz, Kalk und Kohle zu Wege gebracht, so ist die Antwort nicht so einfach, denn die Vorgänge erscheinen verwickelt und trotz vielfacher Versuche auch noch nicht völlig aufgeklärt. Wenn schwefelsaures Natron und kohlen-saurer Kalk ihre Bestandtheile austauschen, so entsteht neben schwefelsaurem Kalk (Gyps) das gewünschte kohlen-saure Natron und in der That soll ein Theil des

Salzes auf diesem direkten Wege entstehen; ein anderer und größerer Theil aber bildet sich folgendermaßen: die Kohle wird in der Glühhitze so sauerstoffbegierig, daß das Glaubersalz seinen ganzen Gehalt an Sauerstoff verliert und dadurch zu Schwefelnatrium (Natronschwefelleber) reduziert wird. Eine zweite Wechselwirkung bildet sich nun zwischen dieser und dem Kalk: der Kalk muß seinen Gehalt an Kohlensäure und Sauerstoff dem Natrium abtreten, das hierdurch zu kohlenfaurem Natron sich vervollständigt; das isolirte Calcium findet aber einen neuen Partner an dem gleichfalls übrig gebliebenen Schwefel und beide bilden Schwefelcalcium (Kalkschwefelleber), was in die Abgänge geht und beim nachfolgenden Auslaugen auf dem Filter bleibt. Nun ist aber das einfache Schwefelcalcium nicht so unlöslich im Wasser, daß man durch Auslaugen der Schmelze eine reine Sodaauslösung erwarten dürfte, man nimmt also etwas mehr Kalk, als nach der Berechnung nothwendig wäre, und bewirkt dadurch das Entstehen einer Doppelverbindung, welche im kalten und selbst im warmen Wasser unlöslich ist.

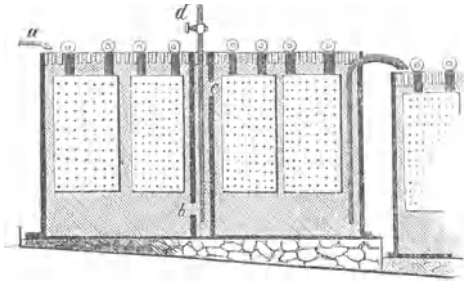
Die rohe Soda oder erkaltete Schmelze bildet eine kompakte schlackige Masse, die für die fernere Bearbeitung zerschlagen werden muß. Sie ist von unverbrannt gebliebener Kohle schwarz oder grau und enthält je nach dem Reinheitszustande der Rohstoffe, nach dem Mischungsverhältniß und der Dauer der Schmelzarbeit sehr verschiedene Dinge in verschiedenen Mengen. Die Behandlung im Ofen kann sowohl unzulänglich sein, als über das Ziel hinausgetrieben werden, daher der Schmelzer ein erfahrener und umsichtiger Mann sein muß. Der Natrongehalt (theils kohlenfaure, theils ätzend) beträgt gewöhnlich einige 30 Prozent des Ganzen, die Kalkschwefelleber etwa eben so viel; daneben kommen vor in kleineren Mengen Koch- und Glaubersalz, Aetzalkali, Schwefeleisen, unlösliche erdige Salze u. s. w. Trotz dieser Unreinheit kann die rohe Masse schon zu einigen technischen Zwecken verwendet werden, zur Seifenfabrikation, zum Bleichen, zur Erzeugung ordinären Glases u. s. w. Sie scheint aber jetzt kaum noch ein Gegenstand des Handels zu sein, da sich das Publikum entschieden den reineren Produkten zugewendet hat; alle großen Fabriken liefern gereinigte, calcinirte oder krystallisirte Soda.

Durch Auslaugen der Rohmasse in warmem Wasser werden also die löslichen und brauchbaren Theile von den unlöslichen Verunreinigungen getrennt. Die Verfahrensweise dabei sind verschieden. Man kann die Masse grob zerstückt in die Wasserkästen werfen und läßt sie darin, durch Umrühren unterstützt, zerfallen, bis man schließlich den Bodensatz sich niederschlagen läßt und das Klare ab- und — so lange es nöthig — in einen andern Kasten auf frische Masse pumpt. Bisweilen läßt man die Rohmasse vor dem Auslaugen noch einige Zeit an der Luft liegen, damit das ätzende Natron Kohlensäure aufnehme, wodurch die harten Stücke zerfallen.

Das Auslaugen selbst soll möglichst erschöpfend und doch mit möglichst wenig Wasser erfolgen, weshalb man die Lauge durch mehrere Filtrirkästen der Reihe nach passieren läßt, so daß sie aus jedem Etwas aufnimmt und schließlich vom letzten so stark abläuft, daß sie zum Abdampfen reif ist. Am besten dient folgende Einrichtung. Auf einer stufenförmigen Unterlage (Fig. 177) steht eine Reihe großer eiserner Behälter, die mit warmem Wasser besetzt und durch Dampfrohre warm erhalten werden. Heberartige Verbindungsrohre leiten die Flüssigkeit abwärts aus einem Kasten in den andern; sie sind so eingerichtet, daß sie die Lauge, die sie an der Oberfläche des einen Kastens entleeren, in der Nähe des Bodens vom nächsten höherstehenden entziehen müssen. Kleinere Blechkästen, die siebartig durchlöchert sind und die siebartig gepulverte Schmelzmasse enthalten, sind der Reihe nach an Traghölzern in die Behälter eingehängt und reichen etwa bis auf deren halbe Tiefe hinunter. Denken wir uns nun die Auslaugung im Gange, und sie wird wenigstens acht Tage lang darin unausgesetzt erhalten,

so werden wir in allen Behältern Lauge finden, und zwar im obersten die schwächste, weil alles neue Wasser nur hier zugeleitet wird. Von hier aus geht die Flüssigkeit allmählig durch alle Behälter, kommt mit sämtlichen darin hängenden Sieben in Berührung und fließt aus dem letzten als gesättigte Lösung ab. Die Siebe machen ihrerseits ebenfalls einen Weg, aber dem der Lauge entgegengesetzt. Immer nach vier bis fünf Stunden werden dieselben nämlich umgehängt, so daß jedes um einen Kasten oder ein Fach weiter rückt. Damit wird unten, in der stärksten Lauge, ein Platz leer und hierher kommt ein Sieb mit neuer Beschickung, welches an die schon ziemlich gesättigte Flüssigkeit immer noch Etwas abgibt. Dagegen wird das zu oberst überschüssig gewordene Sieb entfernt und sein jetzt völlig ausgelaugter Inhalt in der Regel weggeworfen.

Die vom Auslaugeapparat kommende gesättigte Lauge wird nunmehr abgedampft. Nach älterer Art versiedet man sie zu dem Zwecke genau so, wie in Salzwerken die Soole, in bleiernen oder eisernen Pfannen, die von unten geheizt werden; gegenwärtig jedoch hat die Verdampfung durch Oberfeuer den Vorzug. Die Laugepfannen stehen in einem Flammenofen, der mit Hoaks gespeist wird, da diese die reinlichste Flamme geben. Flamme und Feuergase sind durch den gedrückten Bau des Ofens genöthigt, dicht über die Oberfläche der Lauge hinzustreichen, was ein sehr lebhaftes Sieden und



Sig. 177. Auslaugeapparat.

Verdampfen bewirkt. In manchen Fabriken ist der Schmelzofen mit den Verdampfungsapparaten so verbunden, daß für letztere kein besonderes Feuer nöthig ist, sondern die aus ersterem abziehende Hitze auch für den zweiten Zweck genügt. Die Abdampfung von oben gewährt große Bequemlichkeiten für die gewöhnliche Pfannenheizung, denn da bei ihr der Boden der Pfanne kaum warm wird, so bildet sich daselbst auch nicht

die harte Salzkruste, deren beständige Aufstörung bei der alten Methode so viel Arbeit machte; das Sodasalz scheidet sich vielmehr in kleinen einzelnen Krystallen ab, die sich ruhig zu Boden setzen und die man in der Pfanne belassen kann, bis sie fast voll davon ist. Vom Beginn der Krystallisation bis zu einem gewissen Punkt scheidet sich fast reines kohlensaures Natron aus, welches man als beste Waare vorwegnehmen kann und das den Namen gereinigte wasserfreie Soda führt. Man kann alsdann mit dem Abdampfen bis fast zur Trockenheit fortfahren und das so erhaltene, mit den Unreinheiten der Lauge behaftete feuchte Salz weiter zu Gute machen.

Das aus den Abdampfpfannen gezogene Salz läßt man so weit als möglich abtropfen und befördert das Ausziehen der Mutterlauge schließlich durch Aufgießen von etwas kaltem Wasser. Vortheilhaft und auch schon vielfach in Anwendung ist das Heraus schleudern der Mutterlauge auf der Centrifugaltrockenmaschine. Um die feuchte Salzmasse nicht allein zu trocknen, sondern auch das 1 Äquivalent Krystallwasser auszutreiben, wird sie wieder mit Hitze, am gewöhnlichsten in einem Flammenofen behandelt, was das Calciniren heißt. Die Temperatur wird hierbei nicht so hoch gesteigert, daß die Soda schmilzt, vielmehr hält man die Hitze des schmelzenden Bleies für die beste. Während der Bearbeitung muß die Masse fortwährend gerührt und gewendet werden, und sie erscheint so als ein ziemlich weißes Pulver, die calcinirte Soda. Die Masse hat durch das Calciniren nicht nur ihr Wasser verloren, sondern ist auch in ihrem Gehalte verbessert worden. Durch den Einfluß der durchziehenden Luft, der Wasserdämpfe und der Kohlensäure, welche das Feuer ausfendet,

ist das in der Masse noch enthaltene Schwefelnatrium oxydirt und theils in schwefelsaures, theils in kohlen-saures Natron, der Natriumgehalt gleichfalls in kohlen-saures Natron verwandelt worden.

Die calcinirte Soda in reinem oder unreinerem Zustande (3 - 25 Prozent fremde Salze enthaltend) bildet die Hauptmasse der Fabrikation und des technischen Verbrauchs, für welchen sie gewöhnlich nur noch gemahlen und gesiebt wird. Da es in vielen Fällen sehr wichtig ist zu wissen, wie viel kohlen-saures Natron eine Waare wirklich enthält, so hat man verschiedene chemische Prüfungsmethoden (alkalimetrische Proben), welche darauf Antwort geben.

Es wird aber auch nicht wenig krystallisirte Soda verbraucht. Diese wird dargestellt, indem man das calcinirte Salz in möglichst wenig heißem Wasser wieder auflöst, die Lauge klärt und dann das Salz herauskrystallisiren läßt. Oder man umgeht auch wol das Calciniren und läßt dafür die vom ersten Abdampfen gewonnene rohe Soda längere Zeit der Luft ausgesetzt liegen, um der anhängenden Mutterlauge Gelegenheit zu geben, sich mit Kohlen-säure zu sättigen. Ist dieses Salz oder die calcinirte Soda im heißen Wasser gelöst, so läßt man die Lösung einen Tag in Ruhe, damit die Unreinheiten sich absetzen, siedet sie dann in Kesseln noch weiter ein, zerstört die gelbliche Farbe durch Chlorkalk und läßt die Lauge in große flache eiserne Krystallisirpflannen laufen. Die Pfannen werden vollauf gefüllt, so daß, wenn man eiserne Stäbe querüber legt, diese mit der Flüssigkeit in Berührung sind. Die Stäbe geben den Anhaltspunkt für die sich bildenden Krystalle, die öfter bis zu Fußlänge anwachsen. In 9—10 Tagen, je nach der Luftwärme, ist das Salz aus der Mutterlauge herausgewachsen, während die Unreinigkeiten in dieser zurückbleiben. Dies ist nun jene Soda, welche fast in jedem Aramladen zu haben ist. Die Hausfrauen und Wäscherinnen taufen, wie es scheint, ganz allgemein nur dieses und nicht das calcinirte Salz, vielleicht weil sie glauben, damit besser zu fahren. Aber obwol bei gleichem Gewicht das letztere ziemlich das Doppelte kostet, ist die größere Wohlfeilheit doch nur scheinbar, denn das krystallisirte Salz enthält weit über die Hälfte (63 Prozent) pures Wasser, und so laufen näher befehen die Preise ganz auf Eins hinaus.

Für manche Zwecke, zumal für die Fabrikation guten weißen Glases, ist die gewöhnliche Soda noch nicht rein genug und muß raffinirt werden, was nur in einer Wiederholung der früheren Bearbeitung besteht. Bringt man gute krystallisirte Soda wieder in's Feuer und treibt ihr das Krystallisationswasser aus, so erhält man, wie sich denken läßt, beste calcinirte; ebenso lassen sich aus dem oben erwähnten bevorzugten Produkt der gereinigten wasserfreien Soda die beiden gewöhnlichen Sorten besonders rein darstellen, indem man jenes entweder calcinirt oder auflöst und wieder krystallisiren läßt.

Die Mutterlauge, welche sowol bei dem Abdampfungs als Krystallisationsprozeß übrig bleiben, enthalten neben den fremden Stoffen noch Natron genug, daß es sich lohnt, sie weiter zu verarbeiten. Man mischt die Flüssigkeiten so weit mit Kohlenklein und Sägespänen, daß sich Klumpen daraus formen lassen, welche man durch Trocknen und Calciniren noch auf eine geringe Sorte Soda verarbeitet. Dagegen wissen die Fabriken mit den festen Rückständen, der ausgelaugten Kalkschwefelmasse, so gut wie nichts anzufangen.

Wir haben uns mit der Soda sehr ausführlich beschäftigt, weil ihre Fabrikation, Hand in Hand gehend mit der Darstellung von Salzsäure, Glaubersalz, Chlorkalk und anderen ungemein wichtigen Artikeln, so recht eigentlich den Kernpunkt der technischen Chemie bildet. Die Glasfabrikation und die Seifensiederei hängen von der billigen Massenerzeugung der Soda am direktesten ab, und welche Bedeutung für das mer-

kantile nicht nur, sondern für das wissenschaftliche und sittliche Leben diese beiden Industriezweige haben, braucht wol nicht erst erwähnt zu werden.

Doppeltkohlen-saures Natron. Das doppeltkohlen-saure Natron (Natron bicarbonat) ist ein bekannter Hausfreund geworden durch seine Mitwirkung bei der Erzeugung kohlen-sauren Wassers. Ebenso dient es zur Herstellung anderer moussirender Getränke, künstlicher Mineralwässer, Brausepulver u. s. w.; sein Gebrauch ist daher ein sehr ausgedehnter. Von der Soda unterscheidet es sich durch nichts als durch einen doppelt so großen Kohlen-säuregehalt. Dieser zweite Antheil Säure läßt sich aber der krystallisirten Soda leicht einverleiben, denn es ist dazu nur nöthig, daß man das Salz eine Zeit lang in einer Atmosphäre von Kohlen-säure liegen läßt. Man hat dazu gemauerte Kammern, paarweise, damit man den Kohlen-säurestrom in die eine leiten kann, während man die andere räumt und neu beschickt. In den Kammern liegt das angefeuchtete Salz auf mit Leinwand bespannten Rahmen geschichtet. Indem es die Kohlen-säure aufnimmt, läßt es von seinem Krystallisationswasser  $\frac{1}{10}$  fahren, dieses träufelt ab und weil es dabei Salz in Auflösung mitnimmt, stellt es eine gute, wieder verwendbare Sodalauge dar. Eine chemische Probe zeigt, wann die Umwandlung des Salzes beendet ist. Man bedarf also neben den Kammern nur eines Entwicklungsapparates für Kohlen-säure, die man meistens aus Kalk durch Uebergießen mit einer Säure gewinnen wird, und hierzu ist die schwächste Salzsäure, die sonst kaum zu verwenden wäre, anwendbar.

Der Salpeter. Der weitere Verkehr mit unsern beiden Bekannten, dem Kali und Natron, führt uns jetzt in eine Fabrik, vor deren Großartigkeit sämtliche technische Institute der Welt in Nichts verschwinden: wir meinen die Salpeterfabrikation, die Bildung von Salpetersäure und salpetersauren Alkalien, welche die Natur unausgesetzt auf eigne Hand betreibt. Das Lokal dieser Fabrik ist nicht kleiner als die ganze Erdoberfläche und hat überdies zwei Stockwerke, den Erdboden und den Luftkreis.

Die atmosphärische Luft besteht bekanntlich aus zwei gasartigen Elementen, Stickstoff und Sauerstoff, genau denselben, welche in einer unserer stärksten Säuren, der Salpetersäure, enthalten sind; der Unterschied ist nur der, daß in der Luft die beiden Elemente bloß gemischt, in der Salpetersäure dagegen chemisch mit einander verbunden sind. Was die Salpetersäure für Eigenschaften hat und wie wir sie uns darstellen, darauf kommen wir später zu sprechen; vor der Hand haben wir ihre Entstehung in der Natur zu betrachten. Eine chemische Vereinigung der beiden Elemente Stickstoff und Sauerstoff findet erwiesenermaßen regelmäßig im Luftkreise statt, aber in so geringem Maßstabe, daß erst der wissenschaftlich geschärftete Blick die Vorgänge erkennen und beobachten konnte. Nichtsdestoweniger wird durch die Unaufhörlichkeit und durch das Ueberallstattfinden die Massenproduktion eine so ungeheure, daß sie dem gewaltigen Bedarfe des natürlichen Kreislaufes vollständig genügt.

Im Regen und Schneewasser läßt sich Salpetersäure, wenn man große Partien davon eindampft, deutlich nachweisen; sie erscheint indeß nicht in freiem Zustande, sondern gebunden, in der Regel an Ammoniak. Im Gewitterregen ist der Gehalt am stärksten, ebenso in dem Regen, der zuerst nach längerer Trockenheit fällt. Wird aber Salpetersäure aus der Luft herniedergeführt, so muß sie oben auch entstanden sein, denn aus dem Boden kann sie nicht stammen, weil sie hier niemals im freien Zustande vorkommt noch vorkommen kann. Die Kraft, welche im Luftmeere Theilchen von Sauer- und Stickstoff zu Salpetersäure zusammenbindet, ist, wie wir allen Grund anzunehmen haben, freie Elektrizität, also Blitze und sonstige elektrische Luftvorgänge. Als Davy durch gewöhnliche, unter einer Glasglocke befindliche Luft eine Reihe elektrischer Funken hatte schlagen lassen, erhielt er Salpeter-

säure, denn die mit eingespernte Lösung von Alkali hatte sich in Salpeterlösung verwandelt.

Anders verhält es sich mit dem Ammoniak der schon erwähnten alkalischen Basis, welche aus Stickstoff und Wasserstoff besteht und deren Zusammensetzung durch die chemische Formel  $\text{HN}_3$  ausgedrückt wird; es wird zwar von der Salpetersäure aus der Höhe mit herabgeführt, entstammt aber auf alle Fälle den untern Regionen, denn die Nase belehrt uns in Ställen, frisch bedüngten Feldern und in geheimen Anstalten mehr als hinlänglich, daß bei der Fäulniß animalischer Abfälle Ammoniakgas (kohlen-saures) in Menge in die Lüfte geht, obgleich der Landwirth diesen werthvollen Düngerbestandtheil gar nicht gern ziehen lassen mag. Da erscheint denn die Salpetersäurebildung in der Luft als eine doppelt wohlthätige Veranstaltung der natürlichen Wohlfahrts-polizei: sie schafft das Ammoniak aus einem Bereiche, wo es nichts nützt, dahin, wo es nützen kann, d. h. sie wirkt zugleich luftreinigend und bodendüngend. Der Stickstoff, welcher namentlich in den Samen der Pflanzen vorkommt und als Nahrungsmittel zur Bildung der thierischen stickstoffhaltigen Verbindungen verarbeitet wird, wird solcher-gestalt in einem ewigen Kreislaufe herumgetrieben, in welchem er regelmäßig wieder in die Zwischenphasen von Ammoniak oder Salpetersäure tritt, ganz in entsprechender Art wie die kohlenstoffhaltigen Verbindungen aus der Kohlen-säure entstehen und in die-selbe bei ihrer Zersetzung wieder zurückgehen. Die auffallend günstige Wirkung eines schönen Gewitterregens auf die Pflanzenwelt mag sich daher wol auch vorzugsweise aus seinem Reichthum an Salpetersäure und Ammoniak erklären lassen.

Uebrigens bleibt auch eine direkte Umwandlung des in die Luft gelangten Ammo-niaks in Salpetersäure durch Oxydation (Sauerstoffaufnahme) noch denkbar, bei welcher Salpetersäure und Wasser entstehen. Diese Verwandlung, die sich durch das Experiment leicht bewerkstelligen läßt, spielt wahrscheinlich bei der Salpetersäure im Boden die Hauptrolle, so daß die meiste oder alle hier erzeugte Salpetersäure erst Ammoniak gewesen, welches dann durch Hinzutritt von Sauerstoff weiter in Salpetersäure um-gemünzt worden wäre.

Die Salpetererzeugung im Boden selbst erscheint aber als die weitaus massen-haftere, wenn auch nicht zu vergessen ist, daß die atmosphärische Fabrikation eine all-umfassende, die terrestrische dagegen nur an die Vertikalitäten gebunden ist, wo die Be-dingungen der Salpeterbildung sich zusammenfinden. Diese Bedingungen aber sind: 1) Vorhandensein faulender stickstoffhaltiger Substanzen, vorzüglich also, als die stick-stoffreichsten, thierischer und menschlicher Abgänge; 2) Gegenwart von Alkalien oder alkalischen Erden; 3) leichter Zutritt der Luft, also Porosität des salpeterbildenden Materials; 4) Feuchtigkeit, jedoch ohne einschwämmende Masse; 5) Wärme und endlich 6) als ein gutes Unterstützungsmittel Humus. Hiernach kann man schließen, daß schon jeder kultivirte oder überhaupt fruchtbare Boden eine mehr oder minder ausgiebige Salpeterlage vorstellt, denn alle eben aufgezählten Bedingungen finden sich bis zu einem gewissen Grade in ihm vereinigt. Auf Düngerstätten, in Komposthaufen, Ställen und andern ähnlichen Lokalitäten treten die Umstände allerdings günstiger zusammen, und daher geht hier auch die Fermentation und Salpeterbildung entsprechend leb-hafter von Statten. Wo es auf künstliche Gewinnung von Salpeter abgesehen ist, in den sogenannten Salpeterplantagen, besteht das Künstliche eben nur darin, daß man die geeigneten Stoffe zusammenbringt, gehörig mischt und abwartet; die Haupt-sache, die Salpeterbildung, besorgt die Natur immer selbst und ganz ebenso wie da, wo sie aus freier Hand, ohne menschliches Zuthun, arbeitet. In warmen, fruchtbaren Ländern kann sich in dem reichen, von der Natur fort und fort gedüngten Boden sogar bedeutend mehr Salpeter von selbst erzeugen und ansammeln, als in kühleren

Gegenden auf künstlichem Wege zu beschaffen ist, so daß das Produkt dort nach dem Aufhören der Regenzeiten in Ausblühungen reichlich zu Tage tritt. Die Gewinnung geschieht dann wie die des Natrons sehr einfach durch Auslaugen der salpeterreichen Erde und durch Eindampfen der Flüssigkeit.

In solchem Falle befindet sich z. B. Ungarn, Spanien und Aegypten, vor allen aber das feuchtheiße Ostindien. - Hier, namentlich in Bengalen, wo die tropische Natur mit einer Energie Naturgebilde schafft und wieder zerstört, von der der Nordländer kaum eine richtige Vorstellung gewinnen kann, ist der Boden so salpeterreich, daß die Brunnen davon salzig schmecken und schon das bloße Brunnenwasser einen kräftigen Dünger, namentlich für Körnerfrüchte, abgibt. Ostindien ist denn gegenwärtig auch die Quelle, aus welcher der Handel fast ganz Europa mit Salpeter versorgt und die noch einer viel größern Nachfrage genügen könnte. Die einheimische Erzeugung jenes Salzes hat daher gegenwärtig größtentheils aufgehört, und besteht nur noch etwa in Polen und Schweden, wo die Bauern sich seit langer Zeit mit diesem Geschäft befassen. Statt der frühern Salpeterplantagen finden wir dagegen jetzt in Europa Anstalten zum Raffiniren des indischen Rohsalpeters und zum Umbilden des chileschen Natronsalpeters in den gewöhnlichen Kalisalpeter. Zu beklagen ist diese Aenderung der Dinge eben nicht, denn die einheimische Salpetergewinnung verringerte die Düngermasse, die unsere jetzige Landwirthschaft für ihre Felder so nothwendig braucht und von welcher sie ohnehin nie genug hat.

In Frankreich war zur Zeit der Revolution die Gewinnung des Salpeters besonders beschwerend dadurch, daß die Regierung, um ihrem Bedarf an Schießpulver zu genügen, ein Zwangsrecht auf alle Salpetererde ausübte. Durch besondere Angestellte wurde auf den Gehöften die Erde der Ställe, Miststätten u. s. w. untersucht, wenn probehaltig befunden, ausgelaugt und darauf wieder an Ort und Stelle gebracht; auf diese Weise sollen jährlich gegen 4 Millionen Pfund gewonnen worden sein. Das in Polen gebräuchliche Verfahren läuft auf dieselbe gelegentliche Ausbeutung hinaus.

In den Salpeterplantagen vermengt man alkalische, Kali, Natron oder Ammoniak, auch Kalk abgebende Stoffe mit stickstoffhaltigen Substanzen. Zur erstern Klasse können dienen lockeres Erdreich, das keinen Thon, wol aber Kalk und wo möglich Kali enthalten soll, alter Hauschutt, Kreide, Mergel, Holzasche; Aescher aus Seifensiedereien u. dgl. Abgänge sind gut mit zu verwenden. Die zweite Klasse dient als Zubringer von Stickstoff, und hierher ist namentlich Mist und Stallerde, faules Blut, Nas, Sauche, Urin u. dgl. zu brauchen, überhaupt dieselben Dinge, welche der Landmann als Bereicherungsmittel seiner Düngergrube zu schätzen weiß. Da solche Abgänge nur aus großen Städten nachhaltig bezogen werden können, so finden auch die Salpeteranlagen nur in der Nähe solcher ihren geeigneten Platz. Anfänglich läßt man diese Düngstoffe, denen man auch gelegentlich Pflanzen, besonders kaltreiche, beimischt, für sich allein verrotten und kurz werden. Dies geschieht in den sogenannten Faulhaufen, welche sonach einem landwirthschaftlichen Düngerhaufen so gleich sind, wie ein Ei dem andern. Alsdann werden die kalkigen Ingredienzen beigegeben, Alles gut gemischt und in große pyramidenförmige Haufen gesetzt. Der Platz hierfür ist überdeckt, weil man die Mitwirkung des Regenwassers nicht wünschen kann, und auch seitlich ist für Abhaltung des Windes gesorgt, da der Gährungsprozeß in ruhiger, feuchter, möglichst warmer Lage am besten von Statten geht. Die Haufen werden den Sommer über — denn nur in der warmen Jahreszeit geht der Prozeß vorwärts — etwa alle 14 Tage umgerissen, neu gemengt und wieder aufgesetzt. Dabei wird die Masse stets in einem mäßig feuchten Zustande erhalten, denn so wie dieselbe trocken würde, käme die Salpeterbildung gänzlich in Stillstand. Zum Befeuchten dient Urin oder Sauche.

Nachdem der Haufen wenigstens zwei Sommer hindurch diese Behandlung erfahren, ist er durch die langsam fortschreitende Vergährung der organischen Substanzen bedeutend zusammengefallen und sein Inhalt gewinnt ein mulmiges Ansehen, das Zeichen, daß der Zustand der Reife herannahet. In den letzten Monaten wendet man dann zum Befeuchten nicht mehr Sauche, sondern reines Wasser an, weil neue Portionen organischer Substanzen nicht mehr Zeit finden würden, sich zu zersetzen, und das Salz zu sehr mit Düngerelementen verunreinigt werden müßte.

Die Reife der Salpetererde giebt sich sowol durch den salzigen Geschmack als durch die weißen Salzausblühungen an der Oberfläche der Haufen zu erkennen. Zeigt eine zur Probe angestellte Auslaugung an, daß der Kubikfuß Erde 6—8 Loth Salpeter hergießt, so wird sie als hinlänglich reichhaltig zum Versuch angesehen.

In den Manipulationen, wodurch die Salpetererde zur Reife herangebildet wird, giebt es übrigens verschiedene Abweichungen. So führt man statt der Haufen auch Wände auf von der Höhe und Stärke dicker Lehmwauern. Diese werden der Haltbarkeit und Porosität halber mit Reifig durchflochten und können einzeln mit kleinen Strohdächern versehen werden. Feucht gehalten müssen sie ebenfalls werden, aber da sie der Luft mehr Oberfläche bieten, so erläßt man sich meistens das Umarbeiten, muß sie aber dafür bis vier Jahre stehen lassen, ehe die Reife bis in's Innere gedrungen ist. Da nun die Luft ein so wesentlicher Faktor der Salpeterbereitung ist, so läßt sich denken, daß die Reife unter allen Umständen an den Außenseiten eher eintreten wird als im Innern; demnach werden sowol Wände als Haufen in den passenden Zeitpunkten geschält: man nimmt von ihrer Oberfläche ein paar Zoll tief die Masse weg und laugt sie besonders aus.

Die weitere Behandlung der auf die eine oder andere Art erlangten Salpetererde bleibt sich im Wesentlichen gleich; man laugt sie durch Filtriren mit Wasser aus, gewöhnlich in Kästen mit doppeltem Boden, deren oberster siebartig durchlöchert und mit Stroh überlegt ist. Was von dem einen Bottich abläuft, kommt auf einen zweiten, dritten u. s. f., bis die Lösung stark genug ist. Den ausgelaugten Rückstand wirft man nicht weg, sondern verwendet ihn als ein sehr gutes Material bei der Bildung neuer Haufen, läßt auch absichtlich noch etwas Salz darin, weil dadurch die künftige Salpeterbildung wesentlich befördert wird.

Die so erhaltene Lauge ist aber weit entfernt, reines salpetersaures Kali zu sein, vielmehr wird sie meistens salpetersauren Kalk in größerer Menge enthalten, außerdem salpetersaure Bittererde und salpetersaures Natron. Alle diese Stoffe werden zu Gute gemacht, indem sich alle in ihnen enthaltene Salpetersäure in leichter Weise an Kali binden läßt; dagegen figuriren einige andere, nämlich Kochsalz, salzsaure Bittererde und salzsaurer Kalk (Chlormagnesium und Chlorcalcium), als bloße Verunreinigungen; sie müssen abgeschieden werden und bilden die Abfälle.

Zur Verwandlung des salpetersauren Kalkes und anderer salpetersaurer Salze ist nur erforderlich, daß man der Lauge Potaschenlösung (kohlensaures Kali) zusetzt, so lange dadurch ein Niederschlag erzeugt wird. Durch chemischen Austausch der Stoffe entsteht nämlich aus kohlensaurem Kali und salpetersaurem Kalk salpetersaures Kali und kohlensaurer Kalk, der als weißer unlöslicher Absatz sich ausscheidet; ganz das Gleiche geschieht mit dem Magnesiumsalz, nur daß hier kohlensaure Magnesia, ein gleichfalls unlösliches Pulver, gebildet wird. Der Natronsalpeter endlich, dessen Quantität gering ist, verwandelt sich mit dem kohlensauren Kali ebenfalls in Kalisalpeter und kohlensaures Natron. Diese Behandlung der Lauge heißt das Brechen und geschieht in großen Gefäßen, den sogenannten Erdfallobottichen. In Indien und vielleicht auch anderwärts, wo Holzasche noch keine Seltenheit geworden ist, vereinigt man das Aus-



laugen und Brechen zweckmäßig dadurch, daß man der auszuziehenden Erde vor dem Filtriren die gehörige Quantität Asche beimischt. Die in der Asche enthaltene Potasche löst sich auf und die chemische Wechselwirkung geht somit gleich auf dem Filtrirbottich vor sich.

Die durch das Auslaugen, Brechen und Klären gewonnene Flüssigkeit bildet die Rohlauge; sie muß, um für siedewürdig zu gelten, an der Sentwage einen Gehalt von mindestens 10—14 Prozent Salpeter anzeigen. Sie wird dann in einem eisernen Kessel über Feuer eingedampft. Das Eindampfen hat aber nicht bloß die Gewinnung des Salzes in Krystallen, sondern auch eine weitere Reinigung, namentlich von Kochsalz (Chlornatrium) und von Chlorkalium, zur Folge. Das Kochsalz und in etwas weniger scharf ausgesprochenem Grade das Chlorkalium, besitzen nämlich die Eigenheit, daß siedendes Wasser von ihnen nicht mehr aufzunehmen vermag als kaltes; der Salpeter dagegen, der von eiskaltem Wasser  $7\frac{1}{2}$ mal sein eigenes Gewicht Wasser braucht, um sich aufzulösen, braucht dazu vom siedenden Wasser nur  $\frac{2}{5}$ , oder mit andern Worten: Salpeter ist im heißen Wasser 18mal löslicher als im kalten. Beim Erkalten einer gerade gesättigten heißen Lösung von Salpeter und Kochsalz wird sich also wol der größte Theil des ersteren Salzes, aber nur ein sehr geringer des letzteren ausscheiden, und man hat es durch Wiederholung dieser Operation in seiner Hand, die Reinigung beliebig weit zu treiben. Gewöhnlich aber beschränkt man sich an den Erzeugungsorten auf die Darstellung des Rohsalpeters, und überläßt die unumgänglich nöthige weitere Reinigung besondern Anstalten. Die in den Krystallisirbottichen (Wachsbottichen) übrigbleibende Mutterlauge ist noch keineswegs erschöpft. Man giebt sie zu neuer Rohlauge in den Siedkessel und wiederholt dies, bis die Menge der Chlorsalze in den Mutterlaugen zu groß wird, wo man sie dann noch für sich eindampfen und besonders verwerthen kann. Zu geringhaltige Abgänge sind dann immer noch gut, um die Salpetererdhaufen damit anzufeuchten.

Zum Zweck der Pulverfabrikation muß die Reinigung, das Raffiniren, auf's Außerste getrieben werden, da schon ein ganz geringer Rest von Kochsalz oder Chlorkalium ein Feuchtigkeit anziehendes Pulver geben würde. Deshalb verlassen sich die Pulverfabriken selten nur auf eine fremde Raffiniranstalt, sondern besorgen diese Bearbeitung selbst, so daß das Salpeteraffiniren fast als ein integrierender Theil der Pulverfabrikation anzusehen ist. Der Pulvermacher erklärt einen Salpeter erst dann für gut, wenn seine Auflösung beim Zutropfeln salpetersaurer Silberlösung völlig klar bleibt. Der geringste Gehalt an einem Chlorsalz würde sich hierbei durch eine weiße Trübung (Bildung von Chlor Silber) verrathen.

Beim Raffiniren benutzt man wieder die verschiedenen Lösungsverhältnisse des Salpeters und der Chlorsalze. Die vom Kochsalz fast völlig befreite Lösung wird auf's Neue unter Zusatz von Leim gesotten, wobei ein reichlicher, fleißig abzunehmender Schaum entsteht. Durch den Leim wird die Lauge entfärbt und von den braunen organischen Stoffen befreit. Nachdem die Flüssigkeit einige Zeit in einer Wärme von etwa  $90^{\circ}$  der Ruhe und Klärung überlassen gewesen, wobei sich noch etwas Kochsalz absetzt, wird sie vorsichtig in die Krystallisationsgefäße gegeben. Hier erwartet man natürlich kein Ausscheiden von Kochsalz, sondern nur Salpeterkrystalle, und fügt daher der heißen Lauge eine angemessene Portion kaltes Wasser bei. Dieser einfache Kunstgriff giebt der Lauge gerade einen solchen Grad von Verdünnung, daß das darin noch befindliche Kochsalz in Auflösung bleiben kann und sich nur Salpeter und zwar als Mehl, weil man die Lauge fortwährend umrührt, absetzt, in dem Maße, wie die Lauge verköhlt, was mehrere Stunden lang andauert. Giebt die Mutterlauge keine Krystalle mehr her, so kommt sie zurück in die Rohlauge, das ausgefrückte Mehl aber

läßt man abtropfen und giebt es dann in die Waschkästen. Diese sind große, nach dem Boden hin enger werdende Kästen (Fig. 175) mit Böchern dicht über dem Boden, die mit Korken verstopft sind. Man schlägt die Kästen gehäuft voll Salpetermehl, gießt mit einer Brause gefättigte Salpeterlösung auf und läßt sie ein paar Stunden mit der Masse in Berührung, worauf man die Pfropfen zieht und das Flüssige ablaufen läßt. Die gefättigte Salpeterlösung kann keinen Salpeter mitnehmen, verdrängt aber die Mutterlauge, welche das Kochsalz enthält. Diese Waschungen werden nach Bedarf mehr oder weniger oft wiederholt, bei der letzten aber nimmt man nicht mehr Salpeterlösung, sondern ein wenig reines Wasser.

Nachdem das Salpetermehl mehrere Tage zum Abtropfen in den Waschkästen gestanden, giebt man ihm die Form, in der es in den Handel kommen soll: man trocknet es entweder auf beheizten Metallplatten unter beständigem Umrühren, damit es sich nicht klümpert, und erhält es so als sandiges Pulver; oder man läßt es bei möglichst geringer Hitze schmelzen und gießt es zu Broden aus, in welcher Form der Salpeter am transportabelsten, aber nicht zu allen Zwecken gut verwendbar ist. Als Ladenartikel findet sich der Salpeter bekanntlich meistens in Form großer Krystalle. Diese erhält man, indem man das Salpetermehl in heißem Wasser löst und die Krystalle aus der erkaltenden Lösung ungestört anschießen läßt.

In Betreff der chemischen Konstitution des Kalisalpeters sei bemerkt, daß derselbe in 100 Gewichtstheilen aus  $46\frac{3}{5}\%$  Kali und  $53\frac{2}{5}\%$  Salpetersäure besteht und ohne alles Krystallwasser ist; denn die Feuchtigkeit, welche der krystallisirte Salpeter an sich hat, ist nur ein mechanisches Anhängsel, welches beim Krystallisiren zwischen den röhrenförmigen Krystallformen des Salzes eingesperret wurde.

**Natronsalpeter.** Eine ebenso merkwürdige als räthselhafte Erscheinung bieten einige Gegenden der neuen Welt: dort hat die Natur in gewissen Distrikten, wo zur Zeit alle Bedingungen der Salpeterbildung zu fehlen scheinen, ungeheure Vorräthe von Natronsalpeter (salpetersaures Natron) aufgespeichert. Der schmale Strich Landes an der Westseite von Südamerika, den die Staaten Peru und Chile einnehmen, und der westlich von der See, östlich von dem Andengebirge begrenzt wird, bildet in dem südlichsten Theile von Peru und der Provinz Taragala eine 3000 Fuß hohe Hochebene mit steil abfallender, sandiger Küste. Dieses Hochplateau ist eine vollständige, sonnenverbrannte Wüste, denn es fällt hier niemals Regen, der einen Pflanzenwuchs ernähren könnte. Aber der Boden bietet andere Reichthümer: auf eine Erstreckung von wenigstens 80 englischen Meilen findet sich der Salpeter (Chilisalpeter) in verschiedenen Dertlichkeiten angehäuft und in sehr verschiedener Weise des Vorkommens. Bald tritt er an der Oberfläche als Ausblühungen zu Tage, die wie schmutziger Schnee aussehen, bald liegt er in Vertiefungen, die ausgetrockneten Teichen ähnlich sind und ein 2—3 Zoll starkes Salzager haben. In Höhlen und Klüften kommt der Salpeter in festen Massen vor und wird wie in einem Steinbruche durch Sprengen und Loshauen gewonnen; anderswo liegen die Krystalle einzeln bei einander und bilden wenige Fuß unter der Oberfläche weithin verlaufende Schichten, die wie Kies aufgegraben werden. Der salzreichste Strich ist die Ebene von Tamarugal, und die Menge des sich hier vorfindlichen Salzes ist eine so ungeheure, daß ganz Europa auf lange Jahre hinaus seinen Bedarf von da beziehen kann, und dazu finden sich noch in der angrenzenden

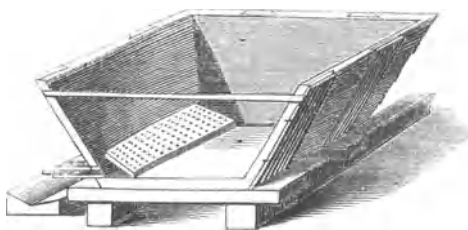


Fig. 178. Waschkasten zur Salpeterbereitung.

Wüste Atafama, welche zu Bolivien gehört, ebenfalls Salpeterlager, vielleicht in nicht geringerer Menge. Hin und wieder liegen statt Salpeterlager solche von Kochsalz, und Kochsalz ist auch derjenige Stoff, welcher die hauptsächlichste Verunreinigung des Chilisalpeters bildet. Als andere gelegentliche Beigaben finden sich Eisen und Zod, Glaubersalz, Soda, salzsaurer und borsaurer Kalk u. s. w. Hiernach ist denn auch der Salpetergehalt der gegrabenen Rohmasse ein sehr verschiedener und variiert von 20—85 Prozent.

Welchen Umständen das Vorkommen jener Salzreichtthümer in so beschaffenen Gegenden zuzuschreiben sei, darüber läßt sich nicht einmal eine plausible Vermuthung aufstellen. Genug, sie liegen da und unter demselben Himmelsstrich und in nicht gar weiter Entfernung davon liegen die Guanoinfeln, zwei natürliche Schatzkammern, welche für die Nahrungs-, Industrie- und Handelsverhältnisse des so entlegenen Europa eine zwar erst in dem letzten Menschenalter, aber dafür sehr weitgehende Bedeutung erlangt haben, während man schon seit mehr als 100, ja, was die Guanoinfeln betrifft, über 200 Jahre um ihre Existenz wußte.

Erst von 1820 ab wurden einige Schiffsladungen Chilisalpeter versuchsweise nach England gebracht, ohne Abnehmer finden zu können, so daß man sie, um nicht noch den Zoll bezahlen zu müssen, in's Meer warf. In Nordamerika blieben die ersten Versuche ganz eben so erfolglos. Bald jedoch lernte man den Werth der Waare besser würdigen, und es nahm mit Anfang der dreißiger Jahre ein regelmäßiger Handel seinen Anfang, der seitdem von Jahr zu Jahr gestiegen ist, so daß allein England im Jahre 1859 schon 800,000 Centner konsumirte.

Die Gewinnung dieser Waare an Ort und Stelle ist übrigens von der Natur nicht ganz so mundrecht gemacht. Die Salpeterfundorte liegen zwar nur wenige Meilen (10—15 engl. M.) vom Küstenrande einwärts, aber die steile, sandige und klüftige, oben noch überdies mit einem Bergzuge gekrönte Küste ist so unpraktikabel, daß sich wenigstens nach südamerikanischen Ansichten keine Chaussees anlegen lassen; der Salpeter wird daher auf gewundenen Saumpfadern von Maulthieren in Säcken herabgebracht, und zwar gehen die Züge entweder nach dem Hafenorte Iquique in Peru oder Concepcion in Chile; nach jedem dieser beiden einzigen Verschiffungspunkte von den Gewinnungsorten aus sind aber drei Tagereisen erforderlich.

Auf diesen beiden Linien liegen zwei Siedereianlagen, wo die Rohmasse mit siedendem Wasser ausgezogen und die Lauge durch Verdampfen krystallisirt wird. Hier findet sich nicht einmal ausreichend das dazu nöthige Wasser; das Trinkwasser muß zu Schiffe aus andern Gegenden hergebracht werden und die zum Raffiniren gebrauchten Steinkohlen kommen von England und gehen vom Hafen aus ebenfalls auf Maulthierfüßen nach den Salinen. Unter solchen Verhältnissen ist es erklärlich, daß der Transport der Waare von den Fundorten bis zum Hafen ganz eben so viel kostet, wie die Verschiffung von da um die Südspitze Amerika's herum nach Europa. Dennoch ist das Salz noch um Vieles wohlfeiler als der Kalisalpeter, so daß auch die Landwirthschaft ihre Rechnung dabei fand, dasselbe als Dünger zu verwenden. Für chemische Fabriken bildet der Natronsalpeter (den man auch kubischen oder Würfelsalpeter nennt, obgleich er in Rhomboëdern krystallisirt) einen sehr werthvollen Stoff, namentlich zur Fabrication der Salpetersäure und zum Gebrauch bei der Schwefelsäurebereitung, zu beiden Zwecken natürlich erst dann, wenn er von Chlorfalzen gut gereinigt ist. Zur Salpetersäure eignet er sich sogar vortheilhafter als der Kalisalpeter, denn 85 Gewichtstheile Natronsalpeter enthalten eben so viel Säure wie 101 Theile Kalisalpeter. Zur Pulverfabrication dagegen ist das Salz ungeeignet, weil es, wenn auch von Kochsalz und andern fremden Stoffen gereinigt, an der Luft feucht wird. Das daraus bereitete

Pulver brennt zu langsam ab und so hat das Salz nach dieser Seite hin nur für die Feuerwerkerei einige Bedeutung, wenn es sich um langsam verbrennende Säze oder um einen speziellen Farbeffekt handelt. Der Natronsalpeter färbt nämlich die Flamme pomeranzengelb.

**Verwandlung des Natronsalpeters in Kalisalpeter.** Durch chemischen Austausch läßt sich der Natronsalpeter direkt in Kalisalpeter umarbeiten und es wird diese Verwandlung in Raffinerien auch ausgeübt. Nur bewegt sich dieser Geschäftszweig bezüglich der Rentabilität in ziemlich engen Grenzen, die von den temporären Handelspreisen sehr beeinflusst werden. Man löst in abgemessenen Mengen einerseits Natronsalpeter, andererseits gereinigte Potasche in möglichst wenig heißem Wasser und mischt die Lösungen zusammen. Die stärkere Salpetersäure geht an die stärkere Basis, das Kali und die Kohlenäure treten dafür an das Natron. Das salpetersaure Kali



Fig. 179. Salpetertransport in Chile.

muß von dem kohlen-sauren Natron durch einen zweckmäßig geleiteten Abdampfungs- und Krystallisationsprozeß getrennt werden. Aus 100 Gewichtstheilen reinen Natronsalpeters und 81 Theilen reiner Potasche entstehen so  $118\frac{1}{2}$  Theile Kalisalpeter und  $62\frac{1}{2}$  Theile Soda. Die Verwandlung von Potasche in Soda schließt keine Preissteigerung, sondern das Gegentheil ein, und so muß denn der höhere Werth des Kalisalpeters Spesen und Gewinn allein decken. Statt der Potasche kann unter Umständen mit Vortheil Chlorkalium angewendet werden, welches bei verschiedenen Gelegenheiten als Nebenprodukt gewonnen wird, außerdem auch in der Natur in ziemlicher Verbreitung vorkommt. Es bildet sich dann natürlich aus diesem neben dem Kalisalpeter keine Soda, sondern Kochsalz.

**Salpetersäure.** Luft und Erde sind, wie wir gesehen haben, die Eltern des Salpeters; die Erde liefert das Beharrliche, Nichtflüchtige, die Basis; die Luft das Flüchtige, Geistige, die Säure, und zwar eine Säure von solcher Energie, wie man sie in dem schwach salzig und kühlend schmeckenden Salpeter nicht verborgen glauben sollte. Die Trennung der Säure von der Basis ist auf verschiedenen Wegen möglich, nur

nicht in der Art, wie man z. B. die Schwefelsäure vom Eisenvitriol abtreibt, durch trockene Destillation; in diesem Falle nämlich gehen die Bestandtheile der Säure, Sauerstoffgas und Stickstoffgas, einzeln fort, die Säure zerfällt sich. Schon bei mäßiger Erhitzung giebt der Salpeter unter Aufschäumen einen Theil seines Sauerstoffes ab und wird damit zu salpetrigsaurem Salz; bei weiter getriebener Erhitzung folgt auch der übrige Sauerstoff in Begleitung des Stickstoffes, und äzendes Alkali bleibt übrig. Die Säure läßt sich aber unzerlegt abscheiden, wenn dem Alkali zum Ersatz eine andere, stärkere Säure dargeboten wird, mit dem es ein neues Salz bilden kann. Hierzu passende Mittel und Wege mag die alte empirische Chemie frühzeitig gefunden haben, denn schon die arabischen Chemiker kannten die Salpetersäure, wie ihre Schriften beweisen; ja, es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie sogar den alten Aegyptern bekannt war, wenigstens hat man auf Mumiengewändern schwarze Zeichnungen gefunden, die mit einer Silbertinte gemacht sind, so daß die Annahme einer Bekanntschaft mit Höllestein (salpetersaures Silberoxyd) und folglich mit Salpetersäure erlaubt scheint. In den alten alchemistischen Schriften tritt die Salpetersäure unter mehrererlei Namen auf, von denen aqua fortis noch heute verständlich ist; auch die Benennung „Scheidewasser“ schreibt sich aus dem Mittelalter her.

Die Darstellung der Salpetersäure ist sonach eine ganz einfache Operation und kommt in ihrer heutigen Form vielen andern Abtreibungsarbeiten, namentlich der Entwicklung von Salzsäure aus Kochsalz, so gleich, daß dieselben Apparate zur Erzeugung jowol von Salz- als von Salpetersäure dienen können.

Die frühere Methode zum Abtreiben der Salpetersäure, welches wol auch die im Alterthum geübte sein mag, bestand darin, daß man ein Gemisch von Salpeter und Eisenvitriol in Retorten glühte und die sauren Dämpfe in gekühlten Vorlagen auffing. Im Rückstande verblieb ein Gemenge von Eisenrost und schwefelsaurem Kali. Im Grunde thut unsere heutige Fabrikation dasselbe, nur in anderer Form. Wir zersetzen den Salpeter durch Schwefelsäure und gewinnen so die Salpetersäure bei viel geringerer Hitze. Der Unterschied ist nur der, daß wir jetzt zur Salpetersäure zwei Fabriken brauchen, während unsere Vorgänger beide in einem Topfe vereinigten. Denn durch Glühen von Eisenvitriol wird ebenfalls Schwefelsäure (Vitriolöl) erhalten; ist zugleich Salpeter vorhanden, so dampft die Säure nicht fort, sondern wirft sich gleich im Moment des Freiwerdens auf dieses Salz, verbindet sich mit dessen Basis und macht die Salpetersäure frei.

Im Kleinen bedient man sich, wenn man Salpeter mit Schwefelsäure behandelt, zum Abtreiben gläserner, in einem Sandbade liegender Retorten und fängt die übergehende Säure in kalt gehaltenen Vorlagen auf. Auch in Fabriken war und ist zum Theil jetzt noch dies Verfahren gebräuchlich, nur daß man hier die Zahl der Retorten und ihre Größe möglichst steigert, so daß eine bis 50 Pfund Salpeter auf einmal fassen kann. Um eine größere Anzahl Retorten mit einem Feuer beheizen zu können, dient ein Galeerenofen, in welchem zu beiden Seiten eine Reihe tiefer gußeiserner Kessel eingemauert ist, in deren Hohlraum die Retortenkörper nebst einer umgebenden Sandschicht Platz haben. Die an die Retortenhälse ange kitteten Vorlagen werden zur Abkühlung beständig mit Wasser überrieselt, das in kleinen Rinnen auf jede einzelne hingeleitet wird. Daß hierbei ein oder der andere Glaskörper springt, ist freilich nicht ganz abzustellen. In neuerer Zeit wendet man daher mehr thönerne und gußeiserne Apparate in Retorten oder Cylindrerform an, wie einen der letzteren unsere Abbildung auf Seite 333 (Fig. 177) unter A zeigt. Das Eisen wird von den Säuren weit weniger angegriffen, als man denken sollte, wenigstens so weit der Inhalt die Gefäßwände berührt; oben aber, so weit nur Dämpfe die Innenwand treffen, die

viel stärker an dem Eisen freissen würden, ist dasselbe durch eine thönerne Ausfütterung geschützt. Die Vorlagen sind zwei oder drei gläserne oder steinerne, mit Verbindungsrohren versehene Bauchflaschen D F, die im kalten Wasser stehen. Die salpetersaurer Dämpfe verflüssigen sich hier, ohne daß man Wasser in die Vorlagen selbst zu geben braucht. Das Wasser, welches zum Bestehen der Salpetersäure gehört, kommt schon als Dampf mit aus dem Entwicklungsapparate. Die Verbindungsrohre E gehen nur von Hals zu Hals und tauchen niemals in die Säure der Flaschen, um keinen hemmenden Druck zu erzeugen. Zuweilen läßt man das Kühlwasser um die Flaschen weg und stellt dafür eine längere Reihe derselben auf, verläßt sich also auf die bloße Luftkühlung. Wenn die entfernteste Flasche während des Betriebes stets vollkommen kalt bleibt, so ist für die Kühlung hinreichend gesorgt. Was aus dem letzten Gefäß unverdichtet entweicht, läßt man durch einen Schlot in's Freie ziehen. Je nachdem man starke und rauchende oder verdünnte Säure haben will, wendet man konzentrierte oder verdünnte Schwefelsäure an; von den beiden Salpetersalzen aber wird man im Fabrikbetrieb des bessern Rechnungs-Ergebnisses halber wol stets den Natronsalpeter wählen, während im Kleinen, wo der Geldpunkt nicht so entscheidend ist, der Kalisalpeter seine Vorzüge hat, weil dieses Salz sich weit leichter als der Natronsalpeter durch Umfraktionieren reinigen läßt, daher sogleich chemisch reine Säure aus ihm erhalten werden kann. Der chemischen Rechnung gemäß würden 1 Gewichtstheil konzentrierte englische Schwefelsäure und 2 Gewichtstheile Salpeter gerade in schwefelsaures Kali und Salpetersäure aufgehen.

Zu hohe Temperatur und der Mangel an dem Wasser, das zum Bestehen der Salpetersäure nöthig ist, bewirkt ein Zerfallen der Salpetersäure in Sauerstoff und die bekannten braunen Dämpfe, die salpetrige Säure. Läßt man diese Dämpfe in das zuerst übergehende Destillat von reiner

Salpetersäure treten, so lösen sie sich darin und man erhält eine dunkelgelbe Flüssigkeit, die rauchende Salpetersäure, welche an der Luft stark, stickend riechende braune Dämpfe ausstößt. Dieses Gemisch von salpetriger und Salpetersäure besitzt eine noch stärker oxydierende und lösende Eigenschaft als die reine Säure und wird, weil es zu gewissen Zwecken sehr dienlich ist, absichtlich dargestellt.

Die Größe der Apparate und mit ihr die Menge des auf einmal in Arbeit genommenen Salpeters, demzufolge auch die Zeitdauer einer Operation, variiren sehr. Gewöhnliche Cylinderapparate fassen etwa 250 Pfund Salpeter auf einmal; manche Fabriken haben aber die Dimensionen so gesteigert, daß eine Beschickung von 1500 Pfund gegeben werden kann. Ist das Salz in den Apparat gebracht, so werden die Thüren des Cylinders geschlossen und sammt den Rohrverbindungen gehörig verkittet, die Schwefelsäure wird durch einen bleiernen Trichter eingelassen und angefangen zu heizen. Zuerst entsteht einige Unruhe, bei Natronsalpeter sogar ein starker Aufruhr im Cylinder, bis endlich Alles in ruhigen Fluß kommt. In dem Maße, wie die dampfförmige Salpetersäure daraus entweicht, wird die Masse dickflüssiger, bis die Zersetzung vollendet ist. Dieser Zeitpunkt ist eingetreten, wenn man in den Ballons nichts mehr tropfen hört. Man stellt dann das Feuer ab, läßt den Apparat 24 Stunden lang auskühlen und öffnet ihn, um einerseits den festgewordenen Salzkrusten aus

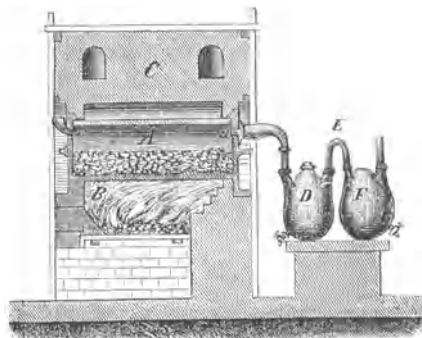


Fig. 180  
Apparat für die Darstellung der Salpetersäure.

dem Cylinder herauszuschlagen, andererseits die Säure von den Ballons zu ziehen. Wenigstens die ersten beiden Ballons geben Säure von gehöriger Stärke, während der Gehalt in den folgenden immer mehr abnimmt. Diese letzteren verdünnten Portionen macht man aber ebenfalls zu Gute, denn man giebt sie das nächste Mal gleich anfangs in die ersten, dem Cylinder am nächsten stehenden Ballons, wo sie sich zu stärkerer Säure sättigen.

Für den großen technischen Konsum ist die Säure, wie sie die Fabriken liefern, rein genug, während sie für pharmaceutische und manche technische und chemische Zwecke noch rektifizirt werden muß. Salzsäure und Chlor, von dem hartnäckigen Begleiter des Salpeters, dem Kochsalz, herrührend, fehlen nie ganz. Durch Zutropfen von salpetersaurer Silberlösung läßt sich alles Chlor entfernen, indem es mit dem Silber als unlösliches Chlorsilber ausgefällt wird. Neuerdings benutzt man aber lieber die größere Flüchtigkeit der beiden Gasarten zu ihrer Abtrennung; destillirt man die Säure behutsam aus Glasretorten, so geht schon mit den ersten Partien das meiste Chlor fort und wenn das im weitem Verlaufe Uebergehende mit der Silberprobe kein Chlor mehr anzeigt, so kann der noch in der Retorte befindliche Rest für rein angesehen werden.

Man war lange Zeit der Ansicht, daß die Salpetersäure nur bestehen könne mit einem gewissen Wassergehalt, weil alle Versuche, ihr diesen zu entziehen, damit endeten, daß die Säure selbst in ihre Bestandtheile zerfiel. Neuerlich jedoch ist es gelungen, wasserfreies salpetersaures Silberoxyd durch trocknes Chlorgas so zu zerlegen, daß sich Chlorsilber, Sauerstoff und wasserfreie Salpetersäure bilden; letztere destillirt durch ein in Eis liegendes Glasrohr, wo sie selbst zu eisartigen Krystallen erstarrt. Das Rohr muß aber alsbald an beiden Enden zugeschmolzen werden, und man kann nun die seltenen Krystalle vorzeigen, vorausgesetzt, daß das Rohr immer hübsch kalt gehalten wird, denn in gewöhnlicher Zimmertemperatur schmilzt die Masse, und dann dauert es auch nicht lange, daß sie in ihre gasigen Bestandtheile zerfällt und mit großer Gewalt ihr gläsernes Gefäß zertrümmert. Die wasserfreie Salpetersäure hat aber, gleich der wasserfreien Schwefelsäure, nur ein theoretisches Interesse. Auch in gewässertem Zustande beruht ein großer Theil ihrer Wirkungen auf ihrer leichten Zersetzbarkeit, wobei unter Abgabe von Sauerstoff die Säure auf eine der tieferen Oxydationsstufen herabgeht. Die wasserfreie Salpetersäure enthält auf 1 Atom Sauerstoff 5 Atome Stickstoff ( $\text{NO}^5$ ), die salpetrige Säure auf 1 Atom Stickstoff 3 Atome Sauerstoff ( $\text{NO}^3$ ), mit noch weniger Sauerstoff giebt der Stickstoff das Stickstoffoxyd und Stickstoffoxydulgas. In diese Produkte geht nun auch die Salpetersäure über, wenn ihr Sauerstoff entzogen wird, und zwar sehr gern, so daß sie, obwol eine sehr kräftige, doch keine sehr konstante Säure genannt werden kann.

Durch das Bestreben, Sauerstoff abzugeben, wird die Salpetersäure zu einem der kräftigsten Oxydationsmittel, sowol metallischen als nichtmetallischen Stoffen gegenüber. Eisen, Zink, Kupfer u. s. w. werden von der Salpetersäure energisch aufgelöst, indem erst ein Theil sich zersetzt und der freigewordene Sauerstoff das Metall oxydirt, worauf das Oxyd in der übrigen Säure sich leicht auflöst.

Die mancherlei technischen Anwendungen der Salpetersäure auf Metalle, zum Auflösen, Aetzen, Brüniren u. s. w., sind schon allgemeiner bekannt; aber ihre Zahl erscheint unbedeutend gegenüber der großen Zahl von Fällen, wo die technische und die experimentirende Chemie sich der Salpetersäure zur Erzielung höchst mannichfacher, oft sehr merkwürdiger Wirkungen und Umwandlungen an organischen Körpern bedient. Diese Fälle sind eben so schwer vollständig aufzuzählen als in Klassen zu bringen. In den meisten ist die Wirkung eine oxydirende, es wird Sauerstoff abgegeben und sal-

petrige Säure entweicht; in andern Fällen geht auch Stickstoff in das neue Erzeugniß ein. Die Oxydation kann unter Umständen ein sehr heftiger Vorgang werden, so daß z. B. Terpentindöl, mit starker Salpetersäure übergossen, sich sofort mit lebhafter Flamme entzündet. Viele organische Körper, wie die lebendige Haut, Federn, Kork, Holz, färben sich mit Salpetersäure gelb, in Folge der Bildung von Pikrinsäure; Indigo wird fast ganz in diesen gelben Farbstoff verwandelt, aber die Erzeugung desselben aus dem theuern Indigo gehört jetzt nur noch unter die theoretischen Experimente, seitdem man im Steinkohlentheer einen so viel wohlfeileren Rohstoff dafür gefunden hat. Man braucht nur den Theer mit Salpetersäure zu mischen und nach der ersten heftigen Reaktion die weitere Zersetzung durch Kochen zu unterstützen, um, wenn auch nicht das Ganze in Pikrinsäure verwandelt zu haben, doch eine ganz acceptable Menge aus der Masse herauskrySTALLISIREN zu sehen. Von den zahlreichen organischen Körpern, die nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, dürfte es wenige geben, die nicht durch Salpetersäure schon in der Kälte oder doch in der Hitze durch Oxydation eine solche Umänderung erfahren, daß sie in ganz andere Stoffe umgewandelt werden, was natürlich stets mit Zersetzung der Salpetersäure unter Entweichen rother salpetriger Säure verbunden ist. Bei der Schwefelsäurefabrikation giebt es eine Methode, wo Sägespäne oder Stärke durch Salpetersäure zersetzt und auf diese Weise die salpetrigen Dämpfe zur Speisung der Bleikammern gewonnen werden. Hier erscheint gerade das, was sonst Nebensache ist, die Entwicklung der salpetrigen Säure, zur Hauptsache gemacht; aber der Zersetzungsrückstand der organischen Substanzen verdient ebenfalls Beachtung; er hat sich größtentheils in Keesäure verwandelt. Kocht man Zucker mit Salpetersäure, bis letztere ganz verschwunden ist, so erhält man zwei neue Säuren, Keesäure und Zuckersäure u. s. w. Bei allen diesen Reaktionen handelt es sich um das Zerfallen der Salpetersäure; sie muß wenigstens zum Theil ihre eigene Existenz daran geben, um Neues zu schaffen; sie wirkt daher einmal und nicht wieder. Es giebt aber noch eine andere, sehr interessante und erst neuerdings mehr in's Licht gesetzte Klasse von Fällen, wo eine Zersetzung der Salpetersäure nicht eintritt, sondern eine, wie es scheint, direkte Vereinigung der Säure-Elemente mit einem andern Stoffe zu einem neuen, besonders geeigenschafteten Produkte erfolgt. Man bezeichnet solche Erzeugnisse im Allgemeinen mit dem Namen Nitrokörper, und der Chemiker kennt deren eine ganze Reihe. Der populärste Nitrokörper ist jedenfalls die Schießbaumwolle, welche am besten die Wirkung starker Salpetersäure auf Holzzellstoff illustriert. Durch bloßes kurzes Einweichen in starke Säure verwandelt sich die Baumwolle, ohne daß ihr Aeußeres sich merklich verändert hätte, in den bekannten Konkurrenten des Schießpulvers. Nur ihr Gewicht zeigt, daß etwas Besonderes mit ihr vorgegangen, denn sie ist um  $\frac{2}{3}$  schwerer geworden. In gleicher Behandlung entsteht aus Mannazucker Nitromannit, auch Knallmannit genannt, ein krySTALLISIRTER Körper, der durch Stoß explodirt und das Knallquecksilber zu verdrängen geeignet scheint u. s. w.; Substanzen, deren nähere Bekanntschaft wir in einem der folgenden Kapitel machen werden.

Das Königswasser ist eine eigenthümliche Mischung von Salpetersäure und Salzsäure (für viele Fälle genügt auch das billigere Gemisch von salpetersaurem Natron und Salzsäure), welches als auflösendes und oxydirendes Mittel da noch von großer Wirkung ist, wo jeder seiner beiden Säurebestandtheile für sich zu schwach sein würde. Gold z. B. eben so wie Platin ist weder in Salzsäure noch in Salpetersäure allein löslich; beide Säuren in Vereinigung jedoch vermögen die Auflösung des Königs der Metalle zu bewirken, und deshalb hat das Gemenge auch den Namen Königswasser erhalten. In Wirklichkeit spielt auch hier die Salpetersäure die Rolle eines oxydiren-



den Körpers: das Gold ist nur in dem Chlor der Salzsäure löslich; in dem Königswasser besteht aber ein fortwährender Prozeß von Trennung und Verbindung; Sauerstoff verläßt allmählig die Salpetersäure, entreißt der Salzsäure die entsprechende Menge Wasserstoff und bildet Wasser, während das freier werdende Chlor sich alsbald mit dem Gold zu flüssigem Chlorgold verbindet. Ist also die eine der beiden Säuren in der Flüssigkeit erschöpft, so hört die Wirkung des Königswassers auf.

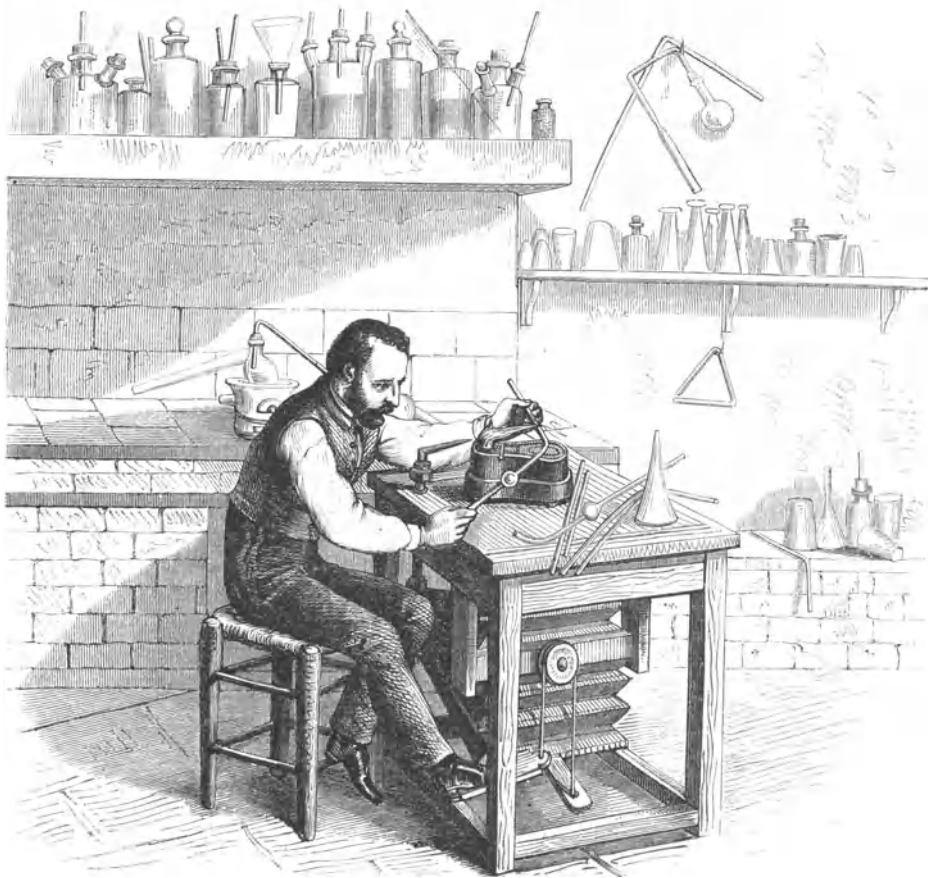
**Salzsäure und Chlor.** Diese beiden Körper sind uns im Verlaufe unserer Betrachtungen so oft schon begegnet, daß es wol geeignet sein dürfte, uns an dieser Stelle einige Augenblicke noch mit ihnen zu beschäftigen. In der Natur treffen wir die Salzsäure nirgends fertig gebildet vor; trotzdem daß wir sie aus dem Kochsalz ganz auf dieselbe Weise abzuscheiden vermögen, wie die Salpetersäure aus dem Salpeter, nämlich durch Destilliren mit Schwefelsäure, ist sie im Kochsalze doch nicht in entsprechender Weise wie die Schwefelsäure im schwefelsauren Kali fertig gebildet enthalten und ebensowenig in den Mineralien, wie Hornblei, Hornsilber u. s. w., welche dem Kochsalze analoge Metallverbindungen darstellen.

Alle diese Verbindungen sind, wie wir schon früher erwähnten, nicht eigentliche Salze, das heißt Verbindungen von Basen und Säuren, vielmehr ist in ihnen nur je ein Element einfach mit einem andern verbunden, es sind chemische Verbindungen erster Ordnung wie die Oxide; ihrer salzähnlichen Natur wegen heißen sie Haloidsalze.

Derjenige Körper nun, der im Kochsalz mit Natrium, im Hornsilber mit Silber, im Hornblei mit Blei vergesellschaftet ist, ist das Chlor, ein gasförmiges Element von grünlichgelber Farbe und einem erstickenden Geruch und Geschmack. Ihm ähnlich nicht nur im chemischen Verhalten, sondern auch in vielen äußerlichen Eigenschaften, sind eine Anzahl anderer Körper: Iod, Fluor und Brom, die mit dem Chlor zusammen die Klasse der Haloide bilden, und auf welche wir bei der Photographie noch zu sprechen kommen.

Das Chlor verbindet sich mit dem Sauerstoff in verschiedenen Verhältnissen zu Säuren; die Verwandtschaft der beiden sich sehr ähnelnden Körper ist jedoch nur eine geringe und die Chlorsauerstoffverbindungen zerfallen daher leicht wieder in ihre Bestandtheile, wodurch sie zu noch kräftigeren Oxydationsmitteln, als selbst die Salpetersäure eins ist, werden. Bei den Feuerzeugen kommen wir auf eine derselben, die Chlorsäure, noch zu sprechen. — Von größerer Beständigkeit ist die Wasserstoffverbindung des Chlors, welche ebenfalls die Natur einer Säure hat und deswegen Chlorwasserstoffsäure heißt. Dies ist unsere gewöhnliche Salzsäure.

Ihre Darstellung aus dem Kochsalz gelingt mit wasserfreier Schwefelsäure nicht; weil weder in dieser noch in dem Chlornatrium der nöthige Wasserstoff enthalten ist, der sich mit dem vom Natrium sich freimachenden Chlor vereinigen könnte. Bei Gegenwart von Wasser dagegen wird allemal mit einem Atom Chlornatrium ein Atom Wasser zerlegt; der Sauerstoff desselben geht an das Natrium, wodurch dasselbe zu Natron wird, das mit der Schwefelsäure schwefelsaures Natron giebt; der Wasserstoff verbindet sich mit dem Chlor zu der gasförmigen Säure, welche in Wasser aufgefangen wird und in der Mehrzahl der Fälle auch nur in solch wasserhaltigem Zustande zur Wirkung gelangt.



Glasbläser, chemische Apparate anfertigend.

Sie dachten wir im Meer, im Erdschoß fern,  
 Daß wir, des Rassen Kinder und des Kalten,  
 Wo wir die Bande der Natur getragen,  
 Daß die der Kunst wir trügen hier so gerne. Rückert.

## Das Glas und seine Verarbeitung.

**Bedeutung des Glases.** Die Kieselsäure. Vorkommen und chemische Eigenschaften derselben. Das Glas in chemischer und physikalischer Beziehung. Seine Geschichte. Arbeiten in der Glashütte. Die Ofen. Zusammensetzung der Glasmasse. Schmelzen derselben in Häfen. Aufarbeitung. Das Blasen von Hohlglas, Pfeife, Schere, Nabeisen u. s. w. Formen. Tafelglas. Gießen der Spiegelplatten. Schleifen und Poliren. Belegen mit Amalgam. Gepreßtes Glas. Gefärbte Gläser. Glasröhren. Perlen. Millesiori, Petinet u. s. w. Vollenbung und Verzierung der Glaswaaren. Schneiden. Bohren. Schleifen. Glasmalerei. Geschichte. Technisches. Das Wasserglas.

**G** In unsern jetzigen Kulturverhältnissen können wir uns keine Vorstellung darüber machen, welchen Weg die Entwicklung nicht nur bei uns, sondern abhängig von uns auch bei allen gebildeten Völkern der Erde gegangen sein würde, wenn das Glas nicht erfunden worden wäre. Nicht nur, daß uns damit ein geradezu unerzehlliches Material für zahlreiche Zwecke des Nutzens und Vergnügens mangeln würde und wir alle jene Geräthe zu entbehren gezwungen wären, deren Herstellung in der

zweckmäßigsten Form eben nur das Glas gestattet, sondern — und das wäre noch viel bedeutamer — es würde für uns ein reiches Feld der Erfahrungen, wissenschaftlicher, künstlerischer und technischer Erfolge gar nicht einmal existiren, welche zu erreichen das Glas das Mittel geworden ist. Und wenn wir in Unkenntniß dieser Zustände auch den Mangel nicht fühlen würden, so wäre derselbe doch sicher so bedeutend, daß wir behaupten können, die Erfindung des Glases ist eins der bedeutungsvollsten Kulturmomente geworden.

Welche veränderte Formen müßte in unserm rauhen Klima das Leben haben, wenn wir unsere Wohnungen nicht durch Glasfenster licht und behaglich zu machen im Stande wären!

Weiterhin aber, was wäre unser Wohlbefinden, unsere Industrie ohne die tausend und abertausend Glasgeräthe und Glasgefäße, die wir zu unzähligen Zwecken gebrauchen! Es ist geradezu zu verneinen, daß die Naturwissenschaften, Chemie, Physik, Astronomie, Optik u. s. w., eine nennenswerthe Entwicklung hätten erreichen können, und der Standpunkt unserer geistigen Bildung würde in Ermangelung dieses unschätzbaren Materials ein unendlich niedriger sein.

Was ist eigentlich das Glas? Diese Frage können wir uns nur beantworten, wenn wir uns vorher etwas genauer mit einem Körper beschäftigen, dem wir schon bei früheren Gelegenheiten einigemal begegnet sind, das ist die Kieselsäure oder die Kieselerde; denn in allen Fällen, wir mögen es mit Glasorten zu thun haben, mit was für welchen wir wollen, immer ist es jener Körper, welcher in Verbindung mit gewissen basischen Stoffen die glasigen Gebilde hervorbringt.

Die Kieselsäure kommt sehr häufig in der Natur vor, denn sie findet sich in allen Gesteinen und nimmt an deren Zusammensetzung in beträchtlichem Maße Theil, so daß sie sicher derjenige Stoff ist, welcher die größte Masse von allen zur Bildung unseres Erdbkörpers beigetragen hat.

Der Quarz oder Kiesel schlechthin besteht aus nichts weiter als aus Kieselsäure und die reinste Form derselben, der Bergkrystall, zeigt sich in prachtvollen, wasserhellen Krystallen, sechsseitigen Prismen, von zwei sechsseitigen Pyramiden oben und unten abgeschlossen. Sand und Sandstein werden von lauter kleinen Quarzkörnern gebildet, die mit thonigen, eisenhaltigen, kalkigen u. s. w. Bestandtheilen mehr oder weniger verkittet sind. Die gelben und braunen Färbungen stammen von diesen Beimengungen her, denn im reinen Zustande ist die Kieselerde völlig weiß.

Von der Thonerde, der Magnesia, Verhllerde u. s. w. unterscheidet sich die Kieselerde, obwol sie in ihrem äußern Verhalten einige Aehnlichkeiten, Farblosigkeit, Durchsichtigkeit in gewissen Zuständen, lichtbrechende Kraft u. s. w. mit jenen besitzt, doch wesentlich durch ihre chemische Natur. Sie ist zwar auch ein Oxyd, eine Verbindung von Sauerstoff mit einem eigenthümlichen Element, aber nicht von basischer Natur, wie jene Körper, sondern besitzt den Charakter einer Säure. Das in der Kieselsäure enthaltene Element — das Silicium — läßt sich aus derselben durch ganz analoge Reduktionsmethoden abscheiden, wie wir sie beim Aluminium zu beobachten Gelegenheit gehabt haben, und es zeigt sich dann als ein braunes Pulver von wenig hervorstechenden Eigenschaften. Im freien Zustande kommt das Silicium in der Natur nicht vor und von der an und für sich geringen Anzahl von Verbindungen, welche es mit andern Elementen eingeht, ist die Kieselsäure zwar nicht gerade die einzige, welche im großen Laboratorium der Natur hergestellt worden ist, aber doch die am meisten überwiegende, denn es kann höchstens das Fluorsilicium, weil es in dem als Edelstein geschätzten Topas enthalten ist, noch einen Anspruch auf Erwähnung machen. Der Chemiker weiß allerdings noch andere Elemente mit dem Silicium zu

verbinden, allein dieselben haben auch nur ein speziell wissenschaftliches Interesse und dürfen daher an dieser Stelle wol übergangen werden.

So gering nun aber auch die Zahl der Verbindungen des Siliciums ist, so groß ist die Menge derjenigen Stoffe und Basen, mit denen sich die Kieselsäure vereinigt, und die daraus hervorgehenden Salze gewinnen, weil sie von der Natur in der größten Mannichfaltigkeit und Massenhaftigkeit selbst erzeugt worden sind, weil sie die bei weitem größte Zahl von Mineralien mit zusammensetzen helfen und als Grundbestandtheile aller Gesteine, Felsen und Gebirge nicht nur bei der Gewinnung und Verarbeitung der unorganischen Rohstoffe uns fortwährend bald hindernd, bald fördernd in den Weg treten, und endlich auch, weil auf dem Wege künstlicher Darstellung solcher Verbindungen Substanzen gewonnen werden, welche ihre ganz besonders nützlichen und angenehmen Eigenschaften in sehr bequemer Weise gebrauchen lassen, deshalb gewinnen die Kieselsäureverbindungen, die Silikate, für das wissenschaftliche und industrielle Leben eine so ganz besonders große Bedeutung.

Die Silikate sind entweder einfache Salze, wie die kiesel-saure Thonerde, welche wir im Kaolin und dem Töpferthon kennen gelernt haben, oder aber sie sind Doppelverbindungen oder von noch zusammengesetzterer Konstitution und solche von oft sehr komplizirtem Charakter treffen wir in den Mineralien an.

Die Glasmasse ist nun ebenfalls nichts weiter als ein kiesel-saures Salz, zwar nicht von ganz bestimmter chemischer Formel, sondern von sehr wechselnder Zusammensetzung, und daher kommt es auch, daß das Glas eine amorphe Masse ohne Bestreben sich zu krystallisiren bildet. Außerdem zeichnet es sich aus durch seinen eigenthümlichen Glanz und die Art seiner Herstellung, welche stets auf dem Wege des Schmelzens geschieht. Zu seinen Hauptbestandtheilen gehören Kiesel-erde, Alkalien, alkalis- che Erden und Metalloxyde; die gegenseitigen Mengenverhältnisse derselben müssen sich aber, wenn eine Masse mit glasartigen Eigenschaften erzeugt werden soll, innerhalb gewisser Grenzen bewegen, obwohl darüber hinaus immer noch chemische Verwandtschaft und Verbindungsfähigkeit existirt, und zwar findet die Entstehung eines wirklichen Glases nur statt, wenn sich eine Doppelverbindung von kiesel-saurem Alkali und einer kiesel-sauren Erde bilden kann.

Schmilzt man Kiesel mit viel mehr Alkali zusammen, als zur Glasbildung erforderlich ist, so erhält man einen Glasfluß, der entweder an der Luft von selbst feucht wird und endlich in eine Gallerte zerfließt, oder doch, bei weniger Alkali, in gepulvertem Zustande sich in kochendem Wasser auflösen läßt. Die erstere Form bildet die sogenannte Kiesel-feuchtigkeit, die man längst in Laboratorien dargestellt hatte, um sich daraus frisch gefällte Kiesel-erde auf bequeme Weise zu verschaffen; ein Muster der zweiten giebt das sogenannte Wasser-glas, das einer Menge technischer Anwendungen fähig ist, da es, in dünnen Schichten auf Holz und andere Körper gestrichen, austrocknet und diese mit einer harten, glasigen Decke überzieht. Wir kommen noch besonders darauf zurück.

Bringt man zu einer der eben erwähnten wässerigen Glaslösungen irgend eine schwache Säure, z. B. Kohlen-säure, so tritt diese an das Alkali und die Kieselsäure scheidet sich ab; die letztere erweist sich somit als eine sehr schwache Säure, wenigstens in wässerigen Lösungen. Denn anders zeigen sich die chemischen Verwandtschaften in der Hitze. Bringt man Potasche — Kohlen-saures Kali — in feurigen Fluß und schüttet Kiesel-pulver hinein, so entsteht ein Aufbrausen; jetzt ist es die Kohlen-säure, welche der Kieselsäure weichen muß, während letztere sich mit dem Kali zu einem Glas verbindet. Nicht besser ergeht es der so starken Schwefel-säure, wenn man statt der Kohlen-säure ein Schwefel-saures Alkalisalz — z. B. Glauber-salz (Schwefel-saures Natron) —

anwendet; die Kieselsäure treibt auch die Schwefelsäure aus und tritt an deren Stelle mit dem Natron zu einem Glase (kieselsaurem Natron) zusammen.

Wenn man das Glas nicht als ein Salz von ganz bestimmter chemischer Zusammensetzung ansehen darf, aber doch zugestehen muß, daß der Zusammentritt der verschiedenen Bestandtheile nur auf Grund chemischer Anziehung, die immer nach Atomgewichten sich ausgleicht, stattfinden kann, so bleibt nichts übrig als anzunehmen, daß die Kieselsäure sich mit Alkalien und alkalischen Erden, namentlich aber mit den ersteren, unter sehr vielen Verhältnissen verbinden kann und daß das Glas als ein Gemisch mehrerer solcher Verbindungen zu betrachten ist. Es erhält dies dadurch einige Bestätigung, daß die Glasmasse nicht ganz unfähig ist, zu krystallisiren, daß sie vielmehr an der innern Formbildung und Auskrystallisirung nur durch die Art des Schmelzens, Bearbeitens und Abkühlens gehindert wird. Setzt man ein Glasgefäß einer längern Rothglut aus, in der Weise z. B., daß man es, in Gyps oder Ziegelmehl gepackt, um es vor dem Zusammen sinken zu bewahren, den Brand eines Töpferofens mitmachen läßt, so findet man es nach dem Erkalten, ohne daß Etwas davon oder hinzugekommen ist, undurchsichtig und porzellanartig geworden (Reaumur'sches Porzellan), denn seine Theilchen hatten unter diesen Umständen Zeit, sich zu feinen Krystallen zu gruppiren, welche dem Lichte den vollen Durchgang verwehren.

Das Glas hat, da es nicht krystallinisch ist, auch keine besondere Spaltbarkeit; in dünnen Blättchen, Fäden u. dgl. ist es sehr elastisch, in dicken Stücken aber spröde. Alle seine Eigenschaften werden durch seine chemische Zusammensetzung mehr oder weniger beeinflusst. Das spezifische Gewicht wechselt von 1,5 bis 5,6, ja mehr, und ist am größten bei denjenigen Glasarten, welche durch einen hohen Gehalt an Bleioxyd ausgezeichnet sind; umgekehrt nimmt damit die Härte des Glases ab, die leichten Kalkgläser sind am härtesten, erreichen aber nie die Härte des Bergkrystalls. Die Elektrizität wird von dem Glase fast gar nicht fortgeleitet, deshalb ist es ausgezeichnet geeignet, durch Reiben selbst elektrisch zu werden. Die Strahlenbrechung ist ebenfalls sehr verschieden; hat das gewöhnliche Glas einen Brechungsexponenten (siehe Band II, S. 178) von 1,5, so steigt derselbe bei sehr bleihaltigen Gläsern bis 1,66.

Da ein Silikat durch starken Alkaligehalt im Wasser löslich und sogar an der Luft zerfließlich werden kann, so ist es begreiflich, daß man in der Praxis, um ein gutes, dauerhaftes Glas zu erhalten, den Alkalien so viel Kiesel einzuverleiben suchen wird, als sie immer aufnehmen mögen. Gleichwol lehrt, wie wir schon erwähnten, die Erfahrung, daß auch unter dieser Bedingung mit bloßen Alkalien (Kali oder Natron) kein gutes oder dauerhaftes Glas entsteht, daß vielmehr wenigstens noch eine andere Substanz hinzutreten muß, die ebenfalls fähig ist, mit dem Kiesel ein Silikat zu bilden; das Glas ist aber in der Regel nicht bloß ein Doppelsilikat, sondern wegen der mancherlei noch vorkommenden Zusätze meist ein mehrfaches. Als vorzügliches Zusatzmittel für hartes Glas dient der Kalk, den man entweder in gebranntem Zustande oder als Kreide zusetzen kann, da im letztern Falle die Kohlensäure derselben von der Kieselsäure ausgetrieben wird. Kieselsaurer Kalk für sich ist mehr stein- als glasartig und fast unerschmelzbar; aber in Verbindung mit kieselsaurem Kali giebt er das harte und sehr dauerhafte böhmische Krystallglas. Ein Ueberschuß von Kalk macht jedoch das Glas milchig. Uebrigens ist kein Glas absolut unangreifbar; denn abgesehen davon, daß alles Glas von der Flußsäure aufgelöst wird, belehren uns auch die blindgewordenen Scheiben an Küchen, Ställen u. s. w., daß gewöhnliches Glas scharfen Dämpfen u. dgl. auf die Dauer nicht widersteht. Ja selbst das Wasser vermag über das Glas unter Umständen mehr, als wir uns vermüthen können: ein Trinkglas kann Menschenalter ausdauern, ohne eine Spur von Angegriffenheit zu

zeigen; zerstäubt man es aber zu Pulver und schüttet dieses, nachdem man sein Gewicht ermittelt, in vieles Wasser, läßt dies einige Zeit in der Hitze darüber stehen, gießt ab, trocknet und wiegt, so wird man eine Gewichtsabnahme finden, wenn man diese Prozedur oft wiederholt; ein Beweis, daß nur die verhältnißmäßig kleine Oberfläche die Einwirkung des Wassers nicht so merklich erscheinen ließ.

Käme nicht überall bei technischen Dingen der Kostenpunkt ins Spiel, so hätten wir im Kali in Verbindung mit Kalk das beste Glasmaterial; aber das Kali ist theuer und so ersetzt man es in vielen Fällen, entweder theilweise oder ganz, durch das billigere Natron. Die Fensterscheiben und alle gewöhnlichen Glaswaaren bestehen aus Natronglas. Dieses ist schmelzbarer und weniger hart als das Kaliglas, zeigt aber bei dickeren Schichten eine bläuliche oder grünliche Färbung.

Ein anderer wichtiger Zusatz bei den Gläsern ist das Bleioxyd. Es macht den Glassatz um so leichtflüssiger, je stärker der Zusatz ist; als Fluxmittel kam es zuerst in England zur Anwendung. Die bleihaltigen Gläser, obwol sie weicher und weniger haltbar sind, zeigen einen hohen Grad von Politurfähigkeit, Glanz und Farblosigkeit. Vermöge seines stärkern Lichtbrechungsvermögens ist das Bleiglas (Flintglas) in der Optik wichtig zur Herstellung achromatischer Linsen, wovon im zweiten Bande (S. 194) die Rede war; dieselben Eigenschaften machen es außerdem vorzüglich geeignet zur Nachahmung von Edelsteinen (Straß), in welchem Falle es bis zu 50 Prozent Bleioxyd enthält. In neuerer Zeit hat der Baryt, den man früher, obwol er an vielen Orten der Erde in reichlicher Menge vorkommt, nicht entsprechend zu verwerthen wußte, sich sehr vortheilhaft in die Glasfabrikation eingeführt. Er ersetzt nicht nur den Kalk vollständig, sondern hat bei den vortheilhaften Eigenschaften, die jenen auszeichnen, noch den ganz besondern Vorzug, den Gläsern eine sehr bedeutende lichtbrechende Kraft mitzutheilen und also das theure Bleioxyd bis zu gewissen Graden entbehrlich zu machen.

Weniger wesentlich sind einige andere Bestandtheile des Glases, die man gelegentlich als Stellvertreter, als Fluxmittel, oder in anderer Absicht zusetzt. Hierher gehören Borax, Magnesia, Thon u. s. w. Von letzterem Stoffe kommen schon zufällig aus den Schmelztiegeln ein paar Prozent in die Glasmasse. Die kiesel-saure Thonerde macht das Glas besonders schwer schmelzbar. Dagegen befördern die Metalloxyde, welche von Natur in den Rohmaterialien vorkommen, den Fluß; da sie aber immer dem Glase eine gewisse Färbung ertheilen, so sind sie natürlich unwillkommen, wenn man farbloses Glas erzeugen will. Namentlich ist das Eisen, das mehr oder weniger in den Rohmaterialien als Oxydul enthalten ist, eine lästige Zugabe. Es färbt je nach seiner Menge das Glas hell- bis dunkelgrün, wovon die gewöhnlichen Weinflaschen ein naheliegendes Beispiel geben. Um das Eisen zu bekämpfen, dienen wieder besondere Zusätze, namentlich Salpeter, Arsenik und besonders Braunstein (Manganhyperoxyd). Ihre Wirkung besteht zunächst darin, daß sie durch Sauerstoffabgabe das Eisenoxydul in Oxyd verwandeln, welches weniger verglasbar ist; der Braunstein hat daneben aber noch eine andere Wirkung. Das Manganoxydul, welches durch die Sauerstoffabgabe entsteht, färbt an und für sich die Glasmasse violett; das Violett und das vom Eisen erzeugte Gelb neutralisiren sich aber nach Grundsätzen der Farbenlehre durch ihre Vermischung zu Weiß, wenn anders das Verhältniß richtig getroffen war. Der Braunstein heißt deswegen auch Glasmacherseife.

Endlich werden auch noch Zusätze bedingt durch die chemische Form, in welcher man die Alkalien anwendet. Des Kostenpunktes wegen nimmt man nämlich nicht die reinen Alkalien, sondern Alkalisalze, und überläßt es der Kieselsäure, die Salzverbindungen zu trennen und sich in Besitz des Alkali zu setzen. Diese Trennung

geht nun aber in gewissen Fällen sehr schwierig von Statten und es werden Unterfüßungsmittel nöthig. Solche sind kohlenaurer Kalk (Kreide) und Kohle. Zudem sie selbst an der chemischen Umsetzung Theil nehmen, befördern sie die Zersetzung der Salze und die Bildung von Silikaten. Die Kreide ist das Hülfsmittel bei Kochsalz, die Kohle bei schwefelsauren Salzen (Saubersalz u. s. w.). Es darf aber von ihr nur so viel vorhanden sein, daß sie sich auf Kosten der Schwefelsäure zu Kohlenäure oxydiren kann; **N** bilden denn die Kohle und die Schwefelsäure zwei entweichende Gasarten, Kohlenäure und schwefelige Säure. Ein Ueberschuß von Kohle würde die Glasmasse gelb und braun bis schwärzlich färben. Dies ist auch der Grund, warum man in Oefen, welche rauchen, oder die man mit Torf, Braun- oder Steinkohlen heizt, kein vollkommen weißes Glas erzielen kann, wenn man nicht verdeckte Schmelzhäfen anwendet. Was die Färbung des Glases anbelangt, so werden wir bei späterer Gelegenheit, wo wir die verschiedenen Glasarten besonders betrachten, namentlich auch bei der Glasmanerei, Veranlassung haben, die dazu geeignetsten Mittel zu erwähnen.

**Geschichte des Glases.** Bei dem hohen Alter der Glasindustrie ist es nicht zu verwundern, daß wir von dem Entwicklungsgange derselben und den ersten Erfindern des Glases keine Kunde besitzen. Plinius erzählt uns: Ein Schiff mit Nitrum (darunter ist vielleicht die Soda, aber nicht der Salpeter zu verstehen, wenn er auch jetzt diesen Namen führt) sei bei stürmischem Wetter in der Nähe der Mündung des Flusses Belus an die Küste getrieben worden; die Schiffer hätten, um ihre Speisen zu kochen, da sie am Ufer nur Sand, aber keine Steine fanden, einige Klumpen des Salzes auf den Sand gelegt und ihren Kessel darauf gesetzt; da habe sich denn, nachdem sie ihre Mahlzeit beendet, zu ihrem Erstaunen ein durchsichtiges Glas auf dem Sande gefunden und die intelligenten Schiffsleute hätten diese zufällige Entdeckung mit Glück in ihrem Nutzen auszubenten verstanden. Der Sand dieses kleinen Flusses in Galiläa, der am Fuße des Berges Karmel entspringt, stand in der That noch lange Zeit in dem Ruf, zur Verglasung besonders geeignet zu sein, und wurde daher, außer daß an Ort und Stelle selbst viele Glashütten entstanden, auch anderwärts sehr gesucht und weit vertriebt. Indes kann man deshalb die von Plinius wiedergegebene Erzählung doch nicht für buchstäblich wahr halten: die Hitze, welche sich unter den angegebenen Umständen entwickeln konnte, ist lange nicht stark genug, um eine Verglasung zu bewirken. Daß aber die ersten Glasflüsse Erzeugnisse des Zufalls waren, kann man wol annehmen, wie auch die Verlichkeit ihres Ursprunges sehr wahrscheinlich an den Küstländerern des östlichen Mitteländischen Meeres zu suchen ist, denn die hier wohnenden Völker, Aegyptier, Phönizier u. s. w., trieben seit den ältesten Zeiten gewisse Industriezweige, besonders Töpferei und Metallurgie, welche vermöge der dabei vorkommenden hohen Hitzegrade fast nothwendig auf das Glas hinführen mußten. Zudem wuchsen ihnen die nothwendigen Bestandtheile, Sand und Natron, gleichsam in die Hand, denn auch letzteres ist ein natürliches, in jenen Ländern häufiges Erzeugniß.

Es ist nicht ganz ausgemacht, ob die Phönizier, der gewöhnlichen Annahme nach, in der ersten Zeit die alleinigen Glasfabrikanten waren, oder ob sie nur, als rühmige Handelsleute, sich vorzugsweise des Handels mit dieser Waare bemächtigt hatten: denn auch die Aegyptier waren seit alten Zeiten mit der Bereitung weißen und gefärbten Glases, mit dem Schleifen und Vergolden desselben vertraut, wie die gläsernen Schmuckstücken beweisen, die sich in ihren alten Grabgewölben finden. Diese Gläser sind alle gefärbt und undurchsichtig, namentlich finden sich oft blaue Gläser, dann häufig grüne in verschiedenen Nuancen, Gelb, Roth, Braun, Weiß, Schwarz; selten Amethystroth. Aus verschiedenen Thatsachen wird es wahrscheinlich, daß bereits 1600 Jahre v. Chr. Glas gemacht worden ist. Hieroglyphen auf alten

Skarabäen und Glasperlen, wenn dieselben die Namen gleichzeitig lebender Monarchen angeben, würden der Glasmacherkunst dieses hohe Alter vindiziren; und die bekannten Abbildungen der Glasbläser, welche sich zu Beni-Hafan befinden, sind von Hieroglyphen umgeben, aus denen hervorgehen soll, daß jene Zeichnungen noch vor dem Auszuge der Kinder Israels aus Egypten gefertigt worden sind. Die Glasfabriken von Sidon, deren Ursprung man aber auch nicht mit irgend nur genügender Sicherheit erfolgen kann, haben uns zahlreiche Reste ihrer Produkte hinterlassen, aus denen eine große Kunstfertigkeit, sowohl in Bezug auf Form als auf Farbe, spricht.

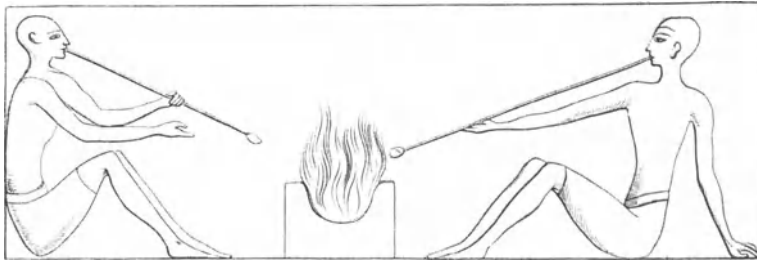


Fig. 182. Abbildungen von Glasbläsern auf altägyptischen Wandentmalen.

Die ältesten Glaswaaren sind fast ausschließlich Schmuckgegenstände und Zier-  
rathen. Auf die praktischen Verwendungsarten kam man erst später, sie wurden aber sehr bald weit ausgedehnt, denn man findet bei den alten Aegyptern bereits Glas-  
gegenstände von großen Dimensionen, wie Särge u. s. w. So lange man das Glas nur gießen oder pressen konnte, mußte seine Verwendung eine beschränkte bleiben.

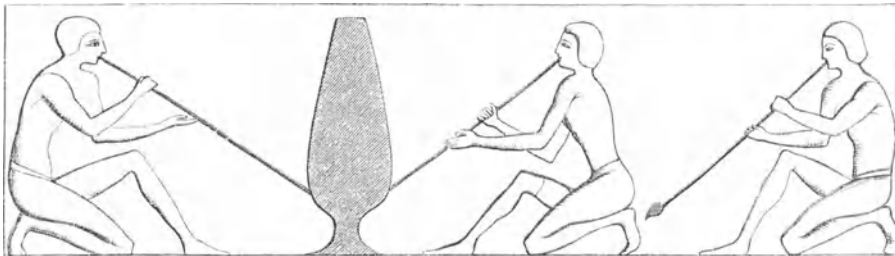


Fig. 183. Abbildungen von Glasbläsern auf altägyptischen Wandentmalen.

Die Kunst des Blasens aber ist jedenfalls erst lange nach der Erfindung des Glases überhaupt gemacht worden; wenn man daher aus den Glashütten von Sidon und Alexandrien schon geschnittene und geschliffene Gläser nicht nur, sondern auch solche, die mit vieler Kunst geblasen sind, ja sehr schöne Ueberfanggläser sieht, so muß man die ersten Anfänge dieser Erfindung der Zeit nach um viel zurückdatiren.

Im alten Testamente ist von Glas die Rede: Hiob 28, 17; unter dem Namen Sechuchith schrieb Aristoteles fast 400 Jahre vor Christo über das Glas und suchte eine Erklärung seiner Durchsichtigkeit zu geben. Eine großartige Glasfabrikation entwickelte sich später in Aegypten. Die Glashütten bei Alexandrien wurden sehr berühmt und versorgten ganz Italien mit ihren Erzeugnissen.

Auch die Römer kannten Glaswaaren schon länger als 200 Jahre vor Christo; indeß wurde in Rom erst unter Nero die erste Glashütte errichtet, die auch nur schlechte Trinkgläser lieferte. Die feinen Gläser waren zu jener Zeit noch so theuer, daß genannter Kaiser für ein Paar schöne Glastassen über 1000 Thaler nach jehigem



Gelbe bezahlte. Im Jahre 210 nach Christo gab es aber in Rom schon so viele Glasmacher, daß man sie in ein besonderes Stadtviertel zu verweisen für nöthig fand. Daß die Römer Glasfenster hatten, ist durch die Auffindung von Fensterscheiben in den Ruinen von Pompeji erwiesen. Sie scheinen gleich in der erforderlichen Größe gegossen worden zu sein, denn sie haben keine geschnittenen, sondern rundlich geflossene Ränder. In alten germanischen und slavischen Gräbern finden sich zwar auch Glasüberreste, allein dieselben sind insofern als historische Belege von geringer Bedeutung, weil man nicht im Stande ist zu erkennen, ob sie von den Urbewohnern jener Landstriche gefertigt oder auf dem Wege des Handels erlangt worden sind. Wenn es eigene Produkte sind, wofür allerdings die Formen bisweilen zu sprechen scheinen, die an die rohen Erzeugnisse der Neger von Nchanti, wie sie auf der Londoner Ausstellung von 1851 vertreten waren, erinnern, dann dürfte die Glasmacherei bei den Slaven ein höheres Alter haben als bei den Germanen. Denn in den Grabstätten jener finden sich Glasringe noch mit Steinwerkzeugen und Steingeräthen vergesellschaftet, während die alten Deutschen, bevor sie das Glas kennen gelernt zu haben scheinen, bereits eine ziemliche Stufe in der Metallbearbeitung erstiegen hatten.

Der Ursprung des deutschen Namens Glas scheint darauf hinzudeuten, daß diese Erfindung von Rom aus den nördlicher wohnenden Völkern bekannt geworden sei. Denn Glas ist entstanden aus dem lateinischen *glastum*, welches seinerseits von dem griechischen *γλάσσω* oder *γλάσσω* abstammt; alle drei mit ihren verwandten Zweigen bedeuten aber nichts Anderes als glänzen, gleißen. So viel ist wol als sicher anzunehmen, daß die Gallier von den Römern in der Kunst der Glasmacherei unterrichtet worden und nach England die Kenntnisse nicht viel später gelangt sind. Die wesentlichste Förderung erhielt die Glasfabrikation aber erst, als das Material billig genug hergestellt werden konnte, um zu Zwecken des ausgedehntesten täglichen Gebrauches dienen zu können, und namentlich als man gelernt hatte, Tafelglas durch Blasen leicht herzustellen, und die Scheiben zur Ausfüllung der Fensterräume zu benutzen anfing. Wurde vorher die Kunst als ein Geheimniß ängstlich gehütet, so daß den Glasarbeitern in Venedig, wo im Mittelalter großartige Glasfabriken blühten und werthvolle Kunstzeugnisse hervorbrachten, bei Todesstrafe verboten war, Fremde und Nichtglasmacher überhaupt darin zu unterrichten, und in Frankreich noch gegen Ende des 17. Jahrhunderts nur wirkliche Edelleute das Recht hatten, die Glasmacherei auszuüben (*gentilhomme verriers*), so mußten mit dem fabrikmäßigen Betriebe, der sich bei Massenerzeugung eines so gleichartigen Produktes, wie das Scheibenglas ist, von selbst entwickelte, die Schranken der Geheimhaltung fallen.

Glasfenster gab es nun zwar, wie bereits erwähnt, schon zur Zeit vor Christi Geburt, und im großen Maßstabe angewendet finden wir sie in der Mitte des 5. Jahrhunderts in der Sophienkirche zu Konstantinopel, 674 wurde Kirche und Kloster zu Wermouth in Durban mit solchen versehen; allein dieselben waren so kostspielig und daher so selten, daß sie zu dem größten Luxus gerechnet wurden. Rieß doch noch im Jahre 1573 der Herzog von Northumberland, wenn er von seinem Schloß Alnwick Castle verreiste, die Glasfenster von seiner Dienerschaft herausnehmen, damit sie nicht durch die Witterung zu viel Schaden leiden sollten. Wahrscheinlich waren es venetianische Künstler, welche diese Glasfenster herstellten, denn sie betrieben die Glasfabrikation zuerst im Großen. Nach und nach aber verbreitete sich durch die Venetianer die Kunst und ihre Erzeugnisse wurden billiger, so daß die Fensterscheiben aufhörten, ein Vorrecht der Reichen zu sein. In England nahm die Verfertigung von Fensterglas 1557 ihren Anfang. Die Franzosen griffen nun ihrerseits ebenfalls diesen Industriezweig mit Eifer an und suchten besonders in der Spiegelabrikation den

Additional material from *Die chemische Behandlung der Rohstoffe*, ISBN 978-3-662-33691-5, is available at <http://extras.springer.com>



Venetianern den Rang abzulaufen. Von Venedig aus wurde die Glasmacherkunst nach Böhmen verpflanzt, das damals das gewerbfleißigste und reichste Land des deutschen Reiches war und zu Italien in vielfachen Handelsbeziehungen stand. Bis dahin hatte man hauptsächlich Natronglas fabrizirt, theils mit dem natürlich vorkommenden kohlenfauren Natron, theils aus der natronhaltigen Asche von Strandpflanzen; in Böhmen dagegen war man genöthigt, die Asche von Waldbäumen zu verwenden, die man für den nämlichen Stoff ansah; man wußte nicht, daß die Gewächse des Binnenlandes statt des Natron Kali enthalten, denn erst 1757 lernte man die beiden Körper von einander unterscheiden. Aber gerade hierdurch war man unbewußt auf einen werthvollern Bestandtheil des Glases geführt worden, und dieser Umstand, sowie die große Reinheit der sich in Böhmen findenden mineralischen Stoffe, waren Ursache, daß das hiesige Glas viel besser als anderes ausfiel und bald einen hohen Ruf erlangte, den es sich bis auf den heutigen Tag erhalten hat.

Mit der immer umfangreicher werdenden Glasfabrikation konnten indeß die Waldbäume des Kontinents, welche die Potasche liefern, nicht Schritt halten. Es zeigte sich hier und da Holzangel und das Kali ist fort und fort im Preise gestiegen. Dies veranlaßte, zuerst in Frankreich, wieder mehr auf das Natron zurückzukommen; man hatte unterdeß gelernt, dasselbe aus Kochsalz herzustellen; gegenwärtig wird es auch häufig in seiner Form als schwefelsaures Salz, Glaubersalz, verwendet. Während in Frankreich der Holzangel zum Natronglase führte, rief er in England das Bleiglas hervor. Hier mußten, wenn man überhaupt Glas machen sollte, Steinkohlen die Stelle des Holzes vertreten; man erhielt aber mit diesen nur ein mit Ruß gefärbtes Glas und als man zur Vermeidung dieses Uebelstandes die Glashäfen zudeckte, war der Glasfuß nicht mehr in Fluß zu bringen. Es galt daher ein wirksames Flußmittel aufzusuchen, und ein solches fand man nicht allein in dem Bleioryd, sondern das damit erzeugte, allerdings weichere Glas zeigte auch die schon erwähnten schätzbaren Eigenthümlichkeiten, die man weder gesucht noch erwartet hatte. Uebrigens hat man sich seitdem durch einige Ueberbleibsel aus dem Alterthume überzeugen können, daß die Römer schon vor Christi Geburt Bleiglas fabrizirten, so daß wir auch hier wieder den Fall haben, daß eine Erfindung im Laufe der Zeiten gänzlich verloren geht und später von neuem gemacht werden muß.

In unseren Zeiten hat man die Feuerungsanlagen so zu verbessern gelernt, daß selbst Braunkohlen und Torf zur Glasfabrikation anwendbar geworden sind, und es dient dazu besonders eine Beheizungs-methode, welche die Gasfeuerung genannt wird. Ein runder, gemauerter Feuerraum, der Generator, nimmt das Brennmaterial auf, aber da der Kofst desselben nur sehr wenig Zug hat, so wird auch nur ein kleiner Theil der Brennstoffe hier wirklich verbrannt, nämlich nur so viel, als hinreicht, die ganze übrige Masse zu verkohlen. In Folge dieser Verkohlung oder trockenen Destillation entwickeln sich brennbare Gase aus dem Torfe, die in Zügen nach dem Glasofen geleitet werden; gleichzeitig ist aber auch für Zuleitung der erforderlichen Menge atmosphärischer Luft gesorgt und so hat man ein sehr intensives Gasflammenfeuer ohne Rauch und Aschensche, das sich jeden Augenblick durch Drehung von Hähnen verstärken und schwächen läßt.

**Arbeiten in der Glashütte.** Indem wir zu dem zweiten Theile der Glasfabrikation, der Gestaltung dieser Masse zu den mannichfaltigen Gebrauchsformen übergehen, deren dieser interessante Stoff fähig ist, treten wir zunächst in eine Glashütte, als den Ort, wo die Glasmasse geschmolzen und die daraus herzustellenden Gegenstände entweder vollendet oder doch im Rohen bearbeitet werden. Die Glashütte bildet einen weiten, oben bedeckten Raum, etwa 50—60 Fuß im Quadrat

haltend und ungefähr 50 Fuß hoch, dessen Boden mit Ziegelsteinen belegt ist. Die Mitte dieses Raumes nimmt ein großer Schornstein ein, an welchem auf zwei Seiten die Schmelz- oder Arbeitsöfen angebaut sind, aus denen der Rauch in den großen Schornstein abzieht. Es sind zur Glasfabrikation verschiedene Öfen erforderlich, welche alle in dem Raume der Glashütte beisammen und größtentheils im Zusammenhange stehen, um die aus dem einen abziehende Hitze noch in einem Nebenofen zu anderen Arbeiten benutzen zu können. Es sind Öfen oder Ofenabtheilungen erforderlich, theils zur Vorbearbeitung des Glasfases (Calcinir- und Tritttöfen), theils zum Anwärmen der Schmelzhäfen, zum Strecken der Glasplatten für Fenster- und ordinäres Spiegelglas (Auslauföfen), theils zum langsamen Verköhlen der fertigen Glaswaaren, und als Hauptofen der eigentlichen Glasschmelzöfen. Dieser letztere ist mit möglichster Sorgfalt aus feuerfestem Thon oder Backsteinen aufgemauert und zeigt in seinem Querschnitt eine entweder kreis- oder länglichrunde Form. Daß auf ein gutes Material zu diesem Ofen viel ankommt, läßt sich denken, wenn man weiß, daß er nicht allein eine andauernde Weißglühhitze auszuhalten hat, sondern daß auch die in dieser Hitze flüchtig werdenden Alkalien und Chloride des Glasfases an seinen Innenwänden nagen und sie zerstören. Daher dauert selbst ein guter Schmelzofen, sofern er für hartes Glas gebraucht wird, selten über 18 Monate.



Fig. 184. Alter Schmelzofen.

Die Glasöfen haben bedeutende Umwandlungen erlitten, welche namentlich durch das Herbeiziehen neuer Brennmaterialien bedingt wurden. Einen der ältesten uns bekannten Schmelzöfen zeigt uns Fig. 184. Die Abbildung ist in Joh. Stumel's „Vollständiger Glasmacherkunst“ (Nürnberg 1785) enthalten und durch sich selbst verständlich. Die heutzutage gebräuchlichen Öfen sind freilich in ihrer Einrichtung davon sehr verschieden, allein sie sind es nicht nur von solchen älteren Konstruktionen, sondern auch nicht minder untereinander, denn je nach der Natur der Brennstoffe und dem Grade der Erhitzung, welchen das darzustellende Glas verlangt, ändern sich die Bedingungen, von denen die Feuerungsanlage abhängig ist. Bald stehen die Häfen, und das ist der gewöhnlichere Fall, im Kreise entweder um einen Kofst oder so, daß sich der Feuerraum unten um sie herum zieht; bald aber auch bilden sie eine gerade oder zwei parallele Reihen, an welchen die Flamme hinschlägt. Ueber jedem Hafen geht durch die Wand des Ofens eine Oeffnung (Arbeitsloch), durch welche der Arbeiter mit seinen Geräthen zur schmelzenden Glasmasse gelangen kann. Daß sich über den Häfen ein kuppelförmiges Dach wölbt, ist sehr nothwendig, dem die entstehende Hitze ist so bedeutend, daß es sonst Niemand in solcher Nähe des Feuers aushalten könnte. Die heiße Luft entweicht zum Theil durch die Esse oder die Essen, denn bei manchen Ofeneinrichtungen, wie z. B. bei der in Fig. 185 im Durchschnitte, in Fig. 186 von außen dargestellten, hat jeder Hafen seinen besondern Zug; zum Theil wird sie in die nebenliegenden Ofenabtheilungen durch Seitenkanäle (Nüchse) geleitet, wo sie zu den Arbeiten des Köstens, Trittens, Kühlens, zum Trocknen des Brennholzes u. s. w. Verwendung findet. In unserer Abbildung Fig. 185 ist a der Feuerrost, b b sind die Nüchse, welche den Abzug der Feuerluft in die Essen vermitteln, T C C die Arbeitslöcher. Die Häfen S werden durch die Oeffnung F eingebracht, welche in der Zeichnung durch die verschiedene Schraffirung angedeutet sind. R ist der Aschenraum, in welchem die Luft schon vorgewärmt wird, ehe sie durch den Kofst zum Brennmaterial tritt.

Die Ofenfrage ist für die Glasfabrikanten von ungemeiner Wichtigkeit, denn

außer den oben auf liegenden Rückflüchten, möglichste Ersparniß an Brennmaterial, vollständige Rauchverzehrung, größtmöglichste Heizfähigkeit, Dauerhaftigkeit u. s. w., kommen noch, eine Menge Maßregeln in Betracht, die man treffen muß, um Störungen des Betriebes entgegen zu arbeiten, oder, wenn sie einmal eingetreten sind, zu beseitigen. Zu diesen gehören unter Andern vor allen Dingen der Häfenbruch, das Brechen eines Schmelzgefäßes und das Herauslaufen seines flüssigen Inhalts. Weil dadurch leicht die Stäbe des Kofes miteinander verklebt werden können, so müssen Vorkehrungen getroffen werden, welche den ausgelaufenen Glasatz gleich nach außen hin abzufließen erlauben. Es ist daher häufig innen der Boden, auf welchem die Glashäfen stehen, die Sohle des Ofens, etwas nach außen geneigt, und an der tiefsten Stelle führt ein Abstichloch durch den Mantel, welches für gewöhnlich mit einem Thonpfropfen verschlossen ist.

Fig. 185. Durchschnitt eines Glasmelzofens.

Wie ein Glasmelzofen von außen aussieht und in welcher Weise sich die verschiedenen Arbeiten um ihn gruppieren, davon giebt uns die Abbildung Fig. 186 eine Anschauung.

Wir können uns nicht aufhalten bei einer Schilderung des ungemein malerischen Eindruckes, den es auf jeden Beschauer macht, wenn er nach langer einsamer Wanderung in schwarzbewaldeten Bergen in eine jener großen Glashütten tritt, wie sie in Böhmen und Bayern und

namentlich in großer Zahl in den holzreichen Gegenden des Böhmerwaldes sich angesiedelt haben. Das emsigste Leben hier bildet einen der wirkungsvollsten Kontraste mit der Stille der erhabenen Natur draußen. In der Mitte der Hütte steht der große Schmelzofen, der unaufhörlich mit dürrer, scharfgetrocknetem Holze gespeist ist und in seinem Innern

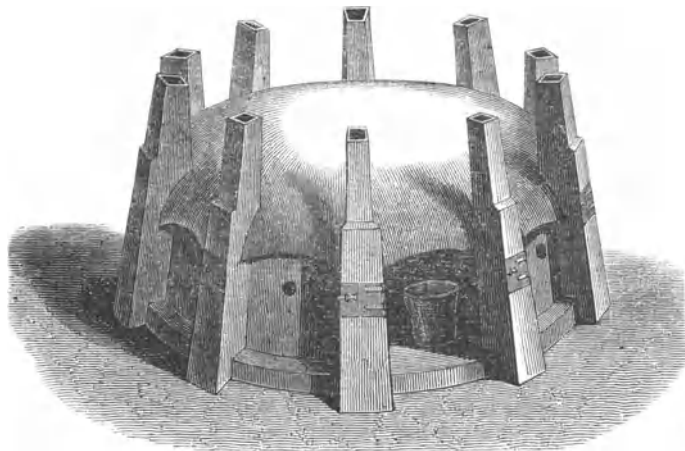


Fig. 186. Glasmelzofen. Äußere Ansicht.

eine Hitze entwickelt, die weißglühend zu den Arbeitslöchern herausschlägt. Vor jeder solchen zu einem Hafen führenden Oeffnung steht eine Anzahl Arbeiter, die sich gegenseitig in die Hände arbeiten und so sicher und rasch einander unterstützen, daß der anfangs teigige, glühende Klumpen wie mit Zaubergeschwindigkeit sich zu einem schön geformten Geräth gestaltet, welches zu seiner endlichen Vollendung nur noch dem Schleifer übergeben zu werden braucht. Aber um die Glasfabrikation kennen zu lernen, genügt es nicht nur, einzelne Arbeiten im großen Ganzen betrachtet zu haben, wir müssen uns einigermaßen wenigstens mit den Hilfsmitteln bekannt machen, deren Anwendung in den Händen der Arbeiter uns fortwährend in Verwunderung setzt.



Fig. 1. Im Innern einer Glasfabrik.

**Geräthe und Manipulationen.** Zuerst dürfte hier unsere Aufmerksamkeit doch wol, wenn auch flüchtig, dem Gefäß, in welchem die Glasmasse geschmolzen wird, dem Glashafen, zuzuwenden sein. Zwar ist derselbe nichts weiter als ein Schmelztiegel von ziemlich großen Dimensionen, aber die ungeheuern Zumuthungen, die an seine Dauerhaftigkeit gemacht werden und die uns mit Recht in Erstaunen setzen, bedingen eine sehr sorgfältige Herstellung. Die Glashäfen bestehen aus feuerfestem Thon und werden gewöhnlich in den Glasfabriken selber angefertigt; das Formen, Trocknen und Brennen muß mit der größten Achtung geschehen, denn jeder während der Campagne zerbrechende Hafen verursacht viel Unbequemlichkeit und Verlust. Ist ein solcher Thon gefunden, so wird derselbe vorerst gehörig durchgearbeitet, sodann mit Chamotte, das sind gepulverte Ueberreste alter Häfen, die schon dem Feuer ausgesetzt gewesen sind, vermischt und damit getrocknet, gemahlen und gesiebt, so daß dieses Gemenge ein ganz inniges geworden ist, ehe ihm, wieder mit Wasser angefeuchtet, die verlangte Form gegeben wird. Die geformten Tiegel bleiben vor dem Brennen möglichst lange

stehen, um auszutrocknen, denn je älter sie sind, ehe sie gebrannt und gebraucht werden, um so besser. Daher muß von den geformten Ziegeln auch immer eine sehr große Zahl vorrätig gehalten werden. Ein gewöhnlicher Glashafen faßt in seiner vollen Füllung etwa 16 Centner geschmolzene Glasmasse und man kann sich denken, welche Festigkeit er haben muß, wenn er in dem Zustande der Weißglühhitze, in welcher er stets gehalten wird, den Druck jenes Gewichtes aushalten soll. Der Glashafen ist cylindrisch, häufiger nach oben etwas erweitert, und wiegt etwa 10 Centner. Die nicht offenen Glashäfen, für Steinkohlenfeuerung, sind mit einer kuppelartigen Haube bedeckt, von welcher aus ein kurzes weites Rohr in das Arbeitsloch hineinragt.

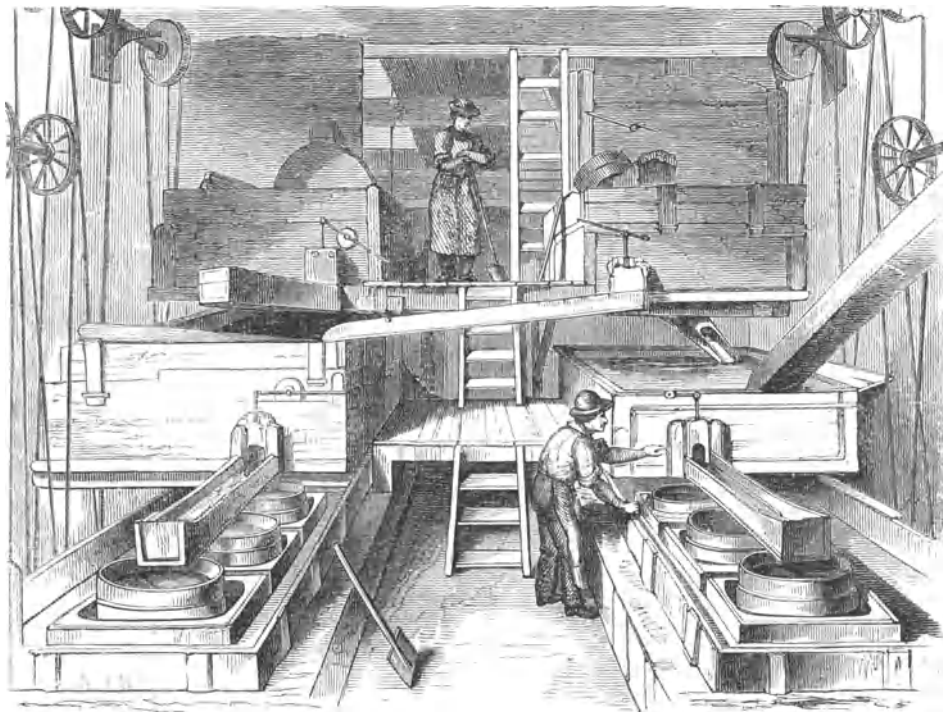


Fig. 188. Quarzmühle.

Die Glasmasse wird in diesen Häfen zunächst aus ihren Rohmaterialien gemischt. Diese letzteren haben aber vorher schon eine oft sehr komplizierte Behandlung erfahren. Die Kiesel- oder Quarzfelstücke werden zuerst geglüht und schnell im kalten Wasser abgelöscht, wodurch sie so mürbe werden, daß man sie malen kann. Dazu dienen für größere Glashütten besondere Quarzmühlen, wie deren eine in Fig. 188 dargestellt ist. Das gemahlene Pulver oder der Kies- oder Seefand, wenn man solchen verwendet, wird für weißes Glas mehrmals gewaschen, um alle Unreinigkeiten, namentlich das oft vorhandene Eisenoxyd, zu entfernen. Auch alle anderen Materialien des Glasfases müssen um so reiner sein, je klareres Glas man haben will; denn wenn man die Stoffe so verwendet, wie sie die Natur giebt, so erhält man selten etwas Anderes, als schlechtes grünes Bouteillenglas. Zu dieser Reinigung ist nicht allein Wasser, sondern meist auch Feuer nöthig. Man glüht die Masse vorher und treibt dadurch zunächst Wasserdämpfe aus, welche den Schmelzofen zu sehr abkühlen und ein zu starkes Aufschäumen der Schmelzmasse verursachen würden. Zweitens werden in der Rothglühhitze diejenigen organischen Reste verkohlt und

zerstört, welche bei aller sonstigen Reinheit immer in den angewandten Stoffen vorhanden sind. Kömen sie mit in die schmelzende Glasmasse, wo sie nicht so leicht wegbrennen können wie am offenen Feuer, so würden sie sich mit dem Glase verbinden und dasselbe gelblich, bräunlich u. s. w. färben. In manchen Fällen ist es von Vortheil, die Erhitzung in der Flamme selbst so weit zu treiben, daß die Bildung des Glases beginnt und die Masse sich zu einem Teige erweicht. Dieser Prozeß wird mit dem Namen des Frittens bezeichnet. Die glühende Fritte wird dann, ohne daß sie vorher wieder erkalten darf, klumpenweise in die eigentlichen Schmelzhäfen gebracht.

Anstatt versuchen zu wollen, die Anzahl von Rezepten, welche in verschiedenen Fabriken den verschiedenen Glasforten zu Grunde gelegt sind, zusammenzustellen, begnügen wir uns mit der Auführung nur einiger, die für die charakteristischen Glasforten mit gehandhabt werden.

## Nali-Krystall.

|                                          |               |                           |              |
|------------------------------------------|---------------|---------------------------|--------------|
| Quarz . . . . .                          | 100 Pfund,    | Quarz . . . . .           | 100 Pfund,   |
| Potasche . . . . .                       | 50 "          | Potasche . . . . .        | 60 "         |
| Arsenik (weiße arsenige Säure) . . . . . | 0,25 "        | gelöschter Kalk . . . . . | 20 "         |
| gelöschter Kalk . . . . .                | 15 "          | Arsenik . . . . .         | 0,5 "        |
|                                          | <hr/>         | Kalijalpete . . . . .     | 1 "          |
|                                          | 165,25 Pfund. |                           | <hr/>        |
|                                          |               |                           | 181,5 Pfund. |

## Oder:

## Böhmisches Spiegelglas.

|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| Quarz . . . . .               | 100 Pfund, |
| gereinigte Potasche . . . . . | 66,75 "    |
| Marmor . . . . .              | 3,33 "     |
| Salpeter . . . . .            | 6,66 "     |
| Arsenik . . . . .             | 1,66 "     |
| Braunstein . . . . .          | 0,2 "      |
| Smalte . . . . .              | 0,05 "     |
|                               | <hr/>      |
|                               | 209 Pfund. |

## Böhmisches weißes Hohlglas.

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| Weißer Sand . . . . .     | 100 Pfund, |
| Potasche . . . . .        | 60 "       |
| gebraunter Kalk . . . . . | 10 "       |
|                           | <hr/>      |
|                           | 170 Pfund. |

## Böhmisches Tafelglas.

|                       |              |
|-----------------------|--------------|
| Weißer Sand . . . . . | 100 Pfund,   |
| Potasche . . . . .    | 42 "         |
| Kalkstein . . . . .   | 17,5 "       |
|                       | <hr/>        |
|                       | 159,5 Pfund. |

## Bouteillenglas.

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| Sand . . . . .                  | 100 Pfund, |
| ausgeglühte Holzasche . . . . . | 250 "      |
| Kalkstein . . . . .             | 30 "       |
|                                 | <hr/>      |
|                                 | 380 Pfund. |

## Eiekrystall.

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Sand . . . . .     | 100 Pfund, |
| Wenige . . . . .   | 60 "       |
| Potasche . . . . . | 20 "       |
|                    | <hr/>      |
|                    | 180 Pfund. |

## Clownglas.

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| Weißer Sand . . . . .         | 100 Pfund,    |
| gereinigte Soda . . . . .     | 41,66 "       |
| Kalk, kohlen-saurer . . . . . | 22,5 "        |
| Arsenik . . . . .             | 1,66 "        |
|                               | <hr/>         |
|                               | 165,82 Pfund. |

Bei der gewöhnlicheren Beschickung der Glashäfen wird der auf's Feinste gepulverte und gemengte Glasfaz in mehreren Abjagen in die Häfen eingetragen, denn der Glasfluß nimmt immer einen bedeutend geringern Raum ein als die dazu verwandten Stoffe. Ist dies geschehen, so wird das Loch, das Aufbrechloch, das hinter jedem Glashafen durch die Ofenwand führt, mit feuerfesten Ziegeln geschlossen und es sind nun keine anderen Oeffnungen mehr in dem Ofen, als die Arbeitslöcher und Füchse.

Die Häfen werden in einer besonderen Ofenabtheilung, dem Vorwärmeofen, erst



bis zum Weißglühen erhitzt und dann auf eisernen Wagen ein weißglühender vorgeheizter Hafen nach dem andern in den Glasofen gefahren und auf seine Unterlage gebracht, — eine glühende Temperatur, in welcher die Arbeiter sich hier befinden, — dann kommen 4 Centner Glasatz in den Tiegel, und wenn diese niedergeschmolzen sind, was einige Stunden dauert, abermals 4 Centner, und so fort, bis die sämtlichen Tiegel voll sind. Dies geschieht meistens Freitags und es ist eine volle Woche nöthig, um hierauf die Tiegel leer zu arbeiten. Sobald die Tiegel alle eingebracht sind, wird der Ofen bis auf die nöthigen kleinen Zug- und Arbeitslöcher zugemauert und dann das Feuer bis auf den nöthigen Hitzeegrad angebracht und gleichmäßig stark unterhalten. Diese Vorarbeiten dauern Sonnabend und Sonntag fort, und Montag beginnt die eigentliche Glasarbeit.

Nicht die sämtliche eingetragene Masse verwandelt sich im Schmelzofen in Glas; Vieles entweicht, wie schon gesagt, gasförmig; andere Stoffe, die keine Vereinigung gefunden haben, schwimmen als eine Art Schaum oben auf, der Glasgalle genannt und mit eisernen Pöffeln fleißig abgeschöpft wird. Viel Glasgalle giebt es besonders dann, wenn man das Kali in Form von Asche (Seifensiederflusß) verwendet.



Fig. 189. Die Glasbläserpfeife.

Um sich vom Fortgange des Schmelzprocesses zu unterrichten, wird von Zeit zu Zeit eine Probe herausgenommen und untersucht. Ist die Verbindung der Kieselsäure mit den Basen erfolgt, so wird noch das sogenannte Vütern vorgenommen. Man giebt nämlich eine noch stärkere Hitze als bisher (das Heißschüren) und überläßt die Masse einige Zeit der Ruhe. Sie ist durch die Temperaturerhöhung dünnflüssiger geworden und es können nun einestheils eine Masse bisher zurückgehaltener Luft- und Gasbläschen entweichen, als auch die darin vorhandenen schweren Unreinigkeiten sich zu Boden setzen. Nach Beendigung des Vüternprocesses wird kalt geschürt, d. h. die Hitze so viel gemäßiget, daß das Glas dickflüssiger und zum Bearbeiten geschickt wird. Bei diesem Temperaturgrade muß der Ofen so lange erhalten werden, bis die erzeugte Glasmasse aufgearbeitet ist.

Das Aufarbeiten der Glasmasse geschieht nun auf verschiedene Weise. Entweder werden die aus dem plastischen Schmelzprodukt zu formenden Gegenstände durch Gießen oder Pressen, oder aber, wie es am bei weitem häufigsten geschieht, durch Blasen erzeugt. Die ersten beiden Methoden haben aber lange nicht das Interesse für uns wie die letztere, welche die Glasfabrikation ausschließlich charakterisirt; wir werden sie daher gelegentlich besprechen, uns aber zuerst dem Glasblasen und den auf diesem Wege darstellbaren Produkten zuwenden.

Wer jemals Kinder gesehen hat, welche Seifenblasen machen, kann sich ein ziemlich klares Bild dieser Arbeit gestalten. Der Glasbläser, welchem allemal noch ein Gehülfe zugeordnet ist, hat die sogenannte Pfeife, ein langes eisernes Rohr *a b* (Fig. 189), mit einem hölzernen Mundstück, und arbeitet in den Grünglashütten stehend, in den Weißglashütten aber auf einer Art von Armstuhl mit vorragenden Armen sitzend. Zuerst taucht er die Pfeife in die geschmolzene Glasmasse, von der sich ein Theil an jene anhängt, die er durch Rollen auf dem Fußboden zu einer Kugel macht, und bläst dieselbe etwas auf, um zu sehen, ob sich Masse genug angehängt hat. Sollte sie zu dem beabsichtigten Zwecke nicht ausreichen, so taucht der Arbeiter abermals ein. Will er z. B. eine Flasche herstellen, so bläst er das weiche Glas zu einer hohlen Kugel

auf, welcher er dann durch Schwingen um den Kopf eine längliche Form giebt. Ist dies geschehen, so übernimmt der Gehülfe das Blasen und der eigentliche Former bildet nun mittels einer Zange, während die Blase stets gedreht wird, die Flasche aus, drückt ihren Boden nach innen in die Höhe und preßt sie senkrecht auf eine heiße Steinplatte, Marbel, um sie abzugleichen, worauf er mit einem kalten Eisen die Stelle berührt, wo die Flasche am Blasrohr fest sitzt, und sie dadurch von demselben absprengt. Nun nimmt er mit einem Eisenstäbchen einen Tropfen Glasmasse aus dem Tiegel, zieht davon einen Faden, den er ein paar Mal um die Mündung der Flasche windet, und bildet so den rundlichen Rand derselben, worauf die fertige Flasche langsam abgekühlt wird. Wird die Blase während der Arbeit roth, d. h. kühlt sie sich zu sehr ab, so wird sie in einem besondern, im Ofen angebrachten Feuerloche unter beständigem Drehen wieder erhitzt.

Bei feineren, namentlich Weißglasarbeiten sitzt der Former auf dem Stuhle, während der Gehülfe bläst und die Pfeife beständig auf den langen Armen des Stuhls gedreht wird. Henkel und ähnliche Vorrangungen werden, wie oben beim Rande der Flasche beschrieben wurde, besonders angefeßt und die flüssige, teigartige Glasmasse

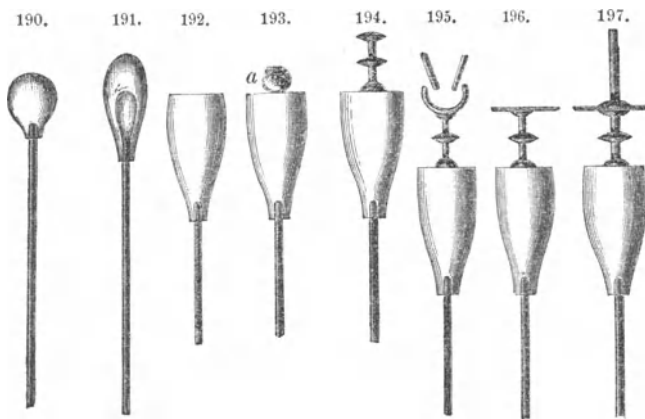


Fig. 190 bis 197. Formung eines Becherglases.

formt und verbindet sich sehr leicht und fest. Alles beruht hierbei auf dem richtigen Augenmaße und der Handfertigkeit des Arbeiters, und ein geschickter Glasbläser stellt in kürzerer Zeit ein zierliches Kunstwerk her, als der Leber gebraucht, sich den Vorgang erzählen zu lassen. Flaschen und alle gewöhnlichen Gegenstände, welche durch Blasen

herstellbar und demzufolge sämmtlich Hohlglas sind, werden so durch bloßes geschicktes Drehen, Schwenken, Aufstoßen u. s. w. fertig.

Es ist in der Regel ein Gegenstand der Verwunderung für die Besucher von Glashütten, daß die so mannichfaltig geformten Glaswaaren mit so wenigen und so einfachen Instrumenten zu Stande gebracht werden. Das Blasrohr oder die Pfeife ist immer das Hauptwerkzeug; es ist für den Glasarbeiter das, was dem Töpfer seine Scheibe ist. Freilich gehört große Übung dazu, um es mit Erfolg zu handhaben, und nebenbei auch eine tüchtige Lunge. Ein solcher Glasbläser bringt selbst große Blasen so weit, daß sie endlich an ihrer dünnsten Stelle mit einem Knall zerplatzen; doch hat er auch Hilfsmittel, um seine Lunge zu schonen. Will er z. B. eine Glaswalze unten öffnen, so läßt er ein Klümpchen Glasmasse ankleben; dieses hilft durch seine Schwere nach und das Durchblasen geht um Vieles leichter. Tritt der Bläser mit einer Blase an's Feuer, während er die Mündung seines Rohres fest zuhält, so dehnt sich die eingeschlossene Luft durch die Hitze noch weiter aus und die Blase wird dadurch ganz von selbst größer. Ja, der Glasbläser arbeitet sogar mit Dampf; denn es ist recht wohl thunlich, daß er in eine Glasblase, die er größer haben will, ein wenig Wasser einbläst, das sich natürlich gleich in Dampf verwandelt und dem Arbeiter das Blasen erspart, sofern er nur die obere Oeffnung dicht verschließt.

Von anderen Werkzeugen findet die Schere häufig Anwendung, denn das glühende Glas läßt sich sehr gut, fast wie weiches Blei, schneiden. Zangen, fast wie Feuerzangen geformt, dienen zum Ausbiegen von Rändern u. s. w., während einfache, fingerstarke Eisenstäbe von 3—4 Fuß Länge, Nabel- oder Hefesteifen, die Finger abgeben, mit denen der glühende Glaskörper angefaßt wird. Man versieht die Spitze des Nabeleisens mit einem Tropfen Glasmasse und hält sie an der passenden Stelle an, wo sie augenblicklich festklebt. Ist z. B. eine Flasche geblasen und soll vom Glasrohr abgesprengt werden, so heftet man vorher das Nabeleisen an den Boden der Flasche und dieses bildet nun die Handhabe, während die durch das Absprengen entstandenen scharfen Ränder der Flaschenmündung rund geschmolzen werden. Dieselben Dienste leistet das Nabeleisen beim Transportiren der fertigen Gefäße in den Kühltöfen. Schließlich wird es mit einem Ruck abgesprengt, und dadurch entsteht eine rauhe, scharfkantige Stelle, der Nabel, wie man sie am Boden geringer Glaswaaren stets findet.



Fig. 198. Arbeit auf dem Stuhle mit der Zwickerschere.

Die beste Vorstellung der fortlaufenden Arbeiten, wie sie sich bei der Erzeugung zusammengesetzterer Hohlglasartikel folgen, geben uns die Abbildungen Fig. 190 bis 197, welche die Formung eines Weinglases mit Fuß (Becherglas) nach Pellat veranschaulichen. Das erste Stadium (Fig. 190) zeigt das an die Pfeife genommene Glasklümpchen, welches zu einem birnförmigen Kölbchen (Fig. 191) aufgeblasen und mit seinem untern Theil auf die Marbelpfanne (polirter Marmor- oder Granitfisch) aufgesetzt wird, wodurch es die Gestalt Fig. 192 erhält. Daraus soll das Hohlgefäß des Bechers hergestellt werden. Der Fuß entsteht aus einem weichen Glasklümpchen a, das man in der Mitte des Bodens ansetzt (Fig. 193), mittels der Zange, Zwickerschere, auf dem Stuhle unter fortwährendem Drehen der Pfeife (Fig. 198). Nachdem der Stiel des Fußes die Form Fig. 194 erhalten hat, wird wiederum durch Erweichen seines untern Theiles eine Glasugel mit starken Wandungen daran gefittet und abgesprengt, so daß ein Stück wie Fig. 195 davon haften bleibt. Wenn nöthig, wird dasselbe durch Glühen wieder erweicht und durch Aufbiegen seiner Ränder in eine ebene Platte verwandelt (Fig. 196). An diese heftet man nun den Stab, sprengt den oberen Theil des Hohlgefäßes ab (Fig. 197), weitet aus und schneidet mit der Schere die weiche Glasmasse so weit ab, daß die Wände die verlangte Höhe erhalten.

Auf diese Weise, nämlich durch Arbeiten am Stuhl mit der Zwickzähre, können nur Rotationskörper wie auf der Drehbank geformt werden. Wenn man aber die Glasfugel nicht frei aufbläst, sondern die weiche Masse zwingt, indem sie sich erweitert, sich an die innern Wandungen einer Hohlform anzulegen, so wird sie deren Gestalt annehmen und man kann dann Hohlartikel erzeugen, die außen von flachen oder mannichfach eingebogenen und ausgebauchten Oberflächen begrenzt sind, wie sie nur auf dem Wege des Gießens oder der freien Modellirung sonst erhalten werden.

Die Formen sind meist aus Holz, bisweilen auch, namentlich für Gegenstände, welche scharf begrenzte und ganz ebene Oberflächen haben sollen, aus Messing. Gußeiserne und thönerne Formen kommen auch vor. Je nach dem Gegenstand ist die Form entweder eintheilig oder mehrtheilig (Klappenform). Die letzteren können, um die fertige Waare herausnehmen zu lassen, geöffnet werden, so lange aber, wie das weiche Glas hineingeblasen wird, sind ihre einzelnen Theile fest mit einander durch Stifte oder durch eine Feder, die mit der Hand oder dem Fuße gedrückt wird, verbunden. In der Regel verbindet ein Charnier die beiden Hälften mit einander, denn die zweitheilige Form genügt den meisten Anforderungen.

In Fig. 199 ist eine mehrtheilige Form dargestellt. Der obere Theil a a wird erst aufgesetzt, wenn die Glasmasse in den Innenraum eingebracht worden ist. Der untere Theil b b ist aus einem Stück und nur mit einigen feinen Oeffnungen durchbohrt, damit die eingepresste Luft entweichen kann. Das Formstück c c für den Hals dagegen besteht aus zwei Hälften, welche sich um ein auf der Platte d d befestigtes Charnier drehen können; damit die beiden Hälften dicht zum Verschluss kommen, sind zwei hebelartige Ansätze e e angebracht, in welche hölzerne Handgriffe eingeschraubt werden. Die Art der weitem Ausbildung des Gegenstandes braucht nicht näher beschrieben zu werden. Die weiche Masse wird durch die Spannung der innern Luft an die Wandung der Form angedrückt und alle Vertiefungen derselben treten als Erhöhungen auf dem fertigen Stück hervor.

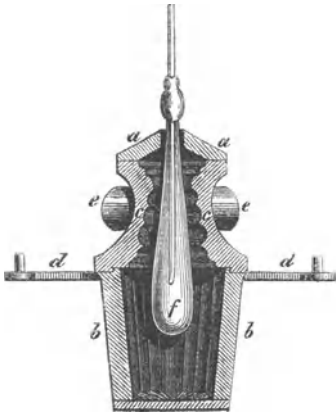


Fig. 199. Mehrtheilige Form für Hohlglas.

Ist die Form innen ganz glatt und rund, so wird die Glasmasse während des Blasens gedreht, wodurch die Politur wesentlich schöner ausfällt; bei gerieften oder kantigen Formen, wie der von uns dargestellten, kann davon natürlich nicht die Rede sein. Eine Anzahl kleinerer Artikel werden ebenfalls in Formen dargestellt, aber nicht durch Blasen, sondern durch Pressen; sie sind massiv und ihre Formen haben wie die Kugelformen eine zangenähnliche Gestalt, mit der man aus der teigigen Glasmasse die betreffende Quantität herauskneipt.

**Tafelglas.** Hält man die Pfeife beim Blasen senkrecht empor, so sinkt die Blase platt zusammen und indem man sie auf einem besondern Eisen anheftet und von der Pfeife ablöst, kann man sie durch schnelles Drehen in eine runde Scheibe von 50,60 Zoll Durchmesser und mehr verwandeln. Da diese Scheibe in der Mitte, am Anheftpunkt, verdickt ist, so wird dieser Theil herausgeschnitten und man behält zwei halbmondförmige Stücke übrig, die weiter in Tafeln zerlegt werden können (Mondglas). Das Mittelstück, Ohse naug e, ist eine kleine linsenförmige Scheibe, mit einem zapfenartigen Aufsatz in der Mitte und man sah ehedem dieses Glas häufig zum Verglasen von Stallfenstern u. dgl. benutzt. Die größeren aus der Scheibe geschnittenen Stücke

verwendet man als Tafelglas, welches ehemals in manchen Gegenden alles auf diese Weise erzeugt wurde. Jetzt ist diese Methode indeß an vielen Orten durch eine andere gleich näher zu beschreibende verdrängt worden. Bei derselben wird die Scheibe nicht mit Hilfe der Centrifugalkraft ausgetrieben, sondern bis zu der gewünschten Stärke als Blase mit der Pfeife. Soll Tafelglas geblasen werden, so wird eine bedeutende Masse geschmolzenes Glas, ca. 4, 5 Pfund, an den Knopf der Pfeife genommen. Da sich so viel mit einem Mal nicht anhängt, so erfolgt ein mehrmaliges Eintauchen, während in der Zwischenzeit der Klumpen an der Luft oder auch durch etwas angespritztes Wasser äußerlich abgedreht und streif wird. Der Glasbläser steht, um seine Pfeife mit dem daran sitzenden Gegenstande bequemer handhaben zu können, entweder auf einer Erhöhung über dem Boden, oder vor einer Grube im Arbeitsraume (Fig. 200). Durch das Blasen entsteht zunächst die allgemeine birnförmige Gestalt, der man unter zeitweiligem Wiedererwärmen, durch pendelartiges Schwenken in der Grube, die Form einer Walze, eines an beiden Enden geschlossenen Hohlzylinders, giebt. Auf eine oder die andere Weise wird nun zunächst das untere Ende geöffnet, die Walze durch weiteres Schwenken noch verlängert, mit der Schere gleich geschnitten, von der Pfeife abgelöst, und nachdem auch noch die obere Klappe abgeprengt worden, der Cylinder der Länge nach aufgeprengt, indem man mit einem stählenden Eisen längs über ihn hinführt. So vorbereitet gelangen die halb aufgeklappten Cylinder nun in den Streckofen. Dieser besteht aus zwei Abtheilungen, dem Feuer-raum und darüber dem Streckraum. In letzterem gelangt die Flamme durch einige in der Wölbung angebrachte Oeffnungen und erhält hier eine Temperatur, die das Glas erweichen, aber nicht schmelzen kann. Indem die Cylinder, mit der aufgeschlitzten Seite nach oben, in diesem Ofen allmählig vorgehoben werden, gelangt

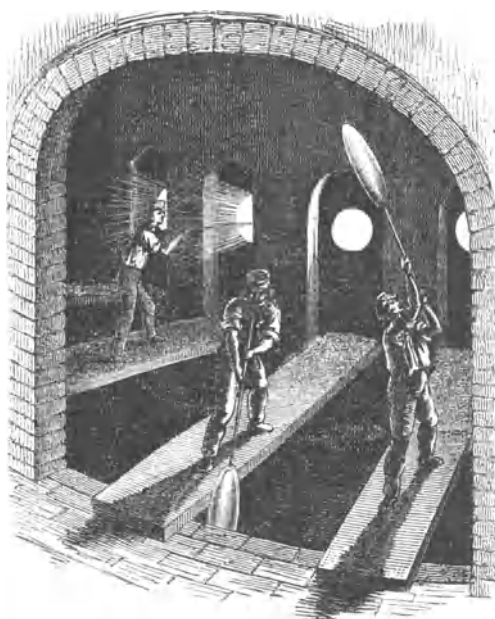


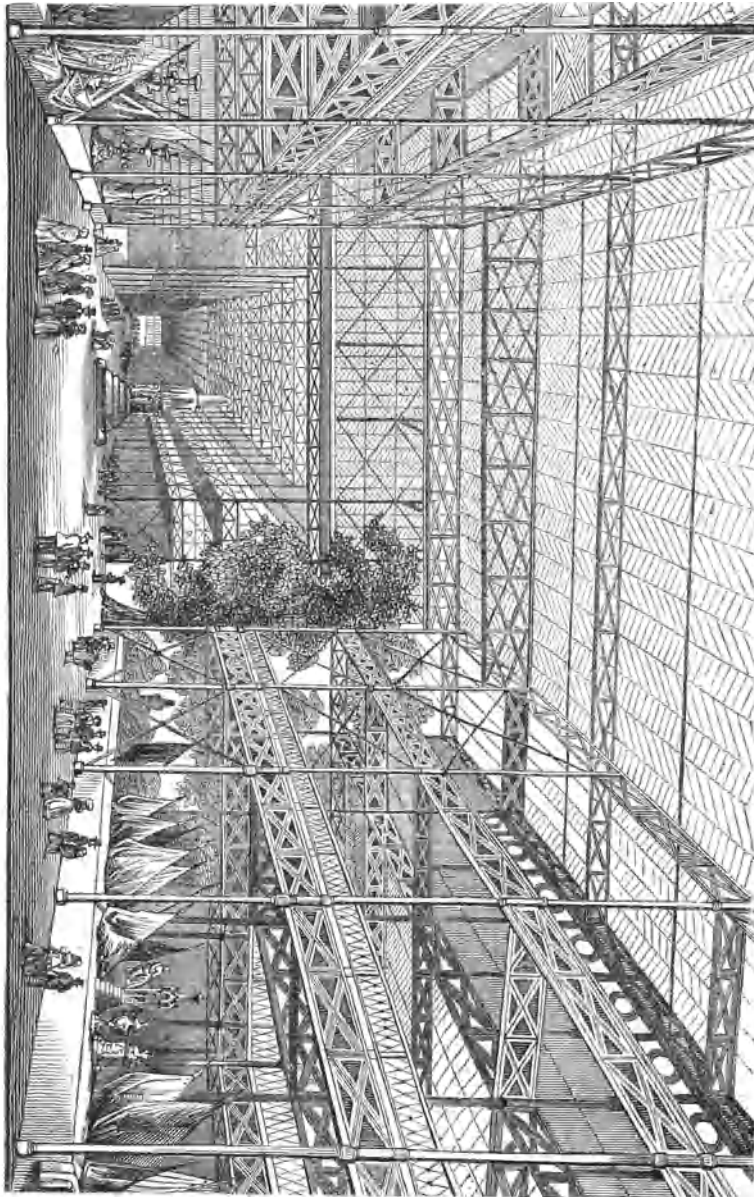
Fig. 200. Blasen von Tafelglas.

jeder schließlich an einen Ort, wo eine aus feuerfestem Thon gebrannte abgeschliffene Platte, der Streckstein, liegt. Hier erweicht der Cylinder bald, seine beiden Kappen werden mit einem gabelförmigen Eisen aneinander geschlagen, legen sich auf die Platte nieder und werden mit passenden Werkzeugen vollends gebnet oder gebügelt. Für feinere Gläser ist der Streckstein mit einer besonders dazu angefertigten dicken Glasplatte bedeckt, wodurch die Tafeln schöner werden, es wird aber hier eine größere Geschicklichkeit bei Leitung der Arbeit erfordert, damit nicht eine verbotene Verbindung zwischen unten und oben stattfinde. Unmittelbar neben dem Streckraum befindet sich der Kühlraum, in welchen die Tafeln mittels eines Schiebers durch eine Spalte unter der Scheidewand hineingeschoben und, sowie sie erstarrt sind, auf die hohe Kante gestellt und an eiserne Querstäbe gelehnt werden, bis der Kühllofen voll ist, worauf man ihn schließt und langsam erkalten läßt. Spiegelplatten dagegen müssen liegend auskühlen.

Die großartigste Anwendung des Tafelglases ist unbedingt seit den letzten 15 Jahren

erst zu den Zwecken der Baukunst gemacht worden. Der Palast der Industrie-Ausstellung von 1851 zeigte zuerst das Prinzip ausgeführt, das Glas als Wandung zu benutzen und lediglich durch Eisen zu stützen. Die Glasmassen, welche nöthig waren, um den Riesenbau in solcher Weise auszuführen, waren ganz enorme. Ihr Gewicht betrug mehr als 90,000,000 Centner; nebeneinander gelegt, würden sie einen Raum von 8,000,000 Quadratfuß bedeckt haben, mehr als eine Stadt wie Breslau an Fenstern besitzt.

Fig. 201. Inneres des Glaspalastes von 1851.



**Siechen des Glases. Spiegelplatten.** Das Tafelglas findet seine Hauptverwendung zur Herstellung von Spiegeln, welche bekanntlich aus nichts weiter bestehen, als aus ebenen und fein polirten, sehr reinen Glastafeln, die auf der Rückseite mit

einem Amalgam aus Zinn und Quecksilber belegt sind. Der Werth eines Spiegels hängt von der Größe, Reinheit und Farblosigkeit der Glasplatte und von ihrer völligen Ebenheit und Politur, sowie von dem Parallelismus der beiden Oberflächen ab. Zu ordinären kleineren Spiegeln werden Tafeln genommen, die wie das Fensterglas geblasen und gestreckt sind. Für feinere Spiegel dagegen und für die großen Platten der Schaufenster genügen diese nicht, obwol man auf dem Wege des Blasens und trotz der Schwierigkeiten, welche das Behandeln der schweren Glasmasse mit der Pfeife darbietet, merkwürdig große Scheiben dargestellt hat. Bei weitem schönere und viel reinere Spiegeltafeln erhält man durch Gießen und nachmaliges Schleifen des Glases.

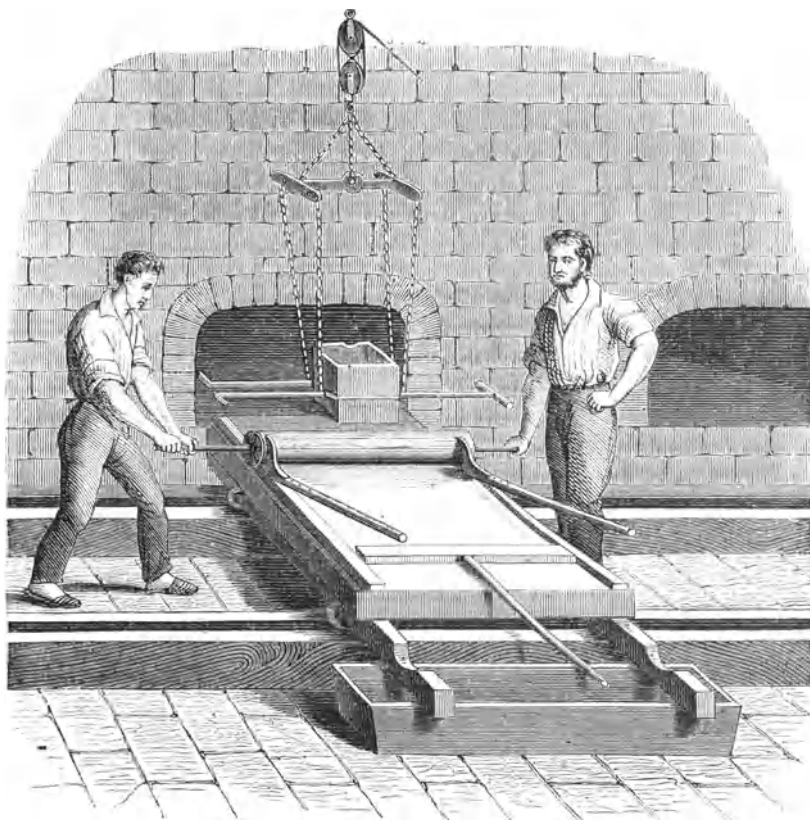


Fig. 202. Gußtiſch zum Gießen der Spiegeltafeln.

Zum Spiegelglas benutzt man allgemein Natronglas, weil dieses leichtflüssiger ist und die ihm eigene bläuliche Färbung hierbei keinen Uebelstand bildet. Der Schmelzofen enthält gewöhnlich 4 Glashäfen, zwischen denen auf der Bank noch vier flachere viereckige Geschirre, die Wannen, stehen. Ist in etwa 10 Stunden der Glasatz in den Häfen völlig geschmolzen und größtentheils geläutert, so schöpft man vorsichtig, um keinen Bodensatz aufzurühren, die flüssige Masse mit kupfernen Kellen in die Klärwannen über, wo sie noch etwa 16 Stunden bleibt, bis sie völlig rein und blasenfrei ist. Zum Ausgießen der Masse in Tafelform gehört eine gut geebnete, 4—6 Zoll dicke Platte von Gußeisen oder Bronze (Fig. 202). Sie ruht auf einer Art Wagen, der mittels Eisenbahnen an die Orte gefahren werden kann, wo man ihn braucht, und ist mit einer Vorrichtung zum völlig wagrechten Einstellen versehen. Ist nun die Glasmasse

so weit, daß sie vergossen werden kann, so wird die Gießtafel an die Mündung eines der backofenförmigen Kühlöfen herangefahren, dessen Sohle mit der Platte in gleicher Ebene liegt und der inzwischen bis zur Rothglut angeheizt worden ist. Auch die Tafel wird durch unter ihr brennende kleine Feuer oder durch darauf gebrachte glühende Kohlen erhitzt, die unmittelbar vor dem Guß sauber weggeschafft werden. Auf der Tafel sind vier metallene Stäbe ins Viereck gelegt, welche die Größe und Dicke des Glases bestimmen. Bei dem Gießen sind mehrere Menschen beschäftigt, deren Arbeit gut in einander greifen muß, wenn das kurze Werk, das aber so lange Vorbereitung gekostet hat, gut gelingen soll. Zwei Arbeiter bringen hurtig einen Glashafen aus dem Schmelzofen herbei, hängen ihn in die Kette eines Krahnes, ziehen ihn in die Höhe und putzen ihn ab. Zwei andere erfassen ihn mit zangenähnlichen Handhaben, ziehen ihn über die Tafel und stürzen ihn um, wobei sie ihn quer über dieselbe hinwegführen; in demselben Moment erfassen zwei andere Männer eine schwere gußeiserne Walze, welche an einem Ende der Tafel in Gabeln liegt, und rollen sie über die Glasmasse hinweg, so daß sie völlig breit gedrückt und der Raum zwischen den Rinalen völlig ausgefüllt wird. Während dieses Fortrollens wird die Glasmasse fortwährend von zwei Arbeitern beobachtet, um, wenn sich irgend noch ein Klümpchen in derselben zeigt, das einen Fehler im Glase erzeugen würde, es wo möglich noch mit einem spitzen Instrumente wegzuhacken. So lange die Tafel noch rothglühend und weich ist, wird, um einen bessern Anhaltspunkt beim Einschieben in den Kühlöfen zu haben, an dem vom Ofen abgewandten Ende ein etwa zweizölliger Rand, der Kopf, aufgebogen. Einige Augenblicke später, wenn sie schon etwas mehr Festigkeit gewonnen hat, schiebt man sie, immer noch ziemlich glühend, mit Kricken in den Kühlöfen, wo sie einen Zeitraum von acht Tagen hindurch verweilt.

Eine der größten Tafelglasfabriken befindet sich zu St. Helens in England. Ihre Gießhalle bietet einen imposanten Anblick dar; sie ist 490 Fuß lang, 150 Fuß breit und hat Kreuzflügel von 200 Fuß Länge und 60 Fuß Breite. Diese Fabrik beschäftigt im Ganzen gegen 600 Menschen.

**Schleifen.** Aus dem Kühlöfen wandert die gegossene Spiegelplatte in die Schleifmühle, um auf beiden Seiten eben geschliffen und polirt zu werden, eine Arbeit, die viel Aufmerksamkeit erfordert und wobei unter Andern auch darauf gesehen werden muß, daß beide Schlißflächen vollkommen parallel liegen, mithin das Glas überall die gleiche Dicke hat, sonst macht der Spiegel schiefe Gesichter, wie das bei geringer ungeschliffener Waare nicht selten vorkommt. Das Schleifen vollzieht sich auf genau abgerichteten steinernen Platten, die in der Höhe von 2 Fuß über dem Boden auf hölzernen oder steinernen Pfosten stehen. Solcher billardähnlicher Schleiftische giebt es immer eine ziemliche Anzahl in dem Schleiflokale. Mittels Gypsbrei wird die zu schleifende Tafel auf einem solchen Tische recht gleichmäßig aufgekittet, und zwar nimmt man immer die rauhere Seite zuerst vor. War die metallene Gießtafel nicht ganz neu aufpolirt, so ist diejenige Glasseite die rauhere, welche auf ihr auflag. Es leuchtet ein, daß man auch mehrere Glastafeln, sofern sie nur gleiche Dicke haben, nebeneinander aufkitten und gleichzeitig bearbeiten kann. Der schleifende Körper, der Käufer, ist ein meistens wie eine abgestumpfte Pyramide geformter Stein, auf dessen Grundfläche eine ebene Glastafel aufgekittet ist, die etwa den vierten Theil der Größe hat wie die zu schleifende Glastafel. Das Gewicht des Käufers ist so abgemessen, daß er auf jeden Quadrat Zoll mit der Schwere von 1 Pfund drückt. Oben ist der Käufer, um bequem mit ihm arbeiten zu können, mit mehreren Handhaben versehen, oder er trägt, wenn er groß ist, ein 8—10 Fuß Durchmesser haltendes, horizontal liegendes Rad auf dem Kopfe befestigt, das dann überall einen Angriff bietet. In der Regel geschieht



jedoch die Führung des Läufers mit Maschinenkraft und die mechanischen Vorrichtungen dazu sind sehr einfache, da es nicht schwierig ist, dem Läufer mittels eines Armes eine solche Bewegung zu ertheilen, wie er sie bei der Handarbeit erhält, nämlich so, daß er kleine Kreise beschreibt und dabei allmählig über alle Punkte der Tafel weggeht. Man hat sich aber nun nicht vorzustellen, daß die obere Glasaufschlagtafel unmittelbar auf der untern herumschleife; es befindet sich vielmehr zwischen ihnen erst das eigentliche Schleifmittel, scharfer, nasser Sand, der anfangs gröber, dann feiner genommen wird. Hat man die Tafel auf der einen Seite so weit fertig, als es mit Sand überhaupt thunlich, so macht man sie los, wendet sie und kittet sie wieder fest, um die andere Seite ebenso zu behandeln. Hiernach ist das Rauhschleifen vollendet und man geht an das Klarschleifen, das ganz in derselben Weise, nur mit einem feineren Schleifmittel, vorgenommen wird. Man wendet hierzu geschlämmten Smirgel an, anfangs gröber, dann immer feiner, und giebt endlich die Politur mit einem mit Filz bekleideten Läufer und einem dünnen Brei von Wasser und fein geschlämmtem Eisenroth, Blutstein u. dgl.

Der letzte und feinste Grad der Politur wird meist in der Art ertheilt, daß man zwei Spiegelplatten mit den geschliffenen Seiten über einander legt und sie mit fein geschlämmter Zinnasche durch Hin- und Herschieben der obern Platte fertig macht. Mittelfst Tafel und Walze werden auch die halb- und ganzzollstarken Platten zum Bedecken von Lichtböfen, Hallen u. s. w. geformt, die keines Schliffes bedürfen. Ebenso wird von den geschliffenen Tafeln nicht jede ein Spiegel, sondern Vieles findet Verwendung zu den jetzt gebräuchlichen großartigen Schaufenstern in den Luxusläden größerer Städte, wozu die zweite Sorte von Platten, nämlich solche mit kleinen Mängeln, noch gut verwendbar ist. Man versteht jetzt Platten von sehr großen Dimensionen, bis zu 15 und 20 Fuß Höhe und Breite, auf solche Art zu fabriziren.

**Belegen der Spiegelplatten.** Als letzte Arbeit des Spiegelglasfabrikanten kommt nun das Belegen der geschliffenen Platte mit einer Metallmasse, dem Amalgam. Jedermann hat sich wol schon in den Kinderjahren von der Beschaffenheit eines Spiegelglases auf der Rückseite überzeugt. Es sitzt da nicht allzu fest ein weißes Metallhäutchen, nach dessen Entfernung das Glas aufhört ein Spiegel zu sein. Man muß also schließen, daß dieser Körper die Hauptsache am Spiegel sei, und so ist es auch. Es besteht in der That kein wesentlicher Unterschied zwischen einem Glaspiegel und einem metallenen, etwa einer hochpolirten Silberplatte, höchstens daß bei dem Glaspiegel die Spiegelung nicht von der vordern Oberfläche, sondern von der hinteren Fläche herkommt; wenn man mit einem Stift oder dergleichen das Glas berührt, so kann man aus dem Abstände, der zwischen dem Gegenstande und dem Bilde bleibt, erkennen, wie dick das vorliegende Glas ist.

Daß wir uns mittels des Glases einen Metallspiegel ohne Metallarbeit, d. h. ohne Gießen, Schleifen u. s. w., erzeugen können, verdanken wir dem Quecksilber mit seinen merkwürdigen Eigenschaften, unter denen die mit manchen Metallen, namentlich gern mit dem Zinn, Amalgam zu bilden hier besonders in Betracht kommt. Thut man zu etwas Quecksilber in einem Gläschen ein Stückchen Zinnfolie und schüttelt, so verschwindet letztere bald und geht in dem flüssigen Metall auf; man kann sogar ziemlich viel Zinn nach und nach zugeben, ehe man bemerkt, daß die Masse dickflüssiger zu werden anfängt; fließt das Amalgam gar nicht mehr, so kann man durch Hineinkneten immer noch viel Zinn damit verbinden, bis es etwa Talghärte angenommen hat. Jedes Amalgam aber, sofern es nicht in einem verschlossenen Gefäß gehalten wird, erhärtet schließlich von selbst, denn das Quecksilber besitzt auch eine große Flüchtigkeit, und indem es fortwährend aus dem Amalgam abdunstet, wird das Verhältniß

des zweiten, ursprünglich festen Metalls immer größer und somit die Masse härter. Indes kann der Härtegrad nie ein solcher werden, wie ihn das betreffende Metall an und für sich besitzt, denn durch Verdunstung bei gewöhnlicher Temperatur kann sich nicht alles Quecksilber aus der Verbindung losmachen; erst die Anwendung einer höhern Hitze vermag es vollständig abzutreiben.

Für die Herstellung von Glasspiegeln ist die Zinnfolie nun ein ausgezeichnetes Mittel. Um die hochfein geschliffene und auf das Sorgfältigste abgeputzte Glastafel mit dem Belege zu versehen, bedarf man vor allen Dingen recht ebener und glatter Tafeln, am besten von Marmor. Um den Rand der Belegtafel läuft eine Rinne zur Aufnahme des abfließenden Quecksilbers mit einer Ausgüßöffnung in der einen Ecke. Die Tischplatte liegt in einem Zapfenlager, so daß sie in eine beliebig geneigte Stellung gebracht werden kann, worin man sie mittels Stellschrauben festhält. Das Gerath außer diesen Tischen besteht in Bürsten, gläsernen Linealen, mit Wollenzug bezogenen Rollen, größern und kleinern Stücken Flanell und einer Menge steinerne oder eiserne Gewichte. Der Arbeiter putzt und reinigt zunächst den Belegtisch auf das Sorgfältigste, legt dann Stanniol (gewalztes Zinn von Papierstärke) auf, etwas größer als der Spiegel werden soll, und streicht mit einer Bürste alle Falten desselben glatt aus. Dann gießt er etwas Quecksilber auf und treibt dieses mit der Wollwalze auseinander, so daß das Zinn überall gleichmäßig benetzt wird. Nunmehr legt er Glaslineale auf zwei Seiten der Zinnfolie und gießt so viel Quecksilber auf, daß dasselbe ungefähr eine Linie hoch steht. Daß hierbei die Tafel vollkommen wagerecht liegen muß, ist einleuchtend. Sind nun die Rückseite der Spiegeltafel und die Oberfläche des Quecksilbers durchaus von allem Staube und Fett gereinigt, so schiebt man die Glasplatte behutsam auf das Quecksilber, von dem sie das Ueberflüssige sogleich zur Seite drängt, worauf man sie mit einer großen Masse von Gewichten, die bei sehr großen Spiegeln bis auf 1000 Pfund betragen, belastet und dann einige Tage stehen läßt. Der Spiegel ist nun eigentlich fertig, aber die Belegung enthält noch Quecksilber im Ueberfluß. Man beginnt also mit Abnehmen der Gewichte und hebt dann die Lagertafel an einem Ende ein wenig, damit das Quecksilber, das noch auf derselben liegt, durch die an der Seite angebrachten Rinnen in den Abguß läuft. In der Spiegelbelegung zieht sich aber ebenfalls das überflüssige Quecksilber nach der tiefer stehenden Seite des Spiegels und nun beginnt man nach einigen Tagen den Spiegel selbst an der hohen Seite immer mehr zu heben, bis er endlich nach 10 Tagen senkrecht steht. Dann muß man ihn nach und nach so heben, daß er endlich nur noch auf einer Ecke steht, durch welche dann das letzte überschüssige Quecksilber, das immer nach dem tiefsten Punkte geht, auch noch abfließt. Die ganze Operation dauert drei Wochen.

Kennen wir so die Art und Weise, wie ein Spiegel entsteht, so wird uns auch deutlich, welche Rolle das Glas an demselben spielt. Sie ist eine doppelte: indem erstlich der polirte Glaskörper auf ein breiiges Amalgam preßt, muß letzteres die Form des erstern annehmen und so entsteht die spiegelnde Metallfläche, die aber nur dadurch Halt und Dauer gewinnt, daß sie am Glase kleben bleibt. Das Metall ist also der eigentliche Stoff des Spiegels, das Glas der Former, Träger und Beschützer desselben.

Es hat sich neben dieses uralte Verfahren der Spiegelerzeugung seit einigen Jahren ein neues gestellt, wobei eine chemisch niedergeschlagene Silberschicht die Stelle des Zinnamalgams vertritt; es werden dadurch sehr schöne Spiegel und noch dazu wohlfeiler, weil mit geringem Zeitaufwand, hergestellt. Die Tafel wird mit einem Rande versehen oder in einen passenden Kasten gelegt und etwa zollhoch mit einer silberhaltigen Flüssigkeit übergossen. Letztere, eine mit Salmiakgeist versetzte Lösung salpetersauren Silbers, ist mit sogenannten reduzierenden Substanzen gemischt, deren die

verschiedener Rezepte vielerlei nennen, besonders Nellen- und Zimmtöl in Weingeist gelöst, Traubenzucker, Weinstensäure zc. Alle solche Substanzen wirken auf das Silberfalz so, daß sie ihm den Sauerstoff entziehen, wodurch das Silber sich in metallischer Form ausscheidet und am Glase als eine spiegelnde Schicht fest anlegt, die dann auf der Rückseite durch irgend einen Firniß geschützt wird. Durch diese nasse Verfilberung lassen sich auch stark gekrümmte Glasflächen spiegelnd machen, was mit Quecksilberamalgam kaum thunlich erscheint. So kann man Glasugeln mit aller Leichtigkeit auf der Innenseite durch Eingießen der Flüssigkeit verfilbern, macht auch sonst Hohlglaswaaren aus doppeltem Glas, bei denen sich die Verfilberung im Innern zwischen den beiden Wandungen befindet, und für teleskopische Hohlspiegel ist das neue Verfahren vielleicht als ein wichtiger Fortschritt anzusehen.

**Gefärbte Gläser.** Außer den im Vorhergehenden betrachteten Formen, zu denen das Glas verarbeitet wird (Hohlglas und Tafelglas), giebt es aber noch eine große Zahl von Verwendungen, zu denen sich das bildsame und schöne Material geeignet zeigt, und es werden daher zahllose Gegenstände, namentlich zu Bijouteriezwecken, daneben aber auch wichtige Apparate aller Art, aus Glas hergestellt. Die größeren, massigeren Stücke werden zum Theil gegossen, andere werden gepreßt, noch andere erhalten ihre Gestalt durch kunstvolles Blasen an der Lampe; Schleifen, Poliren und manche andere Hülfarbeiten geben die schließliche Vollendung, kurz es treten die mannichfachsten Umgestaltungen zusammen und aus ihrem Verein gehen Gebilde hervor, bald den praktischen Bedürfnissen zu genügen, bald dem Schönheitsfinne zu schmeicheln, bald den forschenden Geist zu unterstützen. Das Färben des Glases dürfte deswegen an dieser Stelle zuerst zu besprechen sein, weil es die innere Masse im großen Ganzen betrifft und so den Ausgangspunkt für vielerlei Produkte und Verfahren bildet.

Wir haben schon bei der Bereitung der weißen Glasmasse gesehen, daß es ziemlich schwer hält, zufällige Färbungen derselben zu verhüten und ein farbloses Glas zu erhalten. Viel leichter ist es in der That, dem Glase bestimmte Farben mitzuthemen, und es dienen dazu Metalloxyde, die mit der Kieselsäure ebenfalls zu Silikaten zusammenschmelzen, sowie auch einige andere Stoffe, welche gewisse Farben hervorbringen. Im Wesentlichen sind es dieselben Körper, welche wir schon bei der Glasmalerei wirksam fanden, und ihre Effekte sind auch bei dem Glase ganz entsprechend. So dienen Goldpurpur (aus Gold und Zinn bestehend), Kupferoxydul und Eisenoxyd zur Erzeugung rother Farben; Kobaltoxyd giebt Blau; mit Antimonoxyd, Bleioxyd, Eisenoxyd, Kohle, Uranoxyd und verschiedenen Silberpräparaten lassen sich gelbe Töne erzeugen; Kupfer- und Chromoxyd geben Grün; Eisen- und Uranoxyd Schwarz; Manganoxydul Blau und Violet u. s. w. Durch Vermischung verschiedener Farbstoffe lassen sich viele Nüancen hervorbringen, sowie auch einzelne dieser Stoffe durch verschiedene Behandlung verschiedene Färbungen bewirken können. Schwarz erscheinende Gläser werden durch starke Zusätze von grün-, braun- oder blaufärbenden Materialien erzeugt, indem dadurch diese Farbentöne so tief werden, daß sie alles Licht verschlucken und uns als schwarz erscheinen. Viele farbige Gläser, bunte Glasscheiben z. B., sind daher auch nicht in ihrer ganzen Masse gefärbt, weil sie in diesem Falle leicht zu dunkel ausfallen würden, sondern bloß überfangen, d. h. sie haben eine Grundlage von weißem Glas mit einem farbigen Ueberzug. Will der Glasbläser solches Ueberfangglas erzeugen, so hat er zwei Tiegel mit geschmolzener Masse vor sich, von denen der eine weißes Glas, der andere Glas von der gewünschten Farbe enthält. Nun taucht er die Pfeife zuerst in die weiße Masse und dann in die gefärbte, von der er, je dunkler er seine Farbe wünscht, um so mehr Metall, so heißt der geschmolzene Inhalt der Tiegel, an die Pfeife nimmt. Beim

Blasen erhält er nun eigentlich ein Doppelglas, indem die Blase, welche er bildet, innen weiß, außen gefärbt ist. Der Effekt ist aber derselbe, als ob das Glas in seiner ganzen Masse gefärbt wäre. Die schwächsten Stellen des Geschirres erscheinen von derselben Farbennüance wie die dicksten, was nicht der Fall bei durchweg gefärbtem Glase sein würde, und außerdem läßt der Ueberfang sich durch Schleifen stellenweise wieder entfernen, ein Umstand, der für die Verzierung der Gläser von großer Bedeutung ist, weil er die Erzeugung heller Muster auf gefärbtem Grunde und umgekehrt leicht auszuführen gestattet.

Um sich vor dem blendenden Anprall der Sonnenstrahlen zu schützen, fertigt man Augengläser von einer ganz eigenthümlichen Beschaffenheit. Sie sind vollkommen durchsichtig und von einer ganz unbestimmten, aber ziemlich dunklen Farbe, um das durchgehende Licht zwar nicht zu färben, wol aber zu schwächen. Die Farbe (London smoke) soll erhalten werden dadurch, daß man der Glasmasse zweierlei Substanzen, welche für sich komplementäre Farben erzeugen würden, zusetzt, z. B. Kupferoxydul (roth), Eisenoxydul (grün), in deren Wechselwirkung also eine einzelne Farbe nicht für sich zur Geltung kommen kann.

Außer den durchsichtigen Gläsern kommen auch einige Varietäten vor, denen man die Durchsichtigkeit durch Zusätze mehr oder weniger benommen hat; solche sind namentlich das Alabaster-, Opal-, Milch-, Beinglas und das Email. Die Trübung des Alabasterglases ist durch einen Ueberschuß von Quarz pulver bewirkt; Opal-, Milch- und Beinglas sind durch Knochenasche (phosphorsauren Kalk)

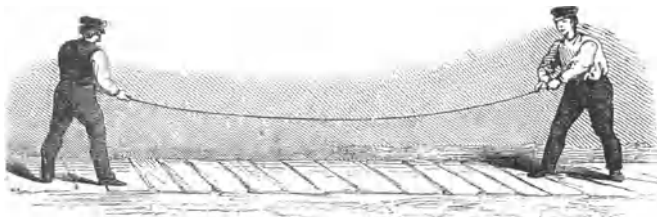


Fig. 205. Erzeugung der Glasröhren.

getrübt, und ihr verschiedenes Aussehen rührt nur von den verschiedenen Mengen des Zusatzes her.

Die schönsten bunten Gläser werden zur Nachahmung der Edelsteine benutzt und um Lichtbrechung und Glanz möglichst mit zu steigern, setzt man zu diesem Behufe ganz besondere Glasflüsse zusammen, die den Namen Straß führen. Der Straß ist ein Kaliglas, welches sehr viel Bleioxyd und einen gewissen Antheil Bor säure enthält. Der Bleigehalt ist noch größer als im Flintglas oder in den Glasfüßen zu optischen Zwecken, und demzufolge ist auch die Härte des Straß's nicht sehr bedeutend. Die Farbe erhält er durch die schon genannten Metalle.

Die Glasröhren spielen in der Glastechnik eine so große Rolle, daß wir ihrer Herstellung einige Beachtung schenken müssen. Nicht nur daß für röhrenförmiges Glas sich selbst vielfache Verwendung zeigt zur Herstellung von Barometern, Thermometern u. s. w., die Glasröhre ist auch gewissermaßen der Ausgangspunkt, von welchem das Glas eine weitere Formwandlung in alle erdenklichen Gestalten erfährt. Wie das Blei in Blöcken, das Gold in Barren, der Zucker in Hüten, so kommt das Glas, wenn es, wie die feineren und gefärbten Sorten, als Rohmaterial verkauft wird, meist als Röhren in den Handel.

Die Herstellung der Röhren und Stäbe an sich geschieht in sehr einfacher Weise. Der Arbeiter bläst einen Cylinder, wie für Tafelglas, nur macht er ihn dickwandiger und den Hohlraum enger. Nachdem er ihn gehörig wieder erhitzt, heftet ein zweiter Arbeiter seine Pfeife oder sein Heftisen an das andere Ende desselben, und indem beide

sich möglichst rasch von einander entfernen, ziehen sie die Glasmasse zu einer langen dünnen Röhre aus, die man in beliebig dünnere verwandeln kann, wenn man sie in Stücke zerschlägt und diese von Neuem glüht und auszieht. Bei der Erzeugung bloßer Stäbe fällt natürlich das vorherige Aufblasen weg; man macht lediglich eine Wurst von Glasmasse und verfährt wie eben angegeben. Dieses Ausziehen ist eigentlich schon ein größeres Spinnen oder vielmehr das sogenannte Glasspinnen ist nichts als ein weit fortgesetztes Ausziehen mittels einer Haspel. Die mehr als haarfeinen Fäden, welche dabei erhalten werden, sind jedenfalls ein interessanter Beweis der hohen Dehnbarkeit der geschmolzenen Glasmasse.

Die Art der Herstellung bedingt, daß die Glasröhren im Innern eigentlich nie rein cylindrisch sind, sie sind an den beiden Enden am weitesten, nach der Mitte ihrer ganzen Länge zu werden sie immer enger. Für die gewöhnlichen Zwecke hat dies nicht viel zu bedeuten, bei feinen physikalischen Apparaten, Thermometern u. s. w., kommt darauf aber viel an, weil von der Weite der Röhre an jedem Punkte die entsprechende Theilung abhängt. Ein Mittel, genau cylindrische Röhren herzustellen, giebt es nicht, man kann nur aus sehr langen, auf die gewöhnliche Art hergestellten Stücken die geeignetsten Theile durch sorgfältiges Probiren zu erkennen suchen. Dies ist aber eine sehr mühsame Arbeit und wird so selten von einem günstigen Erfolg belohnt, daß untadelhafte Röhren verhältnißmäßig ganz fabelhafte Preise erlangen.

**Glasperlen.** Aus Röhrenglas werden nun in der Regel die kleineren Glasartikel hergestellt und die allereinfachste Behandlung, ein bloßes Zerschneiden, läßt die zierlichen Perlen hervorgehen, die früher ausschließlich und jetzt noch zum großen Theil aus Venedig --- den Glashütten von Murano in den Handel gebracht werden.

Zu diesem Behufe zieht man die Röhren, farblose sowol als gefärbte, in allen nur denkbaren Nüancen in einer dicht neben dem Glasofen befindlichen Galerie wol über hundert Schritte lang aus und zerbricht sie zunächst in kürzere Stücke, die man dann fast wie Häckel in die erforderlichen Längen schneidet. Es werden nämlich eine Anzahl Röhren in die Hand genommen, durch Aufstoßen an eine Mchwand die Enden alle in gleiche Lage gebracht, die Stäbchen dann auf die Schneide einer feststehenden Klinge gelegt und die überstehenden Enden dann durch Niederführen einer zweiten schweren Klinge in einem Zuge abgetrennt, die Stäbchen sogleich nachgeschoben, wieder abgeschritten u. s. w. Sofern man Schmelz machen will, ist hiermit die Arbeit beendigt und die längern Cylinderehen behalten ihre scharfen Ränder an den Schnittflächen; für die eigentlichen Perlen werden die Abschnitte kürzer gemacht und diese dann noch einer besondern Behandlung unterworfen, durch die sie abgerundet werden. Da diese Abrundung durch Erhitzen bis zur anfangenden Schmelzung geschehen soll, so muß man Vorforge treffen, daß die Perlen nicht zusammenbacken und ihre Durchbohrung sich nicht schließt. Dies geschieht, indem man ihnen ein in der Hitze unschmelzbares Pulver, aus Lehm, Gyps, Sand, Graphit u. dgl. bestehend, beimischt und die Mischung so lange verreibt, bis die Löcher der Perlen sich vollgesetzt haben. In großen kupfernen Trommeln wird nunmehr das Gemisch von Staub und Perlen unter beständigem Umdrehen über Feuer bis zum Glühen erhitzt; in Folge der Erweichung der Glasmasse flachen sich dann die scharfen Ränder ab und die Glaskörperchen nehmen eine mehr zugerundete Form an, der freilich zur vollkommenen Kugelgestalt noch Vieles fehlt. Hat man schließlich durch abwechselndes Schütteln und Sieben den Staub wieder von den Perlen gesondert, auch die ganz mißgestalteten auf einer schwach geneigten Tafel nach Art des Erbseulesens beseitigt, so werden die brauchbaren für den Handel an Fäden gereiht. Der Faden ist hierbei vorn mit einem dünnen Draht oder einer angebrehten Schweinsborste bewaffnet, und indem man damit in einen Haufen

Perlen hineinsticht, trifft man immer eine ziemliche Anzahl Köcher, so daß das Aufreihen rascher geht als man denken sollte.

Während so diese gewöhnlichen Perlen scheffelweise erzeugt werden können, giebt es gar mancherlei Schmuckperlen, Knöpfe, nachgeahmte Edelsteine u. dgl. Luxusartikel, die mit viel mehr Kunst an der Lampe, durch Schleifen und manche andere Hülfsmittel einzeln gefertigt werden. So hübsch viele dieser Luxus- und Modesächelchen sein mögen, so wenig dürfte eine umständliche Beschreibung ihrer Herstellung ansprechen.



Glasarten von verschiedener Zusammensetzung nicht, wenn sie nicht ganz dünnflüssig gemacht werden; wol aber hängen sie sich leicht zu einer Masse zusammen. Hierauf beruht die Möglichkeit, so schöne Farbenabwechslungen, Streifen u. dgl. hervorzubringen, wie sie uns an manchen Artikeln so sehr erfreuen. Feine Glasstäbchen von verschiedener Farbe, oft nicht dicker als ein Faden, bilden dazu das Hauptmaterial.



Fig. 205. Verzehrte Gläser von der Londoner Ausstellung.

Manche bunte Muster, die mit dem Pinsel aufgetragen zu fein scheinen, bestehen blos aus geschickt aufgelegten und geschmolzenen Fäden. Das sogenannte Millefiori, in eine Glasmasse eingestreute Blümchen, Sterne u. dgl., besteht lediglich aus Querabschnitten farbiger Stäbe, die zu der verlangten Zeichnung zusammengesetzt, durch Hitze vereinigt und durch Ausziehen verkleinert wurden. So wird z. B. ein gelbes Stängelchen mit fünf blauen im Kreise umgeben, das Ganze in der Hitze zusammengeschweißt und nach Bedarf gestreckt. Jeder Querabschnitt dieser bunten Stange liefert dann eine Blüte des bekannten Bergisweinnichts. Die seit einiger Zeit in Mode gekommenen gläsernen Briefbeschwerer zeigen eine große Mannichfaltigkeit solcher Erzeugnisse, die durch Eintauchen in eine farblose Glasmasse, welche natürlich etwas leichtflüssiger sein muß, zu einem Stück verbunden sind.

Mit Petinetglas oder Glasfiligran bezeichnet man solche Gläser, in denen hauptsächlich zierlich verschlungene weiße lange und farbige Linien oder Fäden sich zeigen. Diese Fäden rühren ebenfalls von Stäbchen her, die in einer farblosen Glasmasse vereinigt wurden. Durch Aufblasen des Ganzen zu einem Cylinder, Ausziehen, schraubenförmiges Drehen, Zueinanderstecken zweier in verschiedener Richtung gedrehter Cylinder, Plattbrücken (beim Bandglas) und andere Manipulationen bringt man endlich die zierlichen Sachen zu Stande, die das Auge immer von Neuem ergötzen. Wir geben in der Abbildung (Fig. 206), Petinetglas, eine der einfachsten Formen

zur Veranschaulichung dieser Art von Erzeugnissen. Es giebt deren nicht allein in mancherlei Farbenwechsel, sondern häufiger noch farblose, die dennoch einen schönen Effekt machen. Das feine Netzwerk, welches im Innern dieser farblosen Glaskörper sichtbar ist, besteht lediglich aus regelmäßigen Reihen von Luftbläschen, und so räthselhaft dies erscheinen mag, so ist doch die Sache an sich ziemlich einfach. Die Herstellung beginnt damit, daß eine Anzahl Stäbchen von farblosem Glase in eine Rundform neben einander gestellt und mit einem Drahte oder einem umgelegten Drahtfaden vorläufig verbunden wird. Nun nimmt man sie an die Pfeife und schweißt sie zusammen, so daß sie einen gerieften Hohlzylinder, ein Stück Röhre bilden, das im erhitzten Zustande in sich selber so weit gedreht wird, daß die Riefen die Form eines Schraubenganges annehmen. Schiebt man nun zwei solcher Cylinder, von denen der eine rechts, der andere links gedreht ist, in einander, vereinigt sie durch Erhitzen und verstärkt sie schließlich durch Eintauchen in Glasmasse, so wird im Innern an jeder Kreuzungsstelle zweier Riefen ein Luftbläschen zurückgeblieben sein, was bei der Menge solcher Bläschen und ihrer regelmäßigen Stellung jenen hübschen Anblick gewährt.

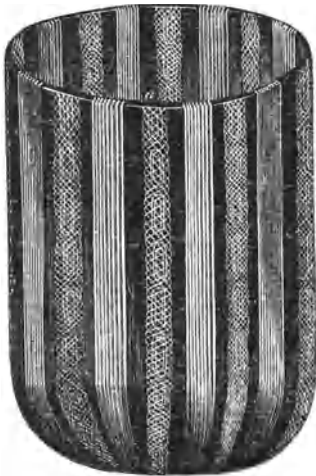


Fig. 206. Petinetglas.

Ein anderes erwähnenswerthes Kunststückchen der Glasbereitung bilden die sogenannten Inkrustrationen. Bei manchen böhmischen Glasartikeln sieht man nämlich silberne oder goldene Münzen oder Medaillen, wenigstens scheinbar, in die Glasmasse eingeschmolzen. Von so edlem Stoff sind nun diese Stücke freilich nicht, ja sie bestehen nicht einmal aus einem Metall, sondern sind aus einer bescheidenen weißen Thon- oder Porzellanmasse gepreßt und gebrannt. Der Glasmacher drückt diese Kopien in die weiche Glasmasse ein und überfängt sie mit einer Lage Glas. Ist das letztere farblos, so erhält man den Effekt einer Silbermünze; eine Goldmünze dagegen erscheint, wenn gelbes Lieberfangglas genommen wird. Woher kommt aber unter diesen Umständen der Metallglanz? Hierauf giebt die Physik folgende

Antwort: Die gläserne Decke hat sich mit dem unterliegenden Abdruck nicht innig vereinigt, sondern berührt nur eben die hervorragenden Spitzen der Fläche. Hiernach befindet sich zwischen beiden Körpern eine sehr dünne Luftschicht, welche eine totale Reflexion des Lichtes, eine vollständige Spiegelung hervorbringt, wie wir sie für gewöhnlich nur an Metallen sehen, und über deren Wesen wir uns im II. Bande dieses Werkes Seite 181 unterrichtet haben. Ein Thautropfen, der auf einem rauhaarigen Blatte sitzt, glänzt wie Silber und diese Erscheinung hat nicht nur denselben Erklärungsgrund wie die vorige, sondern sie gerade war es auch, welche den Erfinder in Böhmen auf die Idee der Inkrustration brachte. So läßt sich durch scharfes Beobachten und Nachdenken auch den alltäglichsten Dingen noch eine neue Seite, eine interessante Anwendung abgewinnen.

**Kunstbläserei.** Sehr viele solcher feineren Kunstarbeiten, ja die meisten derselben, werden nicht in der Glashütte direkt aus dem Schmelzhafen herausgearbeitet, sondern sie erhalten ihre Form erst in der Hand besonderer Künstler durch Bearbeitung an der Lampe. Man benutzt dazu eine Löhrohrflamme, d. h. die Flamme einer Del- oder Weingeistlampe, durch welche, gewöhnlich mittels eines doppelten Blasbalges, ein feiner scharfer Luftstrom so hindurchgeführt wird, daß er dieselbe in horizontaler oder schräg auf-



wärts gehender Richtung mit sich fortreißt. In dieser Flamme, welche an ihrer Spitze die größte Hitze entwickelt, werden nun die Glasröhren und Stäbchen, wie sie von den Glashütten kommen, in Glühhitze versetzt und nehmen dadurch eine solche Weichheit und Dehnbarkeit an, daß sie sich in jede beliebige Form bringen lassen. Wer einen Glasbläser von Profession, wie sie sich zuweilen öffentlich zeigen, zum ersten Male arbeiten sah, hat gewiß nicht ohne Erstaunen gesehen, mit welcher Schnelligkeit und scheinbaren Leichtigkeit die weiche Masse, die sich nicht einmal mit den Händen berühren läßt, die mannichfachsten Formen annimmt, wie Hunderte von zierlichen Gegenständen gleichsam aus der Flamme geboren werden. Wenn der Goldarbeiter sein Metall mit dem Hammer austricht und in untergelegte Formen preßt, so gehört zu der richtigen Vollendung auch viel Kunstfertigkeit und viel künstlerischer Sinn. Allein der Glasbläser hat bei Weitem subtilere Arbeit zu verrichten, da er ein Material vor sich hat, dessen Weichheit und Dehnbarkeit sich bei jedem Hitzeград ändert, und als einziges Mittel es zu formen die Luftmasse, welche er mit seinem Munde in das Innere preßt. Die Cartesianischen Taucherfiguren, welche wir auf Jahrmärkten in ihren Glasflaschen auf- und niedersteigen sehen, sind aus Glasröhren geblasen. Wo ein Arm herauswachsen soll, oder ein Bein oder ein Horn, wird die Glasmasse durch die Stichtlamme erweicht und durch die hineingeblasene Luft aufgetrieben. Verzieht es der Künstler um ein Haar, daß ein zu großer oder ein zu kleiner Fleck weich wird, oder daß er zu stark oder zu kurz bläst, so erhält er eine Mißfigur, die unrettbar verloren ist.

Aber es sieht Alles so leicht aus, und so kam es auch jenem deutschen Grafen vor, der in Italien einem Glasbläser zusah; er meinte, was sich so leicht anfähe, müsse er auch können, er wolle es doch einmal versuchen. Er fing denn auch an zu blasen, aber das Erste, was er herausbrachte, war eine birnförmige Hohlform, ein Gläschchen (*fiasco*); der zweite Versuch ergab wieder ein solches Gläschchen, der dritte ebenfalls, und so machte er mit steigendem Verdruß noch manches *fiasco*, und in dieser Art soll, wie Manche meinen, die noch heute gebräuchliche Redensart ihren Ursprung genommen haben.

Es ist unmöglich, durch Beschreibung eine Vorstellung von den Handgriffen und Besesseln zu geben, welche der Glasbläser anwendet, und wir würden auf diesen Gegenstand auch nicht so viel Worte gewendet haben, als geschehen, wenn allein jene Spielereien von Blumen, Vögeln, seidenglänzenden Fäden u. dgl. auf diesem Wege hervorgebracht würden. Allein alle die für die physikalischen und chemischen Wissenschaften geradezu unerfeglichen Apparate, bei denen das Glas in einer andern Form als in Linfen, oder Prismen, oder Platten vorkommt, alle diejenigen, wo Röhren oder Kugeln oder trichterförmige Hohlformen vorkommen, sind an der Lampe geblasen worden, und die Mannichfaltigkeit ihrer Verwendung macht es jedem Physiker und jedem Chemiker zur Nothwendigkeit, sich einige Fertigkeit wenigstens in der feineren Glasbläserei anzueignen. Durch Ausziehen wird eine glühend gemachte Stelle der Röhre länger oder dünner, durch Einblasen von Luft schwillt sie zu einer Wulst oder Kugel auf. Schiebt oder staucht man eine Stelle vorher zusammen, so daß mehr Masse dort angehäuft wird, so kann man nun eine größere Kugel anblasen. Kurz, das spröde Glas fügt sich vor der Lampe jedem Hauche. Unsere Anfangsbignette zeigt einen Glasbläser in seiner Arbeit und um ihn herum eine Anzahl jener Apparate, deren Verwendung jedem Laien zwar unbegreiflich, die aber dennoch viel einfacher und unendlich segensreicher sind, als die phantastischen Gläser, Destillir- und Schmelzgefäße, welche die Faust-Küchen der Alchemisten decorirten.

Wenn man ein Klümpchen Glas zu einer recht dünnen Kugel aufbläst und diese schließlich durch einen kräftigen Luftstoß zersprengt, so flattern die Bruchstücke als

äußerst zarte Häutchen in der Luft umher und zeigen ein schönes Spiel von Regenbogenfarben. Es ist dies ganz dieselbe Erscheinung der Farbenzerstreuung, wie sie beim Seifenblasenmachen auftritt; um sie hervorzubringen, muß ein zartes Häutchen vorhanden sein, das eine gewisse Dicke nicht übersteigt, und diese Dicke darf nicht durchweg eine ganz gleichmäßige sein. Daher spielt die Seifenblase nur so lange in Farben, als das Aufblasen dauert und ihre Größe sich ändert. Einige Augenblicke später hat sich die Wandung ausgeglichen und ihre Farben sind verschwunden. Bei der Glasblase dagegen hindert die schnelle Abkühlung eine solche Ausgleichung, und das Farbenspiel bleibt auf den Flittern dauernd. Man sucht nun die schönsten hiervon aus und klebt sie auf Tapeten, die dadurch freilich theuer werden, aber ein sehr brillantes Ansehen erhalten. Diese wenn auch seltene Anwendung des Glases konnte vielleicht unerwähnt gelassen werden, indeß glauben wir, daß, wenn einer unserer Leser einmal in einem Prachtzimmer noch solche schimmernde Tapeten antreffen sollte, es ihm doch nicht unlieb sein werde zu wissen, wie sie erzeugt sind und welche Bewandniß es mit ihrem schönen Farbenspiele hat.

**Weitere Vollendung und Verzierung der Glaswaaren.** In vielen Fällen sind die Glaswaaren, wie sie aus der Glashütte gelangen, ihren Zwecken schon entsprechend, in anderen werden sie dahin geführt durch eine komplizirte Behandlung vor der Lampe, durch Bemalen, Emailiren, Aufschmelzen von Perlen, nachgeahmten Edelsteinen u. s. w., wie es die Fig. 206 zeigt; häufig aber bedürfen sie noch einer Bearbeitung, die ihnen, mit Hülfe des Feuers allein nicht gegeben werden kann und wozu Stahl und Diamant, Schleifsteine und ägende Säuren helfen müssen.

Das Glas hat in der Kälte eine ziemliche Härte, es wird aber doch von hartem Stahl, manchen Edelsteinen, ja schon vom Quarz angegriffen. Der Diamant schneidet in das Glas wie ein spitzes Messer in einen Thonscherben, und es ist deswegen ein werthvoller Körper, um das spröde Material in beabsichtigte Formen zu bringen. Die Glaserdiamanten müssen der Art gefast sein, daß zwei zusammenstoßende natürliche Krystallflächen die schneidende Kante bilden. Ihre sichere Führung gelingt erst nach mehrfacher Uebung und wird noch schwieriger, wenn es sich nicht um gerade Schnitte, sondern um krummlinige Figuren handelt, die ohne Lineal nach einem aufgelegten Muster herzustellen sind. Runde Scheiben lassen sich dagegen leicht herstellen, indem man den Diamant in einen Zirkel einsetzt oder die Scheibe in eine Drehbank spannt und den Diamant dagegen hält. Rauhe Ränder an Glasstücken lassen sich an gewöhnlichen Schleifsteinen abschleifen. Häufig wendet man zum Trennen eines Glaskörpers in mehrere Theile das Sprengen an, wofür es verschiedene Methoden giebt. Gläserne Stäbe und Röhren lassen sich an bestimmter Stelle durchbrechen, wenn man vorher mit einer guten Feile einen entsprechend tiefen Einschnitt gemacht hat. Sonstige Trennungsmethoden beruhen in der Regel auf der ungleichförmigen Ausdehnung und Zusammenziehung durch Erhitzen und Erkalten des Glases an der Stelle, wo es sich trennen soll. Sehr bekannt ist die Prozedur mit dem umgelegten und angezündeten Schwefelfaden oder auch mit dem Bindfaden, mittels dessen man durch Hin- und Herziehen einen bestimmten Kreis am Glase erhitzt und die erhitzte Stelle dann plötzlich mit kaltem Wasser abschreckt; es schlägt aber freilich nicht selten fehl. Zweckmäßiger ist der Sprengring, ein starker an einem Ende ringförmig gebogener Eisendraht. Man macht dieses Ende glühend und zieht den Ring so zusammen, daß er auf den zu sprengenden Glaszylinder genau paßt. Nach einer halben oder ganzen Minute nimmt man ihn weg, berührt die heiße Stelle mit einem nassen Stückchen Holz und der Sprung erfolgt. Für die meisten Fälle indeß ist das sicherste Mittel die Sprengkohle. Sie besteht aus Stäbchen, die aus einem Teige von fein gepul-

verter Buchenfohle und Gummi- oder Harzlösungen nach verschiedenen Rezepten bereitet sind. An einem Ende glühend gemacht, verglimmt ein solches Stäbchen ruhig bis zum andern Ende. Man macht nun an der Stelle des Glases, wo der Sprung anfangen soll, einen Feilstrich, setzt das glimmende Ende auf und wartet, bis sich ein kleiner Sprung gebildet hat. Nun fährt man mit der Kohle auf dem Glase langsam in der vorgezeichneten Richtung nach und führt so den Sprung überall hin, wo man ihn haben will. Die Arbeit fällt bei einiger Übung ganz regelmäßig aus und man kann auf diese Art ein Trinkglas in einem engen Schraubengange von oben bis unten zerschneiden, oder vielmehr zersprengen, so daß es sich wie eine Spiralfeder strecken läßt. Auch kann man den Diamant mit Temperaturveränderungen zusammenwirken lassen, was besonders bei dicken Gläsern am Plage ist, wo der Diamantschnitt einen so kleinen Theil des ganzen Durchmessers trifft, daß das mechanische Durchbrechen unsicher wird. Taucht man ein so angeschnittenes Glas abwechselnd in kaltes und heißes Wasser, so vertieft sich der Schnitt immer mehr, bis endlich die Theile sich trennen.

Um Glas zu durchlöchern, hat man verschiedene Methoden. Kleinere Löcher kann man mit Metallbohrern fast eben so bequem in Glas wie in Metall machen; aus freier Hand kann man mit einem Grabstichel oder einer zugespitzten dreikantigen Feile Löcher durcharbeiten, sie dann mit der Reibahle erweitern &c. In allen Fällen, wo Glas mit einem scharfen, metallenen Instrumente bearbeitet wird, muß die betreffende Stelle zur Verhinderung des Splitters mit harzigem Terpentinöl feucht gehalten werden. Langsamer, aber sicher und rein, bringt man runde Löcher in das Glas durch Einschleifen, zumal auf der Drehbank. Statt des Bohrers dient hier ein umlaufender stumpfer Stift, gewöhnlich von Kupfer, für größere Löcher eine kleine aufgefettete Kupferscheibe. Diese Stücke werden mit Smirgel, der mit Del angemischt ist, bestrichen und dies im Laufe der Arbeit öfter wiederholt. Wendet man unter gleichen Umständen statt der Scheibe ein ring- und röhrenförmiges Metallstück an, so braucht man nicht die ganze Füllung des Loches auszuschleifen, sondern es fällt zuletzt eine ausgeschnittene Scheibe ab. Dies ist auch die Art, wie man aus dickem Glase die Scheiben zu optischen Linsen schneidet.

Das Schleifen des Glases wird ungemein häufig angewendet, sowol um seine Oberfläche zu ebenen und zu poliren, wie wir schon bei den Spiegelplatten gesehen haben, als auch um in die Masse des Glases hinein vertiefte Zeichnungen, Verzierungen, Inschriften u. s. w. zu graben, und endlich, um Gegenstände aus Glas herzustellen, die in der verlangten Genauigkeit und Vollendung weder auf dem Wege des Blasens, noch auf dem des Gießens oder Pressens sich erzeugen lassen.

Die Werkzeuge sind immer rotirende Schleifkörper, Scheiben, Platten oder Spitzen, welche entweder durch ihre eigene Substanz oder durch aufgestreute Körper das Glas angreifen. Es klingt unglaublich, wenn man erfährt, daß die reizenden Effekte, welche namentlich die böhmischen Glaswaaren in großer Vollendung zeigen, durch nichts weiter hervorgebracht worden sind, als durch Andrücken des Glases an die rotirende Schleifscheibe, und daß diese überraschenden Verzierungen von gewöhnlichen Arbeitern bewirkt werden, bei denen ein gebildeter künstlerischer Sinn durchaus nicht vorauszusetzen ist, und die sich doch selten auch nur einer Vorzeichnung bedienen. Die Schleifapparate werden meist von Wasserkraft in Bewegung gesetzt und die Schleifmühlen liegen gewöhnlich in der Nähe großer Glashütten oder umgeben von Ortschaften, in denen andere Zweige der Glasindustrie, Knopf-, Prismen-, Perlenfabrikation u. s. w., betrieben werden. Ein Wasserrad empfängt die Kraft und trägt die Bewegung auf die einzelnen Schleifbänke über. Diese sind fast nichts Anderes als einfache Drehbänke; sie

haben eine liegende Spindel, deren freies Ende zum Aufstecken der verschiedenen Schleifscheiben eingerichtet ist, welche aus einem harten Körper bestehen und durch ihre Rotation in das angedrückte Glas die Vertiefungen hineinarbeiten.

Die Schleifscheiben sind nach Größe, Form und Material sehr mannichfaltig. Einige bestehen aus hartem Sandstein, haben 8–10 Zoll Durchmesser und  $1\frac{1}{2}$ – $\frac{3}{4}$  Zoll Dicke. Nebstdem giebt es Scheiben größerer Art aus Eisenblech und ein ganzes Sortiment kleinerer aus stark gehämmertem Kupfer, von Thalergröße bis zum halben Silbergroschen und noch weiter herab. Je feiner die Verzierungen werden, wie zu den kleinen vertieften Landschaften, Wappen, Namenszügen u. dgl., desto kleiner werden auch die Scheiben, die dann von Kupfer oder auch wol von Stahl sind, und für die feinste Linie oder den kleinsten Punkt nur als Spitze erscheinen.

Die Verschiedenheit der Schleifscheiben bezieht sich nicht allein auf den Durchmesser und die Dicke, sondern hauptsächlich auch auf die Kante, den eigentlich arbeiten den Theil; dieselbe ist bald flach, bald erhaben oder vertieft gewölbt, bald scharfzantig bis zur Messerschärfe, und der Schleifer hat den Umständen nach zu wählen, was für jeden Fall am besten paßt. Beim Schleifen von größeren oder kleineren Flächen wird zuerst durch das sogenannte *Krauschleifen* die überflüssige Substanz weggenommen: dazu dienen denn auch energische Schleifmittel, gewöhnlich ein harter, scharfförniger Sand; dann folgt das *Klarschleifen*, welches die Oberfläche glättet, und endlich das *Poliren*; dies geschieht durch Scheiben aus Zim, Kork, Holz, letzteres zuweilen mit Filz überzogen. Das Schleifen von Facetten an Prismen, Leuchterbehängen, Perlen u. s. w. ist sehr einfach; bei besonders genauen Arbeiten, künstlichen Edelsteinen u. dgl., kann es auf ähnliche Weise ausgeführt werden, wie wir schon im III. Bd. S. 139 besprochen haben. In der Regel wird auf die Herstellung der Produkte eine viel geringere Sorgfalt verwendet, trotzdem aber zeigen dieselben häufig eine fast mathematische Regelmäßigkeit, denn die unausgesetzte Uebung derselben Handgriffe läßt schließlich den Schleifer mit der Genauigkeit einer Maschine arbeiten.

Die Herstellung von Mustern auf farbigen Gläsern geschieht dadurch, daß das Ueberfangglas an den betreffenden Stellen durch die Schleifscheibe beseitigt wird. Wenn die Gegenstände rund sind, so kann dieser Effect schon durch das Auflegen auf eine flache Scheibe hervorgebracht werden, welche die Rundung zu einer ebenen Fläche abschleift; wo dies nicht genügt, müssen die kleinen Schleifscheiben angewandt werden, welche mit ihren Kanten die Vertiefungen ausarbeiten. Die Arbeit eines geschickten Glasschleifers geht sehr flink von Statten und in unglaublich kurzer Zeit stellt er durch bloßes Anlegen eines Gefäßes an das umlaufende Scheibchen und durch entsprechendes Drehen und Wenden die geschmackvollsten Verzierungen her. Einen besondern Zweig bildet das Schleifen optischer Gläser. Da dasselbe aber die Beachtung ganz besonderer Umstände und Gesetze erfordert, stets nur von Optikern und vom eigentlichen Glashüttenbetriebe getrennt ausgeführt wird, so können wir an dieser Stelle keine Beschreibung umgehen.

Ein besonderes Hilfsmittel der Verzierung ist das *Äzen* des Glases mittels Flußsäure (Fluorwasserstoffsäure). Diese Säure hat die Eigenthümlichkeit, die Kieselsäure des Glases aufzulösen, und kann, wie die Salpetersäure, zu Zwecken der Kupferstecherkunst angewendet werden, um Vertiefungen von der Oberfläche in die Masse des Glases hineinzufressen. Man gewinnt wässrige Flußsäure, indem man fein gepulverten Flußspath mit concentrirter Schwefelsäure anrührt, das Gemenge destillirt und die sich entwickelnde Säure in einer Vorlage mit Wasser auffängt; für viele Zwecke kann man den Flußspathbrei auch ohne Weiteres auf die zu äzende Glasfläche auftragen. Wo die Flußsäure zur Wirkung kommt, wird die blanke Oberfläche des Glases matt und endlich vertieft; will man daher Muster auf Gläser äzen, so überzieht man diejenigen

Stellen, welche nicht angegriffen werden sollen, mit einem schützenden Firniß von Terpentin und Wachs oder dergleichen, und taucht dann den Gegenstand entweder in eine Auflösung von Flußsäure oder man breitet den mit Schwefelsäure angemachten Flußspathbrei darauf aus, indem man durch einen angebrachten Rand von Wachs dafür sorgt, daß derselbe nicht herablaufe.

Die Glasmalerei. Farben und Glas eignen sich so wohl für einander, daß sich nothwendig mit der Zeit ein besonderer Kunstzweig, die Glasmalerei, herausbilden mußte, deren Erzeugnisse nicht allein einen hohen Grad von Dauerhaftigkeit besitzen, sondern auch von eigenthümlich schöner Wirkung sind, denn alle Glasmalereien sind auf durchfallendes Licht berechnet, was einen wesentlichen Unterschied gegen andere Malereien ausmacht.



Fig. 207. Geschliffene Flaschen und Gläser.

Die Glasmalerei entwickelte sich aus der Anwendung farbiger Fensterscheiben, aus denen man bald bunte Muster zu bilden anfang, erst geradlinige, dann auch geschwungene. Man schnitt diese Muster aus dem bunten Glas und setzte die einzelnen Stücke mit dünnem Blei zusammen. Solche Glasmosaikfenster sind schon seit dem 6. Jahrhundert in Gebrauch gewesen, man kann sie aber nicht eigentliche Werke der Glasmalerei nennen, denn diese ist durch das Einbrennen von Schmelzfarben charakterisirt, obwol man frühzeitig schon versuchte, aus solcher Glasmosaik ganze Gemälde zu bilden, indem man einer Figur z. B. weißes Gesicht und Hände machte, und dann aus blauen, grünen, gelben und rothen Stücken nach der Zeichnung das Gewand bildete u. s. f. Im zehnten Jahrhundert treffen wir gemalte Fenster, das heißt immer nur noch solche, in denen durch aufgetragene und eingebrannte dunkle Farben den größeren bunten Glasstücken Zeichnung und Schattirung gegeben wurde. Mehr Eleganz erhielt die Glasmalerei durch die Einführung der Ueberfanggläser, deren Behandlung und Verzierung durch Schleifen und Auftragen anderer Farben sich allmählig ausbildete und eine Menge schöner und neuer Effekte möglich machte. Und während

früher, sowol in Folge der zur Verwendung stehenden Mittel als auch der herrschenden Baustyl, die Glasmalerei sich nur in engen Räumen bewegen konnte, namentlich auch zur Verzierung von Wohnungen diente (Kabinetmalerei), bot der jetzt sich entwickelnde gothische Baustyl, bei welchem die zwischen den zahlreich emporstieghenden Pfeilern befindliche Wandung fast nur von Fenstern gebildet wurde, nicht nur Veranlassung, sich in der Schöpfung größerer Werke zu versuchen, sondern er drängte sogar darauf hin, die überreichlich in das Innere der Kirche einquellenden Lichtmassen durch farbige Gläser, welche gleich bunten Teppichen das zu grelle Licht auffingen, zu dämpfen. Welcher Einfluß durch die Entwicklung der zeichnenden Künste auch auf die Glasmalerei ausgeübt wurde, das darzulegen müßte Zweck einer andern Auffassung sein, als wir sie hier geben können, wo uns mehr die Mittel zur Hervorbringung der wunderbaren Werke beschäftigen, vor denen wir in den Denkmälern gothischer Baukunst, wie in den Kirchen von Nürnberg, Heilbronn, Grünberg in Hessen, in den Domen von Augsburg, Köln u. s. w., bewundernd stehen.

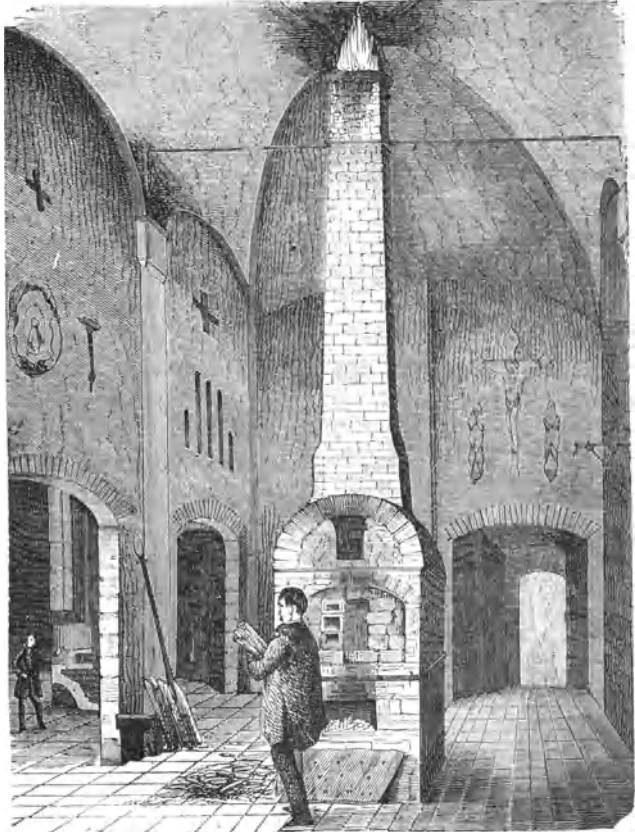
In Deutschland ist die Wiege der Glasmalerei zu suchen; es ist aus dem zehnten Jahrhundert bereits eine Schrift des Theophilus Presbyter bekannt, welche sich mit dem Gegenstande beschäftigt; nach derselben war damals noch die Kunde von den färbenden Metalloxyden und ihrer zweckmäßigen Verwendung eine sehr mangelhafte und Maler, Glasmaler, Farbenlaborant, Zeichner und Glaser mußten in der Regel in einer Person vereinigt sein. Zu Ausgange des 14. Jahrhunderts lernte man Ueberfanggläser anwenden, und durch Wegschleifen und nachheriges Bemalen neue Effekte erreichen. Vom Beginn des 15. Jahrhunderts bis zum Ende des 16. ist die eigentliche Blütezeit der Glasmalerei, denn nicht nur daß sich alle Kirchen mit bunten Glasfenstern schmückten, zu denen der neu und frisch sich regende Geist der Kunst erhabene Vorbilder sich suchte; durch das Erwachen des bürgerlichen Gemeingefühles, das Regen und Streben nach allen Richtungen, mit seinen materiellen Erfolgen, wurde die Glasmalerei auch zu einem begünstigten Requisit der Profanbaukunst. - Gildehäuser, Rathhäuser, Patrizierwohnungen und Schlösser schmückten sich mit ihren Werken. Aber wie diese durch die phantasiereich hochflutende Zeit befruchtet worden waren, so schrumpften sie auch wieder zusammen, als die Reformation und ihre Kämpfe alle geistige Thätigkeit auf das nüchterne Feld verständiger Spekulation überführte. Die Kirchen suchten die Schmucklosigkeit und die unruhigen Zeitverhältnisse hielten auch von den friedengewohnten Wohnungen die Mäusen zurück. Die Glasmalerei kam zurück, so daß selbst die Vereitigung mancher Farben ganz und gar verloren gehen konnte. Erst zu Ende des vorigen Jahrhunderts wurden wieder Anstrengungen gemacht, die alte Kunst neu zu beleben, und namentlich verdanken wir den rastlosen Bestrebungen Sigmund Frank's, geboren 1770 in Nürnberg, die hauptsächlichsten und aufmunterndsten Erfolge, welche ihm eine Berufung nach München und eine Anstellung in der königlichen Porzellanmanufaktur verschafften (1818). Hier standen ihm alle Mittel zu Gebote, seine Versuche auszuführen, und in kurzer Zeit übertrafen die von Frank erfundenen Gläser an Schönheit selbst die vollendetsten der alten Meister. Nachdem der kunstsinige König Ludwig den Thron bestiegen, wurde in München eine große Glasmalanstalt errichtet (1826), aus welcher bereits in dem ersten Jahre des Bestehens großartige Werke, namentlich die Fenster für den Regensburger Dom, hervorgingen. Die Cartons zu diesen sowol wie zu den später ausgeführten für die Lukirche in München, 14 große Fenster für die Kirche zu Altonow in Kent, für das Schloß Hohenschwangau, für die Isaakskirche in Petersburg, endlich unter vielen andern zu den unvergleichlichen Fenstern für den Kölner Dom, wurden von den bedeutendsten Malern entworfen.

Die unübertreffliche Schönheit der in der Masse gefärbten Glasflüsse, welche

man in München namentlich durch Nimmüller herstellen lernte, giebt den hier dargestellten Glasmalereien einen eigenthümlichen Charakter, insofern verhältnißmäßig wenig weißes Glas zur Verwendung kommt und bunt bemalt wird. Es nähert sich damit die Münchner Glasmalerei den alten mosaikartigen Darstellungen, welche sie freilich in jeder Art weit hinter sich zurückläßt. Andere Richtungen gehen darauf hinaus, Zeichnung und Farbnuancirungen, Schatten und Licht durch aufgetragene und eingebraunte Farben, ähnlich wie bei der Porzellanmalerei, zu erreichen.

Das Technische der eigentlichen Glasmalerei, welche nicht in der ganzen Masse gefärbte Gläser verwendet, besteht darin, daß die färbenden Metalloxyde mit einem leichtflüssigen Glase gemischt, fein pulverisirt und mit Lavendelöl verrieben werden. Diese Farben trägt man auf die Glasscheibe auf und brennt sie ein. Es geschieht dies in einem Brennofen und während des Brennens befinden sich die gemalten Scheiben in thönernen oder eisernen Müffeln, liegend auf Thonplatten, damit sie sich nicht verziehen. Die Hitze wird allmählig gesteigert. Hierbei geräth das leicht schmelzbare farbige Glas in Fluß, aber auch das härtere Glas der Tafel wird oberflächlich geschmolzen und beide Gläser vereinigen sich zu einem festen Ganzen. Ist dies geschehen, was man an den mit eingelegten und nach und nach herausgenommenen Probegläsern sieht, so läßt man das Feuer des Ofens ausgehen und denselben mehrere Tage abkühlen. Mit einem ersten Brande ist aber in den seltensten Fällen das Bild vollendet, es muß auf's Neue übermalt werden, entweder um matte Stellen zu heben, oder um Farben einzutragen, welche sich nur mit ganz leichtflüssigen Gläsern verreiben lassen. Und wenn daher auch das Verfahren an sich sehr einfach erscheint, so erfordert es in seiner Ausführung doch die größte Aufmerksamkeit, wenn die Farben gut fließen und die Bilder nicht springen sollen.

Die musivische Glasmalerei, welche zu den Bildern gleich in der Masse gefärbte Gläser verwendet und diese durch Bleizüge mit einander verbindet, hat einen ganz anderen Charakter, denn bei ihr hängt der endliche Effect nicht mehr vom Gelingen eines Brandes, sondern nur von der genauen Formung und Aneinanderfügung der einzelnen Glasstückchen ab, und würde dann im Grunde nur eine künstliche Glaserarbeit



Sig. 218. Zhmetsfläche der königlichen Glasmalerei in München.

verlangen. Allein in so ausschließlichen Sinne kommt die musivische Malerei nie zur Anwendung. Immer sind nicht nur Schatten, sondern bunte Partien mit Zeichnung und Nuancirung, Gesichter, Laubwerk, Verzierungen u. s. w. einzubrennen, Ueberfanggläser abzuschleifen und mit andern Farben auszufüllen und dergleichen Hülfsmittel anzuwenden, so daß einen harmonischen Gesamteindruck zu erreichen nicht minder Schwierigkeiten macht und nicht weniger künstlerischen Geist erfordert als das Malen mit Schmelzfarben. Die Bleizüge bewirken gleich die Zeichnung. Großen Fenstern würden sie aber nicht den genügenden Halt geben, man stützt sie daher, indem man sie mit eisernen Querstäben in Verbindung setzt, welche vom Mauerwerk aus den Fensterraum durchziehen und, da sie rahmenartig angebracht sind, das Auge in Betrachtung der Zeichnung nicht stören. Unsere Abbildung (Fig. 20<sup>1</sup>), welche ein heraldisches Fenster in solcher Musivmalerei zeigt, läßt uns erkennen, wie derartige Querstreben angebracht werden. Die Glasscheiben selbst sind weder bei den gemalten noch bei den musivischen Fenstern ganz durchsichtig, sondern, um eine gleichmäßige Lichtwirkung hervorzubringen, auf der Rückseite, häufig auch auf beiden Oberflächen, mattirt. Dadurch wird der Vortheil erreicht, daß die Drahtgitter, welche an der Außenseite zum Schutze gegen verderbliche Einflüsse vorgezogen werden, von Innen nicht bemerkt werden.

Mit einigen Worten dürfte schließlich noch eines Verfahrens Erwähnung zu thun sein, welches auf der letzten Londoner Ausstellung die Aufmerksamkeit sowohl der Sachverständigen wegen seiner ungemeinen Billigkeit, als die des großen Publikums wegen der Schönheit seiner Ergebnisse erregte. Nach demselben, von Didtman erfunden, werden die Glastafeln mittels der Presse bedruckt, wodurch namentlich teppichartige, sich wiederholende Zeichnungen mit großer Schärfe und Genauigkeit hervorgebracht werden können. Das Einbrennen und sonstige Behandeln der Gläser wird jedenfalls mit dem außerdem gebräuchlichen übereinstimmen.

Das Wasserglas, dem wir doch noch einige Augenblicke Besprechung gönnen müssen, war bereits um 1520 dem Pater Basilius Valentinus bekannt, der über die Bereitung desselben gelegentlich einer Vorschrift, „Gold und Silber wachsen zu lassen“, sich folgendermaßen vernehmen läßt: „Nehme Weinstein, kalzinire solchen in einem Schmelztiegel, lauge solchen

mit heißem Wasser aus, filtrire sodann die Lauge durch Filz, damit solche recht hell und klar werde; wird sie sodann in einem eisernen Kessel eingekocht, so bleibt ein Satz, dieses ist Sal tartari (kohlen-saures Kali). Man nimmt hiervon 1 Pfund,

Fig. 20<sup>1</sup>. Glasgemälde. (Heraldisches Fenster.)





läßt solches im Windofen in einem Schmelztiegel fließen, trage nach und nach 1 Pfund klar gesiebtes Kieselsteinpulver hinzu, lasse Alles wohl schmelzen und langsam erkalten. Sodann wird der Tiegel zerbrochen, die Materia grüßlich zerstoßen und in einer Glasschale im Keller oder in freier Luft zerfließen gelassen; dieses ist der *Liquor silicis*. Bei der Schmelzung dieser Kieselsteine mit dem Sal alkali des Weinsteines verbindet sich die Erde des Kiesels mit dem Salze und fließen mit einander zu einem fetten ölichten Liquor, die groben Rückstände sind unbrauchbar. In der Sonne oder Digerirwärme trocknet dieser Liquor wiederum ein und läßt sich zu einer Petrefaktion des Holzes oder der Bausteine verwenden, soll aber aus gemachter längerer Erfahrung schlecht sein.“ Das nach dieser Beschreibung darstellbare kiesel-saure Alkali zeichnet sich durch einen weit geringeren Gehalt an Kieselsäure vor dem gewöhnlichen Glase aus. Es ist aber im Grunde nicht diejenige Verbindung, welche in neuerer Zeit unter dem Namen Wasserglas bekannt geworden ist und eine ziemlich ausgedehnte Verwendung in der Praxis gefunden hat. Das letztere wurde vielmehr von dem als Chemiker bekannten Oberberg-rath Fuchs in München im Jahre 1818 zuerst bereitet und seiner wichtigen Eigenschaften wegen in einer ausführlichen Abhandlung (1825) dem Publikum empfohlen. Allein Fuchs sah erst in den letzten Jahren seines verdienstlichen Lebens (er starb am 5. März 1856) seiner Entdeckung diejenige Aufmerksamkeit zuwenden, welche der Wichtigkeit derselben entspricht.

Zwar hatte man in Oesterreich die Wasserglasdarstellung seit längerer Zeit schon im großen Maßstabe betrieben, für das übrige Deutschland war aber der Kreis seiner Verwendung ein so beschränkter geblieben, daß die Nachricht Viebig's über die Wasserglasfabrikation in den Kuhlmann'schen Etablissements bei Velle, die in dem Berichte über seine Reise zur Pariser Industrieausstellung enthalten ist, wie die Publikation einer neuen Erfindung aufgenommen wurde. Seit dieser Zeit ist seine Verwendung aber eine nur allgemeinere geworden und sie verdient es, weil nicht nur das Wasserglas als schützender Ueberzug über alle Arten von Stoffen, Geweben und Holzwaaren, um deren Verbrennlichkeit —, über Mauern, Sandsteinarbeiten, Frescomalereien und Delanstrichen, um deren Verwitterung zu verhindern, ferner als vortreffliches Bindemittel für Cement, sogar direct zum Aneinanderleimen sich eignet, sondern weil es bei seiner Zersetzung, die sich sehr leicht einleitet, in ätzende Alkalien und Kieselsäure zerfällt, die beide besonderen Zwecken, die ersteren ganz in derselben Weise wie in der Seife, die letztere als Schönungsmittel ihrer weißen Farbe wegen u. s. w., dienen können.

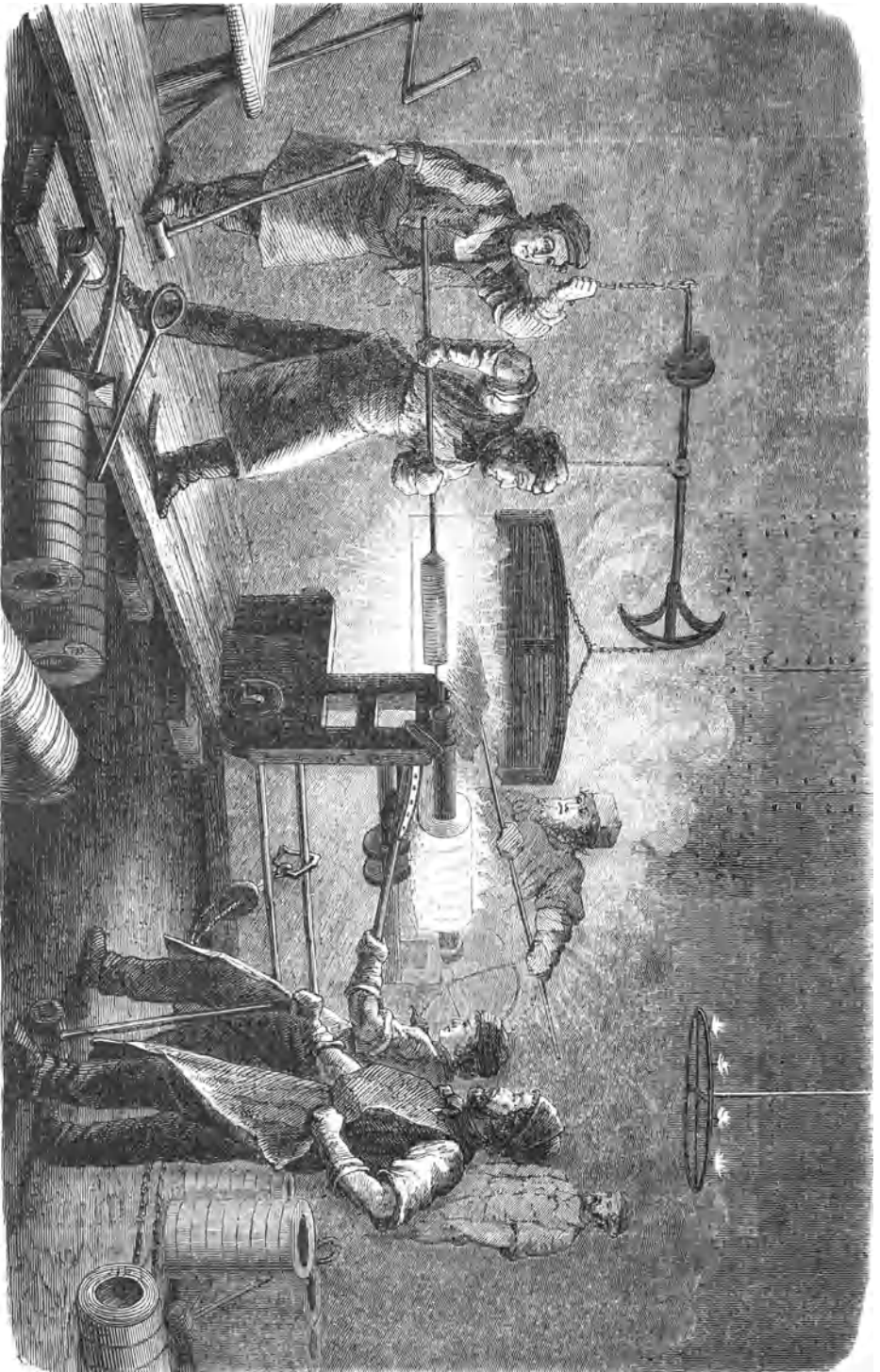
Man kann das Wasserglas ganz auf dieselbe Weise wie das Fensterglas durch directes Zusammenschmelzen seiner Bestandtheile darstellen, da aber die Alkalien in so bedeutenden Nebenschüssen auftreten, so gelingt die Vermengung mit der Kieselsäure auch in Auflösungen bei sehr geringer Hitze, wenn die Kiesel-erde in leicht löslicher, fein getheilte Form zugeführt wird, wie man sie als Reste mikroskopischer Geschöpfe an vielen Orten (z. B. in der Lüneburger Heide) in Lagern findet.

Die Mengenverhältnisse der Bestandtheile sind sehr verschieden. Ein sehr gutes Kaliumwasserglas kann man auf trockenem Wege durch Zusammenschmelzen von 15 Theilen Quarzsand, 10 Theilen Potasche und 1 Theil Holzkohle erhalten; 18 Theile Quarzsand, 8 Theil kalzimirte Soda und 1 Theil Holzkohle geben Natriumwasserglas. Das Doppelwasserglas enthält kiesel-saures Kali und kiesel-saures Natron.

Wie man in der Glasfabrikation statt Soda auch Glaubersalz — schwefel-saures Natron — verwendet, so kann man, wenn man es mit einem Ueberschuß von Kohlenpulver glüht, auch dies billigere Salz bei der Erzeugung von Wasserglas benutzen. In fester Gestalt ist das Wasserglas von grünlich-gelblicher Farbe, eine spröde, muschlichbrechende Substanz. Da es seine Verwendung aber im aufgelösten Zustande findet,

so bringt man es in dieser Form auch gleich in den Handel und man unterscheidet die verschiedenen Sorten nach ihrem Gehalt an der wasserfreien Verbindung. An der Luft vertrocknet das Wasser und das Wasserglas bildet sodann eine zusammenhängende dünne Schicht, welche, da sie den Zutritt der sauerstoffhaltigen Luft verhindert, brennbare Gegenstände vor der leichten Entzündlichkeit zu schützen vermag. Das Wasserglas dient dieser Eigenschaft wegen sehr zweckmäßig, die Feuergefähr in solchen Räumen zu vermindern, welche, wie Theater, im Innern mit leicht feuerfangenden Geräthen angefüllt sind. Die Hitze mag sich noch so sehr steigern, so werden doch die sonst leicht entzündlichen Stoffe nicht in helle Flammen ausschlagen, sondern nur nach und nach glimmend verzehrt werden und bringen wenigstens nicht als neue Flammentherde der Umgebung Gefahr. Da nun ein solcher Ueberzug völlig durchsichtig und durch seinen Glanz die darunter liegenden Farben ungemein zu heben im Stande ist, so ist das Wasserglas auch ein ausgezeichnetes Mittel für Dekorationszwecke, in der Theatermalerei u. dgl., und die Freskomalerei ist durch seine Anwendung geradezu in ein neues Stadium getreten. Da es sich nämlich mit der darunter liegenden Mauermaße zu einer chemischen Verbindung vereinigt, so vermag es den aufgetragenen Farben, welches nur Mineralfarben sein dürfen, außer dem lebhaften Glanze eine fast unzerstörliche Dauer zu geben, und der Name Stereochromie, welchen diese Art der Malerei erhalten hat, ist ein vollkommen berechtigter. Die Farben werden in pulverförmigem Zustande auf die frisch getünchte und gewöhnlich mit einem Untergrund von Zinkweiß oder schwefelsaurem Baryt (Patentweiß) versehene Mauerfläche aufgetragen. Der Wasserglasüberzug erfolgt erst zuletzt und er kann nicht mit einem Pinsel bewirkt werden, weil der harte Staub, aus dem das Gemälde besteht, dadurch verwischt werden würde. Die Wasserglaslösung wird daher als ein ganz feiner, thauartiger Regen aufgespritzt und dieses Benetzen, nach jedesmaligem Trocknen, so oft wiederholt, bis sich auf solche Weise ein zusammenhängender Ueberzug gebildet hat. Namentlich hat Kaulbach die Stereochromie vielfach und in der großartigsten Weise bei Darstellung der Wandgemälde im Treppenhause des Berliner Museums in Ausübung gebracht und der wunderbare Reiz, den die Schönheit derartiger Darstellung auf uns ausübt, der auf andere Weise nicht zu erreichen ist, wird uns ein neuer Beweis, daß die kritische Betrachtung, die forschende und zerlegende Untersuchung der Natur, weit entfernt die Quelle schöner Empfindungen uns zu trüben oder sie gar verfliegen zu machen, uns vielmehr die Mittel an die Hand giebt, das Leben aus einem Kampfe um das Dasein in ein freies, erhebendes Genießen zu verwandeln.

---



**Aufertigung der Armfröng-Kanonen.**

(Zusammenschweißen der Eisenstangen zu den Kanonenröhren.)



— und großer Donner sei es ja fürwahr,  
 Daß man den biblischen Salveter grade  
 Aus unsrer guten Mutter Erde Schoopf,  
 Der manchen Wackern, wohlgewachsen stiel  
 Auf solche feige Art schon umgebracht.  
 Shakspeare, Brinrich IV.

## Schießpulver und Feuerwaffen.

Das Schießpulver und die Geschichte seiner Erfindung. Bestandtheile und Fabrikation. Wirkungsweise. Die Schießbaumwolle, erfunden von Schönbein und Böttger. Sonstige Explosivkörper. Nitromannit. Nitroglycerin. Sprengöl u. s. w. Knallqued Silber und Anfertigung der Bündhütchen. Die Geschütze. Geschichtliches: In der Napoleonischen Zeit und die darauf folgenden Verbesserungen. Rotation der Geschosse. Tempirbare Hünder der Hohlgeschosse u. s. w. Das Geschützrohr. Anfertigung der Gußstahlrohre. Die Lafette. Zoller. Kiel u. s. w. Gezogene Geschütze und ihre Wirkungsweise. Rotation und Derivation der Geschosse. Voll- und Hohlgeschosse. Granate. Kartätsche. Schrapnel u. s. w. Armstrong's und Whitworth's System. Fabrikation der Armstrongrohre. Parrot. — Die Kriegsraketen. Befestigungswesen. Gepanzerte schwimmende Batterien. Wettkampf zwischen Vervollkommnung des Geschützes und des Widerstandes. Die Handfeuerwaffen. Sont und Jekt. Gezogene Rohre. Expansionsgeschosse in den verschiedenen Ländern. Perkussion, Zündnadel u. s. w. Einrichtung. Jagdgewehre und Revolver. Lejauchey' und andere Systeme. Die Anfertigung der Handfeuerwaffen.

**D**ie Eroberung der Erde durch und für die Civilisation ist mit der Anwendung des Schießpulvers und der Feuerwaffen auf's Engste verknüpft. Mit der Feuerwaffe gerüstet mußte der europäische Fremdling die Küsten der neu entdeckten Welttheile betreten, um in fabelhaft raschem Erfolge Land und Leute zu erobern

und der Kultur zu gewinnen. Und auch die uralten Kulturvölker Asiens, an deren ehrwürdigen Reichen die Gegenwart rüttelt, würden unseren zu= und eindringlichen Reformbestrebungen weit minder zugänglich sein, wenn wir sie nicht in der Ausbildung ihrer eigenen Kriegsmittel, insbesondere des Pulvers und der Feuerwaffen, so unendlich weit überholt hätten. Es liegt darin freilich nicht der Grund, wol aber der Beweis unserer Superiorität. Denn daß der Chinese oder Hindu, trotz seiner wol tausendjährigen Priorität als Erfinder, nicht mehr im Stande ist, seine Feuerwaffen den unsrigen mit Erfolg gegenüberzustellen oder sich diese letzteren mit raschem Verständniß anzueignen — diese Thatsache gehört zu den entscheidenden Symptomen einer ausgelebten und stagnirenden Kultur.

Für die siegreiche Ausbreitung unseres Weltverkehrs steht selbst die Bedeutung der Dampfkraft hinter derjenigen des Schießpulvers fast zurück; mächtige Segelflotten, mit den neuesten Feuerwaffen gerüstet, würden der großen Aufgabe immer noch besser gewachsen sein, als Dampf= oder gemischte Flotten mit alten und unvollkommenen Geschützen und Handfeuerwaffen oder gar ohne alle Instrumente dieser Gattung. Beide Gewalten im Bunde geben unserem Angriff die unwiderstehliche Kraft, unseren Eroberungen die Sicherheit und Dauer.

Und auch im buchstäblichen und im friedlichsten Sinne des Wortes hat die Gewalt des Schießpulvers die Bahnen unseres Fortschrittes geöffnet. Sie hat die Massen der Hochgebirge gesprengt und durchbohrt, die Felsenthore der Berge geöffnet, die Klippen der Ströme, Häfen und Küsten zerschmettert, um den Straßen des Weltverkehrs Raum zu geben; unsere Mineralien, unser Baumaterial, unser Trinkwasser gewinnen wir vielfach durch Sprengung; kurz in allen Fällen, wo die Trägheit und Kohäsion gewaltiger Massen, bis zu Millionen und Milliarden von Pfunden, durch eine augenblickliche Wirkung besiegt werden soll, tritt das Pulver in sein altes Recht, alle Menschen= und Maschinenkräfte überbietend und dennoch lenkbar durch den menschlichen Willen, begrenzbar in seinen Wirkungen nach Plan und Zweck. Wenn hier auch andere explodirende Präparate mit dem Pulver in Konkurrenz zu treten beginnen, so ist es immer das letztere, welches durch die Eigenthümlichkeit seiner enormen und unentbehrlichen Leistungen die Erfindung ähnlicher Mittel angeregt und den Maßstab für ihre Wirkungen gegeben hat.

Aber nicht nur als ein Element der kulturgeschichtlichen Entwicklung und politischen Macht, nicht nur als eine gewaltige Hilfskraft der industriellen Thätigkeit beansprucht das Schießpulver eine wichtige Stelle in diesem Buche; es kommt hier auch noch in Betracht, daß an sich sehr wichtige und einträgliche Gewerbszweige ganz oder zum großen Theile direkt an das Pulver oder an die Feuerwaffen geknüpft sind.

Das Schießpulver, ein Gemenge von Kalisalpeter, Holzkohle und Schwefel, gilt im Volksglauben, der sich allerdings auch auf einige historische Angaben stützt, als eine Erfindung des Freiburger Mönches Berthold Schwarz (eigentlich Konstantin Ankligen), welchem in der That seine Mitbürger 1853 ein Denkmal errichtet haben. Doch kann schon längst nicht mehr die Rede davon sein, die Ehre der ganzen Erfindung für einen Deutschen allein in Anspruch zu nehmen. Denn ganz abgesehen von der immer sicherer hervortretenden Thatsache, daß den alten Kulturvölkern Asiens, insbesondere den Chinesen und Indiern, die Bereitung eines dem Schießpulver ähnlichen Präparates schon in grauer Vorzeit bekannt war, hat gerade der deutsche Forscherstimm durch die gründlichsten Studien der klassischen und der orientalischen Literatur den Beweis geführt, daß schon im 7. Jahrhundert nach Chr. Geb. das sogenannte griechische Feuer als ein Kriegsmittel erwähnt wird, welches in seinen Bestandtheilen aller Wahrscheinlichkeit nach wenig oder gar nicht von unserem heutigen Pulver ver-

schieden war. Vitruvius erzählt, die Kriegsmaschinen des Archimedes hätten bei der Vertheidigung von Syrakus im Jahre 212 v. Ch. Geb. mit großem Geräusche Steine fortgeschleudert. Da die Katapulten und Ballisten, von deren gewöhnlicher Konstruktion Fig. 211 eine Anschauung giebt, den Römern bekannte Dinge waren, so konnte ihnen deren Geräusch nicht auffallen und man will hieraus den freilich etwas gewagten Schluß ziehen, schon Archimedes habe das Pulver und seine Triebkraft gekannt. Markus Gräkus beschreibt uns das griechische Feuer, welches zur Zeit der ersten Einfälle der Muhamedaner bei der Vertheidigung von Konstantinopel verwendet wurde, als ein Gemenge von 6 Theilen Salpeter, 2 Theilen Kohle und 1 Theil Schwefel. Der berühmte englische Dominikanermönch Roger Bacon erwähnt das Schießpulver um das Jahr 1214 und Berthold Schwarz, der etwa 1320 lebte, scheint nur die treibende Kraft des als Zündmittel längst bekannten Gemenges entdeckt und seine militärische Anwendung, wenigstens für die europäischen Staaten, beschleunigt zu haben.



Fig. 211. Katapulten und Ballisten.

Thatsache ist, daß Pulver aus Salpeter, Kohle und Schwefel bereits 1327 zum Fortreiben von Geschossen aus Geschützen gebraucht wurde. Die im Jahre 1346 bei Crech zwischen Engländern und Franzosen geschlagene Schlacht wird von den Geschichtsforschern in der Regel als die erste bezeichnet, welche durch das Auftreten von Feuergeschützen entschieden wurde.

Das Pulver jener Zeit bestand nur aus einer staubförmigen Mischung der bereits öfters erwähnten Bestandtheile, konnte also nur geringe Triebkraft besitzen und mußte sich in Folge der verschiedenen spezifischen Gewichte von Salpeter, Schwefel und Kohle auf dem Transporte alsbald entmischen, auch an Substanz wesentlich verlieren. Erst nach Herstellung des geförnten Pulvers war man im Stande, den Heeren ein transport- und aufbewahrungsfähiges Triebmittel für die Geschosse ihrer Feuerwaffen zu bieten. Daß auch das Pulver in Körnergestalt den Anforderungen der Jetztzeit nicht

in allen Beziehungen mehr entspricht, werden wir nach Betrachtung der wesentlichsten Arbeiten der Pulverfabrikation näher zu erörtern haben.

Die Anfertigung des Schießpulvers geschieht in den sogenannten Pulvermühlen oder Pulverfabriken, welche heutzutage Salpeter (salpetersaures Kali) und Schwefel vollständig gereinigt auf dem Wege des Handels beziehen.

Dagegen bereitet ihnen die Herstellung einer richtig beschaffenen Kohle größere Schwierigkeiten, da nämlich mit der Steigerung des Temperaturgrades, bei welchem die Verkohlung des Holzes vorgenommen wird, die Entzündlichkeit der Kohle abnimmt.

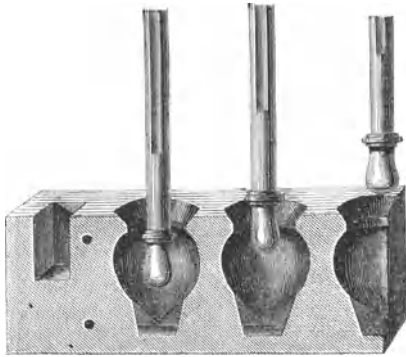


Fig. 212. Pulver-Stampfmühle.

Man wählt deshalb heutzutage nur solche Verkohlungsmanieren, bei welchen die Regelung des Hitzegrades möglich ist. Die Holzarten, welche sich am besten zur Pulverkohle eignen, sind die spezifisch leichtesten, vorzüglich Pappelh Holz, Faulbaum, Linde, Kastanie, auch Hanf und Flachs, Weinrebe u. s. w., von denen die erstgenannten vorzugsweise in Deutschland, die letztangeführten dagegen in Frankreich, Spanien und Italien verarbeitet werden.

Schwere und harte, besonders wenn sie harzige Bestandtheile enthalten, liefern eine schwer entzündliche, langsam verbrennende und viel Asche zurücklassende Kohle. Die Verkohlung geschah früher in Gruben, Oefen oder Kesseln, auch in gußeisernen Cylindern. Alle diese Manieren konnten nicht befriedigen, sie lieferten theilweise ein verunreinigtes, jedenfalls ein ungleichartiges Produkt von wechselnden Eigenschaften. Die belgische Pulverfabrik Wetteren befolgt dagegen eine Methode, welche als die allein rationelle überall nachgeahmt zu werden verdient.

Die von Rinde befreiten Holzstäbe, nicht dicker als ein starker Daumen, durch jahrelanges Lagern in Schuppen, oder neuerdings, wo man das in einem großen Lagerraum stehende Kapital besser zu verwerthen weiß, durch Dampf von allen wässerigen Theilen gereinigt, kommen in durchlöcherter Blechcylinder. Diese werden in einen größeren, starken Cylinder eingeschoben, in welchem von der einen Seite der auf eine bestimmte Temperatur gebrachte Dampf eintritt, während auf der anderen Seite durch ein dünnes Rohr die Nebenprodukte der Zersetzung, als Holzessig u. s. w., abfließen. Nach zwei Stunden ist die Verkohlung

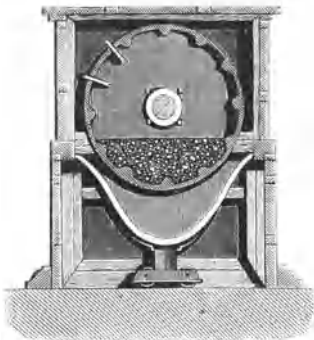


Fig. 213. Mengtrommel.

beendet, der entweichende Dampf ist geruchlos, der durchlöcherter Blechcylinder wird herausgestoßen, in einem eisernen, luftdicht verschlossenen Cylinder bis zur Abkühlung aufbewahrt und ein anderer gefüllter Cylinder wieder eingeschoben. Bei Anwendung einer Temperatur von 270—300° R. gewinnt man die rasch entzündliche, für Bagdpulver geeignete Rothkohle, bei 350° R. die für Kriegspulver geeignete weniger entzündliche Schwarzkohle.

Die Arbeit des Verkohlens muß in der Pulvermühle selbst vorgenommen werden, weil sich die Kohle nicht lange aufbewahren läßt, ohne Feuchtigkeit anzuziehen. In größeren, einige Zoll hohen Schichten kann sie sich sogar selbst entzünden. Dieser



Umstand, sowie die Entzündlichkeit des ganzen Fabrikates, machen selbstverständlich besondere Vorsichtsmaßregeln bei Anlage und Betrieb der Pulverfabriken nothwendig. Dahin gehören: eine von größeren bewohnten Orten entfernte Lage, getrennte Arbeitslokale, leichte Bedachung derselben, Blitzableiter u. s. w.

Während man in früheren Zeiten das Kleinen, Mengen der Bestandtheile und das Verdichten der Pulvermasse auf einer und derselben Stampfmühle besorgte, verwendet man in der neueren Zeit zu diesen verschiedenen Zwecken, zum Nutzen des Produktes sowol als auch zum größeren Schutze für die Arbeiter, mehrere Maschinen. Das Kleinen der Bestandtheile geschieht in Tonnen, Mengtrommeln (Fig. 213), welche langsame Umdrehungen um ihre Längsachse machen. Bronzefugeln, deren Gesamtgewicht stets das der zu kleinenden Masse etwas überschreiten muß, zer schlagen und pulverisiren die einzelnen Stoffe, welche alsdann in anderen Tonnen (Holzgerippe mit Sohlleder bezogen) unter Beigabe von Kugeln aus hartem Holze gemengt werden. Je weiter die Kleinung und Pulverisirung vorgeschritten ist, desto inniger wird die Mengung, desto vollkommener die Wirkung. Daß die vorbeschriebene Art des Kleinens und Mengens eine weit gefahrlosere ist als die ältere mittels der Stampfer, liegt auf der Hand. Es kommt bei ihr kein heftiger Schlag vor, wie dies bei den 80 Pfund schweren und mehrere Zolle hoch herunterfallenden Stampfern der Fall ist.

Die fein pulverisirte Masse wird nun angefeuchtet, theilweise um die Gefahr für die weitere Bearbeitung zu vermindern, theilweise um die Bildung der Pulverklümpchen, aus denen alsdann die Körner gebrochen werden sollen, vorzubereiten. Genau kalibrirte Blechcylinder, mit Brausen versehen, sprühen eine bestimmte Quantität Wasser in feinen Strahlen auf eine ebenfalls genau bestimmte Gewichtsmenge Pulver. Der so gewonnene Pulverleig läuft alsdann auf einer Bahn von Segeltuch (Fig. 214) zwischen zwei schweren Walzen durch und erlangt auf diese Weise das Ansehen und die Härte des Schießers. Diese Pulverstücke werden nun entweder zwischen geriefelten, gegeneinander gehenden Walzen (englische Manier) zu Körnern gebrochen oder sie kommen in die sogenannte Körnmaschine (Fig. 215) [Preußen], bestehend aus einem starken, horizontal aufgehängten Rahmen von Zimmerholz, auf welchem 10—12 hölzerne Gefäße befestigt sind. Jedes dieser Gefäße hat mehrere durchlöchernte Böden. Der oberste Boden ist aus einem feinfaserigen harten Holze oder auch von Messingblech, der zweite aus Drahtgeflecht, der dritte aus Haartuch und der letzte endlich aus festem Holze. Der ganze Rahmen wird durch eine Vertikalwelle mit Krummzapfen in schüttelnde Bewegung versetzt und dient sowol zum ersten Körnen überhaupt als auch zum nachmaligen Sortiren der Körner. Wir fassen alle diese Operationen der Körnmaschine, welche sich nur durch das Einsetzen zweckentsprechender Siebböden von einander unterscheiden, hier zusammen, da die Arbeit der Maschine an und für sich wesentlich immer dieselbe bleibt. Die auf

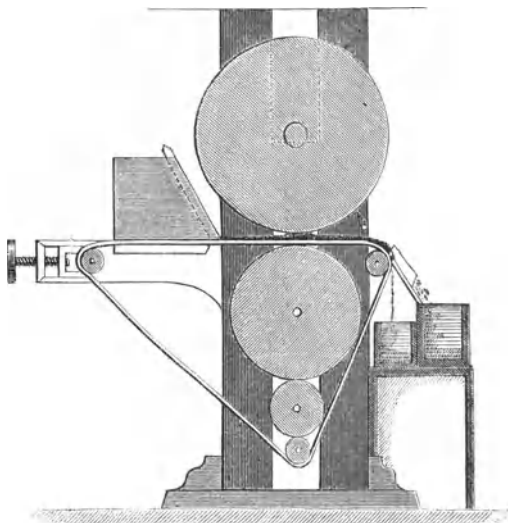


Fig. 214. Preussische Pulverpresse.



dem obersten Boden eines jeden Gefäßes befindliche Körnscheibe (aus hartem Holze mit Bleiinguß) zerschlägt die Pulverstücke und treibt sie durch die Löcher des Obersiebes auf das zweite oder Mittelsieb. Was auf diesem liegen bleibt, ist das Kanonenpulver; die feineren Körner fallen auf das dritte oder Staubsieb. Dort bleibt das Gewehrpulver liegen und nur der Staub fällt durch auf den Boden des Gefäßes. Aus den verschiedenen Abtheilungen der Gefäße führen Schläuche in unten aufgestellte Kästen, in welchen sich dann die Pulverkörner und der Staub gesondert sammeln. Nun wird das Pulver in luftigen Sälen ausgebreitet, etwas abgetrocknet und sodann in ähnliche Tonnen oder Trommeln wie die Mengtrommeln geschüttet. Durch langsames Umdrehen dieser Trommeln poliren sich die Körner selbst, indem sie sich gegenseitig abschleifen. Ein Zusatz von Graphit, welchen manche Fabriken anwenden, um dem Pulver eine schöne graue Farbe zu geben, ist der Entzündlichkeit desselben schädlich und deshalb nicht anzurathen. Dem Poliren folgt nunmehr das letzte Trocknen in be-

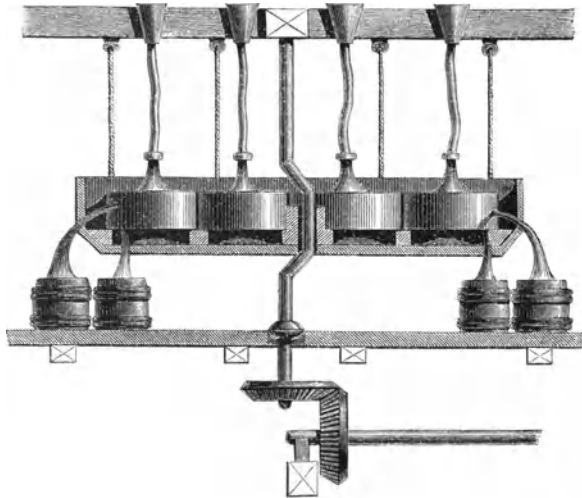


Fig. 215. Körnmaschine.

sonders geheizten Lokalen. Das Pulver liegt auf gegitterten, mit wollenen Decken belegten Rahmen; die durch Dampfrohren geheizte Luft von ganz gleichmäßiger Temperatur wird mittels Ventilatoren durch diese Gitter durchgetrieben. Hierauf folgt ein letztes Ausstauben, Sortiren und Aufbewahren des Pulvers. Die gewöhnlichen Aufbewahrungsgefäße sind Fässer; für größere Transporte faßt man das Pulver zuerst in leinene oder lederne Säcke und verwahrt diese in Fässern. Kleinere Pulverquantitäten, namentlich Jagdpulver, versendet man auch in gläsernen Flaschen. Pulverfässer dürfen nie gerollt, sondern

müssen der Vorsicht wegen stets getragen werden. Nur in der pedantischen Einhaltung der vorgeschriebenen Maßregeln liegt ein Schutz gegen die Gefahren, welche die Pulverkörner in sich bergen. Werfen wir noch einen Blick auf die Anfertigung des Pulvers im Allgemeinen. Die oben beschriebene neueste Art der Fabrikation hat sich aus den gewaltigen Anforderungen entwickelt, welche die ersten Kriege der französischen Revolution an alle Staats- und Privatetablissemens stellte, die zur Ausrüstung der Heere beitragen konnten. Die alte Stampfmühlenarbeit reichte nicht mehr aus; daß sie mehr Menschenleben gefährdete, daran lag den damaligen Machthabern der Republik sehr wenig; war es doch gleichgiltig, ob der arme citoyen in den Pulvermühlen zerschmettert wurde oder dem Schwerte des Feindes erlag; aber die Arbeit ging zu langsam. Man kleinte und mengte deshalb in Kollirfässern; Wassertröpfchen, durch eine Brause in den Saß im Kollirfasse eingesprüht, veranlaßten die Bildung der Pulverkörner und die Arbeit ging auf diese Weise viel rascher, aber das Produkt hatte auch sehr geringen Werth. Namentlich hielt es den Transport nicht aus. Deshalb kehrte man in geordneten Zeiten zur alten Stampfmühle zurück, bis die Beendigung der großen

Kriege Napoleon's eine genauere Untersuchung des in der Revolution angewandten Verfahrens gestattete. In Folge dessen behielt man das Kleinen und Mengen in dem Kollirfasse bei, fügte demselben aber ein Pressen des Sazes und darauf folgendes Körnen mittels der Körnmaschine hinzu und erhielt so die oben beschriebene, heutzutage namentlich in den preussischen Pulverfabriken angewendete Art, welche mit der größtmöglichen Sicherheit für die Arbeiter auch eine sehr geringe mechanische Arbeit erfordert und dabei rasch und gut produziert.

Wenn aber auch die Bereitung mittels Tonnen und Pressen den meisten Anforderungen entspricht, welche die heutige Waffentechnik an ihr Pulver zu stellen berechtigt ist, so genügt sie doch noch nicht allen. Sie verwendet zum Verdichten des Sazes immer noch Wasser und das Wasser ist der größte Feind des Pulvers. Man kann sagen: „Die Güte des Pulvers steht im umgekehrten Verhältnisse der zu seiner Bereitung verwendeten Wassermenge.“ Schon zu Anfang unseres Jahrhunderts erkannte man dies und ein in Ostindien dienender Leutnant Bischoff machte bereits im Jahre 1801 den Vorschlag, die Wärme zur Verdichtung des Pulversazes anzuwenden. Er wendete eine Temperatur von  $200^{\circ}$  R. an, wobei nicht allein der Schwefel, sondern sogar der Salpeter schmilzt und selbstverständlich von einem Zurückbleiben von Feuchtigkeit keine Rede mehr sein kann. Das so erhaltene Pulver hatte eine tiefschwarze Farbe, war außerordentlich hart und erlitt durch die Feuchtigkeit der Luft nicht die geringste Aenderung. Man verfolgte das Verfahren nicht weiter, weil der angewendete Temperaturgrad von  $200^{\circ}$  R. der Entzündungstemperatur des Pulvers zu nahe lag und deshalb zu Befürchtungen Veranlassung gab. Die Idee war aber gegeben und wurde jetzt in Amerika weiter ausgebildet. Der nordamerikanische Bürgerkrieg nahm gleich bei seinem Ausbruche solche Dimensionen an, daß die nur auf das kleine stehende Heer berechneten Munitionsquantitäten sofort als völlig unzureichend erkannt werden mußten. Es galt demnach ein rasch förderndes Mittel zur Beschaffung von Patronen zu ersinnen. Das nächste war: Abkürzung und Verminderung der einzelnen Operationen bei der Pulveranfertigung. Warum auch erst körnen, fortiren, ausstauben und dann in Säcken oder Papierhüllen füllen? Konnte man nicht sogleich die Pulvermasse zu festen Cylindern von der Größe und dem Gewicht der Patronen verdichten? Die Probe wurde sofort gemacht. Allein ein solcher Cylinder flog fast unverbraunt aus dem Rohre und trieb sein Geschos nur einige Schritte weit. Der Grund ist sehr einfach, doch müssen wir zunächst die

**Vorgänge bei der Entzündung und Verbrennung des Pulvers** überhaupt betrachten: Die Verhältnisse, in welchen die drei Bestandtheile mit einander gemengt werden, sind je nach den Bestimmungen, die das Pulver erfüllen soll, etwas verschieden. Das alte Verhältniß, wie es uns bereits Baptista Porta 1567 angiebt, beträgt 6 Theile Salpeter, 1 Theil Schwefel, 1 Theil Kohle. Das griechische Feuer ist nach den Schriftstellern des Alterthums wesentlich zusammengesetzt gewesen aus 6 Theilen Salpeter, 2 Theilen Kohle und 1 Theil Schwefel. Unsere Chemiker haben kein anderes Verhältniß zu Tage gefördert. Sie verlangen 75 Gewichtstheile Salpeter, 12 Schwefel und 13 Kohle, offenbar ein ganz ähnliches oder so zu sagen fast gleiches Verhältniß. Diese Mengung, deren inniges Zusammenwirken durch die Reinheit der Bestandtheile und deren bis ins Kleinste getriebene Pulverisirung wesentlich erhöht wird, entzündet sich bei einer Temperatur von etwa  $250^{\circ}$  R. Tritt diese Temperaturerhöhung nach und nach ein, so ist es der Schwefel, welcher zuerst brennt und dann die Kohle ergreift; tritt sie plötzlich ein, etwa durch einen Funken, so ist es die Kohle, welche sich zuerst entzündet und dann den Schwefel mit ansteckt. Beide Stoffe, Schwefel und Kohle, bemächtigen sich nun des Salpeters und zerlegen denselben in seine Bestandtheile. Was vorher nur ein durch Adhäsion der einzelnen Staubkörnchen gebundenes

Gemenge war, wird jetzt eine wirkliche chemische Verbindung. Der Salpeter, aus Salpetersäure und Kali, d. h. aus Stickstoff und Sauerstoff und Kalium und Sauerstoff bestehend, zerfällt in der durch Schwefel und Kohle erzeugten Hitze. Der Schwefel bemächtigt sich des Kaliums, und so sind die Gase, nunmehr wesentlich aus Kohlensäure und Stickstoff bestehend, die eigentliche Triebkraft, frei. Schwefelkalium bildet den Hauptbestandtheil des festen Rückstands. So sollte es sein und zwar sollte ein nach den oben angegebenen richtigsten Verhältnissen gemengtes Pulver 60 Prozent Gase und 40 Prozent Rückstand liefern. Leider ist es aber nicht so, auch das beste Pulver liefert meistens nur 40 Prozent Gase und 60 Prozent Rückstand. Dieser Rückstand enthält außer Schwefelkalium auch noch schwefelsaures und kohlen-saures Kali, unzerlegten Salpeter u. s. w. Die Gründe hierfür liegen allein in der bei aller Vorzüglichkeit immer noch nicht vollständig genügenden Methode zur Darstellung chemisch reiner Stoffe. Der Rückstand macht namentlich den Truppen viel zu schaffen, er kann Ursache werden, daß manches Gewehr und Geschütz, welches stundenlang rüstig gefeuert hat, endlich seine Thätigkeit einstellen muß.

Die wahrhaft staunenswerthe Gewalt, welche schon eine kleine Menge Pulver entwickelt, gab schon den namhaftesten Denkern früherer Zeit Anlaß zu Untersuchungen und Forschungen. Selbstverständlich schrieb man im Mittelalter diese Kräfte den unterirdischen Mächten zu und unser guter Berthold Schwarz wurde für einen Teufelsbanner gehalten. Der berühmte englische Physiker Robins, dessen Werke uns der deutsche Mathematiker Euler in einer gelungenen Uebersetzung vom Jahre 1745 vorführt, stellte die ersten Versuche zur wissenschaftlichen Bestimmung der Kraft des Pulvers an. Nach ihm arbeiteten Hutton (1788) und endlich der bayerische Artillerie-General Rumfort (1793) mit maßgebendem Erfolge. Sie kamen zu dem Ergebnisse, daß 1 Kubikzoll Pulver 488 Kubikzoll Gase liefere. Denkt man sich nun die ungeheuere Hitze, welche bei der Zersetzung des Pulvers entsteht; erwägt man ferner, daß die Zersetzung in dem engen Raume eines Flintenlaufes oder auch selbst eines Kanonenrohres vor sich geht, so erscheint es begreiflich, daß der Druck der Pulvergase mehrere tausend Mal größer wird als der Druck der Atmosphäre. Bei der neueren Annahme, daß aus einem Kubikmaße gekörnten Pulvers (welches einschließlich der Zwischenräume ziemlich genau den Raum einer gleichschweren Wassermenge einnimmt) anfänglich nur 3—400 Kubikmaß Gas gewonnen würden, ergiebt die Rechnung schon einen Druck von mehr als 2000 Atmosphären für eine bei der Verbrennung entwickelte Temperatur von 1200° C. Da man aber auch jetzt noch weder die Menge des erzeugten Gases, noch jene Temperatur, noch die Gesetze der Expansion mit hinreichender Schärfe bestimmen kann, so schwanken die Angaben der neuesten artilleristischen und chemischen Autoritäten zwischen der Annahme eines Druckes von 2000 bis zu 10,000 und selbst 15,000 Atmosphären. Daß wirklich ungeheuere Kräfte entfesselt werden, lehren uns alte und neue Erfahrungen. Wurden doch bei der Explosion der französischen Munitionskolonnen in Eisenach im Jahre 1808 selbst in entfernten Stadttheilen die Wände der Häuser eingedrückt. Im Jahre 1857 wurden in Mainz Reiter der königlich preussischen Artillerie, welche in einiger Entfernung von dem Schauplatz der Explosion auf der Bahn ritten, durch den Druck der rasch ausweichenden Luft umgeworfen oder in den nahen Festungsgraben gehoben. Bei dem Aufspringen von Pulvermühlen fand man Wellbäume von den stärksten Dimensionen geknickt wie dünnes Rohr.

Da das Pulver in dem heutigen Kriegswesen zu verschiedenen Zwecken gebraucht wird, so wendet man es auch in verschiedenen Gestalten an. Soll eine Pulvermenge langsam brennen, wie das bei den Zündern für Hohlgeschosse z. B. nöthig ist, damit

für die in der Batterie beschäftigte Mannschaft keine Gefahr entstehe, so wählt man die Staubform des Pulvers, das sogenannte Mehlpulver; eine größere oder geringere Verdichtung regelt die langsamere oder raschere Verbrennung. Soll das Pulver aber lange transportirt, von dem Soldaten in Patronentaschen oder Munitionswagen und im Geschütz mitgeführt werden, so muß es Körnerform haben. Die Größe der Körner richtet sich nach der Größe des Raumes, in welchem es verbrennen soll. Daher hat man für die großen Ladungen der Geschützrohre ein grobkörniges, für die Ladungen des kleinen Gewehres ein feinkörniges Pulver, ganz ähnlich wie man zum Heizen eines großen Ofens, etwa eines Hohofens, das Holz in großen Stücken verwendet, während man es für unsere Zimmeröfen in kleinere Stückchen spaltet. Feinkörniges Pulver würde im Geschützrohre zu rasch verbrennen und deshalb einen zu heftigen Stoß auf die umgebenden Rohrwände ausüben, während grobkörniges Pulver in der Muskete zu langsam verbrennen und nur geringe Wirkung auf das Geschloß äußern würde. Zu dem Verbrennen des Pulvers gehören also die durch die Körner gebildeten Zwischenräume und diese müssen in einem gewissen Verhältnisse zur Größe der ganzen Ladung stehen. Nunmehr wird es uns klar sein, warum die ersten komprimirten Patronen der Amerikaner fast wirkungslos waren. Es fehlten die zur raschen Fortpflanzung des Feuers nöthigen Zwischenräume. Der Mehlpulvercylinder brannte nur langsam und als die erforderlichen Gase vorhanden waren, so drückten diese, die sich nur langsam entwickeln konnten, die noch nicht verbrannte Patrone sammt dem Geschloß aus dem Rohre. Ein amerikanischer Artillerieoffizier versuchte es nun, das bereits gekörnte Pulver zu Patronen zu komprimiren, und wendete dazu die Hitze an. Der Schwefel schmilzt bekanntlich bei 89° R. Erhitzt man daher das Pulver bis zu 80°, so wird der Schwefel weich, ohne zu zerfließen, und die Körner erhalten die Fähigkeit, aneinander zu haften. Die so erhaltenen Patronen waren hart wie Stein, schwarzglänzend und konnten auf die Erde geworfen werden, ohne zu zerbrechen, und ihr Erfolg war in jeder Beziehung sehr zufriedenstellend, namentlich sehr gleichmäßig, der Rückstand gering. Die komprimirten Patronen haben eine bedeutende Zukunft und wir glauben nicht zu viel zu sagen, wenn wir in der Ausbildung dieser Idee, d. h. in der Verwendung der Wärme zur Verdichtung des Pulvers und zur Herstellung der Patronen, den Schlüsselstein für das Gebäude des neuesten Waffenwesens erblicken. Zwei Bausteine haben wir bereits, den Gußstahl als Rohmaterial und das Langgeschloß als günstigste und rationellste Geschloßform, es fehlt also nur noch ein den Anforderungen der Jetztzeit entsprechendes Triebmittel.

Die vielfältigen Versuche, an Stelle des altbekannten Pulvers ein neues zu erfinden, sind bis jetzt alle als mehr oder weniger mißlungen anzusehen. Die Wirkung der meisten dieser Präparate ist zu momentan, zu heftig und deshalb zu zerstörend für das Rohr an derjenigen Stelle, an welcher sie entzündet werden. Der Stoß erfolgt zu rasch, als daß er sich auf die übrigen Theile des Rohres vertheilen und dadurch an seiner Heftigkeit verlieren könnte. Das Rohr springt daher in Stücke aus demselben Grunde, aus welchem eine Büchsenkugel eine Fensterscheibe scharf durchschlägt, während ein weit geringerer Stoß einen Sprung durch die ganze Scheibe zur Folge hat. Das Pulver wirkt für unsere Sinne freilich auch momentan, dennoch aber braucht es zur Entwicklung seiner Kraft etwas mehr Zeit, so daß seine Wirkung auf Rohrwände und Geschloß mehr druck- als stoßartig zu nennen ist.

**Schießbaumwolle.** Dasjenige Präparat, welches in seinen Eigenschaften und in seiner Verwendbarkeit dem Pulver am nächsten steht, ist die Schießwolle, auch Schießbaumwolle, und wol am richtigsten Pyrophilin (πῦρ, Feuer, und ἔυλον, Holz) genannt, weil jede Pflanzenfaser die explosiven Eigenschaften erhält, wenn

man sie mehrere Minuten lang in einem Gemische von konzentrierter Salpeter- und Schwefelsäure einweicht, alsdann mit Wasser auswäscht und trocknet. So ist nämlich im Allgemeinen das Verfahren zur Anfertigung der Schießbaumwolle, wie sie die Professoren Schönbein aus Basel und Böttger aus Frankfurt a. M. fast gleichzeitig erfanden und dem Deutschen Bunde im Jahre 1846 als Ersatzmittel des Pulvers vorlegten. Die französischen Chemiker Braconnot (1833) und Pelouze (1838) hatten durch Uebergießen von Pflanzenfasern mit Salpetersäure ähnliche verbrennliche Präparate geliefert, ohne jedoch davon und insbesondere von den explosiven Eigenschaften derselben praktische Anwendung zu machen. Auf Verfügung des Bundes fanden in Mainz und Wien, später auch in England und Frankreich, Versuche mit der Schießwolle statt. Das Urtheil der Kommissionen lautete aber im Ganzen nicht sehr günstig.

Trotzdem aber fand sich im Hinblick auf manche höchst schätzenswerthe Eigenschaften des neuen Triebmittels (geringer Rückstand, wenig und ganz durchsichtiger Dampf) die österreichische Regierung veranlaßt, den Erfindern Schönbein und Böttger das Prioritätsrecht um eine nicht unbedeutende Summe abzukaufen und in Schloß Hirtenberg unweit Wiener-Neustadt eine Schießwollefabrik anzulegen.

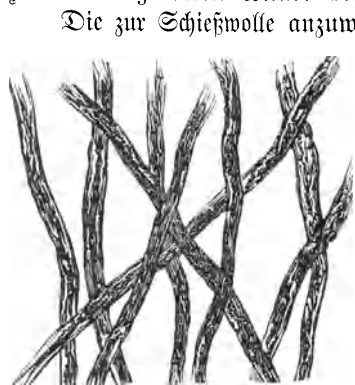


Fig. 216.  
Mikroskopische Ansicht der Schießbaumwolle.

Die zur Schießwolle anzuwendende Baumwolle muß sehr sorgfältig gereinigt und ausgetrocknet, die Säuren müssen so konzentriert als möglich sein. Das erste Eintauchen bewirkt nur eine unvollständige Umwandlung. Es erfolgt deshalb ein zweites in eine ganz frische Mischung, in welcher die Baumwolle 48 Stunden bleibt. Das Auswaschen im fließenden Wasser muß so lange fortgesetzt werden, bis auch die letzten Spuren von Schwefelsäure entfernt sind. Es dauert dies freilich wochenlang, allein nur durch die pedantische Einhaltung dieses Verfahrens erhält man eine aufbewahrungsfähige Schießwolle von geringer Feuchtigkeitsanziehung. Die Temperatur der Entzündung der Leut'schen Schießwolle (Oesterreich) wird auf 136° C. angegeben.

Im Jahre 1862 wurde eine Umgestaltung der gesammten österreichischen Feldartillerie in gezogene Schießwoll-Batterien begonnen, jedoch plötzlich wieder eingestellt. Gegenwärtig soll sich aber die österreichische Artillerie wieder mit einem der Schießwolle ähnlichen Präparate befassen, während England auf Grund der werthvollen Erfahrungen Oesterreichs sich mit Darstellung von Schießwolle beschäftigt. Dem Vernehmen nach ist es sogar bereits einem Beamten des chemischen Departements im Arsenal zu Woolwich, Dr. Kellner aus Frankfurt a. M., gelungen, die Schießwolle in Körnerform zu bringen und dadurch für die Regelung der Explosion einen bedeutenden Schritt vorwärts zu thun.

Um einen Begriff von den Ursachen zu erhalten, welche das häufige Fehlschlagen der Schießwollversuche veranlaßten, müssen wir noch etwas näher auf das Wesen des genannten Triebmittels und auf die Art seiner Wirkung eingehen. 100 Theile Baumwolle liefern, in der oben beschriebenen Weise verarbeitet, etwa 150 bis 178 Theile Schießwolle, welche, ohne ihr ursprüngliches Ansehen zu verlieren, sich nur etwas härter anfühlt, beim Zusammendrücken ein leises Knirschen hören läßt und durch Reiben elektrisch wird. Als Verbrennungsprodukte der österreichischen Schießwolle werden angegeben: Stickstoff, Kohlensäure, Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff und Wasser. Der starre Rückstand ist sehr gering, der entwickelte Dampf fast farblos, Laden und Zielen

beim Feuern mit Schießwolle also sehr erleichtert. Die genannten Gase sind für die Mannschaft unschädlich, was für den Dienst in Kasematten von hohem Werthe ist und sich bei Versuchen wirklich bewährt hat. Man fand, daß 4953 Gramm (circa 10 Zoltpfund) Schießwolle in einem Raume von 0,0283 Kubikmeter = 28,300 Kubikcentimeter (etwa 1 Kubikfuß) eben so viel artilleristisch verwendbare Kraft lieferten, als 22 bis 27 Kilogramm (44—54 Pfund) Pulver in demselben Raume. Hieraus und aus der großen Schnelligkeit der Zersetzung erklärt sich die enorme Sprengwirkung der Schießwolle, welche aber gerade, wie wir oben bei der Wirkung des Pulvers zu erklären versuchten, der Haltbarkeit der Rohre nicht zuträglich sein kann. Frei ausgebreitete Schießwolle liefert eben so wenig Effekt wie loses Pulver, das, ohne in fester Umschließung sich zu befinden, entzündet wird. So läßt sich Schießwolle auf einer Wagschale abbrennen, ohne bedeutende Rückwirkung zu veranlassen, oder auf einem Kartenblatt auf einer untergelegten Schicht Pulver entzünden, ohne daß letzteres zugleich in Brand geräth.

Die Schießwolle giebt in der Feuerwaffe ihre größte Wirkung, wenn sie an Gewicht  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  der Pulverpatrone, an Raum aber  $\frac{1}{10}$  mehr als diese beträgt. Zur Anfertigung der Patronen verwendet man nur in Fäden gesponnene Schießwolle; in Kuchen gepreßt, war die Wirkung zu unregelmäßig. Ebenso, wie beim Pulver, fordert auch hier jede Waffe und jedes Projektil eigentlich eine Schießwollpatrone von bestimmter Dichtigkeit. Das Arrangement der Fäden, Form und Dimension der Patrone, Art der Entzündung, dies Alles ist von großem Einfluß auf Verbrennung und Wirkung. Die Fäden werden für die Patronen der Geschütze so fest gedreht, daß ein Fuß Länge an der freien Luft durchschnittlich eine Sekunde lang brennt, während von den wie Lampeudocht gewebten langen Schießwollcylindern, aus welchen die Patronen der Handfeuerwaffen geschnitten werden, in derselben Zeit 10 Fuß verbrennen. Dieselben cylindrischen Gewebe werden auch als Sprengladung der Hohlgeschosse verwendet, ganz ähnlich, wie man das langsamer brennende grobkörnige Pulver für Geschütze, das rascher verbrennende, feinkörnige Pulver für Gewehre und als Sprengmittel der Granaten gebraucht. Zur Anfertigung der Schießwollgewehrpatronen schneidet man Stücke von der erforderlichen Länge ab, bindet sie an das Geschöß und zieht eine Kartonhülle darüber. Die obenstehende, nach einem Original gezeichnete Patrone (Fig. 217) zeigt ein hölzernes Stäbchen, in dem Boden des Kompressionsgeschosses befestigt und darüber das Schießwollgewebe gezogen. Das Kaliber der Patrone ist so schwach, daß dieselbe ohne Ladestock (weil die Schießwolle durch Stoß leicht explodirt), durch ihr eigenes Gewicht in das Rohr gleitet; das unten vorstehende Ende des Stäbchens soll sich in eine entsprechende Vertiefung der Schwanzschraube des Gewehres festklemmen. Zur Herstellung der Geschützpatronen wickelt man Schießwollfäden breit auf hölzerne oder Kartonröhren. Holzröhren sind besser, weil sie die Gestalt besser beibehalten. Die Spreng- und Minenladungen sind, wie die Gewehrpatronen, dochtartig geflochtene Seile von Schießwolle, welche auf die gewünschte Länge abgeschnitten werden. Die heftige und leicht hervorzurufende Explosion der Schießwolle macht dieselbe zu einem sehr geschätzten Sprengmittel. Ihre Wirkung hierbei soll sich zu derjenigen des Schießpulvers verhalten wie 8 : 3. Fast sämmtliche Steine zur Vergrößerung der Festung Komorn in Ungarn wurden mit Schießwolle gesprengt. Man brauchte zur Loslösung



Fig. 217.  
Schießwollpatrone für  
Handfeuerwaffen.

einer Rubikflaster Steine 15 Loth Schießwolle, während zu demselben Zwecke 96 Loth Schießpulver nöthig waren.

Eine Erscheinung, welche schon zu vielen interessanten Erörterungen Anlaß gegeben hat, ist die geringe Rückwirkung der Schießwolle auf die Waffe. Der Rückstoß soll sich nämlich für gleiche Anfangsgeschwindigkeit des Geschosses bei Pulver gegenüber Schießwolle wie 3:2 verhalten.

Löst man Schießpulver in Schwefeläther auf, so bildet sich eine klebrige Flüssigkeit, das Colloidium, welches ganz vorzüglich zu dünnen, wasserdichten Ueberzügen geeignet ist. Es bildet nämlich beim Erstarren eine völlig zusammenhängende, durchsichtige Haut und wird deshalb zum Bestreichen der Wunden und neuerdings auch zum Ueberziehen der komprimirten Patronen angewendet. Da das Colloidium in Folge seines Salpetergehaltes leicht verbrennt, so können diese Patronen ungeöffnet geladen werden, ohne daß man für die richtige Entzündung derselben besorgt zu sein braucht.

Ein anderes Ersatzmittel des Pulvers ist das schon seit einigen Jahren in vielen Zeitschriften besprochene sogenannte gelbe oder weiße Schießpulver. Als Erfinder erscheint ursprünglich ein Franzose Augendre. Die Bestandtheile dieses Präparates, welches übrigens nicht zur praktischen Einführung gelangte, sind angeblich 28 Theile Blutlaugensalz (Kaliumeisenchianür), 23 Theile Rohrzucker oder auch Kartoffelstärke und 49 Theile chloresures Kali. Der Vorzug desselben sollte namentlich in stärkerer Kraft und geringerem Rückstand, auch in leichterem Anfertigung bestehen. Die Bestandtheile, aus denen es erzeugt wird, sind wenig veränderlich, die Fabrikation erfordert wenig Zeit und es soll auch in Staubform genügend wirken. Doch steht außer der Unregelmäßigkeit des Effekts auch eine stärkere Oxydation eiserner Rohre zu befürchten.

Zwei andere Stoffe, das müriatische Pulver (von Bertholet 1786 angegeben), bestehend aus chloresurem Kali, Schwefel und Kohle, und das Knallquecksilber oder knallsaure Quecksilberoxyd (Howard's Knallpulver), aus einer Auflösung von Quecksilber in Salpetersäure erzeugt, wirken als Triebmittel viel zu zerstörend auf die Rohre. Man verwendet sie deshalb nur zu Zündungen, namentlich zu Zündhütchen für Gewehre und zu Zündröhren für Geschütze. Am unbändigsten von allen Zündpräparaten aber wirkt das von Dulong entdeckte Hölleöl (Chlorstickstoff), welches den Erfinder selbst gefährlich verletzte. 1½ Gran desselben veranlassen einen stärkeren Knall als ein gewöhnlicher Flintenschuß.

Als Beispiele von Explosivkörpern führen wir, außer dem bereits erwähnten Knallquecksilber, nachfolgende Nitrokörper an:

a) Das Nitromannit, entstanden durch Behandlung von Mannazucker (Mannit) mit rauchender Salpetersäure. Es detonirt unter dem Hammerschlage eben so stark, wie das Knallquecksilber, und erzeugt die für ein Zündmittel nöthige intensive Hitze. Mit der Fabrikation sind keine Gefahren verknüpft, da nur wenig salpetrigsaure Dämpfe dabei entwickelt werden und bei dem langsamen Einwirken von Hitze nur ein Schmelzen der Verbindung ohne Explosion vor sich geht. Der billigere Preis des Nitromannits läßt seine Verwendung zu Zündhütchen räthlich erscheinen, doch sind die seither zu diesem Zwecke gebrauchten Stoffe, Knallquecksilber, chloresures Kali u. s. w., nicht dadurch verdrängt worden.

b) Das Nitroglycerin wird erhalten, wenn man Glycerin (ein aus dem Fett bei der Verseifung entstehender Stoff, aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt) mit einer Mischung von Salpetersäure und Schwefelsäure behandelt. Hierbei verwandelt sich das Glycerin, indem der Wasserstoff durch Stickstoff ersetzt wird, in Nitroglycerin, welches in Aether, aber nicht in Wasser löslich ist. Der Erfinder oder Entdecker des Nitroglycerins oder Sprengöls ist der schwedische Ingenieur

Nebel, dessen Fabrik im September 1864 bei Bereitung dieses Stoffes in die Luft flog. Beim Berühren mit glühenden Körpern (Schwefelholz, glühendes Eisen) zersetzt es sich nur langsam und ohne Explosion. Diese findet aber mit größter Heftigkeit selbst bei dem kleinsten Tropfen unter dem Schläge eines Hammers statt. Die explosivende Kraft des Sprengöls beträgt das Fünf- bis Zehnfache der durch eine gleiche Quantität Pulver hervorgebrachten Wirkung. Diese rasche und unmittelbare Explosion macht das Sprengöl zwar als Triebmittel für Geschosse unanwendbar, dagegen zum Sprengen von Steinen, Erzen u. s. w. vorzüglich geeignet, da es selbst in bereits zerklüftetem Gesteine, in welchem das langsamere explodirende Pulver meist unnütz oder nur mit geringer Wirkung verbrennt, seine Schuldigkeit in hohem Maße thut. Bei Sprengungen unter Wasser ist das genannte Del mit gleichem Vortheil zu benutzen, indem sein großes spezifisches Gewicht gestattet, das Sprengloch mittels Eingießens durch eine Röhre zu füllen und die Ladung alsdann ohne Verdämmung mittels des galvanischen Funkens wie gewöhnlich zu entzünden. In neuerer Zeit sucht man das Nitroglycerin durch Nitroamylum, entstanden durch Einwirken der Salpetersäure auf Stärkemehl, zu ersetzen.

c) Hofmann's salpetersaures Diazobenzol wird durch Einwirkung der salpetrigen Säure auf das Anilin bei niedriger Temperatur gebildet.

Auch mechanische Gemische sind im Stande, schon durch bloße Erschütterung Explosionen zu veranlassen. So wird in neuerer Zeit eine sehr leicht und heftig explodirende Mischung aus amorphem Phosphor und chlorsaurem Kali (zu ungefähr gleichen Theilen) mit wenig Schwefelantimon in der Weise bereitet, daß diese Bestandtheile in gepulvertem Zustande mit Wasser zu einem Brei vorsichtig angerührt und noch feucht in hohle Thonkugeln von verschiedener Größe gefüllt werden. Die Kugeln werden mit Thon gut zugedeckt und explodiren schon beim bloßen Niederfallen auf die Erde. Sie sind unter dem Namen „Knallkugeln“ bekannt und erschienen vor kurzer Zeit auf Weihnachtsmärkten als jedenfalls sehr gefährliches Spielzeug für Kinder und Erwachsene.

Manche explodirende, chlorsaures Kali enthaltende Pulver können durch Berührung mit Schwefelsäure entzündet werden; so chlorsaures Kali mit Zucker oder Schwefelantimon. Andere, wie chlorsaures Kali und rother Phosphor, explodiren bei der geringsten Reibung.

Die gewöhnlichen Jagdzündhütchen sind mit einer Mischung von Knallquecksilber und chlorsaurem Kali gefüllt; das Gemisch von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon wird zu Frikctions- und Perkussionszündern, zu Militärzündhütchen sowie zum Entzünden von Signalen mit Hilfe der Schwefelsäure benutzt und ähnliche Zünder wandten die Russen im Krimkriege zum Entzünden von unterseeischen Minen gegen Kriegsschiffe an. Diese Minen enthalten nämlich ein dünnes Glasfläschchen mit Schwefelsäure, umgeben von dem erwähnten Gemisch. Ueber der Flasche befand sich ein Eisenstab, welcher, von Schiffen getroffen, die Flasche zerbrach und die Zündmasse, mithin auch die Mine, zur Explosion brachte. Der Satz für die Zündpille des preussischen Zündnadelgewehres soll aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon zu gleichen Theilen bestehen.

Die Anfertigung der Zündhütchen für die Handfeuerwaffen theilt sich in die Herstellung der Hülsen oder Hütchen von Kupferblech, in das Bereiten, Einfüllen und Einpressen des Satzes und endlich in das Trocknen und Prüfen der fertigen Zündhütchen. Die Herstellung der Hütchen geschieht in neuester Zeit gewöhnlich auf einer Prägemaschine mit horizontal wirkendem Stempel, welche, wie die umstehende Illustration Fig. 218 andeutet, von einem Manne bedient werden und in 10 Stunden nahe an 30,000 Hütchen prägen kann. Das Kupfer muß zu diesem Behufe vorher durch Zer-



schneiden in schmale, 20 Zoll lange Streifen durch Beizen, Abreiben, Walzen, Ausglühen und nochmaliges Reinigen für die Maschine vorbereitet werden. Die geprägten Hütchen fallen, von dem zurückgehenden Stempel abgestreift, in einen unter der Maschine stehenden Kasten (auf unserer Zeichnung weggelassen), werden sodann auf die Richtigkeit ihrer Abmessungen durch Aufsetzen auf einen stählernen Normalzündkegel geprüft, in trockenen Sägespänen zur Entfernung des Maschinenfettes geschauert und zu je 100 oder mehr Stück in die Füllbretter, welche zu diesem Ende mit Löchern von der Größe der Hütchen versehen sind, eingesetzt. Der Zündsatz, aus 10 Theilen chlorsaurem Kali, 5 Theilen Schwefel und 3 Theilen Schwefelantimon in feingepulvertem Zustande mittels Durcheinandersieben sorgfältigst gemengt, bis die vorgeschriebene gleichartig hellgraue Färbung erscheint, wird alsdann in die Hütchen trocken eingefüllt und zwar in der Art, daß je ein Füllbret nach dem andern mit seinen Hütchen in einen Kasten eingesetzt wird, dessen metallener Deckel gerade so viel Löcher hat wie das Füllbret. Die Löcher des Deckels entsprechen nach Tiefe und Durchmesser der für ein Hütchen nöthigen Satzmenge. Zwischen dem durchlöcherten Deckel und dem Füllbret befindet

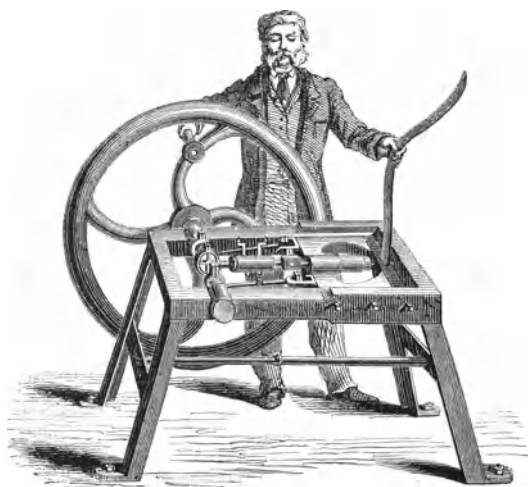


Fig. 218. Prägemaschine für Zündhütchen.

sich ein verschiebbares Bretchen. Der Metalldeckel wird nun mit Satz gefüllt, das Bretchen weggenommen, und der Satz fällt so in gleichmäßiger Weise in die Hütchen des Füllbrets. Die einzelnen Hütchen kommen nun unter eine Vertikalpresse, welche den Satz stetig einpreßt und zugleich auf der äußeren Fläche des Hütchens den Fabrikstempel aufprägt. Der so in die Hütchen eingepreßte Satz erhält nunmehr entweder ein Deckplättchen oder einen dünnen Firnißüberzug und die ganze Hütchenmenge wird vorsichtig in einem bestimmten Temperaturgrad mehrere Tage lang nach und nach getrocknet oder viel-

mehr von aller Feuchtigkeit befreit. Auf ein letztes Scheuern folgt alsdann die Prüfung der Hütchen in Bezug auf die Intensivität ihres Feuerstrahls.

Die Geschütze der Artillerie entzündet man in der Regel mittels sogenannter Frictionszündröhren. Man versteht darunter Röhren von Messingblech, etwa 5 Centimeter lang und so dick, daß sie mit geringem Spielraum in das Zündloch passen. Eine Füllung von fest über einen Dorn geschlagenem Schießpulver läßt dem aus chlorsaurem Kali und Antimon durch heftige Reibung entwickelten Feuerstrahl Raum zur Entzündung dieses Pulvers und zur sicheren und raschen Leitung des Feuers zu der Geschützladung. Der Reibeapparat besteht einfach aus einer zusammengedrehten Draht- oder Blechschleife, auf deren zusammengewundenem Theile die oben erwähnte Zündmasse feucht aufgetragen wird. Nach dem vollständigen Trocknen des Satzes wird der Apparat so in das Röhrchen eingeklemmt, daß der Zündsatz sich innerhalb befindet, die Schleife aber heraussteht. Der zum Abfeuern bestimmte Kanonier führt eine mehrere Fuß lange Schnur, an deren einem Ende sich ein Häkchen befindet. Er haßt hier die Schleife des Zündröhrchens ein, steckt dieses in das Zündloch und reißt auf das Kommando „Feuer“ die Schleife durch einen kräftigen Ruck an der Schnur aus dem Röhrchen,

worauf die Entzündung des Geschützes sofort erfolgt. Man hat auch Geschütze, welche mit Perkussionsgeschöffern versehen sind. Das Abziehen derselben erfolgt dann ebenfalls mit einer Schur, welche den Kopf des Hahnes auf den Piston schleudert.

Die Geschütze. Die ersten Geschützrohre waren rohe Gefäße, aus welchen das Pulver die Geschosse mit kaum größerer Sicherheit schleuderte, als dies von den Ballisten geschehen war. Will man diese ersten Geschütze ihrer Gestalt nach benennen, so muß man ihnen den Namen „Mörser“ geben. Sie haben, freilich in verbesserter Form, ihren Platz selbst neben den vielen andern Geschützen unserer heutigen Artillerie behauptet und sowol vor Sebastopol als vor Düppel ersprießliche Dienste geleistet. — Bis zu Anfang des 14. Jahrhunderts hatten die Feuerwaffen wegen ihrer mangelhaften Beschaffenheit nur geringe Bedeutung. Die eisengepanzten Reiterchaaren bildeten immer noch den Kern der Heere. Die Artillerie, heutzutage eine dritte Waffengattung, war ursprünglich und noch bis in das 18. Jahrhundert hinein ein zünftiges Handwerk. Gustav Adolf, der Schwedenkönig, schuf erst die eigentliche Feldartillerie; Friedrich der Große erhöhte die Schnelligkeit derselben durch Errichtung der reitenden oder fliegenden Artillerie. Napoleon I., selbst Artillerist, begründete die eigentliche Artillerietaktik durch die großartige und dem gewaltigen Wesen dieser herrlichen Waffe entsprechende Verwendung seiner Reserveartillerie in großen Massen. Er gab der Artillerie, die vor ihm in einzelnen Geschützen an die Infanteriebataillone gebunden war, Selbständigkeit und beutete so die ungeheuren Siegesmittel aus, welche in dem richtigen Gebrauche der Geschütze liegen. Die Schlachten von Friedland und Wagram sind Artillerieschlachten. Dresden und Leipzig im Jahre 1813 sind berühmt durch die furchtbaren Kanonaden, mit welchen Napoleon sich gegen die Uebermacht des Feindes hielt und seine neugebildeten Infanterie- und Reiter-Regimenter stützte. Die Oesterreicher erzielten ihre Erfolge 1848 und 1849 in Italien und Ungarn wesentlich durch ihre Artillerie und wenn wir die Siege der Preußen in Schleswig betrachten, so ist es keinem Zweifel unterworfen, daß diese namentlich der furchtbaren Wirkung der preussischen Geschütze zuzuschreiben sind, vor welchen den Dänen keinerlei Deckung, weder Wall noch Blockhaus, noch stundenweite Entfernung, Schutz bieten konnte. Doch nun zurück zu unserer Aufgabe. Die Rohre waren auf das Verschiedenste zusammengesetzt, theils aus Eisenstäben, wie Fässer durch Reifen zusammengehalten, theils aus Leder gefertigt und mit eisernen Ringen verstärkt. Obwol schon die Araber Bronzegeschütze geführt haben sollen, so schreibt man die Anfertigung der metallenen Rohre doch namentlich den Deutschen zu. Die Rohre, welche man goß, waren meist wahre Kunstwerke in äußerlicher Verzierung, mit Denksprüchen, theilweise auf den Namen des Gießmeisters, theilweise auf die Thätigkeit des Geschützes versehen. So führt z. B. ein in Breslau im Jahre 1507 gegossenes Bronzegeschütz die Aufschrift:

Ich bin lauk und eben  
Leonart Diokariette Geceugmesthr  
Hot mich angeben.  
Ich bin gros  
Meister Gorg Kanengießer mich gos.

In dem Artillerie-Museum zu Woolwich befindet sich ein Geschütz, auf welchem ein Bauer mit einem Korbe voll Eiern abgebildet ist. Dasselbe trägt die deutsche Aufschrift:

Ich bin fürwar ein grober Baur  
Wer frist mein' Eyr  
Es wird i'm saur.

Auch führten die Geschütze Namen, wie dies noch bis in die neueste Zeit in Frankreich üblich war. So hatte man in Trier einen „Greif“, bei der Belagerung

von Kronenburg (des heutigen Kronberg im Taunus), 1522 eine „Anquade“, ein „Schellchen“, „Hahn“, „böse Elfe“. Der Kurfürst von Brandenburg hatte, wie erwähnt, bereits 1414 einen 24-Pfünder, genannt „die faule Grete“; der Sultan Amurath ließ 1422 ein Bronzegechütz in der Türkei gießen, das 1100 Pfund Stein schoß, und die Genter hatten 1452 bei der Belagerung von Dudenarde ein 33,000 Pfund schweres, aus eisernen Stäben geschmiedetes Geschütz, „die tolle Grete“, deren Kammer 140 Pfund Pulver faßte. Wenn wir die Abbildung der „tollen Grete“ betrachten, so leuchtet es uns wol von selbst ein, mit welchen enormen Anstrengungen ein einziger Schuß aus solchem Geschütz zu erkaufen ist. Man kann es wol der damaligen Zeit verzeihen, daß sie versuchte, die Wirkung des ihnen kaum bekannten Schießpulvers nimmehr, nachdem sie sich vom ersten Schrecken und Staunen erholt hatten, über alle Grenzen auszu dehnen. Sie überzeugten sich aber bald, daß des Menschen Streben endlich ist. Die „tolle Grete“ mußte 1452 vor Dudenarde stehen bleiben, und den Türken zersprang ihre ungeheures Geschütz, mit welchem sie 1453 bei der Belagerung von Konstantinopel die Mauern einwerfen wollten. In neuester Zeit begegnen wir wieder solchen Monstre-Geschützen, namentlich in England und Amerika, wo man sie für die Schiffs- und Küstenartillerien, angeblich mit gutem Erfolge, verwendet. Anfangs wollte ihre Konstruktion nicht recht gelingen, weil man sie zu kolossal anlegte.

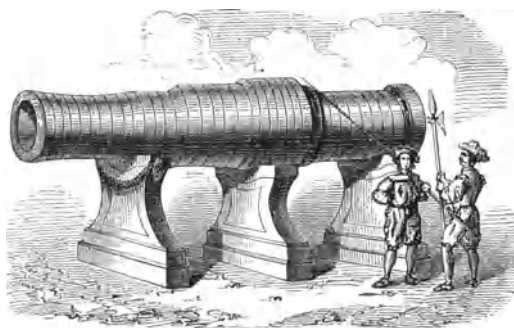


Fig. 219. Die „tolle Grete“ in Gent.

Der Fig. 220 abgebildete Mörser z. B., welcher, wie man sieht, mit Hebemaschinen bedient werden muß, wurde von einem Herrn Mallet unter dem Patronate des Lord Palmerston gefertigt und wog 52,000 Kilogramm. Der Durchmesser desselben für die Bombe betrug 36 Zoll und ihr Gewicht etwa 1000 Kilogramm. Der Mörser hatte einen gußeisernen Boden und bestand aus einzelnen schmiedeeisernen Ringen, welche in einander gefügt und durch

ein Gitterwerk von Eisenstäben zusammengehalten wurden. Schon nach mehreren Würfen zeigten die Ringe ein Bestreben sich zu trennen, und der Mörser, obwol er 8000 Pfund Sterling gekostet haben soll, kam in's alte Eisen. Die nordamerikanische Artillerie hat freilich 11-, 13- und 15zöllige glatte Geschütze in ihre Schiffs- und Küstenartillerie eingestellt, deren Geschosse etwa 130, 250 und 400 Pfund wiegen. Trotzdem scheinen diese Geschütze bereits an der Grenze angelangt zu sein, welche die Möglichkeit nicht sowol der Bedienung überhaupt, als vielmehr der dem Gefechtszweck entsprechenden Schnelligkeit dieser Bedienung, gezogen hat, denn sonst wäre es geradezu unerklärlich, wie der tapfere Admiral Farragut mit seinen hölzernen Schiffen die mit den schwersten glatten und gezogenen Röhren bewaffneten Vertheidigungen von Mobile Bay passiren konnte, ohne gänzlich in den Grund gebohrt zu werden. Ueber die Größe der englischen Kaliber kann man sich auch zuweilen täuschen. Die englische Artillerie benennt nämlich ihre Geschütze nach dem wirklichen Geschossgewichte (ob es die amerikanische Artillerie ebenso macht, vermögen wir nicht anzugeben, vermuthen es aber wegen der Gleichheit und Aehnlichkeit der Einrichtungen); die deutschen Artillerien benennen Mörser und Haubitzen nach dem Gewichte der ehemals aus ihnen geworfenen Steinkugeln, glatte und gezogene Kanonen aber nach dem Gewichte der kalibermäßigen gußeisernen Kugel. In diesem Sinne haben wir daher in Deutschland auch

z. B. 100- oder 120-Pfünder, indem die in Deutschland üblichen sogenannten 50pfündigen Bomben sämmtlich zwischen 101 und 119 Pfunden wiegen. Die Geschosse unserer gezogenen Kanonen wiegen stets nahezu das Doppelte ihres Nenngewichts, so daß also der preussische gezogene 6-Pfünder in England den Rang und Charakter eines 12-Pfünders erhalten würde.

Bis in das 16. und 17. Jahrhundert ist es schwer, ein System in den Geschützrohren zu finden. Die Rohre waren meist sehr schwer und besonders unnötig lang. Wir finden diejenigen Rohrgestalten, welche wir heute Kanonen nennen, unter den Namen Karthannen und Schlangen, und zwar gab es doppelte, ganze, halbe u. s. w., Karthannen, Feld- und Quartierschlangen, auch Nothschlangen. Die Kugeln dieser Geschütze wogen von 8 bis zu 120 Pfund. Ihre Länge bewegte sich zwischen 18 und 30 Kalibern, d. h. sie waren 18 bis 30 Mal so lang, wie der Durchmesser ihrer Mündung betrug. Außer diesen schweren Geschützen hatte man noch eine große Menge kleiner und endlich noch Kammerstücke (die Haubitzen und Bombenkanonen der Neuzeit), Bombarden, Hagelbüchsen u. s. w. (unsern heutigen Mörsern entsprechend).

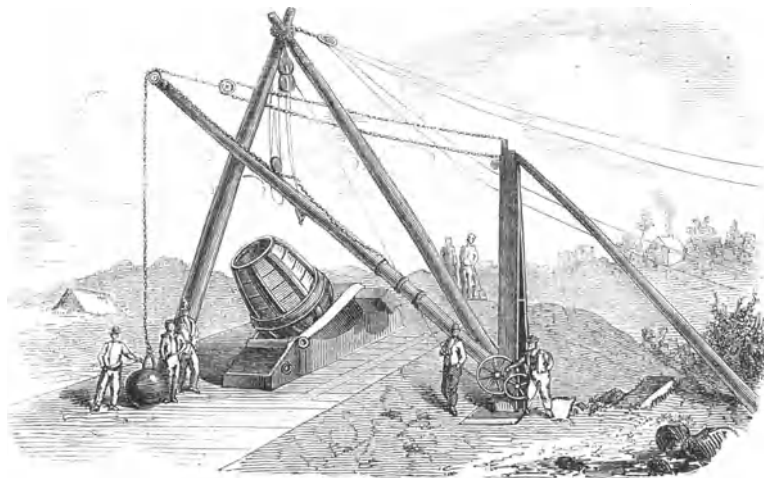


Fig. 220. Lord Palmerston's Monfire-Mörser.

Dazwischen kamen auch sogenannte Wallbüchsen, Mittel Dinge zwischen Gewehr und Geschütz, welche sich bis in unsere Zeit in den Festungen erhalten haben. Die Laffetirung war roh und gestattete wenig Abwechslung in der Richtung. Erst nach Heinrich IV. erhielt die französische Artillerie Prozen (Vorderwagen, welche leicht von den Geschützen getrennt werden können). Die deutsche und spanische Artillerie hatte diese für ein rascheres Auffahren und Beginnen des Feuerns in der Schlacht höchst wichtige Verbesserung schon seit längerer Zeit eingeführt. Die nachstehenden Illustrationen sollen Typen der bis zu jener Periode, also im 15. und 16. Jahrhundert, gebräuchlichen Geschütze darstellen, und zwar haben wir zunächst aus Karl's des Kühnen Artillerie eine Schlange (auch serpentine, couleuvrine genannt), sodann aus der Artillerie seiner Hauptgegner, der Schweizer, eine Gebirgskanone. Die Gestalt der Laffete dieser letzteren deutet auf ihren, durch Menschen bewirkten, schiebkarrenähnlichen Transport. Die folgende Illustration zeigt uns einen Mörser aus dem sechszehnten, sodann Wallbüchse und Mörser aus dem siebzehnten und endlich Kanone und Haubitze aus demselben Jahrhundert, also Geschütze, wie sie zur Zeit des 30jährigen Krieges im Gebrauch waren. Der 30jährige Krieg und nach demselben die Kriege unter

Ludwig XIV. hatten die Nothwendigkeit einer Scheidung der Artillerie in leichtere für den Feldkrieg und in schwerere für den Festungskrieg dargethan. In Frankreich beschränkte der berühmte Artilleriegeneral la Vallière die verschiedenen Kaliber auf 24-Pfünder, 16-, 12-, 8- und 4-Pfünder; immer noch eine hinreichende Anzahl, aus welcher auch schon damals andere Artilleristen noch den 16- und den 8-Pfünder ausscheiden wollten. Die Geschützrohre waren immer noch sehr lang, 22—26 Kaliber

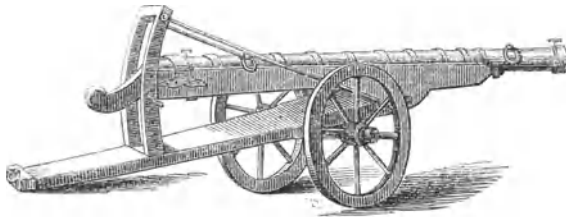


Fig. 221. Burgundische Serpentine aus der Artillerie Karl's des Kühnen.

und sehr schwer, die Ladungen aber schon wesentlich verringert, etwas über  $\frac{1}{3}$  des Gewichtes der Kugel. Die österreichische Artillerie setzte im Jahre 1753 nach ihres Feldzeugmeisters Fürst Nichtenstein Versuchen die Kaliber der Feld- und der Belagerungsartillerie fest. Zu ersterer rechnete man die 12-, 6- und 3-Pfünder-Kanonen und die 7-Pfünder-Haubitze, zu letzterer die 24-, 18- und 12-Pfünder-Kanonen und eine Anzahl Mörser. Die Feldgeschütze waren nur 16 Kaliber lang und sehr leicht, ein Vorzug, den sich die österreichische Artillerie bis in die neueste Zeit bewahrt hat.

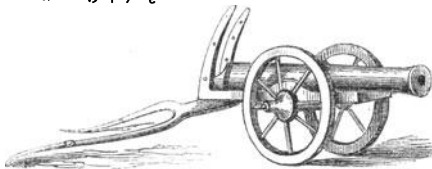


Fig. 222. Alte schweizerische Gebirgskanone.

Während des Siebenjährigen Krieges hatten die Franzosen die Erfahrung gemacht, daß ihre Geschütze immer noch zu schwer waren. Der französische Artilleriegeneral Johann von Gribeauval führte vielfache Verbesserungen in der französischen Artillerie ein von so eingreifender Natur, daß der Name dieses Mannes, der außerdem den Ruf eines freimüthigen, uneigennütigen und festen Charakters hat, eine der hervorragenden Stellen in ihrer Geschichte einzunehmen verdient. Der Hauptgegner Gribeauval's war natürlich la Vallière, dessen System durch ihn verdrängt wurde. Gribeauval's System hat sich trotzdem in einzelnen Theilen bis in die neueste Zeit gehalten. Die Illustration (Fig. 226) zeigt Kanone und Haubitze seiner Konstruktion.

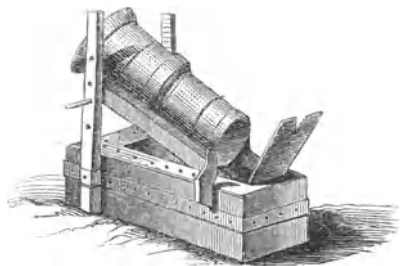


Fig. 223. Mörser aus dem 16. Jahrhundert.

In dieselbe Periode, Ende des 18. und Anfang des 19. Jahrhunderts, fällt auch die auf wissenschaftlichem und praktischem Wege ermittelte Bestimmung von Ladung und Rohrlänge. Schon die Preußen und Oesterreicher hatten Mitte des 18. Jahrhunderts ihre Rohre verkürzt. Gribeauval gab als passende Länge für die Kanonenrohre 18 Kaliber an. Diese Rohrlänge erhielt sich bei  $\frac{1}{3}$  Geschößschwere bis in die dreißiger Jahre unseres Jahrhunderts. Die verbesserte Pulveranfertigung ergab ein regelmäßiger verbrennendes und dichteres Pulver. Man setzte deshalb die Ladungen von  $\frac{1}{3}$  auf  $\frac{1}{4}$  der Geschößschwere herab und konnte demgemäß die Feldgeschützrohre wieder um etwas verkürzen und dadurch erleichtern.

Die Kaliber, mit welchen die Schlachten Napoleon's geschlagen und die Belagerungen dieser Zeit geführt wurden, waren zum großen Theil noch die von Gribeauval festgesetzten. Marschall Marmont, Napoleon's Artilleriechef, schied 1803 die 3- und 8-Pfünder aus, und die Feldartillerie wurde aus 6- und 12-Pfünder-Kanonen und

7pfündigen kurzen Haubitzen hergestellt. Uebrigens hielt Napoleon von den Haubitzen nicht viel. Die Bedienung dieses Geschützes, welches bekanntlich ein Mittelbing zwischen Kanone und Mörser ist, indem es sowol seine Geschosse in flachem Bogen gegen vertikale Ziele wie eine Kanone schießen, aber auch in hohem Bogen wie ein Mörser gegen horizontale Ziele werfen kann, ist etwas umständlich und sie sagte deshalb den

Franzosen weniger zu. Das Hauptgeschöß dieses Geschützes nämlich ist die Granate, eine mit Pulver gefüllte gußeiserne Hohlkugel, ganz gleich der aus Mörsern geworfenen Bombe, nur kleiner. Diese Hohlkugel hat einen Zünder, bestehend aus einer hölzernen, mit Mehlpulver

(zu Mehl geriebenem Pulver) fest ausgeschlagenen Röhre. Sobald das Geschütz abgefeuert wird, zündet die Pulverflamme den Zünder an. Das festgeschlagene Mehlpulver brennt, während das Geschöß die Luft durchfliegt, langsam in der Röhre abwärts und entzündet, am Ende der Röhre angelangt, die Sprengladung, durch deren Explosion die Granate zertrümmert wird.

Die auf 100 bis 200

Schritte herumfliegenden Stücke liefern oft eine sehr bedeutende Wirkung und manches Carré ist schon rascher durch eine einzige Granate gesprengt worden, als durch den choc mehrerer Schwadronen Reiterei.

Eine solche Wirkung war aber leider sehr unsicher, und zwar aus zwei Gründen. Zuerst war die Trefffähigkeit der Haubitze eine geringe. Der zweite Grund für die Unsicherheit der Granatwirkung war der oben beschriebene Holzzünder, welcher ein Tempiren (Bestimmen der Brennzeit durch Abschneiden oder Anbohren des Zünders), wenigstens für die Fälle

des offenen Gefechts, unthunlich machte. Erst vor etwa 30 Jahren wurde diese für die Wirkung des Hohlgeschößfeuers — welches fast seinen ganzen Werth verliert, wenn das Geschöß nicht an der richtigen Stelle explodirt, — so wichtige Frage gelöst. Dem aus Sachsen gebürtigen und in belgischen Diensten stehenden General Vormann gebührt das Verdienst der Erfindung des tempirbaren Metallzünders mit ringförmiger Saßlage. Dieser sogenannte belgische metallene Zeitzünder, dessen Konstruktion als die Grundlage der neuesten Verbesserungen zu betrachten ist, besteht aus einem metallenen (Legirung von Blei und Zinn) Körper a (Fig. 227), welcher

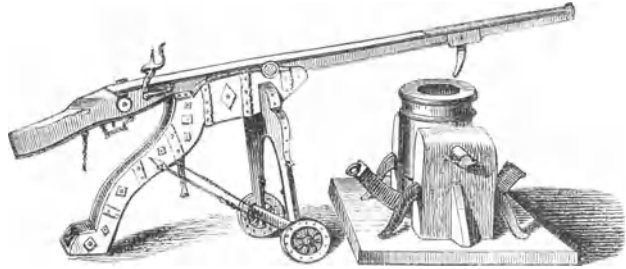


Fig. 224. Wallbüchse und Mörser aus dem 17. Jahrhundert.

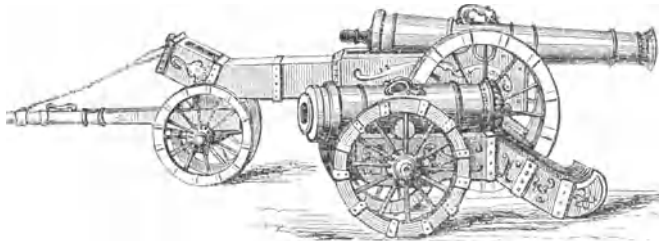


Fig. 225. Kanone und Haubitze aus dem 17. Jahrhundert.

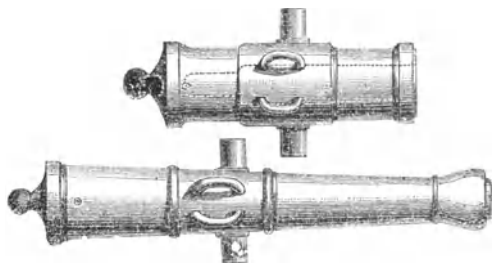


Fig. 226. Kanone und Haubitze nach Gribeauval.

den Zündsatz (Mehlpulver) b in einer ringförmigen Vertiefung enthält; d ist die Pulverkammer mit der Verschlussscheibe r. Die Oberfläche des Zünders wird durch eine feste Metalldecke gebildet, welche eine auf der Satzrinne herumlaufende, den verschiedenen Brennzeiten entsprechende Theilung e nach halben Sekunden hat, wonach der Artillerist in den Stand gesetzt ist, durch Aufstechen der Metalldecke an der entsprechenden Stelle, die Zünder für die verschiedenen Entfernungen zu tempiren.

Napoleon I. hatte übrigens, obwohl kein Freund der Feldhaubitzen, dennoch die Bedeutung des Hohlgeschosßfeuers nicht verkannt. Dafür spricht seine Ansicht, Holz (Schiffe) müsse mit Granaten bekämpft werden. Die Obersten Villantroy und Paixhaus, Beide schon unter Napoleon I. dienend, sind als die Schöpfer der neuen Bombengeschütze anzusehen. Ersterer konstruirte namentlich Mörser, Vexierer Bombenkanonen. Ältere Versuche, Hohlgeschosse aus Kanonen zu schießen, waren meist mißlungen, weil man die Ladungen zu stark nahm und deshalb die Hohlgeschosse im Rohre, das ohnehin für diesen Zweck zu lang war, zerfetzten. Die neueren

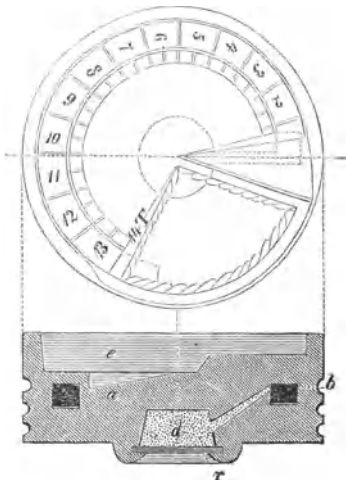


Fig. 227.  
Vormann's Zünder.

Bombenkanonen, wie man sie seit 1819 einführte, waren dagegen kürzer und die Seele verengte sich nach hinten zu einer sogenannten Kammer, welche auch bei den Mörsern und Haubitzen zur besseren Verwerthung der für die verschiedenen Zwecke nothwendigen kleineren und wechselnden Ladungen besteht. Diese Kammern hatten ursprünglich verschiedene Gestalten, aus welchen sich zuletzt die cylindrische, mit halbkugelförmigem Anschluß an den weitem Theil der Seele, oder die konische, allmählig in den weitem Theil der Seele verlaufende, als die zweckmäßigsten bis in unsere Tage erhalten haben. Die Möglichkeit der Anwendung verschiedener Ladungen in den Bombenkanonen gestattet, die Geschosse derselben bald in mehr, bald in weniger gekrümmten Bahnen fortzuschleudern. Auf diese Weise gewann man neue und wirksame Mittel zum Kampfe gegen die auf den Vorschlägen des Marquis Montalembert (1715—1801) beruhende, aber namentlich

in Deutschland durch Älter ausgebildete neue Befestigung, welche sich vorzugsweise durch eine dem Terrain genau angepasste Umfassungslinie, durch detaschirte Forts (Koblenz, Köln, Ulm u. s. w.) und durch starke, gutgedeckte Hohlbauten zum Schutze einer bedeutenden Festungsartillerie auszeichnet. Die offenen, dem Vertheidiger wenig Schutz bietenden und ängstlich an dem vorgeschriebenen bastionirten Tracé klebenden Vauban'schen Festungen konnten gegen die fortschreitende Artillerie nicht mehr bestehen. Montalembert hatte also, zwar vielfach von den französischen Ingenieuren bekämpft, der Vertheidigung wieder das Uebergewicht verschafft.

Ein ungemein wichtiges Geschosß, welches später auch in die Feldartillerie übergegangen ist, bot sich der Artillerie in der Granatkartätsche, auch Kartätschgranate oder nach ihrem im Jahre 1825 gestorbenen Erfinder, dem englischen General Shrapnel, kurzweg Shrapnel genannt.

Die Geschichte der Feuerwaffen führt zwar schon frühere Beispiele über die Verwendung derartiger Geschosse an, allein erst seit dem Kriege in Spanien, 1808 bis 1813, wurden sie bekannter und nachdem Vormann seinen tempirbaren Metallzünder erfunden, führte man sie auch in allen Feldartillerien ein. Sie halfen der Artillerie

ihr altes Uebergewicht in der Feuerwirkung behaupten und zwar in einer Zeit, in welcher dasselbe durch Einführung gezogener Handfeuerwaffen an die Infanterie überzugehen drohte. Das alte Verhältniß konnte freilich erst durch die gezogenen Geschütze völlig wiederhergestellt werden.

Das Schrapnel ist im Wesentlichen ein Hohlgeschloß, mit Bleifugeln gefüllt und mit Sprengladung und Zünder versehen. Durch das Tempiren des Zünders ist es möglich, das Geschloß in einem beliebigen Punkte seiner Bahn zu sprengen. Die Sprengpartikeln (Granatstücke und Bleifugeln) werden von dem Sprengpunkte an in einer Garbe von stets wachsender Ausdehnung gegen den Feind geschleudert und haben selbstverständlich eine verheerende Wirkung, wenn anders der Zünder richtig konstruirt und tempirt war. Man sieht hieraus, welch' eminentes Verdienst Vormann um die heutige Artillerie sich erworben hat; denn ohne seine Zünder wäre die Wirkung des Schrapnels eben so zufällig, wie diejenige der alten Granate, welche oft erst lange, nachdem sie das Ziel erreicht, — unter Umständen selbst nachdem sie noch über dasselbe hinausgerollt war — zum Bersten kommen konnte, da der untempirte Zünder erst seiner ganzen Länge nach vollständig durchbrennen mußte, ehe die Sprengladung entzündet wurde. Alte Soldaten hatten deshalb auch öfter den mit Erfolg gekrönten Muth, eine daliegende Granate mit dem brennenden Zünder in irgend eine Pfütze oder in die Erde zu stecken und so das Geschloß unschädlich zu machen.

Das Material zu den Rohren war ursprünglich, wie schon bereits erwähnt, Bronze. Verschiedene Versuche, welche man mit dem billigeren Gußeisen gemacht hatte, mißlangen, namentlich für die Rohre der Feldartillerie. Es kamen häufig Unglücksfälle vor, und der Umstand, daß das Gußeisen, weniger dünnflüssig als die Bronze, dem Geschmacke der Zeit, die Rohre zu verzieren, nicht entsprach, mag wol' auch das Seinige dazu beigetragen haben, daß man den Eisenguß selten zur Erzeugung von Geschützrohren verwendete. Nur Schweden, dem ein vorzügliches Eisen zu Gebote stand, hatte schon frühe eiserne Rohre und verwendete sie mit gutem Erfolge auch in der Feldartillerie. Die Vorwürfe, welche man dem Eisen machte, waren namentlich seine geringe Festigkeit und Elastizität. Als aber die französische Revolution und das Massenaufgebot zur Rettung Frankreichs dieses Land zu unerhörten Anstrengungen für die Ausrüstung der Heere zwang, mußten Rohre herbei, und zwar in großer Masse und für wenig Geld. Da blieb denn nichts Anderes übrig, als eiserne Rohre zu gießen. Ob von den Kanonieren der Republik, welche der Krieg hinraffte, auch einige durch das eigene Geschütz getödtet wurden, war gleichgiltig. Sie waren im Dienste des Vaterlandes gefallen. Nach den Napoleonischen Kriegen wandte sich sodann die unterdeß bedeutend fortgeschrittene Wissenschaft der genauen Untersuchung der Rohrmaterialien zu. Die Ergebnisse waren, daß man von nun an auf dem Kontinent und auch in England alle Belagerungsgeschütze, überhaupt die schweren Kaliber, vorzugsweise aus Eisen goß und bei der Konstruktion des Rohres auf die geringe Elastizität dieses Metalls in der Art Rücksicht nahm, daß man alle äußeren Zierrathen, Frieße und Verstärkungen, welche die Schwingungen des Metalls beim Schießen unterbrechen, vermied und die Rohrgestalt bis gegen die Zapfen hin fast cylindrisch und von da an konisch verlaufen ließ. Diese Gestalt haben nun fast sämmtliche in neuester Zeit konstruirten Rohre, weil die Vortheile derselben jedenfalls die Haltbarkeit auch der zäheren Materialien vermehren. Belgien und Preußen haben sich namentlich durch gründliche Untersuchung des Gußeisens ausgezeichnet. In Belgien ist unter Leitung des um die Anfertigung der Geschütze verdienten Generals Huguenin bereits 1830 vorge schlagen worden, den Theil der gußeisernen Rohre, in welchem die Verbrennung und größte Kraftäußerung der Ladung vor sich geht, also das Stück vom untern Ende, dem Boden, bis an die Zapfen mit schmiedeeisernen Reifen zu verstärken.



Frankreich bereift seine sämtlichen gußeisernen Geschütze. Ein 30-Pfünderrohr zu bereifen kostet so viel, wie das ganze gußeiserne Rohr selbst, nämlich 1000 Francs; da aber das bereifte Rohr gut 2000 Schüsse aushält, während das unbereifte nach 500 Schüssen, der Gefahr des Springens wegen, außer Gebrauch gesetzt werden muß, so ist das erstere doch billiger. Das spezifische Gewicht des für die Geschütze geeigneten Gußeisens wurde auf 7,27 als Minimum und 7,43 als Maximum festgesetzt. Als Material für die Feldgeschützrohre bestand, wie erwähnt, immer noch die Bronze. Das ideale Geschützmaterial aber, welches gegenüber dem Gußeisen große Festigkeit gegen die Gewalt der Gase, gegenüber der Bronze große Härte gegen die Anschläge der Geschosse, und chemische Unempfindlichkeit gegen den Pulverrückstand besitzt, ist der Gußstahl, welcher von Friedrich Krupp in Essen zuerst in großen Massen dargestellt wurde.

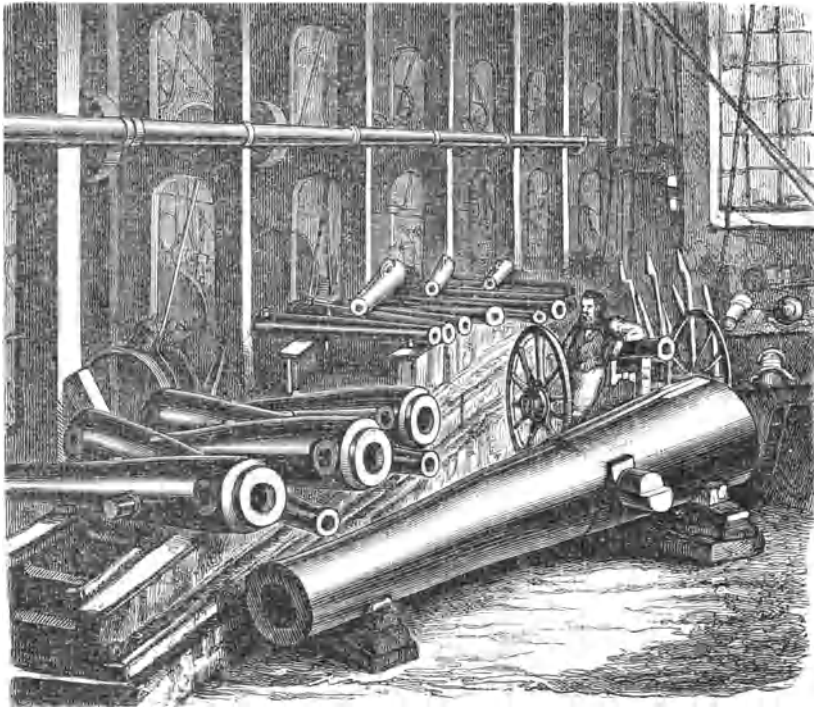


Fig. 228. Russisches Geschützrohr von Krupp.

Krupp's Gußstahl ist der Grundstein der neuen Artillerie. Die Unverwundlichkeit desselben ging schon aus den Versuchen hervor, welche in der braunschweig'schen Artillerie im Jahre 1854 mit einem Feldzwölfpfünder, einer sogenannten Granatkanone, angestellt wurden. Nach vielen Schüssen war die Seele ganz unverändert; man unterzog das Rohr außerdem Gewaltproben, und kaum gelang es, einem der Zapfen einen Riß beizubringen; auch sprang derselbe bei den folgenden Schüssen nicht ab. Die Textur des Metalles hatte sich, wie man an der mit Gewalt abgeschlagenen Traube wahrnehmen konnte, nicht geändert, was sonst bei dem Gußeisen nach mehreren Schüssen stets der Fall ist und auch den Grund zu seinem Springen abgiebt. Endlich lud man das Rohr mit 6 Pfund Pulver, 6 Kugeln, mehreren Pfropfen und füllte es schließlich bis oben hin mit Sand an. In dieser Weise mit dem Boden gegen eine Erdterrasse gelegt und abgefeuert, drang das Rohr, von dem furchtbaren Rückstoß getrieben, fast seiner ganzen Länge nach in die Erde, allein nach dem Ausgraben fand man es

unversehrt. Alle späteren Versuche, die in den verschiedensten Heeren vorgenommen wurden, hatten ähnliche Resultate. Die Festigkeit der drei betrachteten Materialien, Gußeisen, Bronze und Gußstahl, verhält sich etwa wie 1 : 2 : 8. Dagegen ist der ungefährliche Preis eines Pfundes des fertigen gußeisernen Rohres 4 Sgr., des fertigen Bronzerohres 17—18 Sgr., des fertigen gezogenen Stahlrohres 30 bis 35 Sgr. Doch wird sich dieser Preis mit der größeren Ausdehnung der Fabrikation mindern, wie er denn gegenüber der großen Dauer der Rohre, selbst in seinem jetzigen Betrage, nicht zu hoch erscheinen dürfte.

Die Anfertigung der Rohre erfordert sehr geschickte Arbeiter, sowol wegen des Formens als wegen des Gießens. Alle Rohre werden gegenwärtig über ein metallenes, in einzelne Theile zerlegbares Modell in gußeisernen Kästen mit Sand geformt. Diese Art der Formerei hat sich aus einer zur Zeit der französischen Revolution versuchten Schnellformerei nach und nach entwickelt. Früher mußte man für jedes einzelne Rohr, auch wenn man mehrere ganz gleiche Geschütze zu gießen hatte, stets ein Modell aus Lehm bilden, welches nach Fertigung der Form verloren war. Das Metall (Gußeisen oder Bronze) zu einem großen oder mehreren kleinen Geschützen befindet sich in einem oder zwei gefuppelten Flammöfen, und sämmtliche in der Dammgrube vor diesen Öfen stehende Formen werden aus einem Flusse daraus vollgegossen. Der Gußstahl aber zu einem Rohre muß aus verschiedenen kleinen Öfen, deren jeder 2—4 Graphittiegel mit je 75—90 Pfund Stahl enthält, zusammengegossen werden. Zu dem Ende befindet sich über der Form ein großer Trichter. Die Arbeiter treten, immer zwei und zwei einen Tiegel in doppelter Zange tragend, neben den Trichter und gießen den Inhalt derselben auf das Kommando des Gießmeisters in den Trichter. Sobald dieser gefüllt ist, wird der Zapfen gezogen und das Metall ergießt sich in die Form. Der so gewonnene Stahlblock wird dann überschmiedet, und endlich, wie die Rohre aus Bronze oder Gußeisen, auf der horizontalen Bohrmaschine, Dreh- und eventuell auch Ziehbank weiter hergerichtet. Die vorstehende Illustration (Fig. 228), nach einer an Ort und Stelle aufgenommenen Photographie hergestellt, zeigt uns im Vordergrund eines Krupp'schen Wertraumes eines jener kolossalen Gußstahlrohre, welche neuerdings für die russische Regierung zur Armirung der Festung Kronstadt gefertigt wurden. Dieses Rohr wiegt bei einer Länge von 176 englischen Zollen 152 Zollcentner und hat ein Kaliber von 9 englischen Zollen. Neben dem Gußstahl ist auch das bereits in frühester Zeit zur Anfertigung von Rohren benutzte Schmiedeeisen neuerdings wieder zu gleichem Zwecke verwendet worden. Namentlich die englische Industrie hat sich damit beschäftigt und die Armstrongrohre sind aus diesem Material, aber, wie wir später bei Beschreibung der gezogenen Rohre sehen werden, mit unstreitig größerer Mühe, als sie der Gußstahl erfordert, gefertigt. Die Eigenschaften des Schmiedeeisens an und für sich stehen denen des Gußstahls ziemlich nahe. Wenn der Gußstahl wirklich, wie von manchen Seiten behauptet wird, etwas leichter oxydiren sollte, so leidet er doch dabei nur geringen Schaden, weil das Oxyd sich in ganz gleichförmiger dünner Schicht ansetzt und nirgends in Fehlern der Textur den Anhalt zur Bildung von Rostgruben u. s. w. findet. Die preussischen Stahlrohre haben diese Eigenschaften sowol bei Bivouaks im Frieden als auch bei dem Gebrauche im Kriege bewährt. Nirgends hat man in Erfahrung gebracht, daß das Kosten der augenblicklichen Feuerbereitschaft Eintrag gethan hätte. Ein Gleiches gilt übrigens auch von dem Kosten der gußeisernen Rohre, auf welches man in früheren Zeiten eine, durch keine Erfahrung bestätigte, zu große Rücksicht nahm. Haben doch im Jahre 1813 in Dresden gußeiserne Rohre, welche fast 50 Jahre lang, aller Witterung ausgesetzt, auf den Wällen gelegen hatten, einige Jahre sogar in die Erde

vergraben gewesen waren, noch über 200 Schüsse gethan, ohne zu springen oder sonst Fehler zu zeigen.

Die Laffeten, die Schießgestelle der Rohre, erfuhren in unserm Jahrhundert sehr wesentliche Verbesserungen. Schon la Vallière und Gribeauval hatten in das Chaos von Fuhrwerken einer damaligen Armee einiges System zu bringen gesucht. Die Laffeten, welche Gribeauval für die Feldartillerie konstruiren ließ, bestanden im Wesentlichen aus zwei auf der hohen Kante stehenden starken Bohlen mit nach hinten divergirender Spannung, welche die Zapfen des Rohres in zwei halbrunden Ausschnitten, den Zapfenlagern, aufnahmen und so eine Bewegung desselben um diese Zapfenachse aufwärts und abwärts, zum Zwecke der Richtung auf das Ziel, gestatteten.

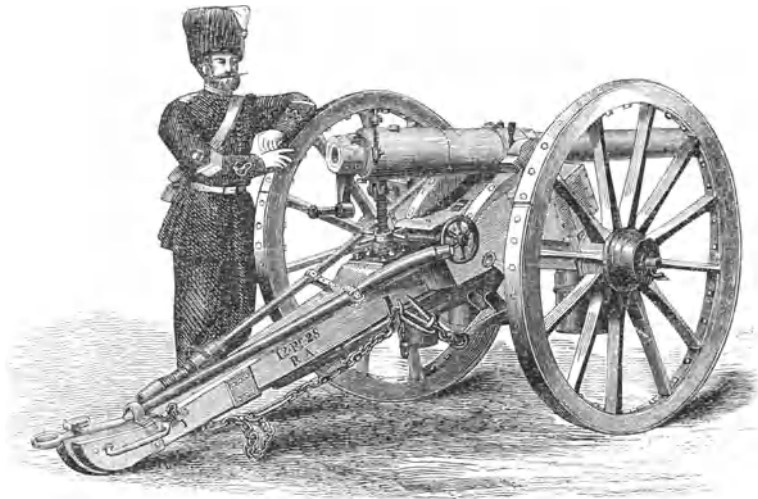


Fig. 229. Laffetirte Armstrongkanone.

Die Richtmaschine, Anfangs ein einfacher Keil, welcher unter das Bodenstück geschoben wurde, verwandelte sich nach und nach in einen mit horizontaler Schraube bewegten Keil und ging schließlich in die jetzt fast allgemein gebräuchliche, vertikal stehende Richtschraube über, deren Kopf das Rohr trägt, entweder unmittelbar oder unter Vermittelung einer sogenannten Richtbohle von Eisen oder Holz. Keil und Schraubenkeil finden sich noch vielfach bei Belagerungs- und Festungsgeschützen. Der General Congrève, derselbe, welcher auch die Kriegsraketen nach Europa brachte, konstruirte nach mehreren Versuchen, die Mängel der alten Laffete zu beseitigen, die sogenannte Blocklaffete, deren Gestalt wir an mehreren Illustrationen des gegenwärtigen Abschnittes, z. B. an der Armstrongkanone, sehen. Die beiden Wände wurden so weit verkürzt, daß sie, eben nur zum Tragen des Rohres bestimmt, bis an das Ende des Bodenstückes reichten. Ein zwischen ihnen eingefügter starker Block von Eichenholz, aus einem Stücke oder auch aus zwei fest an einander geschraubten Bohlstücken bestehend, bildet den Laffetenschweif und trägt an seinem Ende einen großen eisernen Ring, mit welchem er in den starken eisernen, an der Achse der Proze befestigten Haken eingehängt wird. Diese hier beschriebene Art der Verbindung von Hinter- und Vorderwagen macht die beiden Theile eines jeden Fuhrwerkes in hohem Grade unabhängig von einander. Die Proze kann z. B. mit dem einen Rade durch eine Bodenvertiefung fahren, ohne daß die Laffete dadurch aus ihrer Lage kommt. Der englische Major Millar schlug 1806 einen nach diesem System gebauten vier-

räderigen Munitionswagen, sowie nur eine Räder- und Achsengattung für die gesammte Feldartillerie vor. Die englische Artillerie führte das nach solchen Grundsätzen gebaute Material in den Jahren 1808 - 1813 mit gutem Erfolge in Spanien. Die nach Congreve und Millar gebauten Fuhrwerke fanden in Folge ihrer hohen Vorzüge bald so vielfache Nachahmung, daß von 1825 an fast alle Staaten sie einführten oder wenigstens ihre Wandlafetten oder Munitionswagen den Hauptgrundsätzen dieses Systems entsprechend modifizirten. Oesterreich, Preußen und Bayern gehören zu den letzteren; namentlich ist die bayerische, von General von Zoller eingeführte Modifikation eine wohlgelungene zu nennen. Die nebenstehende Abbildung veranschaulicht die dem Blocksystem sehr nahe kommende Unabhängigkeit von Lafete und Proje bei der Zoller'schen Konstruktion. Die meisten deutschen Bundesstaaten, sodann Frankreich und Holland, nahmen das Blocksystem mit unwesentlichen Veränderungen an. Man hat in neuester Zeit auch Versuche mit Feldlafetten von Eisenblech gemacht, welchen bereits in der königlich sächsischen und der schweizerischen Artillerie die definitive Einführung gefolgt ist.



Fig. 230. Zoller'sches Artilleriesystem.

Mit der größeren Beweglichkeit und Erleichterung der Geschütze nahm die Schnelligkeit der Artillerie sowol unmittelbar als auch mittelbar dadurch zu, daß man einen Theil der Bedienungsmannschaft auf den Lafetten transportirte und auf diese Weise rascher in die Gefechtsstellung gelangte als früher. Preußen ließ bereits in den Freiheitskriegen die Kanoniere der Fußartillerie aufsitzen, Oesterreich hatte schon zu Ende des vorigen Jahrhunderts seine sogenannten Kavallerie-Batterien organisiert, und heutzutage haben sämmtliche Feldbatterien aller europäischen Staaten durch derartige Einrichtungen ihre seitherigen Fußbatterien in fahrende verwandelt.

Die Konstruktion der Festungslafetten blieb selbstverständlich nicht hinter derjenigen der Feldlafetten zurück. Die Gribeauval'sche hohe Rahmenlafete bot dem feindlichen Enfilir- und Rikochetschuß, welcher ganze Wallgänge der Länge nach bestreicht, ein zu großes Ziel. Man konstruirte deshalb nach 18jährigen Versuchen im Jahre 1803 in Frankreich eine neue Rahmenlafete, deren Seitenwände aus je zwei

gegeneinander geneigten Bohlstücken bestanden und welche ferner leichter zu handhaben und zu transportiren war, ein Umstand, auf den man bei der größeren Ausdehnung der neueren Festungen Rücksicht nehmen mußte. Ihrer sonderbaren Gestalt und ihres hüpfenden Rücklaufes wegen nannten sie die Franzosen *affût à sautrelle*; in Deutschland nennt man sie gewöhnlich *Bocklaffete*; die obenstehende Zeichnung der nach ihr modifizirten, etwas niedrigeren *Piel'schen* Laffete giebt ein Bild dieser Konstruktion. Nicht eine größere Beweglichkeit allein wurde nämlich von der Festungslaffete gefordert; die vielen Kasematten und sonstigen Hohlbauten verlangen auch, daß eine und dieselbe Laffete für mehrere Rohre verschiedenen Kalibers benutzt und mittels kleiner Aenderungen (Anstecken verschieden hoher Räder, Anbringen oder Wegnehmen von Unterlagen des Rahmens u. s. w.) sowol auf den Wällen als auch in den Kasematten gebraucht werden kann. Diesen Anforderungen genügt die von dem bayerischen Artillerie Oberleutnant und nachmaligen Kriegsminister von Piel um das Jahr 1836 konstruirte und nach ihm benannte Laffete in jeder Beziehung so vollständig, daß dieselbe für sämtliche deutsche Bundesfestungen offiziell eingeführt worden ist.

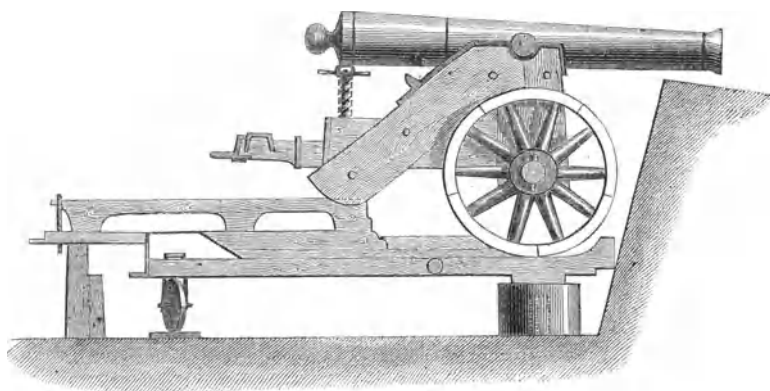


Fig. 231. Piel'sche Laffete.

Daß bei der Masse von Material, welches eine Festung enthalten muß, die Aufbewahrungsfähigkeit sehr wichtig ist, liegt auf der Hand. In dieser Beziehung leistet nun Holz verhältnißmäßig sehr wenig, und man begann bereits im vorigen Jahrhundert eiserne Laffeten für die Festungen und auf Schiffen zu verwenden. Doch konnte man Gußeisen nur für solche Laffeten brauchen, welche feindlichen Geschossen nicht unmittelbar ausgesetzt sind und nicht viel transportirt werden, da das Gußeisen in Stücke springt und wegen seiner geringen Elastizität die Erschütterungen des Transportes nur schlecht verträgt. Man machte daher Mörserlaffeten mit gutem Erfolge aus starken gußeisernen Wänden. Preußen führte solche bereits 1831 ein. Kanonenlaffeten aber, welche auf den Wällen gebraucht werden sollten, mußten aus Schmiedeeisen gefertigt werden. Da nun letzteres in großen Stücken leicht die Textur des Gußeisens annimmt und man die eisernen Wände wesentlich nach dem Muster der hölzernen schmiedete, so entsprachen dieselben natürlich den an sie gestellten Forderungen nicht. Dagegen haben sich die aus Schmiedeeisenstäben konstruirten Laffeten der königlich preussischen Festungsartillerie, sowol bei den Versuchen als auch vor Düppel, sehr gut bewährt. Die gegenüberstehende Zeichnung stellt eine solche dar. Diese Laffeten gleiten mit Falzen, welche an dem untern Ende angebracht sind, auf ebenfalls schmiedeeisernen Rahmen. Ihre Einführung fällt in die Jahre 1855 bis 1858 und die mit ihnen verbundenen Vortheile sind sehr erheblich.

Die Einführung der gezogenen Handfeuerwaffen, welche etwa Anfangs 1850 allgemein zu werden begann, mußte der Artillerie ernste Bedenken einflößen. Der Infanterist, welchen eine entschlossene Artillerie seither, ohne erheblichen Schaden zu leiden, bis auf 300 Schritte an sich herankommen lassen konnte, wurde nach und nach zum gefürchteten Gegner auf 600 Schritte und konnte unter Umständen selbst auf 1200 Schritte noch höchst lästig fallen. Auf diese Entfernung aber fängt der Kugelschuß der glatten Feldkanone an, schon merklich an Trefffähigkeit zu verlieren. Der über 1200 Schritte anzuwendende Kollschuß ist nur ein Auskunftsmittel, indem die Kugel oder Granate, welche sich bei dieser Schußart in niedrigen Sprüngen auf dem Terrain fortbewegt, vollständig von diesem abhängig ist und durch einen Stein, eine unbedeutende Bodenerhebung gänzlich von ihrem Ziele abgelenkt werden kann. Die Uebertragung der bei den Handfeuerwaffen längst bekannten Züge auf die Geschütze war zwar schon öfters versucht worden, aber niemals gelungen. Die Ursache dieses Mißlingens lag sowol in dem allgemein gebräuchlichen Rohrmateriale, der Bronze, welche die Gestalt der Züge, ihrer Weichheit wegen, nicht lange unbeschädigt bewahren kann, als auch in dem Material und der Gestalt der Geschosse. Es ließ sich an den eisernen Kugeln kein Stoff anbringen, welcher eine Führung derselben in den Zügen verbürgt hätte, und Blei eignet sich nicht zu den Geschossen der Artillerie, weil es zu theuer und zu schwer ist. Das Kaliber der Geschütze ist nämlich an eine gewisse Größe gebunden, um für Hohlgeschosse von genügendem Durchmesser und innerem Raume sowie für Kartätschbüchsen brauchbar zu sein. Massive Bleikugeln für die Artillerie würden daher ein sehr bedeutendes Gewicht erlangen, und Hohlkugeln aus Blei wieder wegen der großen Weichheit des Materials sehr bald deformirt sein. So lange die gezogenen Handfeuerwaffen nur Kugeln schossen, reichte die Tragweite der glatten Feldartillerie noch aus; die ganze Infanterie war auch noch nicht mit gezogenen Gewehren versehen und man gedachte sich durch Vermehrung der schweren Feldkaliber, insbesondere der 12-Pfünder-Kanonen, zu helfen, weil diese eine etwas größere Tragweite, namentlich aber ein ergiebigeres Schrapnellfeuer, hatten. Die nothwendige Beweglichkeit gab man diesen 12-Pfündern durch Verkürzung derselben und durch Herabsetzung ihrer Ladung von  $\frac{1}{3}$  auf  $\frac{1}{4}$  des Kugelgewichtes. Auf diese Weise entstand der leichte 12-Pfünder, welcher in Frankreich ein so bedeutendes offizielles Aufsehen machte. Da dieser leichte 12-Pfünder auch Granaten werfen und schießen sollte, so nannte man ihn Granatkanone (canon obusier) und weil Napoleon III. diese Konstruktion seiner Granatkanonen selbst besorgt hatte, so erhielt das Geschütz in Frankreich auch den Namen canon empereur. Allein der Erfolg reichte nicht hin und selbst der erleichterte 12-Pfünder der preussischen Artillerie, welcher mit excentrischen Granaten feuert und große Tragweiten, auch zuweilen ganz schöne Resultate erzielt, kann sich an Treffsicherheit nicht mit dem gezogenen Geschütze messen. Er wird, allem Anschein nach, sich nicht lange neben seinen gezogenen Konkurrenten halten. Die Einführung der Langgeschosse, welche kleinen Querschnitt mit großem Gewichte zur Ueberwindung des Luftwiderstandes verbinden und deren Längsachse durch die Rotation in ihrer anfänglichen Richtung stabil bleibt, die solide Verbindung solcher eisernen Projektile mit

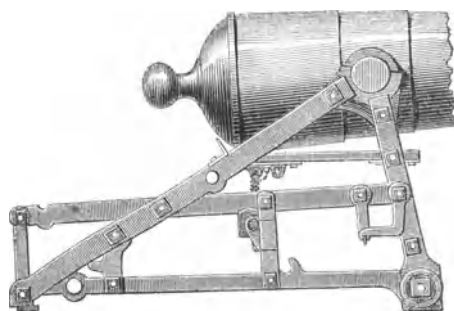


Fig. 337.  
Schmiedeeiserne Nahmenlafete mit Pombrenkanone.

bleiernem Umhüllungen, die Erprobung des Gußstahls als Rohmaterial sowie überhaupt die technischen Fortschritte in der Eisenindustrie, — alle diese Elemente haben bekanntlich jetzt eine völlig befriedigende Lösung des Problems der gezogenen Geschütze ermöglicht, doch nicht ohne lange Vorversuche, die hier näher zu betrachten sind.

Der sardinische Major und nunmehrige italienische General Cavalli stellte um das Jahr 1840 im Auftrage seiner Regierung mit dem Besitzer der schwedischen Eisengießerei Åker, dem Freiherrn von Wahrendorff, Versuche mit zweizügigen Belagerungs- und Festungsgeschützen an, welche die sardinische Regierung zur Anschaffung gezogener Röhre für den Belagerungspart bestimmten. Dieselben sollen sich 1860 bei der Belagerung von Gaëta vorzüglich bewährt haben. Schon bei jenen Versuchen stellte es sich heraus, daß die Zahl der Züge mit der Schwere des Geschosses bis zu einem gewissen Grade zunehmen muß, ein Umstand, der bei den leichten Projektilen der Handfeuerwaffen selbstverständlich nicht zu Tage treten kann. Die größere Zahl der Züge bietet nämlich der Pulverkraft gewissermaßen mehr Angriffs- punkte, das Geschöß in Rotation zu setzen, und außerdem wird auch der Gang um so sicherer, je mehr Berührungspunkte es mit den führenden Zügen hat. Diese Grundsätze lassen sich jedoch nur bei denjenigen Systemen vollständig anwenden, welche das Prinzip der Hinterladung zu Grunde legen und Stahl- oder Eisenrohre verwenden. Die Weichheit der Bronze gestattet im Allgemeinen nur wenig Züge, weil sonst die zwischen den Zügen stehen bleibenden Theile der Rohrwand, die Felder oder Balken, zu schmal ausfallen, um lange zu halten. Werden solche Röhre außerdem auch noch von vorne geladen, so können die Geschosse nur mittels Zapfen, die in die Geschößoberfläche eingesetzt sind, geführt werden, da die Prinzipien der Expansion und Kompression, wie wir sie bei den Handfeuerwaffen mit Vorderladung angewendet sehen, sich nicht auf die starren Eisenprojektilen übertragen lassen. Wir sehen demnach präzise Treffergebnisse nur bei den Hinterladungsrohren, weil bei diesen die mit einem Bleimantel umhüllten Geschosse durch die Gewalt der Gase in die schmalen, scharfkantigen Züge genau eingepreßt und mit Sicherheit geführt werden. Die Windung der Züge oder der Drall kann aus diesem Grunde bei den Hinterladungsrohren, unbeschadet der Sicherheit des Schusses, geringer sein als bei den Vorderladungs- geschützen. Fast alle gezogenen Kanonen sind rechts gezogen, d. h. der Drall der Züge windet sich für den hinter dem Rohre stehenden Beobachter von der Linken zur Rechten. Da nun der Schwerpunkt der Geschosse beträchtlich hinter der Längs- achse liegt, so entsteht dadurch eine mit der Entfernung wachsende regelmäßige Ab- weichung des Geschosses nach der rechten Seite, die Derivation. Diesem Umstande, dessen theoretische Erklärung uns hier zu fern liegt, muß durch die Visireinrichtung Rechnung getragen werden.

Obwol die preussische Artillerie sich schon seit etwa 1851 mit Versuchen zur Herstellung gezogener Geschütze beschäftigte, so müssen wir doch das französische System, mit welchem Kaiser Napoleon III. auf den italienischen Schlachtfeldern von 1859 auftrat, zunächst beschreiben, da es das erste ist, welches in die Praxis eingeführt wurde. Die französische gezogene Kanone ist aus dem bereits oben erwähnten glatten Gribeauval'schen Vierpfünder entstanden. La Hitte, Präsident der Artillerieschule zu Lafere, hat im Jahre 1858 die Versuche geleitet, in Folge deren diese ungewänderten Feld- geschütze unter der Bezeichnung Systeme La Hitte in der französischen Feldartillerie eingeführt wurden. Das bronzene Rohr ist etwa  $1\frac{1}{2}$  Meter lang, wiegt ungefähr 330 Kilo (also  $\frac{1}{4}$  weniger als ein gewöhnliches 6-Pfünderrohr) und hat ein Kaliber von 86,5 Millimetern. Dieser innere Durchmesser entspricht nämlich einer 4pfündigen eisernen Kugel, für welche das Rohr ursprünglich gegossen wurde. Die eisernen hohlen

Langgeschosse aber, welche zur Verwendung kommen, wiegen bei einer Länge von etwa zwei Kalibern  $4-4\frac{3}{4}$  Kilo =  $8-9\frac{1}{2}$  Zoltpfund, je nachdem sie mit einer einfachen Sprengladung versehen als Granate, oder mit Bleikugeln und Sprengladung gefüllt als Schrapnel verwendet werden. Fig. 235 veranschaulicht die Granate sowol in ihrer äußeren als in ihrer inneren Einrichtung. Der Hohlraum faßt etwa 200 Gramme oder  $\frac{2}{5}$  Zoltpfund Pulver, dessen Explosion die Granate in Stücke zersprengt, wie wir bereits oben bei Betrachtung der Granaten und Haubitzen gesehen. Der Leser erkennt sofort an dem in das Mündloch eingeschraubten und auch in seiner oberen Ansicht dargestellten Zünder (Fig. 233), daß das Prinzip des Generals Vormann, die ringförmige oder hier polygonale Saßlagerung, angewendet ist. Durch die Explosion der Schußladung, deren Flamme das ganze Geschöß umspielt, wird der Saß an einer der an den Seitenflächen des Zünderkopfes angebrachten runden Oeffnungen entzündet und die Brennzeit des Saßes hängt lediglich davon ab, an welcher von jenen Oeffnungen die Entzündung Statt findet. Sämmtliche Oeffnungen sind nach außen durch lederne Scheibchen geschlossen, jeder Schuß wird durch Entfernung des Lederscheibchens von der entsprechenden Oeffnung tempirt, wornach man mit ziemlicher Sicherheit darauf rechnen kann, daß das Geschöß nach einer gewünschten Anzahl von Sekunden, also für eine gewisse Tragweite auf eine bestimmte Entfernung, an dem gewünschten Ziele explodirt.

Die auf der Geschößoberfläche sichtbaren, in zwei Reihen über einander stehenden Aufsätze (Warzen oder Flügel, ailettes) haben, wie oben erwähnt, den Zweck, das Geschöß durch die Züge zu führen. Sie bilden den wesentlichsten Theil des Systems, weil sich die Systeme namentlich durch die Art der Verbindung zwischen Rohr und Geschöß, die sogenannte Liederung, von einander unterscheiden. Das Material der Zapfen ist Zink, welches bei genügender Zähigkeit doch zu weich ist, um die Wände und die außerdem noch abgeschrägten Kanten des Bronzerohres schon nach kurzem Gebrauche zu beschädigen. Dieser wichtigen Rücksicht entspricht auch die äußere nach beiden Seiten abgeschrägte Gestalt der Aufsätze, welche sich dem Profil der sechs spiralförmig gewundenen Züge des Rohres anpassen und nach dem Ergebnis desfalliger langer Versuche mit einer möglichst geringen Reibung, aber nicht ohne zu schlottern, die Seele passiren. Das Rohr ist rechts gezogen und die Züge machen auf  $2\frac{1}{2}$  Meter eine ganze Windung.

Das schon oben erwähnte Schrapnelgeschöß unterscheidet sich von der Granate fast nur durch die Füllung mit 60 bleiernen Pistolenkugeln, welche, wie dies auch bei den Schrapnels der glatten Geschütze meistens der Fall ist, durch einen die Zwischenräume ausfüllenden Schwefelcineuß festgelagert sind, so daß noch ein kleiner Raum zur Aufnahme der Sprengladung übrig bleibt. Letztere muß, wie bei allen Schrapnels, nur gerade so stark sein, um die eiserne Hülle eben zum Bersten zu bringen, damit sowol Sprengstücke als Bleikugeln durch ihr Beharrungsvermögen die ursprüngliche

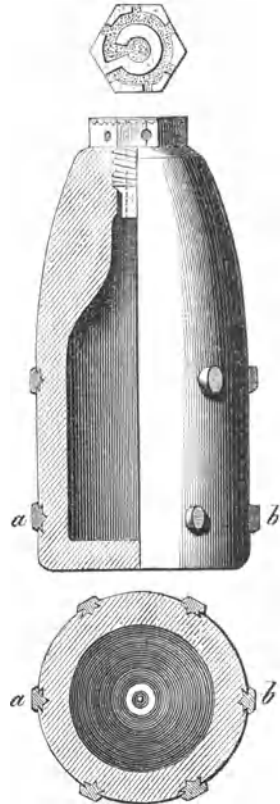


Fig. 233 bis 235.  
Granate für die französische gezogene Kanone.



Bahn des ganzen Geschosses verfolgen. Von dem Sprengpunkte, dessen richtige Lage man mittels Tempirens und einer zuverlässigen Zünderkonstruktion in der Hand hat, verwandelt sich die Geschosßbahn demnach aus einer zerstörenden Linie in eine zerstörende Garbe. Daß die zweckentsprechende Lösung dieser Aufgabe eine sehr richtige Beurtheilung der Entfernungen erfordert, liegt auf der Hand.

Wir haben noch der dritten Geschosßgattung zu erwähnen, der Büchsenkartätschen, deren Einrichtung fast gar nicht von den für glatte Röhre bestimmten Kartätschbüchsen abweicht. Eine cylindrische Büchse von Eisenblech enthält 41 Stück schmiedeeiserne Kartätschhügel, welche gleichfalls durch eingegossenen Schwefel festgelagert sind. Die Kartätschwirkung ist bedeutend geringer als bei dem glatten Geschütz, weshalb auch nur 3 Kartätschbüchsen neben 26 Granaten und 3 Schrapnels in einer französischen Geschützproze mitgeführt werden.

Der schlechtere Kartätschschuß ist eine der wesentlichsten Schwächen der gezogenen Geschütze überhaupt. Uebrigens muß hier bemerkt werden, daß seit Einführung der Schrapnels bei den glatten Röhren und seit Einstellung gezogener Röhre in die Feldartillerie die aggressive Bedeutung des Kartätschschusses, also seine Verwendung auf Entfernungen bis zu 7- und 800 Schritten, ganz verschwunden ist. Derselbe hat gegenüber den, auf früher nie geahnte Entfernungen, mit großer Sicherheit treffenden Sprenggeschossen jetzt nur noch den Zweck der Vertheidigung des eigenen Geschützes, und zwar in nächster Nähe. Und diesen Zweck erfüllt auch der Kartätschschuß aus dem gezogenen Röhre vollkommen.

Die eigentliche Kraft und Macht der Artillerie ist also jetzt noch mehr als früher in der meisterhaften Beherrschung des Feuers mit explodirenden Hohlgeschossen (den sogenannten Spreng- oder Streugeschossen) zu suchen und die gute Einrichtung der Zünder ist hierbei der wichtigste Faktor. Es gilt dieser Grundsatz in um so höherem Maße für die gezogenen Geschütze, als auch der gewöhnliche, mitunter so wirksame Schuß mit massiven Kugeln lediglich durch das Feuer mit Granaten ersetzt werden muß. Eine alte Gpfündige Kugel konnte bei ihrem im Verhältniß zum Geschütz nur geringen Gewichte mit  $\frac{1}{3}$  Kugelschwere, also mit 2 Pfund Ladung, abgeschossen werden. Sie besaß in Folge dieses Umstandes eine sehr bedeutende Anfangsgeschwindigkeit und beschrieb auf Entfernungen von etwa 1000 bis 1200 Schritten eine überaus rasante Flugbahn; außerdem aber bot die reine Kugelgestalt des Geschosses die allergünstigste Form für ein fortgesetztes Rifoschettiren, welche Eigenschaft die alte Artillerie, das Bedürfniß nach größerer Tragweite ihrer Geschütze wohl fühlend, zu dem bereits oben erwähnten Rollschusse ausbeutete.

Da das Hohlgeschosß einer gezogenen Kanone, bei etwa doppelter Länge, mehr als das doppelte Gewicht einer Kugel gleichen Durchmessers zu besitzen pflegt, so würde es nicht mit der verhältnißmäßig gleichen Ladung wie diese abgeschossen werden können, ohne durch den Rückstoß das Rohr und die Raffete zu beschädigen, deren Stärke für den Schuß mit der runden Kugel berechnet ist und, ohne der Beweglichkeit Eintrag zu thun, nicht bedeutend vermehrt werden kann. Dazu kommt noch, daß eine regelmäßige Bewegung des Geschosses in den Zügen bei den jetzt vorliegenden Konstruktionen von Langgeschossen gleichfalls nur bei einer schwachen Ladung erreicht werden kann.

Die Ladung beträgt bei fast allen gezogenen Geschützen bis jetzt  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$  des Geschosßgewichts (bei den französischen 4-Pfündern 550 Gramm oder  $1\frac{1}{10}$  Zollpfund, also  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{8}$  des Geschosßgewichts). Aus der schwachen Ladung, dem leichten Geschütz und dem schweren Geschosß folgt nothwendig das Uebel einer gekrümmten Flugbahn, wodurch auf den nähern Distanzen der bestrichene Raum sich im Verhältniß zum

glatten Geschütz vermindert. Freilich gleicht sich auf den größeren Entfernungen jenseits 1000 oder 1200 Schritten die geringere Anfangsgeschwindigkeit durch das größere Beharrungsvermögen des Langgeschosses aus, so daß die Flugbahn in ihrer weiteren Entwicklung sich nur langsamer krümmt als diejenige einer gewöhnlichen Kugel, aber trotzdem muß das Schießen auf den größeren Entfernungen beinahe ein Werfen genannt werden, indem es nur unter sehr bedeutenden Elevationswinkeln bei fast gar keinem bestrichenen Raume stattfindet. Der französische 4-Pfünder schießt allerdings noch mit ziemlicher Genauigkeit auf eine Entfernung von 3200 Meter (gegen  $\frac{3}{4}$  Wegstunden), aber nur bei einem Aufsatz oder einer Visirerhöhung von 21 Centimetern. Wenn aber der richtende Artillerist bei einem geringen Fehler im Schätzen der Entfernung die Aufsatzhöhe nur um einen oder zwei Centimeter falsch nimmt, so wird er selbst ein großes Ziel, wie eine feindliche Batterie oder Kompanie Kolonne, in den meisten Fällen verfehlen, indem das Geschosß zu kurz oder zu weit geht und nach dem ersten Aufschlage nichts Erhebliches mehr leistet.

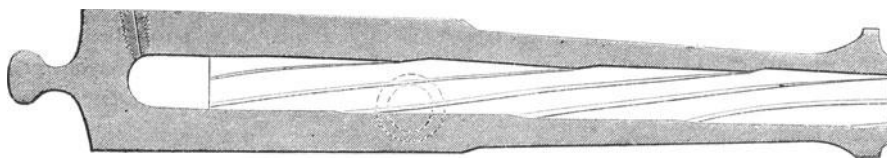


Fig. 236. Oesterreichisches Feldartilleriematerial von 1863.

Wir stehen hier an der Grenze, wo die Kraft und die Schwäche der gezogenen Geschütze überhaupt sich berühren. Bei genau bekannter Distanz ist fast für jeden Schuß mit Gewißheit auf die Wirkung des Langgeschosses zu rechnen, bei falsch geschätzter Entfernung dagegen ist dieses nicht der Fall. Die Trefffähigkeit der gezogenen Rohre hängt also von der genauen Schätzung der Entfernung ob und wird ohne diese mehr oder weniger illusorisch. Napoleon's III. gezogene Geschütze imponirten in Italien nur durch ihre für damalige Ansichten fabelhafte Tragweite, keineswegs aber durch ihre Treffer. Die tapfere österreichische Artillerie ließ sich durch die gezogenen Geschütze nicht schrecken. Sie ging dem Feinde nahe auf den Leib und bewährte ihren alten Ruhm. In der That, die gezogenen Geschütze des Feindes waren nicht die Ursache zu den Niederlagen, welche die brave österreichische Armee zu erleiden hatte. Nur fünf Jahre später hat sie Geschütze gleichen Systems, aber schwereren Kalibers, gegenüber gestanden und ist von Sieg zu Sieg geeilt, bis an die Nordküsten Bütlands.

Die russische Regierung hat sich bei der raschen Herstellung einer gezogenen Feldartillerie fast unmittelbar und ohne eigene Variationen dem französischen Systeme angeschlossen.

Oesterreich, aus nahe liegenden Gründen am dringendsten zur sofortigen Einführung gezogener Feldgeschütze angeregt, beeilte sich, die glatten Gypsündigen Feldkanonen in gezogene umzuwandeln, nachdem die desfalligen Versuche unter der Leitung des Generalmajors Fabisch zu befriedigenden Resultaten geführt hatten. Die einem eroberten französischen gezogenen Geschütze entlehnten Formen lagen der Konstruktion zu Grunde. Für die Ründereinrichtung benutzte man andere Prinzipien, welche wir später erwähnen werden. Bald wurde das Unzureichende dieses österreichischen Systems mit anerkenntenswerther Offenheit von Oesterreich selbst zugestanden und nunmehr das Venk'sche System mit der Schießwolle als Treibmittel der Geschosse eingeführt, eine Aenderung, die aber sehr bald wieder abgeschafft wurde. Das nun seit 1863 eingeführte österreichische Feldartilleriematerial, bestehend aus 4pündigen und 8pündigen gezogenen Kanonen, zeigt übrigens in der Konstruktion des Querschnittes der Seele

dennoch wesentliche Veränderungen, obwohl sie auf dem von Kenf zuerst angegebenen Prinzip, der Keilbohrung, beruhen. Diesem Prinzip liegt die Idee zum Grunde, den so vielfach schädlichen Spielraum, da er bei der Vorderladung nicht ganz zu verbannen ist, wenigstens auf eine Stelle zu beschränken. Demgemäß hat der Querschnitt der Kenf'schen Bohrung die Gestalt eines Kreises, um welchen ein Dreieck (der Keil) so gelegt ist, daß die Peripherie der Bohrung, sich stetig erweiternd, endlich mit einem scharfen, durch die Basis des Dreiecks gebildeten Absatz (dem Keilansatz) wieder in die Kreislinie zurückkehrt. Der Querschnitt des Geschosses war natürlich der Bohrung entsprechend und der Keilansatz am Geschosse wurde durch einen Bleimantel gebildet. Nachdem das Geschöß, auf dem Keilansatz schleifend, den Boden der Seele erreicht hatte, wurde es mittels des Ladezeugs gedreht, so daß es fest an die Rohrwände anschloß und der ganze Spielraum zwischen Keilansatz des Geschosses und Keilansatz des Rohres vereinigt war. Der erste Stoß, welchen das Geschöß erhielt, war somit ein centraler, aber sobald es sich in Bewegung setzte, um der Führung der spiralförmig wie die gewöhnlichen Züge gewundenen Keilbohrung zu folgen, vertheilte sich der Spielraum wieder um die ganze Cylinderfläche des Geschosses. Dazu kam noch die unsymmetrische Gestalt dieses letztern, welche eine regelmäßige Rotation keineswegs begünstigte. Die von Kenf vorgeschlagenen drei gewöhnlichen Züge, welche noch außerdem

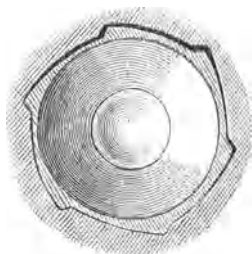


Fig. 237.  
in der Mündung.

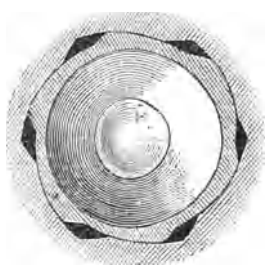


Fig. 238.  
am Boden des Rohrs.

in die Seele eingeschnitten wurden und zur Sicherung der Rotation des dieserhalb mit drei weitem Keisten versehenen Geschosses dienen sollten, halfen dem Uebelstande nicht ab. Man entschloß sich demnach, anstatt des einen Keilzugs deren sechs anzuwenden, wie dies die nebenstehenden Figuren andeuten. Die Ergebnisse,

welche die österreichische Artillerie in Schleswig-Holstein mit diesem Materiale erreichte, werden als sehr befriedigend geschildert und in der That erwecken die Keilansätze auf der Oberfläche der Geschosse eine größere Zuversicht zu einer gesicherten und ruhigen Führung im Rohre, als die Flügel des französischen Systems. Das erste der Fig. 239 und 240 abgebildeten Geschosse ist die vollkommen adjustirte, etwa  $3\frac{1}{4}$  Kilo wiegende 4-Pfünder-Granate in ihrer äußeren Ansicht. Die Sprengladung derselben beträgt  $11\frac{1}{2}$  Loth Geschützpulver. Die an der Spitze herausstehenden Zapfen dienen dem Ladezeug als Angriffspunkte, um das Geschöß an die Führungsflächen anzudrehen, wie wir es oben in Fig. 238 sehen. Das andere Geschöß zeigt uns den Durchschnitt eines 4-Pfünder-Schrapnels, dessen Gewicht etwa  $3\frac{1}{2}$  Kilo beträgt. Die Sprengladung ( $3\frac{3}{4}$  Loth Gewehrpulver) befindet sich getrennt von den Kugeln (80 einblättrigen Bleifugeln) in dem untern Raume des Geschosses. Der Zünder für die Granate ist Geheimniß, derjenige für das Schrapnel ist zwar augenscheinlich dem Breithaupt'schen nachgebildet, hat aber ebenfalls Modifikationen, deren Veröffentlichung verboten ist. Außer diesen Geschossen führt das Geschütz noch Kartätschbüchsen und Brandgeschosse. Diese letzteren sind der Granate ganz ähnlich; nur ist ihre Höhlung, anstatt mit einer Sprengladung gefüllt, mit Brandsatz vollgeschlagen, welcher aus Pulver, Salpeter, Schwefel, geschnittenem Hanf, Terpentin und Schwarzpech besteht. Die Entzündung dieses Satzes erfolgt durch einen Zünder, ähnlich demjenigen der Granate.

Das Geschöß hat sodann noch drei sogenannte Brandlöcher in seiner Eiseuhülle, aus welchen die sehr intensiven und schwer zu löschenden Flammen des Brandfazes heraus-schlagen. Die österreichische Artillerie hat immer viel Werth auf solche Brandgeschosse auch bei der Feldartillerie gelegt. Andere Artillerien führen dieselben nur bei den Belagerungs- und Festungsartillerien und begnügen sich mit der an und für sich schon ziemlich sicheren Zündwirkung, welche die explodirende Granate zur Folge hat, wenn anders das von ihr getroffene Objekt einigermaßen brennbar ist. Das Fig. 236 abgebildete österreichische 4-Pfünder-Rohr ist aus Bronze, etwa  $1\frac{1}{2}$  Meter lang, hat bei einem Kaliber von  $3\frac{1}{12}$ " sechs Züge, welche etwas mehr als eine halbe (0,6) Umdrehung im Rohre machen, und wiegt 235 Kilo. Es schießt seine Geschosse mit einer Ladung von 30 Loth, also etwa  $\frac{1}{7}$  des Geschößgewichts. Das 8-Pfünder-Rohr wiegt bei ganz gleicher Konstruktion 445 Kilo. Das Material hat also die bei der österreichischen Artillerie von Alters her gebräuchliche Leichtigkeit beibehalten. Die Laffetirung ist die modifizierte Wandlaffete; die Fuhrwerke sind nach demselben Systeme erbaut. Das neue österreichische Feld- und Gebirgsartillerie-Material war bezüglich der Rohr-, Laffeten- und Fuhrwerks-Konstruktion, der Munition und des Zugehör's innerhalb der Frist von sechs Monaten (während des Winters von 1862 bis 1863) entworfen, versucht und zu dem für den Truppengebrauch nöthigen Grade ausgebildet worden. Weitere 10 Monate genüigten, um die zur Ausrüstung von 120 Feld- und 10 Gebirgsbatterien zu 8, resp. 4 Geschützen nöthigen Rohre, Laffeten und Fuhrwerke herzustellen und mit der vorchriftsmäßigen Munitionsmenge sammt allem Zubehör zu versehen. Dieses gewiß ungeheure Resultat einer rastlosen Thätigkeit mag zugleich einen Beweis von der Produktionsfähigkeit des Wiener Arsenals liefern, in welchem die gesammte vorstehend genannte Ausrüstung gefertigt wurde. Das Arsenal in Wien, dessen Abbildung wir an den Schluß unserer Betrachtungen über Pulver und Feuerwaffen gesetzt haben, eines der großartigsten Militäretablissemments in Europa, wurde im Jahre 1849 angefangen und unter der Leitung des genialen Feldmarschallleutnants von Augustin im Jahre 1855 vollendet. Es bildet ein ringsum abgeschlossenes längliches Viereck von etwa 1100 Schritt Länge und 640 Schritt Breite, und hat an den Ecken vier, an den Flanken zwei hervortretende Kasernenblöcke. Seine massiven, mit mehr als 70 Thürmen und Thürmchen versehenen Bauten enthalten Geschützhause, Bohrwerk, Gewehr- und Maschinenfabrik, kurz Alles, was zur Erzeugung der Ausrüstung für eine große Armee nothwendig ist.

Wir gehen nun zur Betrachtung des berühmten preussischen Feldgeschützes über, dessen Geschöß Fig. 241 darstellt, und zwar in etwa  $\frac{1}{4}$  der natürlichen Größe für den 6-Pfünder. Der gußeiserne Kern des Geschößes unterscheidet sich wenig von der allgemein angenommenen flaschenförmigen Gestalt dieser Projektile. Eigenthümlich erscheint zunächst der äußerlich angegoßene Bleimantel, welcher durch die am Geschößcylinder vorstehenden ringförmigen Erhöhungen fest mit demselben verbunden ist.

Der preussische Zünder bietet uns die bis jetzt am besten bewährte Art der Konfusionszünder, über deren Wesen wir der speziellen Beschreibung einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken müssen. Schon bald nach Erfindung der Knallpräpa-



Fig. 239. Neue österreichische Granate der gezogenen Geschütze. Neuere Gestalt.

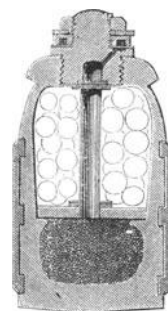


Fig. 240. Schrapnel der gezogenen Geschütze. Durchschnitt.

rate, deren wir die vorzüglichsten bei dem Pulver beschrieben haben, versuchte man dieselben für die rechtzeitige Explosion von Hohlgeschossen nutzbar zu machen, doch ist man erst neuerdings zu einer einfachen Lösung dieser Aufgabe gelangt. Denkt man sich in den cylindrischen Hohlraum an der Spitze eines Geschosses einen kleinen Cylinder von einigem Gewichte in der Weise eingeschlossen, daß er vor und hinter sich noch einigen Raum zur freien Bewegung in der Richtung seiner Längsachse behält, so leuchtet es ein, daß dieser kleine Schlagkörper im Momente des Abfeuerns des Geschosses hinter dessen Bewegung etwas zurückbleiben, in dem Augenblicke aber, wo die Bewegung des Geschosses durch einen Aufschlag desselben gehemmt oder verzögert wird, die eigene Bewegung noch weiter fortsetzen muß. Im ersteren Falle wird also nach hinten, im letzteren nach vorne ein Stoß des Schlagkörpers erfolgen und man braucht nur hinter oder vor demselben eine durch den Stoß explodirende Masse anzubringen, um die Entzündung in dem einen oder dem andern der oben bezeichneten Momente zu bewirken. Man kann also durch diese Einrichtung zwei verschiedene Absichten erreichen, nämlich einen Vormann'schen Zünder an irgend einer Stelle seines Satzes im

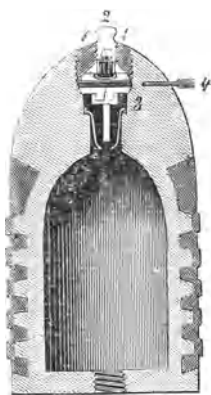


Fig. 241.  
Granate des gezogenen preussischen Geschützjäunders.

Momente des Abfeuerns lediglich durch den Stoß zu entzünden (es wird hierbei die Entzündung durch das Feuer des Schusses selber überflüssig und die Anwendung solcher Geschosse möglich, welche von hinten ohne Spielraum durch das Rohr gepreßt werden), oder man kann zweitens das Geschöß mit Sicherheit in demjenigen Momente zum Explodiren bringen, in welchem es dem ersten Widerstande begegnet, wenn man das Knallpräparat nicht auf einen temperirten Zündsatz, sondern unmittelbar auf die Sprengladung des Geschosses wirken läßt. Man erwartet die Schußwirkung hauptsächlich von einer dicht hinter dem Aufschlagpunkte des Geschosses entspringenden Garbe von Fragmenten, oder — bei der Beschießung von Mauerwerk und ähnlichen Objecten — von einem combinirten Effect, welcher sich aus dem Stöße eines schweren Projektils und der gleich darauf folgenden Sprengwirkung des bereits eingedrungenen Geschosses zusammensetzt. Die Versuche der könig-

lich preussischen Artillerie mit gezogenen Geschützen bei Züllich im Jahre 1860 und die Belagerung der Düppeler Schanzen haben deren verheerende minenartige Wirkung und ihre Vorzüge vor den glatten Kanonen in dieser Beziehung bewiesen.

Was nun die spezielle Einrichtung des preussischen Konfusionszüunders anlangt, so wird der Schlagkörper durch den mit 3 bezeichneten Nadelbolzen repräsentirt, welcher ohne weitere Befestigung in den Hohlraum der Geschößspitze eingesetzt ist und durch eine dünne messingene Hülse, die Bolzenkapsel, von der Sprengladung getrennt wird. Der Nadelbolzen ist in seiner Achse durchbohrt, um das Feuer des vor ihm befindlichen Zündhütchens nach rückwärts durchzulassen, nachdem dasselbe durch den Stoß der im Bolzen eingesetzten Spitze, der sogenannten Zündnadel, zur Detonation gebracht worden ist. Das nach Innen gekehrte kupferne Zündhütchen sitzt auf der mit 2 bezeichneten messingenen Zündschraube, welche in der Achse der vertupferten eisernen Mundlochschraube 1, unmittelbar vor dem Einbringen des Geschosses in das Rohr, eingeschraubt wird. Der Transport der Geschosse auf dem Marsche ist daher ein sehr gefahrloser. Der mit 4 bezeichnete stählerne Vorstecker hält den Nadelbolzen von dem Zündhütchen zurück, um eine vorzeitige Explosion des Projektils innerhalb des Rohres ganz unmöglich zu machen; er wird noch vor dem Einschrauben der Zündschraube eingesteckt und kann nicht herausfallen, so lange das Projektil im Rohre ist,

da er sich mit seinem Kopfe an der innern Rohrwand anlehnt. Sobald aber das Geschöß die Mündung verlassen hat, wird der Vorstecker durch die Rotation abgeworfen und die Zündvorrichtung befindet sich nun in dem Zustande äußerster Empfindlichkeit; der geringste Widerstand, welchem das Geschöß begegnet, hat ein Vorschnelles des Nadelbolzens und somit die Detonation des Zündhütchens, also die Sprengung des Geschößes, zur Folge.

Da man, abweichend von der oben beschriebenen österreichischen Einrichtung, denselben Zünder sowol für Granaten als auch für die Schrapnels anwendet, so ist für beide Geschößgattungen der wichtigste Effekt an den Moment des ersten Anschlagens oder Aufschlagens geknüpft. Das Schrapnelfeuer wird hierdurch in seiner Freiheit und Mannichfaltigkeit eingeschränkt, da es nicht möglich ist, den Sprengpunkt über das Ziel zu legen. Der mörderische Streckungskegel der Kartätschgranate springt fast immer von unten und kann nicht von oben her die hinter einer Deckung befindlichen Gegner erreichen, ein Vortheil, der den österreichischen Schrapnels mit ihren Brennzündern nach Vormann und Breithaupt, gegenüber den hinter Knicks gedeckten Tünen, sehr zu Statten kam.

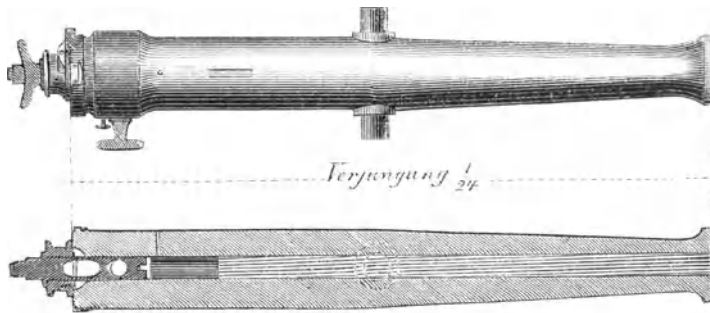


Fig. 242. Preußisches gezogenes Eufstahlrohr mit Hinterladungsverfahruß.

Auf der andern Seite ist es dagegen nicht zu übersehen, daß man von dem Temperiren der Zünder ganz abstrahiren kann, was um so mehr in Betracht kommt, als der preußische Zünder ohnehin schon eine überaus vorsichtige Behandlung beim Einsetzen der Vorstecker und Handschrauben mitten im Drange des Gefechtes in Anspruch nimmt.

Die Schrapnels unterscheiden sich nicht wesentlich von den bereits beschriebenen der englischen und französischen Geschütze.

Was die Büchsenkartätschen betrifft, so enthalten dieselben für das 6pfündige Kaliber (an dessen Beschreibung wir uns überhaupt vorzugsweise halten, da es den Grundtypus des preußischen Systems bildet) 41 fünflöthige Kugeln aus Zink, weil eiserne die scharfen Kanten der Züge leicht verletzen könnten. Die Büchse ist ein cylindrischer Mantel aus Weißblech mit hölzernem Boden (dem Spiegel), welcher noch durch einen aufgeschraubten bleiernen Boden, die Treibscheibe, verstärkt wird. Den obern Verschluss der Büchse bildet die Deckscheibe von Zinkblech, auf welche der aufgeschlitzte obere Rand der Blechbüchse umgebogen wird.

Die Schußladung ist für alle Arten der hier aufgezählten Geschöße dieselbe, nämlich 1 1/4 Pfund Pulver oder etwa 1/12 des Geschößgewichtes, da die Granate mit einer Sprengladung von 16 Loth Gewehrpulver 13 Pfund 22 Loth wiegt. Wir erkennen also auch hier in noch höherem Maße als bei den gezogenen Röhren des 4pfündigen Kalibers einen Uebelstand, der die Erzeugung rasanter Bahnen unmöglich macht.

Figur 242 veranschaulicht uns die innere Einrichtung des gezogenen preußischen Geschützes und zwar speziell des (in der Fabrik von Krupp in Essen erzeugten und in

Spandau gezogenen) gußstählernen 6-Pfünder, welcher in Bezug auf sein treffliches Material den höchsten Anforderungen entspricht. Das Rohr ist von hinten nach vorn ganz durchbohrt; der vordere, engere cylindrische Theil dieses Hohlraums, die eigentliche Seele, ist mit 18 Zügen versehen, welche die doppelte Breite der Felder besitzen und auf etwa 5 Meter einen ganzen Umgang beschreiben würden. Die große Zahl und Breite der Züge soll, wie bereits oben erwähnt, eine möglichst genaue Führung bei möglichst geringer Reibung des eingezwängten Geschosses bewirken. Der hintere, etwas erweiterte Theil der Seele bildet den sogenannten Ladungsraum, welcher zur Aufnahme des Geschosses, der Pulverladung und des Verschlusskolbens bestimmt ist. Die von dem preussischen Oberst Neumann hergestellte Verschlussvorrichtung ist eine Verbesserung der von dem Freiherrn von Wahrendorff erfundenen Konstruktion. Der von hinten eingeschobene schmiedeeiserne Verschlusskolben besteht aus einem massiven cylindrischen Kopf, welcher den Boden der Seele bildet, und aus dem doppelt durchbrochenen Kolbenhals, durch dessen vordere Oeffnung ein starker gußstählerner Quercylinder geschoben wird. Das Rohr ist nämlich im Ladungsraum quer durchbohrt, um diesen an einer kurzen Kette hängenden Cylinder aufzunehmen. Die durch ein Charnier mit dem Rohre verbundene gußeiserne Verschlussstüre dient eigentlich nur zur Führung des Kolbens, dessen Hals durch einen Schlitz der Verschlussstüre vor- und zurückgeschoben werden kann. Der Kolbenhals endigt in einer Schraube, auf welcher sich eine zweiarmlige Kurbel bewegt, durch deren Anziehen der Kolben sich fest gegen den Quercylinder anlegt. Die Kurbel ist ihrerseits durch zwei aufgeschraubte Reibungsmuttern in ihrer Bewegung begrenzt.

Neben diesem Kolbenverschluss ist namentlich für den gezogenen 4-Pfünder der sogenannte Keilverschluss angenommen worden. Derselbe besteht im Allgemeinen aus zwei, mit ihren schiefen Flächen aneinander liegenden Keilen, welche zusammen einen prismatischen Querriegel bilden, der gerade wie der Quercylinder des Kolbenverschlusses von der Seite eingeschoben wird und den hintern Abschluß des ganz durchbohrten Rohres bildet. Der vordere, die Bodenfläche des Rohres bildende Keil ist mit einer Schraube versehen, deren Spindel durch ein entsprechend geformtes Lager des rückwärtigen Keiles geht und auf ihrem mit Gewinden versehenen Ende eine Schraubenmutter mit zweiarmliger Handhabe trägt. Durch Drehung dieser Schraubenmutter gleitet der vordere Keil auf der schiefen Ebene des rückwärtigen hin, der Querriegel wird dadurch dünner und läßt sich nun so weit aus dem Rohre herauschieben, bis eine durch beide Keile durchgehende, der Seelenweite entsprechende Durchbohrung gerade mit der Bohrung zusammenfällt. Das Rohr kann nun von rückwärts geladen werden, der Querriegel wird wieder vorgeschoben und die Schraubenmutter im entgegengesetzten Sinne gedreht. Dadurch gleitet der vordere Keil wieder an dem rückwärtigen hin und der Querriegel nimmt seine ursprüngliche verstärkte Dimension wieder an.

Es leuchtet ein, daß bei den Feldgeschützen die Hinterladung eine ganz andere Bedeutung hat als bei den Handfeuerwaffen: der taktische Werth der gezogenen Gewehre wird bedeutend durch die Hinterladung erhöht, weil diese ein schnelleres und bequemerer Laden in jeder Stellung des Schützen ermöglicht, während es noch andere Mittel giebt, um das Geschos in die Züge zu pressen und ihm die vortheilhafte Rotation mitzutheilen. Der Hauptübelstand der Hinterladung ist bei Geschütz und Handfeuerwaffe der, daß diejenigen Theile des Rohres, welche die größte Arbeit der Gase auszuhalten haben, aus mehreren beweglichen und nicht aus einem Stücke bestehen.

Ein Hemmiß für die Bedienung der Hinterladungsrohre bildeten Anfangs die nach rückwärts entweichenden Pulverdämpfe, indem sie den Verschlussapparat beschmutzten

und seine Gangbarkeit gefährdeten. Man hat diesem Uebelstande durch verschiedene Einrichtungen, u. a. durch kupferne Ringe, welche sich in Folge des Gasdrucks expandiren und die Fugen des Apparates verschließen, am Sichersten aber in Preußen durch den sogenannten Preßspanboden abgeholfen. Es ist dies eine Scheibe aus starker Hauf- und Lederpappe mit tellerförmig umgebogenem Rande. Das Ganze hat die Gestalt eines Flaschenbodens, wird hinter der Patrone eingesetzt, oder ist auch durch Keim fest mit ihr verbunden. Durch den Stoß der Explosion weitet sich dieser Preßspanboden aus und schließt den Spielraum am Kopfe des Verschlusskolbens vollständig ab. Uebersetzen wir Alles, was wir von dem preußischen Feldgeschütz gesagt haben, so finden wir auch hier wieder, wie bereits oben erwähnt wurde, daß der an sich unbestreitbare Werth der neuen Waffe fast ganz in der Länge und Regelmäßigkeit der Geschosbahnen zu suchen ist, wodurch die Nachteile einer starken Krümmung jener Kurven sowie einer etwas erschwerten Behandlung von Geschütz und Geschos ihre Ausgleichung finden müssen. Es ist dabei nicht zu übersehen, daß die Streuung des preußischen Geschützes wirklich auf ein Minimum, seine Trefffähigkeit also auf ein Maximum gebracht worden ist. Eine erfolgreiche Beschießung kann im Feldkriege schon gegen die kleinsten geschlossenen Truppenabtheilungen auf 2500—3000, gegen größere Truppenmassen, selbst von der Stärke eines Bataillons, auf 4000, und gegen Ortschaften und ähnliche Objekte von etwas bedeutendem Umfange bis auf 5000 Schritte, mit Zuversicht um so mehr erwartet werden, als das Geschütz, wie wir es oben in Bezug auf die Hinterladung im Allgemeinen bereits ausführten, selbst der beste Distanzmesser ist.

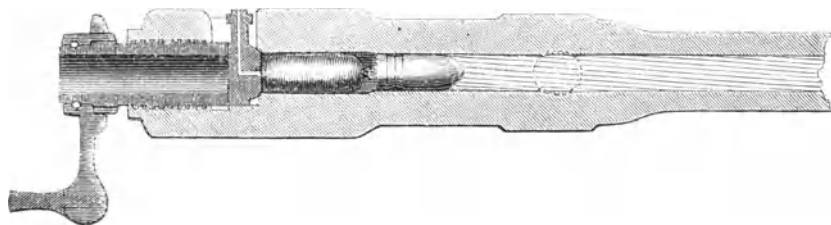


Fig. 243. Längendurchschnitt eines geladenen englischen Geschützrohres nach Armstrong.

Sämmtliche deutsche Bundesstaaten sind, so weit sie überhaupt Artillerie führen, mit gezogenen preußischen Geschützen versehen. Ebenso ist das preußische System für die Festungs- und Belagerungsartillerie des Bundes eingeführt. Das neueste Modell der preußischen gezogenen Rohre ist der 4-Pfünder, welcher auch bereits in einer Probatterie der Gardeartilleriebrigade seine Feuertaufe erhalten und namentlich bei Erstürmung des Sonderburger Brückenkopfes am 18. April 1864 mitgewirkt hat. Die Konstruktion ist derjenigen des 6-Pfünders ganz analog. Er schießt seine 8,6 Pfund schwere Granate und das 10,1 Pfund schwere Schrapnel mit einer Ladung von 1,1 Pfund, oder  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$  der Geschossschwere. Die bestrichenen Räume dieses Geschützes sind daher sehr groß, und da es hinsichtlich der Streuung und folgerichtig auch der Trefffähigkeit, dem gezogenen 6-Pfünder gleichsteht, an Beweglichkeit ihn aber übertrifft, so scheint es ganz geeignet zum leichten Feldgeschütz, wie denn auch seine Annahme als solches in der preußischen Artillerie bereits definitiv entschieden ist. Die Bedienungsmannschaft beträgt nur fünf Mann, einschließlich eines Mannes als Reserve, welche sämmtlich auf dem Geschütze (3 Mann auf dem Prokafsten, 2 Mann auf elastischen, auf der Laffetenachse angebrachten Sigen) transportirt werden.

Die vorstehende Zeichnung Fig. 243 erläutert die innere Einrichtung des bei Beschreibung der Blocklaffete abgebildeten englischen Geschützes, welches von dem



jetzt geadelten Civiilingenieur William Armstrong erfunden und nach ihm benannt wurde. Wir erkennen alsbald eine große Ähnlichkeit mit dem preussischen Geschütze. Betrachten wir zunächst die Verschlussvorrichtung, so sehen wir, daß der eigentliche Boden der Seele durch ein von oben eingesetztes kleines und leichtes Stück, den stählernen und verkupferten Obturator, gebildet wird. In diesem beweglichen Verschlussstücke befindet sich das Zündloch, so daß dessen Verderb oder Abnutzung keineswegs das ganze Rohr, sondern eben nur diesen kleinen und leicht zu ersetzenden Theil der Verschlussvorrichtung außer Gebrauch setzt, ähnlich, wie dies schon seit längerer Zeit bei allen Feldgeschützen der Fall ist, wo man ein ausgebranntes Zündloch durch Einschrauben eines neuen kupfernen Stollens, welcher das Zündloch enthält, wieder ersetzt, ohne der Brauchbarkeit Eintrag zu thun. Die starke hohle Schraube am Ende des Bodenstückes braucht nur mittels ihrer Kurbel um eine Umdrehung gelöst zu werden, um das Aufheben und Herausnehmen des Obturators, welcher bei leichteren Röhren mit einer, bei schwereren mit zwei Handhaben versehen ist, zu gestatten. Man schiebt sodann Geschöß und Ladung durch den Hohlraum dieser Schraube hindurch bis in den Ladungsraum des Geschützes vor, setzt den Obturator wieder ein und klemmt ihn schließlich durch Wiederanziehen der Hohlsschraube mit dem auf seiner vorderen Fläche befindlichen kupfernen

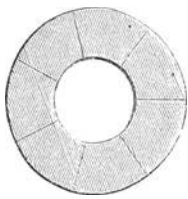


Fig. 244.

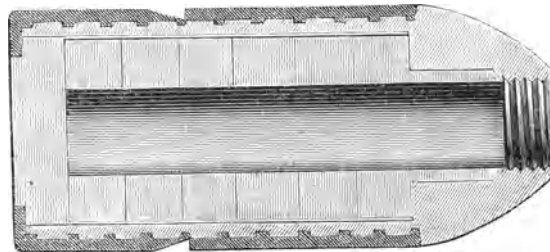


Fig. 245.

Englisches Segment-Geschöß nach Armstrong.

Ringe fest gegen die ebenfalls mit Kupfer ausgelegte hintere Abkantung des Ladungsraumes, um einen soliden Abschluß der Pulvergase herzustellen. Der gezogene Theil der Seele enthält viele (bei dem Feld=6=Pfünder 32, 9=Pfünder und 12=Pfünder 38) Züge, welche mit den Feldern gleiche Breite haben und im Rohre eine halbe Umdrehung machen. Die Führungsflächen sind scharf, die gegenüber liegenden Seitenflächen ausgerundet. Der Ladungsraum ist cylindrisch und glatt. Der gezogene Theil schließt sich an ihn mittels eines schwachen Konus an, um dem Geschosse das Eintreten in die Züge zu erleichtern.

Fig. 244 und 245 zeigen uns die innere Einrichtung der Armstronggeschosse. Ein gußeiserner flaschenförmiger Körper mit dünnen Wänden, der sogenannte Eisenkern, bildet auch hier die Grundlage der Konstruktion; ein bleierner Mantel ist, wie bei den preussischen Projektilen, angegossen und wird durch die querlaufenden Rippen oder Ringe des eisernen Geschößschlinders festgehalten, um nicht im Rohre abgestreift zu werden.

Höchst originell ist die Füllung dieses Projektils, wonach dasselbe ein Segment-Geschöß genannt wird. Der Längenschnitt Fig. 245 zeigt uns sieben auf einander geschichtete ringförmige Eisenplatten, welche den Hohlraum vollständig füllen; in der beigefügten Horizontalansicht erkennen wir aber, daß jede dieser ringförmigen Schichten wieder aus je sieben an einander gelegten Segmenten besteht, welche nur durch den Eisenmantel des Geschosses zusammengehalten sind. Der in der Achse der Eisenfüllung und des ganzen Geschosses befindliche cylindrische Hohlraum enthält die Sprengladung, durch deren Explosion die eiserne und bleierne Hülle in viele Fragmente

zersprengt und gleichzeitig die Füllung in ihre 49 Elemente zerlegt wird, woraus denn begreiflicher Weise ein sehr mörderischer Streumungskegel in dem Sprengpunkte entstehen muß.

Die Einrichtung des Zünders ist in Fig. 246 ausführlich dargestellt; sie zeigt eine Verbindung des Konfussionsprinzips mit dem von Breithaupt modifizirten Vornann'schen Zünder. Der Zünderkörper hat nach oben die Verlängerung *a a*, um die Konfussionsvorrichtung aufzunehmen; *f* ist die drehbare Tempirscheibe und *h* die zugehörige Druckschraube; *i* Perkussionsfag; der Stößer *k* mit der Spitze *l* wird festgehalten durch die Nadel *m*, welche so beschaffen ist, daß sie durch den Stoß, welchen das Geschöß im Rohr erhält, zerbricht und den Stößer *k* frei läßt. Das Feuer strömt dann aufwärts, zündet den Anfeuerungsfaß, welcher in der Kammer *n* untergebracht ist, und wird dann durch den Kanal *o* auf den gegebenen Punkt des Satzprisma's *b* geleitet; bei *e* ist die Zeitskala angebracht. Wir haben noch beizufügen, daß nach einer neuesten Verbesserung die Zünder eine doppelte Konfussionsvorrichtung erhalten, wodurch sie je nach dem Willen des Artilleristen entweder nach einer gewissen Bremszeit oder nach dem ersten Aufschlage zur Wirkung gelangen.

Da die Armstrong-Rohre nach dem wirklichen Geschößgewichte benannt werden, so hat der Armstrong-12-Pfünder, das gewöhnliche Feldgeschütz der englischen Artillerie, bei seinem etwa  $2\frac{1}{2}$  Kaliber langen 12pfündigen Langgeschosse nur etwa die einer 4pfündigen Kugel entsprechende Bohrung.

Unter solchen Umständen ist es begreiflich, daß auch bei den Armstronggeschützen die Ladung von  $\frac{1}{7}$  des Geschößgewichtes nicht überstiegen wird. Die Regelmäßigkeit der Geschößbahnen, die Ausgiebigkeit ihrer Sprengwirkung und die sümreiche Einrichtung des Zünders gleichen übrigens auch hier, wie bei dem preussischen System, den Mangel an rasanter Bahn aus.

Neben dem in der gesammten englischen Artillerie eingeführten Armstronggeschütz müssen wir doch noch der gleichfalls von einem englischen Civilingenieur konstruirten und nach ihm benannten Whitworth-Kanone erwähnen, weil dieselbe immer mit der Armstrongkanone zusammen genannt wird. Die letztere hat in der langen und fast erbitterten Konkurrenz beider Geschütze den Sieg davongetragen, aber Whitworth hält sich noch nicht für geschlagen und beschäftigt sich fortwährend mit der Konstruktion neuer Rohre. Wir geben daher in Fig. 247 den Längendurchschnitt eines solchen (geladenen) Whitworthgeschützes. Die Seele des aus „homogenem“ Eisen (nichts Anderes als Gußstahl) bestehenden Rohres ist ein sechskantiges, gewundenes Prisma, wodurch der in der Zeichnung ersichtliche eigenthümliche wellenförmige Durchschnitt sich erklärt. Das über drei Kaliber lange ovale Projektil von Gußeisen ist an dem mittleren Theile seiner Oberfläche gleichfalls sechskantig abgehobelt, so daß es in das Rohr paßt und sich beim Laden in dasselbe hineindreht, wie eine Schraube in ihre Mutter. Da durch diese Konstruktion die Möglichkeit des Abgleitens des Projektils aus den Zügen ganz beseitigt ist, so konnte Whitworth einen ungewöhnlich starken Drall zur Anwendung bringen und seinen Zügen zwei volle Windungen innerhalb der Seele geben. Der Rohrverschluß besteht aus einer starken Hohlsschraube, welche gewissermaßen als Mutter das hintere Rohrende umfaßt und den Boden der Seele bildet. Diese Hohlsschraube ist beweglich innerhalb eines durch Charnier mit dem Geschütz verbundenen starken Hohlzylinders, so daß nach dem Aufdrehen der Schraube (mittels

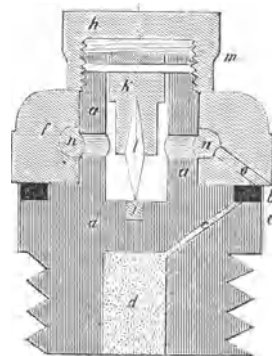


Fig. 246.  
Zembarbarer Konfussionszünder  
der Armstrong'schen Projektile.  
Natürliche Größe.

der Handhaben) der ganze Verschlußmechanismus von dem Charnier getragen und wie eine Thür geöffnet werden kann, um Geschöß und Ladung einzuführen. Die untenstehende Fig. 248 zeigt das laffetirte Whitworthgeschütz in dem so eben beschriebenen Zustande und giebt uns auch zugleich das Bild einer nach dem Blocksystem modifizirten Wandlaffete, welche wir oben bei Beschreibung der Laffeten erwähnten. Das Rohr kann übrigens, da das Geschöß so genau paßt, daß man es durch einen starken Schlag mit der Hand auf seine rückwärtige Fläche bei etwas erhöhtem Bodenstücke von dem

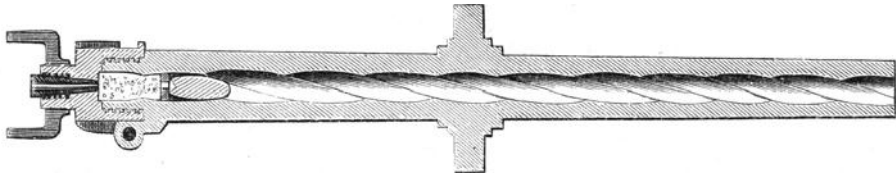


Fig. 247. Längendurchschnitt eines geladenen englischen Geschützrohres nach Whitworth-System.

hintern Rohrende bis zur Mündung und umgekehrt zu treiben im Stande ist, auch von vorne geladen werden. Die Zündung erfolgt in der Richtung der Rohrachse, das Zündloch liegt in der Achse des Verschlußbodens. Die Patronenbüchse ist von verzinnem Eisenbleche gefertigt, am Boden für den Zündstrahl durchbohrt und muß nach jedem Schusse aus dem Rohre entfernt werden.

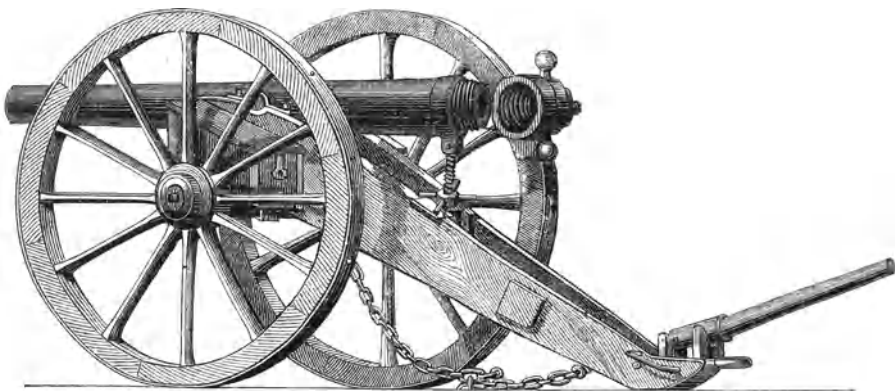


Fig. 248. Laffetirte Whitworth-Kanone.

Die frappanten Leistungen des Whitworthgeschützes bestanden hauptsächlich in der Herstellung ganz ungewöhnlich rasanter Flugbahnen, wozu die besten Vorbedingungen in der vortheilhaften Gestalt des auch nach hinten verjüngten Geschosses, sowie in dem sehr geringen Spielraum des Geschützes gegeben waren. Auch die Präzision schien Anfangs eine ganz ungewöhnliche zu sein, so lange man nur nach wenigen Schüssen zu urtheilen hatte. Bei umfassenderen Proben stellte sich aber eine große Unregelmäßigkeit der Wirkungen, sowie ein hoher Grad von Empfindlichkeit des Systems heraus. Das Einfügen eines aus Wachs und Talg bestehenden Fettpfropfens zwischen Geschöß und Ladung, welcher, durch die Explosion geschmolzen, das ganze Geschöß einfettet, ist unentbehrlich, um das Rohr einigermaßen rein zu halten, und trotz dieses Hülfsmittels pflegt die Reibung und Führung des Geschosses in der Seele schon nach wenigen Schüssen abnorm und variabel zu werden.

Die Fabrikation der Armstrong-Rohre aus spiralförmig über einen Dorn gewundenen und zusammengeschweißten schmiedeeisernen Stäben ist schon vielfach kurz

beschrieben worden. In den folgenden Abbildungen nach englischen Originalaufnahmen geben wir eine Vervollständigung dieser Beschreibungen.

Fig. 249 veranschaulicht die Herstellung der langen Eisenstäbe, aus welchen das Rohr der Armstrongkanone erzeugt wird. Barren des besten Walzeisens werden unter dem Dampfhammer auf das Sorgfältigste zusammengeschnitten, um jene Stäbe in der für die verschiedenen Geschützkaliber erforderlichen Länge (von 30- -120 Fuß) zu erhalten, wobei denselben zugleich eine vollkommen regelmäßige viereckige Form gegeben wird.

Unser Titelbild zeigt das interessanteste Stadium der Fabrikation, nämlich das Aufwickeln des Stabes auf den Dorn oder die Walze, wodurch die Hohlzylinder erzeugt werden, deren man später mehrere zu einem Geschützrohre zusammensetzt.



Fig. 249. Herstellung der Eisenstäbe für das Armstrong - Geschützrohr.

Der Erste Arbeiter zur Linken öffnet die Klappe eines engen langen Flammenofens, in welchem der Stab vor dem Beginn des Aufwickelns völlig weißglühend oder schweißwarm gemacht wurde. Vor der Oeffnung ruht auf einem starken Gestell die Walze, an deren rechts gelegenen Ende die Aufwicklung begonnen hat. Der vorderste der beiden Arbeiter, welche dem Ofen gerade gegenüber stehen, hat die Ob-liegenheit, das vordere Ende der schweißwarmen Stange mit seiner Zange zu fassen und an die Walze heranzuziehen, an deren Oberfläche es mittels eines Hakens in einen vorstehenden Zapfen eingehängt wird, bevor die langsame Umdrehung der Walze ihren Anfang nimmt. Die zu beiden Seiten der Arbeitsthüre des Ofens aufgestellten Leute dirigiren und unterstützen die regelmäßige Aufwicklung des Stabes. Der Mann rechts, indem er den noch nicht aufgewickelten Theil des Stabes fortwährend nach der linken Seite hinüberschiebt; der Mann links, indem er mittels einer Art von Stempel die einzelnen Windungen des Cylinders fest auf einander setzt.

Die zweite Abbildung (Fig. 250) zeigt uns, wie die in solcher Weise gewonnenen Cylinders einem abermaligen Zusammenschweißen zur festen Verbindung ihrer Ringe unterworfen werden. Der auf den glühenden Cylinders gelenkte Wasserstrahl reinigt

die Oberfläche von allen Anhängseln und läßt etwaige Fehler in der Textur der Waffe deutlich erkennen. Man sieht, daß der Cylinder von zwei Arbeitern langsam um seine Längsnachse gedreht wird, während die Schläge des Dampfhammers auf seine Oberfläche fallen. Es muß hier noch bemerkt werden, daß die Cylinder auch noch in senkrechter Stellung, zum festen Aufeinandersetzen der Ringe, der Wirkung eines Hammers ausgesetzt werden.

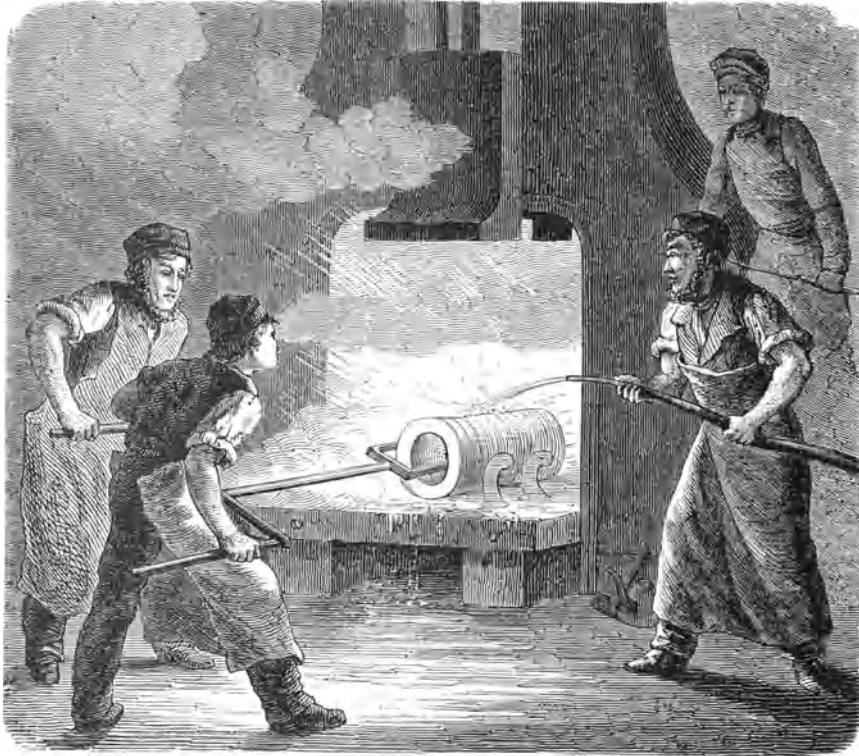


Fig. 200. Zusammenmtern des Cylinders und Steinigen der Oberfläche.

Mit diesen Manipulationen ist aber die Herstellung der Rohre selbstverständlich noch lange nicht beendigt. Bis jetzt ist nichts weiter fertig geworden als die rohe Hülle, in ähnlicher Art wie die Flintenrohre seit langer Zeit bereits durch Zusammenschweißen dünner Eisendrähte angefertigt wurden. Das weitere Fertigmachen der Rohre, das Ausbohren, Justiren u. s. w., bietet im Wesentlichen nichts Neues, obwol jetzt die scharfsinnigst erfundenen und in Nordamerika zuerst angewendeten sogenannten selbstthätigen Maschinen die früher der Hand übertragenen Berrichtungen übernommen haben.

Ueber das gegenwärtig in der Armee der Nordstaaten verbreitete System Parrot können wir nachstehende verlässliche Notizen geben. Parrot ist Zögling der Militärakademie von Westpoint, war Artillerie-Offizier und verließ, von dem nach dem Staatsgesetze jedem Offizier zustehenden Rechte Gebrauch machend, nach fünfjähriger Dienstzeit die Armee, um seine jetzige Stelle als Direktor der Staats-Stückgießerei zu Gold-Springs am Hudson einzunehmen. Dieses Werk nahm unter Parrot's Leitung einen raschen Aufschwung und ist gegenwärtig unter dem Namen „Stückgießerei von Westpoint“ das bedeutendste in Amerika.

Parrot's Versuche begannen im Jahre 1856 und waren mit solchem Erfolge gekrönt, daß er bereits bei Beginn des Krieges im Stande war, den Nordstaaten eine beträchtliche Anzahl gezogener 10-Pfünder-Feldgeschütze (nach dem wirklichen Geschossgewichte benannt) zu liefern. Die Unionsregierung stellte in Folge davon alsbald die weitere Anfertigung gezogener Rohre nach Whitworth ein und ordnete die alleinige Erzeugung Parrot'scher Kanonen an. Sie besaß im Jahre 1863 bereits 2500 Parrot-Kanonen verschiedenen Kalibers aus Westpoint. Die Produktionskraft des Werkes beträgt gegenwärtig täglich einen 100-Pfünder, wöchentlich zwei 200-Pfünder und dabei wöchentlich 10,000 Artilleriegeschosse.

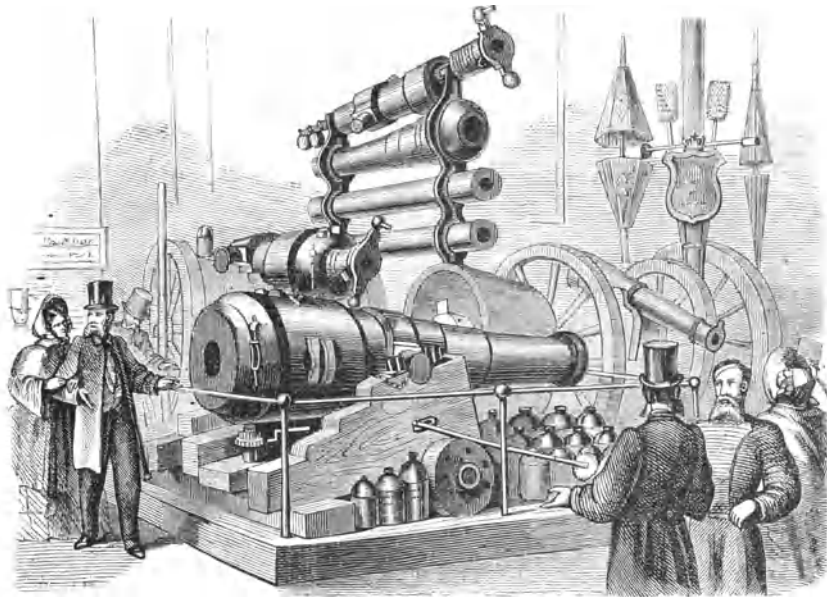


Fig. 251. Armstrong-Kanonen auf der Londoner Ausstellung.

Parrot's Geschütze sind Vorderladungsrohre aus Gußeisen mit gepanzertem Bodenstück. Die Panzerung, welche wir oben bereits allgemein beschrieben haben, besteht nach Parrot in einer aus Schmiedeeisenstäben über einen Dorn gewickelten, durch einen Dampfhammer mit einem Schlage von circa 1500 Kilogramm zusammengeschweißten Hülse (einem Aermel) von der Stärke des halben Bohrungskalibers und einer dem ganzen, von Ladung und Geschosß eingenommenen Raum entsprechenden Länge. Diese Hülse wird in weißglühendem Zustande auf das Bodenstück geschoben und vermöge eines in das Rohr geleiteten Wasserstrahles von Innen nach Außen erkaltet, so daß sie fest an das Rohr anschließt und, wenn auch nicht das Springen in allen Fällen, so doch das gefährliche Umherschleudern der Stücke möglichst verhütet.

Parrot erzeugt sieben verschiedene Kaliber, die nach dem wirklichen Geschossgewichte benannt werden. Von diesen gehören die 10-Pfünder (892 Pfund Rohrgewicht mit drei Zügen, welche auf die Länge der Seele etwas mehr als einen halben Umgang machen) zur Divisionsartillerie, die 20-Pfünder (1700 Pfund Rohrgewicht mit fünf Zügen) zur Reserve-Artillerie. Die übrigen Kaliber (30-, 60-, 100-, 200- und 300-Pfünder) sind in die Belagerungs-, Festungs- und Marine-Artillerie eingestellt. Die Zahl der Züge nimmt mit dem Kaliber zu, so daß der 300-Pfünder deren fünfzehn hat.

**Raketen.** Zur Vervollständigung unserer Angaben über Pulver und Feuerwaffen müssen wir noch der Kriegsraketen erwähnen, welche gegenwärtig in verschiedenen großen Artillerien, wie in der englischen, österreichischen, französischen und russischen, neben der gewöhnlichen oder Rohr-Artillerie zu besonderen Zwecken in Gebrauch sind. Die Raketen waren schon in frühern Zeiten, insbesondere zum Anzünden brennbarer Objekte, bekannt und im Gebrauch. In Europa wurden sie jedoch nicht mehr zu diesem Zwecke angewendet, sondern dienten nur als Signale, wozu sie der lange feurige Schweif, den sie nach sich ziehen, sehr geeignet macht. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts lernten sie die Engländer vor Seringapatam in einem ihrer Feldzüge gegen Tipoo-Saib wieder kennen. Congreve, den wir bereits oben bei der Beschreibung der Raketten anführten, brachte sie mit nach Europa und wendete sie 1806 gegen Boulogne und 1807 bei dem berühmten, jetzt von England und Dänemark, wie es scheint, vergessenen Bombardement von Kopenhagen mit solchem Erfolge an, daß die Dänen, durch 40,000 unter Congreve's eigener Leitung geworfene Raketen, über die Wirkung dieses neuen Kriegsmittels belehrt, deren Einführung beschlossen. Der Flügel Adjutant des Königs, Schumacher, leitete die Versuche in Dänemark und war der Erste, welcher auf die Idee kam, die seither nur zum Anzünden verwendeten Raketen zum Tragen von Geschossen, sowol Kugeln als Granaten und Kartätschen, zu gebrauchen, so daß er eigentlich als der Begründer der Raketen-Artillerie anzusehen ist.

Eine Kriegsrakete besteht im Allgemeinen aus einer cylindrischen Hülse von Eisenblech (Gußeisen ist zu schwer, Kupfer zu theuer), welche über einen Dorn gesetzt und mittels Maschinen mit dem Treibsage gefüllt wird. An der einen Seite bleibt die durch den Dorn entstehende cylindrische oder konische Oeffnung, welche jedoch nur so weit reicht, daß noch der letzte Theil der Hülse auf eine Höhe gleich ihrem Durchmesser massiv mit Satz gefüllt ist. An dieser Stelle wird das Geschöß aufgesetzt und mittels Feinwandstreifen fest mit der Hülse verbunden. Ist das Geschöß ein Spreng- oder Brandgeschöß, so muß natürlich der Zünder der Hülse zugeteilt und in den massiven Theil, die sogenannte Zehrung, eingelassen sein.

Die Bewegung der Rakete beruht auf demselben Gesetze, welches den Rücklauf der Geschütze und den Rückstoß der Gewehre veranlaßt, nämlich auf der einseitigen Aufhebung des Gleichgewichts der nach allen Seiten gespannten Gase. Wird die Rakete an ihrem offenen Ende entzündet, so nimmt das Feuer sofort den ganzen innern hohlen Raum, die Seele, ein. Die Gase finden nach vorn und nach den Seitenwänden Widerstand und können nur nach rückwärts ausströmen. Gerade so, wie nun das Geschöß, sobald durch das Austreten des Geschosses aus der Mündung das Gleichgewicht der gespannten Gase aufgehoben ist, zurückläuft, ebenso bewegt sich die Rakete nach der ihrer Ausströmöffnung entgegengesetzten Richtung und zwar um so rascher, je stärker und heftiger die Gasentwicklung, also je weiter die Seele und je geringer die Satzverdichtung, oder je schnellbrennender dessen Zusammensetzung ist. Eine Rakete mit stark verdichtetem, langsam brennendem Satz hat deshalb eine größere Tragweite, eine solche mit rasch verbrennendem und wenig verdichtetem Satz eine größere Anfangsgeschwindigkeit und präzisere Schußwirkung.

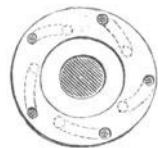
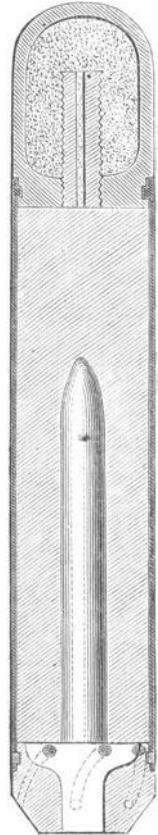
Der spezifische Unterschied zwischen Rohr- und Raketenartillerie besteht darin, daß das Geschöß der ersteren in dem Rohre seine ganze Kraft so zu sagen durch einen Stoß der fast momentan verbrennenden Ladung des geförnten Pulvers erhält, während das Geschöß der Rakete durch einen steten Druck der es auf seiner Bahn noch begleitenden und erst da vollständig verbrennenden Ladung von verdichtetem Pulver in Bewegung gesetzt wird. Das Geschöß der Kanone wird fortgestoßen, dasjenige der Rakete fortgeschoben. Die Trennung des Geschosses von der Raketenhülse erfolgt

entweder durch eine zwischen Geschöß und Hülse angebrachte kleine Abstoßladung von gewöhnlichem Pulver oder einfach dadurch, daß die Feinwandbänder, womit das Geschöß befestigt ist, durchbrennen, worauf alsdann letzteres seinen Weg eben so fortsetzt, als wenn es aus einem Rohre abgeschossen worden wäre.

Die englische Kriegsrakete ist an dem Mundloche (der dem Geschosse entgegengesetzten Seite) mit einer gußeisernen, mehrfach durchlöcherter Scheibe geschlossen. Durch diese Löcher strömen die Gase aus und in der Mitte der Scheibe, also in der Achse der Rakete, wird der Stab eingeschraubt, so daß die Flugbahn der englischen Rakete eine der Bahn der übrigen Geschosse analoge Kurve beschreibt. Dabei sind die Stäbe kürzer (transportfähiger) als die österreichischen und sie erhalten die für den Luftwiderstand nöthige Oberfläche durch Ausklüngen in der Richtung ihrer Längsachse. Da die Gase der englischen Kriegsraketen nur durch die Oeffnungen der Verschlussscheibe ausströmen können, diese aber in der Gesamtheit keinen Gasstrom von der Stärke der ganzen innern Seeleweite repräsentiren, wie dies bei der österreichischen, durch die seitliche Anbringung des Stabes bedingten Einrichtung der Fall ist, so muß die Gasentwicklung der englischen Raketen langsamer vor sich gehen, damit die Hülse nicht gesprengt wird. Dies geschieht durch Verstärkung der die Seele umgebenden Sauglage, wodurch die Seele selbst also enger wird und die treibende Gasmenge sich langsamer entwickelt und länger dauert. Während die österreichischen Raketen demgemäß größere Anfangsgeschwindigkeit, aber kürzere Tragweite (12- bis 1400 Schritte) zeigen, erreichen die englischen Raketen bedeutende Entfernungen, ohne jedoch den gezogenen Geschützen gleichzukommen.

Die Unbequemlichkeit der Stäbe brachte Manche auf die Idee, die Stabilität der Raketenachse durch Rotation hervorzubringen. Das glücklichste, wiewol auch nicht zur praktischen Einführung gelangte Projekt ist das des Amerikaners Hale. Die Rakete desselben trägt an ihrem Ende einen kurzen gußeisernen Konus. Die spiralförmig gewundenen Durchbohrungen dieses Konus dienen den Gasen als Ausströmöffnungen und haben den Zweck, die Rakete durch die Rückwirkung dieser Gase in Rotation zu versetzen. Wenn diese Rotation aber hinreichend stark sein soll, um der Achse Stabilität zu verleihen, so bedarf man eines Sages, der sich nahezu eben so rasch entwickelt wie die Ladung eines Geschüzes. Um einer Gasmenge von so heftiger Spannung aber Widerstand zu leisten, müßte die Hülse wiederum fast die Metallstärke eines Geschützrohres haben, kurz, der Hauptvortheil der Raketen-Artillerie, die Leichtigkeit und Verwendbarkeit in jedem Terrain und an jedem Orte, selbst auf leichten Flußflühen, würde durch eine solche Einrichtung eingeblüßt werden. Die Hale'schen Rotationsraketen zeigten bei den mit ihnen in St. Petersburg angestellten Versuchen größere Unregelmäßigkeit der Bahnen als die Stabraketen, ein Beweis, daß die Umschwingungsgeschwindigkeit für die Stabilität der Achse noch nicht hinreichte, obgleich Hülse und Gestell schon bedeutend schwerer als die gewöhnlichen Einrichtungen dieser Art waren.

Die Anfertigung der Raketen hat in neuester Zeit auch Fortschritte gemacht. Der Satz, den man lange Zeit als ein Geheimniß bewahrte, hat dieselben Bestand-



Sig. 252 und 253.  
Hale's  
Rotations-Rakete.



theile wie das Pulver, nur enthält er etwas mehr Schwefel und Kohle auf dieselbe Quantität Salpeter. Schwefel macht die Verbrennung etwas langsamer, Kohle etwas rascher. So hat Frankreich in seinen Raketen auf 75 Theile Salpeter 21,7 Schwefel und 24,2 Kohle, Rußland auf dieselbe Quantität Salpeter 10 Theile Schwefel und 25 Theile Kohle, Oesterreich 14,5 Theile Schwefel und eben so viel Kohle auf 75 Theile Salpeter. Wir haben die Sätze alle auf 75 Theile Salpeter angegeben, um sie mit dem Pulver vergleichen zu können, welches wir für dieselben Staaten hier anführen wollen:

|                                    | Salpeter, | Schwefel, | Kohle, |
|------------------------------------|-----------|-----------|--------|
| Oesterreichisches Kriegspulver . . | 75,5      | 11,3      | 13,2   |
| französisches „ . .                | 75        | 12,5      | 12,5   |
| russisches „ . .                   | 75        | 10        | 15     |

Das Füllen der Hülsen und Verdichten des Sages mittels des Rammflozes über einen Dorn machte ausgehöhlte Stempel nöthig, ergab eine unsichere und ungleichmäßige Verdichtung und war gefährlich, weil alle pulverähnlichen Sätze bei der durch einen heftigen Schlag entstandenen Hitze leicht explodiren. Man wendet deshalb heutzutage hydraulische oder auch Dampfpresen an und preßt die Hülsen massiv voll Sag. Die Herstellung der Seele geschieht durch Ausbohren.

Man muß die Raketen immer in großer Masse verwenden, weil dies bei der raschen Bedienung und mit Rücksicht auf ihre mehr oder weniger geringe Trefffähigkeit ihre Wirkung wesentlich steigert. Die Flamme der ausströmenden Gase, das Pfeifen und Zischen, das Explodiren der Geschosse macht die Rakete sehr wirksam, namentlich gegen irreguläre Reiterchwärme. Die Franzosen haben 1859 in Algier, die Engländer in China, die Russen an der chinesisch-sibirischen Grenze 1860 und 1861 den erfolgreichsten Gebrauch von den Raketen gemacht.

**Befestigungswesen.** Die großen Fortschritte, welche die Artillerie in unserem Jahrhundert machte, ließen selbstverständlich auch auf dem Gebiete des Festungs- und Schiffsbauwesens neue Erscheinungen zum Schutze gegen die furchtbare Wirkung der neuen Geschosse auftauchen. Die alten Eindeckungen von Balken, Faszinen und Erde konnten die schweren Bomben nicht mehr aufhalten. Man verstärkte sie durch Eisenbahnschienen mit gutem Erfolge. Die Granaten der schweren gezogenen Geschütze mit ihrer enormen Tragweite haben den kleineren Festungen, deren Unwichtigkeit schon durch die großartige und energische Kriegführung Napoleon's I. dargethan war, vollends den Todesstoß gegeben. Die Werke der großen Festungen werden weiter vorgeschoben und dadurch der Rayon der Festung erweitert. Die einzelnen Bauten selbst sucht man durch Eisen zu schützen.

In der Marine ist man bekanntlich aus den Versuchen bereits zu wirklichen Einführungen geschritten, und England, Frankreich, Oesterreich, Preußen und Rußland haben ihre eisengepanzerten Fregatten und Kanonenboote. Die Panzerschiffe Amerika's und der dänische Kolf Krake haben bereits heiße Kämpfe bestanden.

Schon General Paizhans, den wir bei Besprechung der Bombenkanonen kennen lernten, hatte selbst als einziges Schutzmittel gegen seine schweren Sprenggeschosse die Eisenpanzerung der hölzernen Schiffswände vorgeschlagen. Man ging jedoch in Frankreich (1824) nicht darauf ein, weil man befürchtete, das Gewicht des Panzers werde die Manövrierfähigkeit des Schiffes zu sehr beeinträchtigen. Zwanzig Jahre später nahm man die Sache in Amerika wieder auf, verließ sie aber aus dem gleichen Grunde. Als indeß die türkische Flotte vor Sinope durch die russischen Paizhanskanonen in Brand geschossen und in den Grund gebohrt wurde, als vor Sebastopol drei russische Bomben auf einem englischen Schiffe 18 Mann tödteten und die übrige Schiffs-

mannschaft der Art in Schrecken jagte, daß sie sämmtlich in das Meer sprang, da begann man einzusehen, daß das Holz nicht mehr ausreiche.

Diese Erfahrungen im Krimkriege sprachen gebieterisch. Große Versuche in Portsmouth mit glatten 32- und 68-Pfündern gegen  $2\frac{1}{2}$ zöllige Platten, welche auf 400 Yards erst nach längerem Feuern zerstört werden konnten, führten zu dem Entschlusse, von Seiten der Allirten zehn eisengepanzerte schwimmende Batterien nach der Krim zu entsenden. Doch wurden von diesen nur drei französische fertig. Sie kamen 1855 vor Sinburn zur Verwendung. Aber auch die Russen bauten Panzerbatterien. Die nebenstehende Zeichnung veranschaulicht eine solche Konstruktion. Im Jahre 1857 ließ Napoleon III. zwei Fregatten la Gloire und la Normandie aus Holz bauen und mit Eisen panzern. England folgte 1858 diesem Beispiel und als wenige Jahre später das südstaatliche Eisenpanzerschiff „Merrimac“ das der Union gehörige hölzerne Schiff „Congreß“ in wenigen Augenblicken mit Granaten gänzlich zerstörte, war man, wenn auch nicht von der absoluten Sicherheit des Eisens, doch von der Unzulänglichkeit des Holzes fest überzeugt.

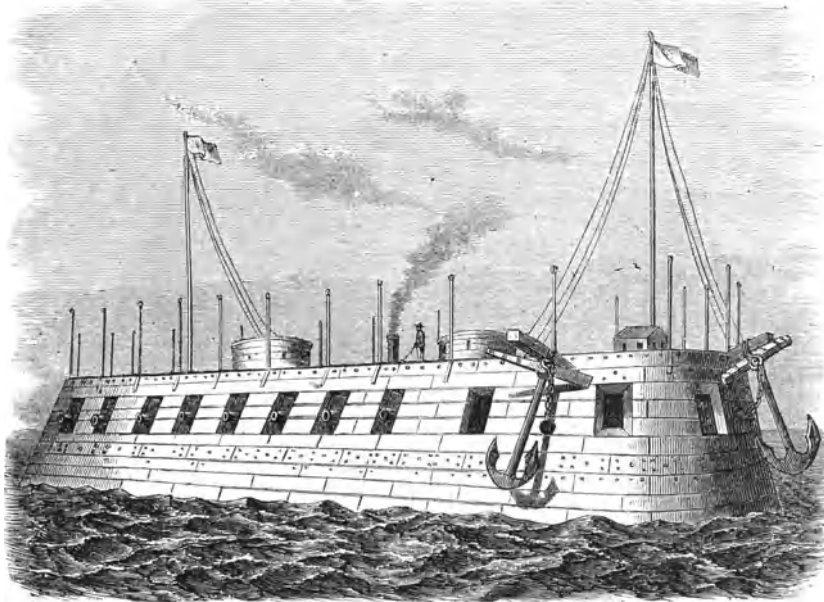


Fig. 254. Gepanzerte schwimmende Batterie.

Eifrigst betriebene Versuche stellten nunmehr fest, daß  $2\frac{1}{2}$ zöllige Panzerplatten gegen gewöhnliche Granaten,  $4\frac{1}{2}$ zöllige gegen massive Geschosse von Gußeisen und über 400 Yards selbst gegen solche den damals üblichen Kalibern angehörige Projektile von Schmiedeeisen sichern, daß ferner die Widerstandsfähigkeit der Eisenplatten im quadratischen Verhältnisse ihrer Dicke zunimmt, so daß also eine dreizöllige Eisenplatte neunmal so stark ist wie eine einzöllige. Ueber drei Zoll macht sich schon die Ungleichheit des Schmiedeeisens in großen Massen zum Nachtheil der Widerstandsfähigkeit geltend. Krupp in Essen walzt gegenwärtig Gußstahlplatten, welche bei der großen Gleichförmigkeit des Materials die Schmiedeeisenplatten bei Weitem übertreffen, und es ist möglich, daß es durch Anwendung von Gußstahl gelingen wird, die Schiffe selbst gegen die Geschosse der neuen, bedeutend vergrößerten Kaliber, wenigstens bei größeren Entfernungen, zu sichern.

Bei den namentlich in Woolwich und Shoeburyness in den Jahren 1860 bis jetzt vorgenommenen Versuchen treten die Armstrong und Whitworth auf's Neue in Konkurrenz, und diesmal scheint sich der Sieg den letzteren zuzuneigen. Armstrong wollte zunächst den Zweck, die  $4\frac{1}{2}$ zölligen Panzer zu durchschießen, mit großen, schweren glatten Rohren erreichen. Whitworth dagegen geht von dem augenscheinlich richtigeren Grundsatz aus: das Geschosß muß die Arbeit leisten, sein Material und seine Konstruktion sind die wesentlichen Punkte, auf welche es ankommt. Die größeren Kaliber der vorhandenen gezogenen Geschütze reichen vollkommen aus, die zur Durchschießung der Panzer notwendigen Geschosse zu schleudern. Alle spitzen und vorne abgerundeten Projektilen waren zersplittert oder dermaßen deformirt, daß sie ihren Zweck verfehlten. Whitworth schlägt deshalb Gußstahlgeschosse mit abgeflachter Spitze vor,

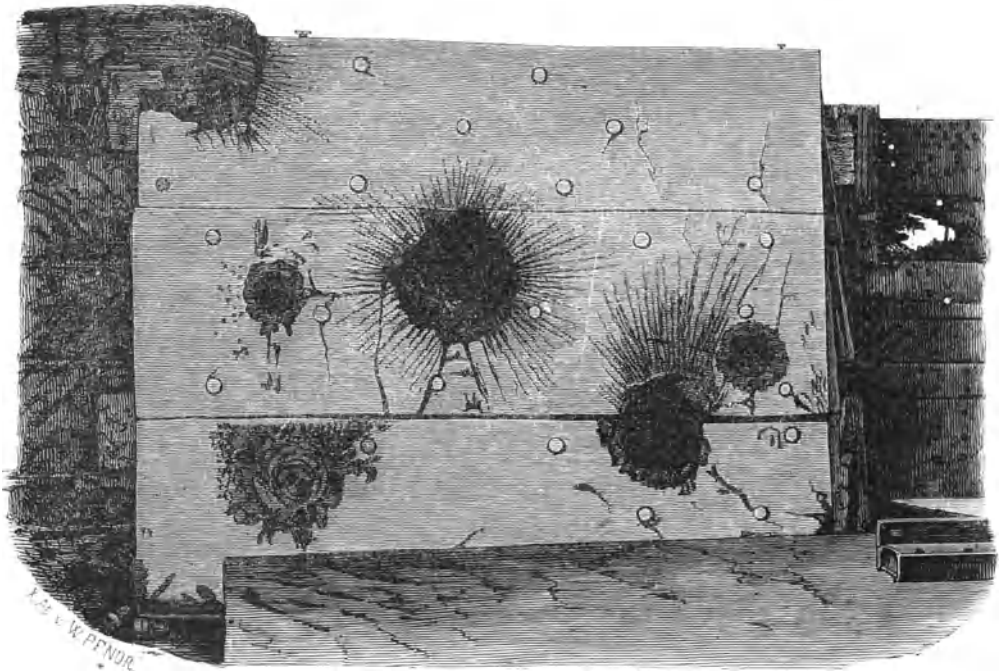


Fig. 255. Eisengepanzerte Scheibe zur Erprobung der neuen Whitworth-Geschosse gegen Schiffspanzer.

welche nach seiner Ansicht die Panzer, ähnlich den Stenzen beim Anfertigen der Nietenlöcher, durchstoßen sollen. Als Regel kann man annehmen, wie beim Lochen von Blechplatten: 1) daß man eine Platte nicht mit einem Stempel lochen oder einem Geschosß durchschießen kann, dessen Durchmesser geringer als die Dicke der Platte; 2) daß, je größer der Durchmesser des Stempels, resp. des Geschosses im Vergleich zur Dicke der Platte, desto leichter sich diese locht; 3) daß, je kleiner die Platte im Verhältniß zum Geschosß, desto mehr sie zersplittert oder sich verwirft.

Whitworth legte die Konstruktion seiner Geschosse 1857 der Regierung vor, hatte aber mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen. Am 16. und 25. September 1862 fanden die Versuche zu Shoeburyness statt. Die Scheibe stellte eine Wand der Panzerbatterie Trusty vor und bestand aus  $4\frac{1}{2}$ zölligen Eisenplatten, welche auf einem 18 Zoll dicken, mit  $\frac{5}{8}$ zölligen Eisenstäben verstärkten Gerüst von Teakholz befestigt waren. Wir geben in Fig. 255 die Abbildung dieser Scheibe nach dem Versuche. Whitworth's Ansichten wurden vollkommen bestätigt. Seine Vollgeschosse sowol als seine Granaten durchschlugen

bei einem Vorversuche aus einem 12-Pfünder schon eine mit zweizölligen Eisenplatten gedeckte, 12 Zoll dicke Eichenholzwand auf die Entfernungen von 200 bis zu 800 Yards, so daß man also gegen die Fluskanonenboote vollständig selbst mit Feldartillerie wirken kann. Bei dem Hauptversuche durchschlugen die 129 Pfund schweren Whitworth'schen Massivgeschosse von Stahl und die gleichfalls aus Stahl gefertigten 131 Pfund schweren Whitworth-Granaten mit 23, resp. 25 Pfund Ladung die Trusthscheibe auf 600 Yards. Die Granate explodirte hinter der Scheibe, würde also im Ernstfalle im Innern des Schiffsraumes ihre Sprengstücke umhergeschleudert haben.

Die Whitworth'schen Granaten haben keine Zünder. Die Sprengladung entzündet sich nämlich erfahrungsgemäß durch die Erhitzung der Granate in Folge des Aufschlagens auf die Eisenplatte und des Durchbringens derselben. Um aber die Entzündung so lange zu verzögern, bis die Granate Eisen und Holz der Schiffswand durchdrungen hat, wurde die Sprengladung in einen Flanelllappen (schlechten Wärmeleiter) gewickelt. Die Granate wird nach der Füllung verschraubt, so daß man sie äußerlich nicht von dem Massivgeschos, welches uns Figur 256 zeigt, unterscheiden kann. Die folgende Figur stellt das Geschos dar, nachdem es die Panzerplatte durchdrungen hat. Es ist im Verhältniß zu der Arbeit, welche es leistete (die von ihm herausgestanzten Plattenstück wogen durchschnittlich 30 Pfund), wenig deformirt.

Zu gleicher Zeit mit den Whitworth-Geschützen und gegen dieselbe Scheibe feuerte auch die bekannte Horsfall-Kanone von 13zölliger glatter Bohrung und 24 Tonnen Gewicht. Sie zererschlug mit ihrer 200pfündigen Kugel und 70 Pfund Ladung den Panzer auf 200 Yards, aber auf 800 gelang es nicht. Armstrong's glatter 180-Pfünder mit 50 Pfund Pulverladung wurde untauglich, ohne ein Resultat erreicht zu haben.

Man kann deshalb dem englischen Comité, welches die Versuche leitete, nur Recht geben, wenn es eine größere Zahl leichter und wirksamer Rohre, welche ein schnelles Feuern gestatten, den einzelnen mit enormer Mühe und großem Zeitaufwand erkauften Wirkungen der glatten Geschütze größten Kalibers vorzieht. Auf unserer Abbildung der Scheibe sind die scharfen kleinen Durchbohrungen die Treffer der Whitworthgeschosse, die große Oeffnung in der Mitte ist von der Horsfallkanone und der schwache Eindruck von unten links rührt von einer zum Vergleiche mitgeprüften alten glatten 68-Pfünderkanone her. Als Whitworth auf 800 Yards ein gleiches Resultat erhielt und sodann noch 2 1/2zöllige, unter einem Winkel von 45° geneigte Panzerplatten durchschlug, auch mit gleicher Sicherheit Panzerplatten unter dem Wasser durchbohrte, was Alles von den übrigen Konkurrenten nicht erreicht werden konnte, war sein Sieg entschieden. Auch Oesterreich, zu Pola, und Preußen, in der Nähe von Berlin, haben ausgedehnte Versuche gegen Panzerplatten unternommen. Auf dem preussischen Schießplatze bei Tegel hat man mit einer gezogenen 36pfündigen Gußstahlkanone nebst Stahlgeschossen eine mit den stärksten Eisenplatten gepanzerte Schiffswand auf 3000 Schritte nach wenigen Schüssen in Trümmer gelegt.

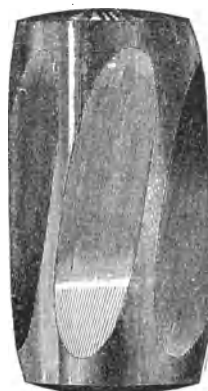


Fig. 256.  
Whitworth's Stahlgeschosß  
vor dem Schuß.



Fig. 257.  
Whitworth's Stahlgeschosß  
nach dem Schuß.



## Die Handfeuerwaffen.

Wir haben schon in der Einleitung ausgesprochen, daß für das 14. Jahrhundert zwar nicht die Erfindung des Schießpulvers, wol aber dessen Anwendung als Triebkraft für die Feuerwaffen der europäischen Heere mit Sicherheit in Anspruch genommen werden kann. Gleichzeitig mit dem Pulver treten uns die Geschütze und, kaum später als diese, die Handfeuerwaffen entgegen. Die letzteren ersetzen allmählig und eben so natürlich die kleinen Fernwaffen (Schleuder, Bogen, Armbrust), als die ersteren die großen (Ballisten und ähnliche nach römischen Mustern konstruirte Wurfmaschinen und Schießapparate).

Neue Forscher haben mit Recht darauf hingewiesen, daß die Kraft und Bedeutung der alten Feuerwaffen nicht so tief unter derjenigen der ersten Feuerrohre stand, als man anzunehmen geneigt ist. Schon im 11. und noch mehr im 12. Jahrhundert erhielt die (häufig mit einer Winde gespannte) Armbrust eine eminente Schnellkraft und ihr Geschos eine wohldurchdachte Konstruktion, welche zur Ueberwindung des Luftwiderstandes oder zum Durchschlagen fester Körper besonders geeignet war. Wir sehen an diesen vorderwichtigen Bolzen oder Pfeilen eiserne Spitzen von eichelförmiger oder parabolischer Gestalt, starke eichene Schäfte und spiralförmig eingefestetes Gefieder aus dünnen Bretchen von Buchenholz. Drei verschiedene Gewerbe: die Pfeilschäfte, Pfeilschmiede und Pfeilsticker, nährten sich von der kunstgerechten Herstellung solcher Geschosse. Zum Durchschlagen der Eisenplatten auf nahen Distanzen gab man dem vordern Ende des Bolzens mitunter die Form eines stern- oder kronenförmigen Stempels, dessen scharfe Kanten das Einschneiden und Durchdringen der glatten Metallfläche erleichterten, ähnlich wie man in allernuester Zeit und zu verwandten Zwecken größeren Projektilen durch Abschneiden eines Theils der Spitze scharfe Kanten und

eine größere Schlagfläche giebt. Es steht fest, daß die für die Städtevertheidigung so wichtigen deutschen Armbrustschützen des 11. und 12. Jahrhunderts sehr wohl im Stande waren, schon auf eine Distanz von 150—200 Schritten Schilde und Panzer der stürmenden Angreifer zu durchschmettern und manchen Feind so rasch wie durch die Wirkung einer Gewehrflugel niederzustrecken. Wurde doch auf der zweiten lateinischen Synode 1139 der Gebrauch der Armbrust, als eines gar zu gefährlichen und dem Völkerrecht widerstreitenden Werkzeuges, unter Androhung schwerer Strafe verboten!

Wie die edle Kunst des Schleiðerns, des Bogen- und später des Armbrustschießens in die ältesten und schönsten Ueberlieferungen aller Völker verflochten ist, so reicht ihre Uebung auch noch fast bis in unsere Tage herein. Wir brauchen nur Esau, Minrod und David, Hercules und Odysseus, Egil, Wilhelm Tell und Robin Hood zu nennen, um an die nationale Bedeutung und den praktischen Nimbus zu erinnern, welcher zu allen Zeiten an die tragbare Fernwaffe geknüpft war. Kein Wunder, daß die noch unvollkommenen frühesten Feuerwaffen auch in Europa nur allmählig ihre alten Vorbilder verdrängten.

Zu den berühmtesten Bogenschützen des Alterthums gehörten die Skythen, Parther und Perser, und noch heute führen die nomadischen Völkerstämme Asiens, Afrika's und Amerika's diese Angriffswaffe, deren Alter nach Jahrtausenden zählt.

Schleudern wurden noch 1572 bei der Belagerung von Saucère, Bogen bei der Belagerung von Ostende 1602—1604 verwendet; englische Bogen- und Armbrustschützen traten noch bei der Belagerung von Ney 1627 auf, und endlich wissen noch unsere Väter aus eigener Anschauung von den berittenen Bogenschützen, den Baschkiren u. s. w., zu erzählen, welche dem russischen Heere 1814 durch Deutschland nach Frankreich gefolgt sind. Durch die im Mittelalter so bedeutamen bürgerlichen Schützengesellschaften hat sich bekanntlich in Deutschland und den Niederlanden, besonders in Belgien, der Gebrauch jener primitiven Fernwaffe noch hier und da bei Vogelschießen u. s. w. bis in unser Jahrhundert fortgesetzt, wenn auch gerade jetzt, durch die zeitgemäße Wiedergeburt des nationalen Schützenwezens, die letzten Reste jener ehrwürdigen Instrumente verschwunden sind.

Als erste europäische Feuerwaffen treten uns im 14. und zu Anfang des 15. Jahrhunderts neben den unbehülflichen mörðerähnlichen Geschützen hauptsächlich solche Donnerbüchsen oder Standrohre entgegen, welche, in sehr verschiedener Größe, entweder auf rohen Gestellen oder auf Karren befestigt, sowol zu den fahrbaren Geschützen als zu den tragbaren Handwaffen in historischer Beziehung stehen. Aber die schon oben berührte uralte Scheidung mußte sich bald, und allmählig immer schärfer, herausstellen.

Die ersten sogenannten Hand- oder Faustrohre, welche Kugeln von etwa  $\frac{1}{2}$  Pfund Bleigewicht schossen, mußten freilich noch von zwei Mann auf ihren unbehülflichen Gestellen gehandhabt werden; über das erste Auftreten der eigentlichen, d. h. durch einen Mann getragenen und bedienten Handfeuerwaffen bestehen sehr widersprechende Ansichten. Da indessen schon die Armbrust mitunter ein eisernes Rohr besaß und selbst bleierne Kugeln schoß, so war jedenfalls die Herstellung eines ganz ähnlichen, mit bequemer Schäftung versehenen Feuerrohrs nur an die Fabrikation eines, für die neue Triebkraft genügend haltbaren und dabei nicht zu schweren Eisenrohres geknüpft. Wie es scheint, war diese Aufgabe zu Ende des 15. Jahrhunderts durch die deutschen und niederländischen Waffenschmiede gelöst worden, denn wir begegnen um 1480 den sogenannten Arkebuzen, welche bei einer nach hinten verlängerten, der Armbrust ähnlichen Schäftung einen freilich noch unbequemen Anschlag mittels des linken Armes gestatteten, während die rechte Hand die Zündung mittels einer brennenden Luete

auszuführen hatte. Die leichtesten dieser Instrumente, welche schon damals Kugeln des heutigen Kalibers, freilich mit sehr schwachen Ladungen, geschossen haben sollen, waren ihrer geringen Tragweite und Präzision halber nur wenig geschätzt. Die schweren, welche Bleikugeln von 4—7 Poth weit und genau genug schossen, und demgemäß das doppelte oder dreifache Gewicht unserer heutigen leichten Musketen besaßen, konnten zwar zur Noth schon von einem Manne fortgeschleppt und bedient werden, forderten aber zum Zielen und zur Brechung des Rückstoßes eigenhümliche Vorrichtungen, besonders den unterhalb der Mündung vorstehenden Haken, mittels dessen man die Waffe auf einer Mauerkante oder sonstigen Brustwehr fest anlegte oder einhängte (daher die Bezeichnung Hakenbüchse, Doppelhaken), und später die in die Erde gepflanzten Gabeln, deren man sich selbst noch im 30jährigen Kriege zum Auflegen der schwereren Feuerrohre bediente. Erst für das Jahr 1521 ist mit zureichender Bestimm-



Fig. 259. Pikiniere, Musketiere und Geschütze aus der Zeit des 30jährigen Krieges.

heit nachgewiesen, daß einige spanische Tirailleurkompagnien Karls V. mit bequem geschäfteten Gewehren von bedeutender Tragweite und mäßigem Gewichte ausgerüstet waren, welche dreilöthige Bleikugeln geschossen haben sollen und füglich als die ersten Modelle von Infanteriegewehren betrachtet werden können, wenn sie auch immerhin noch etwa um die Hälfte schwerer waren als die heutzutage üblichen Waffen.

Das Streben nach Vereinfachung der Zündweise führte gleichfalls schon im 15. Jahrhundert zur Erfindung des Luntens- und Serpentin Schlosses, welches, als die ersten Elemente der späteren Mechanismen, eine neben dem Zündloch vorstehende Pfanne und einen rohgeformten Hahn darbietet, nämlich einen mittels des Drückers gegen die Pfanne hin drehbaren Hebel (ohne Feder), in dessen gespaltenes oberes Ende ein Stückchen Schwamm oder das brennende Ende einer Lunte eingeklemmt wurde. Zu Ende des 16. Jahrhunderts erfand ein Nürnberger Uhrmacher das deutsche Nachschloß, welches, seinen Ursprung nicht verläugnend, Etwas von der Komplikation und Gebrechlichkeit eines Uhrwerks an sich hat. In die Pfanne greift ein Stahlrädchen mit gerippter Peripherie, welches mittels Kette, Feder und Schlüssel aufgezogen wurde, um sodann, durch den Drücker ausgelöst, in rascher Rotationsbewegung abzulaufen. Vor dem Abziehen drückte man den Hahn, der zwischen seinen Lippen ein Stück Schwefelkies (Pyrit) oder auch einen stumpfen Feuerstein enthielt, auf das

Mädchen nieder, dessen reibender Umschwung endlich die Zündung bewirkte. Die etwa gleichzeitige spanische Erfindung des Schnapphahuschlosses (*platine à miquelet*), dessen Hahn durch eine Schlagfeder gegen die gerippte Stahlfläche des Pfamendeckels getrieben wurde, kommt der bekannten Konstruktion der späteren Feuersteinschlösser schon etwas näher.

Die Puntenschlösser blieben indeß noch im 30jährigen Kriege vorherrschend und erhielten sich, ihrer Einfachheit halber, länger als die Nadelschlösser im Kriegsgebrauch, auch noch in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts, obgleich schon 1650 in Italien die eigentlichen Stein- oder Flintenschlösser (*fusil von focile*, Feuerstein) erfunden wurden, welche den noch jetzt üblichen inneren Schloßmechanismus bereits in seinen Haupttheilen enthalten. Deutsche und französische Kriegsingenieure jener Zeit, z. B. Böckler und Bauban, empfehlen die Verwendung solcher Schlösser, welche für beide Zündungen, Punte und Feuerstein, verwendbar wären.

Eine weitergehende Erleichterung der Waffe bis auf etwa 12 Pfund, mit entsprechender Veränderung des Kalibers und Kugelgewichtes bis auf etwa 18 Millimeter, beziehungsweise 2 Loth, war schon in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts wenigstens für einen Theil der Infanterie erreicht worden. Neben diesen Musketen (italienisch *moschetta*) des Fußvolkes, welche schon damals — angeblich nach Gustav Adolf's Erfindung — mit Patronen geladen wurden, führte jedoch im 30jährigen Kriege und noch später wenigstens ein Drittel des Fußvolkes die Pike als ein unentbehrliches Element des Infanteriekampfs. Eine Vereinigung beider Waffen, welche auch die fortgeschrittene Kriegskunst der Gegenwart noch immer verlangt, lag schon damals nahe genug. Der oben erwähnte deutsche Ingenieur Georg Andreas Böckler sagt in seiner 1683 zu Frankfurt a. M. erschienenen Kriegsschule: „Wolte man an die halbe Pike den geschmeidigen Lauf eines Rohres mit einem kompendiösen Flinten- oder Feuerchloß sammt einem Ladestecken machen, so möchte vielleicht solche Invention an ihrem Orte nicht ohne sonderbaren Nutzen gebraucht werden.“ Uebrigens war das Bahonnet schon 1640 zu Bahonne erfunden und in Frankreich bekannt, anfänglich als Stahlklinge an hölzernem Gest, welches in die Mündung paßte. Etwa 40 Jahre später führte die Infanterie Ludwig's XIV. Bahonnette mit der noch jetzt üblichen Dillen- und Ringbefestigung.

Die weiteren Verbesserungen, durch welche das Feuergewehr, bei fortschreitender Erleichterung bis auf etwa 9½ Zolllpfund, zur vollen Kriegstauglichkeit und zur alleinigen Infanteriewaffe gelangt, gehören dem 18. Jahrhundert und vorzugsweise der preussischen Armee: so die unter Friedrich Wilhelm I. 1730 durch Leopold von Dessau eingeführten eisernen Ladestecke, welchen der Prinz von Braunschweig 1774 die cylindrische Gestalt gab, um das Umwenden überflüssig zu machen. Unter Friedrich dem Großen, der auf die schnelle und massenhafte Ausführung des Schlagfeuers besonders Werth legte und große Erfolge dadurch errang, entstanden die konischen Zündlöcher, welche das Zündpulver beim Stoßen der Ladung auf die Pfanne laufen ließen, also das Ausschütten eines besondern Zündtrautes ersparten. Uebrigens war die Schäftung



Fig. 260. Fahnenwache mit Nadelschloß.



ener Militärgewehre sehr unvollkommen, mit kurzen, geraden und scharfkantigen Kolben, welche einen bequemen Anschlag und ein sorgfältiges Zielen nicht gestatteten. Nur durch die meisterhafte Dressur der Mannschaft wurde ein ungefähr horizontaler Anschlag und eine kartätschenartige Massenwirkung der feuernden Linien erreicht.

Der Anfang des 19. Jahrhunderts brachte die Entdeckung der Knallpräparate und die Erfindung der Zündhütchen, welche indessen erst vor 25—30 Jahren nach entsprechender Abänderung der Steinschlösser in den allgemeinen Kriegsgebrauch übergingen. Nach den neuesten Erfahrungen scheint es möglich, daß das unten beschriebene preussische System der Nadelzündung vielleicht schon im Laufe der nächsten Jahre zur allgemeinen Verbreitung gelangt und alle Perkussionschlösser im Kriegsgebrauche verdrängt.

Die wichtigste Erfindung, welcher auch die Geschosse unserer neuesten Feuerwaffen die Regelmäßigkeit ihrer Bahnen verdanken, ist diejenige der Züge oder spiralförmig gewundenen inneren Einschnitte des Rohres, welche dem Geschos die rotirende Bewegung um seine Längsachse und hierdurch ein Beharrungsvermögen in seiner anfänglichen



Fig. 261.

Muskettiere aus der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts.

Richtung mittheilen. Die gezogenen Büchsen und Gewehre (französisch carabine) sind jedenfalls eine deutsche Erfindung, mag man nun dem Kaspar Zolner in Wien 1480, oder August Kötter in Nürnberg 1520, oder Wolf Danner ebendasselbst, den größten Antheil an der Ehre dieser sinnreichen Konstruktion zuschreiben. Alle die genannten Meister hatten übrigens von der hohen Bedeutung der Rotation für die Richtungsfestigkeit der Geschosachse schwerlich eine deutliche Vorstellung. Sie verfahren die Rohre mit eingeschnitzten Rippen, um das Einfeilen der mit gefetteten Pflastern umgebenen

Rugel zu erleichtern, und wählten die gewundenen Züge vielleicht nur deshalb, weil sie durch die drehende Bewegung des Geschosses den Luftwiderstand zu überwinden hofften.

Gezogene Handrohre wurden nachweislich 1498 bei einem Scheibenschießen in Leipzig gebraucht und sodann ohne Unterbrechung von den Schützengesellschaften deutscher Bürger mit Vorliebe geführt. Im Feldkrieg erschienen erst zu Anfange des 17. Jahrhunderts, zunächst unter den polnischen Truppen, Büchschützen in größerer Anzahl; besondere Kompagnien von Jägern und Scharfschützen errichteten Landgraf Wilhelm von Hessen 1631 und Kurfürst Max von Bayern 1641. Die kriegerische Verwendung dieser Spezialwaffe machte in dem folgenden Jahrhundert nur wenige Fortschritte; Friedrich der Große besaß einige Freikompanien gelernter Jäger, und auch in andern deutschen Kontingenten finden wir dieselben noch beim Ausbruch der französischen Revolutionskriege. Die napolconische Kriegführung, welche ihrer ganzen Tendenz nach eine möglichst einfache, für die Massenwirkung geeignete Waffe verlangte und auf komplizirte Einzelheiten nicht eingehen konnte, ließ die gezogenen Büchsen, sowol in den französischen als in den Rheinbundsheeren, fast gänzlich eingehen. Doch als die natürlichste und wirksamste Waffe irregulärer Nationaltruppen wurde die alte Büchse den Heeren des großen Eroberers häufig mit Erfolg gegenübergestellt, z. B. durch die

spanischen Guerillas und die tapferen Tyroler 1809. Noch mehr kam die erprobte Präzisionswaffe wieder zu Ehren durch die freiwilligen Jäger des deutschen Befreiungskrieges.

Um die allgemeine Einführung gezogener Kriegswaffen zu ermöglichen, handelte es sich darum, einen erheblichen Spielraum, also ein leichtes Laden des Geschosses, herzustellen und dennoch dessen Eintreiben in die Züge zu bewirken.

Die Franzosen Delvigne und Thouvenin fanden das erste, noch heute mitunter gebrauchte Auskunfts mittel in einem ringförmigen Absatz oder auch in einem Stifte, auf welchen die, leicht bis an die Pulverkammer hinabgeschobene Kugel durch Stöße mit dem Ladestock fest aufgesetzt wurde, so daß sie durch Stauchung in die Züge eintrat. Die Uebelstände dieses Verfahrens liegen in der Unregelmäßigkeit der Stauchung, in der Deformierung der Geschosse und in der Nothwendigkeit einer komplizirten inneren Einrichtung des Rohres (Kammer- oder Dorngewehr), durch welche die Reinigung des Rohres erschwert wird.

Dem Kapitän Minié war es vorbehalten, ein neues Prinzip zur Geltung zu bringen, nämlich die Eintreibung des Geschosses in die Züge durch die Wirkung der explodirenden Pulverladung, wodurch alle jene besonderen Einrichtungen des Rohres überflüssig wurden. Schon Tamisier und Andere hatten den Versuch gemacht, die Ausdehnung eines hohlen Projektils unmittelbar durch die Gase zu bewirken, doch ergab sich hierbei unter andern der Uebelstand, daß die bleiernen Geschosse ihre Transportfähigkeit verloren, wenn man die Wände ihres ausgehöhlten Cylinders dünn genug machte, um dessen hinreichende Ausdehnung durch die Gase zu erlangen. Minié vermied diesen Uebelstand durch Einfügung eines sogenannten Spiegels oder Cülots, welcher die Höhlung verschließt und die nöthige Transportfestigkeit des Geschosses herstellt, beim Schuß aber in das Innere des Hohlprojektils vordringt und eine kräftige Expansion desselben bewirkt, bevor es noch einen erheblichen Weg im Rohre zurückgelegt hat. Fig. 262 und 263 zeigt eines der besten Modelle dieses Systems, nämlich das in der russischen Armee eingeführte Minié-Geschosß mit eisernem Treibspiegel, dessen Darstellung wir um deswillen wählen, weil in dem französischen Heere selber die Minié'schen Projektils durch die unten beschriebenen Nebler'schen Geschosse bereits verdrängt sind. Der aus gewalztem Eisenblech geprägte hohle Treibspiegel (Fig. 263) wird vermöge seines weit geringeren Gewichtes und Beharrungsvermögens viel schneller durch die Gase in Bewegung gesetzt, als das schwere Bleigeschoss, und dringt daher bis auf den Grund der konischen Höhlung vor, während sich das Projektil erst um höchstens einen halben Millimeter aus seiner ursprünglichen Lage verrückt hat. Die hierbei erfolgende Ausdehnung ist eine so bedeutende, daß das Eintreten des Bleies in die Züge noch bei einem Unterschiede von nahezu einem Millimeter zwischen Geschosß und Rohrkaliber stattfinden kann.

Die Schießgenauigkeit des in Fig. 264 dargestellten russischen gezogenen Gewehres, welches sich übrigens nur durch die eingeschnittenen Züge und das aufgesetzte Klappvisir von den älteren glatten Musketen prinzipiell unterscheidet, ist eine so bedeutende, daß noch auf eine Distanz von 1200 Schritten ein Quadrat von 4 Meter Seite durch etwa  $\frac{1}{10}$  aller abgegebenen Schüsse erreicht werden kann, wenn jene Entfernung genau abgemessen ist.

Mit einer Waffe von gleichem Kaliber, welche auch ganz dieselbe Patrone schießt und mit einer Visireinrichtung bis auf 1000 Schritte versehen ist, sind die russischen

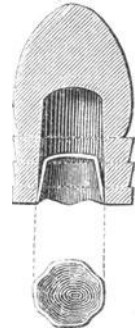


Fig. 262 und 263.  
Russisches Minié-Geschosß.  
(Nat. Größ.)

Kosackenregimenter ausgerüstet. Wir bilden auch dieses Gewehr in Fig. 265 ab, weil es in merkwürdiger Weise eine Verbindung der neuesten europäischen Waffentechnik mit manchen Formen von asiatischem Ursprung darstellt. Dahin gehört besonders der knopfartige Abzug ohne Bügelbogen und der unmittelbar durch den Schaft gezogene Tragriemen. Der Hahn zeigt einen Ring, der das sichere Aufziehen desselben auch auf dem flüchtigen Kofse gestattet, und bei der raschen Handhabung sowie beim Ergreifen und Umhängen des Gewehres weniger hinderlich ist als ein scharfer Kamm. Derselben Rücksicht entsprechen auch die möglichst abgerundeten Formen der ganzen Waffe, welche nirgends scharfe oder erheblich vorspringende Theile besitzt und in ihrem ganzen Charakter der Bestimmung für den gewandten und flüchtigen, zu Pferde und zu Fuß kämpfenden Plänkler auf's Beste entspricht.

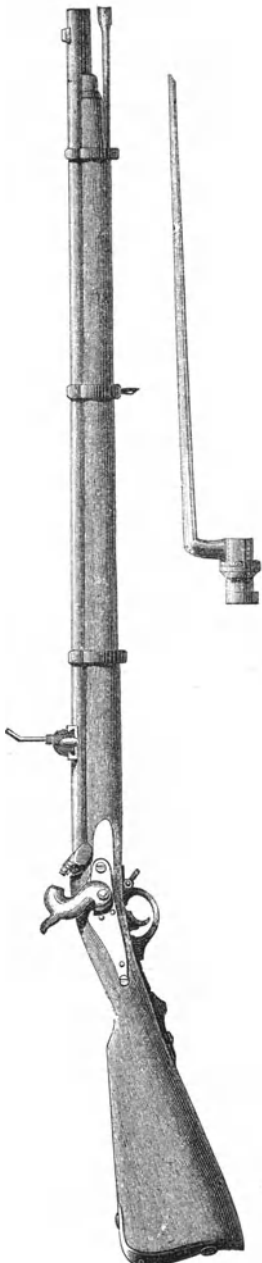


Fig. 264. Russisches gezogenes Infanteriegewehr.

Die hohe Bedeutung der gezogenen Handfeuerwaffe für die politische Macht der Großstaaten hat sich an den beiden dargestellten russischen Modellen in dem kaum beendigten polnischen Kriege in einer sehr augenfälligen Weise erprobt. Die polnischen Insurgenten wären, wie alle irregulären Nationaltruppen, auf den intelligenten Gebrauch des gezogenen Gewehrs mit Benützung des kuppigten Terrains vorzugsweise hingewiesen. Aber durch die kaum vollendete Reform des russischen Waffenwesens war dieser wichtige Vortheil ganz auf die Seite der kaiserlichen Truppen gebracht worden, weil diese, außer der Uebersahl und der Vollständigkeit ihrer Ausrüstung, auch die Einheit der Waffen und die vollkommene Gleichförmigkeit der Patronen für sich hatten.

Mit den russischen Waffen eröffnen wir eine Reihe von Darstellungen solcher Konstruktionen, welche in den europäischen Heeren als mustergiltig oder ordonanzmäßig eingeführt worden sind. Denn gerade diese und zunächst nur diese Modelle muß man kennen und verstehen lernen, wenn man sich nicht in dem Irrgarten ephemerer Projekte verirren und verwirren will.

Fig. 266 zeigt uns als eine weitere Modifikation des Minié-Systems das von Pritchett konstruirte Geschos des englischen Enfield-Gewehres, dessen Vortrefflichkeit sich bereits auf manchem Schlachtfelde bewährt hat. Die völlig glatte Oberfläche dieses Projektils beweist die Entbehrlichkeit der ringförmigen Abätze oder Kannelirungen, denen Anfangs durch die französischen Konstrukteure eine sehr wichtige Bedeutung für die Regulirung der Flugbahnen beigegeben wurde. Der Treibspiegel ist aus hartem Buchsbaumholze gefertigt, dessen relativ geringes Gewicht die Anfangsgeschwindigkeit des Spiegels und somit dessen Eindringungsvermögen steigert, während zugleich der bei längerer Aufbewahrung eintretende Nachtheil des Einrostens der Eisenpiegel vermieden wird.

Auch das englische Gewehr-System wird durch die Darstellung des Geschosses

hinlänglich charakterisirt, da außer den Zügen keine besondere innere Einrichtung des Rohres oder der Schwanzschraube erforderlich ist. Allerdings unterscheidet sich diese Waffe, wie auch das oben erwähnte russische Gewehr, durch die solide und elegante Konstruktion ihrer sämtlichen Theile sehr vortheilhaft von dem alten glatten Infanteriegewehr; doch ist, abgesehen von den Zügen, nur dem Visir ein wesentlicher Einfluß auf die erhöhte Tragweite und Präzision der Waffe beizumessen.

Das beschriebene Enfield-Britchett-System wird schon in der nächsten Zeit durch die Whitworthbüchse verdrängt werden, mit welcher bereits mehrere Regimenter neuerdings ausgerüstet wurden. Diese neue Waffe, mit gußstählernem Rohr, ist in ihrer innern Konstruktion den bereits beschriebenen Geschützen desselben Erfinders ähnlich, indem auch hier die Gestalt der Seele ein gewundenes sechskantiges Prisma darstellt. Die Bleigeschosse haben, bei einem verminderten Durchmesser (von nur 11,4 Millimeter), die bedeutende Länge von über 3 Kalibern und verdanken mehr diesem Umstande, als der eigenthümlichen Form des Rohres, ihre bedeutende Wirkung. Die Whitworthbüchse wird, wie die meisten Kriegsgewehre, von oben geladen, doch haben die neuesten glänzenden Erfolge des Zündnadelgewehres auch in England das Streben angeregt, die Hinterladung mit Einheitspatrone (welche auch die Zündung enthält) auf sämtliche tragbare Feuerwaffen anzuwenden. Eine Kombination des Whitworthsystems mit einem nach preussischem Muster gebildeten Hinterladungsmechanismus wird also wahrscheinlich den nächsten Fortschritt des englischen Waffensystems bezeichnen.

Wir kehren nun zur Betrachtung der sogenannten Expansionsprojektil zurück, weil dieselben noch immer bei der Mehrzahl der europäischen Heere im Gebrauch sind. Auch die Whitworthschen Geschosse haben keine Expansionshöhlungen an der Basis, doch haben dieselben hier nur eine untergeordnete Bedeutung, weil die Stauchung, Ausdehnung und Führung des Geschosses hauptsächlich durch seine außergewöhnliche Länge bewirkt wird. Weit wichtiger erscheint die Gestalt der Expansionshöhlungen bei Geschossen von größerem Durchmesser und geringerer Länge. Da die Zusammensetzung des Projektils aus zwei Theilen immerhin komplizirt und schwierig bleibt, so war man in den verschiedensten Armeen bemüht, durch eine besondere Form der Höhlung den Cülot überflüssig zu machen. Nach den minder glücklichen Bemühungen des Belgiers Timmerhans und vieler anderer Konstrukturen gelang es in der 3. (hessischen) Division des 8. deutschen Armeekorps, jene Aufgabe durch die in Fig. 267 und 268 ersichtliche eigenthümliche innere Gestaltung des Geschosses in einer ganz befriedigenden Weise zu lösen. Durch den sternförmigen Querschnitt seiner Höhlung erhält das Projektil eine große Festigkeit gegen das Zusammendrücken von außen, bei einer nur geringen Widerstandsfähigkeit gegen die von innen wirkende Expansionskraft

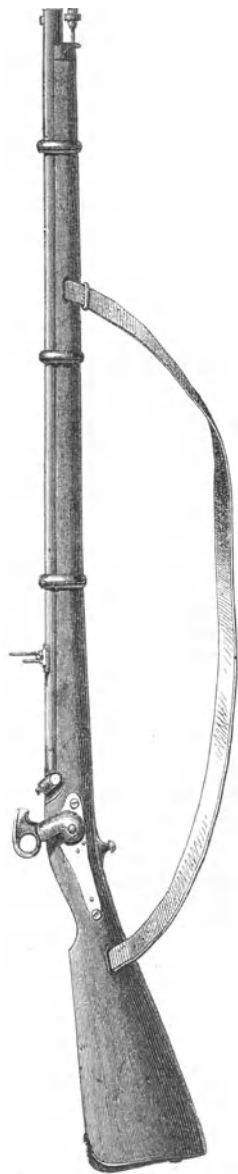


Fig. 265.

Das gezogene Stofadengewehr.

434 : die vortheilhaften & Schießpulver und Feuerwaffen. offes sind durch die einfachere der Gase; die vortheilhaften Eigenschaften des Spiegelgeschosses sind durch die einfachere Konstruktion nicht nur erreicht, sondern sogar überboten.

Fast gleichzeitig mit diesem heffischen Modell tauchte in Frankreich eine auf denselben Prinzipien beruhende Konstruktion des Kommandanten Neßler auf, welche für die ganze französische Linien-Infanterie zur Einführung gelangte und sich bereits auf den Schlachtfeldern von Italien entschieden bewährt hat. Wir sehen hier in Fig. 269 und 270 eine pyramidal zulaufende, enge dreieckige Höhlung, deren Wände einen bedeutenden äußeren Druck vertragen können, und dennoch der Expansion, welche vorzugsweise an den drei dünneren Stellen des Umfangs wirkt, nur einen geringen Widerstand entgegensetzen. Die schiefen Ebenen am Eingange der Höhlung befördern gleichfalls die Ausdehnung. Auch die



Fig. 266. Englisches Expansionsgeschosß mit Holzspiegel nach Pritchett. (Nat. Größe.)

neuesten französischen Gewehre, aus welchen das beschriebene Projektil geschossen wird, bieten außer den Zügen und der Visireinrichtung keine neue Konstruktion, welche auf die Tragweite und Präzision der Waffe von erheblichem Einfluß wäre. Auch hier liegt also das ganze Wesen der Reform in der eigenthümlichen Gestalt des Geschosses, welche, außer den Zügen, zur Erzeugung der Rotation um die Längsachse erforderlich ist. Durch fortgesetzte, auf diesen Punkt gerichtete Versuche ist Neßler ganz neuerdings auf eine weitere Veränderung des französischen Geschosses geführt worden, welche dem heffischen Modell ziemlich nahe kommt und in Fig. 271 und 272 als neuestes französisches Muster abgebildet wird.



Fig. 267 und 268. Heffisches Expansionsgeschosß ohne Spiegel. (Nat. Größe.)

Schon früher als in England hatte man in Frankreich dem preussischen Zündnadelssystem die gebührende Aufmerksamkeit zugewendet, wenn auch die enormen Vorräthe von gezogenen Gewehren (welche man aus der Umänderung aller glatten Musketen des großen Kalibers [18 Millimeter] gewonnen hatte) den Uebergang zu einem ganz neuen Gewehre sehr schwierig machen. Aber auch hier haben die Ergebnisse des schleswig'schen Krieges einen neuen Antrieb gegeben und schon die nächste Zeit bringt vielleicht ein französisches Zündnadelgewehr von sehr kleinem Kaliber.



des großen Kalibers [18 Millimeter] gewonnen hatte) den Uebergang zu einem ganz neuen Gewehre sehr

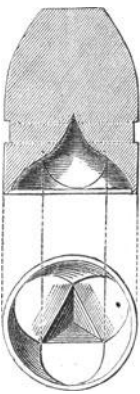


Fig. 269 und 270. Französisches Expansionsgeschosß nach Neßler.

Von allen neueren Erfindungen, welche die innere Einrichtung der von vorn zu ladenden Gewehre und Büchsen verbessern sollen, kann nur die von dem Obersten Podewils in Bayern eingeführte Schwanzschraube (Fig. 273) als ein wesentlicher, wenn auch nicht unentbehrlicher Fortschritt bezeichnet werden. Dieser eigenthümliche bayerische Rohrverschluß besteht eigentlich nur aus einer etwas verlängerten gewöhnlichen Schwanzschraube, welche jedoch in ihrer Längsachse durchbrochen ist und hierdurch die Vortheile einer in der Richtung der Rohrachse wirkenden regelmäßigen Entzündung und Verbrennung des Pulvers im höchsten Maße erreicht. Im Gegensatz zu den anderweitigen Militärwaffen, bei welchen der von der Seite her einmündende Strahl des Zündhütchens eine etwas unregelmäßige Entzündung

und insbesondere auch eine einseitige Ablagerung des Pulverrückstandes verursacht, bietet die bayerische Schwanzschraube den großen Vortheil eines möglichst centrischen Stoßes der Gase gegen die hintere Fläche des Geschosses, bei gleichzeitiger Ver-

minderung des Pulverrückstandes, welcher theils mit dem Schusse hinausgefegt, theils regelmäßig und konzentrisch im Pulverfack abgelagert wird. Durch diesen Umstand ist es möglich, das in Fig. 274 ersichtliche, sehr einfach gebaute Geschöß mit enger runder Höhlung anzuwenden, wenigstens bei nicht allzugroßem Spielraum.

Eine Kombination der heffischen Geschößkonstruktion mit der Einrichtung der bayerischen Schwanzschraube soll nach desfalligen Versuchen Vortheile bieten.

Um die große Tragweite der neueren Infanteriegeschosse auch der Artillerie gegenüber im höchsten Maße geltend zu machen, erfand man neuerdings die mit einer kleinen Quantität Schießpulver gefüllten bleiernen Zündprojektil, welche im Moment des Einschlages in einem festen Körper explodiren und mithin geeignet sind, den Protz- und Munitionswagen der Artillerie gefährlich zu werden.

Fig. 275 zeigt ein derartiges, von Podewils für das bayerische Gewehr konstruirtes Geschöß. Dasselbe enthält, wie aus der Zeichnung ersichtlich, etwas Schießpulver in der cylindrischen Aushöhlung des vorderen Theiles. Das Geschöß ist oben durch den Kopf eines eisernen Nagels geschlossen, dessen Spitze gegen ein am Boden dieser Höhlung befindliches Zündhütchen gerichtet ist. Es leuchtet ein, daß die Entzündung dieser kleinen Sprengladung erfolgen und einen nach vorn gerichteten Feuerstrahl erzeugen muß, sobald das Geschöß mit der Spitze einem erheblichen Widerstande begegnet. Man hat übrigens noch sehr verschiedene Modelle von Zündgeschossen, welche z. B. die Zündmasse in einem messingnenen Röhrchen oder in einer Hülse von dünnem Kupferblech enthalten.

Wir haben die durch die Pulvergase ausgedehnten sogenannten Expansionsgeschosse zuerst betrachtet, weil sie durch die Ermöglichung eines bedeutenden Spielraumes für die allgemeine Einführung der gezogenen Feuerwaffe die Bahn gebrochen haben und in vieler Hinsicht noch immer eine bedeutende Superiorität über alle andern Geschößsysteme behaupten. Von den andern Mitteln, welche zur Eintreibung des Geschosses in die Züge neuerdings angewendet wurden, betrachten wir noch speziell das Prinzip der Kompression oder Stauchung, auf welches die Einrichtung der österreichischen Gewehr- und Büchsenprojektil begründet ist. Fig. 276 zeigt uns das von Lorenz nach einer Idee des Engländers Wilkinson konstruirte sogenannte Kompressivgeschöß, dessen ringförmige tiefe Einkerbungen das Zusammendrücken und Stauchen des Projektils durch die Pulvergase befördern. Bei geringem Spielraum sind sehr bedeutende Leistungen mit solchen Geschossen erreicht worden, doch konnten dieselben keineswegs die Vergleichung mit den im 7. und 8. deutschen Armeekorps (Bayern, Württemberg, Hessen und Baden) eingeführten Expansionsgeschossen des gleichen Kalibers aushalten, denn der praktische Werth einer

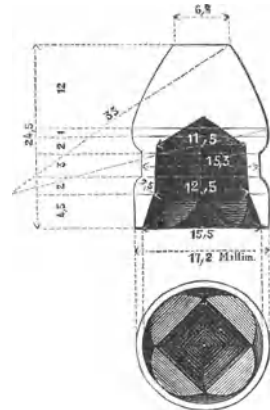


Fig. 271 und 272. Neuestes französisches Expansionsgeschöß.

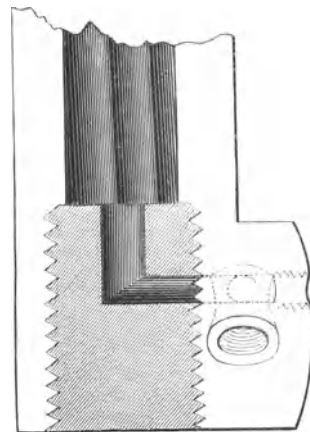


Fig. 273. Bayerischer Rohrverschluß.

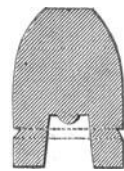


Fig. 274. Bayerisches Expansionsgeschöß.

Kriegspatrone ist in erster Linie durch die Zulässigkeit eines bedeutenden Spielraumes bedingt. Hauptsächlich aus diesem Grunde hat man neuerdings auch für die österreichischen Gewehre, Büchsen und Pistolen ein Expansionsgeschöß eingeführt, welches sich von dem bayerischen nicht wesentlich unterscheidet.



Fig. 275.  
Bayerisches Blindgeschöß  
nach Podewitz.



Fig. 276. Oesterreichisches  
Kompressiongeschöß nach  
Foreng.



Fig. 277 bis 280.  
Schweizer Geschöße für Stutzen und  
Jägergewehre.

Am das Kompressivsystem schließen sich die in Fig. 277 bis 280 dargestellten schweizerischen Geschöße, welche insofern den wichtigsten Fortschritt repräsentiren, als in ihrer Konstruktion das Prinzip des kleinen Kalibers bis an die äußerste zulässige Grenze befolgt ist. Züge und ein langes Geschöß — dies sind die beiden Grundbedingungen, auf welche sich die Wirkung der gezogenen Waffen nach dem neuesten Standpunkt der Wissenschaft reduzieren läßt: Züge, um Rotation und Richtungsfestigkeit zu erzeugen; ein langes Geschöß, um dem Luftwiderstande einen kleinen Querschnitt im Verhältnis zur Masse des Bleies entgegenzusetzen.



Fig. 281.  
Patrone von Büholzzer.

Die Länge des Geschöffes bietet auch noch den großen Vortheil, daß man weder eine Höhlung, noch einen Treibspiegel, ja nicht einmal Einkerbungen braucht, um das Eintreiben in die Züge zu bewirken. Die relative Länge des Projektils, wenn sie  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Kaliber beträgt, genügt vollkommen, um eine hinlängliche Stauchung des Geschößzylinders hervorzubringen und das Geschöß in die Züge zu pressen, vorausgesetzt, daß eine relativ starke Ladung (20—25 Prozent des Geschößgewichts) zur Anwendung kommt. Um indessen auch einen möglichst großen Spielraum für die eidgenössischen Kriegswaffen zulässig zu machen, ist man ganz neuerdings zu der in Fig. 281 dargestellten Büholzzer-Patrone übergegangen, welche sowol aus den Infanterie- und Jägergewehren, als aus den berühmten Stutzen der schweizerischen Scharfschützen mit einem Spielraum von 0,4 bis 0,8 Millimeter geschossen werden kann.

Da diese Patronen, an verschiedenen Orten der Schweiz fabrikmäßig erzeugt, allenthalben im Handel zu haben sind, so können sie zu jedem Scheibenschießen gebraucht werden und es ergibt sich hieraus eine für die ganze Wehrhaftigkeit der Eidgenossenschaft höchst werthvolle Verbindung und Uebereinstimmung zwischen dem nationalen Schützenwesen und den Einrichtungen des Heeres.

Diese Betrachtung führt uns unmittelbar zu dem in Fig. 282 und 283 abgebildeten „deutschen Ordnonanzstutzen“, der vorschriftmäßigen Waffe des deutschen Schützenbundes. Diese Büchse ist dem schweizerischen Stutzen nachgebildet und wird demgemäß auch die Verwendung der schweizerischen Patronen zulassen, besonders wenn schärfere Bestimmungen über die genaue Einhaltung des schweizerischen Rohrkalibers innerhalb des Schützenbundes zu Stande kommen.

Hand in Hand damit muß die ganze Kriegstauglichkeit der freiwilligen Wehrbestrebungen sich steigern, wie man dies auch bereits bei den englischen und belgischen Nationalanschützen erkannt hat. Fig. 284 zeigt die Friedens- und Kriegsausrüstung der belgischen Schützenvereine, welche nur noch kriegstaugliche Gewehre mit Patronenladung führen.

Von allen bis jetzt betrachteten Geschossen gehört nur noch das französische Modell (Nefler) dem alten, sogenannten großen Kaliber an, welches für Handfeuerwaffen 17—18 Millimeter beträgt. Das Nefler'sche Geschos mußte deshalb sehr kurz gehalten werden, um ein praktisches Gewicht von etwa 33 Grammen nicht zu übersteigen. Dieser Nachtheil der Kürze und des relativ geringen Gewichtes konnte durch die sonst sehr zweckmäßige Konstruktion des Projektils nicht hinreichend ersetzt werden, und in der That steht dasselbe dem relativ längeren und schwereren russischen Geschos (Fig. 262 und 263, Kaliber 14,8 Millimeter, Gewicht 34 Gramme) bedeutend in seinen Leistungen nach, während dieses letztere wieder durch die bayerischen Geschosse (Fig. 274 und 275, Kaliber 13,5 Millimeter, Gewicht 28 Gramme) erheblich übertroffen wird. Die schweizerischen Geschosse aber leisten noch mehr als die genannten süddeutschen, so daß schließlich eine Zunahme der Leistungen mit der Abnahme des Kalibers bis zu dieser Grenze von 10 Millimetern konstatiert ist.

Nun leuchtet es aber auch ein, daß man bei einem sehr kleinen Kaliber auch sehr lange Geschosse und relativ sehr starke Ladungen, und doch nur sehr wenig Pulver und Blei verwenden, also eine sehr leichte Munition erlangen kann. Die obigen vier schweizer Geschosse, von denen das erste links aus dem Stutzen, die drei andern aus dem Jägergewehre gleichen Kalibers, alle mit 4 Gramm Ladung geschossen werden, wiegen alle nur 16—17 Gramm und liefern sowol in Bezug auf die rasante (flache) Spannung ihrer Flugbahnen, als auch hinsichtlich der Präzision Resultate, wie sie in solcher Vereinigung und bei so einfacher Konstruktion von Geschos und Waffe noch nirgends erreicht worden sind. Auch die schweizer Waffen bieten nämlich keine besondere innere Einrichtung des Rohres oder der Schwanzschraube; auch hier genügen einige flache, scharfkantige Züge, um in Verbindung mit der langen Gestalt des Geschosses die Rotation zu bewirken. Das einzige Hinderniß der allgemeinen Einführung des schweizer Kalibers in den Kriegsheeren lag früher in dem Umstande, daß eiserne Rohre von so kleinem innerem Durchmesser entweder zu kurz für das Gliederfeuer, oder zu schwer konstruiert werden müssen, um die nöthige relative Festigkeit (gegen das Verbiegen im Gebrauch) des

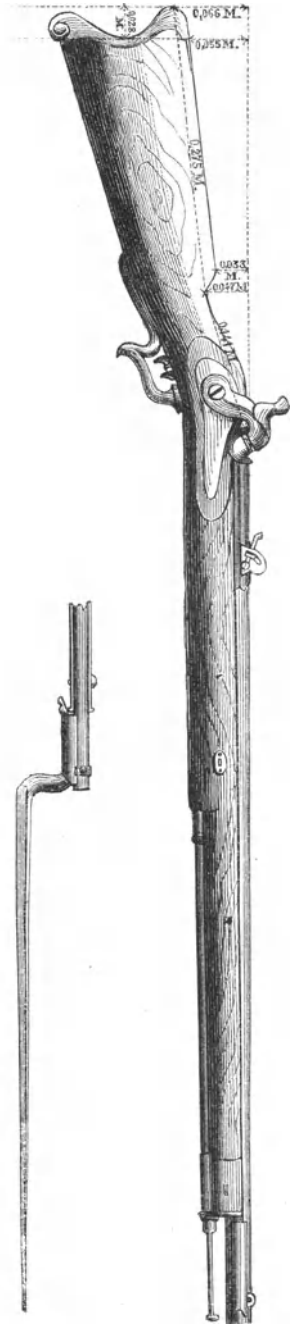


Fig. 282 und 283.  
Deutscher Ordnungszusken.



(Gewehres als blanke Waffe u. s. w.) zu besitzen. Dieses Bedenken ist jedoch jetzt durch die Verwendung des trefflichen westphälischen Gußstahls (besonders aus der Fabrik von Berger in Witten a. d. Ruhr) vollkommen beseitigt.

Im Gegensatz zu den oben beschriebenen schweizerischen Projektilen stehen die in Fig. 285 abgebildeten Spitzgeschosse, welche für die Luxusbüchsen der Jäger und Scheibenschützen des Civilstandes noch mitunter verwendet werden. Diese zur



Fig. 284. Belgische Nationalschützen.

Pflasterladung bestimmten, durchaus unpraktischen Projektilen wiegen nur ungefähr eben so viel, als die Kugel gleichen Durchmessers, besitzen also einen sehr großen Querschnitt im Verhältniß zu ihrer Masse und können deshalb nur sehr gekrümmte Flugbahnen beschreiben. Wir haben schon oben angedeutet, daß die neuerdings so glänzend bewährte Kriegstüchtigkeit des preussischen Zündnadelgewehres demselben eine allgemeine Verbreitung, wenn auch in etwas veränderten Formen, zu sichern scheint. Das preussische

Heer besitzt drei Gewehre dieses Systems, welche, je nach ihrer Bestimmung für die Linienbataillone, die Füsilier- oder die Jäger in verschiedenen Punkten, besonders hinsichtlich ihrer Länge und der Konstruktion des Bayonnetts, einigermaßen verschieden sind, aber alle dasselbe Kaliber, dieselbe Patrone und annähernd dieselbe Konstruktion des Verschlusses besitzen. Fig. 286 zeigt das neue Füsiliergewehr, welches mit einem Anfaß oder Hest zum Aufstecken eines blanken Seitengewehres versehen ist; Fig. 287 stellt den Zündnadelkarabiner der preussischen Kavallerie dar.

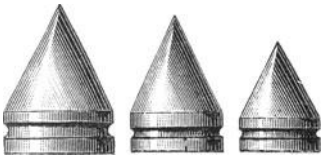


Fig. 285. Alte Spitzgeschosse für Luxusbüchsen. (Nat. Größe.)

Der Mechanismus des Schlosses (Fig. 288), der sich als hintere Verlängerung des Rohres ansetzt, besteht im Wesentlichen aus drei ineinander geschobenen hohlen Cylindern, von welchen der äußere, die sogenannte Hülse, oben in besonderer Weise ausgeschliffen, und mit seinem Kopfe an das hintere Rohrende (Rohrmundstück) angeschraubt ist, während die beiden inneren Cylinder (Kammer und Schloßchen) sich innerhalb der Hülse und in der Richtung der verlängerten Rohrachse verschieben lassen. Die Kammer verschließt mit ihrem Mundstück die Seele und umfaßt das Schloßchen, welches den Nadelbolzen und die Spiralfeder enthält. Die Handhabung, das Laden, Spannen und

Abfeuern geschieht mit wenigen einfachen Bewegungen, wobei die Kammer an ihrem vorstehenden Griff vor- und zurückgeschoben und gedreht, das Schließchen aber am hinteren Ende herausgezogen oder hineingedrückt und durch eine Sperrfeder in seiner Lage fixirt wird. Die Zündung erfolgt bekanntlich durch die in dem Nadelholzen befestigte Nadel, welche, von der Spiralfeder vorgeschneilt, das Pulver durchdringt und die Zündpille durch Einstechen zur Explosion bringt.

Das eiförmige Geschöß (Fig. 289), Langblei genannt, sitzt in einem gepressten Pappspiegel, welcher es ringsum verschließt und in Rotation versetzt, indem er sich zwischen das Projektil und die Rohrwände einzwängt. Diese Art der Geschößführung, wobei eine ganz ungewöhnlich große Differenz zwischen Rohrkaliber und Geschößkaliber zugelassen werden kann, gewährte den Vortheil, daß man neuerdings den Durchmesser des Geschosses vermindern und somit dessen Länge vergrößern konnte, ohne die bereits vorhandenen Gewehre außer Gebrauch zu setzen. Von diesem Vortheil hat man bei anderweitigen Versuchen einen noch ausgedehnteren Gebrauch gemacht, indem man das Kaliber des Langbleies noch weiter verringerte, als dies in Preußen geschehen war, und dadurch das Bleigewicht des kleinen Geschosses bis auf 17 Gramm (preuß. Geschöß 31 Gramm) heruntersetzte.

Der preußische Zündspiegel wird durch Aufwickeln eines etwa 90 Centimeter langen Papierstreifens mit schmälern Ende gebildet. So entsteht eine kleine Rolle. Dieselbe wird sodann durch den Druck einer gewöhnlichen Schraubenpresse in einer vertieften Stanze zusammengestaucht, so daß der Zündspiegel die in Fig. 289 ersichtliche Form erhält. Bei einer zweiten Pressung des Spiegels wird die, aus chlorsaurem Kali und Schwefelantimon, mit oder ohne Bindemittel, hergestellte Zündpille in die an der Basis des Spiegels befindliche kleine Höhlung fest eingelagert. Die ganze Patrone besteht also aus einer cylindrischen Hülse von gewöhnlichem Papier, in welche man zuerst die Ladung von  $4\frac{1}{2}$ —5 Gramm Pulver einfüllt und sodann den Zündspiegel mit dem Geschöß einschleibt, an dessen Spitze die Hülse zusammengedreht, gewirgt und schließlich gefettet wird. Da die Anfertigung der Zündpillen mehrfach interessirt, so fügen wir noch bei, daß der oben erwähnte Satz mit etwas Wasser und Spiritus angefeuchtet und sodann in die runden Oeffnungen einer siebartig durchlocherten Metallplatte geschmiert wird, um darin die Satzpillen als kleine Cylinder zu bilden. Fig. 290 und 291 zeigen einen verschossenen und sodann wieder aufgelegenen Spiegel, an welchem sich erkennen läßt, wie der vordere Rand von dem Luftwiderstand umgestülpt wird, sobald das Geschöß die Mündung verlassen hat. Um diese rechtzeitige Trennung beider Körper zu erleichtern, so daß der Spiegel kurz vor der Gewehrmündung zurückbleibt und niedersinkt, versieht man denselben vor der zweiten Pressung mit 4 Einschnitten, deren Wirkung an der Figur 291 ersichtlich ist.

Patronen mit kleinerem Langblei sind natürlich leichter als die preußischen und entsprechen in noch höherem Grade den Bedürfnissen des Schnellfeuers (durch großen

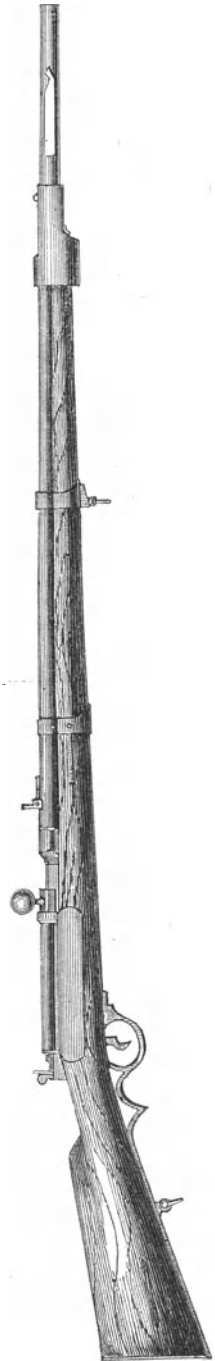


Fig. 286. Preußisches Fülliergewehr.

Munitionsvorrath jedes Schützen), worin die große taktische Ueberlegenheit des Zündnadelsystems hauptsächlich begründet ist. Um nun auch die Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse auf ein Maximum zu bringen und hierdurch deren Flugbahn so flach oder rasant als möglich zu machen, müßte auch das Kaliber des Rohres (welches jetzt in Preußen 15,43 Millimeter beträgt) noch bedeutend, wo möglich bis auf das schweizerische Maß von 10,5 Millimeter, reduziert werden, da nur auf diesem Wege die Wirkung der entfesselten Gase ihre günstigste Verwendung finden kann.

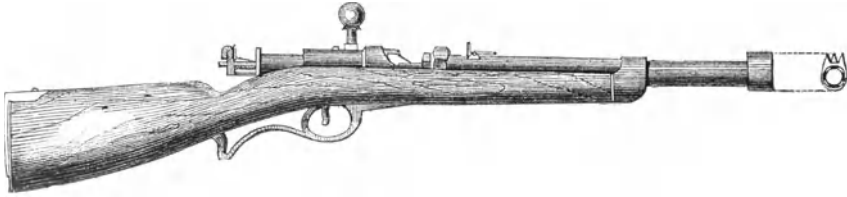


Fig. 287. Preussischer Zündnadelkarabiner

Diesem Ziele, also der Verbindung des Zündnadelsystems mit dem kleinsten Kaliber, welches die längsten und leichtesten Geschosse mit der größten Anfangsgeschwindigkeit zuläßt,

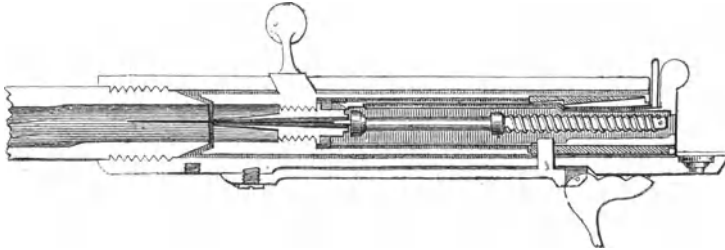


Fig. 288. Preussisches Zündnadelgeschöß.

strebt man denn auch jetzt in Frankreich, England und Deutschland mit großem Eifer entgegen. Aus den deutschen Versuchen, welche mit dem besten Erfolge betrieben zu werden scheinen, wird wol schon bald eine Waffe hervorgehen, welche durch die Einfachheit ihrer Behandlung, die Schnelligkeit ihres Feuers, die Leichtigkeit (also disponible Menge) ihrer Patronen, die möglichst flach gestreckte (also das genaue Distanzschätzen entbehrlich machende) Form ihrer Flugbahnen und endlich durch die Regelmäßigkeit dieser Kurven (geringe Streuung der Geschosse) alle Bedingungen einer überwiegenden Feuerkraft und Kriegstüchtigkeit vereinigen und die vorläufige Spitze der gesammten europäischen Waffenentwicklung darstellen wird.

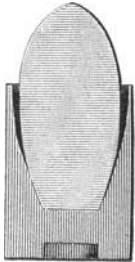


Fig. 289.  
Preussisches Langblei mit  
Spiegel und Zündpille.

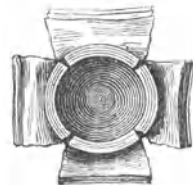
**Jagdgewehre und Revolver.** Wir haben in unserer Abhandlung vorzugsweise die Militärgewehre behandelt und dabei selbstverständlich nur dem Schießen mit einem einzigen Geschosse, früher der Kugelfugel, gegenwärtig dem Langgeschosse, unsere Aufmerksamkeit zugewendet. Das Buch der Erfindungen hat in seinem III. Bande aber der Jagd ein eigenes Kapitel gewidmet, die Leser dieses Buches werden deshalb wol mit Recht auch einige Notizen über Jagdgewehre, und da die Regeln für den Gebrauch der Büchse ganz mit denjenigen zusammenfallen, welche wir für die Militärgewehre entwickelten, namentlich Einiges über den Schrotschuß erwarten.

Der Schrotschuß und seine Wirksamkeit hängt wesentlich ganz von denselben

Grundbedingungen ab, wie der Schuß mit Vollgeschossen. Die Ladung muß in einem bestimmten Verhältnisse zu dem Geschossgewichte stehen, oder mit andern Worten, mit schwacher Ladung wird ein und dasselbe Schrotgewicht weniger Durchschlagkraft zeigen, als mit starker auf die gleiche Entfernung. Es folgt hieraus, daß es durchaus fehlerhaft ist, wenn die Schrotmenge zur Erhöhung der Trefffähigkeit ungebührlich vermehrt wird. Das Wild wird in diesem Falle wol getroffen, wenn es anders nahe genug herankommt, aber es wird nicht erlegt, d. h. die Schrote werden nicht durchschlagen. Der Jäger klagt jetzt über den geringen „Brand“ seiner Flinte und viele Büchsenmacher wissen diesem Fehler nicht unbedingt abzuhelpen, weil sie ihn meist in einer besondern Gestalt der Seele suchen, über deren Ursache sie sich aber keine Rechenschaft zu geben wissen. Die Gestalt der Seele muß aber für das Jagdgewehr eben so wie für Muskete und Geschützrohr ein reiner Cylinder sein. Alle Erweiterungen des Gewehres nach hinten, wenn sie nicht, wie bei den später zu beschreibenden Besaucheu-Gewehren, für das Einschieben von Patronen oder für ein allmähliges Eintreiben eines Geschosses in vorhandene Züge nöthig sind, können nur schaden, indem die in diesem Falle nach der Mündung hin eintretende Verengung die Reibung der Schrote an den Seelenwänden stets vermehrt. Die den Schroten also von der Pulverladung mitgetheilte Kraft, ihre Perkussionsstärke (denn nichts Anderes ist ja der Brand) wird demnach geschwächt. Gleicher Weise wird ein längere Zeit nicht gereinigtes, mit fest anhängenden Pulverkrusten behaftetes Gewehr, sowie ein solches, dessen Seelenwände noch die Bohrringe oder sonstige Vertiefungen tragen, weniger Brand haben, weil eben die Schrote an den ungleichen Seelenwänden zum Nachtheil ihrer Perkussionskraft und regelmäßigen Streuung eine größere Reibung erfahren. In diesem Falle hilft ein gründliches Reinigen und insbesondere ein glattes Auskolben dem Fehler ab. Schießt das Gewehr auch dann noch nicht „todt“, wie der Jäger zu sagen pflegt, so ist seine Ladung nicht richtig ermittelt und es muß dies also geschehen. Jedes Jagdgewehr soll nun seinen Gewichtsverhältnissen nach für eine Kugelfugel gebaut sein, welche für sein Kaliber paßt. Das Gewehr muß demnach, mit einer solchen Kugel und etwa  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{5}$  ihres Gewichtes an Pulver geladen, gerade nur einen eben fühlbaren Rückstoß erzeugen. Ist dieser Rückstoß zu stark, so ist das Gewehr zu leicht gebaut; denn an der  $\frac{1}{5}$  kugelschweren Ladung darf man bei einer gewöhnlichen Jagdflinte nur noch wenig abbrechen, ohne der Perkussionskraft Eintrag zu thun. Um nun das für diese Pulverladung passende Schrotgewicht zu finden, lade man zuerst die ganze Kugelschwere von Schrot und schieße auf die Entfernung, auf welche man das Gewehr einschließen will, gegen ein trockenes tammenes Bret, dessen vordere Fläche mit einem weißen Vogen Papier versehen ist. Man breche nun nach und nach, ohne an dem Pulver etwas zu ändern, an den Schroten so viel ab, bis man findet, daß die einzelnen Körner tief genug in das Holz einschlagen und der auf dem Papierbogen, der selbstverständlich bei jedem Schusse durch einen frischen ersetzt werden muß, an den Durchschlägen der einzelnen Körner sichtbare Boden des Streumungskegels der Schrote derart ist, daß die Zwischenräume keiner Kreatur das Entkommen sichern. Das Schrotgewicht wird sich auf diese Weise zu beiläufig dem Dreifachen des Pulvergewichtes ermitteln, ein Verhältniß, welches wir auch bei den Büchsenkartätschladungen der glatten Feldgeschütze bestehend finden. Es versteht sich von selbst, daß der Jäger nunmehr, wenn er seiner Flinte den „Brand“ erhalten will, die Pulver- und Schrot-



b



Sig. 290 und 291.  
Zündspiegel nach dem Schuß.

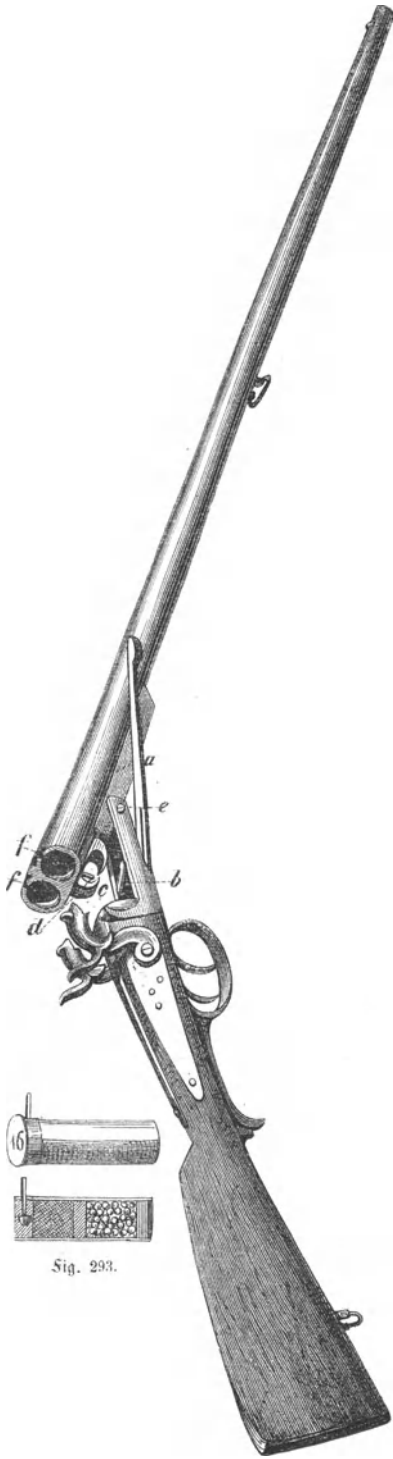


Fig. 292.

Fig. 292 und 293.  
 Verkaufszug = Flinte zum Laden geöffnet nebst  
 Schrotpatrone (Fig. 293).

Ladungen für feine Patronen abwiegen muß, und daß er nur dann auch bei den größeren Schrotforten sicher ist, die richtige Zahl von Körnern zu laden. Die größeren Körner lagern sich nämlich nicht so zusammen wie die kleinen. Wer also feine Schrotladung nur nach dem Raume abmessen wollte, würde bei groben Schrotten zu wenig Körner in den Lauf bekommen. Das Laden der Flinte aus der Hand oder mittels eines am Pulverhorne angebrachten, nicht für die Flinte regulirten Maßes ist nicht zu empfehlen. Namentlich ist vor den zu starken Schrotladungen zu warnen. Denn abgesehen von der nach unserer Darlegung völligen Zwecklosigkeit dieses Verfahrens kann das Springen des Gewehres viel leichter durch die nur schwer zu bewegende Masse der Schrotkörner erfolgen, welche das Pulver in dem Laufe gewissermaßen verdämmt, wie in dem Bohrloche eines Steines, als durch eine starke Pulverladung bei wenig Schrot. Der aufmerksame Schütze wird finden, daß jedes Gewehr eine bestimmte Schrotforte am besten schießt. Es ist dies eine Folge der regelmäßigen Lagerung der Körner, welche natürlich von dem Verhältniß der Körnergröße zu dem Kaliber des Gewehres abhängt. Es ist deshalb gut, wenn man nach dem Einschütten der Schrotkörner die Flinte senkrecht hebt und die Schrote im Laufe einigemal sachte in die Höhe schießt, wodurch sie sich regelmäßiger lagern. Der Pfropf zwischen Pulver und Schrotten soll beide Ladungen sicher trennen und bei dem Schusse den Schrotten als Treibscheibe dienen. Er darf also nicht rasch verbrennen, weil sonst die Schrote durch die Pulvergase zu unregelmäßige Stöße bekommen und vor der Mündung auseinanderfahren und zu stark streuen. Der Pfropf auf die Schrote soll dieselben nur zusammenhalten und ferner verhüten, daß bei der Handhabung des geladenen Gewehres einzelne Schrotkörner herausfallen. Beide Pfropfe dürfen nicht unnöthig fest aufgehämmert werden, weil man sonst einestheils das Pulver zerstampft und die regelmäßige Verbrennung der Ladung beeinträchtigt, andertheils aber die Schrote in einander klebnt, platt drückt und dadurch der regelmäßigen Streuung Eintrag thut.

Von den verschiedenen Schrotforten wendet man aus nahe liegenden Gründen für die größeren Thiere die gröberen, für die kleineren die feineren

Sorten an. Die Körnergröße nimmt mit steigender Nummer ab, und man schießt z. B. große Raubvögel, wilde Gänse, auch Fische mit Nr. 0 bis Nr. 3, Hasen mit Nr. 4 oder Nr. 5, Enten im Herbst und Winter mit Nr. 6, im Beginn der Entenjagd mit Nr. 7 und Nr. 8. Das beste Hühnerschrot ist Nr. 7 und Nr. 8. Das beste Schnepfenschrot ist Nr. 9 und Nr. 10, für Bekassinen ist Nr. 10 bis Nr. 12 zu empfehlen. Die Schrotnummer über Nr. 13 nennt man auch Dunst. Von den größten Sorten gehen etwa 20, von den feinsten 1200 bis 3000 und mehr Körner auf ein Loth. Doch ist diese Nummerbezeichnung auch nach den Fabriken verschieden und daher nicht absolut zu nehmen.

Noch ist ein Vorurtheil zu erwähnen, welches man bei vielen Jägern findet, nämlich die Gewehre im geladenen Zustande längere Zeit aufzubewahren. Das Pulver zieht bekanntlich Feuchtigkeit an und die Ladung wird dadurch Ursache zur Rostzeugung, woher es kommt, daß solche Gewehre beim Herauschießen des alten Schusses öfters springen. Die Untersuchung eines solchen Kaufes zeigte, daß der Rost tiefe Löcher gefressen hatte. Es handelt sich hier freilich um Fälle, in welchen die Gewehre Monate, ja selbst Jahre lang geladen stehen. Ganz besonders gefährlich wird die erwähnte Sitte, wenn die Gewehre mit aufgesetzter Zündung aufbewahrt werden. Die Jagdzündhütchen enthalten nämlich meist Knallquecksilber, und aus diesen Knallquecksilberpräparaten entstehen bei ungünstigen Fabrikations- und Aufbewahrungsverhältnissen kleine, für ein unbewaffnetes Auge unsichtbare Kristallnadelchen, welche bei der geringsten Erschütterung zerbrechen und die Explosion des Sages zur Folge haben. Daher das zeitweise Losgehen der Gewehre beim Aufsetzen der Hütchen und die für unerklärlich gehaltene Entladung von Jagdflinten, welche an der Wand hängen.

Das Prinzip der Hinterladung, welches in neuester Zeit bei den Kriegshandfeuerwaffen immer größere Verbreitung gewinnt, bricht sich auch bei den Jagdgewehren Bahn. Von den verschiedenen, fast zahllosen Systemen, welche auch hier auf den Markt gebracht wurden, hat namentlich dasjenige des Gewehrfabrikanten Vefaucheur in Paris gerechte Anerkennung in den weitesten Kreisen gefunden, weil es mit einem höchst einfachen und für Jagdgewehre genügend haltbaren Mechanismus eine solide Einheitspatrone verbindet. Unsere Illustration Fig. 292 zeigt uns das Gewehr zum Laden geöffnet. Hebel a wird von links nach rechts gedreht, Zapfen b stellt sich quer und verläßt den Doppelhaken c, die Läufe senken sich um das Charnier c, die Patronen werden bei f f eingeschoben und die Läufe wieder gehoben. Der Zahn d drückt dadurch den Zapfen b und mit ihm den Hebel a wieder nach links und ein Druck des rechten Daumens schiebt den Hebel a fest, so daß b in c eingreift.

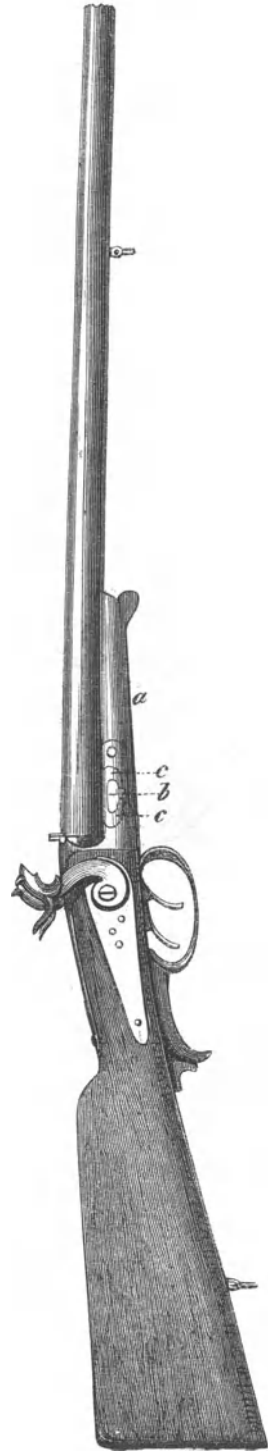


Fig. 294.  
Vefaucheur-Flinte geschloffen und  
gespannt.

Die Einrichtung der Patronen, welche namentlich die Fabrik von Gevelot in Paris liefert, wird durch Fig. 293 sowohl dem Aeußern nach als auch im Durchschnitt veranschaulicht. Die Hülse ist von dünnem Pappdeckel und trägt in ihrem, mit niedriger, geprägter Kappe aus Messingblech umschlossenen Boden das aufwärts stehende Zündhütchen, in welches durch den Schlag des Hahnes der Messingstift eingetrieben wird. Die Explosion des Knallpräparates erfolgt sofort und theilt ihr Feuer der Pulverladung mit. Der gasdichte Abschluß der Räufe wird einestheils durch das feste Aufschließen der rechtwinkelig zur Seelenachse abgesehnutten hinteren Fläche derselben an die in gleicher Weise bearbeitete vordere Fläche des Kolbenhalses, andernteils durch die Patronenhülse verbürgt. Die Räufe sind von ihrem hinteren Ende an auf die Länge der Patronenhülse und der Wanddicke dieser Hülse entsprechend aufgebohrt, so daß das stets gleichmäßige Einschieben der Patrone, welche sonst nur durch den Messingstift zum Nachtheil der geraden Stellung dieses letzteren aufgehhalten würde, gesichert ist. Aus dem Gebrauche der Einheitspatrone, welche vor Feuchtwerten und Verschütten des Pulvers beim Laden sichert, folgt, daß die Zefaucheux-Gewehre meist eine geringe Ladung, etwa  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{6}$  des Schrotgewichtes, bedürfen.

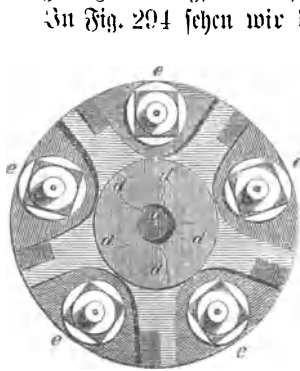


Fig. 294. Ladungschinder des Revolvere.

In Fig. 294 sehen wir die Zefaucheux-Flinte geschlossen und gespannt. Das mit punktirten Linien angegebene Eingreifen des Doppelhakens c in den mit dem Hebel a verbundenen Zapfen b wird keinen Zweifel mehr über den ohnehin bekannten Mechanismus lassen. Wir bemerken nur noch, daß Zefaucheux diesen Verschuß noch in verschiedener Weise herstellt. Der von uns gezeichnete ist der gebräuchlichste. Die Kaliber der erwähnten Gewehre und demnach auch Durchmesser und Länge der Patronen sind verschieden und werden mit Nummern bis zu 28 bezeichnet. Diese Nummern sind auf dem Messingboden der Patrone mit der Umschrift der Firma Gevelot aufgeprägt. Je höher die Nummer, desto kleiner das Kaliber.

**Revolver.** Auch bei den zur Vertheidigung in nächster Nähe bestimmten Feuerwaffen, den Pistolen, Terzerolen u. s. w., hat die Hinterladung Eingang gefunden. Zwei einfache, ja selbst zwei doppelläufige Sattelpistolen genügen heutzutage nicht mehr, man will fünf bis zehn und zwölf Schüsse zur Sicherung des theuren Lebens in Bereitschaft haben. Der amerikanische Oberst Colt, Besitzer einer Patent-Feuerwaffenmanufaktur zu Hartford, brachte zuerst eine solche, nach neuen Prinzipien gebaute Drehpistole, einen sogenannten Revolver, in den Handel. Die keineswegs neue Idee von mehrläufigen, zum Drehen des Laufstückes um seine Achse eingerichteten Pistolen war hier, im Interesse der Erleichterung, in der Art verbessert, daß nur die Pulverkammern, in eine solide Walze von Stahl gebohrt, sich drehen und ihre Geschosse successiv einem einzigen gezogenen Laufe gegenüberbrachten. Der Hahn schlug gegen den in der Achse einer jeden Kammer auf dem Boden des Ladungschinders eingeschraubten Pifton. Der Anschluß der Kammermündstücke an die hintere Oeffnung des Laufes konnte selbstverständlich nur ein einfacher Flächenanschluß sein, dessen Dichtigkeit von der genauen Bearbeitung der berührenden und an einander vorbeigehenden Flächen gebildet wird. Die Drehung des Ladungschinders wird durch eine während des Spannens aus dem Schafte mehr und mehr hervortretende Klinke veranlaßt, welche an niedrigen, freibogenförmig gestalteten und um das Drehachsenloch a (Fig. 295) herumliegenden Zapfen d hergleitet. Mit Vollendung des Weges von einem Pifton e zum andern

tritt, gleichfalls mit dem Schloßmechanismus in Verbindung, ein Zäpfchen aus dem Schaft, welches den Cylinder festhält, bis durch das Losschlagen des Hahnes sämtliche Schloßtheile wieder in ihre frühere Verfassung zurückkehren. Der Umstand, daß der Colt'sche Revolver für jeden seiner sechs Schüsse besonders gespannt werden mußte, erschien für alle Fälle des nächsten Handgemenges nicht geeignet und die Engländer Adams und Deane konstruirten einen Revolver, welcher alle die oben beschriebenen Funktionen, nämlich Umdrehen des Cylinders, Spannen und Losdrücken des Hahnes, lediglich an die Arbeit des Abzugs band und auf diese Weise gestattete, die fünf Schüsse, welche der Revolver Adams-Deane führte, in einer Reihe hinter einander abzugeben. Dieser Revolver ist in der englischen Marine eingeführt und soll in der Krim und in Indien gute Dienste geleistet haben. In den kontinentalen Armeen und Marineen bedient man sich vielfach eines von Vefaucheur konstruirten Revolvers, der im Wesentlichen mit dem Colt'schen übereinstimmt, d. h. im Interesse eines sicheren Abkommens, welches durch das starke Drücken bei dem Revolver Adams-Deane sehr gefährdet ist, zu jedem seiner sechs Schüsse gespannt wird.

Der Vorzug des Vefaucheur-Revolvers besteht aber namentlich in der Einheitspatrone (in Fig. 296 in natürlicher Größe dargestellt), aus einer Kupferblechhülse, welche Zündvorrichtung, Pulver und Geschos zusammen verbindet und unter steter Drehung des Cylinders mit der linken Hand, nach Oeffnung der dem Hahne gegenüber befindlichen Ladethür, mit der rechten Hand in die Ladungsräume nach und nach eingeschoben wird. Fig. 297 zeigt den Schloßmechanismus des Vefaucheur-Revolvers in der halben Größe und die zusammengesetzte Pistole in  $\frac{1}{2}$  der Natur. Der Hahn befindet sich in der Ruhrast. Sein unterer Theil vertritt die Stelle der Nuß, der Abzug diejenige der Stange eines gewöhnlichen Perkussionschloßes. Wird nun der Hahn gespannt, so drückt der mit der Friktionsrolle B versehene Theil desselben die nach oben federnde Schlagfeder A zusammen und nieder; der Abzug D, von der abwärts federnden Stangenfeder C den Kasten des Hahnes entgegengedrückt, greift alsbald in die Spannast ein. Zu gleicher Zeit und während des Spannens hat Feder H die Stellflanke G dem Ladecylinder entgegengedrückt und so die Umdrehung desselben bewirkt, bis, ebenfalls durch das Spannen veranlaßt, der Stift F in den Ladecylinder eintritt, um ihn so fest zu halten, daß dem gespannten Hahne gerade ein Zündstift gegenübersteht. Durch Rückwärtsziehen der Zunge des Abzuges D wird die Verbindung von Hahn und Abzug gelöst und ersterer durch die entfesselte Schlagfeder A auf den Zündstift geschleudert. Ein weiteres Spannen bringt dem Hahne

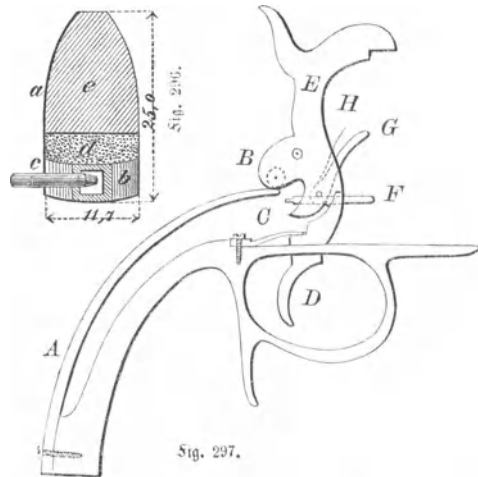


Fig. 296 bis 298.  
Vefaucheur-Revolver der französischen Marine. Patrone,  
Schloß und Revolver.

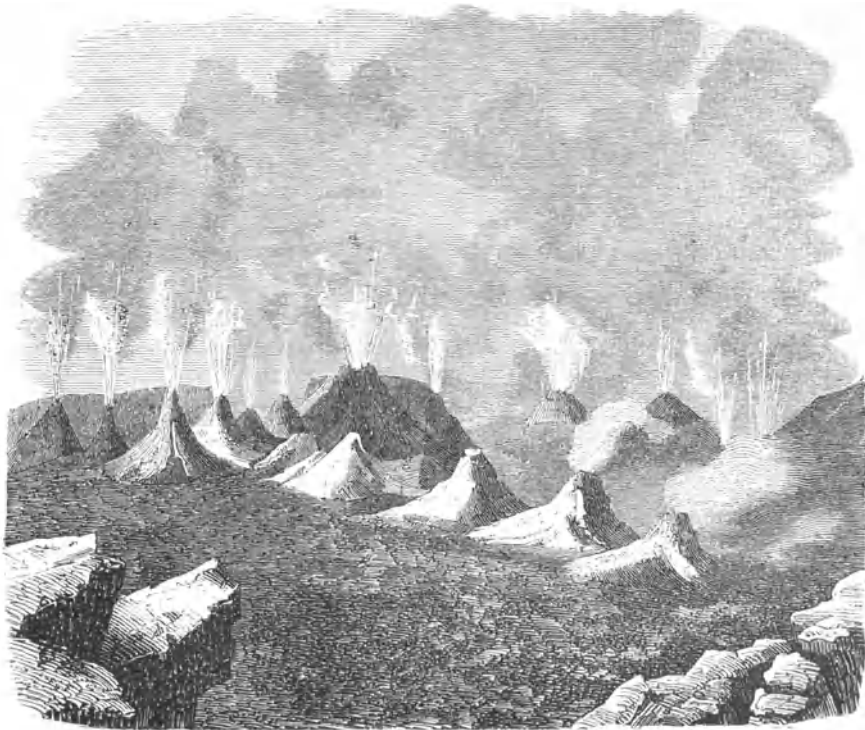


den folgenden Zündstoff gegenüber u. s. f. Der Lefaucheux-Revolver der französischen Marine wiegt 1 Kilogramm, die Patrone 15½ Gramm.

Um die stete Feuerbereitschaft des Adams-Deane-Revolvers mit der Treffsicherheit der eben beschriebenen Lefaucheux-Drehpistole je nach Umständen zu vereinigen, liefert der bewährte Gewehrfabrikant Schilling in Suhl Lefaucheux-Revolver mit doppelter Drehung. Sie gestatten ein Spannen für jeden einzelnen Schuß, sind aber dabei so eingerichtet, daß man durch einen stärkeren Druck am Abzug auch Spannen, Umdrehen und Abziehen vereinigen, also sämmtliche sechs Schüsse nach einander ohne besonderes Aufziehen des Hahnes abfeuern kann.

Die Fabrikation der Handfeuerwaffen, welche für Mitteldeutschland in Thüringen (Suhl), für Süddeutschland in Amberg (Bayern) und Oberndorf (Württemberg), für die norddeutschen Kontingente z. B. in Herzberg am Harz sich am Meisten entwickelt hat, wird für Preußen in Spandau, Erfurt, Sömmerda, für Oesterreich im Wiener Arsenal, sowie an verschiedenen Orten Steyermarks, auch Böhmens betrieben. Rußland erzeugt seinen kolossalen Bedarf von neuen Gewehren in Sisterbet (Finland), Tula und Jeshew, muß aber noch ausländische Industrie zu Hülfe nehmen, besonders die belgische, deren bedeutende Entwicklung ihren Mittelpunkt in Lüttich findet. Frankreich besitzt Fabriken zu Vincennes, Metz, St. Etienne, Lille u. s. w., während die englischen Fabriken von Woolwich, Enfield, auch Birmingham, im Fach der mechanischen Hilfsmittel die neuesten Fortschritte repräsentiren.

Die wichtigsten Neuerungen in dieser gesammten Industrie sind die folgenden. Die Rohre, früher fast ausschließlich aus schmiedeeisernen Platten (Platinen) unter dem Hammer über den Dorn geschweißt, und später, besonders in England, zwischen kannelirten Walzen gestreckt oder ausgewalzt, werden jetzt vorzugsweise aus dem trefflichen westphälischen Gußstahl (z. B. bei Berger in Witten) erzeugt, indem man gegoffene massive Stahlcylinder zu massiven Stangen auswalzt, auf Rohrlänge abhaut und sodann von einer Seite her auf besonderen Bänken aus dem Wollen ausbohrt. Die sonstigen Stahl- und Eisentheile des Gewehres wurden schon längst mit möglichster Arbeitstheilung und unter Anwendung verschiedener mechanischer Hilfsmittel, besonders Gesenke, Stanzen, Präg-, Bohr- und Fräß-Apparate, Drehbänke und Schleifmaschinen, in rationeller Weise hergestellt. Die ausgebehnteste Anwendung selbstthätiger Maschinen gelangte aus Amerika, z. B. aus Springfield, in die englischen Fabriken, welche sämmtliche Theile in solcher Gleichförmigkeit liefern, daß bei deren ganz beliebiger Auswahl die Zusammensetzung eines Gewehres fast ohne Nachhülfe geschehen kann. Der höchste Triumph der modernen Mechanik zeigt sich hier in der Anfertigung der Schäfte durch die sinnreiche und großartige Anwendung einer plastischen Kopiermaschine, welche, von Kindern bedient und nach einem unterlegten Muster arbeitend, den Schaft in seinem ganzen Detail auf's Korrekteste ausführt und selbst die zum Einlassen des Schlosses u. s. w. erforderlichen Vertiefungen mit bewundernswerther Genauigkeit herstellt. Dagegen mag zur Ehre unserer Vorfahren noch schließlich bemerkt werden, daß die zum Einschneiden der Züge dienenden wohlbekannten alten Zugbänke noch keineswegs durch völlig neue Apparate verdrängt sind, da hier die überlegte Arbeit durch Menschenhand nur in Bezug auf die Quantität des Produkts übertroffen, in Bezug auf die Qualität jedoch nicht immer erreicht werden kann.



Vorwärts wandeln, wiederkehren  
 Und das Rohe neu gestalten,  
 Ordnung in Verwirrung schalten  
 Wird auf Erden immer währen. Tisch

## Die Industrien des Schwefels.

Vorkommen des Schwefels in der Natur, seine Gewinnung und Reinigung. Verwendung. Schwefelblumen, Schwefelmilch. Verbindungen des Schwefels mit Sauerstoff. Schweflige, unterschweflige und Schwefelsäure. Nordhäuser und englische Schwefelsäure und ihre Darstellung. Bleikammerbetrieb. Kammer Säure und ihre Konzentration. Verwendung der Schwefelsäure. — Schwefelleber und Schwefelwasserstoff. Schwefelkohlenstoff, seine Darstellung und Bedeutung für die Industrie. Chlorschwefel.

Der Schwefel ist eines der wenigen Elemente, welche die Natur an gewissen Vertlichkeiten gleich gebiegen, d. h. rein und nicht mit andern Stoffen verbunden, zuweilen selbst in schönen Krystallen darbietet, daher denn auch die Kenntniß und Benutzung desselben bis in die ältesten Zeiten zurückgeht. Die Fundorte des gebiegenen Schwefels liegen vorzugsweise, wenn auch nicht ausnahmslos, in vulkanischen Gegenden, und noch fortwährend sind vulkanische Kräfte thätig, aus dem Erdinnern Schwefel an die Oberwelt zu fördern. Was aus den Kratern und kleinern Rauchlöchern der Vulkane ausströmt, besteht zu einem guten Theil aus einem eigenthümlichen Gas, dem Schwefelwasserstoffgas; findet dieses nahe den Mündungen Hitze und Luft genug, so wird es vollständig zu Wasser und schwefliger Säure ver-

brennen; ist dagegen der Luftzutritt unzureichend, so vollzieht sich die Verbrennung vorzugsweise nur an dem Wasserstoff des Gases, der Schwefel aber scheidet sich in Substanz aus und setzt sich an den kälteren Stellen in Form von Rinden oder Krystallen ab. In mehreren Vulkanen von Mexiko ist diese fortwährende Neubildung von Schwefel so ergiebig, daß sie den dortigen Bedarf zu decken scheint; in Europa dagegen muß sich die Ausbeutung an ältere Lager halten, wo sich der Schwefel in Höhlungen und Klüften kalkiger und thoniger Gesteine abgesetzt hat, tuffartige oder auch erdige Massen durchdringend, daher in den verschiedensten Graden der Reinheit oder Unreinheit vorkommt. Am reichsten an solchen Schwefellagern ist bekanntlich die Insel Sicilien; ja sie bildet für jetzt die einzige Bezugsquelle, welche den ungeheuren Bedarf, wie ihn die heutige Industrie erheischt, nachhaltig zu decken vermag. In einem spätern Jahrhundert wirft sich die Ausbeutung vielleicht auf die jetzt noch unbenutzten Schwefelreichthümer der Insel Island oder auf die bedeutenden Schwefelablagerungen, welche in der Regentschaft Tripolis entdeckt worden sind. Die mächtigsten, freilich für den Seehandel kaum in Betracht kommenden Lager gediegenen Schwefels sollen in dem Vulkanreiche der Andeskette in Südamerika liegen.



Fig. 300.  
Stinkasant (*Narthex Asa foetida*).

in Galizien, Kroatien. Weit verbreiteter aber als in gediegenem Zustande ist der Schwefel in Gesellschaft mit Metallen, in Erzform, worunter die Verbindungen des Schwefels mit Eisen, die Schwefelkiese, am häufigsten sind und fast in jedem Lande vorkommen. Analoge Verbindungen sind Schwefelkupfer oder Kupferglanz, Schwefelblei oder Bleiglanz, Schwefelzink oder Zinkblende u. s. w. Außerdem aber nimmt er als ein Hauptbestandtheil der Schwefelsäure an der Zusammensetzung mancher weitverbreiteter Gesteine großen Antheil, indem er als schwefelsaurer Kalk den Gyps und Anhydrit, als schwefelsaurer Baryt den Schwerpath, als schwefelsaurer Strontian den Cölestin mit bilden hilft, und findet sich in den schwefelsauren Salzen vieler Gewässer auch in gelöstem Zustande sehr häufig.

Daß der Schwefel nicht bloß als todes Mineral existirt, sondern auch im aktiven Naturleben eine wichtige Rolle spielt, sei nur beiläufig bemerkt. Viele Pflanzen verdanken den eigenthümlichen Charakter ihres Geruchs und Geschmacks eben ihrem starken Schwefelgehalt, so die Lauche und Zwiebeln, *Asa foetida*, Senf u. s. w.; in der animalischen Natur enthalten die so wichtigen Proteinsubstanzen das eigentliche Rohmaterial für Blut- und Fleischbildung, einen Antheil Schwefel, der wesentlich zu ihrer

Der sicilische Schwefel findet seinen Hauptabnehmer an England, für dessen Fabrikation er einen der vornehmsten Rohstoffe bildet. Man verwandelt ihn dort im großartigsten Maßstabe in Schwefelsäure, und auf letzterer beruht unmittelbar wieder eine eben so großartige Sodafabrikation. Wie viel den Engländern darauf ankommt, daß ihnen der Bezug des Schwefels nicht verkürzt oder vertheuert werde, sahen wir 1841, wo die neapolitanische Regierung den Schwefel mit einem Ausfuhrzoll belegte und die Engländer ohne Besinnen Kriegsschiffe schickten, welche Neapel nöthigten, seine Zollbude wieder zu schließen. Freilich haben die Engländer schon um viel schlechtere Objekte Krieg angefangen.

In Deutschland kommt gediegener Schwefel nur auf unbedeutenden Lagerstätten vor; mehr findet sich

Chemischen Konstitution gehört, und ein erwachsener Mensch soll dem zu Folge wol an 6 Loth Schwefel unter den Bestandtheilen seines Körpers führen.

Die Gewinnung des Schwefels ist da, wo er in gediegenem Zustande vorkommt, stets sehr einfach und kunstlos. In Sicilien bricht man die Schwefelmassen theils in offenen Gruben, theils gangmäÙig aus den Luffsteinmassen alter Vulkane, sondert die Bruchstücke in reichere und ärmere und schmilzt die ersteren in eisernen Kesseln ein, wobei nur eine zu starke Hitze vermieden werden muß, weil, wenn die Temperatur etwa 150° übersteigt, der Schwefel wieder dickflüssig wird und dann die erwartete Abscheidung der erdigen Unreinheiten nicht erfolgen kann. Nachdem der Kesselinhalt einige Zeit in Fluß erhalten worden, hat sich der größte Theil jener fremden Beimischungen zu Boden gesetzt; man schöpft nun das Flüssige aus und giebt es in nasse hölzerne Formen, wo es zu Blöcken von Rohschwefel erstarrt. Die Bodensätze und das vorher ausgesonderte schwefelärmere Material werden eindringlicher mit Hitze behandelt, so daß der Schwefel in Dampfform abgetrieben wird; d. h. man unterwirft sie, ebenfalls gleich in der Nähe der Gruben, einer rohen Destillation. Der gewöhnliche Apparat hierzu bildet einen liegenden Ofen, in welchem 12—16 krugförmige ThongefäÙe a a Fig. 300 so eingelassen sind, daß ihre Mündungen, die nach gescheneher Füllung fest verschlossen werden, oben herausragen. Die Räume zwischen den Krügen werden mit Holz angefüllt. Am Halse jedes dieser Krüge ist ein abwärts gerichtetes Rohr b eingesetzt, welches in ein ähnliches, außerhalb des Ofens stehendes KruggefäÙ c einmündet. Letzteres bildet die Vorlage, in welcher die durch die Hitze übergetriebenen Dämpfe sich zu flüssigem Schwefel verdichten, der durch ein unteres Rohr d in ein GefäÙ mit Wasser ausfließt.

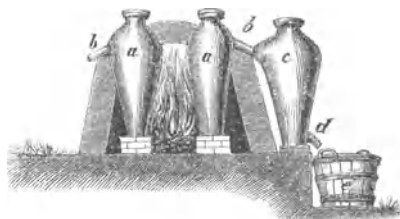


Fig. 301. Destilliren des Schwefels.

Im größern Betriebe wendet man in Sicilien meist eine Ausschmelzmethode an, bei welcher man kein fremdes Brennmaterial braucht, sondern die Hitze dadurch gewinnt, daß man einen Theil des Schwefels der Verbrennung preisgiebt, wobei freilich die Entstehung schwefliger Säure einen lästigen Uebelstand bildet. Auf einer stark abschüssigen, eingeebneten Stelle wird eine Ringmauer von vielleicht 50 Fuß Durchmesser aufgeführt, die nach der Thalseite etwa 20 Fuß, oberhalb wegen des ansteigenden Terrains nur etwa halb so hoch ist. An der tiefsten Stelle des Gemäuers ist ein Ausflußloch, das vorläufig mit einem Gypspfropfen verstopft ist, so daß nur ein paar enge Löcher bleiben, welche zur Untersuchung des Schmelzungszustandes beim Betriebe dienen. In dieser Art von Ofen werden die Schwefelstufen regelmäßig aufgeschichtet, doch so, daß ein kleiner Zwischenraum zwischen ihnen und dem Gemäuer bleibt. Man fährt mit dem Aufbau in Pyramidenform noch ein Stück über die Höhe der Umfassungsmauer fort, deckt schließlich Alles mit Schlacken, die von früheren Bränden übrig sind, und zündet den Ofen oder Meiler an. In Folge des beschränkten Luftzutritts verbrennt natürlich nur ein geringer Theil des Schwefels, während die entwickelte Hitze das Ausschmelzen des übrigen bewirkt. Das Niederschmelzen einer solchen Masse dauert 18—20 Tage, und obwol der Ofen unter den Schutz der Heiligen gestellt ist, wie man nach den vielen frommen Bildern schließen muß, mit denen er behangen wird, so überwachen ihn doch auch menschliche Aufseher Tag und Nacht. Erachtet man endlich die Schmelzung für beendet, so wird der Zapfen gezogen und die Masse dringt dickflüssig und pechschwarz heraus, um in Formen geleitet zu werden, wo sie beim Erkalten ihre Naturfarbe mehr oder weniger wieder annimmt.

Bei der Gewinnung des Schwefels aus Kiesen, wie sie unter anderen in Böhmen und Schlesien betrieben wird, bilden Schwefelkiese das Rohmaterial; früher verbrauchte man, namentlich in England und am Harz, auch Kupferkiese hierzu. Der Schwefelkies ist eine Verbindung von 1 Äquivalent Eisen und 2 Äquivalent Schwefel (Doppelt-Schwefeleisen), in Prozenten 45,74 des ersteren und 54,26 des letztern. Durch Glühhitze läßt sich der einfache Schwefeleisenthail Schwefel abtreiben, es bleibt einfach Schwefeleisen zurück. Bis aber diese mögliche Ausbeute vollständig erlangt wäre, würde der Rückstand geschmolzen sein und dann dessen Ausräumung zu schwierig werden; man treibt daher die Hitze nur bis zum Zusammenfütern des Erzes und die wirkliche Ausbeute beträgt somit auch nur etwa  $\frac{1}{3}$  des ganzen Schwefelgehaltes. Die Bearbeitung der Kiese geschieht ähnlich der der Gasfohlen in thönernen Retorten, die neben einander in einem Glühofen liegen. Die Rückstände heißen Schwefelbrände und geben, wie

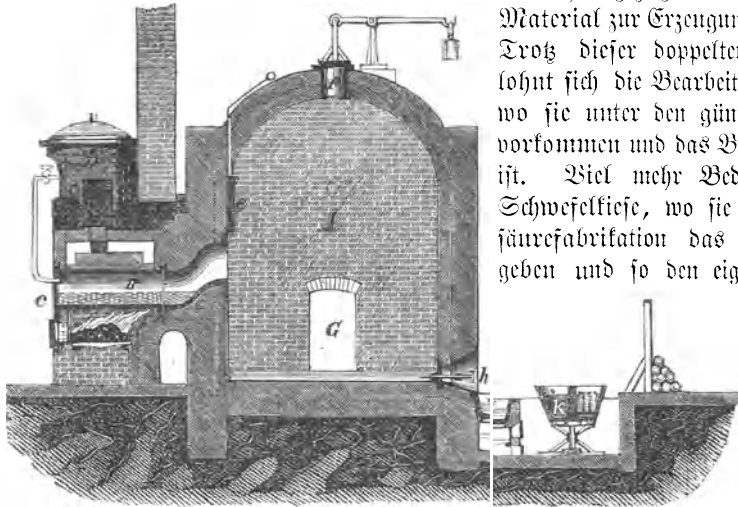


Fig. 302. Raffiniren des Schwefels.

weiterhin gezeigt werden soll, ein gutes Material zur Erzeugung von Eisenvitriol. Trotz dieser doppelten Benutzung verlohnt sich die Bearbeitung der Kiese nur, wo sie unter den günstigsten Umständen vorkommen und das Brennmaterial billig ist. Viel mehr Bedeutung haben die Schwefelkiese, wo sie bei der Schwefelsäurefabrikation das Rohmaterial abgeben und so den eigentlichen Schwefel

ertreten können. Aller so gewonnene Schwefel ist Rohschwefel, welcher für viele Zwecke der Verwendung einer Reinigung, dem Raffiniren, unterworfen

werden muß, das in einer Destillation oder Sublimation besteht. Das Raffiniren sicilischen Schwefels bildet einen besonderen Geschäftszweig, der sich in verschiedenen Seestädten des Mittelmeeres, besonders um Marseille, angesiedelt hat. Die hierzu benutzten Apparate bestehen aus einem oder zwei eisernen liegenden Cylindern (Fig. 302 B), so groß, daß einer 5- bis 600 Pfund Schwefel auf einmal faßt, und einer anstoßenden, von Backsteinen gemauerten Kammer A von der Größe einer mittlern oder großen Stube. Der hintere Theil des Cylinders zieht sich vor seiner Einmündung in die Kammer halsartig nach oben. Wird nun der Schwefel im Cylinders bis zum Sieden erhitzt und darin erhalten, so treten die sich bildenden Dämpfe in die Kammer über und verdichten sich hier, eine niedrige Temperatur in derselben vorausgesetzt, zu dem unter dem Namen Schwefelblumen bekannten feinen Pulver, das sich am Boden der Kammer absetzt. Alles, was nicht der Verflüchtigung fähig ist, kann diese Reise nicht mitmachen, und der übergetriebene Schwefel ist somit frei von allen erdigen Stoffen. Die Bildung von Schwefelblumen findet jederzeit statt, wenn ein Apparat erst angeheizt wird; im weiteren Verlaufe aber nehmen die Kammerwände und die Luft in der Kammer diejenige Temperatur an, bei welcher der Schwefel schmilzt (110°); die Schwefelblumen schmelzen und von diesem Moment an wird nur noch flüssiger Schwefel niedergeschlagen. Diesen zapft man bei h aus der Kammer ab und gießt ihn in Formen,

größtentheils in die bekannte Stangenform. Will man aber ausschließlich Schwefelblumen erzeugen, was mit demselben Apparate geschehen kann, so muß man die Temperatur der Kammer stets unter dem Schmelzpunkte des Schwefels zu erhalten suchen, etwa dadurch, daß man mit Unterbrechungen, d. h. nur bei Tage arbeitet, oder man muß bei fortgesetztem Betriebe eine Kammer von bedeutend größeren Dimensionen anwenden.

Eine sehr zweckmäßige neuere Einrichtung an diesen Apparaten ist ein über der oder den Retorten angebrachter Vorwärmeessel D mit einer Räumlichkeit für 15- bis 1600 Pfund Schwefel. In ihm schmilzt das Material und läutert sich noch einigermaßen durch Absegen, und aus ihm werden die unterliegenden Retorten durch Oeffnung des Hahnes im Verbindungsrohr gespeist, wenn in ihnen der Schwefel zur Reize geht. So wird einestheils Brennstoff gespart, da dieser Vorwärmer durch die abziehende Hitze beheizt wird, und dann noch der wesentliche Vortheil erreicht, daß man die Retorte beschicken kann, ohne sie öffnen zu müssen, was nicht ohne eine schädliche Lufterneuerung in der Kammer geschehen könnte. In dieser verbrennt nämlich, weil sich die Luft nie ganz abschließen läßt, immer etwas Schwefel zu schwefliger Säure, die sich in die Schwefelblumen zieht, wo sie durch Aufnahme von noch mehr Sauerstoff aus der Luft zu Schwefelsäure wird; daher sind die Schwefelblumen des Handels unleidlich sauer, und um sie zu medizinischem Gebrauch geeignet zu machen, muß sie der Apotheker tüchtig mit Wasser auswaschen.

Die Thür G, welche wir an der Abbildung des Raffinirapparates bemerken, wird nur gebraucht, wenn Schwefelblumen herauszuschaffen sind, und ist außerdem dicht geschlossen. Um aber der Luftausdehnung im Innern, welche durch die Hitze bewirkt wird und mit dieser zunimmt, Spielraum zu verschaffen, ist im Deckgewölbe ein ganz leicht gehendes Luftventil angebracht, das die überflüssige Luft herausläßt.

Aus Kiesen abgetriebener Schwefel bedarf, weil er immer arsenikhaltig ist, einer noch gründlicheren Reinigung. Sie kann zwar auch nur auf dem Wege der Sublimation geschehen, wird aber so geleitet, daß die Schwefeldämpfe durch einen längeren kühlen Raum geführt werden, wo sie sich zwar selbst noch nicht kondensiren, wo aber die Dämpfe des Schwefelarseniks zum größten Theile als eine feste Masse, das Operment oder Rauschgelb des Handels, absegen.

Die Benutzung des Schwefels an sich ist schon eine sehr mannichfaltige und zum Theil allbekannte, wie die zu Schwefelfäden und Zündhölzern, zur Pulverfabrikation, zu Feuerwerk und zu Abgüssen, wofür er eins der besten Materialien abgiebt, da er sich beim Erfalten ausdehnt und daher die Kopien sehr scharf wiedergiebt. Aus der bekannten Anwendung als verkittendes Mittel hat sich neuerdings etwas Interessantes entwickelt: man versetzt geschmolzenen Schwefel mit sehr feinem Quarz- oder Glaspulver und gießt daraus große Platten von ziemlicher Härte, die, weil der Schwefel für eine ziemliche Anzahl von chemischen Einwirkungen unempfindlich ist, mit Vortheil gebraucht werden zu Reservoirs, Entwicklungskammern für saure oder ätzende Substanzen, wo sonst Ziegelgemäuer, Sandsteine, Bleiplatten u. s. w. gebraucht werden mußten. Der wichtigen Verwendung des Schwefels zum Vulkanisiren des Kautschuks wird noch besonders Erwähnung gethan werden. Zum medizinischen Gebraucht dient er in Form von Schwefelblumen und Schwefelmilch, welche letztere eben auch nur Schwefel in Form von höchst feiner Vertheilung ist, aber nicht mechanisch verkleinert, sondern solcher, der sich aus Schwefellebern absegt hat, die man durch eine Säure zerlegte. Gepulverter Schwefel ist ferner für die Weinbauer des südlichen Europa bekanntlich ein wahrer Retter aus der Noth geworden, indem er, wie es scheint, das einzige bis jetzt bekannte Mittel ist zur Bekämpfung der verheerenden Traubenkrankheit.

**Verbindungen des Schwefels mit Sauerstoff.** Der Schwefel zeichnet sich durch eine große Verbindungsfähigkeit mit andern Elementen aus und steht hierin dem Sauerstoff fast gleich. Darin besteht zum Theil auch seine große Wichtigkeit für Wissenschaft, Technik und Gewerbe, und wie er selbst, so sind einzelne seiner Verbindungen für den heutigen Stand der Kultur geradezu unentbehrliche Faktoren geworden. Dies gilt vor Allem von der Schwefelsäure. Die ganze heutige Technik würde einen ungeheuern Riß bekommen, wenn dieser Stoff plötzlich einmal nicht mehr zu haben wäre. Die Schwefelsäure, wie uns schon bekannt ist, besteht aus Schwefel und Sauerstoff; fragen wir aber bei der Chemie weiter, so erfahren wir, daß es nicht weniger als sieben verschiedene Verbindungsstufen des Schwefels mit Sauerstoff giebt, die sämmtlich Säuren sind. Von ihnen sind jedoch nur zwei seit langer Zeit bekannt und technisch angewendet, die schweflige und die Schwefelsäure; zu ihnen hat sich in neuerer Zeit noch die unterschweflige Säure gesellt durch die Bedeutung, die ihr Natronjalz in der Photographie erlangt hat.

**Schweflige Säure** ist sicher eines der am leichtesten zu erzeugenden chemischen Präparate, denn man darf nur einen Schwefelfaden anzünden, um sich durch den Geruch vom Auftreten dieses gasförmigen Körpers zu überzeugen. Die Natur bildet

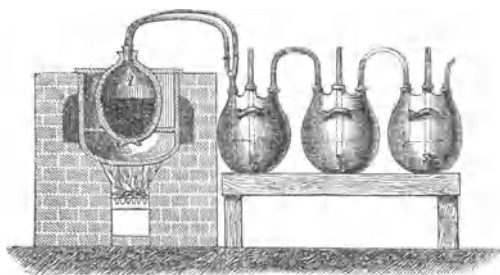


Fig. 303. Apparat zur Herstellung schwefliger Säure.

in Vulkanen durch Verbrennen von Schwefel große Massen dieser Säure; Hüttenwerke, wo Schwefelerze des Bleies, Kupfers, Zinks zum Behuf der Metallgewinnung geröstet werden, jagen davon auch nicht wenig in die Luft, zur großen Belästigung der Nachbarschaft. Zu technischen Zwecken im Großen stellt man sie aber entweder durch Verbrennen von Schwefel her, oder durch Zersetzung von Schwefel-

säure mittels Sauerstoff aufnehmender Substanzen, wie Schwefel, Kupferspäne, Kohle, Sägespäne u. dgl., aus welchem Gemenge man in Retorten die schweflige Säure abdestillirt, und wendet sie entweder gasförmig an oder leitet sie, wie aus der Retorte A in Fig. 303, in Wasser, das etwa das 50fache seines Volumens davon aufnimmt. Uebrigens läßt sich das Gas selbst durch starkes Zusammendrücken und Erkalten in eine tropfbare Flüssigkeit verwandeln.

Der Hauptnutzen der schwefligen Säure liegt in ihrer Bleichkraft; sie entfärbt die meisten pflanzlichen und thierischen Stoffe, wobei aber ihre Wirkung je nach Umständen eine verschiedene ist; denn einestheils zerstört sie Farbstoffe definitiv, in andern Fällen, wo sie sich mit den Farbstoffen geradezu, wenn auch nicht dauernd, verbindet, dunkeln die damit gebleichten Körper allmählig wieder und sehen schließlich wieder aus wie vorher. Eine rothe Rose wird durch Schwefeldampf bekanntlich weiß; durch Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure wird sie wieder roth; die stärkere Säure hat jene vorausgesetzte Verbindung wieder gelöst und die schwächere Säure vertrieben.

Trotz seiner nicht andauernden Wirkung ist das Bleichmittel doch unentbehrlich bei solchen Stoffen, die die Einwirkung des Chlors nicht vertragen oder deren Farbe dem Chlor nicht weicht. Dergleichen sind namentlich Wolle, Seide, Federn, Fischbein, Darmjaiten, Badeschwämme, Strohh- und Korbmacherwaaren u. s. w. Statt der früher gebräuchlichen bekannten Schwefelkisten und Kammern benutzt die heutige Technik häufig die flüssige Bleiche mittels in Wasser aufgefangener schwefliger Säure. Eine solche Bleichflüssigkeit erhält man übrigens auch, wenn man zu einer wässerigen Lösung

von schwefligsaurem Natron eine entsprechende Menge einer stärkeren Säure, etwa Salz- oder Schwefelsäure, mischt; dadurch wird schweflige Säure frei, die sich an das Wasser bindet.

Diese Sauerstoffbegierde der schwefligen Säure, die sich auch noch äußert, wenn die Säure mit irgend einer Basis zu einem Salz verbunden ist, verleiht ihr ferner einen Werth als gährungs- und fäulnißwideriges Mittel. Denn da die Ursache aller Gährung und Fäulniß der Sauerstoff ist, so ist leicht begreiflich, daß ein Stoff, der den Sauerstoff so energisch für sich in Beschlag nimmt, ihn an anderweitiger Bethätigung hindern muß. Hierauf beruht das altgebräuchliche Schwefeln der Weinfässer, um sie durch Zerstörung der etwa im Holze steckenden Fermente gesund zu machen.

Die Bildung schwefligsaurer Salze erfolgt sehr leicht, wenn das Gas mit den betreffenden Basen in Berührung gebracht wird. So erzeugt man schwefligsauren Kalk, indem man schweflige Säuren durch feuchten, frisch gelöschten Kalk leitet, der in Kammern auf Horden ausgebreitet liegt u. s. w.

Die unterschweflige Säure gehört zu denjenigen chemischen Dingen, welche noch Niemand mit Augen gesehen hat; sie kann nicht für sich, sondern nur in Verbindungen existiren. Kocht man schwefligsaure Natronlösung mit Schwefel, so verschwindet ein Antheil des letzteren, und es krystallisirt aus der Flüssigkeit ein neues, in schönen glasigen Krystallen ausschießendes Salz, das eben genannte unterschwefligsaure Natron, welches in der Photographie eine sehr große Rolle spielt. Während die schweflige Säure aus 2 Antheilen Sauerstoff auf 1 Schwefel besteht, enthält die Säure des neuen Salzes die beiden Bestandtheile im Verhältniß von 2:2; wird aber das Salz durch eine stärkere Säure zersetzt, so entwickelt sich nicht unterschweflige, sondern schweflige Säure, während der zweite Schwefelantheil sich in Pulverform abscheidet.

Schwefelsäure entsteht, wenn schwefligsaure Dämpfe mit Feuchtigkeit in Berührung kommen, und dieser Vorgang bewirkt sich in vulkanischen Gegenden unausgesetzt. Aber da die Säure in der Natur meistens Gelegenheit finden wird, sich mit irgend einer Basis zu verbinden, so tritt sie höchst selten im freien Zustande auf; dies geschieht nur in einzelnen vulkanischen Quellen, welche aus kieeligem Gebirge entspringen. Die erste künstliche Darstellungsmethode der Schwefelsäure, nach welcher man dieselbe aus gewissen schwefelsauren Salzen durch Erhitzen derselben frei macht, ist so alt, daß man die Zeit ihres Ursprungs nicht kennt und sie möglicherweise bis auf die Araber zurückzuführen hat. Die Alten trieben den Stoff aus Eisenvitriol oder Alaun ab und nannten ihn wegen seiner Dickflüssigkeit Vitriolöl; seine wahre Natur aber blieb unbekannt, bis ihn Lavoisier als eine Verbindung des Schwefels mit Sauerstoff erkannte. Diese älteste Darstellung der Schwefelsäure besteht in beschränktem Umfange noch heute und das Produkt, das sie liefert, geht unter dem Namen rauchende oder Nordhäuser Schwefelsäure, auch deutsches Vitriolöl. Weit wohlfeiler jedoch produziert man nach der neuern Methode, und ihr Produkt, die sogenannte englische Schwefelsäure, ist eben dasjenige, welches in der Gegenwart in so ungeheuern Massen erzeugt und verbraucht wird. Beide Säuren, die Nordhäuser und die englische, sind in ihrer Beschaffenheit nicht ganz gleich und auf dieser Verschiedenheit beruht es eben, daß die alte Methode sich neben der neuen noch halten kann, wenn auch nur wie ein Zwerglein gegen einen Riesen. Die rauchende Schwefelsäure hat außer dem Vortheil, daß sie von den Verunreinigungen, welche die englische begleiten, größtentheils frei ist, das Eigenthümliche, daß sie in Folge der Art ihrer Zubereitung eine Quantität wasserfreie Säure in Mischung enthält. In dieser Beschaffenheit aber ist sie besonders geeignet zur Auflösung des Indigo, und dieser eine Nutzen ist wichtig genug, um dem Nordhäuser Vitriolöl die fortdauernde Existenz zu sichern.



Die wasserfreie Säure, an sich blos aus 1 Theil Schwefel und 3 Sauerstoff bestehend, ist ein eigenthümliches Ding; sie ist ein weißer, asbestähnlicher, krystallisirter Körper, der sich wie Wachs kneten läßt; sie verflüchtigt sich aber sehr rasch und bildet dann sauer riechende Dämpfe. Die wasserfreie Säure selbst hat merkwürdigerweise gar keine sauren Eigenschaften; erst in ihrer Verbindung mit Wasser bildet sie die energisch zerstörende und lösende Flüssigkeit, als die sie schon im gemeinen Leben bekannt ist. Ihre Neigung aber, sich mit Wasser zu verbinden, ist so stark, daß sie, wenn auf Wasser geworfen, wie glühendes Eisen zischt; ja wenn die Menge Wasser gering ist, so entsteht Feuererscheinung und Explosion, da die ganze Flüssigkeit sich dann in Folge der entstehenden großen Hitze plötzlich in Dampf verwandelt. Die konzentrirte Schwefelsäure, das Schwefelsäurehydrat, enthält also eine gewisse Quantität Wasser (9 Wasser auf 40 Säure), das zu ihrem Bestehen nothwendig ist und das sie sich auch durch Destilliren nicht nehmen läßt, denn sie geht dabei unverändert über. Mit dieser Wassermenge ist aber ihr Verlangen noch nicht gestillt, sie hat selbst in verdünnterem Zustande noch sehr große Verwandtschaft zum Wasser und zeigt dies dadurch, daß sie beim Vermischen damit bedeutende Hitze zu entwickeln vermag. In der rauchenden Säure haben wir ein Gemenge von konzentrirter Säure mit wasserfreier, für welche in der Flüssigkeit gar kein Hydratwasser vorhanden ist, welche also ihr flüchtiges Wesen noch nicht eingebüßt hat und dasselbe geltend macht, so oft sie mit der Luft in Berührung kommt. Wir sehen dann die Säure rauchen oder richtiger dampfen.

Die Fabrikation der rauchenden Schwefelsäure aus Eisenvitriol, früher das allgemeine Verfahren, wird nur noch in wenigen Lokalitäten, in sogenannten Vitriolbrennereien, betrieben; am stärksten noch in Böhmen, außerdem hier und da im Erzgebirge, Schlesien, am Harz und am Niederrhein. Das Rohmaterial bilden vorzugsweise die Abgänge (Mutterlauge), die bei der Krystallisation des Vitriols übrig bleiben. Durch Eindampfen derselben in Pfannen erhält man sogenannten Vitriolstein, welchen man behufs der Abtreibung der Säure einer Destillation in Thonretorten, welche in einem sogenannten Galeerenofen liegen, unterwirft. Ein solcher Ofen bildet einen langen Feuerkanal, in welchen die Retorten derart eingepaßt sind, daß sie mit den Häfen über die Wandung herausstehen. Da die Retorten auf beiden Seiten und meist in mehreren Reihen über einander angebracht sind, so giebt dies, wenn man sich die frugförmigen thönernen Vorlagen an die Retortenhälse angelegt denkt, das entfernte Bild eines Ruderschiffes, daher der Name dieser in verschiedenen Zweigen der Technik wiederkehrenden Apparate. Jede Retorte wird mit etwa 30 Pfund trockener Masse besetzt. In der ersten Zeit des Feuerns entwickeln sich nur saure wässrige Dämpfe und schweflige Säure, die man nicht auffängt; sobald aber die kennbaren Nebel der wasserfreien Säure sich zu zeigen anfangen, werden die Vorlagen angefettet. Die Vorlagen enthalten nach dem alten Verfahren ein wenig Wasser, in dem die sauren Dämpfe sich niederschlagen; die Feuerung wird etwa 36 Stunden lang und zuletzt bis zum Weißglühen fortgesetzt; die ganze Operation, nämlich das Füllen und Glühen, wird aber, nachdem man jedesmal den Ofen 12 Stunden hat verkühlen lassen, noch drei- bis viermal wiederholt, wobei immer die nämlichen Vorlagen mit ihrem Inhalte wieder angelegt werden; dies ist nöthig, um die Säure in der gewünschten Stärke zu erhalten. Rascher kommt man aber zum Ziele, wenn man, behufs der Absorption der Säure, in die Vorlagen statt Wasser englische Schwefelsäure bringt. Hierbei bekommt man freilich die Verunreinigungen der englischen Schwefelsäure mit in den Kauf. Der Destillationsrückstand ist Eisenozhd, das unter verschiedenen Namen, wie caput mortuum, Colcothar, Polirroth u. s. w., im Handel bekannt ist. 100 Theile

Bitriolstein geben 47—50 Theile Bitriolöl. Dieses ist immer braun gefärbt, während die englische Schwefelsäure von Haus aus farblos ist. Da aber schon ein kleines Partikelchen von Kork oder einer andern organischen Substanz, wenn es in die Flasche geräth, hinreicht, indem es verkohlt, eine große Quantität Säure zu bräunen, so kann die Farbe für die Güte der Säure kein Merkmal sein.

Saures schwefelsaures Natron, das bei der Darstellung der Salpetersäure aus Chilisalpeter als Rückstand abfällt, giebt in der Glühhitze ebenfalls wasserfreie Säure aus, und man hat angefangen, dasselbe in ähnlicher Weise wie das Eisenvitriol auszunutzen.

Die Fabrikation der englischen Schwefelsäure, welche wir nun zu betrachten haben, ist ein viel bedeutenderer Industriezweig. Der Beiname „englische“ hat heutzutage, wo jedes Gewerbsland sich seinen Bedarf selbst bereitet, nur noch den Sinn, daß die Fabrikation in England ihren Ursprung genommen hat. Es hat aber dieser Zweig der Technik eine lange Schule durchzumachen gehabt, bis er zu derjenigen Ausbildung gelangte, in der wir ihn heute sehen, wo eine weitere Vervollkommnung nicht möglich erscheint, denn es wird in der heutigen Praxis von einer gegebenen Menge Schwefel fast ganz diejenige Menge Säure gewonnen, welche der chemischen Rechnung nach herauskommen muß, während bei der frühern rohen Verfahrungsweise die Ausbeute weit geringer ausfiel.

Die Aufgabe der Fabrikation besteht also, wie schon gesagt, zunächst in der Erzeugung von schwefliger Säure durch Verbrennen von Schwefel und sodann in Hinzufügung eines weiteren Antheils von Sauerstoff. Das Ziel ist immer nur in zwei Schritten zu erreichen, denn selbst beim Verbrennen von Schwefel in reinem Sauerstoff entsteht nur schweflige Säure. Nun ist die letztere zwar sehr begierig nach dem weitem Antheil Sauerstoff und nimmt ihn schon aus feuchter Luft auf, aber für praktische Zwecke viel zu langsam; viel rascher geht es bei Gegenwart von Salpetersäure und die dabei auftretenden Erscheinungen, von denen bald die Rede sein wird, bilden eines der merkwürdigsten Beispiele chemischer Metamorphosen.

Daß man durch Verbrennen von Schwefel unter einer innen mit Wasser benetzten Glasglocke etwas Schwefelsäure erhält, ist eine sehr alte Erfahrung, und diese mühsame Darstellung war in der That einst einigermaßen in Uebung, denn die so erzeugte schwache Säure wurde für etwas ganz Besonderes gehalten und unter dem Namen Schwefelgeist sehr theuer verkauft. Erst etwa um 1700 scheint man angefangen zu haben, dem Schwefel Salpeter beizumischen; es sollte dadurch nur das Fortbrennen befördert werden, aber unverhofft erhielt man dabei eine größere Ausbeute an Säure, und es entstand daraufhin bei London die erste Schwefelsäurefabrik, von Ward gegründet. Der Artikel wurde nun marktgängiger; die Preise sanken von einer enormen Höhe so weit, daß sie nur noch das Acht- bis Zehnfache der heutigen betrug.

Bei Ward's Methode wurde mit dem Schwefel gleichzeitig Salpeter verbrannt, die Dämpfe leitete man in große Glasballons, in denen etwas Wasser vorgeschlagen war. Roebuck in Birmingham ersetzte die Glasballons durch große, aus Bleiplatten zusammengefügte Kästen, weil dies Metall von der Säure sehr wenig angegriffen wird.

Im Laufe der Zeit ließ man die Verbrennung in einem Ofen kontinuierlich fortgehen und gelangte zu dem wesentlichen Fortschritte, Wasserdampf einzuleiten, das unbenutzte Salpetergas aufzufangen und zur Wiedervernützung zurückzuführen, und durch fortgesetzte Versuche näherte man sich endlich der gleich zu beschreibenden Fabrikationsweise, welche durch die Einführung der Platingefäße auf die Höhe der heutigen Massenproduktion geführt wurde.

Wenn auch hier und da etwas abweichend betrieben, umfaßt also das jetzt gebräuch-

liche Verfahren immer folgende Operationen: 1) Verbrennen des Schwefels; 2) die Zuführung von Salpetersäure und die Reaktion der daraus entstehenden Gasarten im Verein mit atmosphärischer Luft und Wasserdampf in den Bleikammern und die resultirende Bildung der Schwefelsäure; 3) Wiedergewinnung der Salpetergase; 4) Konzentration der erzeugten Schwefelsäure.

Der Verbrennungssofen für den Schwefel befindet sich an dem einen Ende des Apparates, der, möge er aus einer einzigen langen Kammer oder, wie gewöhnlicher, aus mehreren durch Röhren verbundenen Abtheilungen bestehen, immer einen kontinuierlichen Hohlraum bildet, welcher am andern Ende einen Schlot hat, durch welchen der nöthige Zug zum Durchgang der Gase durch das Ganze erzeugt wird. Indem nun der Schwefel, um bei diesem ersten Rohstoff für jetzt stehen zu bleiben, in dem Ofen auf anfänglich von unten erhitzten eisernen Pfannen brennt, hat man durch Schieber in der Ofenthür den Luftzutritt dergestalt geregelt, daß nicht allein das zur Unterhaltung des Brennens nöthige Luftquantum, sondern ein größeres zuströmen kann; der Ueberschuß erleidet natürlich keine Veränderung, und so gelangen aus dem Ofen zwei der nöthigen Stoffe, schweflige Säure und Luft, gleichzeitig und in Vermischung in die Bleikammern. Es werden aber noch zwei andere Mitarbeiter gebraucht, nämlich Wasserdämpfe und Dämpfe von Salpetersäure. Zur Beschaffung der erstern dient ein kleiner Dampfkessel, der seine Röhren in die verschiedenen Abtheilungen des Apparates sendet. Die eindringenden Dampfstrahlen üben zugleich eine mechanische Wirkung mit aus, indem sie den Zug in den Kammer befördern. Was endlich die salpetersäuren Gase betrifft, so hat man für deren Einbringung verschiedene Wege. Die älteste Art ist wie gesagt die, daß man dem Schwefel gleich eine entsprechende Menge Salpeter beimischt, wo dann mit der schwefligen Säure zugleich Stickoxyd in die Kammer gelangt. Das war jedoch mit mancherlei Unbequemlichkeit behaftet, und nachdem verschiedene andere Verfahren vorgeschlagen und probirt worden waren, blieb man endlich dabei stehen, fertige Salpetersäure von außen in einem dünnen Strahle in die erste Kammer, auf einen oder zwei Sätze über einander stehender Porzellan-schalen zu leiten, über die sie kastadenartig herabrinnt und sich dadurch über eine ziemlich große Oberfläche dünn ausbreitet, was die chemischen Wirkungen natürlich erleichtern muß. Dies Verfahren ist bis heute im Ganzen wenig verändert worden. Daß in diesem letzten Falle Salpetersäure, in dem ersterwähnten Stickoxyd in den Betrieb eingeführt wird, läuft für die Praxis auf Eins hinaus, denn die Salpetersäure als solche kann sich doch beim Zusammentritt mit schwefliger Säure keinen Augenblick erhalten, sie muß einen Antheil ihres Sauerstoffes an diese abgeben, die eben dadurch zu Schwefelsäure wird; was von ihr übrig bleibt, ist salpetrige Säure, welche aber unter den gegebenen Umständen auch nicht fortbestehen kann, sondern durch die vorhandenen Wasserdämpfe veranlaßt wird, sich alsbald in zwei Theile zu spalten, wovon die erstere wieder Salpetersäure, die andere Stickstoffoxyd ist, ein Gas, das nur 2 Äquivalent Sauerstoff auf 1 Stickstoff enthält, während die salpetrige Säure dieser Theile 3, die Salpetersäure aber 5 hat. Das farblose Stickstoffoxyd hat aber die stärkste Tendenz, sich auf Kosten der Luft um eine Stufe höher zu oxydiren, und die rothbraunen Dämpfe, welche sich beim Auflösen von irgendetwas einem Metall in Salpetersäure aus dieser letzteren entwickeln, sind im Ursprunge, im Momente ihrer Entstehung auch Stickstoffgas gewesen, das sich nur durch den Sauerstoff der Luft höher oxydirt hat.

Keines der drei Salpetergase, Salpetersäure, salpetrige Säure und Stickoxydgas, kann nach dem Vorgefagten unter den gegebenen Umständen bestehen; sie müssen im raschen Wechsel in einander übergehen, und das Resultat in den Bleikammern ist: Entziehen

des Sauerstoffes aus der immer mit zugeführten Luft und Abgabe desselben an die schweflige Säure, die hierdurch zur Schwefelsäure wird. Sonach verrichtet die Salpetersäure gewissermaßen Handlangerdienste, indem sie Sauerstoff nimmt und weiter giebt, und büßt bei dieser Arbeit an ihrer Substanz nichts ein. Eine geringe Quantität Säure müßte daher eigentlich auch zu einem immerwährenden Fabrikationsprozesse genügend sein, denn die chemische Kraft erlahmt nicht; aber dies wäre nur denkbar, wenn statt der Luft reines Sauerstoffgas in Anwendung genommen würde. Die Luft aber ist nur zu etwa  $\frac{1}{5}$  brauchbar, das Uebrige — Stickstoff — muß als unnützer Ballast aus dem Apparate wieder entlassen werden, und hierbei entweicht auch ein Theil der Salpetergase mit, und ein successiver Wiederersatz wird dadurch nöthig. Uebrigens haben jetzt die meisten Apparate eine Vorrichtung, durch welche ein guter Theil dieser nützlichen Stoffe wieder eingefangen und dem Vertriebe zugeführt wird.

Nach dem Vorhergehenden wird es nur noch einer kurzen Erläuterung der Abbildung Fig. 304 bedürfen, welche die jetzt gewöhnliche Einrichtung des ganzen Apparates darstellt. Die Bleikammern, die man eher Säle nennen könnte, denn die mittlere und die Hauptkammer kann bis 100 Fuß Länge bei

Fuß Höhe messen — und aus gewalzten Bleipatten zusammengesetzt und in einem starken Holzbau

aufgehängt. Unten stehen sie nicht auf, sondern lassen einen Zwischenraum zwischen sich und dem mit aufgebogenen Rändern versehenen Boden. Den Verschluss bildet die gleich Anfangs hier aufgegoßene Flüssigkeit (schwache Schwefelsäure). Links unten bei D und E liegt in zwei Abtheilungen der Schwefelbrennofen, der zugleich den Dampfkessel mit heizt; manchmal ist noch ein Reservedampfkessel vorhanden. In der

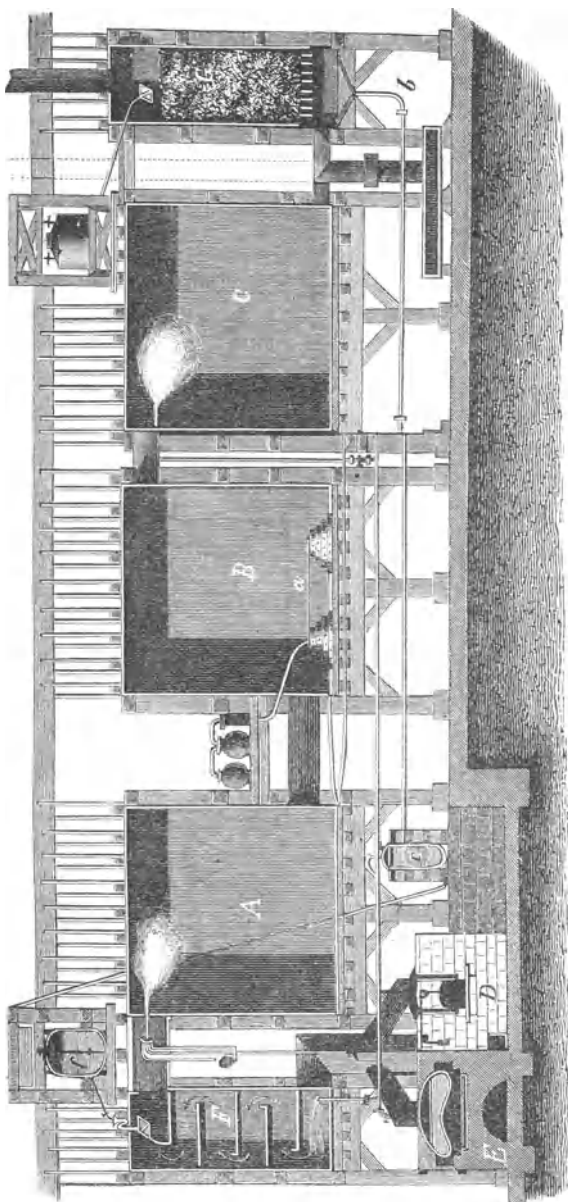


Fig. 304. Apparat für die fabrikmäßige Erzeugung der Schwefelsäure.

ersten schmalen Abtheilung K des Apparates, deren staffelförmiges Innere später zu erklären ist, steigen die Dämpfe der durch den verbrannten Schwefel erzeugten schwefligen Säure auf und gehen von oben rechts in die erste Kammer; ein starker Dampfstrom weist ihnen den Weg und fördert den Zug, reißt auch durch ein Rohr, das sich nach außen öffnet, noch mehr Luft in's Innere von A. In dieser Abtheilung vollzieht sich also hauptsächlich die Mischung von schwefliger Säure, Luft und Wasserdampf. In der folgenden, B, wird die Salpetersäure auf ihren Vertheilungsapparat geleitet und zerlegt sich. Die schon hier, wie in jeder Kammer, am Boden sich sammelnde Schwefelsäure ist aber wegen dieser Nachbarschaft stark mit salpetriger Säure gemischt; sie wird also zunächst wieder zurück nach links in die vorhergehende Kammer begleitet, wo sie diesen fremden Bestandtheil größtentheils ansaugt und dieser gleich wieder mit dem ankommenden Gasgemisch in Wechselwirkung tritt. In der großen Kammer C vollzieht sich der hauptsächlichste Theil der Säurebildung, und hier wird auch der meiste Dampf eingelassen. In einer gewöhnlich noch folgenden Abtheilung bildet sich zwar aus den bisher unverbundenen Resten noch etwas Säure, aber bis zur gänzlichen Erschöpfung kommt es auch hier nicht. Um daher die noch unbenutzt gebliebenen Salpetergase möglichst zurückzuhalten, läßt man

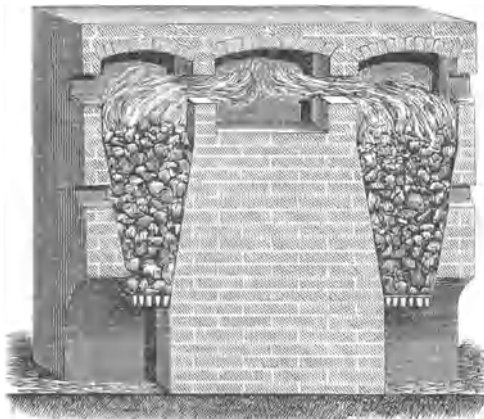


Fig. 205. Bearbeiten der Schwefelsteine auf Schwefelsäure.

das Gas- und Dampfgemisch, nachdem es durch einen flachen bleiernen Kühlkasten b gegangen, und bevor es durch den Schlot entweicht, durch eine Schicht Koaks G treten, welche aus einem höher stehenden Gefäß fortwährend mit konzentrierter Schwefelsäure durchtränkt werden. Im konzentrierten Zustande hat nämlich diese Säure eine große Fähigkeit, salpetrige Säure und Stickoxyd einzuschlucken, und dies sind eben die Flüchtlinge, die hier arretirt werden sollen. Die damit beladene Säure sammelt sich unterhalb der Koaks und fließt in einem Bleirohr nach dem andern Ende des Apparates, wo sie in dem Gefäß e ein einseitiges Unter-

ommen findet. Von Zeit zu Zeit wird sie von hier entleert, indem durch eine Hahnvorrichtung der Rückweg gesperrt und ein Dampfweg aus dem Kessel geöffnet wird. Der Dampfdruck treibt die Säure durch das schräge Steigrohr in das Gefäß f und von hier läßt man sie weiter in der ersten Vorkammer herniederrinnen, wo sie den aus Bleiplatten bestehenden Stufenweg verfolgen muß. Ein unten stehendes kleines Dampfrohr schiebt ihr immerfort seine Wasserdämpfe entgegen, welche sie begierig verschluckt und sich dadurch verdünnt. In Folge dieser Verdünnung verliert sie die Haltkraft für die salpetrigen Dämpfe: diese scheiden aus, um zugleich mit den aus dem Ofen kommenden schwefligsauren Dämpfen in die Circulation wieder einzutreten, während die Säure in das Reservoir der Hauptbleikammer geht. Diese Einfangvorrichtung ist wirksam genug, so daß man jetzt mit dreimal weniger Salpetersäure auskommt als früher. Bei der besten Vertheilung bedarf man jetzt nur 4—5 Theile Salpetersäure, um 100 Theile Schwefel in Schwefelsäure zu verwandeln.

Das andere Rohmaterial für Schwefelsäure, der Schwefelstein, findet da Anwendung, wo er häufig und wechselfel, etwa zu  $\frac{1}{4}$  der Schwefelvertheilung zu haben ist: in Deutschland, namentlich am Harz und in Böhmen, sonst in Belgien und auch noch in England. Es eignen sich nicht alle, vorzüglich nicht die erdartigen, sondern nur dichte,

erzartige Kiese, die für sich selbst immer fortzubrennen vermögen, wenn sie einmal in Brand gekommen sind. Die hierzu gebrauchten Oefen, an welche sich dann die Bleikammern in der uns bekannten Einrichtung anschließen, werden durch die Durchschnittsabbildung (Fig. 306) dargestellt. Zwei Schachträume, die unten nur durch Roststäbe geschlossen sind, haben an der Seite noch zwei Oeffnungen, deren obere zum Nachfüllen der Kiese dient und nur bei Bedarf geöffnet wird. Die untere Oeffnung dient zur Regulirung des Luftzutritts, falls am Rost nicht genug Luft eintreten kann. Die aus beiden Schächten aufsteigende schweflige Säure begiebt sich in einen Mittelkanal, der sie in die Bleikammern leitet. Die nöthige Salpetersäure wird hier so erzeugt, daß auf einem kleinen eisernen Karren eine Pfanne mit Salpeter, welchem Schwefelsäure beigemischt ist, in diesen Mittelkanal eingeführt wird. Der Schwefel treibt, indem er verbrennt und als Schwefelsäure sich mit dem Kali verbindet, die Salpetersäure aus. Die anfängliche Beschickung geschieht mit Roaks; sind diese gehörig zusammengebrannt, so beginnt man Kiese nachzufüllen, und da die abgerösteten Schwefelbrände unten herausgezogen werden, so kann der Betrieb ununterbrochen fortgehen, so lange der Ofen aushält.

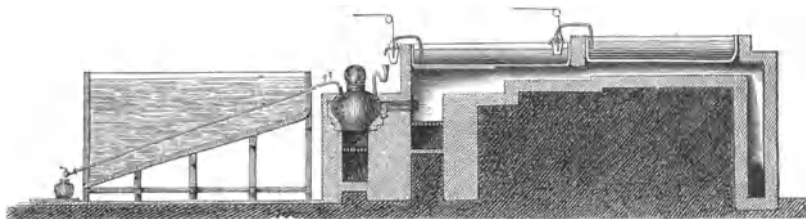


Fig. 306. Apparat zur Konzentration der Schwefelsäure.

Da die auf solche Weise hergestellte Säure, eines nicht zu vermeidenden, aus den Erzen herrührenden Arsenikgehaltes wegen, zu vielen Zwecken nicht zulässig ist, so nimmt man eine solche Fabrikation auch in der Regel nur da vor, wo die Säure in den Fabriken selbst gleich weiter zur Sodafabrikation benutzt wird und diese Verunreinigung nichts schadet, indem der giftige Stoff schließlich in die Abgänge gelangt.

In dem Bodensatz, der sich in den Bleikammern absetzt, hat man ein dem Schwefel ähnliches und häufig in denselben Erzen vorkommendes Element, das Selenium entdeckt, das indessen, wie so mancher der 62 Grundstoffe, für die Praxis zur Zeit noch von keiner Bedeutung geworden ist. Die in den Bleikammern erzeugte Säure heißt Kammerensäure; sie sammelt sich in dem Bodenkasten der Hauptkammer an, weil diese am tiefsten liegt und alle übrigen Kästen durch Ueberlaufen ihr Erzeugniß dahin abgeben. Die Kammerensäure hat eine Stärke von durchschnittlich 47—48° Baumé und ist für viele Fabrikationszweige stark genug; die für den Handel bestimmte Säure muß dagegen noch zu größerer Konzentration eingedampft werden, wobei eine Reinigung von der fast immer noch darin enthaltenen salpetrigen und Salpetersäure erfolgt. Das Eindampfen geschieht in flachen bleiernen Pfannen, welche an die Kühlschiffe der Brauer erinnern, denn sie messen in der Breite 5—8 Fuß und das Vierfache in der Länge. Man bringt zwei, wie es die Fig. 306 zeigt, auch drei oder vier Abdampfpfannen neben einander an und zwar so, daß die am weitesten vom Feuer entfernte am höchsten, jede folgende etwas tiefer steht. In jeder der von unten beheizten Pfannen befindet sich Säure; die in der tiefsten Pfanne befindliche hat vorher alle höheren Pfannen passirt und in jeder einige Stunden gekocht. Ist sie stark genug, so wird sie abgelassen und die leere Pfanne empfängt den Inhalt der zuerst über ihr stehenden, welche sich wieder aus der folgenden füllt oder, sofern keine weitere vorhanden, mit roher Säure beschickt wird. So geht die ganze Abdampfarbeit ohne

Unterbrechung fort. In manchen Fabriken dient die oberste Pfanne nicht zum Abdampfen, sondern zu der oben erwähnten Reinigung von dem salpetrigen Gase. Sie ist zu dem Ende kastenähnlich mit einem eintauchenden Bleideckel geschlossen; ein Rohr kommt vom Schwefelofen her und sendet schwefligsaures Gas in den geschlossenen Raum, welches über der Oberfläche der erwärmten Säure durch Zwischenwände streicht und die Salpeter- und salpetrige Säure reduziert. Ein zweites Rohr führt die schweflige Säure in Begleitung des entstandenen oder verdrängten Stickgases in die erste Bleikammer zurück. Andere Fabriken ziehen vor, durch chemische Zusätze (schwefelsaures Ammoniak u. dgl.), die in die Pfannen gegeben werden, jene Zwecke zu erreichen. Oft genug ist aber die Reinigung sehr unvollständig und eben wegen des Salpetersäuregehalts, den man in jeder englischen Schwefelsäure vermuthen muß, nimmt man sie nicht zur Lösung von Indigo, denn die Salpetersäure zerstört den blauen Farbstoff, indem es ihn in eine gelbe Verbindung umwandelt.

Die Erhitzung der Abdampfpfannen geschieht meistens von demselben Feuer aus, welches den bald zu erwähnenden Platinkessel und zwar diesen in nächster Nähe beheizt. Es dürfen aber natürlich die Böden der bleiernen Pfannen nicht mit der unter ihnen hinziehenden Feuerluft in direkte Berührung kommen; man schützt sie daher an den heißesten Stellen durch eine Lage stärkerer Ziegel, während man weiterhin schwächere und zuletzt Eisenplatten anbringt, so daß die Hitze möglichst gleichmäßig über die ganze Abdampfungsfläche vertheilt wird.

Auf den Pfannen verliert die Säure so viel Wasser, daß sie schließlich an der Baumé'schen Sentwage 60 Grad zeigt. Sie ist hiermit für Bleicher, Färber und fast alle technischen Zwecke vollkommen brauchbar, aber merkwürdigerweise wird sie für den Handel meistens noch stärker verlangt, obgleich sie beim Gebrauch für die meisten Zwecke wieder bedeutend verdünnt werden muß. Man treibt also die Konzentration bis auf 66 Grad; aber hierzu gehören andere Mittel, welche gerade diesen letzten Theil der Fabrikation zu dem kostspieligsten machen. Je stärker nämlich die Säure wird, desto mehr Hitze ist erforderlich, um sie im Sieden zu erhalten. Von 60 Grad aufwärts ist der nöthige Hitzeegrad ein so hoher, daß er dem Schmelzpunkte des Bleies sehr nahe kommt; mithin können die Bleipfannen nicht weiter dienen und es wird nun eine Destillirblase von Platin nothwendig; eine solche ist jedoch ein theures Möbel, denn sie kostet je nach ihrer Räumlichkeit, je nachdem sie 500—2000 Pfund Säure faßt, 10—25,000 Thaler. Eine Fabrik, die täglich 80 Centner konzentrirte Säure liefert, hat für die Blase und einige Nebentheile, Rohre, Stüpfel u. s. w., die ebenfalls von Platin sein müssen, allein circa 20,000 Thaler aufzuwenden. Die Zinsen hierfür und der starke Brennstoffaufwand machen also einen bedeutenden Anfsatz in der Kostenrechnung. Früher führte man den Betrieb mit gläsernen, in Sand gelegten Retorten; hierbei war man begreiflich keinen Augenblick vor der Gefahr des Zerspringens sicher, und es läßt sich denken, daß, wenn ein Sprung so unglücklich ausfällt, daß die Säure in die heißen Umgebungen ausfließt, den Arbeitern zunächst nichts übrig bleibt, als sich vor den bössartigen Dämpfen in's Freie zu retten. Bei Platinblasen fällt die Gefahr des Springens weg, doch erfordert sie ebenfalls eine gute Abwartung, um nicht rasch zu verschlechtern und brüchig zu werden. Man setzt sie gewöhnlich in einen gußeisernen Mantel. Soll ein Platinkessel sich gut halten, so darf er nicht stark wechselnden Temperaturen ausgesetzt werden; deswegen führt man gern einen kontinuierlichen Betrieb, der auch schon geboten ist, um das Anlagekapital möglichst zu nutzen. Aus der untersten Bleipfanne wird die heiße Säure durch einen Heber in die Blase gelassen, die etwa zu  $\frac{2}{3}$  gefüllt wird. Von dem Helm der Blase geht ein Bleirohr ab, das in Schlangenwindungen in dem vorgeschlagenen Kühlwasser liegt.

Anfänglich geht schwachsaures, dann immer stärker gesäuertes Wasser oder verdünnte Säure ab, die man wieder auf die Pfannen giebt. Wollte man die Konzentration auf's Aeußerste treiben, so müßte man so lange fortfahren, bis das Uebergehende eben so stark wäre wie das in der Blase Befindliche; man bricht aber in der Regel früher ab und bleibt bei 66° stehen, was die gewöhnliche konzentrirte Säure, nämlich 1 Antheil reine Säure mit 2 Theilen Wasser, giebt. Das Merkmal hierfür ist gegeben, wenn man an den herausgezogenen Proben sieht, daß die vorher braune Flüssigkeit ganz farblos geworden ist. Sie wird nun durch einen langen bleiernen Heber, der immer an seiner Stelle bleibt und im Kühlwasser liegt, in die Ballons abgelassen, in denen sie in den Handel kommt. Manche Fabriken erzeugen nebenbei auch Eisenvitriol und verwerthen dadurch die Säure, welche in den ersten Abdampfwässern mit fortgeht, bis dieselben gehaltreich genug sind, um wieder auf die Pfannen zurückgegeben zu werden. Man gießt die sauren Wässer auf altes Eisen, erhitzt sie durch eingelassenen Dampf und leitet, wenn die Säure sich mit Eisen gesättigt hat, die Auflösung in hölzerne Kästen, wo in einigen Tagen das Salz herauskrystallisirt.

**Verwendung der Schwefelsäure.** Die Schwefelsäure spielt in vielen technischen Fällen gleichsam die Rolle eines Werkzeuges, indem sie zur Anfertigung anderer Produkte dient. Ihre große und vielseitige Anwendbarkeit aber beruht einestheils darauf, daß sie bei ihrer Wohlfeilheit zugleich die stärkste Säure ist, die jede andere Säure aus ihren Verbindungen verdrängt, andernteils auf ihren speziellen Eigenschaften. In ersterem Sinne wirkt sie z. B., wenn sie gebraucht wird, um aus Kochsalz die Salzsäure, aus Salpeter die Salpetersäure zu scheiden, wenn sie im Knochenmehl die Phosphorsäure auf einen halb so großen Raum drängt und zugleich diesen Stoff löslich macht. In gleicher Weise dient sie zur Bereitung des Chlors und Chlorkalkes, der Essig- und Weinsäure, zur Freimachung der Kohlenensäure aus Kalk u. s. w. Als Auflösungsmittel der Metalle und als Bildner einer großen Anzahl von Salzen ist die Schwefelsäure nicht minder wichtig; wir begegnen ihr im Eisen-, Kupfer- und Zinkvitriol, im schwefelsauren Ammonik, im Glaubersalz, Alaun und Gyps. Auch in den wirthschaftlichen Gebrauch hat sich die Säure eingeführt, namentlich als Putzmittel für Metalle, wobei eben ihre oxydauflösende Kraft in Anspruch genommen wird. Viele Leser werden sie daher aus Erfahrung als einen sehr ägenden, Alles zerfressenden Stoff kennen. Aber dieser Zerstörungssinn ist keineswegs ein so regelloser, als es scheinen könnte; die energischen Wirkungen, welche die Säure auf organische Stoffe, d. h. auf solche von thierischem und pflanzlichem Ursprung ausübt, sind vielmehr mannichfacher Verwendung fähig, zumal da sie sich je nach dem Verdünnungsgrade der Säure noch verschieden äußern. In vielen Fällen lassen sich diese Wirkungen erklären aus der starken Verwandtschaft der Säure zum Wasser, so die Verkohlung des Holzes, Zuckers u. s. w. Zieht man von den Elementarbestandtheilen des Zuckers die Elemente des Wassers ab, so bleibt eben nichts als Kohle übrig. Ebenso verwandelt sie, wenn sie in konzentrirtem Zustande mit Alkohol zusammen erhitzt wird, denselben, indem sie ihm die Elemente eines Atomes Wassers entzieht, in Schwefeläther um u. s. w.

Da nicht alle organischen Stoffe gleich stark von der Säure angegriffen werden, so dient sie mit Vortheil zur Unterscheidung der Baumwolle von Leinen in Geweben, denn die Leinenfäden setzen ihr einen größeren Widerstand entgegen als Baumwolle. Reine Fettstoffe sind auch schwer angreifbar, und darauf gründet sich der nicht unwichtige Industriezweig der Delraffinerie. Die dem Del zugemischte Säure verkohlt nur die fremden Stoffe im Del und bringt sie zum Absetzen, während sie selbst schließlich durch Wasser aus dem Del wieder herausgewaschen wird. Im verdünnteren Zustande der Säure erscheinen dergleichen Wirkungen nicht mehr wie Zerstörungen, sondern als



bloße Umänderungen. Ein interessantes hierher gehöriges Beispiel giebt die Verwandlung der Stärke in Stärkezucker. Ein wenig Schwefelsäure zu dem Wasser gesetzt, womit die Stärke erhitzt wird, verwandelt den Kleister erst in Dextrin und nachgehends in Zuckerslösung, ohne daß die Säure hierbei Etwas aufnimmt oder abgiebt. Hat sie ihre Aufgabe gelöst, so beseitigen wir sie leicht und vollständig aus der Lösung durch Zusatz einer entsprechenden Menge Kalk, denn dieser bildet mit der Säure Gyps, der als fast unlöslich sich absetzt. Auf Pflanzenfaser hat die Schwefelsäure eine analoge Wirkung; sie verwandelt dieselbe bei nicht zu großer Verdünnung in einen Kleister u. s. w. Darauf gründet sich eine neue Industrie: man zieht starkes, ungeleimtes Papier durch die Säure, neutralisirt letztere, bevor die Wirkung zu weit vorgeschritten, und erhält nach dem Waschen und Trocknen einen ziemlich festen Stoff, welcher der thierischen Blase ähnelt und in vielen Fällen diese letztere ersetzen kann, das sogenannte Pergamentpapier.

Der theoretische Chemiker kommt bei seinen tausendfältigen Zerlegungen, Zusammensetzungen und Prüfungen alle Augenblicke in den Fall, sich der Schwefelsäure als eines unentbehrlichen Hilfsmittels bedienen zu müssen. Die wasseranziehende Kraft der Schwefelsäure ist ungemein groß. Ein abgeschlossener Raum kann daher durch Einstellen von Säure vollständig ausgetrocknet werden, und dieses bequeme Eintrocknungsmittel unter Glasglocken wird häufig bei Stoffen benutzt, die keine Erwärmung oder Einwirkung der freien Luft vertragen.

So könnten wir noch hunderterlei wichtige Verwendungsarten der Schwefelsäure aufzählen, ohne erschöpfend zu werden. Wir wollen es nicht versuchen, sondern uns in der Kürze noch mit einigen andern bemerkenswerthen Verbindungen des Schwefels beschäftigen.

**Schwefelleber und Schwefelwasserstoff.** Die zu Bädern und andern Zwecken benutzten Schwefellebern sind Verbindungen des Schwefels mit irgend einem Alkalimetall, besonders Kalium, Natrium, Calcium; sie sind im Wasser löslich, unlöslich dagegen sind die in gleichem Sinne gebildeten Schwefelverbindungen mit den beständigen Metallen, Eisen, Kupfer, Zink, Blei u. s. w. Viele derselben finden sich, wie wir sahen, als Kiese oder Blenden in der Natur fertig vor; man kann sie aber auch künstlich, sowol durch Erhitzen des Schwefels mit dem Metall, als auf nassem Wege, bereiten, indem man der Salzlösung des betreffenden Metalls Schwefelwasserstoff, oder Schwefelammonium, oder eine Lösung von Schwefelleber zumischt, wobei das Schwefelmetall sich als Niederschlag abscheidet. Einige dieser Schwefelmetalle dienen, wie wir später sehen werden, als Farbstoffe. Uebergießt man ein Schwefelmetall oder eine Schwefelleber mit einer Säure, so bildet dieselbe mit dem Metall ein Salz, indem ein Antheil Wasser sich zersetzt, seinen Sauerstoff an das Metall abgiebt und das Wasserstoffgas entweichen läßt; denn nicht mit dem Metall an sich, sondern nur mit dem Oxidul oder Oxid desselben kann die Säure ein Salz bilden. Andererseits wird aber auch der Schwefel frei gemacht, und beide Stoffe, Schwefel und Wasserstoff, vereinigen sich sogleich zu dem flüchtigen Schwefelwasserstoff, der seiner Natur nach eine Säure, seinem Betragen nach aber ein abscheulich riechender, durch Giftigkeit auch gefährlicher Patron ist, den aber gleichwol der Chemiker, wie wir in der Einleitung Seite 44 zu diesem Bande gesehen haben, nicht entbehren kann. Indeß kann man den flüchtigen Geist gleich der Kohlensäure dem Wasser einverleiben, wodurch er handlicher wird. Oder man leitet ihn in Ammoniakgeist bis zur Sättigung und erhält so das bekannte Schwefelammonium, das die Wirkungen des Schwefelwasserstoffs mit denen des Ammoniaks vereinigt. In der Praxis stellt man das Gas gewöhnlich aus Schwefel-eisen mittels verdünnter Schwefelsäure dar und erhält folglich als Rest schwefelsaures

Eisenoxydul, d. h. Eisenvitriol in Lösung. Das Schwefeleisen bereitet man sich leicht dadurch, daß man Eisenfeilspäne mit Schwefel, in durch ihre Atomgewichte bestimmtem Verhältnisse, mit einander zusammenschmilzt, wobei beide Elemente unter lebhaftem Erzglühen sich chemisch mit einander vereinigen.

**Schwefelkohlenstoff.** Es giebt ferner eine interessante Verbindung des Schwefels mit dem Kohlenstoff, in Form einer sehr flüchtigen Essenz, der man es kaum zutrauen möchte, daß sie von einem so soliden Aelternpaar, wie ein Stück Schwefel und ein Stück Kohle ist, abstammt. Die Verbindung wurde von Lampadius in Freiberg entdeckt und hieß anfänglich Schwefelalkohol, welchen Namen sie mit dem bezeichnenderen Schwefelkohlenstoff vertauscht hat. Der Schwefelkohlenstoff bildet eine stark lichtbrechende Flüssigkeit, hat einen widrigen Geruch nach faulen Rüben und eine ähnliche betäubende Wirkung wie Aether und Chloroform. Er ist sehr leicht entzündlich und feuergefährlich, schwerer als Wasser, mischt sich nicht mit diesem und wird, da er spezifisch schwerer ist, am besten unter einer Wasserschicht aufbewahrt.

Der technische Werth des Schwefelkohlenstoffes liegt in seiner großen Lösungskraft gegen harzige und fette Stoffe, selbst gegen den Schwefel, Jod, Phosphor u. s. w. Seine Anwendung im Großen aber und damit seine fabrikmäßige Darstellung gehört erst der neuern Zeit an und knüpft sich vorzüglich an die Industrie des Kautschuk, für welchen Stoff er ebenfalls, wie für Guttapercha, ein vorzügliches Lösungsmittel ist. Namentlich wird er viel gebraucht zum Vulkanisiren des ersteren. Wird eine Lösung in Schwefelkohlenstoff der Abdunstung überlassen, so bleibt der gelöste Stoff entweder in seiner ursprünglichen Beschaffenheit, wie die harzigen Körper und Fette, oder wie der Schwefel, in Krystallen zurück.

Der Schwefelkohlenstoff steht noch am Anfange seiner technischen Laufbahn, und es dürfte sich nach und nach noch manche nützliche Arbeit für ihn finden, um so mehr, da seine Herstellung schon ziemlich wohlfeil geworden ist. Man hat angefangen, ihn zum Ausziehen von Del und Fett aus Delfaat und Deltuchen, Knochen, Talgriefen, Wolle u. s. w. zu benutzen. Eine Delmühle z. B. würde dergestalt beschaffen sein, daß man die zerquetschten Samen einfach mit der Flüssigkeit übergießt und filtrirt und das Abgelaufene bei gelinder Wärme abdampft, wo dann das reine Del zurückbleibt, der Schwefelkohlenstoff aber aufgefangen, durch eine Kühlvorrichtung wieder verdichtet und immer von Neuem wieder benutzt würde. Alles dies muß natürlich im geschlossenen Raume geschehen. Bei der Entfettung von Wolle und Tuchen durch Schwefelkohlenstoff erspart man nicht allein die ganze sonst aufzuwendende Seife, sondern gewinnt auch noch das ganze Fett und erhält die Wolle obendrein schöner. So zieht man auch aus Knochen, die zum Verkohlen bestimmt sind, jetzt durch dieses Extraktionsmittel noch 10—12 Prozent Fett, die sonst rein verloren gingen. In Frankreich benutzt man das Lösungsmittel in ähnlicher Weise, um Auszüge aus Würzstoffen zu machen, wobei allerdings höhere Kosten übertragen werden können als bei Rüböl. Man präparirt dazu den Stoff noch weiter durch Behandeln mit Alkali und verschiedenen Metallsalzlösungen, durch die man die Dämpfe streichen läßt. Hierdurch soll der widrige Geruch verschwinden und ein angenehmer, chloroformartiger an seine Stelle treten. Nachdem der Schwefelkohlenstoff von den Gewürzextrakten abgedampft worden, werden letztere mit Zucker, Salz, Gummi u. s. w. vermischt und gehen unter dem Namen „lösliche Gewürze“ in den Handel.

Die leichte Verdampfbarkeit dieses interessanten Körpers bei geringer Hitze hatte sehr viel Einladendes, denselben als Mittel zum Maschinenbetrieb statt des Wasserdampfes in Betracht zu ziehen, ähnlich wie man es auch mit dem Schwefeläther versucht hat, ohne daß jedoch bis jetzt das Projekt sich irgendwie nutzbringend realisirt hätte.

Die schwierige Wiederverdichtung wird sich auch hier als Haupthinderniß geltend machen, denn natürlich will man den Stoff nicht wie Wasser in's Freie verdampfen lassen, sondern eine und dieselbe Menge fortwährend benutzen, indem sie im Kessel verdampft, im Kühler wieder verdichtet wird.

Selbst als Kriegsmittel ist Schwefelkohlenstoff in Vorschlag gebracht worden. Derselbe löst nämlich das 12fache seines eigenen Gewichts Phosphor auf. Diese Teufelsbrühe soll in eine dünnwandige Bombe gefüllt und der Feind damit beworfen werden. Die Bombe zerschellt beim Niederfallen, ihr Inhalt verbreitet sich und überzieht Alles mit Phosphor, der sich nach dem raschen Verdunsten des Lösungsmittels sofort von selbst zu verzehrendem Feuer entzündet. Wer weiß, ob solche menschenfreundliche Zufertigungen, die man auch für Musketen einzurichten gedacht hat, nicht in irgend einem Zeughause für künftige Fälle fertig liegen.

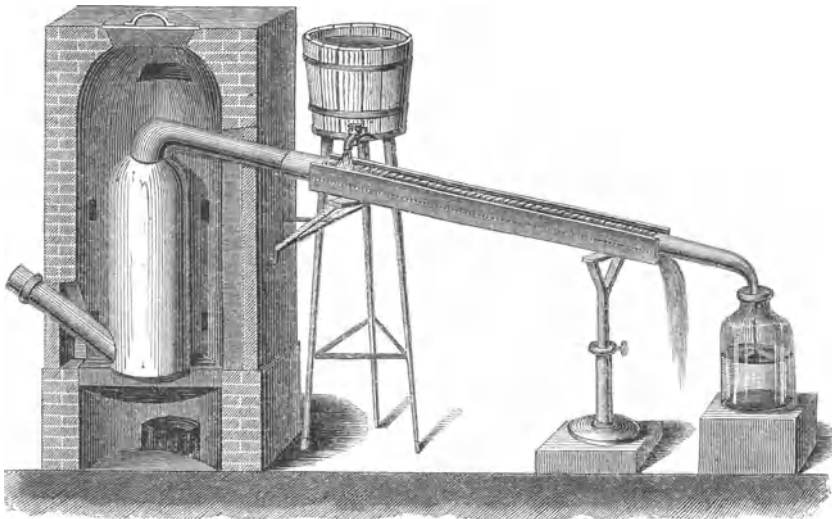


Fig. 307. Apparat zur Erzeugung des Schwefelkohlenstoffes.

Bei der Fabrikation des Schwefelkohlenstoffes kommt es darauf an, Schwefeldämpfe durch glühende Holzkohlen streichen zu lassen. Hierbei geht die Vereinigung der beiden Elemente (1 Atom Kohle, 2 Schwefel) vor sich, und das Produkt darf nur in einer Kühlvorlage verdichtet und in einem Gefäß unter Wasser aufgefangen werden.

Die älteste Form des zur Fabrikation dienlichen Apparates zeigt die Abbildung (Fig. 307). In einem cylindrischen Flammenofen steht eine große flaschenförmige Thonretorte, in welche oben ein eisernes Destillirrohr eingekittet ist; unten ragt ein mit einem Thonstöpfel verschließbares Rohr heraus, das zum Eintragen des Schwefels dient. Die Retorte ist mit Holzkohlenstückchen von etwa Haselnußgröße ganz gefüllt. Nachdem der Apparat angefeuert und die Retorte sammt Inhalt in lebhaftes Rothglut versetzt ist, schiebt man Stangenschwefel durch das untere Rohr ein und verschließt es rasch wieder. Der Schwefel schmilzt und siedet auf dem Boden der Retorte, die Dämpfe steigen durch die Kohlen auf und die Bildung des Schwefelkohlenstoff-Destillats geht so lange vor sich, als es nicht an Kohle oder Schwefel fehlt. Die Einbringung des letztern wird nach Bedarf von Zeit zu Zeit durch das untere Rohr wiederholt; die Nachfüllung der Kohle geschieht, nachdem man zuvor allen Schwefel hat abgehen lassen, von oben durch ein Loch, das sonst durch einen eingekitteten Deckel geschlossen ist.

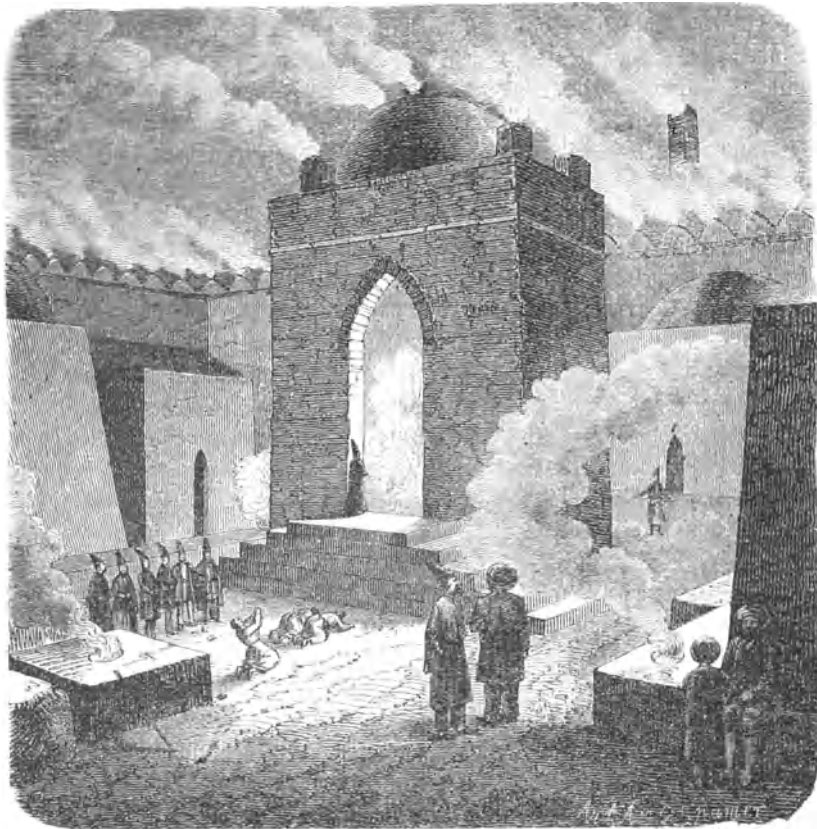
Die richtige Größe der Kohlenstückchen ist von Wichtigkeit für den guten Gang der Fabrikation. Sind sie zu klein, so geht der Schwefeldampf nur schwierig und langsam durch und es bildet sich ein fester Schwefelkohlenstoff, der reiner Verlust ist; bei zu großen Stückchen und Zwischenräumen gehen die Schwefeldämpfe zu bequem durch, binden sich nur theilweise mit der Kohle, und das Unverbundene kondensirt sich im Kühlrohr zu Knollen festen Schwefels.

Das in der Vorlage unter Wasser sich ansammelnde Destillat ist gelb gefärbt und besteht aus einer Lösung von Schwefel in Schwefelkohlenstoff. Die starke Lösungskraft des letztern gegen den erstern macht sich schon im Apparate selbst geltend, indem der eben gebildete Schwefelkohlenstoff sich mit vorhandenen, noch unverbundenen Schwefeldämpfen sättigt. Um das Rohprodukt vom Schwefel zu befreien und sonst zu reinigen, destillirt man es daher noch ein- oder zweimal aus Glasretorten bei gelinder Wärme in eine kalt gehaltene Vorlage ab, rektifizirt es wol auch durch chemische Mittel.

Der Schwefelkohlenstoff hat einen Verwandten, den Chlorschwefel, einen noch unangenehmeren Gefellen, der aber ebenfalls nützliche und merkwürdige Eigenschaften besitzt und gleich jenem erst neuerlich eine Anstellung in der Technik gefunden hat. Er ist, wie der Name sagt, eine Verbindung von Schwefel mit Chlor, bildet eine rothe oder gelbe, sehr flüchtige Flüssigkeit, die an der Luft Dämpfe von stinkendem, saurem Geruch ausstößt, sich überhaupt weder mit der Luft noch mit Wasser lange verträgt, sondern in Berührung damit in Salzsäure, Schwefelsäure u. s. w. umgewandelt wird. Seine Lösungskraft ist eben so stark und bezieht sich auf dieselben Stoffe wie die des Schwefelkohlenstoffes. Er dient wie jener zum Vulkanisiren des Kautschuks. Ueberläßt man die vom Chlorschwefel durchdrungene Kautschukmasse dem Abdünsten, so geht blos das Chlor fort und der ganze Schwefelgehalt bleibt dem Kautschuk einverleibt.

Der Chlorschwefel entsteht, wenn trockenes Chlorgas mit pulver- oder dampfförmigem Schwefel zusammenkommt. Leitet man das Gas durch ein Rohr, welches Schwefelblumen enthält, so erhält man in der kalt gehaltenen Vorlage eben auch, wie beim Schwefelkohlenstoff, nicht sogleich die reine Verbindung, sondern dieselbe mit aufgelöstem Schwefel überladen; durch Umdestilliren bei gelinder Wärme kann man dann das Flüchtigste, den gebrauchten Chlorschwefel, abziehen.

Wissenschaftlich ist der Chlorschwefel interessant durch verschiedene chemische Eigenschaften. Schüttelt man Napsöl mit  $\frac{1}{10}$  seines Volumens Chlorschwefel, so tritt eine heftige Reaktion ein; es wird Salzsäure gebildet, und es bleibt eine weiche weiße Masse zurück, die (nach Muspratt) alle Eigenschaften des Kautschuks besitzt und auch statt desselben benutzt werden kann.



Die heiligen Feuer und Feueranbeter auf der Halbinsel Saku.

Dem was das Feuer lebendig erfährt,  
Bleibt nicht mehr Uniform und Erdentlast;  
Verflüchtigt wird es und unsichtbar,  
Eilt hinauf, wo erst sein Anfang war.

Goethe.

## Die Erfindung der Feuerzeuge und der Phosphor.

Feuer und Flamme. Wärmequellen auf der Erde. Feuerzeuge. Das älteste Reibfeuerzeug. Stahl und Stein. Der Feuerschwamm. Brenngläser und Brennspiegel als Feuerzeuge. Das pneumatische oder Kompressionsfeuerzeug. Das Döbereiner'sche Platinfeuerzeug. Das elektrische Feuerzeug. Chemisches Feuerzeug. Chlorsaurer Kali. Congrevesche Reibzylinder. — Der Phosphor. Geschichte seiner Entdeckung durch Brandt und Kunkel. Vorkommen und Eigenschaften. Die Phosphorsäure und ihr Auftreten in der Natur. Darstellung des Phosphors aus Knochen. Seine Reinigung. Amorpher Phosphor. — Phosphorfeuerzeuge. Turiner Lichtchen. Streichhölzchen. Ihre Geschichte. Antiphosphorhölzchen und phosphorfreie Zündhölzchen. — Fabrikation. Zurichtung der Hölzchen. Die Zündmasse. Das Betupfen. Fertigmachen und Verpacken.

**D**ie Welt hat das Feuer von der Erde und die Menschheit wird wieder eine hilflose, schwerfällige, unglückliche Masse. Diese Erkenntniß beugt dem Feueranbeter die Kniee, sie unterhielt im Alterthume den Dienst der vestalischen Jungfrauen und bewahrt noch heute die heilige Lampe vor dem Verlöschen. Das Phosphorzündholz müßten wir mit der größten Achtung behandeln. Wie rathlos kommen wir uns vor, wenn wir des Nachts das Büchsen mit Streichhölzern nicht finden können,

und wie übermüthig behandeln wir die unscheinbaren Dinger, wenn wir in ihrem Besitze sind. Das ist das Loos jeder Erfindung, die mehr als einen überflüssigen Luxus befriedigt. Bei dem Eisen bedankt man sich nicht für die Sense, und bei dem Brode denkt man nicht des Pfluges. Wenn die Alten in der Prometheus-Sage das Feuer als göttlichen Ursprungs und als alleiniges Eigenthum des Zeus schildern, dem es durch List entwendet werden mußte, so zeigen sie sich dankbarer als wir; denn sie zollten in Prometheus jedenfalls dem Erfinder der Kunst, Feuer anzumachen, ihre Verehrung.

So alt auch die Kunst, Feuer hervorzurufen, sein mag, so hat sie sich doch sehr allmählig erst heraufgebildet und ihre Herausbildung auf die jetzige Stufe der Vollkommenheit verdankt sie erst der neueren Zeit; ja die wesentlichsten Erfindungen sind ein Erfolg der letzten Jahre.

Entkleiden wir die Prometheus-Mythe alles poetischen Schmuckes und legen wir ihr die moderne Deutung der Verherrlichung einer glücklichen Erfindung unter, so drängt sich uns die Frage auf: in welcher Weise gelang es dem göttergleichen Heros, die Menschheit mit dem Feuer zu beschenken? Welcher Art war das Verfahren, welches jener erste Mensch einschlug, Feuer zu erwerben? Daß Prometheus keine Zündhölzer in seinem hohlen Rohre vom Olymp geholt, oder daß seine Erfindung nicht blos darin bestanden haben könnte, das Feuer, wie es der Blitz in einem Walde entzündet, zu unterhalten, indem man ihm ununterbrochen Nahrung zuschiebt, leuchtet wol ein, obwol in den heiligen Feueren, die nach den Religionsgebräuchen vieler Völker nie verlöschen dürfen, ein Fingerzeig liegt, der uns darauf hinweist, mit welcher Pietät die Menschen in jenen Zeiten, in denen sie noch nicht verstanden, freiwillig und zu jeder Stunde Feuer anzufachen, die Erhaltung des einmal brennenden bewachten.

Feuer, von den Alten als eines der vier weltbildenden Elemente angesehen, ist nach den jetzigen Vorstellungen nichts Anderes als die Erscheinung gewisser chemischer Prozesse, welche in der Verbindung irgend eines Körpers mit einem andern bestehen. Wenn wir in schmelzenden Schwefel eine genügende Menge Eisenspäne werfen, so wird die Masse plötzlich rothglühend: das Eisen verbindet sich mit dem Schwefel zu Schwefeleisen, und bei diesem Prozeß entwickelt sich eine so bedeutende Hitze, daß dieselbe sich bis zur Feuererscheinung steigern kann. Wasserstoffgas und Chlorgas, in entsprechenden Verhältnissen gemischt und im Dunkeln in eine Flasche gebracht, entzünden sich augenblicklich, sobald das Gemisch dem hellen Sonnenlichte ausgesetzt wird, und die Vereinigung der beiden Gase, als deren Produkt Salzsäure hervorgeht, erfolgt ebenfalls unter heftigem Aufflammen. Das Kalium, das Metall aus der Potasche, hat ein sehr intensives Bestreben, sich mit Sauerstoff zu verbinden. Wird ein Stückchen davon auf Wasser geworfen, so zersetzt es dasselbe augenblicklich in seine Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff; es verbindet sich unter violettem Glanze mit dem Sauerstoff, das Wasserstoffgas aber entzündet sich durch die entstehende Hitze und verbrennt mit selbständiger Flamme, indem es mit dem Sauerstoff der Luft sich wieder zu Wasser vereinigt.

Wie bei diesen, so ist bei allen Verbrennungen, und in der That bei der größten Anzahl der Feuererscheinungen, der chemische Prozeß die Ursache der Licht- und Wärmeentwicklung. Wir können sagen, das Eisen verbrannte im Schwefel, der Wasserstoff im Chlorgase, das Kalium im Sauerstoff; allein wir beschränken den Begriff des Verbrennens im gewöhnlichen Sprachgebrauch vorwiegend auf den Prozeß der Verbindung gewisser Körper mit Sauerstoff, sofern diese Verbindung mit intensiver Licht- und Wärmeentwicklung vor sich geht. Die Kerze verlischt, wenn der Sauerstoff ihrer Umgebung aufgezehrt ist.

Flamme. Ist der brennende Körper ein gasförmiger, wie Wasserstoff, Leucht-

gas u. s. w., so geschieht die Vereinigung mit Sauerstoff unter der Erscheinung einer Flamme; ist er aber ein fester Körper, so ist das Verbrennen nur ein Verglimmen ohne Flamme, höchstens von Funkenprühen begleitet. Eisen verbrennt in reinem Sauerstoffgase mit prachtvollem Licht, ebenso dünner Silber- oder Kupferdraht, wenn eine starke elektrische Entladung durch sie hindurchgeführt wird, aber es entsteht keine Flamme dabei, nur einzelne glühende Theilchen werden als leuchtende Funken umhergeschleudert. Dagegen giebt ja Schwefel eine ganz regelrechte Flamme, Phosphor ebenfalls, und doch sind beide feste Körper? Ganz recht, sie verwandeln sich aber vor der Entzündung durch die Hitze (das Anzünden) in Dampf, Gas, und die Flamme bezeichnet also nicht die Verbrennung des festen Schwefels, sondern immerhin des Schwefeldampfes. So ist es auch mit allen andern Körpern, die mit Flamme brennen; sie verwandeln sich vor der Entzündung allemal erst in gasförmige Körper und es kommt beim Entzünden nur darauf an, durch Erhitzung diese Umwandlung einzuleiten. Ist die Zersetzung einmal im Zuge, so erhält sich die Gasentwicklung durch die bei der



Fig. 309. Die Flamme.

Verbrennung entstehende Hitze von selbst im Fortgange. Der Docht einer Kerze arbeitet eben so, wie die Retorte in der Gasanstalt, nur daß das Gas nicht erst in einen Gasometer geleitet, sondern gleich am Orte der Darstellung auch verbrannt wird. Man kann dies Gas bei jeder brennenden Kerze sehen. Die Flamme besteht nämlich aus drei Partien: einer inneren dunklen, dem Theile, wo sich das entwickelte Gas zuerst ansammelt, dem Gasometer; einer darüber sich breitenenden, hell brennenden Schicht, dem Orte, wo das austretende Gas eine theilweise Verbrennung erleidet, in welcher ausgeschiedene Kohlentheilchen in ein lebhaftes Glühen kommen, und endlich aus einem äußern, schwach bläulich gefärbten Mantel, der sich durch die in Berührung mit dem Sauerstoff der Luft erst ermöglichte völlige Verbrennung der letzten brennbaren Bestandtheile bildet.

**Wärmequellen.** Feuer entzündet wieder Feuer.

Wo aber Feuer erst erweckt werden soll, muß die zum Anzünden nöthige Wärme erst geschaffen werden. Sehen wir uns in der Natur um, so begegnen wir einer großen Zahl von Wärmequellen. Die Strahlen der Sonne führen der Erde die Wärme wieder zu, die sie auf ihrer Wanderung durch den kalten Weltraum durch Ausstrahlung immerwährend verliert, und in Folge welcher Auskühlung sie endlich zu einem kalten, todtten Felsgerippe ohne alles Leben erstarren müßte. Denn die eigene, ihr innewohnende Wärme, die den Kern noch in feurigem Fluß erhält und in den Lavaergüssen feuerspeiender Berge zu Tage tritt, würde in fortwährendem Verluste endlich sich erschöpfen, wenn nicht der Abgang durch irgend eine Zufuhr — und diese geschieht durch die Sonne — ausgeglichen würde.

Diese Sonnenwärme ist ihrem Wesen nach durchaus nichts Anderes als die Wärme, welche so häufig auf der Erde in Folge des Zusammenwirkens chemischer und physikalischer Kräfte erregt wird. Wir können denselben Effect hervorbringen mit dem Funken der Elektrirmaschine, wie mit den wärmenden Sonnenstrahlen, wenn wir es vermögen, die Wirkung genügend zu verstärken. Der Blitz ist ein elektrischer Funke. Er entzündet, wohin er schlägt, und schmilzt zu Schlacken oder verdampft,

was er trifft. Und der Funke, den ihr aus der Elektrifizirmaschine springen seht, ist nichts Anderes, nur ist der Blitz ein besonders großer Funke; die alte Meinung, daß durch den Blitz entzündetes Feuer nicht zu löschen sei, gehört unter jene verwerflichen Fabeln, deren Ausrottung der größte Dienst ist, den man der Menschheit leisten kann. Außer der Sonne, außer dem Herausbringen der Wärme aus dem Innern der Erde selbst, außer physischen Kräften, wie Elektrizität und Magnetismus, ist endlich der auf der Erde nie ruhende Prozeß der chemischen Umbildung, der das ganze Leben erhält und das wunderbare Getriebe von Keimen, Blühen und Sterben begleitet und bedingt, eine fortdauernde Ursache der Wärmeentwicklung. Steigert er sich auch nicht immer bis zur Feuererscheinung, so beweist die erhöhte Temperatur der Bodenschichten, innerhalb welcher animalische und vegetabilische Ueberreste zu Humus zerfallen, und beweisen tausend andere Vorgänge, daß auch bei den scheinbar unbedeutendsten Zersetzungen und Neugestaltungen eine Aenderung in den Wärmeverhältnissen niemals fehlt. Chemische Prozesse können wir überall hervorrufen, und da dieselben von einer so großen Mannichfaltigkeit und unter so verschiedenartigen Verhältnissen eintreten können, so ist uns damit auch die Möglichkeit geboten, ohne die gebräuchlichen Feuerzeuge auf mancherlei Weise uns in den Besitz von Feuer zu setzen. Unsere Voreltern konnten dies nicht in dem Maße, denn die Bedingungen energischer chemischer Einwirkungen müssen erst geschaffen werden, weil in der freien Natur die kräftig sich verbindenden Stoffe einander selbst zu finden wissen und die starken chemischen Verwandtschaften schon eine Ausgleichung erlitten haben mußten, ehe auf der Erde Menschen wohnen konnten. Mit vieler Mühe sind jene Verbindungen erst wieder getrennt worden und werden täglich geschieden, um der Technik und Kunst die Stoffe in ihrer einfachen Form darzubieten. Alle Metalle fast, die unter den Menschen zirkuliren, mit Ausnahme von Gold und seinen edelsten Begleitern, sind auf solche Weise rein dargestellt und aus Verbindungen abgeschieden worden, die sie, sich selbst überlassen, zu schließen immer geneigt sind, und die wir, wenn wir sie in

der Natur antreffen, Erze nennen; eine Anzahl anderer künstlich dargestellter Körper giebt es daneben, die eben so durch ein großes Verlangen charakterisirt sind, sich wieder zu zusammengesetzteren, aus denen sie auf verschiedenen Wegen getrennt worden sind, zu verbinden. Aber alle diese Körper sind Produkte, deren Darstellung erst nach langwierigen Forschungen möglich geworden ist und die also dem ersten „feuerbedürftigen“ Menschen keine Mittel zu Feuerzeugen sein konnten. Die Apparate, kleine Wärmemengen zu erzeugen und in ihrer Wirkung dadurch zu verstärken, wie wir sie z. B. in den Brenngläsern besitzen, haben auch erst erfunden werden müssen und in der That war dem ältesten Kulturzeitalter nur ein einziger Ausweg geblieben, den sie in allen Erdtheilen, unabhängig von einander, aufgefunden und betreten haben.

Feuerzeuge. Wenn ihr mit eurer Hand über eine rauhe Fläche streicht, so empfindet ihr in den Fingern das Gefühl der Wärme; gleitet ihr an einer Stange, an einem Stricke schnell hinunter, so könnt ihr durch die Hitze Brandwunden davotragen.

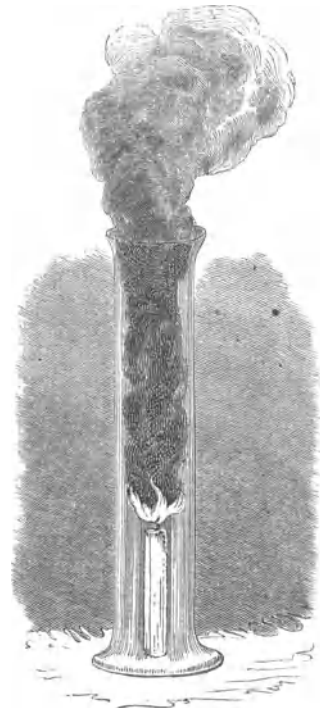


Fig. 310. Mangel an Sauerstoff.



Die Achsen der Wagen rauchen, wenn sie nicht geschmiert worden sind; ein Stück Metall, wenn man es auf einem Steine abschleift, kann sich bis zum Glühen erhitzen. Was ist der Grund dieser Wärmeercheinungen? Nichts Anderes als Reibung. Es ist eine merkwürdige Thatsache, daß sich mechanische Kraft in Wärme umwandeln läßt, umgekehrt, wie in der Dampfmaschine Wärme in mechanische Kraft verwandelt wird; und der erstere Fall tritt bei der Reibung ein. Wir können eben so gut durch rasch und fortdauernd auf ein Metallstück geführte Hammerschläge die Temperatur des Metalles bis zur Glühhitze steigern. Dies Gesetz der Umwandlung der Kraft ist erst in unserer Zeit, in den letzten Jahren erst entdeckt worden, und doch halten die ersten Menschen, die ein Feuerzeug konstruirten, seine Anwendung bereits vor Augen. Es ist nicht anders anzunehmen, als daß das erste Feuerzeug ein Reibfeuerzeug war, und zwar werden wir wenig irren, wenn wir als die ursprüngliche Form desselben diejenige ansehen, die von vielen Reisenden, sowol bei den Insulanern der Südspitze als bei den Grönländern und den Indianern Amerika's, angetroffen wurde und die



Sig. 311. Ältestes Reibfeuerzeug.

ihren Zweck nach unseren Begriffen freilich höchst mangelhaft, nach den Ansichten der durch unsere Bequemlichkeit und unsere mannichfachen Hilfsmittel nicht verwöhnten Naturvölker aber doch so vollständig erfüllte, daß z. B. die Grönländer noch zu Anfange dieses Jahrhunderts es vorzogen, auf ihre gewohnte Weise durch Reiben zweier Holzstücke auf einander sich Feuer zu verschaffen und die ihnen dargebotenen Steinfeuerzeuge als unpraktisch auf die Seite warfen.

Wer etwa von unseren Lesern den Versuch gemacht haben sollte, sich mittels zweier purer Holzstücke seine Cigarre anzünden zu wollen, dürfte aber doch auf Schwierigkeiten gestoßen sein, die ihm sein Vorhaben als unausführbar erscheinen ließen. Die Sache hat nämlich

ihre eigenen Vortheile, deren wichtigster darin besteht, die Bewegung der Hölzer auf einander möglichst rasch und möglichst lange ohne zu große Anstrengung fortsetzen zu können. Zu diesem Behufe hat man dem beregten Feuerzeuge fast in allen Erdtheilen gleicherweise folgende Einrichtung gegeben: ein Bret oder Holzblock von 6—8 Zoll Länge, aus weichem Holze, hat auf seiner Oberfläche mehrere halbrunde Vertiefungen, in welche ein etwa halbzoll- oder zollstarker Stab von hartem Holze eingesteckt oder gedreht werden kann. Die Röhren in dem ersteren Holzstücke werden, wenn Feuer angemacht werden soll, mit einem leicht fangenden Zunder, vermodertem Holze oder dergleichen angefüllt und der harte Holzstab wird in dieser Masse in eine schnell rotirende Bewegung versetzt, entweder indem er wie ein Quirl mit den Händen gedreht wird, oder, und zwar besser, indem man eine an einem Bogen befestigte Schnur um ihn wickelt und durch deren Auf- und Abziehen die Bewegung unterhält. Während das Zunderbret mit den Füßen festgehalten und von der einen Hand die Schnur regiert wird, hält die andere den Friktionsstab durch ein zweites Holzstück aufrecht, damit er nicht aus seiner Vertiefung herauspringt. Es ist möglich,

durch eine solche Vorrichtung dem Stabe eine ungemein rasche Drehung und durch den Druck mit der linken Hand eine sehr bedeutende Reibung zu geben. Die Hitze, die sich in Folge dessen erzeugt, genügt, um sehr bald den Zunder in's Glimmen zu bringen, und die schwachen Funken beleben sich rasch zur hellen Flamme, wenn trockenes Heu, Stroh oder andere leicht feuerfangende Gegenstände um das Holzstück gewickelt und durch Laufen oder Wehen mit den Armen ein lebhafter Luftzug hervorgerufen wird. Dieses Feuerzeug war einer großen Vervollkommnung nicht fähig, es ist daher das nächst höhere Stadium in der niederen Feuerwerkerei gleich durch eine völlig neue Erfindung charakterisirt, die zwar im Grunde auf denselben Prinzipien wie das vorige Feuerzeug beruht.

**Stahl, Stein und Schwamm.** Das Stein-, vulgo Pinkefeuerzeug, das vor wenig Jahren noch seinen Platz am häuslichen Herde der kultivirtesten Nationen hatte, ist unstreitig nach dem Holzfeuerzeuge das älteste. Aus den Zeiten der alten Römer sind Zunderschachteln von künstlicher Arbeit auf uns gekommen, die im Innern ganz unsern alten Blechkästen entsprechend eingerichtet waren. Wir wissen nicht das Geburtsjahr der Erfindung des Steinfeuerzeuges annähernd zu bestimmen, daß man aber verhältnißmäßig spät erst darauf kommen konnte, das wird dadurch bewiesen, daß man vorher mit der Bearbeitung der Metalle schon vertraut sein mußte. Wir erwähnten bereits, wie in Bezug auf das innere Wesen dieses Feuerzeug sich seinem Vorgänger anschließt, wenn ein solcher Zusammenhang sich dem ersten Blicke auch nicht so ersichtlich zeigt. Es ist hier aber ebenfalls die mechanische Kraft der Arme, die durch die Reibung in Wärme umgewandelt wird. An einem Stahle (dem Feuerstahle) wird ein scharfkantiger Stein (Feuerstein) derart rasch herabgeschlagen, daß durch die schneidigen Kanten und die Geschwindigkeit der Bewegung kleine Splitterchen von der Oberfläche des Stahles abgehobelt werden, die, weil sie durch die Reibung im höchsten Grade sich erhitzen, als glühende Funken herunterfallen, und wenn sie den Zunder treffen, diesen erglimmen machen. Der Zunder hat die Aufgabe, die kurze Dauer des Funkens zu verlängern, so daß man daran Schwefelfaden oder andere leicht feuerfangende Körper zu entzünden vermag. Er wird aus den verschiedensten Stoffen hergestellt, und es zeigen sich eben so gut verkohlte Leinwandsegen, als mit Salpeterlösung getränkte Faserstoffe, woraus die Punten gemacht wurden, oder mit verdünnter Salpetersäure behandelte Baumwolle, oder endlich der bekannte präparirte Feuerschwamm als zweckentsprechende Mittel.

Es sei erlaubt, an dieser Stelle noch einige Worte dem Feuerschwamm zu widmen, zumal da, so verbreitet derselbe früher auch war, doch die Zeit nicht mehr fern sein dürfte, wo das gemüthlichste aller Feuerzeuge, wo der brenzliche Duft des Schwammes nur noch zu den verlöschenden Jugenderinnerungen gehören, und wo er nimmer auf Erden, höchstens in den überirdischen Regionen der Maurer als heiliges Symbol des Fleißes, angetroffen werden wird; wo selbst sein Name vergessen werden würde, wenn nicht jener würdige Mann auf dem Mühlendamme durch den projektirten



Fig. 312. Das Feuerpinken.

Verkauf eines der verbreitetsten Sorten ihm einen Platz in der deutschen Poesie gesichert hätte. Der Feuerschwamm, von welchem der Ulmer und der Neustädter als die besten Sorten gelten, wird aus einem Pilze von der Gattung der Polyporen, die zu den Hutpilzen, Pileati, gehören, dargestellt, der vorzüglich an alten Buchen, Birnen- und Aepfelbäumen in reichlicher Menge und oft, wie im Böhmerwalde, in beträchtlicher Größe vorkommt. Diese Pilze, von denen der Polyporus fomentarius unser Lieferant ist, während der Polyporus ignarius trotz seines Namens als der unechte Feuerschwamm bezeichnet werden muß, bilden meist halbkegelförmige oder hufeisenförmige Gestalten, die mit der Spitze nach unten an den Stämmen der Bäume angeheftet erscheinen, so daß sie den Eindruck machen, als wären sie mit



Fig. 313. Stahl, Stein und Zunder.

wird diesem doch der auf Laubbälzern gewachsene vorgezogen, wegen der feineren, dichteren und gleichmäßigeren Beschaffenheit seines Zellgewebes. Dieser Pilz wird in den Wäldern gesammelt und nachdem die tauglichsten Exemplare davon in lederartige Platten zerschnitten worden sind, werden aus diesen mittels scharfer, messerartiger Instrumente alle harten, holzigen und ungleichen Partien entfernt, die guten Stücke

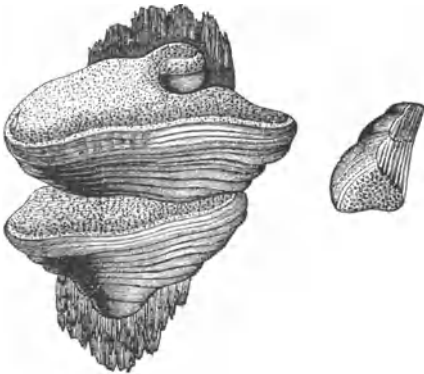


Fig. 314. Der Feuerschwamm.

aber mit kochendem Wasser behandelt, mittels hölzerner Schlägel dünn gepocht, in Pauge gefotten, und wenn von dieser der letzte Rest ausgewaschen ist, endlich in einer Salpeterauflösung gekocht, obwol die besten Schwämme auch ohne diese Beizmittel ein ausgezeichnetes Produkt geben. Der vorher harte Schwamm erlangt so eine weiche, lederartige Beschaffenheit, und er ist, nachdem er gut getrocknet, zum Gebrauch fertig. Er muß weich wie sämisches Leder sein, und man sieht zuweilen noch Schwammmacher, welche diese Eigenschaft benutzen und sich aus besonders schönen Pilzen eine Müße ohne Naht klopfen. Der Salpeter erhöht die Eigenschaft seiner Entzündlichkeit; er ist es auch, der dem Schwamme die blutstillende Kraft verleiht, von welcher mancher wagehalsige Barbier einen mehr als menschlichen Gebrauch macht. Die alten Römer kannten, wie vieles andere Schöne, so auch den Feuerschwamm, wenigstens seine Zubereitung nicht; sie bedienten sich in ihrem Ignitabulum, wie sie das Feuerzeug nannten, lediglich des gebrannten Zunders. Statt dessen aber war ihnen ein anderes Feuerzeug bekannt, und es wurde dasselbe bei ihnen viel höher gehalten, als das Steinfeuerzeug, weil bei ihm nicht menschliche Hand und Müße, sondern der göttliche Strahl der Sonne, „Helios' höchstes Gut“, selbst die Flamme erweckte.

Fleiß von Menschenhand angebracht, um einer Büste oder Statue zum Postamentchen zu dienen. Ihre Oberfläche ist braun oder grau bis in die dunkelsten Nuancen und mit konzentrischen Furchen versehen, die das Jahresalter des Pilzes angeben. Das Innere ist bei den verschiedenen Arten verschieden gefärbt, weiß, grau oder lederfarbig bis rothbraun, und geht in enge Röhren aus. Obwol der Feuerschwamm auch schmarogend auf Tannen und anderen Nadelhölzern wächst, so

wird diesem doch der auf Laubbälzern gewachsene vorgezogen, wegen der feineren, dichteren und gleichmäßigeren Beschaffenheit seines Zellgewebes. Dieser Pilz wird in den Wäldern gesammelt und nachdem die tauglichsten Exemplare davon in lederartige Platten zerschnitten worden sind, werden aus diesen mittels scharfer, messerartiger Instrumente alle harten, holzigen und ungleichen Partien entfernt, die guten Stücke aber mit kochendem Wasser behandelt, mittels hölzerner Schlägel dünn gepocht, in Pauge gefotten, und wenn von dieser der letzte Rest ausgewaschen ist, endlich in einer Salpeterauflösung gekocht, obwol die besten Schwämme auch ohne diese Beizmittel ein ausgezeichnetes Produkt geben. Der vorher harte Schwamm erlangt so eine weiche, lederartige Beschaffenheit, und er ist, nachdem er gut getrocknet, zum Gebrauch fertig. Er muß weich wie sämisches Leder sein, und man sieht zuweilen noch Schwammmacher, welche diese Eigenschaft benutzen und sich aus besonders schönen Pilzen eine Müße

Brenngläser und Brennspiegel waren den alten Trakiern schon bekannt, welche die ersteren aus Krystall zu schleifen, letztere aus Bronze darzustellen verstanden, und sie wurden als Feuerzeuge benutzt, die heiligen Feuer der Vesta, wenn dieselben durch Nachlässigkeit der hütenden Jungfrauen verlöscht waren, wieder zu entflammen. Von welcher Größe und Wirkung man derartige Instrumente fertigen konnte, das beweist die Erzählung, nach welcher Archimedes die Schiffe der feindlichen, Syrakus belagernden Flotte von den Wällen der Stadt aus mittels Brennspiegel in Brand setzte. Wo ein ewig blauer Himmel sich über die Erde spannt, dort ist das Brennglas noch heut zu Tage — aber auch nur zu Tage — das einfachste und sicherste Feuerzeug; aber Länder, in denen die Sonne sich den bei Weitem größten Theil des Jahres hinter Nebel und Wolken verbirgt, mußten nach andern Hilfsmitteln suchen, und daher trifft man die Brenngläser auch nur selten noch bei Schäfern oder Jägern als Feuerzeuge in Gebrauch, oder man findet sie höchstens in Parks oder Gärten aufgestellt, um das Eintreten der Mittagsstunde der Nachbarschaft zu verkünden. Ein solcher Apparat besteht dann gewöhnlich aus einer kleinen Kanone, die jeden Morgen mit Pulver geladen wird, und über welcher ein Brennglas derart aufgestellt ist, daß, wenn die Sonne im Mittag steht, ihre Strahlen durch das Glas gerade auf das Zündloch fallen und das dort offen liegende Pulver entzünden. Jeden Mittag Schlag oder vielmehr Schuß 12 Uhr kann man im Jardin des plantes in Paris alle Welt ihre Uhren nach einem solchen Sonnenweiser richten sehen, wenn nicht Jupiter Pluvius dem Vater Chronos in gewohnter Weise ein Schnippchen schlägt.



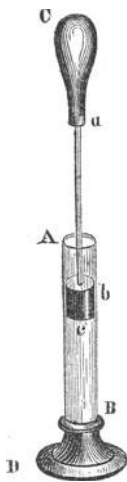
Fig. 117. Das Brennglas als Feuerzeug.

Mit den Brenngläsern und den Brennspiegeln schließt, wenn wir so sagen dürfen, die erste Periode in der Geschichte der Feuerzeuge. Kann es auch nicht geleugnet werden, daß die Herstellung von Krystallbrenngläsern und Brennspiegeln, wenn sie auch noch so unvollkommen gewesen sein sollten, schon eine bedeutende Kultur voraussetzt, so basirt doch die Anwendung derselben zum Feuermachen auf Beobachtungen, die leicht der Zufall machen ließ, während dem nächst zu betrachtenden Feuerzeuge die Anwendung eines Gesetzes zu Grunde liegt, das sich erst einem genaueren Studium der Natur der gasförmigen Körper eröffnet haben kann.

Das pneumatische oder Kompressionsfeuerzeug, so unscheinbar dasselbe auch auftritt, so merkwürdig und überraschend ist seine Wirkung. Jeder Körper, wenn er verdichtet wird, so daß er nach dem Zusammenpressen einen geringeren Raum einnimmt als vorher, entwickelt Wärme, die ebenfalls als Reibungswärme angesehen werden kann, denn sie entsteht durch die Frikktion, welche die kleinsten Theilchen der Masse an einander erleiden, wenn sie sich in Folge des Druckes, der Zusammenpressung, einander mehr nähern und dichter zu einander zusammenrücken müssen.

Feste und flüssige

Körper lassen nur eine verhältnißmäßig geringe Verdichtung zu, es ist die Wärmevermehrung daher auch bei ihnen schwieriger zu beobachten; gasartige Körper dagegen lassen sich durch Druck auf ein immer kleineres Volumen zusammenpressen und zeigen dann dabei eine Erhöhung der Temperatur, die um so bedeutender wird, je rascher die Verdichtung und je weiter sie vor sich geht. Es besteht dieses Feuerzeug nämlich aus einem metallenen Stiefel A D, in welchem sich ein luftdicht schließender Kolben a b auf- und abbewegen läßt. Ist der Kolben herausgezogen, so füllt sich der ganze Stiefel mit Luft, die nicht entweichen kann, sondern sich verdichten muß, wenn man den Kolben aufsetzt und in den Stiefel hineinpreßt. Geschieht die Kompression durch einen einzigen raschen Stoß, so kann durch die Erwärmung ein Stück Schwamm, welches an der Unterfläche des Kolbens vorher angebracht worden ist, zum Glühn gebracht werden. Bei den früher, namentlich bei Fuhrleuten, beliebten pneumatischen Feuerzeugen hatte der Cylinder die Form eines Stiefels, der mit seiner Sohle an irgend einer Mauer angestoßen wurde, daher der Name Stiefelfeuerzeuge.



Sig. 316.  
Das pneumatische oder  
Kompressionsfeuerzeug.

Bis hierher geht das graue Alterthum der Feuerzeuge, d. h. diejenige Zeit, welche uns noch nicht erlaubt, unsere Vorstellungen an Jahreszahlen zu fetten und sie chronologisch zu ordnen. Jetzt aber lichtet sich das Gebiet. Wir brauchen weniger der Vermuthung über das Recht der Erstgeburt Raum zu geben, die Erfindungen und Verbesserungen unseres Instrumentes gehen genau Hand in Hand mit den Entdeckungen der Physik und Chemie, welchen sie bisweilen Veranlassung, bisweilen Folge waren.

Das **Döbereiner'sche Platinsfeuerzeug.** Bekanntlich läßt sich das zu Anfange des vorigen Jahrhunderts von den Spaniern im südlichen Amerika entdeckte, durch Wood 1741 nach England gebrachte und von dem deutschen Chemiker Döbereiner auf Veranlassung des Großherzogs Karl August von Weimar genauer untersuchte Platin auf geeignete Weise als einen ungemein porösen Körper, den sogenannten Platinschwamm (siehe Seite 249 dieses Bandes), darstellen. Nun ist es ein merkwürdiges Vermögen poröser Körper, wie feinkörniger Holzkohle oder eben dieses Platinschwammes, auf ihrer Oberfläche, in dem Innern der Poren gewisse Gasarten in großer Menge aufzufangen und zu verdichten,

bei welcher Verdichtung denn, wenn dieselbe rasch erfolgt, gerade wie im pneumatischen Feuerzeuge, Wärme entwickelt wird, die sich so weit steigern kann, daß das Platin dadurch in's Glühn versetzt wird. Ist das Gas, welches verdichtet wird, selbst ein brennbares, so entzündet es sich an dem glühenden Platin, und diese Thatsache liegt dem Döbereiner'schen Platinsfeuerzeuge zu Grunde, von welchem die nachstehende Abbildung eine vollständige Ansicht giebt.

Es besteht dasselbe aus einem Glas-, Metall- oder Porzellangefäß c c, welches oben durch einen Deckel luftdicht geschlossen und mit verdünnter Schwefelsäure bis ungefähr zu  $\frac{2}{3}$  angefüllt wird. Von diesem Deckel aus ragt ein nach unten zu geöffneter Cylinder d in die Flüssigkeit, von dem aus oben, durch den Deckel hindurch, eine durch eine Feder e verschlossen gehaltene Oeffnung, der Kapsel f gegenüber, ausgeht. Diese Kapsel ist mit Platinschwamm angefüllt. In dem Cylinder d aber ist ein Stück Zink an einem Messingdrahte aufgehängt, so daß es mit seinem untersten Ende ein wenig höher sich befindet als der untere Rand des Cylinders. Wird nun der Deckel auf das mit verdünnter Schwefelsäure versehene Gefäß aufgeschraubt, so taucht der innere Cylinder und mit ihm das Zink in die saure Flüssigkeit und es

beginnt augenblicklich eine Zersetzung des Wassers, indem sich der Sauerstoff desselben mit dem Zink und der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoxyd vereinigt, der Wasserstoff aber frei wird und sich im Innern des Cylinders über der Flüssigkeit ansammelt. Die Zersetzung dauert so lange fort, als das Zinkstück mit der Schwefelsäure in Berührung ist, und da das Wasserstoffgas keinen Ausweg findet — denn für gewöhnlich wird die einzige kleine Oeffnung durch die Feder *e* verschlossen, — so drückt es allmählig die Flüssigkeit aus dem Innern des Cylinders heraus in das größere Gefäß und bewirkt dadurch, daß endlich das Zink außerhalb der Flüssigkeit zu hängen kommt, von wo an dann kein Gas sich mehr entwickeln kann. Die Flüssigkeit im größeren Gefäße drückt aber ihrerseits wieder auf das Gas; öffnet man denselben durch die Feder *e* den Austritt aus dem Cylinder, so strömt es so lange aus, bis die Schwefelsäure innerhalb des Cylinders so hoch steht wie außerhalb. Bei diesem Ausströmen trifft der Gasstrahl direkt auf den in der Kapsel *l* befindlichen Platinschwamm; es wird augenblicklich Wasserstoffgas verdichtet, das Platin kommt dadurch in's Glühen und entzündet das noch nachströmende Gas, welches so lange, als die Feder geöffnet erhalten wird, mit schwachblauer, aber sehr hitzender Flamme weiterbrennt, vorausgesetzt, daß nicht unter der Zeit der Gasvorrath im Innern des Cylinders sich aufzehrt.

Von Zeit zu Zeit, wenn sich die Flüssigkeit mit Zink gesättigt hat, muß dieselbe entfernt und neue verdünnte Schwefelsäure (1 Theil englische Schwefelsäure mit 4 Theilen Wasser vorsichtig in einer großen Schüssel so gemischt, daß man unter Umrühren die Säure in einem feinen Strahle in das Wasser gießt) in den Apparat gegeben werden. Wenn der Platinschwamm schlecht geworden ist, dadurch vielleicht, daß sich nach längerer Ruhe des Apparates Staub hineingesetzt hat, durch den sich leicht die Poren verstopfen, so genügt es häufig, die Kapsel in der Flamme einer Porzellanlampe auszuglühen, oder noch einfacher mittels eines brennenden Spanes das Wasserstoffgas des Apparates zu entzünden und die heiße Flamme auf die Kapsel schlagen zu lassen. Der Staub verbrennt, oder die Feuchtigkeit, die sich auch gern im Platinschwamm niederschlägt und seine Wirkung beeinträchtigt, verdampft, und das Feuerzeug kommt wieder in Stand. Ist aber der Platinschwamm auf diese Weise nicht wieder zu verbessern, so muß man die Kapsel von einem Apotheker oder sonst Jemandem, der mit praktischen chemischen Arbeiten vertraut ist, mit frischer Füllung versehen lassen, denn so einfach auch die Bereitung des Platinschwammes aussieht, so ist sie doch eine ziemlich difficile Aufgabe, die der Laie schwerlich lösen wird.

Mit dem Döbereiner'schen Feuerzeuge hat das elektrische Feuerzeug eine große Aehnlichkeit. Dasselbe ist zwar der Zeit seiner Erfindung nach älter als jenes, denn es soll bereits im Jahre 1770 von Fürstenberg in Basel konstruirt und einige Jahre später durch Ehrmann in Straßburg bekannt gemacht worden sein. Die interessante, geistreiche Einrichtung aber, die wir bei dem Platinfeuerzeuge zu betrachten Gelegenheit hatten, hat es erst im Laufe der Zeit erhalten, und wir zogen es deshalb vor, der Uebersichtlichkeit wegen das Prinzip an dem Döbereiner'schen Feuerzeuge, dessen Erfindung aus den zwanziger Jahren stammt, zu erläutern.

Das elektrische Feuerzeug hat statt des Platinschwammes zwei Metallspitzen, zwischen denen in demselben Augenblicke, als eine Feder niedergedrückt wird und



Fig. 317.

Das Döbereiner'sche Platinfeuerzeug.

das Wasserstoffgas ausströmt, ein elektrischer Funke überschlägt, der die Entzündung bewirkt. Auf welche Weise dieser Funke hervorgerufen wird, zeigt uns ein Blick auf die nächstfolgende Abbildung (Fig. 318), welche uns das elektrische Feuerzeug in seiner ursprünglichen Einrichtung vorführt. Nach dieser wird das Wasserstoffgas in dem Gefäße A entwickelt, und dasselbe treibt die verdünnte Schwefelsäure in das Gefäß A', von wo diese auf das Gas einen Druck ausübt, der dasselbe zu der Oeffnung der Spitze hinauspressen möchte. Dieser Weg ist aber für gewöhnlich verschlossen und öffnet sich nur durch einen kleinen Hebel, der seinerseits mit einer seidenen Schnur in Verbindung steht, welche den Deckel eines im untern Kasten stehenden Elektrophors abhebt. Derselbe berührt einen von der Spitze ausgehenden Metalldraht, theilt diesem seine Elektrizität mit, welche auf die andere mit dem Harzkuchen des Elektrophors verbundene Metallspitze als ein Funke überspringt und dabei den zwischen den Spitzen durchgehenden Wasserstoffstrom entzündet. Von Zeit zu Zeit muß der Harzkuchen

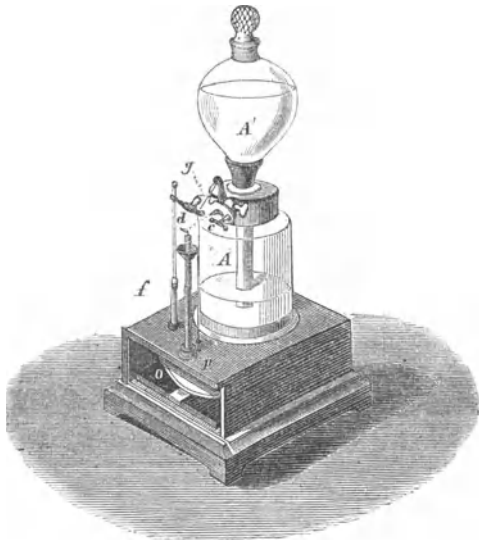


Fig. 318. Das elektrische Feuerzeug.

wieder geladen, d. h. mit einem Fuchschwanz oder einem Nagellfell herzhast gepeitscht werden, denn er verliert, vorzüglich bei feuchter Witterung, allmählig seine Spannung, und in diesem Nachlassen der Wirksamkeit, die auch durch Staub, aufsteigende kleine Fäserchen sehr beeinträchtigt wird, mag wol der Hauptgrund mit liegen, daß dieses Instrument nur wenig in Gebrauch gekommen ist. Für den täglichen Bedarf ist es zu komplizirt, und Reparaturen sind daran noch schwieriger auszuführen, als bei dem Döbereiner'schen, welches den Vorzug größerer Einfachheit besitzt, wodurch es sich leichter einer Form anpassen läßt, die es zu einer geschmackvollen Zimmerzierde machen kann.

Trotz seiner Vorzüge aber wurde dem Platinf Feuerzeuge bald der Rang abgelaufen durch die andern Feuerzeuge und unter diesen namentlich durch die Phosphorzündhölzer, welche bald nach seinem Bekanntwerden erfunden wurden und von Stund' an von der Technik ganz ausschließlich bevorzugt und gehätselt worden sind. Auch das Publikum wandte sich wankelmützig den ungezogenen Kleinen zu, überfah geduldig ihre Unarten um des großen Vortheils willen, daß sie leicht und bequem sich transportiren ließen, ein Vorzug, der allerdings dem elektrischen sowie dem Döbereiner'schen Platinf Feuerzeuge, deren Wirkung auf das Zimmer beschränkt war, vollständig abging.

Zuvor aber, ehe wir zur Besprechung dieser wichtigsten Industrie übergehen, müssen wir noch des speziell unter dem Namen

Chemisches Feuerzeug bekannten Apparates Erwähnung thun, das in verschiedenen Gestalten lange Zeit sich einer wohlverdienten Würdigung erfreute. Das alte Schwefelholz erfuhr hier die erste Vervollkommnung. Es wurde an dem geschwefelten Ende mit einer Mischung von Zucker und chlorsaurem Kali, die man mittels Gummi oder Traganthschleim verband, überzogen. Diese Mischung hat nämlich die Fähigkeit, beim Benetzen mit konzentrirter Schwefelsäure unter Feuererscheinung zu verpuffen und

dabei eine so intensive Wärme zu entwickeln, daß sich der darunter liegende Schwefel entzündet. Die Schwefelsäure zerlegt das chlorsaure Kali, und die dabei frei werdende Chlorssäure ist von so großer oxydirender Kraft, daß sie Schwefel oder organische, leicht brennbare Körper ohne Weiteres zu entzünden vermag. Da aber durch das Verpuffen leicht Schwefelsäuretröpfchen umhergeschleudert werden würden, wenn dieselbe zu reichlich zur Benutzung angewandt wird, so bediente man sich kleiner Glasflaschen mit eingeriebenem Glasstöpsel, die man zur Hälfte mit fest eingestampftem und mit Schwefelsäure getränktem Asbest anfüllte; die Zündhölzer wurden nun auf dieses Asbestkissen mit ihrem präparirten Ende gestoßen und entnahmen demselben eine genügende Menge Schwefelsäure, um die Entzündung einzuleiten. Es ist nicht bestimmt, von wem diese Erfindung ausgegangen ist, und man hegt die Vermuthung, daß in verschiedenen Ländern die Idee dazu gleichzeitig zur Ausführung gekommen sei. Eine besondere Abart dieses höchst praktischen Feuerzeuges war ein unter dem Namen Prometheus vorzüglich in England verbreitetes Zündpräparat, das aber seines hohen Preises wegen auf dem Kontinente keine große Verbreitung gefunden hat. Das Gemisch von Zucker und chlorsaurem Kali war bei ihm in ein dünnes Röllchen von Papier gefüllt, welches überdies ein kleines, auf beiden Seiten zugeschmolzenes Glasröhrchen voll Schwefelsäure enthielt. Indem man das Glasröhrchen zwischen zwei harten Körpern, in der Regel einer eigens zu diesem Zwecke mitverkauften Zange, zerdrückte, kam die Schwefelsäure mit der Zündmasse in Berührung und bewirkte die Entzündung derselben.



Sta. 319. Chemisches Feuerzeug.

Das chlorsaure Kali hat sich von diesem chemischen Feuerzeuge an in allgemeiner Benutzung erhalten. Es bildete auch bei einer eigenthümlichen Art Reibhölzer (den Congreve'schen Reibzündern) den wesentlichsten Bestandtheil der Zündmasse, die aus chlorsaurem Kali und dem doppelten Quantum Schwefelantimon bestand und mit einem geeigneten Bindemittel als Ueberzug über den Schwefel der Zündhölzer aufgetragen wurde. Wenn man die Masse zwischen zwei Kläcken von Sandpapier, welche mit den Fingern zusammengedrückt wurden, hindurchzog, so entzündete sich in Folge der Reibung das Gemisch. Allein es erforderte dies immer einen bedeutenden Druck, und nicht selten rieb sich dadurch das Zündpräparat von den Hölzern ab und verpuffte zwischen den rauhen Kläcken, ohne das Hölzchen zu entzünden.

Hier war also das Feld der Verbesserungen. Man griff zu dem Phosphor, den man schon früher zu diesem Industriezweige heranzuziehen versucht hatte, um eine andere Zündmasse zusammenzusetzen. Ehe aber die Phosphorzünder ihre jetzige Ausbildung erlangten, haben sie eine bedeutende Umwandlung erfahren, und die Salonhölzer, aus deren bunten Kuppen ein Fabrikant auf der Londoner Industrieausstellung ein schönes großes Gemälde, mosaikartig zusammengesetzt, ausgestellt hatte, sind mit den ersten Versuchen, die leichte Entzündbarkeit des Phosphors zur Herstellung von Feuerzeugen zu benutzen, eben durch nichts weiter verwandt, als durch die Gegenwart des Phosphors.

**Der Phosphor.** Dieser interessante Körper wurde vor nun beinahe zwei Jahrhunderten entdeckt. Es ist eins jener zufälligen Ergebnisse, mit welchen die an und



für sich sinnlosen Versuche der Alchemisten die Nachwelt beschenkt haben. Ein Hamburger Kaufmann nämlich, Namens Brandt, war, um seinen zerrütteten Vermögensverhältnissen aufzuhelfen, unter die Goldmacher gegangen, deren Kunst damals ungefähr in derselben Blüte bei Hoch und Niedrig stand, wie vor wenig Jahren das Tischrücken. In die Transmutation, wie die für möglich gehaltene Verwandlung unedler Metalle in Gold und Silber durch gewisse, aber eben noch zu erforschende Verfahren und Tinkturen genannt wurde, glaubte damals Jedermann, und es kam nur darauf an, der Erste zu sein, der den Stein der Weisen fände. Brandt hatte wol schon lange ohne Erfolg laborirt, ehe er zu der Ueberzeugung kam, daß auf dem bisher eingeschlagenen Wege für ihn nichts zu erreichen sei; er versiel endlich darauf, aus den Produkten des lebendigen Organismus selbst das geheimnißvolle Prinzip abzuschneiden, und hielt den Urin für den lohnendsten Ausgangspunkt seiner Unternehmungen. Heute lächeln wir über eine solche Auffassung. Damals aber, wo man die Vorgänge des Lebens durch exakte Forschung auch im Geringsten noch nicht zu beleuchten im Stande war, und wo phrasenhaftes, dunkles Wortgeklingel für Kenntniß, Glauben und Meinen für Wissen gehalten und die Gesetze eher als die Beobachtungen gemacht wurden, damals hatte für einen Dilettanten, wie Brandt war, der Gedanke einen plausiblem Anschein, daß der Mensch die vollkommenste Maschine sei, in der alle Stoffe und alle Kräfte in der höchsten, feinsten Ausbildung angetroffen werden und wirken; was von dieser Quintessenz der Schöpfung, von dieser Welt im Kleinen, dem Mikrokosmos, ausgeschieden und abge sondert werde, das natürlich müsse das Allerfeinste, das Allerwirksamste sein, und im Harn könne daher allein der wahre Stein der Weisen gesucht werden. Nun kurz und gut, mögen seine Gedankengänge gewesen sein, welche sie immer wollen, das ist gewiß, daß Brandt den Urin auf alle mögliche Weise destillirte, digerirte, sublimirte und mit allen damals bekannten chemischen Foltern quälte und ängstigte; kein Wunder, daß sich alte Verbindungen zersetzten und neue dafür entstanden. Allein der Stein der Weisen kam trotzdem nicht zu Tage. Dafür fand aber unser Alchemist eines Tages in der Vorlage seiner Retorte einen eigenthümlichen Körper von ganz merkwürdigen Eigenschaften. Der Geruch war schwach knoblauchartig, das Aussehen wie von hellgelbem, halb durchsichtigem Wachs, eben so die Härte und Konsistenz, der Geschmack aber scharf und widerlich. Bei gelinder Erwärmung schmolz die Masse, in gewöhnlicher Temperatur aber schon stieß sie fortwährend Dämpfe aus, die im Dunkeln leuchteten. Strich Brandt mit der Hand über den neu gewonnenen Körper, so leuchteten seine Finger und die eigenthümliche Masse selbst strahlte ein sehr schönes, blasses, grünlichweißes Licht aus. In kochendes Wasser geworfen, machte sie die aufsteigenden Wasserdämpfe zu magisch strahlenden Wolken, kurz Alles, was mit ihr in Berührung kam, empfing die Fähigkeit einer selbständigen Lichtentwicklung. Dieses sonderbare, noch an keinem andern Körper beobachtete Verhalten war die Ursache, daß Brandt für den neu entdeckten Stoff ganz speziell den Namen Phosphor, Lichtträger, in Anspruch nahm, wie es denn auch, verbunden mit seiner Eigenschaft der leichten Entzündlichkeit, die Veranlassung wurde, die ihn zu einem der ganzen Welt interessanten Phänomen machte. Der sonderbare Ursprung, sein Geruch und Geschmack, seine Entzündlichkeit, die des Schwefels und aller andern bekannten Körper weit übersteigend und so groß, daß die Wärme der Hand schon genügte, ihn in Flammen zu setzen, endlich die geheimnißvolle Lichtausstrahlung, das waren Alles Eigenschaften, die dem Phosphor einen Platz außerhalb der übrigen Körper anwiesen und die von dem wahrhaft infernalischem Stoffe noch ganz andere Wirkungen erwarten ließen.

Die ganze gebildete Welt befaßte sich denn auch bald mit der interessanten

Neuigkeit. Hatte Brandt nicht den Stein der Weisen gefunden, so war ihm doch mit seiner Entdeckung eine Goldquelle aufgegangen, denn er hielt die Bereitung des Phosphors geheim, und das Begehren danach war so groß, daß kleine Mengen davon mehr als mit Gold aufgewogen wurden. Man zeigte den Phosphor für Geld und im Jahre 1630 kostete die Unze davon in London  $10\frac{1}{2}$ , in Amsterdam sogar 16 Dukaten. Es war daher kein Wunder, daß Andere das Geheimniß seiner Darstellung sich aneignen wollten, um es im eigenen Nutzen auszubeuten, und es wird erzählt, daß zwei Chemiker, Krafft und Kunkel, sich vereinigt hätten, von Brandt das Rezept zu erkaufen, daß aber schließlich Krafft allein das Abkommen mit dem Entdecker getroffen und Kunkel hintergangen habe. Dieser, darüber aufgebracht, habe sich selbst an die Darstellung des Phosphors gemacht und nach kurzer Zeit auch dessen Bereitungsweise gefunden. Wir wollen keineswegs untersuchen, in wie weit solche und ähnliche Erzählungen auf Wahrheit beruhen. Thatsache ist, daß Kunkel im Jahre 1672 ganz selbständig und nur damit bekannt, daß Brandt den Phosphor aus Harn abgetrieben habe, die Bereitung des Phosphors zum zweiten Male entdeckte, und daß bald darauf das Geheimniß zu einem Allgemeingute wurde, denn die Entdecker lehrten schließlich Jedem, der 10 Thaler bezahlen wollte, das vorher so ängstlich gehütete Verfahren. Auf eben so selbständige Weise wie Brandt und Kunkel soll auch Boyle in England die Phosphordarstellung erfunden und im Jahre 1681 darüber der Royal Society Bericht erstattet haben. Er beutete seine Entdeckung in Gemeinschaft mit einem in London lebenden Deutschen



Fig. 320. Entwicklung von Phosphorwasserstoff.

Hautwitz ebenfalls durch Herstellung größerer Mengen aus und es soll Hautwitz durch deren Verkauf sich ein großes Vermögen erworben haben.

**Vorkommen.** Das weitere Vorkommen des Phosphors, außer in dem Harn auch noch in den Knochen, entdeckten Gahn und Scheele 1769; Albinus fand ihn in der Senfpflanze sowie in der Kresse, und jetzt weiß man, daß der Phosphor zu den in allen drei Reichen häufigsten Körpern gehört. Im freien Zustande findet er sich zwar nirgends in der Natur, denn seine Verwandtschaft zu vielen andern Körpern ist so groß, daß er, einmal mit einem verbunden, aus dieser Verbindung nicht gern wieder heraus geht, wenn nicht starke chemische Zwangsmaßregeln ergriffen werden. Vorzüglich ist es der Sauerstoff, mit dem zusammenzutreten er ein großes Verlangen hat, in Folge dessen er manche andere Verbindungen verläßt und sich dafür mit jenem vergesellschaftet. Es giebt auch eine Verbindung von Phosphor mit Wasserstoff, analog dem Schwefelwasserstoff, Phosphorwasserstoff genannt. Dies ist ein gasartiger Körper, den man erhält, wenn man zu einer konzentrierten Auflösung von Aetkali einige Stücke Phosphor thut und das Gemisch erwärmt. Läßt man Blasen dieser Gasart in die Luft treten, wie es Fig. 320 zeigt, so entzünden sie sich augenblicklich und verbrennen mit einem verpuffenden Geräusch. Der Phosphorwasserstoff ist interessant, weil man die mannichfach

befrittenen Irrlichter durch die Entwicklung dieser Gasart aus unter Wasser verfaulenden, phosphorhaltigen, organischen Körpern erklären will.

Die aus dem Zusammentreten von Phosphor und Sauerstoff entstehenden Körper charakterisiren sich durch ihre Eigenschaften als Säuren. Nur diejenige Verbindung, die am wenigsten Sauerstoff enthält, das Phosphoroxyd (88,69 Prozent oder 4 Atome Phosphor und 11,31 Prozent oder 1 Atom Sauerstoff), zeigt einen indifferenten Charakter. Die unterphosphorige Säure aber (79,69 Prozent oder 2 Atome Phosphor und 20,31 Prozent oder 1 Atom Sauerstoff), die phosphorige Säure (56,67 Prozent oder 2 Atome Phosphor und 43,33 Prozent oder 3 Atome Sauerstoff) und vor Allem die Phosphorsäure (43,96 Prozent oder 2 Atome Phosphor und 56,04 Prozent oder 5 Atome Sauerstoff) sind ihren Eigenschaften nach verschiedene Säuren, denn sie bilden mit basischen Körpern Salze, deren einige, wie vorzüglich das phosphorsaure Natron, in der Technik eine ziemlich ausgedehnte Verwendung finden.

**Die Phosphorsäure.** Gehen wir über das Phosphoroxyd und die unterphosphorige Säure, als von bloß theoretischem Interesse, an dieser Stelle kurz hinweg, so bleibt uns die Phosphorsäure als letzte und bei weitem interessanteste übrig. Sie bildet sich, wenn Phosphor in freier Luft oder in reinem Sauerstoffgase verbrannt wird, und man erhält sie als weiße Flocken, wenn man über den brennenden Phosphor eine große trockene Glasugel stürzt. In dieser Form ist die Phosphorsäure wasserfrei; sie zieht aber schon bei längerem Stehen an der Luft die Wasserdämpfe derselben mit solcher Entschiedenheit an, daß sie bald zerfließt und dann selbst durch heftiges Glühen nicht mehr in den wasserfreien Zustand übergeführt werden kann. Ihr Verhalten dem Wasser gegenüber ist sehr merkwürdig, denn sie vereinigt sich mit demselben zu drei ganz fest bestimmten Verbindungen, deren Wassergehalt sich zu einander verhält wie die Zahlen 1, 2, 3. Die wasserhaltige Phosphorsäure kann man auf verschiedene Weise darstellen, entweder durch langsamere Oxydation des Phosphors in feuchter Luft, oder durch Kochen mit verdünnter Salpetersäure, oder durch Abscheidung aus phosphorsauren Salzen mittels Schwefelsäure. In jedem Falle wird man eine mehr oder weniger durch Wasser verdünnte Lösung erhalten, die man durch Abdampfen konzentriren muß. Im Verlauf dieser Konzentration nimmt die Flüssigkeit Syrupskonsistenz an und läßt bei längerem Stehen harte, wasserhelle Krystalle anschießen. Dreibt man die Verdampfung noch weiter, so kommt ein Zeitpunkt, bei welchem die Masse ruhig schmilzt, und ein Tropfen, herausgenommen auf einem kalten Gegenstande, sogleich zu einem glasartigen Körper erstarrt. Man kann den ganzen Inhalt des Abdampfgefäßes durch Abkühlen in solch' fester Gestalt gewinnen, und die Phosphorsäure führt in dieser Form im Handel den Namen glasige Phosphorsäure. Zu den Abdampfpannen muß man aber stets Gefäße von Platin oder Silber anwenden, weil die Phosphorsäure vorzüglich in schmelzendem Zustande eine sehr starke Säure ist und alle andern Materialien angreift und auflöst. In ihrer glasigen Form ist sie wasserhell und zerfließt bei längerem Liegen an der freien Luft leicht zu einer Syrupdicken Flüssigkeit, indem sie dem ihr entzogenen Wassergehalte durch Anziehung der atmosphärischen Feuchtigkeit wieder beizukommen sucht.

Phosphorsäure findet sich in der Natur in einer großen Anzahl von Mineralien, von welchen die nachstehenden die wichtigsten sind:

Apatit, phosphorsaurer Kalk, der in verschiedentlich gefärbten Krystallen auch wasserhell oder in dichten, undurchsichtigen Massen erscheint, und der in manchen Gegenden (Estramadura in Spanien) in mächtigen, weit ausgedehnten Lagern vorkommt, die für die Landwirthschaft als Düngemittel noch von der größten Bedeutung

werden müssen; Wavellit, phosphorsaure Thonerde; Triphylin, ein seltenes, aber seiner Zusammensetzung nach interessantes Mineral, denn es enthält die Phosphorsäure mit Eisenoxydul und Lithion, einem nur an höchst wenig Punkten und in wenig Mineralien vorkommenden Körper, verbunden; Grünbleierz, phosphorsaures Bleioxyd, das in gelben, grünen, oder auch braun gefärbten Krystallen, vorzüglich bei Zschopau im sächsischen Erzgebirge und im Harze, gefunden wird.

Aus diesen unorganischen Körpern und vorzüglich aus dem phosphorsauren Kalk, der in größerer oder geringerer Menge in jedem Ackerboden enthalten ist, geht die Phosphorsäure in den Organismus der Pflanzen über, aus welchen sie das Thier aufnimmt. So lange ein Thier noch im Wachsthum begriffen ist, so lange behält dasselbe die aus der Pflanzennahrung gezogene Phosphorsäure ganz oder zum Theil bei sich und verwendet sie zur Zusammensetzung der Knochen, des Blutes, des Eidotters, des Gehirns u. s. w., in welchen Körpertheilen überall der Phosphorgehalt eine bedeutende Rolle spielt. Wenn aber das Thier ausgewachsen ist und sein ganzer Organismus in dem Stadium des Rückschreitens sich befindet, dann scheidet es die Phosphorsäure nach der Aufnahme sehr bald wieder aus, und zwar geht sie bei den fleischfressenden Thieren in den Harn über, während die Pflanzenfresser sie lediglich mit den festen Excrementen wieder von sich geben. An der Zusammensetzung der Knochen nehmen aber nicht bloß unorganische Stoffe Theil, sondern ein Hauptquantum derselben ist organischer Natur, die sogenannte Knochenknorpelmasse. Handelt es sich also darum, aus Knochen oder überhaupt animalischen Körpern Phosphorsäure, oder, wie wir gleich annehmen wollen, Phosphor darzustellen, so wird man diese organischen Bestandtheile von den unorganischen zu trennen und sie, um einen möglichst hohen Nutzeffekt zu erzielen, für sich einer erschöpfenden Bearbeitung zu unterwerfen haben. Gewöhnlich findet man daher in chemischen Fabriken, die sich mit der Herstellung von Phosphor oder Phosphorpräparaten befassen, zu gleicher Zeit die Herstellung von Leim oder Blutlaugensalz oder Salmiak, ebenso wie die Bereitung der im Verlaufe des Processes nöthigen Chemikalien, Schwefelsäure, Salzsäure, in den Bereich der Arbeit gezogen und die Darstellung des Phosphors mit der Fabrication von Soda und Schwefelsäure organisch verbunden.

Es kann natürlich hier nicht unsere Aufgabe sein, einen derartigen Betrieb in seinem ganzen Umfange zu schildern, da wir es lediglich mit dem Phosphor und seiner Bereitung zu thun haben. Wir wollen aber darauf hinweisen, wie in dem Gebiete der chemischen Aktionen ein Glied in das andere greift und jede Umwandlung in ihrem Verlaufe die betheiligten Stoffe in die verschiedensten Stadien der Verwendbarkeit bringt. Es kommt für den technischen Chemiker nur darauf an, denjenigen Zustand zu erkennen, in welchem ein Bestandtheil für ihn den höchsten Werth hat, und diesen Augenblick zu benutzen, indem er den Stoff da, wo er für ihn am meisten gilt, dem Betriebe entzieht.

**Darstellung des Phosphors.** Die Trennung der phosphorsäurehaltigen Knochenerde von der organischen (Knorpel-) Masse kann auf zweierlei Weise erfolgen. Entweder man verbrennt die Knochen in großen Schachtöfen, auf deren Boden man ein Holzfeuer unterhält, bis die Hitze sich so weit gesteigert hat, daß die Knochen selbst brennbare Gase entwickeln und die Feuerung unterhalten. Es bleibt dann nur die weiße Knochenerde, die vorwiegend aus basisch phosphorsaurem und kohlen-saurem Kalk besteht, übrig, während alle organischen Bestandtheile verbrennen. Eine bessere Ausnutzung der letzteren kann man durch Erhitzen in geschlossenen Retorten, durch sogenannte trockene Destillation, erzielen. Oder man behandelt die Knochen, nachdem man ihnen durch überhitzte Wasserdämpfe oder Behandeln mit Schwefelkohlenstoff den Fettgehalt entzogen hat, mit

verdünnter Salzsäure und führt dadurch die unorganischen Bestandtheile in lösliche Form über. Am besten geschieht dies in großen Bütten, in denen die Knochen mehrere Tage, mit verdünnter Salzsäure bedeckt, womöglich in etwas erwärmter Temperatur, stehen gelassen werden. Die Knorpelmasse bleibt als weiche, gelblich-weiße, unlösliche Substanz zurück, die ganz die frühere Form der Knochen innebehält. Die Kalksalze aber zersetzen sich; die Salzsäure vertreibt daraus einen Theil der Phosphorsäure und nimmt ihre Stelle ein. Dadurch entsteht Chlorcalcium und, weil sich nun die freigeordnete Phosphorsäure auf den noch übrigbleibenden phosphorsauren Kalk mitwirkt,

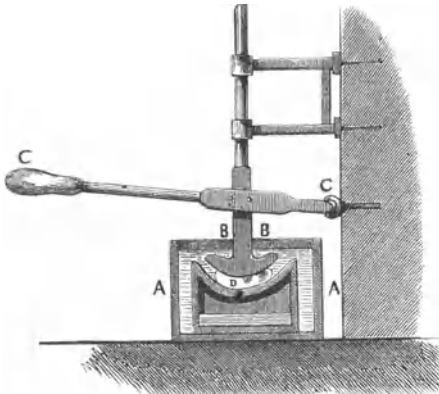


Fig. 321. Presse zum Reinigen des Phosphors.

saurer phosphorsaurer Kalk, der gerade doppelt so viel Phosphorsäure enthält, und im Wasser leicht löslich ist.

Hat man gebrannte Knochenerde zur Verarbeitung auf Phosphor, so behandelt man diese in fein zerstampfem Zustande mit Schwefelsäure, wodurch der phosphorsaurer Kalk ebenfalls zersetzt wird und saurer phosphorsaurer Kalk in Lösung übergeht, während schwefelsaurer Kalk als Gyps unlöslich zurückbleibt und durch Filtriren von der phosphorsäurehaltigen Flüssigkeit getrennt werden kann. Die Lösung des sauren phosphorsaurer Kalkes, mag sie nun auf eine Weise gewonnen sein, auf welche sie will,

versetzt man, nachdem sie bereits durch Abdampfen über freiem Feuer bis zu einer Stärke von 50° B. gebracht worden ist, mit dem fünften Theile ihres Gewichtes Holzkohlenpulver und dampft das gut umgerührte Gemenge vollends zur Trockne ein.

In diesem Zustande wird es, noch heiß, fein gepulvert und in Retorten von Steinzeug gegeben, die man von außen, um dem Zerspringen und dem Durchdringen der Phosphorsäure vorzubeugen, mit Lehm und Pferdemist beschlägt, oder auch wol mit einem mit Boraxlösung vermischten Kalkbrei verstreicht. Um Explosionen zu vermeiden, muß sehr vorsichtig destillirt werden.

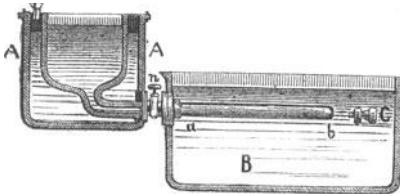


Fig. 322. Apparat zum Formen des Phosphors.

Der Vorgang im Innern der Retorte ist ein sehr einfacher. Die Holzkohle wirkt auf die Phosphorsäure reduzierend und spielt dieselbe Rolle hier, die ihr bei dem Auszuschmelzen der Metalle aus den Erzen auferlegt wird. Sie soll den Sauerstoff eines andern Körpers an sich ziehen und jenen Körper dadurch frei machen. Hier ist es der Phosphor, welcher aus der Phosphorsäure frei wird und als Dampf entweicht. Die Hälse der Retorten sind unter Wasser geleitet und der Phosphor sammelt sich in diesem als eine schwarze schmutzige Masse an, welche neben reinem Phosphor noch eine große Partie Verunreinigungen von Kohle, Phosphoroxyd, sowie rothen, amorphen Phosphor enthält und daher einer weiteren Reinigung unterworfen werden muß. Gewöhnlich und am sichersten bewerkstelligt man dies dadurch, daß man die Rohmasse unter Wasser schmilzt und sie ebenfalls unter Wasser durch Gensleder preßt.

Nach Muspratt dient die in beistehender Figur dargestellte Presse diesem Zwecke auf ausgezeichnete Weise. Es wird der in heißem Wasser (60°) zusammengeschmolzene rohe Phosphor nach seinem Erkalten in ein Stück Gensleder eingebunden, das man

wie einen Sack zusammenbindet und auf einen siebartig durchlöchernten Seihes legt. Das Ganze steht in einem größern Gefäße A A, welches mit Wasser von ungefähr 50° so weit gefüllt wird, daß der Phosphor davon bedeckt ist. Das halbkugelförmige, in einer Führung gehende Pfüßil der Presse B B wird mittels des Hebels C C auf den Ledersack gedrückt und dadurch bei verstärktem Druck der in dem heißen Wasser wieder schmelzende Phosphor durch die Poren des Leders gequetscht, wobei er seine Unreinlichkeiten in denselben zurückläßt. Andere Reinigungsmethoden basiren entweder darauf, daß man den geschmolzenen rohen Phosphor durch eine Schicht grobgeföhrter Thierkohle filtrirt oder ihn einer nochmaligen Destillation aus eisernen Retorten unterwirft.

Den gereinigten Phosphor bringt man in Form von runden Stangen in den Handel. Um diese zu erlangen, bedient man sich am besten der folgenden und in der Zeichnung veranschaulichten Vorrichtung. In einem größern Gefäße A A befindet sich ein nach unten in einer Röhre verlaufendes Schmelzgefäß, bestimmt, den Phosphor aufzunehmen und durch heißes Wasser, womit das Gefäß A A gefüllt wird, flüssig zu machen, damit er durch den Hahn n in die Glasröhre a b übertreten kann. Diese Glasröhre steckt in einem mit kaltem Wasser gefüllten Bassin B. Oeffnet man den Hahn, so tritt aus dem Schmelzgefäß flüssiger Phosphor in die Glasröhre, worin er bald erstarrt und, da die Röhre nach vorn zu sich konisch erweitert, herausgezogen werden kann, wenn man ihn an seinem Anfange faßt. Dazu dient ein Zapfen C, der, vorn mit einem Häkchen versehen, in die noch weiche Phosphormasse eingedrückt wird. Durch das kalte Wasser wird die Abkühlung und Erstarrung des Phosphors so rasch bewirkt, daß man denselben in einem ununterbrochenen Strahle langsam aus der Glasröhre herausziehen kann. Alle andern Manipulationen, wie Zerschneiden der langen Stange in entsprechende Stücke, Schmelzen, Pulverisiren u. s. w., muß man der leichten Entzündlichkeit des Phosphors wegen unter Wasser vornehmen; ebenso kann man ihn nur in mit Wasser gefüllten Ballons verschicken.

Der Phosphor schmilzt schon bei 44,2°, bei 290° siedet er und verwandelt sich in farblose Dämpfe. Er löst sich etwas in Weingeist und auch in Aether auf, die Oele, Chloroform und vorzüglich Schwefelkohlenstoff nehmen ihn mit größter Leichtigkeit auf und er vermag beim langsamen Auscheiden aus einigen dieser Lösungen Krystallform anzunehmen. Mit vielen andern Elementen verbindet er sich leicht, das Eisen macht er aber kaltbrüchig, darum ist diese seine Verbindung nicht besonders gesucht.

Wenn man den Phosphor im Lichte und anhaltend auf einer Temperatur von 260° erhält, so verändert er seine Eigenschaften und geht in den sogenannten rothen oder amorphen Phosphor über, auch Schrötter'scher amorpher Phosphor genannt, weil Schrötter ihn zuerst genauer untersuchte und die Bedingungen, unter denen seine Bildung erfolgt, hauptsächlich erkannte. Die nachstehende Figur versinnlicht uns einen Apparat, der zur Herstellung größerer Mengen amorphen Phosphors dient. G ist eine Retorte oder eine mit nach unten gebogenem, schnabelförmigem Hals versehene Flasche, die durch ein Oelbad H erhitzt und auf derselben Temperatur erhalten werden kann. A ist eine Flasche, in welcher Wasserstoffgas entwickelt wird durch Eisenfeilspäne und verdünnte Schwefelsäure; durch eine Glasröhre steht das Entwicklungsgefäß mit der Retorte G in Verbindung. Man muß beim Erhitzen des Phosphors auf eine hohe Temperatur (240 · 260°) natürlich alle Luft, welche Sauerstoff enthält, abhalten, weil sich darin der Phosphor augenblicklich entzündwürde. Bei der Erhitzung selbst geht ein kleiner Theil des Phosphors als Dampf fort, oder er verdichtet sich in dem weiteren Theile der schnabelförmigen Leitung, welcher man daher auch zweckmäßiger einen etwas größeren Durchmesser giebt; das

in der Retorte Zurückbleibende ist ein Gemenge von gewöhnlichem und amorphem Phosphor. Man trennt sie durch Schwefelkohlenstoff, welcher den ersteren auflöst, den letzteren aber nicht zu lösen vermag.

Die Farbe dieser interessanten Abänderung des Phosphors ist oft so schön und intensiv, daß sie den feurigsten Zinnober übertrifft; dabei schmilzt der amorphe Phosphor bei Weitem schwieriger als der gewöhnliche, und was ihn am meisten von diesem unterscheidet, ist seine schwere Entzündlichkeit. Diese letztere Eigenschaft ließ ihn eine sehr begeisterte Aufnahme von Seiten der Zündhölzchenfabrikanten finden, weil der Vorwurf zu großer Gefährlichkeit, der lange den Phosphorzündern von dem schwerfälligen Theile des Publikums gemacht worden ist, sich allerdings hier vollständig unbegründet erwies; allein mit der Gefährlichkeit verlor sich auch gerade das Empfehlenswertheste: die Bequemlichkeit, und die Fabrikanten fanden bald, daß damit der Gewinn zu theuer bezahlt sei.

Die Anwendungen des Phosphors sind nicht sehr mannichfacher Art. Die Pharmacie bedient sich seiner zu einigen wenigen und selten gebrauchten Präparaten; öfter schon verbrauchen ihn die Kammerjäger zu der sogenannten Phosphorlatwerge, einem Gemisch von Wasser, Mehlbrei, Zucker, fettigen und wohlriechenden Substanzen, denen man eine geringe Menge Phosphor beimischt. Die höchst giftigen Eigenschaften dieses Stoffes machen dergleichen Pasten zu einem wirksamen Vertilgungsmittel des Ungeziefers. Alle diese Verwendungsarten aber sind sowol der Quantität des Phosphors nach, welche ihnen unterliegt, zu unbedeutend, als auch nach ihrem

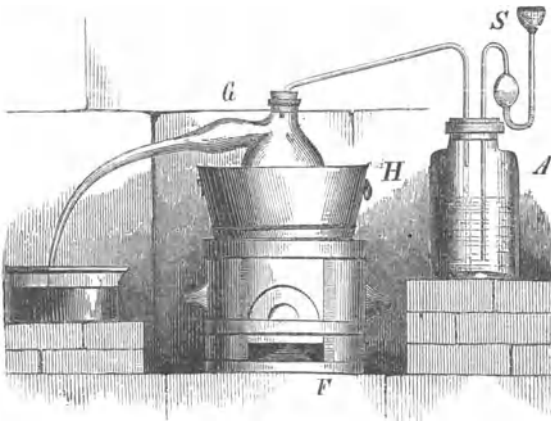


Fig. 323. Apparat zur Darstellung des amorphen Phosphors.

Einfluß auf's öffentliche Leben von zu geringer Bedeutung, als daß wir uns lange bei ihrer Betrachtung aufhalten sollten. Die hauptsächlichsten Phosphorkonsumenten sind und bleiben die Zündhölzchenfabriken, und damit kommen wir auf unsern eigentlichen Gegenstand, die Feuerzeuge, wieder zurück.

**Anwendung des Phosphors zu Feuerzeugen.** Bei den ersten Versuchen hierzu bediente man sich zum Theil sehr verwickelter Vorrichtungen, die dadurch nöthig wurden, daß man noch nicht gelernt hatte, die freiwillige Entzündung des Phosphors in atmosphärischer Luft zu umgehen. Aehnlich wie bei den Prometheans zur Aufbewahrung der Schwefelsäure bediente man sich daher, um die Luft abzuhalten, kleiner Glasröhren. So bestanden die sogenannten Turiner Lichtchen aus kleinen Glasröhren, die an dem einen Ende verschlossen, zu einer Kugel erweitert und hier mit etwas Phosphor angefüllt waren. Das andere Ende der Röhre wurde durch einen Wachsdocht verschlossen und das dünne Ende dieses Dochtes, um seine Entzündlichkeit noch zu erhöhen, mit Schwefel und Kampferpulver bestreut, war in das Phosphorkügelchen eingeschmolzen. Sollte Feuer angefacht werden, so wurde das Glasröhrchen an der Stelle, wo sich die Kugel ansetzte, zerbrochen. Schon durch die hierbei entstehende geringe Reibung und den Zutritt der atmosphärischen Luft entzündet sich zunächst der Phosphor, der dann seinerseits den Docht in Brand setzt.

Aber diese Einrichtung war bei Weitem zu kostspielig, um zu einem Bedürfniß des großen Publikums zu werden. Eben so wenig fand das Feuerzeug allgemeinen Eingang, welches den Phosphor mit etwas Schwefel zusammengeschmolzen in einem Fläschchen enthielt, wo derselbe den Boden als eine schwache Schicht bedeckte. Seine Wirkung gründete sich darauf, daß ein Schwefelholz, wenn es mit dem geschwefelten Ende auf dem Phosphor gerieben wurde, Etwas von der Masse abkratzte und sich durch Reiben damit auf einer rauhen Fläche entzünden ließ. Nur in der Form eines Ueberzuges — das wurde sehr bald eingesehen — vermochte der Phosphor seine beste Wirkung zu äußern; allein es verging trotzdem eine geraume Zeit, bis endlich der richtige Weg gefunden wurde, auf welchem man schließlich zur Herstellung der heutigen Phosphorstreichzündhölzer gelangte.

**Streichhölzchen.** Es ist ungewiß, von wem die Erfindung eigentlich ausgegangen ist. Man sieht, es war nach den Congreve'schen Streichhölzern weiter nichts zu thun, als das Schwefelantimon durch Phosphor zu ersetzen. So viel ist gewiß, daß die Phosphorzündhölzer ziemlich gleichzeitig in verschiedenen Ländern um das Jahr 1833 aufgetaucht sind; und es ist nicht unmöglich, daß Mehrere Anspruch machen können, als Erfinder genannt zu werden, weil sie, vielleicht ganz unabhängig von einander, dieselbe Idee zur Ausführung brachten. Wenn daher die Engländer ihrem Chemiker John Walker die Erfindung der Lucifer matches zuschreiben, so können sie eben so Recht haben wie die Süddeutschen, die den 1857 verstorbenen Kammerer aus Schwaben für den Erfinder ausgeben. Wenig, 1833 wurden in Wien von Preshel bereits die verschiedenartigsten Zündrequisiten, Zündschwamm, Cigarrenzünder u. s. w., angefertigt, in deren Zündmasse der Phosphor die hauptsächlichste Rolle spielte, und um dieselbe Zeit fabrizirte Moldenhauer in Darmstadt auch seine ersten Phosphorzünder.



Fig. 324. Streichhölzchen.

In den ersten Zündmassen war das chlor-saure Kali aus den Congreve'schen Reibzündern der Menge nach noch ein ganz vorwiegender Bestandtheil. Da dasselbe aber den Uebelstand hat, beim Erhitzen zu schmelzen und erst dann Sauerstoff zu entwickeln, so besaßen die Phosphorzündhölzer von damals die unangenehme Eigenschaft, mit einer Art von Explosion zu verbrennen; die schmelzende Masse spritzte glühend umher und der Gebrauch sowie die Fabrikation wurde wegen der großen Feuergefährlichkeit in vielen deutschen Ländern verboten. Es gelang aber bald, das schädliche chlor-saure Kali zu beseitigen. Trevant wandte statt seiner zuerst eine Mischung von Mennige und Braunstein an, und wenige Jahre darauf (1837) wurden durch Preshel das braune Bleisuperoxyd und durch Böttger ein Gemenge von Mennige und Salpeter, oder von Bleisuperoxyd und salpetersaurem Bleioxyd eingeführt, und damit der Zündhölzchenfabrikation ein großer Aufschwung gegeben.

Es war nur noch eine Schwierigkeit zu überwinden, und diese lag in den giftigen Eigenschaften des Phosphors selbst. In den Zündhölzchenfabriken stellten sich bald die traurigsten Krankheitserscheinungen unter den Arbeitern ein, vorzüglich Krankheiten des Zahnfleisches und der Kinnlade, und in den ersten Jahren des neuen



Industriezweiges war die Sterblichkeit unter den Fabrikarbeitern hier eine viel größere als bei den andern Beschäftigungen. Und merkwürdig, die eigenthümlichen Krankheiten, die man doch dem Phosphor zuschreiben mußte, fehlten entweder gänzlich, oder traten höchst unbedeutend auf in den Fabriken, wo der Phosphor bereitet wurde, trotzdem hier die Arbeiter oft solche Massen von Phosphordämpfen einathmeten, daß im Dunkeln ihr Athem leuchtend wurde. Man versuchte hin und her, dem Phosphor die schädlichen Eigenschaften zu nehmen, und als Schrötter den amorphen Phosphor entdeckte, nahm man deswegen dieses Präparat von allen Seiten sogleich mit dem größten Eifer in die Zündhölzchenfabrikation auf. Er hat sich, wie gesagt, sehr bald wieder gekühlt. Denn mit der Umänderung des gewöhnlichen Phosphors hatte derselbe auch seine Eigenschaft eingebüßt, welche ihn zur Zündmasse so ausgezeichnet qualifizirte, seine leichte Entzündlichkeit. Es haben daher die Zündhölzchen, zu deren Zündmasse rother oder amorpher Phosphor genommen wurde, nur eine sehr beschränkte Aufnahme gefunden, und eben so ist es den Antiphosphorhölzern und den phosphorfreien Zündhölzern gegangen, mit deren Darstellung die Fabrikanten sich eifrigst beschäftigt haben und noch abmühen.

Die Antiphosphorhölzer wurden im Jahre 1848 von Wöttger in Frankfurt erfunden und rechtfertigen ihren Namen dadurch, daß der Phosphor (amorpher) mit Zusatz eines rauhen, die Reibung vermehrenden Körpers, Braunstein oder dergleichen, nicht auf die Kuppen der Hölzchen gebracht wird, sondern daß man ihn zur Präparation einer besonderen Reibfläche verwendet und zu diesem Behufe auf einer Pappe oder sonstigen Fläche ausbreitet. Die Zündmasse der Hölzchen besteht aus einer mit Gummi angemachten Mischung von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon, und hat die Eigenthümlichkeit, sich auf jener phosphorhaltigen Reibfläche sehr leicht, auf jeder andern Fläche aber nicht oder jedenfalls nur sehr schwer zu entzünden. Die daraus entspringende Nothwendigkeit, einen zweitheiligen Apparat immer zur Hand haben zu müssen, würde allein schon, wenn sich auch andere Uebelstände, wie das Verschmieren der Reibfläche und das Untauglichwerden derselben, nicht in den Weg stellten, die Bevorzugung dieser Zündhölzer hindern. Sicherheit und Bequemlichkeit sind die Haupterfordernisse eines guten Feuerzeuges, und beides besitzen die Antiphosphorhölzer nicht in dem verlangten Grade.

Die phosphorfreien Zündhölzer haben zur Zeit eben so wenig sich das Terrain erobern können. Es läßt sich zwar durchaus nicht behaupten, daß wir uns nie von dem Phosphor werden unabhängig machen können. Für jetzt aber fehlt allen Mischungen, die ohne ihn zusammengesetzt worden sind, noch die rasche und leichte Entzündlichkeit, die alle Phosphorpräparate charakterisirt. Es bleibt also vor der Hand nichts übrig, als immer wieder den ganz gewöhnlichen Phosphor anzuwenden, wenn man wirklich gute Zündhölzer erhalten will. Vorsicht und vor allen Dingen gute Ventilation in den Fabrikräumen vermindern die Gefährlichkeit, so daß seine Verarbeitung ohne alle üble Folge jetzt stattfindet.

Die Fabrikation der Phosphorzündhölzchen hat sowol in der mechanischen Verarbeitung des Holzes als in der Art und Weise des Ueberzuges mit der Zündmasse und endlich in der Zusammensetzung dieser letztern selbst sehr zahlreiche Verbesserungen erfahren. Wir wollen nicht ermüden mit der Untersuchung, wer zuerst den Schwefel wegließ und statt dessen die Hölzchen mit Stearin oder Wachs tränkte und damit die ersten Salonhölzchen erfand, oder wer die ersten Streichföbibusse machte, oder wer die Kuppen der Hölzchen zuerst in schönen bunten Farben herstellte und fein lackirte. Wir wollen uns vielmehr zu der Betrachtung der Darstellungsweise selbst wenden und wollen die gesonderten Branchen des Zurichtens der Hölzchen, der Her-

richtung der Zündmasse und des Betupfens, Trocknens und Verpackens mit derselben auch für sich jede uns ansehen.

Das Zurichten der Hölzchen, die Herstellung der Holzstäbchen, steht gegen die früher gebräuchlichen Methoden jetzt in dem beinahe höchsten Stadium der Vollendung. Wer erinnert sich nicht der primitiven Schwefelhölzer, die durch rohe Spaltung gewonnen und an dem einen Ende schief zugeschnitten wurden, um wenigstens dem Funken auf dem Zunder einigermaßen nachgehen zu können! Viel vollkommener waren auch die ersten Phosphorzündhölzchen noch nicht. Dagegen betrachte man die jetzigen zierlichen, runden Stäbchen von gleicher Länge, von gleicher Glätte und Zierlichkeit; und doch fertigt ein Arbeiter im Laufe eines Tages zehn Mal mehr, als er von den rohen Blöcken früher herzustellen im Stande war.

Das zu den Hölzchen am häufigsten verwandte Holz ist das Tannenholz; Fichten-, Aspen-, bisweilen auch Buchen- oder gar Cedernholz ersetzen es. In vielen großen Zündhölzchenfabriken wird die Bearbeitung von dem Scheitstücke an vorgenommen; andere, vorzüglich wenn sie entfernt von dem Walde liegen, kaufen die bereits zugerichteten Hölzchen und beschäftigen sich erst von der Bereitung der Zündmasse bis zum Verpacken. Für solche Fabriken arbeiten große Schneide- und Sägemühlen in der Nähe der Wälder vor, und im bairischen und Böhmerwalde hat dieser Zweig der Holzindustrie eine große Ausdehnung erlangt. Statt des früheren Spaltens der Hölzchen, wobei man sich würfelförmiger Holzklötzchen von der entsprechenden Länge bediente, die durch ein hebelartig sich in einer Lade bewegendes Schneidemesser zuerst in parallele Schichten zertrennt wurden, aus denen man durch rechtwinkelig darauf geführte Schnitte die einzelnen Stäbchen sonderte, bedient man sich jetzt allgemein eines eigenthümlich geformten Hebels, dessen Erfindung in Wien von Heinrich Weilhöfer, oder, wie Andere meinen, von Stephan Romer gemacht worden ist. Das Hobeleisen hat statt der gewöhnlichen Schärfe eine horizontale Umbiegung, welche mit mehreren an den Rändern zugeschärften Böchern (am besten mit 3) durchbohrt ist. Wird der Hobel auf dem der Breite des Eisens entsprechend breiten Rande des Brettes fortgestoßen, so dringt das Eisen in das Holz ein, und es bilden sich so viel einzelne Stäbchen, als der Hobel Böcher enthält. Die Bretter müssen abstrein, von gradfaserigem Gefüge fein und werden am besten in einer Länge von etwa 3 Fuß verwendet. Die Oberfläche wird allemal, wenn eine Schicht Stäbchen abgehobelt worden ist, durch einen gewöhnlichen Hobel wieder geglättet, ehe der Zündholzhobel wieder angewandt wird.

Man hat auch Hobelmaschinen in Anwendung gebracht (Pelletier in Paris), die durch kleine Messerchen die Oberfläche des Holzkluges bis auf eine gewisse Tiefe erst spalten, ehe die Schicht abgenommen wird; andere (nach Cochot), bei denen das Holz am Umfange einer Welle angebracht ist und durch deren Umdrehung einmal an ein kammartiges Schneidemesser und gleich darauf an ein Hobeleisen angedrückt wird. Die interessanteste Maschine aber ist die von Krusch konstruirte, in welcher das Holz ganz so wie das Metall zu rundem Draht gezogen wird. Durch eine starke Pressung wird der Holzklug in der Richtung seiner Fasern gegen eine mit sehr vielen scharfrandigen Böchern durchbohrte Stahlplatte gedrückt und schließlich mittels einer Zange gefaßt und hindurchgezogen. Die so erhaltenen Holzdrähte sind von einer großen Gleichmäßigkeit und übertreffen alle auf andere Weise dargestellten. Ein Holzstück von 3 Centimetern Breite giebt nach Wagner 400 Stäbchen, welche aus 1 Meter Länge jedes 15 Zündhölzer liefern. Die Erzeugung der 6000 Stück dauert etwa 2 Minuten.

Die Abgleichung zu gleicher Länge aus langen gehobelten oder gezogenen Stäbchen

erfolgt durch ein Nebelmesser, welches in gewissem Abstände von einer festen Fläche sich bewegen läßt, gegen die das Bündel Stäbchen gestoßen wird, um alle Enden in eine Ebene zu bringen.

Während die Stäbchen auf diese Weise vorbereitet werden, wird in dem Laboratorium an der Zusammenfassung der Zündmasse gearbeitet. Phosphor und die anderen Substanzen werden in fein pulverisirtem Zustande und in abgewogenen Mengen dem Bindemittel zugesetzt, welches gewöhnlich aus Traganthschleim oder Keim oder Senegalgummi besteht und die Konsistenz eines dünnen Syrups haben muß. Durch vorsichtiges und anhaltendes Umrühren bewirkt man eine möglichst innige Mischung. Zuerst verrührt man, gewöhnlich unter gelindem Erwärmen, den Phosphor, weil die geringe Menge desselben sich in dem flüssigeren Bindemittel gleichmäßiger vertheilen läßt, als wenn die übrigen Zusätze bereits darin sind. Man hielt früher dafür, daß ein Zusatz von 8—10 Prozent Phosphor mindestens bei einer guten Zündmasse verlangt werde. Allein mit Unrecht. Man kann mit dem Phosphorgehalt bedeutend herabgehen und wird dadurch innerhalb gewisser Grenzen sogar den Vortheil bessern Brennens erlangen, denn bei zu viel Phosphor bildet die durch



Fig. 525.  
Abgleichen der Stäbchen.

das Verbrennen entstehende Phosphorsäure eine glasige Schlacke, die, das Ende des Stäbchens überziehend, dem Weiterverbrennen ungünstig entgegenwirkt. Oft man vollends den Phosphor in Schwefelkohlenstoff und setzt der Zündmasse diese Flüssigkeit zu, durch welche eine höchst feine Zertheilung ermöglicht wird, so kann man mit noch geringeren Mengen Phosphor ausgezeichnete Zündmassen erhalten, und hat außerdem noch den Vortheil, kalt arbeiten zu können.

Die Zusätze, welche dem Phosphor gegeben werden, haben einen verschiedenen Zweck; entweder sollen sie chemisch wirken, dadurch, daß sie sich in der Hitze mit zersetzen und brennbare oder das Brennen begünstigende Produkte liefern (chlorsaures Kali, Salpeter, Bleisuperoxyd, Schwefelantimon, Kohle, Schwefel, Braunkohle, Salpetersäure, chromsaures Bleioxyd u. v. a.), oder es kommt besonders darauf an, durch sie die Reibung zu vergrößern, und in diesem Falle greift man zu den scharfkantigen Pulvern von Glas, Bleiglanz, Schwefelkies, Feuerstein u. s. w.; oder aber endlich man bezweckt eine Färbung der Zündmasse und dann steht eine sehr große Zahl von Substanzen zur Verfügung. Gewöhnlich nimmt man aber aus diesen für blaue Farben Mischungen von Berlinerblau und Kreide, seltener das theure Kobaltblau, für Roth Mennige, für Gelb chromsaures Bleioxyd, für Grün eine Mischung von Blau und Gelb. Je nachdem man aus der Anzahl dieser oder ähnlicher brauchbarer Körper einige kombinirt, erhält man die verschiedenen Recepte zu Zündmassen, nach denen in den verschiedenen Fabriken gearbeitet wird.

Wir wollen beispielsweise nur diejenigen aufführen, welche Wagner in seiner Technologie angiebt, ohne dadurch eine Bevorzugung vor andern auszusprechen. Man nimmt Phosphor 1,5 Theil, Senegalgummi 3, Kienruß 0,3, Mennige 5 und Salpetersäure (40° B.) 2 Theile; das Gemisch der beiden letzteren Körper zusammen vorher eingetrocknet und pulverisirt; — oder man nimmt 8 Theile Phosphor, löst ihn in der entsprechenden Menge Schwefelkohlenstoff und vermischt diese Flüssigkeit mit 21 Theilen Keim, in Wasser aufgelöst, 24 Theilen Bleisuperoxyd und 24 Theilen Kalisalpeter; oder man mischt 3 Th. Phosphor, 3 Th. Senegalgummi, 2 Th. Bleisuperoxyd, 2 Th. Sand und Smalte. Für phosphorfreie Zündmasse schlägt Dr. Wiederholt als

ganz ausgezeichnet folgendes Rezept vor: 52 Theile chlorsaures Kali, 26 Theile unterschwefligsaures Bleioxyd und 8 Theile arabisches Gummi, welches letztere man in Wasser auflöst, bevor man die andern beiden Substanzen einträgt. Diese Zündmasse soll sich durch Erfüllung der beiden Haupterfordernisse, leichte Entzündlichkeit und Widerstand gegen feuchte Luft, aus welcher andere Zusammensetzungen sehr gern Wasser anziehen und dadurch unbrauchbar werden, ganz besonders auszeichnen.

Das Betupfen der Hölzchen. Ist nun diese Zündmasse auf irgend welche Weise bereitet, so erübrigt noch, sie an die Hölzchen zu bringen, und dies geschieht, indem man die letzteren in den halbflüssigen Brei mit dem einen Ende eintaucht. Es bleibt dabei eine genügende Portion der Masse hängen. Aber weil die Zündmasse an und für sich nicht hinreichen würde, das Holz zu entflammen, so muß man ihr einen leichter brennbaren Körper erst unterlegen, den sie zunächst in Brand zu setzen hat und welcher die Verbrennung des Holzes einleitet. In den meisten Fällen ist dies Schwefel; mit diesem überzieht man die Enden der Streichhölzchen und trägt darauf erst die Phosphormasse auf. Bisweilen jedoch, bei besonders feinen Hölzchen, nimmt man statt feiner Stearinsäure wol auch Wachs, und erhöht die Entzündlichkeit des Holzes vielleicht noch dadurch, daß man die Enden, indem man sie gegen eine glühende Eisenplatte hält, leicht erhitzt, so daß sie anfangen sich zu bräunen.

Wie man auch verfahren möge, das bleibt für alle Fälle der Hauptzweck: eine möglichst große Zahl von Hölzchen in einer gegebenen Zeit mit Zündmasse zu versehen und ein möglichst gleichmäßiges Fabrikat zu erzeugen. Man behandelt daher von nun an die Hölzchen nicht einzeln, sondern gleich massenweise und spannt zu diesem Zwecke in der gehörigen Entfernung von einander eine sehr große Zahl zusammen in einen Rahmen. Ein solcher Rahmen besteht aus kleinen Bretchen von etwa 1 Fuß Länge und 2—3 Zoll Breite. Auf der einen Seite sind diese Bretchen mit lauter kleinen, der Quere gehenden Rinnen versehen, in deren jede ein Hölzchen zu liegen kommt; die andere Seite ist mit Flanell überzogen, so daß, wenn Bretchen auf Bretchen gehäuft und auf einander gedrückt werden, die kleinen Hölzchen in den Rinnen sich nicht oder nur schwierig verrücken können. Ist der Rahmen gefüllt, d. h. ist die entsprechende Anzahl Bretchen mit einander verbunden, so wird er auf eine glatte Fläche aufgeklopft, damit die Enden gleichweit über den Rand hervorstehen, und ist nun so weit, um in den flüssigen Schwefel oder in die geschmolzene Stearinsäure getaucht werden zu können. Damit dabei die Hölzchen nicht zu weit benetzt werden, ist die geschmolzene Masse in einem völlig wagerecht gestellten, breiten, pfannenförmigen Gefäße enthalten, und zwar bedeckt sie den Boden desselben nur so hoch, als die Hölzchen eingetaucht werden sollen. Es wird also der Rahmen in diese Pfanne eingesetzt, das Ueberflüssige abtropfen gelassen, und sobald er getrocknet ist, in die syrupsdicke Masse gedrückt, die eben so auch nur in einer schwachen Schicht den Boden ihres Gefäßes bedeckt. Damit die Zündhölzchen trocknen, werden die Rahmen



Fig. 326. Eintesen der Hölzchen in den Rahmen.



Fig. 327. Eintauchen der Hölzchen in die Zündmasse.

in einem mäßig warmen Zimmer in ganz horizontaler Lage aufgehangen. Bei einer Neigung würde die flüssige Zündmasse sich nach einer Seite hinziehen und es müßten lauter unregelmäßige Hölzchen zu Tage kommen, was man so vermeidet, denn hier sammelt sich die Masse als ein die Spitze umhüllender Tropfen. Will man feinere Sorten von Zündhölzchen dadurch erhalten, daß man die Kuppen mit einem glänzenden Firniß überzieht, so hat man die Prozedur des Eintauchens noch ein drittes Mal vorzunehmen. Im Uebrigen aber bietet dies, sowie die Herstellung der verschiedenen Zündrequisiten, der Phosphorzünddochte, der Kerzchen u. s. w., gar keine weitere Schwierigkeit. Ebenso brauchen wir über die Fabrikation der Antiphosphorhölzchen kein Wort weiter zu verlieren.

Die noch restirende Arbeit ist das Auseinander schlagen der Rahmen und Verpacken der Hölzchen. Beinahe jede Fabrik hat aber eine besondere Verpackungsweise. Während in der einen hölzerne Enveloppen angewendet werden, kommen die Produkte einer andern in Papierhülften auf den Markt, eine dritte hat Büchschchen von Holz, eine vierte gar Schachteln von Weißblech (schwedisch), die häufig die Hauptsache für den Käufer sind. Genug, es würde überflüssig sein, über diese einfachen Manipulationen uns in Erörterungen zu vertiefen. Das Abzählen und Verpacken geschieht von Kindern oder Frauen, und überhaupt sind in der ganzen Fabrikation der Zündhölzchen, die auf große körperliche Kraft weniger Anspruch macht, als auf Geschwindigkeit und Geschicklichkeit der Finger, weibliche Arbeitskräfte in vorwiegender Anzahl beschäftigt.

Es ist unglaublich, welche Massen von Zündhölzchen jährlich produziert werden und welch' einen bedeutenden Handelsartikel diese kleinen Dingerchen bilden. Auf dem Kontinent steht Oesterreich in ihrer Fabrikation obenan. Die bedeutendsten Fabriken und die größte Zahl derselben besitzt die Umgegend von Wien. In mancher sind über 1000 Arbeiter thätig, von denen jeder gewöhnlich nur eine einzige Handreichung zu thun hat, und ein Zündhölzchen, das wir kaum in einen Bruchtheil eines Pfennigs auszudrücken vermögen, hat, ehe es in seiner endlichen, nützlichen Form uns dargeboten werden kann, eine sehr große Zahl von Händen und gewaltige Maschinenkräfte in Bewegung gesetzt. Nur das bis in's Kleinste durchgeführte Prinzip der Arbeitstheilung und die ungeheure Massenproduktion vermag den billigen Preis zu erklären. Das Tausend guter Hölzchen in doppelter Verpackung, je 100 zusammen in einer Papierkapsel, die mit einer rauhen Reibfläche, sowie mit einer lithographirten Etikette versehen ist, und zwanzig oder mehr solcher Hundertpackete wieder zusammen in einem Holzkästchen liefert die Fabrik bis herab zu 8, ja 6 Pfennigen und dabei ist der Preis einzelner Materialien, wie des chlorfauren Kali's, des Bleisuperoxyds, vor allen aber des Phosphors, ein ziemlich bedeutender.

Freilich wird dann mit diesen Substanzen auch die größte Sparsamkeit getrieben. Man verbraucht zu guter Zündmasse jetzt nur den 6. bis 8. Theil des Phosphorzusatzes, welchen man früher anwandte, und trotzdem steigt der Gesamtverbrauch von Jahr zu Jahr. Vor zehn Jahren schon erzeugte Oesterreich allein über 50,000 Millionen Stück Zündhölzchen. Dazu kommen noch im Zollverein die bedeutenden Fabriken des Harzes, in Bayern, Sachsen u. s. f. Frankreich und England, obwohl sie für den Welthandel mit Deutschland nicht konkurriren können, decken durch eine lebhafte Fabrikation ihren Bedarf selbst und führen in besonderen Sorten auch ziemliche Quantitäten aus. Im Norden ist es hauptsächlich Schweden, das durch ausgezeichnete gute, wenn auch nicht in gleicher Weise elegante Phosphorzündhölzer sich einen Namen gemacht hat.

Der Natur der Sache nach kann diese Industrie sich am üppigsten nur da entwickeln, wo die Holzpreise und das Arbeitslohn auf einer niedrigen Stufe stehen.

Der Böhmerwald, das Riesens- und Erzgebirge sowie der Harz sind deshalb die günstigsten Territorien.

Im hannöverschen Oberharz arbeiten in den drei Fabriken Andreasberg, Lautenberg und Oberfeld über 1300 Arbeiter. Die erforderlichen chemischen Präparate werden hier selbst angefertigt. Der Holzverbrauch beläuft sich jährlich auf 24,000 Kubikfuß; um diese zu beschaffen, müssen dritthalbtausend stattliche Bäume gefällt werden. Kisten und Verpackung erfordern beinahe eben so viel Holz wie die Streichhölzer. Dazu kommt ein Verbrauch von 60,000 Pfund Stearin, 20,000 Pfund Wachs, 30,000 Pfund Baumwollengarn, um die feineren Hölzer und sonstige Zündpräparate darzustellen. Das zu Kapseln verarbeitete und sonst verbrauchte Papier beträgt allein jährlich an 400 Ballen, und zur Anfertigung der kleinen Etiketten sind zwei eigene lithographische Pressen in Thätigkeit, welche an 20 Ballen weißes Papier bedrucken. Die kleinen Holzbüchsen werden auf 200 Drehbänken gedreht, von denen der bei Weitem größte Theil (186) durch eine eigene Turbine in Bewegung gesetzt wird. Außerdem aber gehört zur Verpackung das Ausschlagen der für den überseeischen Handel bestimmten Kisten mit Zinkblech, und ein Verbrauch von 250 Centnern beweist, welche Ausdehnung der Export hat.

Wundert man sich solchem Betriebe gegenüber noch, wenn man erfährt, daß täglich 7—800 Millionen feine Zündhölzer, 1—1½ Millionen Zündkerzen fertig werden, die gleich in die während derselben Zeit gedrehten und polirten 20,000 Holzbüchsen, und in eine noch viel größere Zahl Papierenveloppen, diese ihrerseits in 60—70,000 Spanschachteln verpackt und in alle Welt versandt werden? — Das ist die Macht eines einzigen Stoffes, des Phosphors, und der Triumph einer einzigen Wissenschaft, der Chemie.

Welcher Kontrast aber zwischen den fabelhaften Irrlichtern auf der einen Seite und dem kleinen Zündholz auf der andern! Dort die unklare, dufelige Schwärmererei — hier der helle, aufblitzende Gedanke, der sich die Welt erobert!





Des Wissens Schranken gehen auf,  
 Der Geist, in euren leichten Siegen  
 Weilt, mit schnell gezeitigten Vergnügen  
 Ein künstlich All von Reizen zu durchleiten,  
 Stellt der Natur entgegenere Säulen,  
 Creilet sie auf ihrem dunkeln Lauf.

Schiller.

## Die Erfindung der Daguerreotypie und Photographie.

Älteste Versuche in der Lichtbildnerei. Nicépe's und Daguerre's Versuche. Daguerre's Erfindung, die Daguerreotypie. Chemische Grundzüge derselben. Jod, Brom, Chlor. Die photographische Camera obscura und Erzeugung der Bilder auf der Silberplatte. Photographie auf Papier. Talbotypie. Beschleunigende Substanzen. Negatives und positives Bild. Eiweiß und Collodium. Silber-, Fixir- und Waschlösungen. Kopiren. Panotypie. Visitenkartenporträts. Trockne Verfahren. Augenblicksbilder. Unvergängliche Photographien und Photographie mit natürlichen Farben.

Wenn man vor einem Menschenalter einem gewöhnlichen „aufgeklärten“ Manne gesagt hätte, es sei vielleicht möglich, einen Spiegel so einzurichten, daß er das Bild des Hineinblickenden auf immer festhalte, so würde dieser einen solchen Gedanken wahrscheinlich für eine Lächerlichkeit erklärt haben; hätte die Unterhaltung aber ein paar Jahrhunderte früher stattgefunden, so hätte der weise Mann sehr wahrscheinlich ein Kreuz geschlagen und höchstens zugegeben, nur mit Hilfe des bösen Feindes könne so Etwas möglich sein. In der That erzählt die Sage von einem alten Schwarzkünstler, welcher es verstanden haben soll, ein Gefäß mit Wasser in einem Augenblicke zum Gefrieren zu bringen, so daß das Bild Desjenigen, der sich gerade darin bespiegelte, im Eise festgebaut war. Diese Erzählung beweist allerdings zunächst nur, daß die Menschen von jeher gern das Unglaublichste für möglich hielten; sie sagt uns aber auch, daß wenigstens die allgemeine Idee der Lichtbildnerei schon frühe in den Köpfen Platz gefunden habe.

Einem Chemiker freilich würde es nicht eingefallen sein, eine auf diesen Punkt gerichtete Frage als eine thörichte zu behandeln, denn schon seit Anbeginn der neuern Chemie mußte man bemerken, wie das Licht, besonders das Sonnenlicht, vielfach verändernd, theils einigend, theils trennend, auf chemische Stoffe einwirkt. Daß natürliches Chlor Silber, das sogenannte Hornsilber, sich im Tageslichte bräune und schwärze, wußten schon die Alchimisten des 16. Jahrhunderts; Scheele aber war der Erste, welcher 1777, die Wirkungen der durch ein Prisma erzeugten Regenbogenfarben auf das Chlor Silber genau beschreibend, die Thatsache feststellte, daß im violetten Strahl die Schwärzung am raschesten erfolge. Im Jahre 1801 beobachtete Ritter, daß auch neben dem Farbenbilde noch ein Streifen deutlich affizirt wird, daß also auch unsichtbare Strahlen im Lichte vorhanden sind, welche das Chlor Silber schwärzen. Von diesem Zeitpunkte datirt eine neue Wissenschaft: die Photochemie, welche, als eine Tochter des Lichtes, an rascher Ausbildung gleichsam mit der Schnelligkeit der Lichtstrahlen Schritt zu halten scheint. Die auf die chemischen Wirkungen des Lichtes bezüglichen Thatsachen häuften sich im Laufe der Zeit ungemein, und die meisten der jetzt wirklich in der Lichtbildnerei angewandten Stoffe waren bald als lichtempfindliche erkannt und geprüft. Aber die Gelehrten begnügten sich nicht damit, die bloße Lichtempfindlichkeit zu konstatiren, sie suchten auch den Unterschied der Einwirkung verschiedenerfarbiger Lichtstrahlen zu erforschen. Dr. Seebeck in Jena wies zuerst in „Göthe's Farbentheorie 1810“ darauf hin, daß die verschiedenen Strahlen des Spectrums dem Chlor Silber ihre Eigenfarben mittheilen. Die Heliochemie ist also deutschen Ursprungs.

Die reizend schönen und getreuen Abbilder, welche die Camera obscura und das Sonnenmikroskop von natürlichen Gegenständen auf eine Fläche werfen, mögen den Gedanken an die Lichtbildnerei gar manchem Gelehrten und Praktiker nahe gelegt haben. Jeder, der einmal diese Lichtwirkungen sah, mußte sich sagen, wie schön es doch wäre, wenn diese Bilder auf der matten Glastafel oder dem Papier für immer stehen bleiben könnten. Auf welche Weise man dies Ziel erreichen zu können glaubte, zeigt eine interessante Mittheilung, welche Liphaine de la Roche in seiner 1760 zu Cherbourg gedruckten „Giphantie“ macht. Dies wunderliche Buch, welches unter dem Titel „Giphantie oder Erdbeschreibung“ in deutscher Uebersetzung erschien, erzählt uns, wie der Verfasser während eines Sturmes in den Palast der Elementargeister geführt und von ihrem Beherrscher mit ihren Arbeiten und Geheimnissen bekannt gemacht wird.

„Du weißt“, sagt er zu ihm, „daß die reflectirten Lichtstrahlen auf glänzenden Flächen Bilder entstehen lassen, wie dies z. B. auf der Retina des Auges, im Wasser und im Spiegel der Fall ist. Die Elementargeister suchten diese Bilder festzuhalten und haben eine sehr feine und sehr klebrige Materie zusammengesetzt, welche äußerst leicht trocknet und hart wird, mit deren Hilfe sie in einem Augenblicke ein Gemälde anfertigen. Sie überziehen mit diesem Stoffe ein Stück Feinwand, worauf sich die Bilder nicht nur spiegeln, sondern auch haften bleiben, wenn man den Ueberzug im Dunkeln trocknen läßt.“

Auf andere Weise als Liphaine erzielten Wedgwood und Davy 1803 photographische Bilder. Sie tränkten Papier und Leder mit einer Silberlösung und machten darauf Profile, d. h. Schattenbilder, die sie jedoch nicht gegen das Tageslicht unempfindlich zu machen wußten, so daß sie nur bei Lampenschein besehen werden konnten, wenn nicht endlich das ganze Papier sich bräunen sollte. Erst 1819 erfand Sir John Herschel das so lang' ersuchte Fixirmittel im unterschwefligsauren Natron. Als die Kunde von Daguerre's Entdeckung die Welt durchlief, griff man in aller



Ungebuld die ersten Versuche wieder auf und es kamen in den Kunsthandlungen sogenannte Lichtbilder zum Vorschein, die nichts weniger als interessant waren. Man hatte nämlich auf ein mit Silberlösung präparirtes Papier Blätter, Moose u. dgl. gelegt und, mit einer Glastafel bedeckt, sie dem Lichte ausgesetzt. Das Produkt waren rohe weiße Abbildungen auf braunem Grunde, welche bald durch Veröffentlichung von Daguerre's Geheimniß in den Hintergrund gedrängt wurden, weil Jeder einsah, daß es sich hier um eine ganz neue, ebenso interessante als wichtige Erfindung handle. Eine große Erfindung war abermals gemacht, und daß die Ehre derselben zwei Franzosen zufällt, soll ohne Neid anerkannt werden, so sehr auch die Franzosen ihrerseits geneigt sind, von anderen Nationen gemachte Erfindungen zu übersehen oder zu verkleinern. Die Idee war allerdings schon da, aber der Haupttheil der ganzen Erfindung in diesem Falle ist die Ausführung.

Die Entstehungsgeschichte der Lichtbilderei ist eigenthümlich und interessant. Zwei Männer, Niépce und Daguerre, beginnen, ohne von einander zu wissen, gleichartige Bestrebungen, und arbeiten mehrere Jahre lang abge sondert; der Erstere hat



Fig. 330. Daguerre.

bereits nemenswerthe Resultate erreicht, sich aber in sehr umständliche und unsichere Verfahren verwickelt; der Zweite hat noch gar keine besonderen Fortschritte gemacht; als aber beide Männer zusammentrafen, erfaßte dieser mit Begeisterung die Idee des Ersten und verarbeitete sie zu einem ganz neuen Verfahren, nach welchem die so lange gesuchte Kunst nun eine verhältnißmäßig leichte und einfache Arbeit geworden ist.

Niépce's Versuche gehen bis zum Jahre 1814 zurück; er arbeitete viel mit Harzen, besonders mit Asphalt, dessen eigenthümliches Verhalten im Lichte er entdeckte, und mittels dessen er auf Glas- und Metallplatten Bilder erhielt, freilich oft erst nach 5—6 Stunden.

Seine Erfahrungen mit dem Asphalt sind, wie wir später sehen werden, keineswegs nutzlos geblieben. Im Verlaufe seiner Studien benutzte Niépce auch Silberplatten und Noddämpfe.

Die Verbindung von Niépce und Daguerre schreibt sich von 1829 her. Ersterer starb 1833, und 1839 war Daguerre mit der Erfindung so weit, daß er damit hervortreten konnte. Die Regierung kaufte sie auf Antrag von Arago und Gay-Lussac an und setzte dafür Daguerre eine Leibrente von 6000 Francs aus, während Niépce's Sohn 4000 Francs Pension erhielt. Arago veröffentlichte dann am 10. August 1837 in der vereinigten Sitzung der Academie der Wissenschaften und Künste die Erfindung als „ein Geschenk für die ganze Welt“. Und die Welt begrüßte dies unerwartete schöne Geschenk mit Erstauen und freudigem Jubel.

Daguerre's Erfindung beschränkte sich auf die Anfertigung von Bildern auf versilberten Platten, und dieser Zweig der Kunst trägt noch jetzt des Urhebers Namen, während unter Photographie die gesammte Lichtbilderei auf Glas, Papier, Silberplatten und den andern Stoffen verstanden wird. Die neue Kunst zeigte bei ihrem Hervortreten noch zwei wesentliche Mängel, denen aber bald abgeholfen wurde, weil

das Interesse der Gelehrten und Praktiker aller Länder auf die Ausbildung der neuen Erfindung gerichtet war. Daguerre brauchte 20 Minuten zur Aufnahme eines Bildes, weshalb an Porträtiren u. dgl. nicht zu denken war; da fand Claudet 1840 in dem Brom ein so kräftiges Unterstützungsmittel für das Iod, daß die Empfindlichkeit der Platte nun bis zu einem kaum gehofften Grade gesteigert, ja die Aufnahmezeit auf wenige Sekunden reduziert werden konnte. Doch fehlte es den Bildern an Haltbarkeit; sie waren in dieser Hinsicht mit dem Staube der Schmetterlingsflügel vergleichbar und verschwanden nach einiger Zeit von selbst, wenn sie nicht unter Glas gelegt wurden. Diesem Fehler half der Chemiker Fizeau ab, indem er die wunderbare Wirkung entdeckte, welche Chlorgold auf das fixirte Bild ausübt. Dasselbe wird dadurch nicht allein befestigt, sondern verliert auch einen großen Theil seines unangenehmen Spiegelglanzes.

Zu diesen Fortschritten gesellten sich bald neue Ausbildungen der jungen Kunst. Auch die Lichtbildnerei auf Papier ward wieder vorgenommen und mit Hülfe der neu gewonnenen Einsichten auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit gebracht. Da das Papier aber nicht fein genug ist, um die zarten Einzelheiten der Bilder wiederzugeben, so griff man bald darauf zu feinem Unterlagen und schuf sich gewissermaßen ein Papier ohne Körper, indem man Glasplatten mit Eiweiß oder Collodium überzog. Endlich, nachdem man den Lichtstrahl zum kunstvollsten Zeichenmeister gemacht, mußte er auch noch Lithograph werden und seine Bilder auf Steinplatten in einer Weise zeichnen, daß man davon wie von ganz gewöhnlichen Lithographien Abdrücke nehmen kann.

Diese schönen Erfolge wären aber nicht möglich gewesen, wenn nicht die Optiker hilfreiche Hand geboten hätten, und hierin haben sich Franzosen und Deutsche große Verdienste erworben. Zuerst war es Charles Chevalier in Paris, der durch Vereinigung von zwei achromatischen Linsen nicht allein die Aufnahmezeit verkürzte, sondern den Bildern auch größere Feinheit verlieh. Schon vor der Anwendung der beschleunigenden Substanzen nahm er Porträts in wenigen Minuten auf. Noch größere Vervollkommnungen erfuhren die photographischen Objektive durch einen Deutschen. Professor Pösgal in Wien unterzog sich langen und mühsamen Studien und Berechnungen; seine Bemühungen wurden mit glücklichem Erfolge gekrönt, und auf Grund der gewonnenen Resultate entstanden die so berühmt gewordenen Voigtländer'schen Apparate. In Betreff der Einrichtung der Camera obscura und der Aufertigung von Linsen ohne sphärische und chromatische Abweichung müssen wir unsere Leser auf Band II, Seite 189 ff. verweisen. Der photographische Apparat ist eben nichts weiter als eine verbesserte Camera obscura. Fig. 331 stellt eine photographische Camera in ihrer einfachsten Form dar.

In einem Kasten B läßt sich ein zweiter Kasten A hin und her schieben. Um diesen letztern in bestimmter Lage festhalten zu können, ist das mit B verbundene Brett D mit einem Spalt versehen und an dem Kasten A ein Messingstreifen befestigt, von dem aus in den Spalt eine Klemmschraube hinabreicht, welche beim Aus- und Einziehen des Kastens A zum Feststellen derselben dient. Das Objektiv befindet sich an der Vorderseite des Kastens B, während an der Hinterseite des Kastens A das matte Glas C angebracht ist, auf dem die Bilder der äußeren Gegenstände beim Öffnen des Objektivdeckels sichtbar werden.

Die photographischen Objektive zerfallen je nach ihrer Verwendung in Porträt-

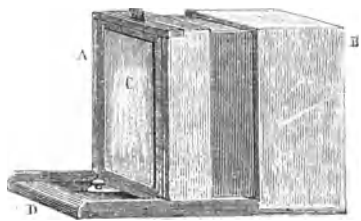


Fig. 331. Gewöhnliche Camera obscura für photographische Zwecke.

und Landschaftsobjektive. Letztere haben gewöhnlich nur ein achromatisches Objektivglas, erstere bestehen aus zwei achromatischen Gläsern. Ein solches Doppelobjektiv zeigt Fig. 332; in Fig. 333 sind die Linsen dargestellt.

Wie man auf den ersten Blick sieht, sind in B und A die beiden achromatischen Linsen von Fig. 333 in einer Hülse angebracht, welche sich auf den Ring E schrauben läßt. Dieser Ring wird an der Camera befestigt. In der Messinghülse läßt sich durch die Mikrometerschraube F ein Rohr bewegen, welches die Stellung der Objektive regelt. D ist der Deckel des Objectives und H eine Blende, die man in G einschreibt, wenn man eine größere Schärfe erlangen will.

Denken wir uns nun, das Doppelobjektiv sei, wie es die Anfangsvignette zeigt, an der Camera befestigt, und diese, damit sie fester steht und bequemer hoch oder niedrig gestellt werden kann, auf einem Stative angebracht, wir befänden uns aber in einem Glashause, um ein Bild aufzunehmen.

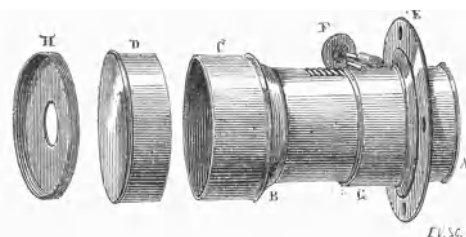


Fig. 332. Doppelobjektiv.

Von der Anlage und Einrichtung eines solchen Glashauses giebt uns die Abbildung Fig. 334 eine Vorstellung, welche ohne weitere Auseinandersetzung verständlich ist. Nachdem die Camera auf die Person gerichtet und der Deckel vom Objektiv entfernt worden ist, zeigt sich uns auf dem matten Glase ein Bild der Person, welche dem Objektiv gegenübersteht. Um dies Bild deutlicher beobachten zu können, verdunkeln wir die

Umgebung des matten Glases, indem wir ein Tuch über den Kopf werfen. Die größere oder geringere Schärfe des Bildes auf dem matten Glase muß durch Aus- und Einschreiben des innern Kastens der Camera obscura und durch Drücken an der Mikrometerschraube erreicht werden.

Wo die Glastafel sich befindet, erhält nach dem Einstellen die Kassetten ihren Platz. Sie besteht aus einem Rahmen mit dem verschiebbaren Bretchen a und dem Thürchen b (Fig. 335). Zwischen beide wird beim Daguerreotypverfahren die empfindliche Silberplatte, beim Collodiumverfahren die Glasplatte gebracht, so zwar, daß die empfindliche Schicht beim Einschreiben in die Camera genau dieselbe Stelle einnimmt, wo auf der matten Glastafel das Bild am deutlichsten erschien.

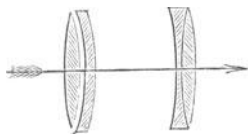


Fig. 333. Stellung der Linsen.

Sehen wir zu, wie die Daguerreotypplatte für eine Aufnahme hergerichtet und empfindlich gemacht wird.

**Die Daguerreotypie.** Die Arbeit des Daguerreotypisten beginnt mit dem Putzen und Poliren der versilberten Kupferplatte, was immer große Sorgfalt und Mühe erfordert und mittelst Tripel, Spiritus und Baumwolle, nachher mit Polirroth und weichem Leder bewirkt wird. Die größte Sauberkeit ist dabei zu beobachten, und es darf die Platte durchaus nicht mit den Fingern berührt werden. Die letzte Bearbeitung, das sogenannte Fertigputzen, darf nie früher als unmittelbar vor der Aufnahme stattfinden. Nunmehr wird der Silberspiegel für das Licht empfänglich gemacht, d. h. es muß eine Schicht auf ihm erzeugt werden, die sich unter Einfluß des Lichtes rasch verändert. Diese Eigenschaft haben vorzüglich die chemischen Verbindungen des Silbers mit Iod, Brom und Chlor, und alle Lichtbildner, arbeite man auf Silberplatten, Glas, oder Papier u. dgl., muß mit der Erzeugung einer solchen Verbindung oder zweier zusammen auf der Bildfläche beginnen; der Unterschied

ist nur der, daß dies bei den Metallplatten auf trockenem, bei den übrigen Verfahren auf nassem Wege geschieht.

Jod und Brom sind, wie das Chlor, chemische Elemente. Das Jod findet sich besonders im Meerwasser, in Seepflanzen, Seethieren u. s. w., aber niemals im freien Zustande. Es hat im trockenen Zustande etwa das Aussehen von Graphit und einen durchdringenden Geruch, weil es schon bei gewöhnlicher Temperatur verdunstet. Es ist äußerst giftig, schmeckt scharf und ertheilt der Haut eine bräunlichgelbe Färbung. Fettere läßt sich mit Alkohol beseitigen, worin sowie im Aether das Jod sehr löslich ist, während es sich im Wasser nur in geringen Mengen (1 : 7000) auflöst. Gewonnen wird das Jod aus der Asche von Seepflanzen, indem das darin enthaltene Jodnatrium mit Braunstein und Schwefelsäure behandelt und so das Jod frei gemacht wird.

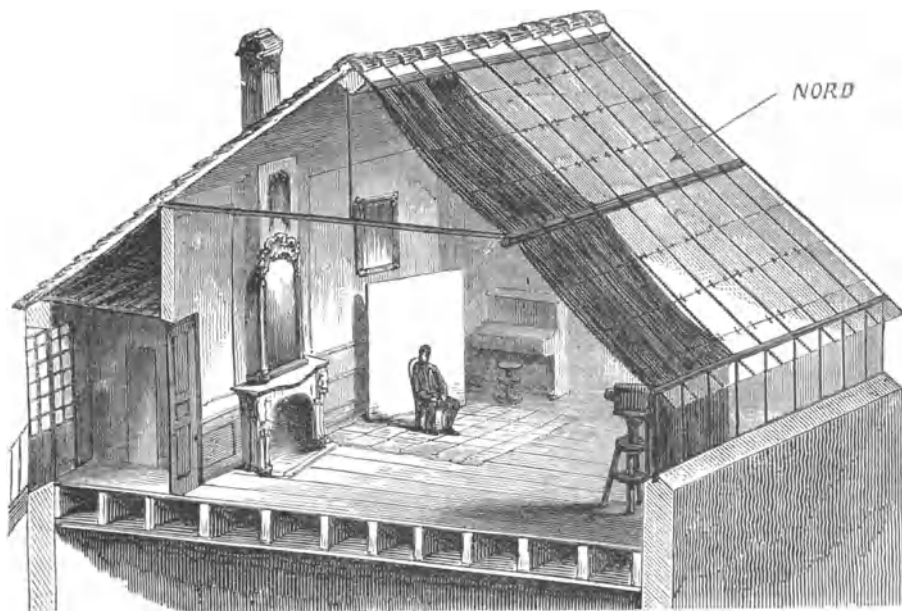


Fig. 334. Durchschnitt eines Glashauses.

Vor 1811 war das Jod unbekannt. In diesem Jahre wurde es durch Courtois entdeckt. Um nämlich das kohlen saure Natron, welches bei der Darstellung von Salpeter aus Meerpflanzen in der Mutterlauge zurückblieb, als schwefelsaures Salz abzuscheiden, setzte er demselben Schwefelsäure zu und sah dabei einen veilschenblau gefärbten Dampf aus der Flüssigkeit aufsteigen. Er fing denselben auf und erhielt schön krystallisirte Blättchen von grauer Farbe, worin Gay-Lussac einen neuen Grundstoff erkannte, der nach den veilschenblauen Dämpfen seinen griechischen Namen erhielt. Als Erkennungszeichen für Jod dient Stärkekleister, welcher von freiem Jod blau gefärbt wird.

Das Brom wurde 1826 von Balard in der Mutterlauge des Meerwassers entdeckt. Wie Courtois bei Zusatz von Schwefelsäure veilschenblaue Dämpfe aufsteigen sah, so bemerkte Balard eine rothe Färbung beim Sättigen der Mutterlauge mit Chlor. Das Brom findet sich, wie das Jod, wesentlich im Meerwasser als Brommagnesium und Bromnatrium. In besonders großer Menge soll es im Todten Meere vorkommen. Brom ist das einzige nichtmetallische Element, welches bei gewöhnlicher Temperatur flüchtig ist; es sieht rothbraun aus, ist sehr flüchtig, besitzt

einen herben und widrigen Geschmack sowie einen unausstehlichen Geruch. Diesem Geruche verdankt es seinen griechischen Namen. Das Brom löst sich weit leichter im Wasser als das Jod, indem 23 Theile Wasser einen Theil Brom auflösen; noch löslicher ist es im Alkohol und Aether. Brom färbt die Haut braungelb und wirkt äzend. Bei einer Kälte von 7—8 Graden erstarrt es zu einer bleigrauen krystallinischen Masse. Man gewinnt das Brom aus dem Meerwasser, indem man die Mutterlaugen, aus welchen schon alle anderen Salze auskrystallisirt sind, mit Braunstein und Schwefel destillirt.

Mit Jod und Brom ist das Chlor ein engverwandter Körper, und alle Drei zeigen in ihren Eigenschaften und Verbindungen ungemeine Aehnlichkeit. Wie das Chlor eine Verbindung mit Wasserstoff eingeht, so auch Jod und Brom: Chlornwasserstoff, Jodwasserstoff und Bromwasserstoff; ebenso entspricht dem Chlorsilber ein Jod- und Bromsilber, und Kalium, Natrium, Cadmium, Ammonium, Lithium u. s. w. verbinden sich nicht nur mit Chlor, sondern auch mit Jod und Brom.

Die Vereinigungen obiger drei Körper unter sich haben in der Daguerreotypie besonderen Werth als beschleunigende Substanzen. Besonders Chlorbrom, Chlorjod und Bromjod fanden zu diesem Zwecke häufige Verwendung.

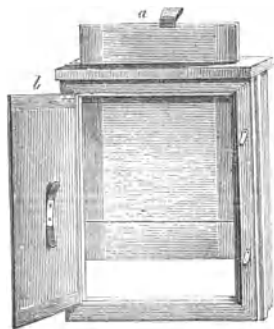


Fig. 335. Kassetten.

Doch es wird Zeit, daß wir von dieser Abschweifung zu unserer Aufnahme zurückkehren.

Die Bereitung empfindlicher Schichten, das Einbringen derselben in die Camera, das Wiederherausnehmen und die Arbeiten, welche zum Entwickeln und Festhalten der Bilder dienen, müssen natürlich bei Anschluß des Tageslichtes geschehen. Der Künstler arbeitet daher meist in einem dunklen Raume, der durch eine kleine Lampe oder einen Wachstoch spärlich erhellt ist; doch kann er auch ein helles Atelier haben, sobald er sich Fenster von gelbem, grünem oder rothem Glas machen läßt, denn das gelbe, rothe oder grüne Licht hat

fast gar keine photographische Wirkung. Das Jodiren der Silberplatte geschieht gewöhnlich in folgender Weise. Die Platte wird zunächst auf ein Kästchen gelegt, in welchem sich trockenes Jod befindet; die Dauer der Einwirkung der Joddämpfe muß nach Sekunden bemessen werden, denn sie ist verschieden, je nachdem man Porträts oder Landschaften u. s. w. machen will. Die Platte, die man von Zeit zu Zeit untersucht, läuft nach einander hellgelb, dunkelgelb, röthlich, kupferig, violett, blau, grün an, und es hängt von Zweck und Methode des Künstlers ab, ob er diese ganze Farbenreihe durchlaufen lassen will oder nicht. Weil die mit bloßem Jod behandelte Platte, wie schon bemerkt, eine zu lange Aufnahmezeit erfordern würde, kommt dieselbe, um empfindlicher zu werden, noch auf den Bromkasten. In diesem befindet sich eine Schicht Kalk, in welchen man das flüssige Brom hat einziehen lassen. Zuweilen wird auch noch Chlor damit verbunden. Ueber den Dämpfen dieser Substanzen durchläuft die Platte eine neue Reihe wechselnder Farben, an denen der Künstler, durch Übung belehrt, erkennen kann, wann die richtige Einwirkung Statt gefunden hat. Auf alle Fälle kommt die Platte noch einmal auf kurze Zeit wieder auf den Jodkasten und ist dann zur Aufnahme bereit. Diese wird gewöhnlich gleich vorgenommen, doch bleibt die Platte, wenn man sie im Dunkeln gut aufbewahrt, auch nach mehreren Stunden noch brauchbar. Soll zur Aufnahme geschritten werden, so muß natürlich die richtige Stellung des Apparates zum Gegenstande und alles sonst Erforderliche schon besorgt sein, so daß bloß die Platte ein-

geschoben zu werden braucht. Sie wird in dem dunkeln Kasten in die oben beschriebene Kassette gelegt, wo sie auf beiden Seiten von einer schützenden Holzdecke umgeben ist. Sobald die Kassette in den Apparat geschoben ist, wird der Schieber a (Fig. 335) zurückgeschoben und die Platte bleibt an der Stelle stehen, wo sie den Lichteindruck empfangen soll. Noch ist es aber im Kasten dunkel, denn das Rohr mit dem Objektivglase, der sogenannte Kopf des Apparates, ist noch mit dem Deckel verschlossen. Wenn die augenblickliche Belichtung günstig ist, öffnet man den Deckel und die geheimnißvolle Arbeit im Kasten fängt sofort an. Die den jedesmaligen Umständen angemessene Sekundenzahl zu treffen gelingt nur nach langer Erfahrung und Uebung und ist eine der Hauptschwierigkeiten der Kunst; es kann des Guten bald zu viel, bald zu wenig geschehen. Nach gehöriger Belichtung wird das Objektiv mit seinem Deckel verschlossen, der Schieber heruntergelassen und die Kassette in das Dunkelzimmer zurückgebracht. Hier mit dem Wachsstock beleuchtet, wird die Platte noch ziemlich dasselbe Aussehen zeigen wie vorher. Von einem Bilde ist gar nichts oder nur eine sehr leise Andeutung zu sehen. Nun kommt aber das Merkwürdigste, die Sichtbarmachung des Bildes durch Quecksilber. In einem hölzernen Kasten befindet sich auf dem kupfernen Boden ein wenig von diesem Metall. Die Platte wird in etwa fußhoher Entfernung, mit der Bildseite nach unten, oben darüber gelegt und der Deckel geschlossen. Die Platte muß — man weiß nicht warum — unter einem Winkel von 45 Grad liegen, wenn sich das Bild gut entwickeln soll. Da das Quecksilber bei gewöhnlicher Temperatur verdunstet, so würde vielleicht in ein paar Tagen das Bild ganz von selbst fertig werden. Man will aber nicht so lange warten und stellt daher unter den Kasten eine brennende Spirituslampe. Die Hitze treibt nun die unsichtbaren Quecksilberdämpfe reichlich in die Höhe. In der Seitenwand des Kastens, nahe bei dem Lager der Platte, befindet sich ein Glasfenster, durch das man hineinleuchten und das Entstehen des Bildes beobachten kann. Da sieht es nun aus, als wenn ein Geist sich das Vergnügen machte, mit einem unsichtbaren Pinsel zu malen; wir sehen das immer stärkere Hervortreten der Züge, gleichsam als ob das Bild aus dem Grunde herauswüchse; aber wer nicht vorher über den Zusammenhang der Sache unterrichtet ist, kann sich unmöglich denken, wie das zugeht. Sobald der durch Erfahrung erkannte Punkt der Vollendung erreicht ist, nimmt man die Platte weg. Sie braucht nun nicht mehr ängstlich vor dem Tageslicht geschützt zu werden, ja man könnte sie lassen wie sie ist, denn das aus Quecksilberpunkttchen bestehende Bild würde doch immer sichtbar bleiben, wenn auch der Grund im Lichte noch einige Mal die Farbe wechselte. Um aber die Wirkung des Bildes zu erhöhen, muß der Silberspiegel bloßgelegt werden; man schafft also das Jodbromsilber von der Platte weg, indem man dieselbe in ein Bad von unterschwefligsaurem Natron bringt, welches das unbelichtete Brom und Jodsilber hinwegnimmt. Hierauf spült man die Platte mit destillirtem Wasser ab und trocknet sie durch Wärme. Man hat nun auf der Platte ein natürliches, wiewol umgekehrtes Bild, in welchem die hellen Stellen des Originals hell, die dunkeln dunkel erscheinen. Wo die hellsten Lichter auf die Platte gefallen sind, wurde, wie man annehmen muß, die Verbindung zwischen Jod und Silber durch das Licht am meisten gelockert und das Quecksilber fand hier am leichtesten Gelegenheit, sich in unsichtbar kleinen Kügelchen an das Silber anzuhängen; diese Tröpfchen erscheinen durch ihr enges Beieinanderstehen weiß. In den Mittel-tinten war das Anhängen des Quecksilbers schon mehr oder weniger behindert und in den Schatten konnte es wegen der unveränderten Schicht von Jod- und Bromsilber fast gar nicht Statt finden; erstere erscheinen daher mehr grau oder bräunlich und das blanke Silber in den Schatten erscheint dann gegen das Uebrige schwarz, sofern man

die Platte nicht gerade so hält, daß sie uns ihre Spiegelung in's Auge wirft. Dieser Spiegelganz ist allerdings ein Uebelstand bei den Daguerreotypbildern und ein Grund mehr, daß die Collodiumphotographie so rasch die alte Methode überflügelte; dagegen zeigen die Bilder auf Silber eine Treue in der Wiedergabe der feinsten Details, die noch durch kein anderes Mittel erreicht worden ist, und überall, wo es weniger auf malerische Wirkung als auf genaue Darstellung ankommt, wird der Kenner ihnen den Vorzug geben.

Durch die Fortschaffung des unbelichteten Jodbromsilbers wurde die Platte für fernere Aufteindrücke unempfindlich, aber haltbar ist das Bild noch nicht. Dies wird erst erreicht durch Fizeau's Vergoldungsmethode. Diese besteht einfach darin, daß man die Platte wagerecht auf ein eisernes Gestell legt, sie mit einer Schicht verdünnter Goldlösung (Chlorgold) bedeckt und die Flüssigkeit auf einer starken Spiritusflamme rasch zum Kochen bringt. Sowie das Blasenwerfen beginnt, sichts man das Bild auch schon einen klarern und wärmern Farbenton annehmen, denn das Chlor des Chlorgoldes wirkt sich auf das ihm mehr zusagende Silber, das Gold wird metallisch ausgeschieden und bildet eine äußerst feine, schützende Decke über dem Bilde. Zu lange Dauer dieser Operation würde aber nicht Erhaltung, sondern Zerstörung bringen, darum muß man sie schon nach wenigen Augenblicken unterbrechen, indem man die Platte mit einem Ruck in ein Gefäß mit reinem Wasser wirft. Sie verträgt nach dieser Behandlung das Abwischen und eine nicht allzu ungsanfte Berührung.

Von den vergoldeten Bildern lassen sich auch durch die Galvanoplastik Kopien abnehmen, ohne daß die Originale darunter leiden. Die kupfernen Abbilder stehen natürlich wieder rechts und sehen sehr gut aus. Es ist in der That kaum zu begreifen, wie ein solches, gleichsam mit der Platte verwachsenes Bild ein so vollkommenes Abbild giebt, das doch nur auf verschiedener Höhe und Tiefe der einzelnen Partien beruhen kann. Auch ein unvergoldetes Daguerreotyp giebt einen galvanoplastischen Abdruck, aber das Original auf der Silberplatte geht dabei verloren.

**Photographie auf Papier.** Auscheinend ganz verschieden, doch auf demselben theoretischen Grunde ruhend, stellt sich die speziell sogenannte Photographie auf Papier, Collodium u. s. w. dar. Sie erreicht ihren Zweck durchweg auf nassem Wege, d. h. die wirksamen Stoffe begegnen sich hier nicht als Dämpfe, sondern in Auflösungen. Immer ist es aber wieder das Silber, das in seinen Verbindungen mit Jod, Chlor und Brom die Hauptrolle spielt. Zudem diese Verbindungen sich im Lichte zerlegen, wird metallisches Silber in feinsten Vertheilung frei gemacht und dieser feine Silbermohr liefert eben den Zeichenstoff, gleichsam die Tusch zu den photographischen Bildern, wie bei den Daguerre'schen Bildern das Quecksilber diesen Dienst verrichtete. Der Photograph besitzt eine sehr reichhaltige Apotheke von allerhand chemischen Stoffen und erwartet von jedem derselben für bestimmte Fälle einen Dienst, sei es daß die Operationen beschleunigt, das Bild gekräftigt, ihm ein anderer Ton gegeben werde u. s. w.; im Ganzen ist jedoch der Gang der Sache nicht so verwickelt und eine allgemeine Vorstellung davon zu gewinnen ist eben nicht schwer.

Wenn man einige Tropfen salpetersaurer Silberlösung in einem Gläschen mit etwas Kochsalz versetzt, so wird alsbald ein weißer, käsiger Niederschlag von Chlorsilber entstehen, welcher, sobald wir ihn einige Augenblicke dem hellen Lichte aussetzen, aus Weiß anfänglich in Violet, dann in Grau und Schwarz übergeht. Da jede Farbenveränderung einer Substanz nur das äußere Zeichen einer in der Substanz selbst vorgehenden Veränderung ist, so muß auch hier eine Veränderung eingetreten sein; das Licht wird etwas Chlor vertrieben haben und dadurch etwas Silber in

metallischen oder nahezu metallischen Zustand versetzt worden sein. Daß dem so sei, läßt sich leicht darthun, wenn wir den Niederschlag mit einer Lösung von unterschwefligsaurem Natron übergießen und etwas umschütteln. Wir sehen dann den größten Theil desselben allmählig verschwinden und erkennen nun, daß die Lichtwirkung sich wol nur auf die Oberfläche beschränkt haben muß, denn endlich bleiben nur einige schwarze Schüppchen ungelöst übrig, welche eben die vorher vom Licht getroffenen Theilchen sind. Hier haben wir die ganze Reihe der Operationen, welche bei der gewöhnlichen Darstellung von Papierbildern in Betracht kommen, in ihrer Urform vor Augen gehabt. Sie bestehen 1. in der Erzeugung einer empfindlichen Schicht, 2. in theilweiser Schwärzung derselben, und 3. in der Entfernung des nicht Geschwärteten (Fixirung). Um also ein Bild auf Papier anzufertigen, tauchen wir gutes weißes Schreibpapier erst in eine Kochsalzlösung (1 K. : 10 W.), trocknen dasselbe und lassen es dann auf einer Sülsteinlösung von 30 Gran zur Unze Wasser schwimmen, wie es Fig. 336 zeigt. Jetzt ist die empfindliche Schicht fertig; das getrocknete Papier kann nun in der Camera wie eine Daguerreotypplatte belichtet werden. Beim Herausnehmen aus der Kassette muß das Bild schon deutlich sichtbar sein; durch Eintauchen in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron wird das unbelichtete Chlor Silber entfernt und das Bild ist fixirt.

Weil aber das beschriebene Verfahren äußerst langsam ist, muß man sich die mittlere dieser drei Stationen, die Bildererzeugung, oft in zwei Hälften zerlegen; auf der ersten wirkt dann das Licht, auf der zweiten irgend eine andere passende Substanz,

die gleichsam als Vorspann zu Hülfe genommen wird. Nehmen wir wieder zwei Probirgläschen mit einigen Tropfen Silberlösung und schütten diesmal in beide an einem nicht hellen Orte etwas Jodkaliumlösung; das Produkt wird ein gelber Niederschlag von Jodsilber sein. Lassen wir das eine Gläschen an feiner Stelle und tragen das andere einige Sekunden an das Tageslicht und darauf wieder zurück, so wird bei Vergleichung beider sich kein Unterschied bemerken lassen; dieser tritt indeß sofort hervor, wenn wir in jedes der Gläschen etwas Gallussäure tröpfeln; das erste Gläschen bleibt unverändert, während der Inhalt des zweiten, der das Licht gesehen hat, sich sofort schwärzt. Hier sehen wir also, daß das Licht eine Veränderung nur eingeleitet, die Gallussäure aber sie weitergeführt hat; durch einige Tropfen des unterschwefligsauren Natrons können wir sie zum Stillstand bringen. Solcher Stoffe, die wie die Gallussäure wirken, giebt es eine große Menge; man nennt sie reduzierende, d. h. zurückführende, und ihre Wirkung beruht darauf, daß sie sämmtlich nach Sauerstoff begierig sind und diesen sich aneignen, wo sie ihn finden. Wird aber einem Metallsalze Sauerstoff entzogen, so wird es meist auf Oxid, die edlen Metalle selbst auf den Zustand eines zarten metallischen Pulvers zurückgeführt, das sich nun nicht weiter verändert und jedesmal mit dunklerer Farbe auftritt als die Salze desselben. Die beschleunigende Wirkung, welche die Gallussäure übt, nennt man das Hervorrufen oder Entwickeln. Wie das Quecksilber auf der Silberplatte das

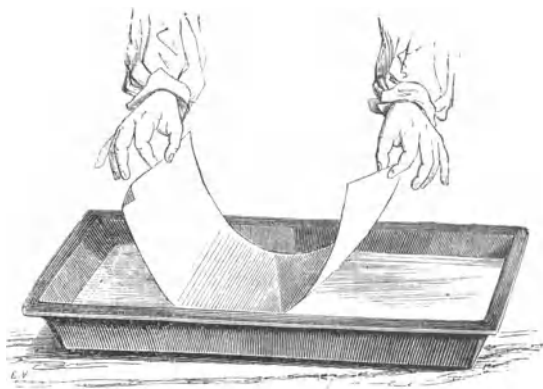


Fig. 336. Zurichtung des photographischen Papiers.



unsichtbare Bild hervorhebt, so bringt die Gallussäure auf dem Papier selbst dann ein Bild zum Vorschein, wenn das empfindliche Papier nur so kurze Zeit belichtet wurde, daß beim Herausnehmen aus der Camera kaum eine Bildspur angedeutet ist.

Die Erfindung der Photographie auf Papier verdanken wir dem Engländer Fox Talbot, welcher schon im Jahre 1839 der „Royal Society“ Mittheilung über die Anfertigung negativer Bilder auf Papier machte. Er knüpfte an die alten Versuche Wedgwood's an und benutzte auch das, was Niepce aus seinen Erfahrungen veröffentlicht hatte.

Da alle lichtempfindlichen Substanzen sich im Lichte schwärzen oder bräunen und man keinen für die Photographie tauglichen Stoff kennt, der ursprünglich dunkel wäre und im Lichte hellfarbig würde, so kann man auch nicht erwarten, sogleich ein richtiges Bild aus dem Apparate hervorgehen zu sehen. Vielmehr muß das Papier die hellsten Bildpartien, da in ihnen das Licht am stärksten gewirkt, am dunkelsten zeigen, während die stärksten Schatten ganz ungefärbt bleiben, es ist ein negatives Bild. Ein solches kann aber, wenn es fertig und durch Fixation unveränderlich geworden ist, zur Erzeugung beliebig vieler Abbilder benutzt werden, in denen Licht und Schatten sowie die Stellung der abgebildeten Gegenstände ganz der Natur entsprechend sind. Dieses sind die positiven oder eigentlichen Bilder. Man braucht zu ihrer Herstellung keine Camera obscura weiter, sondern nur einen Kopirrahmen. Will man demnach von einem negativen Bilde positive Kopien nehmen, so muß man im Dunkeln ein empfindliches Blatt in den Kopirrahmen und das negative Bild mit der Bildseite darauf legen, die Blätter mit einer Glastafel beschweren und den Rahmen dem Lichte aussetzen. Das Licht durchdringt das obere Blatt an den freien Stellen am leichtesten, an den dunkelsten gar nicht und in den Mittelönen je nach Verhältniß, und es entsteht so auf dem untern Blatte das gewünschte positive Abbild, das man nur zu fixiren braucht. Da das negative Original durch das Kopiren gar nicht leidet, so kann man begreiflicher Weise Hunderte von Kopien erzeugen, gute und schlechte, denn ganz gleichmäßig fallen sie keinesfalls aus. Um die Lichtwirkung auf dem unten liegenden Blatte zu verfolgen, dient das einfache Mittel, daß man demselben eine etwas größere Breite giebt als dem negativen Blatte. Auf dem vorstehenden Rande kann man dann die Uebergänge in Grau, Rosa, Tintenblau, Schwarz, Braun u. s. w. bequem beobachten.

**Collodiumverfahren.** Wir nahmen einstweilen an, das negative Bild, gewissermaßen die Druckform für die positiven, sei ein papiernes. Aber selbst wenn das Papier durch Tränken mit Wachs u. dgl. durchsichtig gemacht wäre, würde es als ein zu roh gefügter Körper doch immer dem Durchgang des Lichtes noch viel Widerstand entgegensetzen; überdies würden alle Unreinheiten und Ungleichheiten der Papiermasse sich auch auf der Kopie bemerklich machen, kurz, solche Kopien könnten nicht anders als mangelhaft ausfallen. Man hat daher frühzeitig nach einem passenderen Träger für das negative Bild gesucht. Reines Glas wäre hinsichtlich der Durchsichtigkeit erwünscht, aber es müßte zugleich die Fähigkeit besitzen, die chemischen Flüssigkeiten einzusaugen und die Zersetzungsprodukte derselben festzuhalten. Da letztere Eigenschaft dem Glase abgeht, gab man demselben als Ersatz einen feinen Ueberzug, zuerst aus Eiweiß und in der Folge aus Collodium. Niepce von St. Viktor empfahl 1848 Eiweiß als Ueberzug von Glasplatten, während Scott Archer 1851 im „Chemical News“ ein vollständiges Collodiumverfahren veröffentlichte. Das photographische Collodium besteht aus einer Lösung von Schießbaumwolle (s. d. Art.) in Aether und Alkohol und ist eine helle schleimige Flüssigkeit, die in dünnen Schichten

sehr rasch trocknet und ein durchsichtiges Häutchen hinterläßt. Das Collodiumverfahren ist die Grundlage der ganzen neuern Photographie; es lassen sich mittels derselben Bilder von außerordentlicher Schärfe und Zartheit erzielen. Auch Stärkekleister und heller Leim eignen sich gut zur Erzeugung durchsichtiger Ueberzüge; aber da sie, wie auch das Eiweiß, schwer eintrocknen, letzteres überdies auch eine ziemlich lange Aufnahmezeit bedingt, so ist das rasch wirkende Collodium fast die einzige jetzt in Anwendung kommende Substanz geworden. Mit den Mitteln vermehrten sich natürlich zugleich die Methoden, Anweisungen und Rezepte, die bereits einen eigenen Literaturzweig, fast möchten wir sagen, Literaturwald bilden, in welchen einzubringen wir unsern Lesern nicht zumuthen dürfen. Doch wir sind dem Künstler noch nicht in seine dunkle Kammer gefolgt, und hier müssen wir denn doch auf einige Minuten eintreten, um wenigstens den nothwendigen Zusammenhang in unsere Auffassung zu bringen. Unter vielen anderen Utensilien, die uns im Atelier in's Auge fallen, bemerken wir auch mehrere Wannen oder Schalen aus Porzellan, Glas oder Guttapercha; sie dienen zur Aufnahme verschiedener Glasplatten, in welche die Blätter oder Glasplatten eingelegt werden müssen. Solche Flüssigkeiten nennt der Photograph Bäder. Drei solcher Bäder spielen eine Hauptrolle: das Silberbad, Natronbad und Goldbad.

Nehmen wir zunächst an, der Photograph arbeite auf Glas mit Eiweiß. Da Sauberkeit eine Hauptsache bei allen seinen Operationen ist, können wir annehmen, daß unser Künstler mit aller Sorgfalt seine Glasplatten gepußt hat. Um dies zu beweisen, läßt er uns eine derselben anhauchen, und siehe, der Athem legt sich überall gleichmäßig an und verschwindet eben so gleichmäßig, woraus zur Genüge hervorgeht, daß die ganze Platte ebenmäßig rein ist. Wer nie versucht hat, eine Platte obigen Anforderungen entsprechend herzustellen, sollte sich doch einmal überzeugen, wie schwierig dies ist. Wie aber erreicht der Photograph sein Ziel?

Er bereitet sich eine Art Rahm aus Tripolipulver, Weingeist und einigen Tropfen Ammoniak, taucht etwas Watte ein und fährt damit einige Minuten auf der Platte hin und her, dann spült er sie mit Wasser ab und trocknet sie erst mit einem reinen Tuche ab, um sie dann so lange mit Seidenpapier zu poliren, bis der Hauch gleichmäßig verschwindet, ohne eine Spur von Wischstreifen zu zeigen.

Jetzt kann das Eiweiß aufgetragen werden. Es wird bereitet, indem man das Eiweiß von frischen Hühnereiern, mit etwas Wasser verdünnt, zu Schnee schlägt, diesen 12 Stunden absetzen läßt und dann das Klare durch grobe Leinwand abfiltrirt und mit Jodkalium versetzt. Mit diesem Gemisch werden die Glasplatten überzogen und nach dem Trocknen in eine Auflösung von Höllenstein gebracht. Nach dem Herausnehmen aus diesem Bade spült man sie ab und trocknet sie. Sie können nun gleich oder auch lange nachher belichtet werden, doch bedürfen sie einer sehr langen Exposition. Nach der Belichtung ruft man mit Gallusäure hervor und fixirt in unterschwefligsaurem Natron. Ein so erhaltenes negatives Bild ist nun kopirfähig.

Obwol das Verfahren auf Eiweiß Bilder von wunderbarer Zartheit und Schärfe liefert, wird es doch jetzt seiner Umständlichkeit und Langsamkeit wegen nur noch höchst selten geübt. Allgemein angewendet und überall verbreitet ist dagegen das Collodiumverfahren.

Um photographisches Collodium herzustellen, löst man eine eigens für photographische Zwecke hergerichtete Schießbaumwolle in einem Gemisch von Aether und Alkohol auf. Man unterscheidet zwei Arten von Collodiumwolle, eine für Aethercollodium und eine für Alkohollodium. Beim Aethercollodium ist das Verhältniß des Aethers zum Alkohol wie 3 : 2, beim Alkohollodium wie 1 : 4. Wegen der langsamen Verdunstung, die auch bei großen Glasplatten ein bequemes Operiren

erlaubt, und wegen vieler anderer Vorzüge hat das Alkoholcollodium jetzt fast das Aethercollodium verdrängt. Wir wollen uns deshalb ein Alkoholcollodium bereiten, indem wir in einem graduirten Cylinder zwei Unzen Alkohol und  $\frac{1}{2}$  Unze Aether abmessen. In dieses Gemisch bringen wir 16 Gran Collodiumwolle. Nach tüchtigem Umschütteln löst sich diese und wir erhalten eine schleimige Flüssigkeit, welche man als einfaches Collodium bezeichnet. Aus diesem bereiten wir uns ein jodbromirtes Collodium, indem wir 8 Gran Jodcadmium und 4 Gran Bromcadmium zusetzen.

Nach Umschütteln und Klären ist unser Collodium verwendbar.

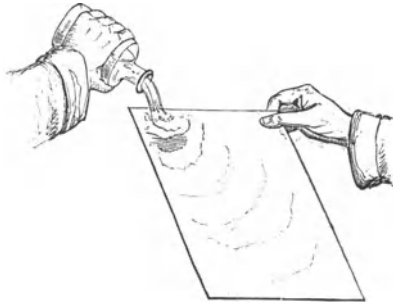


Fig. 337. Aufgießen des Collodiums.

Wir nehmen jetzt eine reine Glasplatte, gießen eine ausreichende Menge des Collodiums auf die Glasplatte, verbreiten dasselbe darüber, wie es Fig. 337 zeigt, und lassen den Ueberschuß ablaufen (Fig. 338). Sobald die Schicht sich gesetzt und eine butterähnliche Konsistenz erreicht hat, tauchen wir unsere Platte rasch, ohne innezuhalten, in das Silberbad. In dem Silberbade befindet sich eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd (Silbernitrat, sogenanntem Höllestein) im Verhältniß von 40 Gran Silbernitrat zur Unze Wasser.

Diese Lösung wurde mit Jodsilber gesättigt, indem man eine auf beiden Seiten mit Jodbromcollodium überzogene Glasplatte über Nacht darin stehen ließ. Die in das Silberbad getauchte Platte wird darin auf und ab bewegt, bis die fettartigen Streifen verschwunden sind, welche sich Anfangs bilden, weil der Aether die wässrige Lösung abtupft. Die Collodiumschicht zeigt beim Herausnehmen ein käseartiges Aussehen, welches von dem entstandenen Jodbromsilber herrührt. Im Silberbade findet nämlich ein Austausch der Stoffe Statt: Jod und Brom gehen an das Silber und bilden Jod- und Bromsilber, welches in der Schicht niedergeschlagen wird; dagegen verbindet sich die aus dem Silberfals freiwerdende Salpetersäure mit dem ebenfalls freiwerdenden Cadmium und Ammonium zu salpetersaurem Cadmium- und Ammoniumoxyd, welches im Silberbade gelöst bleibt.



Fig. 338.  
Abgießen des Collodiums.

Unsere Schicht ist nun lichtempfindlich. Wir bringen sie in die Kassette und begeben uns aus dem Dunkelzimmer, worin alle vorhergehenden Operationen Statt fanden, in das Glashaus, stellen die Kassette in einen vorher auf einen Gegenstand eingestellten Apparat, belichten in oben angegebener Weise einige Sekunden, schließen Objektiv und Kassette und bringen die letztere in das Dunkelzimmer zurück.

Beim Herausnehmen der Kassette ist noch keine Spur eines Bildes zu sehen; es muß eben erst hervorgehoben werden. Als Hervorrufener dient entweder eine Auflösung von Pyrogallussäure oder von Eisenvitriol. Letzterer wirkt am raschesten und sichersten. Auf eine Unze Wasser nimmt man etwa 16 Gran Eisenvitriol und fügt dieser Lösung etwa 20 Tropfen Essigsäure und 16 Tropfen Alkohol hinzu. Der Alkohol soll das Fließen über die Platte erleichtern, während die Essigsäure wie ein Dämpfer wirken muß, damit das Bild nicht zu rasch hervortritt und dadurch die feinen Details verwischt werden.

Nach dem Aufgießen des Hervorrufers tritt allmählig das Bild immer deutlicher heraus, indem Jod und Bromsilber an den vom Licht getroffenen Stellen reduziert werden. Sollte der Eisenditriol bei längerem Verweilen auf der Platte das Bild nicht kräftig genug erzeugen, so wendet man eine Lösung von Pyrogallussäure und etwas Silbernitrat an, um das Bild zu verstärken. Sobald das Bild, sei es durch den bloßen Hervorrufers oder unter Anwendung eines Verstärkers, hinlänglich herausgetreten ist, spült man die Platte tüchtig ab und taucht sie in eine Lösung von unterschwefligsaurem Natron in Wasser (1 : 4). Hierin wird das vom Lichte nicht veränderte Jod- und Bromsilber fortgeschafft, das Bild also vor der weiteren Einwirkung des Lichtes geschützt. Nach dem Trocknen kann man das Bild durch einen Firnisüberzug sichern und zum Kopiren verwenden.

Als Kopirpapier dient entweder in oben angegebener Weise angefertigtes Chlor Silberpapier oder Albuminpapier. Wenn letzteres auf das Silberbad kommt, entsteht eine Verbindung des Eiweißes mit dem Silber, welche lichtempfindlich ist. Um einen Abdruck zu erlangen, bedeckt man die Collobiumseite der Glasplatte mit einem solchen empfindlich gemachten Papiere und spannt Beides in einen Kopirrahmen. Dies ist ein Holzrahmen mit einer starken Spiegelglasplatte (Fig. 340), auf welche man das Negativ so legt, daß die Bildseite, worauf das empfindliche Papier liegt, nach oben gekehrt ist. Damit das Papier mit dem Negativ eng zusammen liege, wird ein umklappbares Bretchen durch Querstäbe mit Schrauben oder Federn darauf gepreßt. Dasselbe kann man auch ohne Kopirrahmen durch Schrauben oder Klammern bewirken, vom Fortgange des Processes sich aber durch vorsichtiges Abheben überzeugen.

Was geschieht nun, wenn der Kopirrahmen mit dem Negativ und dem empfindlichen Papier in die Sonne gestellt wird? Dasselbe, was wir oben beim Kopiren nach negativen Papierbildern angegeben haben; — die Lichtstrahlen gehen durch die durchsichtigen Theile des Bildes und bewirken an diesen Stellen eine Schwärzung, während hinter den undurchsichtigen Stellen das Papier weiß bleibt; das negative Bild, welches die wirklichen Verhältnisse gleichsam negirt, wird zu einem positiven, das die Wirklichkeit darstellt, und beide Bilder verhalten sich bei auffallendem Lichte genau wie die Abbildungen Fig. 343 und Fig. 344.

Das positive Bild kann entweder im Kopirrahmen fertig kopirt werden, oder man kann die begonnene Lichtwirkung durch Hervorrufung im Dunkelzimmer fortsetzen. Letzteres findet gewöhnlich Statt, wenn man rasch eine große Menge Bilder anfertigen will, pflegt aber selten so gute Resultate zu liefern, wie das erstere Ver-



Fig. 339. Entwickeln des negativen Bildes.

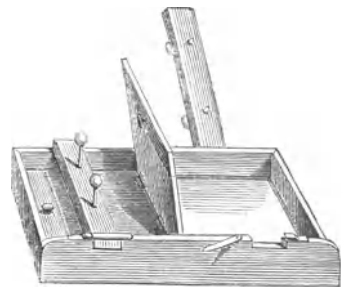


Fig. 340. Kopirrahmen.

fahren. Wenn das Bild im Kopirrahmen scharf und deutlich kopirt ist, was am Farbenwechsel der überstehenden Ränder des empfindlichen Papiers leicht abzunchmen ist, muß es ein Goldbad passiren, um einerseits haltbarer zu werden, andererseits aber einen schönern Ton zu erlangen. Nach dem Schönen im Goldbade wird mit unterschwefligsaurem Natron fixirt.

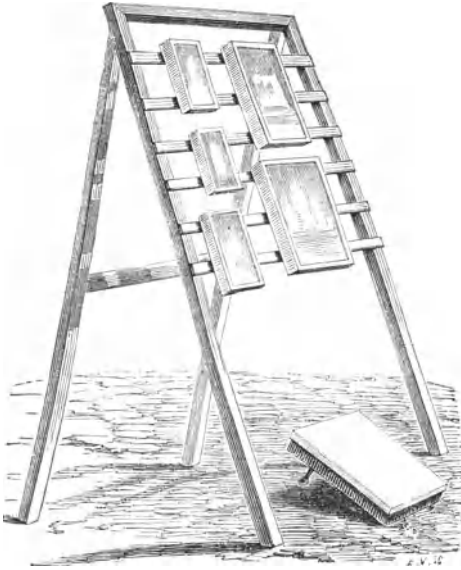


Fig. 341. Kopirrahmengestell.

Das Bild wird nun aufgeklebt und durch die Satinirmaschine geglättet. Wenn das Negativ untadelig war und die Kopie sorgsam angefertigt wurde, wird das Bild vollendet sein; was im andern Fall an Harmonie, Weichheit und Rundung noch fehlt, muß mit dem Pinsel nachgetragen, d. h. das Bild muß retouchirt werden; aber es gehört dazu ein einrichtsvoller und sich selbst verläugnender Künstler, denn je weniger man den Pinsel merkt, desto höher wird man das Bild schätzen dürfen.

**Pannotypie.** Ein negatives Bild, dessen Aufnahmezeit zu kurz genommen wurde, das vielleicht nur wenige Se-

kunden lang die Lichtwirkung empfing, erscheint, nachdem es fixirt worden, gegen das Licht gehalten, zu schwach, d. h. die dunkeln Stellen haben keine Kraft,

die Zeichnung sieht verschwommen und undeutlich aus. Es ist dies auch ganz erklärlich: es konnte sich in der kurzen Aufnahmezeit nur wenig Silber reduzieren, ein guter Theil blieb als Salzlösung im Collodium stecken und wurde im Fixirbade ausgewaschen. Betrachtet man aber ein solches unfertiges Bild bei auffallendem Licht statt bei durchfallendem, besonders gegen einen dunkeln Hintergrund gehalten, so sieht man, daß dasselbe viel besser ist, als es den Anschein hatte; ja es wird in der Regel ausgezeichnet schön sein, und überdies erscheint nun das schwach negative Bild vermöge der dunkeln Unterlage als ein gutes positives, als ein wirkliches Bild im gewöhnlichen Sinne. Die vom Lichte nur schwach bräunlich gewordenen Stellen erscheinen, wenn das Bild auf Schwarz liegt, als die Richter, weil sie zugleich mehr oder weniger undurchsichtig geworden sind und so das Schwarz decken, das an den nicht belichteten gewesenen Stellen durch das dünne Collodiumhäutchen deutlich durchblickt. Die Industrie hat dies nicht unbenutzt gelassen: man



Fig. 342. Beobachtung der Entwicklung des positiven Bildes.

macht jetzt in Unzahl solche unweife Negative auf Collodium, nicht um sie weiter zu kopiren, wozu sie eben nicht taugen, sondern um das Häutchen nach dem Fixiren von

der Glasplatte abzulösen und auf schwarzes Wachsstück zu kleben, um somit ein Pannotyp zu erhalten. Die ganze Prozedur ist so wenig umständlich, daß man wenige Minuten nach der Aufnahme schon das Abbild seines werthen Ich fertig mitnehmen kann, und dieser Umstand ließ die Pannotypen eine Zeit lang sehr viele Liebhaber finden. In- dessen hat für Porträtzwecke, seitdem durch die immer größere Theilnahme des Publikums sich die Verfahren der Papierphotographie so bedeutend vervollkommnet und durch die un- gemeine Konkurrenz in der Erzeugung der Preis photographischer Bilder sich immer billiger gestellt hat, der Ge- schmack den ungleich schöneren Bildern auf Papier wieder zugewandt, und die in den letzten Jahren mit fast ausschließlicher Vorliebe aufgenomme- nen Visitenkartenporträts sind durch- weg Talbothypen. Von den Fort-



Fig. 343. Negatives Bild, von der nicht mit der empfindlichen Schicht bedeckten Seite gesehen.

schritten in dieser Kunst überzeugt man sich am leichtesten, wenn man jetzt erzeugte Photographien von Hauffstängel in Dresden, Albert in München, Diebner in Paris u. A. gegen frühere Arbeiten hält. Und in gleicher Weise, wie die Schönheit, hat sich die rasche Erzeugung der Bilder gesteigert. Es werden gewöhn- lich bei Porträtaufnahmen für Visiten- kartenformat mit einem Male mehrere Negativs auf derselben Glasplatte er- zeugt; natürlich erlaubt dieselbe dann auch die Herstellung eines Positivs, welches, wie Fig. 345, nur zerschnit- ten werden darf, um eine Anzahl unter sich gleicher Bilder auf einmal zu geben.

Die Herstellung solcher Negativs ist aber am besten in einer Camera möglich, welche, wie die in Fig. 346 abgebildete, mit einer entsprechenden Anzahl Objectivs versehen ist.

Dies wären im Allgemeinen die Hauptmethoden einer Kunst, welche sich mit einer Geschwindigkeit wie keine andere über die civilisirte Welt ver- breitet und vervollkommnet hat.

Außer zu den gewöhnlichen malerischen Zwecken hat die Lichtbildnerei auch schon ganz eigenthümliche Anwendungen gefunden. Dahin gehört z. B. das Kopiren werth- voller Kupfer- und Stahlstiche, Manuscripte, Handzeichnungen, und in dieser letzteren Hinsicht leistet sie jedenfalls, weil sie die ursprüngliche Darstellungsweise des schaffenden



Fig. 344. Positives Bild.

Künstlers wiedergiebt, mehr als jede andere Vervielfältigungsmethode. Wer die prachtvollen Photographien nach Kaulbach'schen Zeichnungen oder die nach den Preller'schen Kartons zur Odyssee (von Albert in München hergestellt) gesehen hat, wird uns beipflichten, wenn wir sagen, daß eine solche Nachbildung, falls sie eben so dauerhaft ist, die Originalzeichnung vollständig zu ersetzen im Stande ist.

Durch die Photographie ist ferner das Festhalten der durch das Sonnenmikroskop erzeugten vergrößerten Abbildungen höchst kleiner Naturgegenstände gelungen (Mikrotypie), wie überhaupt die Wiedergabe von Merkwürdigkeiten im Gebiete der Naturwissenschaft und Medizin. In letzterer Hinsicht besonders bemerkenswerth und für das Studium höchst wichtig erscheint die Photographirung Geisteskranker. Ja selbst die Kriminalpolizei weiß die Kunst für sich auszubenten. Gefährliche Subjekte mußten sich gefallen lassen, ohne ihren Willen photographisch aufgenommen zu werden; entsprangen sie in der Folge, so schickte man einen illustriren Steckbrief in die Welt, d. h. man fügte ihr Porträt bei. Daß Miniaturmaler ein kleines photographirtes Porträt nur als schwache Vorzeichnung auf Elfenbeinplättchen entwerfen und dasselbe nachher in Naturfarben ausführen, kommt auch vor und empfiehlt sich als vortheilhaft; es erspart das Zeichnen und sichert das Treffen.

Viele Aufgaben, an denen der Mensch mit seiner bloßen Handfertigkeit verzweifeln müßte, löst der zweckmäßig geleitete Lichtstrahl gleichsam spielend. Man stelle sich nur einen großen gothischen Dom vor, sei es von der Portalseite mit den tausendfach wechselnden Zierrathen, Bildsäulen, durchbrochenen Thürmen u. s. w., oder von der vielleicht einfacheren Breitseite mit den zahlreichen Fenstern, deren jedes seine eigene Ornamentik hat; man denke sich einen Obelisk von oben bis unten mit Tausenden hieroglyphischer Bilder bedeckt, eine Inschrift, die eine ganze Felswand ein-



Fig. 345. Visitenartenporträts zugleich erzeugt.

nimmt, eine aus zahlreichen Figuren bestehende Marmorgruppe — muß nicht vor allen solchen Aufgaben die Menschenhand zagen, oder könnte sie nur mit ungeheurer Mühe oder in langer Zeit bewältigen? Wahrscheinlich brauchte ein Zeichner so viele Monate zur Aufnahme, als der Lichtstrahl Sekunden braucht, und dann hätte er sein Werk vielleicht zwar kunstgerecht, aber, gegen das Lichtbild gehalten, doch nur aus dem Groben ausgeführt, denn die kleinsten Einzelheiten hat er übergangen, entweder weil er sie nicht sah oder sie nicht wiedergeben konnte; das Lichtbild aber enthält sie, und zwar so ausführlich, daß man sie oft erst durch das Mikroskop ganz erkennen kann.

Die heutige Photographie hat vorzüglich drei Ziele noch zu erreichen: 1. ein „trocknes Verfahren“ ausfindig zu machen, das an Sicherheit und Leichtigkeit dem „nassen Verfahren“ gleichkommt; 2. mit Sicherheit „augenblickliche Aufnahmen“ zu bewerkstelligen und 3. unzerstörbare Abdrücke in beliebiger Anzahl und von gleichmäßiger Güte zu liefern.

Ein „trocknes Verfahren“ will man ausfindig machen? Wozu dies, da die gewöhnlichen nassen so ausgezeichnete Resultate geben?

Sehr wohl, aber man glaube ja nicht, daß dies Bestreben ein überflüssiges ist. Es hat seinen guten Grund in dem Verlangen, den Unbequemlichkeiten abzuhelfen, welche die Aufnahmen im Freien mit sich führen. Diese Unbequemlichkeiten sind mannichfach und groß und waren früher noch viel größer. Wer einen längeren Ausflug unternahm, um Landschaften aufzunehmen, mußte eine große Menge von Sachen mitschleppen,

deren Transport ihm Schwierigkeiten bereitete und Kosten verursachte. Neben seinem Apparate hatte er Collodium, Silberbad, Hervorrufung, Fixage und beträchtliche Quantitäten von destillirtem Wasser nöthig. Das war aber noch nicht Alles. Er bedurfte auch einer Dunkelammer, und um diese aufzustellen und einzuziehen, war die Begleitung von etlichen Gehülfen durchaus nothwendig. Doch selbst wenn alle diese Bedingungen erfüllt waren, ließ sich noch nicht auf sichern Erfolg rechnen. Da kam es oft vor, daß die Chemikalien beim Transport verdorben waren, indem entweder das Collodium von der Hitze gelitten hatte, die Silberbadflasche zertrümmert war, die Hervorrufung nicht mehr taugte oder die Glasplatten zertrümmert waren. Aber wer auch diesen Fährlichkeiten entkam, konnte in neue Verlegenheiten gerathen. Zuerst quälte ihn eine wahrhaft tropische Hitze in dem engen Zelte und machte ein sicheres und bedächtiges Arbeiten fast zur Unmöglichkeit, dann brachte nur allzuleicht ein Windstoß, der sein Zelt erschütterte, seine Lösungen und Bäder in Unordnung, ja warf wol gar sein Wachlicht um und steckte das leicht entzündliche Collodium in Brand.

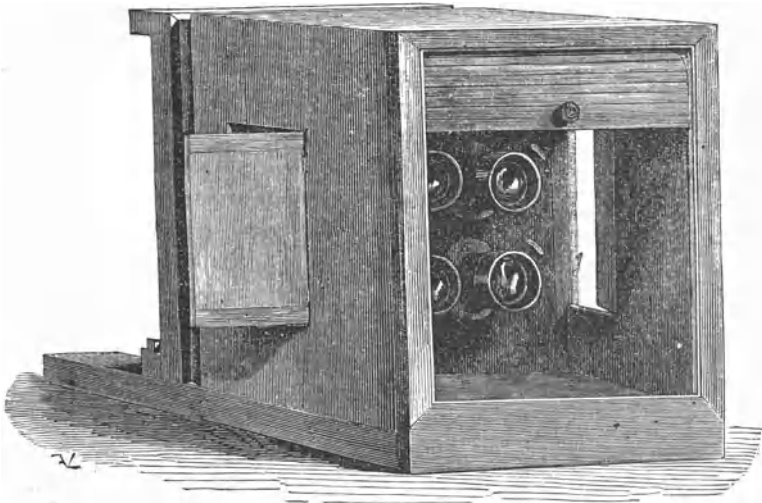


Fig. 346. Visitenartenapparat mit mehreren Objectiva.

Das trockene Verfahren sollte allen diesen Uebelständen abhelfen, indem man statt der Lösungen und Bäder, des Zeltens und all' der mannichfachen Bagage nur einige lichtdichte Plattenkasten und eine hinreichende Menge von Exponirrahmen (Kassetten) mitzunehmen brauchte. Die Kassetten konnten den Abend vorher aus dem Plattenkasten gefüllt werden und der Plattenkasten nahm auch die schon exponirten Platten wieder auf. Diese selbst ließen sich nach der Heimkehr hervorrufen und fixiren. So wurde es also möglich, den größten Theil der Arbeiten im Hause, statt im Felde, zu verrichten.

Die Vortheile dieser Methode liegen auf der Hand, sie waren aber schwierig zu erreichen, weil die ersten Versuche nur sehr wenig empfindliche Platten gaben. Der Abbé Desprats aus Louhans, der mit dem ersten Trockenverfahren 1855 hervortrat, überzog seine Platten wie gewöhnlich mit jodirtem Collodium und brachte sie dann in das Silberbad. Statt sie aber beim Herausnehmen aus dem Silberbade sofort zu exponiren, tauchte er sie in eine Schale mit destillirtem Wasser, wo er sie etwa eine Minute liegen ließ und dann trocknete. Wenn sie nun später exponirt war, wurde sie abermals in destillirtes Wasser gelegt, das Bild aber dann auf die



gewöhnliche Art hervorgerufen und fixirt. Da nun das Iod Silber für sich allein nicht lichtempfindlich ist, sondern dies erst durch das freie Silbernitrat wird, so läßt sich leicht einsehen, wie sehr bei diesem Verfahren die Empfindlichkeit leiden mußte.

Indem man dem Collodium durch Zusätze von Syrup, Honig, Zucker oder dergleichen seine schwammartige Struktur, die es beim Trocknen verliert, zu erhalten suchte, machte man einen Schritt vorwärts. Taupenot überzog die Collodiumhaut mit einer dünnen Schicht von jobirtem Eiweiß und durch die glückliche Vereinigung von Collodium und Eiweiß wurde es zuerst möglich, Platten zu bereiten, die länger als ein Jahr empfindlich blieben. Statt des Eiweißes empfahl Norris einen Ueberzug von Gelatine, Phte brachte Metagelatine in Anwendung u. s. w.

Fothergill schlug 1858 vor, die empfindlich gemachte Platte nach dem Wegwaschen des freien Silbernitrats mit bloßem verdünnten Albumin zu überziehen. Leider ist sein Verfahren aber auch nicht frei von großen Mängeln. Flecken und Streifen sind schwer zu vermeiden und das Gelingen ist gar zu sehr durch die mechanische Struktur des Collodiums bedingt.

Alle diese Uebelstände werden durch das Tanninverfahren beseitigt, welches Major Russell im Laufe des Jahres 1861 veröffentlichte. Siehe Major Russell's „Tanninverfahren. Bearbeitet von K. de Roth.“ Leipzig, bei Otto Spamer. Zweite Ausg. 1866. Durch dasselbe hat das trockne Collodium sich in Bezug auf Sicherheit und Schönheit der Resultate dem nassen Verfahren würdig an die Seite gestellt. Russell überzieht seine Glasplatte, um das Anhaften der Collodiumschicht zu befördern, entweder mit Gelatine oder Guttapercha. Wenn die Ränder überfirnißt werden, kann dieser Ueberzug dann auch wegb bleiben und das Collodium wird wie gewöhnlich aufgetragen. Nach dem Empfindlichmachen im Silberbade wäscht man die Platte reichlich mit Wasser, um das freie Silbernitrat zu entfernen, und überzieht sie in noch feuchtem Zustande sofort mit einer Tanninlösung, die man von selbst trocknen läßt oder durch künstliche Wärme trocknet. Die so bereiteten Platten können nun entweder gleich oder beliebige Zeit nachher zu Aufnahmen verwendet werden. Sie geben gleichmäßige und gute Bilder, verlangen aber eine ziemlich lange Exposition.

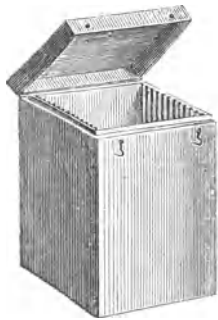


Fig. 347. Kasten zur Aufbewahrung von Glasplatten.

Diesen letzten Uebelstand hat Professor Draper in New-York mit Erfolg zu heben gesucht. Sein Verfahren läßt sich mit dem eines Künstlers vergleichen, der durch einen Strich eine Zeichnung effektiv corrigirt. Seine Platte wird ganz so präparirt, wie Major Russell angiebt, nach der Belichtung wird sie aber in warmes Wasser getaucht und nach dem Herausnehmen mit dem gewöhnlichen kalten Entwickler übergossen und hervorgerufen. Der Erfolg ist ein außergewöhnlicher, indem die Belichtungszeit bedeutend verkürzt wird. Bei einem Versuche, wo Wasser von 43° C. angewendet wurde, ließ sich die Belichtungszeit schon auf  $\frac{1}{20}$  der Zeit reduzieren. Nehmen wir nun an, daß eine gut präparirte Tanninplatte von Stereoskop-Format ungefähr eine Beleuchtungszeit von 40 Sekunden nach der gewöhnlichen Art erfordert, so würde eine mit warmem Wasser behandelte Platte in zwei Sekunden genügend gelichtet sein. Was Professor Draper erfolgreich begonnen, hat Th. Sutton erfolgreich zu Ende geführt. Seine Methode der alkalischen Entwicklung, in welcher dem Hervorrufser statt einer Säure ein Alkali zugelegt wird, hat es ihm möglich gemacht, so rasch zu arbeiten, daß selbst die am Strande sich brechende Woge auf seiner Platte sich abbildet.

Lange waren die Gelehrten in Zweifel, wie das Tannin eigentlich wirke, bis neuerdings Poitevin nachgewiesen hat, daß Tannin im Stande ist, unempfindliches Jodsilber empfindlich zu machen, indem es gleichsam das gewegewaschene Silbernitrat ersetzt. Daneben hat es aber auch einen mechanischen Einfluß, indem es die Poren des Collodiums für die volle Einwirkung des Entwicklers auf das belichtete Jodsilber offen erhält.

Diese Vorzüge des Tannins, verbunden mit der Einfachheit und Sicherheit des Russell'schen Verfahrens, haben das Tanninverfahren zu einem Weltverfahren gemacht, welches, gleich sehr von Praktikern wie von Liebhabern geliebt, wol noch lange der Ausgangspunkt für alle wirklichen Fortschritte in dem „trocknen Verfahren“ bleiben wird, weil es eben den vielseitigsten Anforderungen entspricht. Freilich muß noch viel geschehen, ehe das Ziel erreicht ist, aber die Errungenschaften weniger Jahre berechtigen zu der Erwartung, daß die trocknen Verfahren endlich den nassen Verfahren den Vorrang ablaufen werden. Damit würde die Photographie in ein neues Stadium treten und ein Gemeingut aller Gebildeten werden.

Dem durch die trocknen Verfahren wird es ausführbar, die empfindlichen Platten auf lange Zeit voraus zu präpariren, sie fabrikmäßig darzustellen und auf Lager zu halten. Es braucht also der Einzelne nicht mühsam seine Platten zu putzen, sein Collodium zu bereiten und das Silberbad herzurichten. Dies Alles ist schon geschehen, ist besser geschehen, als er es vollbringen könnte. Die fertige Platte bedarf nur der Belichtung, der Hervorrufung und Fixirung, um das gewünschte Bild zu liefern. Will man Abdrücke davon, so lassen diese sich billig durch die schon jetzt in großen Städten bestehenden Kopiranstalten beschaffen.

Erst wenn die trocknen Platten ein gangbarer und billiger Handelsartikel geworden, wird die Photographie die Stelle des Zeichnens vertreten können und Lehrgegenstand in den Schulen werden. Denn darin liegt ihre weltgeschichtliche Bedeutung, daß sie der Wissenschaft und dem Verkehre zu dienen berufen ist; sie ist nicht da, um einigen Krämerseelen, welche der Kunst und der Wissenschaft gleich fern stehen, eine gewinnbringende Einnahmequelle zu sein. Sie bietet allen Ständen ihre Dienste an und sendet keinen „unbeschenkt zurück“. Sie verzeichnet dem Astronomen den Lauf der Gestirne, fixirt dem Arzt die Stadien der Krankheit, liefert dem Juristen Verbrechergalerien, giebt dem Sprachforscher genaue Nachbildung seltener Pergamente, dient dem Taktiker, den Gang der Schlachten zu verzeichnen, und erfreut den Psychologen und Physiognomen mit Material für seine Studien. Sie versteht den Handwerker mit Modellen, unterstützt den Landschaftsmaler, belehrt den Geographen, fördert die Studien des Botanikers, des Zoologen und Mineralogen, sie beobachtet für den Physiker und spornt die Forscherlust des Chemikers an; ja sie wird zuversichtlich noch Kreisen nützlich werden, welche bislang nicht im Entferntesten an die Heranziehung dieser nützlichen Kunst gedacht haben.

**Augenblicksbilder.** Hierin liegt die Bedeutung der trocknen Verfahren, die noch um Vieles erhöht würde, wenn es gelänge, auf sichere und bequeme Art die sogenannten Augenblicksbilder in dieser Weise herzustellen. Die photographische Gesellschaft in Marseille hat sich deshalb um die Photographie ein großes Verdienst erworben, als sie für „ein augenblickliches Verfahren auf trockenem Collodium“ einen Preis von 500 Franken aussetzte. Auf feuchtem Collodium sind schon eine beträchtliche Anzahl höchst gelungener Versuche in augenblicklichen Aufnahmen gemacht, wovon wir besonders die Stereoskopbilder von Ferricr und Soulier in Paris und die herrlichen Leistungen von Wilson aus Aberdeen hervorheben wollen. Am meisten Werth hat die Augenblicksphotographie für das Porträtiren. Hier kommt es vorzüglich

darauf an, die momentane Stimmung wiederzugeben und so dem Bilde Leben einzuhauchen. Niemand kann 16 bis 20 Sekunden unbeweglich in derselben Stellung verharren, ohne den Gesichtsausdruck zu verändern oder mit den Augen zu winken. Und wenn er es möglich macht, gleichsam zu erstarren, was für eine steife Gliedergruppe tritt uns im Bilde entgegen! Hat Lamartine nicht Recht, wenn er diese Art der Photographie eine Negation der Kunst nennt?

„Der Maler“ — sagte er in den *Entretiens litteraires*, — „würde nicht ein Schöpfer sein, wenn er sich darauf beschränkte, die Natur abzuklatschen, ohne sie auszuwählen, ohne sie zu empfinden, ohne sie zu beleben, ohne sie zu verschönern, und diese engherzige Genauigkeit der Photographie ist es, welche mich veranlaßt, diese Erfindung des Zufalls, welche niemals eine Kunst sein wird, sondern nur ein Diebstahl an der Natur unter Beihülfe der Optik ist, aus Herzensgrunde zu verachten.“

Ja wohl, die Porträtphotographie ist eine Negation der Kunst, sie ist aber kein Diebstahl an der Natur, weil sie die reine Unnatur, eine Karrikatur der Natur ist. Sie steht dadurch im Gegensatz zur Kunst, welche den reinsten Ausdruck der Natur wiedergibt, nicht aber sie verzerrt. Der Künstler weiß die rechte Wahl, den rechten Punkt zu treffen, den Augenblick zu ergreifen, denn eben

Wer den Augenblick ergreift,  
Der ist der rechte Mann.

Kann die Photographie Augenblicksbilder im wahren Sinne des Wortes herstellen, so wird sie dem Künstler seinen Griffel und seine Tusche ersetzen und im Dienste der Kunst die Natur wählen, empfinden und beleben. Ihre Leistungen werden Kunstwerke, die es verdienen, den raschen, vernichtenden Gang der Zeiten zu überdauern, dem sie bisher unwiderruflich zum Opfer fielen.

Als die photographische Technik einigermaßen ausgebildet war und die Wissenschaft dem Collodiumverfahren eine sichere Grundlage gegeben hatte, fing man auch schon an, der photographischen Kunst ein anderes Ziel zu stecken, als die gering geschätzte Nebenbuhlerin der schlechtesten Art von Porträtmalerei zu sein. Der berühmte französische Photograph Disdéri wies schon in den fünfziger Jahren auf ihre ungemeine Wichtigkeit für die Verbreitung künstlerischen Sinnes und edler Bildung durch die getreue und billige Wiedergabe der Meisterwerke von Pinsel, Meißel und Kelle hin; er schlug vor, die bedeutendsten Kunstwerke aller Völker und Zeiten zu kopiren und sie in den Dunst der Hütten wie in den Glanz der Paläste hinauszuschicken, damit sie ein beredtes und belehrendes Zeugniß ablegten von den Gedanken und Ideen der schöpferischen, bahnbrechenden Geister. Und dem Worte ließ Disdéri die That auf dem Fuße folgen, indem er 1855 sein „Album de Versailles“ veröffentlichte. Sein Vorgang fand Nachahmung, nicht nur in Frankreich, sondern in der ganzen gebildeten Welt. Laien und Fachphotographen beieferten sich, die ihnen zugänglichen Kunstschätze zu kopiren; allein ein Uebelstand trat dabei hindernd in den Weg: die eigenthümliche Wiedergabe der Farben durch die photographischen Präparate, indem z. B. Zinnoberroth und Krapproth, welche durch Mischen dieselbe Farbe geben, auf dem Negativ in ganz verschiedener Nuancirung auftreten; Gelb, Roth und Grün in der photographischen Aufnahme schwarz, Blau, Violet und Indigo aber weiß wiedergegeben werden. Doch auch hier hat der Fortschritt, das Wunderkind der Erfahrung und des Nachdenkens, die Hauptschwierigkeiten weggeräumt, und Disdéri's Wunsch hat sich verwirklicht — sie wandern hinaus, die wunderbaren Schöpfungen hervorragender Geister, um aller Welt das Evangelium der Humanität zu predigen.

In dieser Richtung hat sich manche deutsche Firma einen weitgenannten Namen erworben. Wer kennt nicht die Albert'schen Kopien Kaulbach'scher Kartons, die

Schauer'schen Nachbildungen der Gemälde Rafael's sowie der Kaulbach'schen Schafspearegalerie, die Dresdener Gallerie von Hanffstängl, die Photographien der Kaulbach'schen Freskogemälde im Treppenhause des neuen Museums in Berlin von Bette u. s. w. Einen hervorragenden Rang nimmt durch Billigkeit und Schönheit der Erzeugnisse die „Photographische Gesellschaft“ in Berlin ein, indem sie für wenige Groschen Visitenkartenbilder der hervorragendsten Kunstschöpfungen in den Handel bringt.

Leider hat aber mit der Ausbildung der Kopirverfahren die Haltbarkeit der Bilder sich nicht gesteigert. Wie einst der grimme Gott der Zeit, der alte Saturnus, seine eigenen Kinder zu verschlingen pflegte, so vertilgt jetzt der Lichtgott Apollo seine modernen papiernen Erzeugnisse, so daß von manchen Bildern im Verlauf der Jahre wol kaum etwas Anderes übrig sein wird, als der Firmenstempel, der dann gleichsam hochgrinsend den Urheber des leeren Fleckes der Nachwelt meldet. Wer die verblästen Kopien berühmter Wandgemälde und Delbilder in der Düsseldorfer Akademie betrachtet, wird uns beistimmen, daß die photographischen Erzeugnisse dem flüchtigen Sonnenstrahle gleichen, den man zwar bewundern muß, aber nicht festhalten kann.

**Unvergängliche Photographien.** Unsere photographischen Bilder gleichen fast noch den Eintagsfliegen; wie sie durch das Licht entstanden, so scheinen sie wieder mit dem Licht zu verschwinden. Sie kamen wie Schatten und kehren rasch in's Schattenreich zurück. Diese vergängliche Natur der positiven Bilder hat eine Reihe von Versuchen veranlaßt, um dauerhafte Abdrücke zu erzielen. Der Herzog von Luynes hat diesen Nachforschungen einen neuen Anstoß gegeben durch einen Preis von 10,000 Franken, welchen er für das beste Verfahren aussetzte, wodurch unzerstörbare Bilder mit verringerten Kosten und von gleicher Güte, wie die Chlorsilberbilder, erzeugt werden können. Obwol nun dieses Ziel noch nicht vollständig erreicht wurde, sind doch schon so große Fortschritte in dieser Richtung gemacht, daß eine rasche und genügende Lösung des Problems kaum zu bezweifeln ist.

Fox Talbot, der Erfinder der Talbotypie, beachtete zuerst die Eigenthümlichkeit des doppeltchromsauren Kali's, mit organischen Substanzen, wie Gelatine, Albumin, Gummi u. s. w., unter dem Einflusse des Lichtes eine unlösliche Verbindung einzugehen. Poitevin benutzte diese Thatsache zur Bereitung empfindlicher Papiere, indem er das Papier mit einem organischen Stoffe tränkte, dem ein Chromsalz zugesetzt war. Nach dem Trocknen wurde das Papier unter einem Negativ belichtet und dann mit Druckerfschwärze überzogen. Beim Eintauchen in's Wasser lassen die nicht vom Licht getroffenen Stellen die Schwärze fahren, weil sie vom Wasser gelöst werden; an den vom Lichte geänderten Partien bleibt dagegen die Schwärze haften und zwar um so mehr, je mehr sie vom Lichte beeinflusst wurden.

Ähnliche Prinzipien liegen dem Kohleverfahren von Pouchy zu Grunde. Er mischt eine gesättigte Lösung von doppeltchromsaurem Kali mit Gummi arabicum und fein zerriebener Pflanzenkohle und trägt diese Mischung mit einem Pinsel gleichmäßig auf Papier, welches nach dem Belichten im Wasser ausgewaschen wird. Ueberall, wo das Licht nicht eingewirkt hat, bleibt die Mischung löslich und wird mit der Kohle vom Wasser festgenommen, während die durch das Licht unlöslich gewordene organische Materie auch die Kohle zurückhält. In neuerer Zeit hat Swan dieser Methode größere Ausbildung und Vollendung gegeben, während Dbernetter in München einen eigenen Weg ging.

Alle diese Methoden liefern allerdings unzerstörbare Bilder. Dieselben haben aber nicht die schöne Tonabstufung und die Schärfe der Chlorsilberbilder. Ihnen näher stehen die Uranbilder von Niépce von Saint-Victor, dem Neffen des Erfinders der Photographie. Niépce von Saint-Victor ist von einem eben so uner-

müdlischen Forschergeiste befeelt, wie sein Oheim. Er wurde am 26. Juli 1806 in St.-Chr., in der Nähe von Chalons-sur-Saône, geboren und trat frühzeitig in die Armee ein. In dem einförmigen Garnisonleben verstrich sein Leben ohne Inhalt und Bedeutung, bis eines schönen Tages ein Zufall demselben eine ernstere Richtung gab. Ein Tröpfchen Citronensaft hatte seine krapprothe Uniformhose fleckig gemacht, und umsonst bemühte sich der besorgte Offizier, den Flecken fortzuschaffen. Nachdem er mehrere Mittel vergeblich probirt, gelang es ihm endlich, mit einigen Tropfen Ammoniak die Farbe wieder herzustellen. Die Thatfache frappirte ihn, er machte weitere Studien über die Einwirkung der Säuren auf Farbstoffe und war bald darauf im Stande, seiner Regierung durch seine Kenntnisse eine Summe von wenigstens 100,000 Franken zu ersparen. Es war nämlich beschlossen worden, bei 13 Kavallerieregimentern die Farbe der Aufschläge, Kragen u. s. w. zu verändern; die Unternehmer, mit denen man verhandelte, forderten für jede Uniform 6 Franken. Da trat Niépce mit einem neuen Mittel auf, wodurch sich die Kosten auf einen halben Frank reduzirten. Und die Regierung — hat ihn reich belohnt, nicht wahr? Im Gegentheile, der bescheidene Dragoneroffizier, welcher selbst die Kosten einer Reise nach Paris bestritten hatte, um dem Minister die Resultate seiner Forschungen mitzutheilen, begnügte sich mit der Zusage, daß er bei nächster Gelegenheit nach Paris versetzt werden solle. Der erste Erfolg seiner Studien verdoppelte seine Anstrengungen und bald war er mit der Chemie hinlänglich vertraut, um die Forschungen seines Oheims aufnehmen zu können. Aber ihm fehlten die Bücher und Hülfsmittel, welche nur Paris bieten konnte. Endlich, nach dreijährigem Harren, gelang es ihm, dorthin versetzt zu werden. Nun beginnt eine Reihe von Entdeckungen, die eben so viele Bausteine zum Wunderbau der heutigen Photographie abgaben. Zu diesen Entdeckungen gehört auch das Uranverfahren, welches wir jetzt besprechen wollen.

Das Papier, welches man hierzu verwendet, bedarf keiner weiteren Vorbereitung, nur muß man es mehrere Tage im Dunkeln aufbewahrt haben. Um es empfindlich zu machen, wird es einige Minuten auf eine Auflösung von salpetersaurem Uranoxyd in destillirtem Wasser gebracht und dann im Dunkeln getrocknet. Die so bereiteten Blätter bleiben lange empfindlich. Wenn sie in der Sonne etwa 10 Minuten und im Schatten eine Viertelstunde bis zu einer Stunde unter dem Negativ exponirt sind, zeigt sich ein schwaches Bild, welches durch Eintauchen in ein Bad von essigsäurem Silberoxyd verstärkt werden kann. Statt dieses Bades läßt sich auch eine Auflösung von Goldchlorid verwenden. In beiden Fällen werden die Bilder durch einfaches Waschen in gewöhnlichem Wasser fixirt. Der chemische Vorgang ist ganz derselbe, wie in den beiden vorhergehenden Fällen, indem dort wie hier die vom Licht getroffenen Theile des Salzes unlöslich werden. Die Uranbilder sind durch chemische Mittel unangreifbar, sie widerstehen selbst einer kochenden Cyanalkaliumlösung. Dies Verfahren Niépce's wurde in der Neuzeit unter dem Namen Citotypie (Schnelldruck) Gegenstand einer gewinnfüchtigen Spekulation, welcher die „Photographischen Monatshefte von de Roth“ durch Aufdeckung des Zusammenhanges ein rasches Ende bereitere.

Vor Niépce hatte schon 1857 der englische Forscher Burnett ein Uranverfahren empfohlen, worin das Uransalz zum Collodium gesetzt und mittels desselben auf dem Papier ausgebreitet wird. Burnett's Angaben sind von dem Hofsphotographen Wothly in Aachen zu einem interessanten Verfahren ausgebildet worden, welches derselbe als „Wothlytypie“ bezeichnete. Wothly's Bilder scheinen mit den Leistungen der alten Methode an Schönheit mindestens konkurriren zu können; ob sie dauerhafter sein werden, dürfte mehr als fraglich sein. Wothly versetzt Collodium mit salpetersaurem Uranoxyd und salpetersaurem Silberoxyd und trägt dieses auf ein vorher mit Arrow-

Root präparirtes und dann satinirtes Papier. Nach der Belichtung kommt die Kopie in verdünnte Essigsäure, wird ausgewaschen und in ein Chlorgoldbad getaucht. Es läßt sich hierbei das unterschweflige Natron, dieser Krebschaden der Papierbilder, wie es heißt, vermeiden; nach dem Abwaschen der Goldlösung soll das Bild vollendet sein.

Neben den mitgetheilten Verfahren giebt es noch eine Reihe von ähnlichen Versuchen, die mehr oder minder zweckentsprechend sind. Alle trifft aber der gleiche Tadel, daß sie das Chlorfilberverfahren nicht erreichen und nicht Bilder von gleichmäßiger Güte liefern. Beide Punkte müssen aber erfüllt werden, wenn die Photographie für wissenschaftliche und künstlerische Zwecke Verwendung finden soll.

Die Vielfältigung eines guten Negativs durch die Druckerpresse, entweder auf dem Wege der Lithographie oder des Stiches, kann hier allein abhelfen. Das erkannte schon der ältere Niépce, dessen ursprüngliches Streben nur darauf gerichtet war, Bilder für den Druck herzurichten. Sein Neffe, Niépce von St.-Victor, nahm 1863 diese Versuche wieder auf und gelangte bald zu beachtungswerthen Resultaten. Nicéphore Niépce hatte sich einer polirten Zinnplatte bedient, Niépce von St.-Victor nahm dafür eine Stahlplatte. Er bezeichnete sein Verfahren als Gravure héliographique und sagt, daß diese für die Photographie sei — „ce que le burin est au crayon“ — was der Grabstichel für die Bleistiftzeichnung.

Niépce von St.-Victor hat die Resultate seiner heliographischen Forschungen in seinem „Traité pratique de gravure héliographique (1856)“ vollständig dargelegt. Nachdem die Stahlplatte gut gereinigt und polirt ist, trägt er einen Firniß von Benzin, Citronenschalenöl und Zudenpech auf. Der getrocknete Firniß wird nun mit einem positiven Lichtbild bedeckt und exponirt; dann werden die vom Lichte nicht veränderten Theile des Firnisses durch ein Gemisch von Naphtha und Benzin entfernt und schließlich wird die Platte mit Wasser abgespült und getrocknet. Damit ist ein Theil der Operation beendet, es bleibt nur noch das Ätzen übrig. Dies geschieht durch Salpetersäure, die stark mit Wasser und Alkohol verdünnt wurde. Besser wirkt aber in gewissen Fällen eine gesättigte Lösung von Jod in Wasser. Wenn das Ätzmittel hinlänglich gewirkt hat, wird es mit Wasser fortgespült und die Platte ist nun zum Druck hergerichtet. Niépce hat nach dieser Methode Platten hergestellt, die ohne Nachhülfe des Graveurs tadellose Abdrücke gaben.

Ein ähnliches Verfahren ist von Fox Talbot angegeben. Nur verwendet er als empfindliche Schicht nicht Zudenpech, sondern das doppelchromsaure Kali in Verbindung mit Gelatine. Nach der Belichtung wird das Bild durch eine wässrige Lösung von Eisenchlorid in den Stahl geätzt. Das vom Licht getroffene Chromsalz hat sich reduziert und mit der Gelatine eine unlösliche Verbindung eingegangen. Wo dies geschehen ist, also auf der ganzen Bildfläche, wird die wässrige Lösung des Eisenchlorids nicht absorbiert, sondern zurückgestoßen und so das Metall vor der Einwirkung des Ätzmittels geschützt, während an den vom Lichte nicht veränderten Stellen der Platte das Metall selbst angegriffen wird. Daß die Methode von praktischem Werthe ist, hat Talbot durch die schönen Probestücke der Ausstellung von 1862 bewiesen.

Abweichend von den eben mitgetheilten Methoden, sucht Paul Pretsch aus Wien durch die Vereinigung zweier Künste, der Photographie und Galvanographie, dasselbe Ziel zu erreichen. Eine Glasplatte wird zuerst mit einer Mischung von doppelchromsaurem Kali und Gelatine überzogen und dann auf dieser Fläche durch die Wirkung des Lichtes ein Bild erzeugt. Nun kommt es darauf an, erhöhte und vertiefte Flächen auf dem Glase zu erhalten. Zu dem Ende wird Wasser angewendet. Die Gelatine hat nämlich die Eigenschaft, durch Einsaugen von Wasser aufzuschwellen, eine Eigenschaft, welche die mit doppelchromsaurem Kali verbundene Gelatine unter

dem Einflusse des Lichtes verliert. Durch das aufgehoffene Wasser schwellen also nur die Theile auf, welche vom Lichte unberührt geblieben; das Bild senkt sich. Man stellt nun eine Guttaperchaform vom Bilde her, macht diese durch Kohlenpulver leitend und schlägt auf galvanischem Wege Kupfer darauf nieder. Die so erhaltenen Kupferplatten werden auf gewöhnliche Weise zum Druck verwendet. Pretsch lieferte als Belege während der Ausstellung von 1862 eine große Reihe trefflicher Bilder.

Eben so erfolgreich, wie jene Bestrebungen, die Stahl- und Kupferplatte zur Vervielfältigung der photographischen Bilder zu verwenden, waren die Bemühungen, den lithographischen Stein zu diesem Zwecke dienstbar zu machen. John Osborne aus Melbourne war der Erste, welcher 1859 nach den Fehlversuchen Poitevin's das Richtige traf. Er überzieht albuminirtes Papier mit einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali und Gelatine, das hierauf erhaltene Bild überträgt er auf den Stein. Dieselbe Methode, oder wenigstens eine Methode, die in ihren Grundzügen mit Osborne's Angaben übereinstimmt, hat E. J. Asser in Amsterdam durchaus selbstständig gefunden. Da sein Verfahren in der „Zinkographie des Oberst James“ eine folgenreiche Ausbildung gefunden, wollen wir gleich davon reden.

Asser überzieht ungeleimtes Papier mit einer Auflösung von Stärke in Wasser und bringt es nach dem Trocknen auf eine gesättigte Lösung von doppeltchromsaurem Kali im Wasser. Das nun im Dunkeln getrocknete Papier giebt von einem kräftigen Negative nach einer kürzeren oder längeren Belichtung ein schönes braunes Bild auf orangefarbenem Grunde, welches durch Ausspülen im Wasser fixirt wird und dann durch Ausbreiten auf einer stark erhitzten Marmorplatte die Fähigkeit erhält, Druckerschwärze leicht anzunehmen. Nachdem das etwas angefeuchtete Papier damit überzogen ist, bringt man dasselbe auf einen lithographischen Stein und zieht es mit diesem durch die Presse. Hier entsteht ein reines und klares Bild, welches in gewöhnlicher Weise vervielfältigt werden kann.

Im Jahre 1860 wurde dies Verfahren in dem Bureau der Landesvermessung (Ordnance Survey) zu Southampton angenommen und nach und nach in einzelnen Punkten verbessert. Statt auf den lithographischen Stein wird das Bild auf Zink übertragen und mit einem schwachen Aetzmittel, aus verdünnter Phosphorsäure in Gummiwasser, eingätzt. Oberst James, der Direktor der Landesvermessung, hat diese Zinkographie zuerst zur praktischen Verwendung gebracht. Man berechnet, daß er der Regierung schon mehr als 100,000 Pfd. Sterl. dadurch erspart habe. Gewöhnlich ist nämlich der Maßstab, den der Vermesser eines Distriktes seiner Karte zu Grunde legt, bei weitem größer als derjenige, welchen er für die Veröffentlichung wählen würde, weil bei einem kleinen Maßstabe das Eintragen der Einzelheiten zu zeitraubend wäre. Die Folge davon ist, daß die Karte, bevor sie gestochen oder auf Stein gezeichnet werden kann, reduziert werden muß, eine Arbeit, die bei genauen Karten höchst mühsam und kostspielig ist, außerdem nicht immer befriedigend ausfällt. Die Photozinkographie hilft diesen Unbequemlichkeiten auf einfache und sichere Art ab. Sie hat außerdem in allerneuester Zeit eine andere Verwendung gefunden, die ein allseitiges Interesse in Anspruch nimmt. Lovel Reeve, ein berühmter englischer Photograph, hat bereits auf zinkographischem Wege Facsimile's von Shakespeare's Sonetten sowie „The Lover's Complaint“ herausgegeben. Außer der Veröffentlichung der seltenen Quartausgaben der Werke des großen Dichters, sowie der Folioausgabe von 1623, dürften in Kurzem dieser Methode werthvolle und bisher den Meisten unzugängliche Hülfsmittel für das literarhistorische Studium zu verdanken sein.

Auch für die Holzschnidekunst hat man die Photographie vielfach zu verwenden gesucht. Fast alle Versuche scheiterten aber, weil die photographischen Präparate den Holzstock so übel zurichteten, daß der Holzschnider, abgesehen davon

wie sehr sein Auge bei dem Schneiden litt, nur selten ein befriedigendes Erzeugniß zu liefern vermochte. Bei Verwendung des oben besprochenen Urancolloidiums fällt dieser Uebelstand weg und eine damit erlangte photographische Abbildung soll kaum mehr Schwierigkeiten machen, wie eine Bleistiftzeichnung.

Eine neue und interessante Art der Photographie sind die eingebrannten Bilder, welche zuerst Lafon de Camarzac in Paris und Obernetter in München, Grüne in Berlin und Veth in Wien, neuerdings auch Andere, in hoher Vollendung unzerstörbar auf Porzellan, Teller, Tassen, Pfeifenköpfen u. s. w. herstellen.

Weit verbreitet und allbekannt sind die sogenannten Mikrographien, auch Stanhopes, unendlich kleine Bildchen, von welchen bis zu 10,000 auf die Fläche eines Quadratzolls gehen und die am Ende einer Cylinderloupe aufgeklebt, beim Hindurchsehen vergrößert erscheinen. Diese Erfindung von Dagron in Paris debütierte zuerst im großartigen Maßstabe auf der Londoner Industrieausstellung vom Jahre 1862.

Neben der Verkleinerungsphotographie steht die Megalophotographie, welche nach kleinen Negativen Bilder in und über Lebensgröße liefert. Durch verbesserte Apparate und Methoden ist es jetzt möglich geworden, mit Sicherheit und Raschheit Erfolge zu erzielen, welche vor Jahren noch im Bereiche der Fabel zu liegen schienen.

So schreitet die Photographie unaufhaltsam weiter und erreicht ein Ziel nach dem andern, also die überschwänglichsten Hoffnungen verwirklichend. Ob sie wol auch einmal dahin kommen wird, die Farbe der Gegenstände wiederzugeben?

Zahllose Versuche sind in dieser Hinsicht von Niepce von St.-Victor, Becquerel und anderen Forschern angestellt worden, und es ist auch gelungen, einzelne Farben zu erhalten; aber es ist nicht gelungen, sie festzuhalten, zu fixiren. Zwar kam einst die Nachricht aus Amerika, daß ein einfacher Geistlicher mitten in den Urwäldern das Problem gelöst habe, an dem die Gelehrten des Festlandes umsonst arbeiteten, aber das war eitel Lüge und Betrug, eine Yankeepekulation, nichts weiter. Ein Reverend, Namens Hill, dem seine pfäffischen Salbadereien nicht hinlänglich eintrugen, wußte sich aus der Photographie eine Goldgrube zu machen. Im Januar 1851 kündigte das „Photographische Journal“ von Newyork seinen staunenden Lesern an, daß Reverend Hill ein Mittel gefunden habe, die Bilder der Camera obscura in natürlichen Farben zu photographiren. Dies erregte gewaltige Sensation. Hill benutzte die Stimmung und erließ ein Circular, worin er jedem Franko-Einsender von 5 Dollars (= 6 $\frac{2}{3}$  Thaler) ein Exemplar jenes Buches versprach, welches er über seine Methode veröffentlichen wollte. In wenigen Tagen sollen gegen 15,000 Dollars eingelaufen sein. Das Buch erschien, enthielt aber nichts Neues, doch wurde auf eine Fortsetzung verdrößtet. Wenige Tage später brachte das „Photogr. Journal“ einen Brief von Hill mit der niedererschlagenden Nachricht, daß er bei seinen Studien erkrankt sei, übrigens bis auf das Gelb alle Farben wiedergeben könne. Sein Buch erlebte indessen eine zweite und dritte Auflage; der Enthusiasmus überstieg alle Begriffe; zahlreiche Besucher bestürmten das Haus des Reverend; ungeheure Summen wurden für sein Geheimniß geboten; man offerirte ihm für jede Lektion 50 Dollars. Aber Hill hielt seine Pforte verschlossen und gab eine neue Auflage seines Buches heraus. Darauf begab er sich in die Berge, um durch die reine Bergluft seine geschwächte Gesundheit herzustellen, und — war über alle Berge mit seinen 40,000 erschwindelten Dollars. Weder von ihm noch von seiner Entdeckung war mehr die Rede.

Wenn aber auch die Photographie in Naturfarben vorläufig noch zu den ungelösten Aufgaben gehört, so berechtigt doch der ungemeine Aufschwung der photographischen Kunst, sowie der rasche Austausch aller Beobachtungen und Erfahrungen, welcher durch eine Menge von Zeitschriften gefördert wird, zu der begründeten Hoff-



nung, daß dies höchste Ziel dem mühsamen Streben endlich erreichbar werden muß. Wenigstens drängte sich dieser tröstende Gedanke dem Besucher der Weltausstellung von 1862 fast unwiderstehlich auf, wenn er an die letzte große photographische Ausstellung von 1851 dachte; denn vor ihm offenbarte sich ein Fortschritt, wie er wol kaum in der Geschichte der Wissenschaften seines Gleichen haben dürfte. Damals bildeten die Daguerreotypbilder mit ihrer spiegelnden Oberfläche und Umkehrung der natürlichen Verhältnisse die große Mehrzahl. Nur hier und da bemerkte man eine vereinzelte Talbotypie ohne scharfe Umrisse und ohne Tonabstufung, bloßen Tuschschnierereien auf Papier nicht unähnlich. Als Andeutungen der besseren Zukunft zeigten sich einige gelungene Eiweißbilder auf Glas. Der Collodiumprozeß lag noch in den Geburtswehen, Scott Archer arbeitete fortwährend an seiner Vollendung. Sein erstes Collodium sah wie Braumbier aus, und das erste Collodiumbild, das er im September 1850 mit Dr. Diamond aufnahm, eignete sich gerade nicht zur Ausstellung. Bald aber begann das Collodiumverfahren seinen stillen Siegeszug, verdrängte alle Nebenbuhler und hob die Photographie auf eine ungeahnte Höhe. Fast alle Bilder der letzten Ausstellung waren Resultate dieses Verfahrens, Resultate, welche ein beredtes Zeugniß geben, wie mit der Ausbildung des Negativverfahrens das positive Kopirverfahren gleichen Schritt hält.

Aber auch seit 1862 ist kein Stillstand eingetreten. Immer mehr hat sich ihr Gebiet erweitert und immer größer wird der Kreis ihrer Verehrer, wie der Stein, in's Wasser geworfen, immer größere Wellenkreise um sich zieht. Und mit der größeren Verbreitung geht die innere Ausbildung der Verfahren Hand in Hand. Die Dauer der Aufnahme hat sich bis auf einen kaum nennenswerthen Bruchtheil der Zeit verkürzt. Man photographirt jetzt das Schiff im Segeln, das Pferd im Sprunge, die Kugel im Fluge.

Die Photographie ist geblieben, was sie immer gewesen ist — eine schwarze Kunst.



Reisender Photograph.



Nicht das Schönste auf der Welt  
Soll Dir am meisten gefallen;  
Sondern was Dir wohlgefällt,  
Sei Dir das Schönste von Allen.  
Kücherl.

## Die Farben und ihre Bereitung.

Einleitendes. Eisenfarben. Das Berlinerblau durch Diesbach entdeckt. Blutlaugensalz. Cyan. Blausäure. Blutlaugensalzfabrikation. Gelbes und rothes Blutlaugensalz. \*Darstellung des Berlinerblau. Holländische und deutsche Methode seiner Erzeugung. Ersatzmittel für das Bleiweiß. Chrompräparate. Chromoxyd und Chromsäure. Chromsaures Kali. Chromgelb. Kupferfarben. Grünspan. Seine Darstellung in Frankreich. Bergblau. Bremerblau. Schweinfurter Grün u. s. w. Ersatzmittel dafür. Schwefelmetalle als Farbstoffe. Der Zinnober und seine Bereitung. Antimonzinnober. Ultramarin. Natürliches und künstliches. Lackfarben. Cochenille und Karmin. — Pastellfarben. Die Bleistiftfabrikation.

Wer wüßte nicht, wie ungeheuer viel im Menschenleben auf die bloße Außenseite ankommt, welche Summe menschlicher Bestrebungen sich rein auf die Oberfläche der Dinge bezieht! Dem zu Folge arbeitet auch eine vielartige Menge technischer Zweige lediglich auf den Schein, auf Farbe und Anstrich. Bedürfniß und Luxus, oder vielmehr ein angeborener Farbensinn, ein besonderes Wohlgefallen an dieser oder jener Farbe führte den Menschen frühzeitig darauf, den Gegenständen seiner Umgebung durch Färben oder Bemalen eine andere, ihm besser behagende Außenseite zu geben. So finden wir schon bei sogenannten wilden Völkern manche Färbekünste in Anwendung und der braune Indianer bemalt nach den Regeln seiner Toilette die eigene Haut mit weißer, gelber und rother Erde.

Von der Anwendung der Farbengebung auf die Kleidung, also der Zeugfärberei, haben wahrscheinlich die Färbekünste in der Regel ihren Ausgang genommen, und die Färberei muß der Erfindung der Weberei auf dem Fuße gefolgt sein. Daher finden wir auch schon bei den alten Aegyptern und Phöniziern, bei Persern und Indiern

die Zeugfärberei und selbst die Buntfärberei unter Anwendung von Beizen in voller Ausübung, als noch die zeichnenden Künste kaum geboren waren und die Malerei sich, wie die ägyptischen Alterthümer lehren, auf rohe Umrisse beschränkte, die dann durch Ausfärben mit Roth u. s. w. lebhafter gemacht wurden. In dieser urwüchsigen Malerei folgten den Aegyptern die Griechen und malten lange mit den überkommenen vier Farben roth, gelb, weiß und schwarz; doch erblühte zuerst bei den Griechen und schon zu den Zeiten Alexander's des Großen eine höhere Malerkunst, in welcher ein Zeuxis, Apelles u. A. sich mit hochbewunderten Schöpfungen hervorthaten. Aus Wohlgefallen an heitern Farben schmückten die Griechen auch das Innere ihrer Tempel und Hallen häufig bunt aus, was ihnen jetzt bei einzelnen Kunstbauten wieder nachgethan wird (Polychromie), und eben so kleideten sie auch ihre Bildsäulen mitunter in lebhaftere Farben.

Bei den Römern entwickelte sich einige Kunstliebe erst in dem spätern luxuriösen Zeitalter und große Maler haben sie gar nicht hervorgebracht. Doch liebten sie die materische Ausschmückung ihrer Wohnungen und in dem verschütteten Pompeji sind uns in frischstem Farbenglanze die Belege aufbewahrt, daß selbst der Mittelstand diese Zierde nicht missen mochte, und die Wand- und Stubenmalerei in jenen Zeiten eine Ausdehnung und Ausbildung gewonnen hatte, wie wir sie in spätern Zeiten nicht mehr kennen. Erinnern wir uns noch, daß auch die Kunst, farbige Gläser und Mosaiken zu erzeugen, in's hohe Alterthum hinaufreicht, so werden wir anzuerkennen haben, daß die Farbentechnik in ihren verschiedenen Zweigen schon frühzeitig eine nicht unbedeutende Entwicklung gewonnen hatte. Dies konnte um so eher der Fall sein, als manche vorzügliche Farbstoffe gerade im Orient ihre Heimat haben, so die Färber-röthe, von uraltem Gebrauch, die Kermesschildblaus, die Verwandte der amerikanischen Cochenille, mit welcher man schon zu Moses Zeiten Seide und Leder roth färbte, verschiedene gelbfärbende Pflanzen und Hölzer u. s. w. Auch das Verhalten zwischen Gerbstoff (Galläpfel) und Eisensalzen war bekannt und zum Schwarzfärben benutzt. Die berühmteste Farbentechnik des Alterthums, die hochgeschätzte Purpurfärberei, ist gänzlich verloren gegangen; indeß dürfte dieselbe für uns durch die Cochenille mehr als ersetzt sein.

Für den Maler und Anstreicher bildete wol überall das Mineralreich den ursprünglichen Farbekasten. Hier hat die Natur selbst Verschiedenes präparirt und hier und da niedergelegt, was mit wenig Vorbereitung gebraucht werden kann, und wenn diese natürlichen Farben im Allgemeinen nicht so brillant sind, wie die vegetabilischen und künstlichen, so sind sie dafür weit dauerhafter und echter. Einzelne solcher Naturprodukte, z. B. terra di Siena, Asphalt, würden selbst unsere heutigen Maler ungern missen. Abgesehen von verschiedenen Weißstoffen geben die Bolus- und Ocherarten ein Sortiment von Braun, Roth und Gelb, das sich durch Brennen in verschiedenen Hitzegraden noch vervielfältigen läßt; in ihnen sind Eisenoxyde das färbende Prinzip. Eine natürliche Verbindung von Eisenoxydul und Kieselsäure ist die sogenannte Grünerde; Phosphorsäure mit Eisen giebt unter Umständen blaue Verbindungen, Blauspath, und so finden auch die grünen und blauen Kupferfarben (im Malachit, Kupferlasur u. s. w.), das Chromgelb (chromsaures Bleioxyd), das gelbe und rothe Schwefelarsenit, ihr Vorbild in Erzeugnissen der Natur. Wo Quecksilber und Schwefel sich zusammenfanden, bildete sich natürlicher Zinnober, ein so hervorstechender Farbstoff, daß er nicht lange unbemerkt bleiben konnte, daher wir auch seinen Namen und Gebrauch schon in den ältesten geschichtlichen Zeiten antreffen. So bildet denn die Auffuchung, Zubereitung und Verwendung färbender Mittel einen der ältesten menschlichen Arbeitszweige, der sich gleichwol Jahrtausende lang in den Geleisen

der bloßen Empirie bewegen mußte, bis die heutige Chemie auch dieses große Gebiet mit ihrem Lichte bestrahlte. Aber zu verachten sind auch die Ergebnisse keineswegs, welche wir aus den Zeiten des bloßen Eroberns überkommen haben, und die nicht ohne viel tausendfältige Mühen und Versuche erlangt werden konnten, oder zu denen auch der bloße Zufall freundlich verhalf, wie z. B. bei Entdeckung des Berlinerblau und des Verhaltens des Zinnfalzes zur Cochenille.

Aber wenn auch in der Farbentechnik noch manche alte Methode und praktische Vortheile in Uebung sind, und zum Theil sogar solche, welche die theoretische Chemie gar nicht hätte angeben können, so war es doch nur an der Hand der Wissenschaft möglich, daß diese Industrie auf die Stufe der Entwicklung und Vielseitigkeit sich emporzuschwingen konnte, auf der wir sie heute erblicken und die uns in Erstaunen setzt, wenn wir sie mit dem Stande der Dinge noch vor wenigen Jahrzehnten vergleichen.

Durch die neuere Chemie wurde es zunächst möglich, manche von der Natur gebildeten Farbkörper künstlich nachzubilden und sie dadurch schöner, massenhafter und wohlfeiler zu gewinnen, so z. B. die Chromfarben und den Zinnober, am spätesten und zur großen Gemüthung endlich auch das so seltene und kostbare Naturerzeugniß, das Ultramarin. Aber die Chemie, gestützt auf immer reichere Erfahrungen, trat mit der Zeit auch selbständig schaffend auf, und fand neue Farbenquellen so zu sagen in hoffnungslosen Steppen. Das jüngste und glänzendste Beispiel hievon bilden die mit so allgemeinem Interesse aufgenommenen Anilinfarben. Zu keiner Zeit übrigens waren die Bestrebungen der Farbentechnik lebhafter und vielseitiger als gerade jetzt. Bei allen schon erreichten Erfolgen bleibt in diesem Gebiete beständig zu wünschen übrig; man wünscht neue Nüancen und Uebergangsfarben, man wünscht die Farben im Allgemeinen reicher und feurriger, einige dauerhafter, andere wohlfeiler. Ein fernerer Gesichtspunkt ist der der Unschädlichkeit; man muß darauf hinarbeiten, das Reich der Farben von den mineralischen Giften, wie Arsenik, Kupferblei und Quecksilber, zu emanzipiren, obgleich gerade sie es sind, die einige der gefälligsten Farbentöne liefern. Leider ist man trotz aller Bemühungen noch nicht einmal dahin gelangt, das so gefährliche Arsenikgrün entbehrlich zu machen, weil eben noch nichts gefunden ist, was sich in der Schönheit der Farbe ihm gleichstellen ließe.

Die Herkunft und Natur der färbenden Mittel, wie ihre Verwendung ist so mannichfaltig und auseinanderliegend, daß ihre Besprechung sich nicht ohne Zwang auf einen Punkt vereinigen ließe. Es erschien daher sachgemäßer, die Glas- und Schmelzfarben beim Glas, Porzellan und Kobalt, die Anilinfarben bei der Industrie der Theerstoffe abzuhandeln und die Stoffe und Mittel, welche vorzugsweise der Färberei angehören, einem besondern Kapitel vorzubehalten. Es bleiben mithin für den gegenwärtigen Artikel die mineralischen und sonstigen Trodenfarben übrig, in so weit sie Gegenstand einer besonderen Fabrikation sind.

**Eisenfarben.** Man kann es aus dem Gesichtspunkte der Unschädlichkeit beklagen, daß das Eisen, das einzige, unserm Körper nicht schädliche, sondern vielmehr zu trüglische Metall, zu dem Sortiment der Farben nicht mehr beiträgt. In den gelben Farben der Ocker bildet, wie gesagt, das Eisen auf verschiedenen Oxydationsstufen das färbende Prinzip; die gelben lassen sich durch Brennen, wobei das Eisen sich höher oxydirt, in Roth überführen, und für die Delmalerei haben einzelne dieser Naturprodukte einige Bedeutung. Das Eisenoxyd, wie es z. B. bei der Schwefelsäurefabrikation häufig abfällt (Kollthar), bildet ein braunrothes, nur für gewöhnliche Anstriche dienliches Pulver. In sehr hohem Hitzegrade geht die Farbe dieses Oxyds immer mehr in Violet über, eine Nüance, die sonst bei Mineralstoffen nicht

selbständig existirt, sondern erst durch Mischung erzeugt werden muß. Es stehen aber derartige Farbenpräparate nicht in Anwendung und so bleibt als einziger werthvoller Farbstoff, den das Eisen in Verbindung mit einem andern Stoffe liefert, das Berlinerblau, dessen Entdeckung einem bloßen Zufalle zu verdanken ist und um so mehr verdankt werden muß, als sich daran die Bekanntschaft mit dem merkwürdigen Cyan und damit die Eröffnung eines neuen wichtigen Gebietes der Chemie knüpfte.

Es war im Jahre 1704 oder 1707, als der Berliner Farbenfabrikant Diesbach Florentiner Lack bereiten wollte durch Zusammenbringen eines Cochenille-Absudes mit Alaun und etwas Eisenvitriol, und dazu Kali benutzte, über welches der berühmte Alchimist Dippel vorher das nach ihm benannte thierische Del mehrmals destillirt hatte. Das Dippelsche Del, das Zener aus eingetrocknetem Blut durch trockene Destillation gewann, das aber ebenso aus Fleisch, Horn, Knochen, Wolle, Leder und andern thierischen Stoffen erhalten wird, bildet ein Gemisch von ammoniakalischen und brenzlich öligen Destillationsprodukten und enthält, was hier wesentlich ist, neben seinem Kohlenstoff reichlich Stickstoff. Diesbach erhielt zu seiner Verwunderung statt eines rothen Niederschlages einen blauen. Nach einer andern Lesart habe er die Kalilösung, als zu unrein, gleich weggeschüttet und zwar an eine Stelle seines Hofes, wo vorher Eisenvitriollösung hingekommen war, so daß sich nun die Pflastersteine in schöner blauer Färbung gezeigt hätten. So oder so brachte also der Zufall zum ersten Mal das merkwürdige Blau zu Tage, das sich so leicht und sicher bildet, wo die Elemente dazu, auch versteckt unter andern Dingen, zusammenkommen. Dippel sah in der Erscheinung eine eigenthümliche Wirkung des Blutes, und vereinfachte das Experiment bald dahin, daß er Blut mit Potasche glühte und den Auszug aus der erhaltenen Masse, Blutlauge genannt, mit Eisenvitriollösung mischte. Aber die Entdecker behielten das Rezept der Berlinerblau-Bereitung für sich, bis ein Engländer, Woodward, der Sache auf die Spur kam und 1724 das Geheimniß bekannt machte. Hiermit war aber die chemische Beschaffenheit des Stoffes noch nicht enthüllt, und dies ging auch bei dem damaligen Stande der Wissenschaft nicht sogleich, aber doch wurde die Lösung der Frage eine der Hauptaufgaben der damaligen Chemiker. Daß das Blut durch andere animalische Stoffe vertreten werden könne, wurde zuerst gefunden; 1752 lieferte Macquer einen werthvollen Beitrag zur näheren Erkenntniß, indem er fand, daß das Blau durch Kochen mit Kali zerstört wird, daß sich dabei Eisenoxyd abscheidet und die überstehende Flüssigkeit wieder Blutlauge ist. Hiermit war ihm zugleich die Möglichkeit gegeben, das in der Blutlauge enthaltene gelbe Salz rein darzustellen. Aber noch immer waren Blutlaugensalz und Berlinerblau undefinirte Körper, und erst die Arbeiten vieler und der namhaftesten Chemiker konnten allmählig Licht in die Sache bringen. Scheele entdeckte 1782 die Blausäure, die sich aus dem Blutlaugensalz gewinnen läßt, und Gay-Lussac 1815 das Cyan. Die Entdeckungen gingen also regelrecht hinterwärts, vom Zusammengesetzten zum Einfachen, denn im Cyan haben wir die Wurzel nicht nur des Berlinerblau, sondern einer ganzen Reihe anderer chemischer Produkte, ja den Grundstein eines wichtigen Theils der ganzen Chemie. Kohlenstoff und Stickstoff, die zwei vornehmsten Bestandtheile unserer Nahrung, unseres eigenen Körpers, geben in einer, frei in der Natur allerdings nicht vorkommenden Paarung, im Verhältniß von 2:1, jenen gasförmigen, farblosen, höchst giftigen Stoff Cyan, der in einigen Verbindungen (Blausäure, Cyankalium) seine Giftigkeit eher noch steigert, in andern dagegen, wie eben im Blutlaugensalz und Berlinerblau, wieder völlig verloren hat.

Das Cyan ist noch besonders merkwürdig dadurch, daß es sich in den Verbindungen, die es eingeht, ganz wie ein einfaches Element verhält, trotz seiner Zwei-

stoffigkeit, und zwar als ein solches, welches seine Stelle unter den sogenannten Saloiden oder Salzbildnern, Chlor, Jod, Brom u. s. w., finden würde. Ganz analog diesen bildet auch das Cyan mit andern Elementen Paarungen in zweierlei Verhältniß, als Cyanüre und Cyanide. Beide Verbindungsklassen des Cyans haben aber eine starke Neigung, sich unter einander wieder zu paaren und Doppelcyanide zu bilden. Aus solchen elementarischen Quadrupelallianzen besteht das Blutlaugensalz, Kalium=Cyaneisencyanür, und alle Niederschläge, welche durch Mischung einer Metalllösung mit einer Blutlaugensalzlösung erhalten werden, selbst die mit Eisensalz erhaltene (das Berlinerblau, Eisencyanür=Cyanid).

Das Cyan entsteht nicht, wenn bloß kohlenstoff- oder stickstoffhaltige Körper erhitzt werden, oder vielmehr mag es sich in solchem Falle gleich wieder zerlegen; sind jedoch Alkalien mit zugegen, so verbindet es sich mit diesen und hat nun Stütze und Halt gewonnen. Bei der Destillation von Steinkohlen, also bei der Gasbereitung, bildet sich als Nebenprodukt auch etwas Cyan, welches Bestand findet an einem Theile des gleichzeitig mit entstehenden Ammoniak; beide geben zusammen Cyanammonium, natürlich als eine aus dem Gase zu entfernende Verunreinigung. Wenn man Cyan absichtlich darstellt, bindet man es stets an Kalium.

Die Fabrikation des Blutlaugensalzes bedarf demnach folgende Rohmaterialien: 1) stickstoffhaltige organische Substanzen, 2) ein Kalisalz, am zweckmäßigsten Potasche, und 3) Eisen, entweder als gediegenes Metall oder im Oxydzustande. Von diesen dreien ist nun die Rubrik Nr. 1 eine sehr viel umfassende, und es streift für den Nichtkenner an's Spaßhafte, was Alles zur Bereitung von Blutlaugensalz gebraucht werden kann und auch gebraucht wird. Da sind Blut, allerhand Abgänge von Horn-, Haar-, Lederarbeiten, Fleisch- und Wollabfälle, wollene und seidene Lumpen, altes Schuhwerk, Hörner und Klauen, getrocknete Fische, gesammelte Maikäfer oder Feldmäuse und noch so manches Andere willkommen; selbst Pilze kommen wegen ihres reichlichen Stickstoffgehaltes mitunter zur Verwendung.

Aber so verschiedenartig die organischen Rohstoffe auch erscheinen mögen, so werden sie doch durch Hitze alle auf einen sehr gleichartigen Zustand gebracht; sie verwandeln sich in eine blasige Kohle, schlechthin Thierkohle genannt, die neben anderen Eigenschaften sich durch einen Stickstoffgehalt von 3—5½ Prozent von der gewöhnlichen Kohle unterscheidet und dadurch sich zur Fabrikation von Blutlaugensalz wohlgeeignet zeigt. Einzelne Fabriken beginnen denn auch den Gang der Arbeit mit dieser Erzeugung von Thierkohle mittels trockener Destillation aus eisernen Retorten, wobei natürlich die flüchtig werdenden Stoffe, die namentlich einen starken Antheil kohlenfaures Ammoniak enthalten, in gekühlten Vorlagen aufgefangen und besonders zu Gute gemacht werden, was einen ziemlichen Theil der Fabrikationskosten deckt. Während man nun in diesem Falle die erhaltene Thierkohle mit Potasche mengt und das Gemenge in die nun folgende Schmelzarbeit nimmt, mischen andere Fabriken gleich die Rohstoffe, wie sie sind, unverkohlt mit der Potasche und gelangen so mit einer Feuerung zur Schmelze. Einige Fabriken geben nun zu dem Schmelzsaß noch Eisen (Feile oder Hammer Schlag), andere lassen dies weg. Eisen nämlich gehört unbedingt in die Masse; aber da die Schmelzgefäße (Kessel oder Retorten) stets von Eisen sind, so geben sie genug davon an dieselbe ab, und die besondere Eisenzugabe bewirkt daher weiter nichts, als eine Schonung der Gefäße.

Die gewöhnliche käufliche Potasche enthält immer etwas schwefelsaures Kali, das sich durch Glühen mit Kohle zu Schwefelkalium reduzirt. Es darf dies nicht, wie früher geschah, als Verunreinigung betrachtet werden, vielmehr erweist sich ein Gehalt an Schwefelkalium für die Fabrikation sehr vortheilhaft, daher auch die

paar Prozent Schwefel, welche in den thierischen Rohstoffen selbst vorkommen, nur nützlich wirken.

Bei der Verarbeitung der Rohstoffe kommen alle Methoden darauf hinaus, daß dies Gemisch schließlich bis zum lebhaften Glühen erhitzt und während dieses Glühens unter möglichstem Abschluß der atmosphärischen Luft öfter umgerührt werde. Die Abhaltung der Luft ist nöthig, weil der Sauerstoff derselben die glühende Masse zum Theil oxydiren und dadurch statt Chankalium chansaures Kali entstehen würde. Man schmilzt gewöhnlich in eisernen Kesseln, welche in die Sohle der Flammenöfen eingelassen sind, so daß man erst mit Potasche beschickt, und wenn diese in Fluß gerathen ist, die thierische Kohle einträgt. Es entsteht hierbei, auch wenn schon verkohlte Stoffe zu der schmelzenden Potasche gebracht werden, eine starke Reaction, indem sich viel kohlen saure Gase und Flammen entwickeln; man setzt die Kohle nicht alle auf einmal zu. Die Feuerung wird unter jeweiligem Röhren fortgeführt, wobei die sich anfangs blähende Masse zusammensinkt, bis sie endlich ziemlich dünnflüssig geworden ist. Sobald die Masse wieder teigartig wird und nur noch wenig Flämmchen auf derselben spielen, stellt man das Feuer ab und schöpft das Ganze (die Schmelze) in eiserne Schalen, wo man sie der Abkühlung überläßt.

Fragt man nun, welche chemische Wirkungen hier das Feuer zu Wege gebracht hat, so sind diese ziemlich komplizirt. Es waren in Wechselwirkung kohlen saures und schwefel saures Kali, stickstoffhaltige Kohle und Eisen. Die beiden Alkalien verlieren zuerst ihren Sauerstoff an die Kohle, es entsteht und entweicht Kohlenoxydgas und bleiben Kalium und Schwefelkalium. Der übrige Kohlen- und der Stickstoff der Thierkohle treten nun zu Chan zusammen, weil freies Kalium vorhanden ist, mit dem sich das Chan sofort zu Chankalium verbindet; auch das Schwefelkalium giebt seine Verbindung mit dem Schwefel auf und zieht die des Chans vor, während der Schwefel seinerseits sich mit dem Eisen zu Schwefeleisen paart. Die Schmelze enthält also nicht, wie früher geglaubt wurde, schon fertiges Blutlaugensalz, sondern ist Chankalium, vermischt mit etwas Schwefeleisen. Daneben findet sich gewöhnlich noch etwas unzersetzte Kohle und immer ein ansehnlicher Theil unverändert gebliebener Potasche, welche letztere indeß, nachdem das Blutlaugensalz aus der Lösung der Schmelze herauskrystallisirt ist, durch Eindampfen der Mutterlauge zurückgewonnen (Blaukali oder Blausalz) und wieder in den Betrieb gegeben wird.

Die geschmolzene und erkaltete Schmelze wird nunmehr klein geschlagen und mit Wasser behandelt. Haben sich die löslichen Bestandtheile sämmtlich gelöst, die unlöslichen nach einigen Stunden Ruhe zu Boden gesetzt, so zieht man die klare Lauge (Blutlauge) von dem aus Kohle, Eisen, Aschenbestandtheilen u. s. w. bestehenden Bodensatz ab. Die schmutziggelbe Blutlauge kommt nun wieder in flache eiserne Abdampfpfannen, wo sie rasch so lange erhitzt und eingedickt wird, bis der Krystallisationspunkt erreicht ist, nämlich 32 Grad der Baumé'schen Senkwaage. Dann giebt man sie noch heiß in die Krystallisationsgefäße. Was hier während des Erkaltens anschießt, ist ein noch ziemlich unreines Produkt, das Rohsalz; man dampft die abgegoffene Mutterlauge noch weiter, bis zu 40 Grad ein, und erhält ein noch unreineres zweites Produkt, das Schmier Salz; die noch übrige Mutterlauge läßt dann beim Eindampfen bis zur Trockne das schon erwähnte Blausalz zurück. Je länger man arbeitet und Blausalz aus einem Betriebe in den andern überträgt, desto unreiner wird natürlich dasselbe, da es den Sammel punkt aller fremden Stoffe bildet, und man muß es daher von Zeit zu Zeit ganz beseitigen und wieder mit reiner Potasche beginnen.

Die nun folgenden Arbeiten haben die Reinigung der Produkte zum Zweck.

Durch Auflösen des Schmierfalzes in wenig heißem Wasser, Abklären und Krystallisiren erhält man eine Waare, die dem Rohsalze aus der ersten Krystallisation ziemlich gleich ist; man thut daher in der Regel beides zusammen, löst es wieder in heißem Wasser, klärt es durch Stehenlassen oder Filtriren, erhitzt die Lauge wieder und läßt sie in großen Gefäßen möglichst langsam erkalten, um recht große Krystalle zu erhalten. Zur Beförderung der Krystallisation hängt man in die Krystallisirbottiche Bindfäden ein, an deren Ende ein kleiner Krystall befestigt ist. Nach 10—12 Tagen ist das Wachsen der Krystalle beendet; die Wände des Bottichs sind mit einer prachtvollen gelben Krystallkruste belegt und die kleinen Krystalle an den Bindfäden haben sich oft auf wahrhaft kolossale Weise vergrößert. Dies ist nun das gelbe Blutlaugensalz des Handels, das den meisten Lesern wenigstens dem Aussehen nach bekannt sein wird, denn kaum dürfte eine Industrierausstellung je stattgefunden haben, in der nicht eine Fabrik mit einer gelben Salzkrone oder Pyramide Parade gemacht hätte.

In der Schmelze selbst war noch kein Blutlaugensalz enthalten, wol aber findet sich darin Cyankalium und Schwefeleisen. In der Verbindung mit Wasser und den übrigen Stoffen der Schmelze trennen sich nun die beiden Elemente Schwefel und Eisen, ebenso zerlegt sich eine entsprechende Menge Cyankalium, Alles aber nur, um sich im andern Sinne wieder zu vereinigen: es entsteht durch Austausch Cyaneisen und Schwefelkalium. Das letztere bleibt als leicht löslich in der Mutterlauge zurück, das erstere verbindet sich mit dem unzerlegten Theile zu einem Ganzen, was eben das Blutlaugensalz ist.

Die Blutlaugensalzfabrikation hat namentlich in neuerer Zeit die chemischen und technischen Geister lebhaft beschäftigt und es handelt sich um nichts weniger als um die gänzliche Abschaffung der hier dargestellten ursprünglichen Methode, also um Beseitigung der massigen thierischen Rohstoffe und Verschaffung des Kohlen- und Stickstoffes in anderen Formen. Verschiedene der neueren Projekte gründen sich auf die Anwendung von Ammoniakgas oder dessen Salzen als Stickstoffträger. Am interessantesten unter allen ist nun die Idee, den zur Cyanbildung nöthigen Stickstoff direkt aus der Luft zu entnehmen, die ja daran so reich ist. Man hatte durch zahlreiche Versuche gefunden, daß Potasche, mit Kohle innig gemengt und im weißglühenden Zustande erhalten, durch Zuführung eines ebenfalls glühenden Stromes von Stickstoff vollständig in Cyankalium verwandelt werde. Praktische Gestalt erhielt die Idee zuerst 1842 in Grenelle bei Paris durch Possioz und Poissière; sie erzeugten in ihrer neuen, später aus ökonomischen Gründen nach England verlegten Fabrik Blutlaugensalz genug, aber es konnte nicht so wohlfeil geliefert werden, um der alten Methode Konkurrenz zu machen, und derselbe Grund hat auch die meisten andern, oft sehr geistreichen Vorschläge noch nicht zu der gehofften praktischen Bedeutung kommen lassen.

Durch das in neuester Zeit eingeführte Anilinblau hat die Fabrikation des Blutlaugensalzes eine bedeutende Verminderung erlitten, ohne daß sie je entbehrlich werden wird, da das Salz derjenige Stoff ist, aus dem alle Cyanverbindungen abgeleitet werden. Selbst das bei dem galvanischen Versilbern, Vergolden u. s. w. jetzt so viel gebrauchte Cyankalium, das doch das Einfachere ist, muß aus dem fertigen Blutlaugensalz bereitet werden, denn obwol die Schmelze der Hauptsache nach Cyankalium ist, so hindert doch der Gehalt an Schwefeleisen durch sein oben besprochenes chemisches Verhalten in der Lösung die Isolirung desselben.

Außerdem findet das Blutlaugensalz mancherlei Verwendungen als solches, auf die wir hier nicht näher eingehen können; es dient z. B. zum oberflächlichen Verstählen von

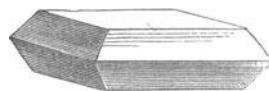


Fig. 350. Krystall von gelbem Blutlaugensalz.



Eisen (Einsatzhärtung), als Bestandtheil des sogenannten Braconnot'schen weißen Schießpulvers und gewisser Recepte zu Zündholzmasse. Auch zur Bereitung der so giftigen Blausäure dient das Blutlaugensalz, indem man die wässrige Lösung desselben in Verbindung mit Schwefelsäure destillirt. Da die Schwefelsäure sich mit dem Eisen des Salzes verbinden will, muß dieses sich erst oxydiren und thut dieses auf Kosten des Wassers, wodurch Wasserstoff frei wird, der sich im Entstehen mit dem ebenfalls frei werdenden Cyan verbindet. Cyanwasserstoff aber ist Blausäure, im wasserfreien Zustande ebenfalls ein Gas und dann von höchster Giftigkeit. Aber die Blausäure wird ganz unschuldig, sobald man sie mit Berlinerblau gesättigt hat. Es giebt dies eine grüne Flüssigkeit, welche den Namen Eisenblausäure führt. An der Luft verliert dieselbe allmählig durch Zersetzung Blausäure, und in demselben Maße setzt sich Berlinerblau ab. Tränkt man sonach Zeuge damit, so färben sich dieselben an der Luft dauerhaft blau, ein Verfahren, das in der Färberei seine Anwendung findet. Die Eisenblausäure erzeugt man aber weit einfacher, nämlich durch Vermischen einer Lösung von Blutlaugensalz mit Salzsäure. Indem letztere aus dem Salz das Kalium herausreißt, treten die übrigen Elemente zu Eisenblausäure zusammen, die als weißer Bodensatz sich ausscheidet und zur Anwendung wieder in Wasser gelöst wird.

Somit wären wir bei den blauen Produkten des Blutlaugensalzes angelangt, in welchen eben dessen hauptsächlichste technische Wichtigkeit liegt. Durch Vermischen von Blutlaugensalz- und Eisenlösungen entstehen blaue Niederschläge, die aber nach Umständen in ihrer chemischen Zusammensetzung verschieden sein können. Dieses Verhalten des Salzes beschränkt sich nicht auf das Eisen allein, sondern die meisten übrigen Metalle geben ebenfalls Niederschläge, die aber anders gefärbt sind, namentlich weiß, braun, gelbgrün, und deren Farbensortiment noch vermehrt wird durch das gleich zu besprechende rothe Blutlaugensalz, welches meistens andere Farbentöne giebt. Durch diese Eigenschaft wird das Blutlaugensalz zugleich für den untersuchenden Chemiker ein willkommenes Reagens zur Unterscheidung der Metalle und ist darauf schon Seite 44 dieses Bandes hingewiesen worden.

Durch Herausnahme von  $\frac{1}{4}$  des im gelben Blutlaugensalz enthaltenen Kaliums wird dasselbe in rothes Blutlaugensalz verwandelt, oder, um die jetzt gebräuchliche Namengebung zu gebrauchen: aus Ferrochankalium wird Ferridchankalium, oder nach einer andern Ausdrucksweise: aus Kaliumeisenchyanür wird Kaliumeisenchyanid. Das Mittel hierzu besteht in einer rechtzeitig unterbrochenen Durchleitung von Chlorgas durch eine heiße Auflösung des gelben Salzes. Das Chlor entfremdet dem Salz Kalium und bildet damit Chlorkalium, während die übrigbleibenden Bestandtheile sich nunmehr anders ordnen und das neue Salz bilden. Dasselbe hat unter andern Eigenthümlichkeiten die, daß es in Lösungen von reinen Eisenoxydsalzen keinen Niederschlag giebt. Das rothe Salz wird häufig gebraucht zum Wollfärben und im Zeugdruck, und man versendet entweder gleich die Lösung, die wir eben entstehen sahen, sammt ihrem unschädlichen Gehalte an Chlorkalium, oder man dampft ein und läßt das rothe Salz anschießen, wo dann das Chlorkalium als viel leichter lösliches Salz in der Mutterlauge bleibt. Ein drittes Verfahren ist ebenfalls üblich. Man stellt das fein gepulverte gelbe Salz in Kammern in dünnen Schichten auf und leitet Chlorgas zu, welches von dem Pulver aufgesogen wird, und in demselben die nämliche Veränderung bewirkt, wie in der wässrigen Lösung. Das Pulver, ebenfalls mit dem Gehalt an Chlorkalium, geht als Blaupulver in den Handel.

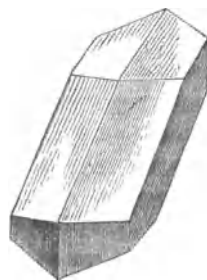
Das rothe Blutlaugensalz kann bei einiger Vorsicht in schönen, langen rubinrothen Krystallen erhalten werden; gewöhnlich trifft man es in warzigen, blumenföhl-

artigen Massen an. Will man es zur Erzeugung der Malerfarben benutzen, so hat man ein Eisenoxydulsalz (Eisenwitriol), oder das dem Oxydul entsprechende Eisenchlorür (Eisen in Salzsäure gelöst) anzuwenden. Man erhält dann sofort einen schönen dunkelblauen Niederschlag, der in seiner chemischen Zusammensetzung vom gewöhnlichen Berlinerblau abweicht und Turnbullsblau genannt wird. Wie somit das Salz auf die niedere Oxydations- und Chlorungsstufe des Eisens angewiesen ist, so das gelbe auf die höhere, auf die Oxydsalze und das Chlorid. Der aus diesen mit gelbem Salz erhaltene Niederschlag heißt neutrales Berlinerblau. Will man das Produkt in reinsten und schönster Beschaffenheit haben, wo es Pariserblau genannt wird, so wird man zu höchst gereinigtem Blutlaugensalz etwa salpetersaures Eisenoxyd nehmen und ein sehr schönes Blau erhalten, aus dem nur der Salpeter auszuwaschen ist. Mit der gewöhnlichen Waare benimmt man sich anders und verwendet dazu der Billigkeit halber immer ein Oxydulsalz, nämlich den Eisenwitriol, von dem eben gesagt wurde, daß er mit dem gelben Salz nicht harmonire. In der That, wenn man Lösungen von beiden in Wasser mit einander vermischt, so entsteht ein weißer Niederschlag. Schon beim Aufrühren nimmt aber dieser Niederschlag vermöge der im Wasser enthaltenen Luft eine graue oder schmutzigeblaue Färbung an, und einige Zeit der Luft ausgesetzt und ungerührt, geht er völlig in Blau über. Zu gewissen Zwecken, besonders zur Erzeugung eines guten Grüns durch Zumischung des Blau zu Chromgelb, ist es unerläßlich, von der Erzeugung des rein weißen Niederschlages auszugehen. Das durch bloße Luftwirkung gebläute Produkt löst sich in reinem Wasser, was für die gewöhnlichen Fälle unerwünscht ist. Unlöslich aber wird dasselbe durch Anwendung oxydirender Mittel, welche zugleich die Bläuung sehr rasch bewirken. Solche Mittel sind Salpetersäure, chromsaures Kali, Chlor.

Der schöne blaue Farbstoff wird von Säuren nicht zerstört, wol aber — und das ist seine schwache Seite — von ägenden Alkalien, kann daher auch auf frische Kalkwände nicht gebraucht werden, da er durch ausgeschiedenes Eisenoxyd sich in schmutziges Braun verwandeln würde. Durch Acetsäure wird er aufgelöst und diese Lösung bildet die gebräuchlichste blaue Tinte.

Es ist selbstverständlich, daß die zur Erzeugung schöner Farbentöne gebrauchten Substanzen von der höchsten Reinheit, namentlich frei von andern Metallen sein müssen. Da sich bei der Darstellung aus Eisenwitriol durch die nachherige Oxydation Eisenoxyd bildet, welches die Farbe beeinträchtigt, so zieht man dieses durch auflösende Säuren, Schwefel- oder Salzsäure, aus. Für geringere Farben nimmt man es freilich nicht so ängstlich, sucht wol auch durch Zusatz von andern Bestandtheilen die Masse des Farbstoffes noch zu vermehren. Man vermischt zu diesem Zwecke z. B. die Eisenlösung mit Alaun, der durch den Gehalt der unreinen Salze an kohlensaurem Kali zerlegt wird und Thonerde abscheidet. Durch Zumischung von größern Mengen Thonerde wird die Farbe natürlich heller. Andere gebräuchliche Zusätze sind Barytweiß, Porzellanthon, Zinkweiß, Magnesia, Kreide, Stärke u. dgl. Diese helleren und wohlfeileren Sorten heißen gewöhnlich Mineralblau.

Der auf die eine oder andere Art erhaltene Niederschlag wird zunächst mit vielem kaltem Wasser ausgewaschen, die etwa beliebten Zusätze darunter gemischt, die Masse dann auf dem Filter und weiter durch Pressen entwässert, in noch feuchtem Zustande in Tüfeln geschnitten und diese an der Luft oder in gelinder Wärme vollends getrocknet. Ist der Stoff einmal trocken, so läßt er sich nur schwer wieder



Sig. 351  
Erythral von rothem Blutlaugensalz.

fein zerkleinern, daher man es öfter vorzieht, ihn in feuchtem Teigzustande (en pâte) zu belassen und so in den Handel zu geben. Das Berlinerblau wird weniger in der Delmalerei, als zu Wasser- und Leimfarbe benutzt. Es verarbeitet sich bequem und deckt gut. In der Tapetenfabrikation dient es auch als Druckfarbe. Ueber seine Anwendung in der Färberei enthält der betreffende Abschnitt das Nähere. Außerdem hat das Berlinerblau einen Werth als Bestandtheil einer der gebräuchlichsten grünen Farben, des sogenannten grünen Zinnober. Es besteht dieser aus einer mechanischen Mischung von Berlinerblau und Chromgelb. Beide Pulver werden in Wasser zusammengerrührt und dann auf einer Farbmühle deren möglichst innige Mischung bewerkstelligt.

In einer eisernen Schale über offenem Feuer bis zum angehenden Glühen erhitzt, zerfällt das Blau und färbt sich braun. Dieses Produkt liefert dem Maler nach seiner Pulverisirung die schönste, jede andere übertreffende Schattenfarbe.

**Bleifarben.** Wie unter den Metallen das Blei zu den ältesten Bekannten des Menschen gehört, so sind auch verschiedene unserer Bleipräparate von sehr altem Herkommen. Schon Plinius und Vitruv erwähnen das Bleiweiß als Farbstoff und beschreiben seine Herstellung aus Blei mittels Essig; die Araber zu Geber's Zeit kannten außerdem das essigsaure Bleioxyd (Bleizucker), das gelbe und rothe Bleioxyd (Massicot und Mennige), und es wurden diese Stoffe zu denselben Zwecken wie heute benutzt. Von der Mennige (minium) erhielten die Schriftmaler, welche in alten Zeiten sich mit der Herstellung der bunt ausgezierten handschriftlichen Bücher beschäftigen, den Namen Miniatoren und eben daher rührt der Ausdruck Miniaturmalerei. Was es mit der Verwandlung des Bleies je nach Umständen in gelbes, rothes oder weißes Pulver für eine Bewandniß habe, darüber konnte sich die alte Chemie nur falsche Ideen bilden; noch im 18. Jahrhundert war man der Ansicht, daß das Bleiweiß aus Blei und Essig bestehe. Nach der Entdeckung des Sauerstoffes freilich war die Chemie des Bleies eine leichtverständliche. Danach giebt es ein Suboxyd mit dem geringsten Sauerstoffgehalt, ein Oxyd, die uns schon bekannte Glätte (siehe Seite 177 dieses Bandes), dasselbe Oxyd in anderer Bereitung, so daß es vor dem Schmelzen bewahrt wurde, als Bleigelb oder Massicot, ferner ein braunes Superoxyd mit doppelt so viel Sauerstoff wie das Oxyd, und eine Zwischenstufe zwischen beiden, oder eine Verbindung derselben mit einander, die Mennige.

Das als Neugelb, Königsgelb, Massicot im Handel vorkommende Bleioxyd ist aber gleich andern gelben Mineralfarben jetzt sehr in den Hintergrund getreten vor dem dominirenden Chromgelb, auf welches wir noch zu sprechen kommen. Ein schönes, aber nicht wohlfeiles Massicot wird erhalten, wenn man schon fertiges Bleiweiß einer mäßigen Hitze aussetzt, welche die Kohlensäure und das Wasser austreibt, wobei die weiße Farbe verschwindet und gelbes Bleioxyd erhalten wird.

Durch fortgesetztes Erhitzen geht das gelbe Bleioxyd in Folge weiterer Sauerstoffaufnahme in rothes über, und es ist daher thunlich, daß man in demselben Ofen und gleichzeitig an einer kühleren Stelle Massicot erzeugt, das dann an einer heißern in Mennige übergeführt wird.

Das Mennigebrennen erfordert Aufmerksamkeit und Einsicht; die Schönheit und Intensität der Farbe hängt sowol von der Reinheit des Materials, als von der Führung und Dauer des Brennens ab. Wenn man durch Erhitzen von feinem Bleiweiß das schönste Massicot erhält, so folgt von selbst, daß dieses dann durch weiteres Brennen auch die schönste Mennige geben wird. Diese Primawaare heißt Pariserroth und dient wegen ihres höheren Preises nur als Malerfarbe.

Ist somit an und für sich das Bleioxyd als gelber Farbstoff schon verwendbar,

so wird es noch nutzbarer durch seine Verbindungen, von denen einige, wie das schon genannte Chromsaure Bleioxyd, sich durch schöne gelbe Farbentöne auszeichnen.

Der Delmaler, der z. B. das Chromgelb gar nicht brauchen kann, weil es braun wird, bevorzugt noch immer das Neapelgelb wegen seiner Farben Schönheit und Beständigkeit. Es besteht dieses seiner Natur nach aus antimonsaurem Bleioxyd und kann auf verschiedenen Wegen hergestellt werden; am besten so, daß man Brechweinstein, salpetersaures Bleioxyd und Kochsalz zusammenschmilzt und die Schmelze mit Wasser behandelt, welches die löslichen Salze wegnimmt und das Gelb als ein feines Pulver fallen läßt. Durch Oxydiren von antimonhaltigem Blei im Flammenofen, Glühen des Oxyds mit Kochsalz und Auswaschen der Masse mit Wasser erhält man das Neapelgelb ebenfalls.

Einige andere gelbe Bleifarben (englisches oder Patentgelb, Raffelergelb) bestehen aus basischem Chlorblei, d. h. Chlorblei in Verbindung mit mehr oder weniger Bleioxyd. Werden diese ursprünglich weißen Verbindungen erhitzt, so wird das Hydratwasser ausgetrieben und die Masse erscheint nun in schönem Gelb.

**Bleiveiß.** Die unlöslichen Bleisalze, welche allein als Farbkörper in Betracht kommen können, bilden, so weit nicht etwa ein färbendes Prinzip in der Säure liegt, stets weiße Körper, ohne jedoch alle als Bleiveiß dienen zu können, denn sie entsprechen nicht alle dem technischen Erforderniß, sich gut zu streichen und gut zu decken, d. h. einen vollständig undurchsichtigen Ueberzug zu bilden. Schon das Oxyd des Bleies als Hydrat, d. h. mit Wasser verbunden, wie es aus Bleisalzlösungen durch Alkalien niedergeschlagen wird, ist weiß, aber nicht brauchbar. Dasselbe gilt von dem Chlorblei. Das eigentliche und von Alters her bekannte Bleiveiß ist kohlen-saures Bleioxyd.

Hat man die Lösung eines Bleisalzes, z. B. Bleizucker (essigsaures Bleioxyd), und die Lösung eines kohlen-sauren Salzes, z. B. Soda, und gießt man beide zusammen, so scheidet sich das Bleiveiß aus, während ein neugebildetes Salz, im vorliegenden Falle essigsaures Natron, in Lösung bleibt. Die wirkliche Fabrikation jedoch arbeitet ökonomischer und so, daß kein zweites Salz als Abfall übrig bleibt. Nun giebt es eine sehr alte Fabrikationsweise und eine neuere, die, trotz der großen Verschiedenheit in der äußern Erscheinung, im Grunde ganz in derselben Weise arbeiten. Das Wesentliche nämlich ist in jedem Falle, daß metallisches Blei oder Bleioxyd der Einwirkung von Essig und Kohlen-säure ausgesetzt werden; der Sauerstoff der Luft oxydirt auf Anregung der Essig-säure zunächst das Metall, welches Oxyd sich dann in der Säure auflöst, während gleich darauf die Kohlen-säure diese Lösung wieder zersetzt und das Oxyd für sich in Anspruch nimmt. Daß die Kohlen-säure hier Etwas vollbringt, was sie in der Regel für sich allein nicht kann, nämlich die Zersetzung einer metallischen Salzlösung, liegt begründet in der Fähigkeit des Bleies, sogenannte basische Salze zu bilden, wobei noch der Umstand wesentlich ist, daß nur das basische essigsaure Bleioxyd im Wasser löslich, andere basische Bleisalze dagegen unlöslich sind. Hat sich nämlich die Essig-säure mit Bleioxyd vollkommen gesättigt, so daß ein sogenanntes neutrales Salz entstanden ist, so steht darum der Lösungsprozeß noch nicht still; es geht noch eine weitere Quantität Oxyd in die Lösung ein, und eben dieser, von der Essig-säure gleichsam als Ueberfracht mitgenommene Antheil ist es auch, welcher dem Zuge der Kohlen-säure folgen und mit ihr Bleiveiß bilden kann. Ist die Ausscheidung erfolgt, so bleibt neutrale Bleilösung übrig, welche wieder neues Oxyd auflösen und an die Kohlen-säure abgeben kann, und so fort in unbeschränkten Wiederholungen, immer mit einer und derselben Quantität Essig-säure.

Die alte Methode der Fabrikation heißt die holländische, weil dieser Industriezweig in Holland besonders blühte. Das zu verarbeitende Blei muß von fremden Substanzen möglichst frei sein. Man schmilzt es und gießt es in Formkästen oder auf einer kühl gehaltenen Steinplatte zu rauhen Tafeln von der Stärke einer dünnen Pappe aus. Häufig auch, und z. B. in England allgemein, benutzt man solche Gießformen, daß die Bleitafeln gitterförmig durchbrochen erscheinen, wie in Fig. 351, wodurch die Gase in den aufgeschichteten Platten mehr Spielraum erhalten. Die Veranstaltung nun, in welcher diese Platten durch das Zusammenwirken von Luft, Essig- und Kohlensäure allmählig zu Bleiweiß umgewandelt werden, heißt eine Loge und bildet eine große Kammer aus Holz- oder Mauerwerk. In diesem Raume werden mit einander Pferdemist, Töpfe mit Essig und Metallplatten nebst Zwischenhölzern und Bretern in regelmäßiger Weise derart aufgebaut, daß überall kleine Zwischenräume bleiben zur Circulation der Luft und der andern Gase. Zu unterst kommt eine festgestampfte Lage Mist oder auch erschöpfter Gerberlohe, dann eine Schicht besonders hierzu geformter, nach unten enger werdender, im Innern gut glasirter Töpfe, deren



Fig. 352.

Holländische Methode der Bleiweißfabrikation.

in einer Loge an 3—4000 gleichzeitig gebraucht werden. In jeden Topf wird etwas ordinärer Essig oder Holzessig, vermischt mit etwas Bierhefe u. dgl., gegeben. Ferner nimmt jeder Topf in seinem Innern eine Bleiplatte auf, welche zu diesem Behufe spiralförmig zusammengerollt ist; durch Vorsprünge im Innern des Topfes ist gesorgt, daß dieser Einatz nicht bis über den Essig hinabreicht. Dann sichtet man über den Topf vier Lagen Bleiplatten, durch Holzplatten auseinandergehalten, darauf folgt eine Kohlendecke, an den Enden gestützt durch Tragpfosten, auf diese wieder eine Lage Mist, Töpfe, Bleiplatten, und so fort, bis die Kammer etwa mit 8—10 solcher kleinen Etagen angefüllt ist und mit einer dickern Lage von Mist und Bretern geschlossen wird. Wo statt der Platten die modernen Gitter angewandt sind, geht die Be-

schickung im Ganzen eben so vor sich, nur daß man dann niedrigere Töpfe anwendet, bei welchen der spiralförmige Einatz wegfällt, und unter Ersparung von Zwischenhölzern 5—6 Gitter auf einen Topf legt.

So ist es denn das Blei, etwa 200 Centner auf eine Beschickung, in eine Art Mist- oder Lohbeet untergebracht, aus welchem sich durch Gährung fortwährend Kohlensäure entwickelt. Die Wärme, welche anfänglich bedeutend steigt, dann wieder sinkt und sich etwa zwischen 36—60° forterhält, beschleunigt die chemischen Aktionen und bringt den Essig in den Töpfen zur Verdunstung, und da auch für den Eintritt der Luft die nöthigen Oeffnungen gelassen sind, so sind alle Bedingungen vorhanden, damit in vorerwähnter Weise das Blei die verlangte Metamorphose eingehe.

Wenn der Prozeß beendet ist, wozu, je nachdem, 3—4 Wochen, oft aber auch eben so viel Monate erforderlich sind, entleert man die Loge wieder und findet nun die Platten oder Gitter mehr oder weniger zerfressen und mit Bleiweiß überzogen, wodurch sie stark angeschwollen erscheinen, doch immer noch mit so viel metallischem Kern, daß durchschnittlich die Hälfte des Bleies der Verwandlung entgangen ist. Das Bleiweiß (in diesem Zustande Schieferweiß genannt) wird von seiner metallischen

Unterlage durch Abklopfen getrennt; das übrig gebliebene Blei kommt wieder zum Einschmelzen. Wegen der großen Schädlichkeit des Bleiweißstaubes ist die Arbeit des Abklopfens eine sehr gesundheitsgefährliche Sache. In neuern Fabriken trennt man daher Metall und Bleiweiß meistens durch Zerdrücken zwischen Walzwerken.

Das gewonnene Bleiweiß wird zum kleinern Theile gleich in der ursprünglichen Form harter Schiefer als Schieferweiß in den Handel gebracht, größtentheils aber gleich in der Art weiter bearbeitet, daß man es mit Wasser zwischen Granitsteinen fein mahlt und den Brei in unglasirte kleine Töpfe gießt, worin er nach ein paar Tagen so konsistent geworden ist, daß man die kegelförmigen Brode herausnehmen kann, die schließlich an der Luft oder in der Trockenstube vollends ausgetrocknet werden. Die ordinären Sorten bekommen bei dieser Bearbeitung ihre unvermeidliche Beigabe von schwefelsaurem Bleioxyd, Schwerspath oder Kreide. Die solchergestalt gewonnene Waare ist hart, fast steinig, was ihre Wiederzerkleinerung und Verreibung mit dem Bindemittel zu einer sauern- und langwierigen Arbeit macht. Aber die Verbraucher pflegen die Härte als ein Zeichen der Unverfälschtheit anzusehen und ziehen daher solche Waare einer andern vor, die ihnen in Form eines weißen Pulvers angeboten wird. Viel Bleiweiß kommt jedoch neuerdings (in Paste) gleich mit Del angerieben in den Handel.

Nach der österreichischen oder deutschen Methode der Bleiweißfabrikation werden die dünnen, rauhen Bleibleche, wie sie durch Ausgießen des Bleies auf eine Steinplatte sich bilden, in der Mitte umgefalzt, so daß sie wie ein spitzes Dach aussehen, über Latten gehangen und mit diesen in trogartige, ausgepichte Holzkästen so eingehangen, daß sie einander nicht berühren. Der Boden jedes Kastens ist 2 bis 2½ Zoll hoch mit einer Mischung von Weinsäure, Essig und kohlen-saurem Kali bedeckt. Die Bleiplatten hängen über dieser Masse, ohne sie zu berühren. Die vollgehängenen Kästen werden mit Papier verklebt und zu 80—100 in gemauerte Wärmestuben gestellt, welche durch Dampfrohren in einer beständigen Wärme von 30—40° erhalten werden, ohne daß der Luftzutritt gestattet wird. In längstens drei Wochen ist die Bleiweißbildung beendet. Diese Methode ist in bedeutenden Fabriken kürzents in Gebrauch und liefert eine sehr schöne Waare, was freilich zum Theil in der Reinheit des dortigen Bleies seinen Grund hat. Die feinste und härteste Sorte, welche gar keine Beimischungen enthält, führt den Namen Kremser Weiß.

Um feinere Bleiweißsorten zu erzeugen, bedient man sich am liebsten des Schlammens, das im Vergleich zu dem Sieben völlig unschädlich für die Gesundheit ist. Das von den Bleitafeln irgendwie getrennte und gemahlene Weiß enthält noch kleine Partikelchen metallischen Bleies, welche die Farbe beeinträchtigen und nur durch Schlämmen zu entfernen sind; durch weitere Fortführung des Schlammens, durch eine Reihe Kästen hindurch, kann man eine ganze Anzahl Sorten von verschiedenen Feinheitsgraden erhalten.

Man hat sich viel bemüht, der Bleiweißfabrikation andere Formen zu geben. Die Thenard'sche Methode z. B. beruht auf Niederschlagung des Weiß aus essig-saurer Bleilösung mittels eines Stromes von Kohlen-säure. Das Produkt ist aber nicht so weiß und deckend, wie das in alter Art erzeugte, und das Verfahren scheint jetzt wieder verlassen zu sein.

Das in England fabrizirte sogenannte Pattison'sche Weiß, welches basisches Chlorblei ist, steht ebenfalls an Weiße und Deckkraft zurück.

Eine ganz genügende Waare soll aber erhalten werden durch den neuen Grünberg'schen Prozeß, welcher gleichsam eine Uebersetzung der holländischen Methode in's Maschinenmäßige bildet. Hier kommt das metallische Blei in gekörnter Form in

liegende hohle, inwendig gerippte Cylinder, die durch Maschinenkraft in rascher Umdrehung erhalten werden. Während dieser Rotation hat durch zwei Oeffnungen nahe dem Centrum der Cylinderböden die Luft Zutritt, und durch die hohle Welle wird in bemessenen Quantitäten Essigsäure und Kohlensäure eingeführt. Durch die starke Reibung der Bleikörner, sowie durch die chemische Aktion, wird bald Wärme erzeugt, und so sind die Bedingungen der Bleiweißbildung vereinigt, welche so rasch erfolgt, daß eine gegebene Menge Blei, die nach der holländischen Methode erst in acht Wochen zu Bleiweiß werden würde, hier in 8 Tagen die Umwandlung erfährt. Das fertige Bleiweiß wird von Zeit zu Zeit von dem noch unverwandelten Metall mit Bleizuckerlösung abgespült, und ist gleich so fein gerieben, daß jede weitere Präparatur unnöthig ist.

Ersatzmittel für Bleiweiß. Trozdem, daß die Bleipräparate, besonders in stäubender Form, für den Körper ein schleichendes Gift sind, und die Bleiweißanstriche auch an dem Fehler leiden, daß sie in schwefligen Dünsten, z. B. in der Abtrittsluft, sich bräunen, so hat doch das Präparat noch durch kein anderes vollständig verdrängt werden können, da keines so gut deckt und sich mit Oel und Firniß so gut zu einer festen Masse bindet. Der Verbrauch an Bleiweiß ist daher ein sehr großer, zumal da es nicht nur für sich allein, sondern als Zusatz zu fast allen andern Farben Anwendung findet, um diesem hellere Töne und mehr Körper zu geben.

Nur zwei Konkurrenten sind in unserer Zeit gegen das Bleiweiß aufgetreten, und zwar das letztere erst seit wenigen Jahren. Es ist dies der Schwerspath, im Handel Permanentweiß oder blanc fixe genannt, der bereits an verschiedenen Orten Deutschlands fabrikmäßig dargestellt wird, und das Zinkweiß, dessen Erzeugung im Zusammenhange mit der Zinkgewinnung (S. 122) seine Besprechung gefunden hat. Der schwefelsaure Baryt (Schwerspath) ist eine der festesten Verbindungen und in keiner der gewöhnlichen Säuren auflöslich. Wie er in der Natur vorkommt, ist er aber selten rein genug; um durch bloßes Mahlen auf Permanentweiß verarbeitet zu werden. Es muß derselbe erst durch heftiges Glühen mit Kohle seines Sauerstoffs beraubt und dadurch in Schwefelbarium verwandelt werden, in welcher Form er erst einer weitem chemischen Umarbeitung zugänglich ist. Das Permanentweiß findet in der ihm zusagenden Sphäre eine wachsende Anwendung; als Firniß- und Oelfarbe taugt es nämlich wegen Mangel an Deckkraft gar nicht, dagegen sehr gut als Wasser- und Leimfarbe. Fabriken von Tapeten, Bunt- und Glanzpapieren, Spielkarten u. s. w. sind daher die willigen Nehmer dieser Waare, um so mehr, als es bei schöner Weiße auch einen guten Glättglanz annimmt und darin dem Kremsferweiß nicht nachsteht.

Chrompräparate. In dem metallurgischen Theil unseres Buches sind zwei Metalle unbefprochen geblieben, und zwar aus dem Grunde, weil sie gar keinen Gegenstand der Metallurgie bilden und im gediegenen Zustande keinen Gebrauchswert haben; es sind dies das Chrom und das Mangan. Beide gleichen sich in ihrer starken Vorliebe für den Sauerstoff, welche bewirkt, daß sie nirgend auf der Welt gediegen angetroffen werden.

Das Chrom (erst 1797 entdeckt) gehört in das Kapitel der Mineralfarben und ist ihm darauf von vornherein der Paß gestellt, denn sein Name ist hergenommen von dem griechischen Worte chroma, Farbe. Der Farbenreichtum und praktische Nutzen des Metalls liegt aber in seinen Oxyden und Salzen, und es finden in diesem Sortiment nicht nur der gewöhnliche Maler, Lackirer und Aufstreicher, sondern ebenso der Porzellan- und Glasmaler, der Fabrikant farbiger Gläser, besonders auch der Färber, Dinge, die ihnen sehr gut zu Statten kommen.

Das Chrom bildet mit Sauerstoff vier Oxydationsstufen, von denen einige sich

wieder mit einander verbinden können: Chromoxydul, Chromoxyd, Chromsäure und Ueberchromsäure; die letztere hat nur ein wissenschaftliches Interesse. Das Chromoxyd ist der besonders als Schmelzfarbe für Porzellan- und Glasmaler wichtige Stoff; er zeigt je nach der Bereitungsweise verschiedene Nuancen von Grün und giebt außerdem in Vermischung mit Eisen- oder Zinkoxyd Schwarz, mit Mangan- oder Kupferoxyd Braun. Man gewinnt es stets durch Reduktion aus dem chromsauren Salz, und zwar entweder auf nassem oder trockenem Wege. Auch wo der erstere eingeschlagen wird, muß schließlich ein Ausglühen erfolgen, denn der aus Auflösungen erhaltene Niederschlag ist Hydrat; aber nur das wasserfreie Oxyd hat die dunkelgrüne Farbe. Durch das Glühen verliert jedoch das Oxyd seine Löslichkeit selbst in den stärksten Säuren beinahe gänzlich und diesen Umstand benutzt man in neuerer Zeit bei der Herstellung englischer Werthpapiere derart, daß man entweder der Papiermasse durch Chromoxyd einen grünen Ton giebt, oder auch dasselbe als Druckfarbe gebraucht und so eine unzerstörbare Schrift herstellt. Uebrigens hat man das Chromoxyd in jüngster Zeit auch für die gewöhnlichen Maler- und Zeugdruckfarben nutzbar zu machen gelernt. Es giebt verschiedene angenehm grüne Pulver unter den Namen Smaragdgrün, Mittlers Grün, Pannetiers-, Plessis- u. s. w. Grün, welche im Wesentlichen aus Chromoxyd bestehen, zum Theil verbunden mit Bor- oder Phosphorsäure, theils auch andere Stoffe enthaltend, oder in hellern Nuancen aus bloßem Oxydhydrat bestehend.

Das in Säuren gelöste Chromoxyd erscheint je nach Umständen bald grün, bald violett, was schon auf einen ungewöhnlichen Farbenreichtum des Chroms schließen läßt; übrigens läßt sich das Violett in Grün durch bloßes Erhitzen, das Grün in Violett durch ein wenig Salpetersäure leicht überführen. Diese violetten oder grünen Verbindungen bilden die Chromsalze, in denen also das Chromoxyd die Rolle der Basis spielt. Unter ihnen verdient, als für die Färberei wichtig, erwähnt zu werden der Chromalaun, ein Doppelsalz aus schwefelsaurem Chromoxyd und schwefelsaurem Kali, von granatrother Farbe, das unter andern in der Rattendruckerei als Weizmittel und zur Erzeugung perlgrauer Farbe dient. Es läßt sich in wunderschönen oktaëdrischen Krystallen erhalten, wenn man einen kleinen Krystall an einem Kokonfaden befestigt und ihn in eine gesättigte Lösung hängt, in der er sich durch Ansaß vergrößert.

Kann sich das Chrom mit einem höhern Antheil Sauerstoff verbinden, als im Oxyd enthalten ist, so entsteht Chromsäure, die sich wie andere Säuren mit Basen verbindet und theils lösliche, theils unlösliche farbige Salze bildet. Dieses sind nun die von den Chromsalzen ganz verschiedenen chromsauren Salze. Die Chromsäure selbst läßt sich aus diesen Verbindungen durch stärkere Säuren abscheiden, was gewöhnlich durch Schwefelsäure aus doppeltchromsaurem Kali geschieht, aber die Trennung beider ist so umständlich, daß die Chromsäure ein theurer Artikel ist. Ihre Wirkungen beruhen hauptsächlich auf ihrer leichten Abgabe von Sauerstoff, sind also oxydierend, bleichend, farbenzerstörend wie die des Chlors, doch weniger heftig. Um diese Wirkungen in der Rattendruckerei nutzbar zu machen, bedarf es der reinen Chromsäure nicht, sondern nur des Gemisches von chromsaurem Kali mit Schwefelsäure, in welchem also die durch die letztere freigemachte Chromsäure enthalten ist.

Unter den chromsauren Salzen ist an erster Stelle zu nennen das chromsaure Kali, nicht allein weil es an sich schon mancher Verwendung fähig ist, sondern hauptsächlich auch, weil es den Ausgangspunkt, gleichsam die Mutter bildet für alle anderen Chrompräparate. Sein Verbrauch ist daher ein nicht unansehnlicher, und eine ziemliche Anzahl Fabriken ist mit seiner Erzeugung in Massen beschäftigt. Sie können



natürlich nur da am Platze sein, wo sich Chromeisenstein findet, das einzige Chromerz, welches in hinreichender Menge vorkommt, um eine technische Verarbeitung auf Chrom zu gestatten. Früher bezog man das Mineral aus Nordamerika, wo es bei Baltimore in Maryland ziemlich häufig vorkommt; in neuerer Zeit hat man an verschiedenen Punkten Europa's Lagerstätten gefunden, welche den Bedarf decken, in Deutschland namentlich in Böhmen, Schlesien und Steyermark. Das Erz, von eisenschwarzer Farbe, besteht aus einer Verbindung von Chromoxyd und Eisenoxydul.

Aus dem Chromerz nun stellt die Technik in Einer Operation chromsaures Kali her. Das fein pulverisirte Erz wird mit einem Drittheil oder der Hälfte gröblich gestoßenen Salpeters gemengt und das Gemisch auf dem Herde eines Flammenofens mehrere Stunden lang heftig geglüht. Die anfänglich schwärzliche Masse wird dadurch gelblich, weil der aus dem schmelzenden Salpeter sich entwickelnde Sauerstoff unter Beistand des Kali's mit dem Chromoxyd sich zu Chromsäure verband, welche sogleich mit dem Kali zu chromsaurem Kali zusammentritt. Dieses Salz ist im Wasser gut löslich und wird durch bloßes Auslaugen und Eindampfen der gelben Lösung gewonnen. Die Anwendung des gelben, einfachen oder neutralen chromsauren Kali's ist beschränkt, und es ist in gewöhnlichen Drogenhandlungen fast gar nicht zu haben; auch wird bei Weitem das meiste gleich in den Fabriken weiter zu saurem oder doppeltchromsaurem Kali ungearbeitet. Wie der Name vermuthen läßt, enthält dieses Salz doppelt so viel Chromsäure, wie das neutrale; man erhält es, indem man dem neutralen Salz durch Zusatz von Schwefel- oder Salpetersäure eine entsprechende Menge Kali entzieht. Die Lösung wird dunkelgelb und besteht aus schwefel-, beziehentlich salpetersaurem Kali und dem gewünschten doppeltchromsauren Kali. Durch Eindampfen und Umkrystallisiren gewinnt man das Salz in feuerrothen Krystallen.

Von dem doppeltchromsauren Kali aus giebt es nun zwei Richtungen, nach welchen sich Umwandlungen vornehmen lassen: entweder man präparirt daraus andere chromsaure Salze, bindet also die Säure an andere Basen, oder man wünscht Chromoxydsalze oder bloße Oxyde. Diese letzteren findet man auf einem Rückwege, indem dann die Chromsäure erst zu reduciren, d. h. ihr so viel Sauerstoff zu entziehen ist, daß sie zu Oxyd wird. Die Säure hält diesen Theil Sauerstoff, der sie zur Säure macht, nur mit schwacher Kraft an sich, und sauerstoffentziehende Mittel hat die Chemie in Auswahl. Schweflige Säure, durch eine Lösung des Salzes geleitet, wandelt bald die Farbe in das charakteristische Violet um. Sie hat sich auf Kosten der Chromsäure in Schwefelsäure umgewandelt, in welcher sich das Oxyd gelöst hat; die Lösung besteht demnach aus schwefelsaurem Chromoxyd und schwefelsaurem Kali, welche als Doppelsalz, als Chromalaun, krystallisiren. Uebrigens läßt sich das Oxyd aus dem chromsauren Salz auch durch Glühprozesse erhalten, so durch Glühen von gleichen Theilen doppeltchromsauren Kali's und Schwefels, wobei schwefelsaures Kali und Chromoxyd gebildet wird, die durch Waschen getrennt werden. Das schönste und kostbarste Chromoxyd erhält man durch Glühen von chromsaurem Quecksilberoxydul, wobei Sauerstoff und Quecksilber sich verflüchtigen und das Oxyd allein in der Retorte zurückbleibt. Das Chromoxyd ist eine der wenigen Porzellanfarben, welche so feuerbeständig sind, daß sie das Scharffener des Porzellanofens aushalten und demzufolge unter der Glasur angebracht werden können.

Wird eine Auflösung von chromsaurem Kali mit der Lösung eines Bleisalzes zusammengebracht, so bildet sich sogleich in Folge chemischen Austauschens ein schön gelber Niederschlag, chromsaures Bleioxyd oder Chromgelb, welches nebst einer rothen Modifikation jedenfalls das technisch wichtigste Chrompräparat bildet, in Massen.

fabrikmäßig hergestellt wird, und die früher gebräuchlichen gelben Farben, wie Neapelgelb, Kasseler Gelb u. s. w., zum größten Theile verdrängt hat.

So einfach im Grunde die Darstellung ist, so sind doch mancherlei Rücksichten zu nehmen, um einen bestimmten Farbenton zu treffen, denn der Niederschlag fällt, je nachdem, verschieden gelb bis orange aus. Wird basische Bleiauflösung verwendet, so erhält man Chromorange, ebenso wenn der chromsauren Salzlösung ägendes Kali zugesetzt wird. Fertiges Chromgelb läßt sich nachträglich in Orange überführen durch Ansetzen mit der Lösung eines ägenden Alkali. Hierbei zieht das Alkali allmählig etwas Chromsäure aus dem Gelb, wodurch zwischen Säure und Basis ein anderes Verhältniß und dadurch ein rothgelber Farbenton hergestellt wird.

Ein schönes basisches chromsaures Bleioxyd von zinnoberrother Farbe, das deshalb auch Chromzinnober heißt, wird auf trockenem Wege dadurch erhalten, daß man in schmelzenden Salpeter so lange Chromgelb einträgt, als noch ein Aufbrausen erfolgt. Wird dann die Masse mit Wasser behandelt, so erhält man Chromroth und eine Lösung von neutralem chromsauren Kali. Das Kali des zeretzten Salpeters hat nämlich dem Chromgelb einen Antheil Chromsäure entrißen, und wir haben sonach dieselbe Wirkung und denselben Erfolg wie in dem vorher berührten Falle.

Das Chromgelb erhält in seinen geringen Sorten auch seine Zusätze, namentlich weiße Körper, wie schwefelsaures Blei, Chlorblei, Schwerspath u. s. w.

**Kupferfarben.** Das so vielfach nützliche Kupfer ist auch als Grundstoff verschiedener Farben nicht unwichtig, obwol die Giftigkeit der Kupferpräparate wünschen lassen muß, daß dieselben aus dem Sortiment der Farben ganz verschwinden möchten. Die populärsten beiden Kupfersalze, der Kupfervitriol und der Grünspan, zeigen die Hauptfarben Blau und Grün, die in dem Kupfer stecken. Außerdem weiß der Fabrikant farbiger Gläser mittels Kupferoxydul auch ein schönes Roth zu erzeugen und der wasserhaltige Niederschlag des Oxyduls erscheint in gelber Farbe.

Kupfervitriol (schwefelsaures Kupferoxyd) kommt in Grubenwässern als Lösung verwitterter schwefelhaltiger Kupfererze vor und wird bei verschiedenen metallurgischen und chemischen Methoden in Menge gewonnen, gewöhnlich in Vermischung mit schwefelsaurem Eisenoxydul. Rein erhält man ihn durch Verwitterung von Schwefelkupfer, das durch Zusammenbringen von Schwefel mit glühendem Kupfer im Flammenofen erzeugt wurde.

Grünspan ist das Verbindungsprodukt der Essigsäure mit Kupferoxyd, und zwar kann das Mengenverhältniß von Säure und Basis derart sein, daß ein neutrales krystallisationsfähiges Salz gebildet wird, oder die Basis ist gegen die Säure im Ueberschuß, die Verbindung ist dann unkrystallinisch, in Wasser nur theilweise löslich; sie stellt dann ein sogenanntes basisches Salz dar, den gewöhnlichen Grünspan, derbe, mehr hellblaue als grüne Stücke, nach Ansicht der Chemiker ein Gemisch von halb-, drittel- und zweidrittel-essigsäurem Kupferoxyd. Der neutrale krystallisirte (sogenannte destillirte) Grünspan erscheint in dunkelgrünen, wohl ausgebildeten Krystallen und ist vollständig in Wasser löslich. Um den gewöhnlichen Grünspan daher in krystallisirten zu verwandeln, löst man ihn unter Erhitzung in starkem Essig, dampft die Lösung ein, bis sie eine Haut bildet, und stellt sie zum Krystallisiren hin. In gelöster Form giebt der krystallisirte Grünspan eine grüne Saftfarbe, die von Illuminirern gebraucht wird.

Die Erzeugung des gewöhnlichen Grünspans ist seit lange in den Weinbaudistrikten Südfrankreichs heimisch, nicht als eigentlicher Fabrikationszweig, sondern vielmehr als Nebengeschäft der einzelnen Weinbauer, deren fast jeder seinen eigenen Grünspankeller hat. Die dazu nöthigen Arbeiten fallen größtentheils den Frauenzimmern zu.

Die Erzeugungsweise ähnelt sehr der des Bleiweißes; man schiebt Kupferplatten mit Weintrestern, die in saurer Gährung befindlich sind, und bringt so Essigsäure und Kupfer in Wechselwirkung. Zunächst läßt man die Trestern in bedeckten Gefäßen für sich in Gährung treten, und wenn man an gewissen Merkmalen erkennt, daß der rechte Punkt der Gährung und Temperatur eingetreten ist, schiebt man in irdenen Töpfen Trestern und Streifen von Kupferblech, abwechselnd und so, daß sowol die unterste als oberste Lage aus Trestern besteht. Die Kupferschnitte wiegen etwa 8 Loth jeder und sind vorher auf einem Amboss glatt und dicht gehämmert worden. Vor dem Einlegen erhitzt man sie über Kohlenfeuer und bringt sie ganz heiß in die Schichtung. Die Töpfe, deren jeder 30—40 Pfund Kupfer enthält, werden sodann, mit Strohmatte lose bedeckt, der Ruhe überlassen. Nach zwei, drei Wochen haben sich unter Vermittelung des Luftzutrittes die Platten mit einem Ueberzug von seidenglänzenden Krystallen bedeckt; man nimmt sie heraus, entfernt die anhängenden Treber, taucht die Platten in Wasser und stellt sie gegen einander gelehnt im Grünspankeller auf Dretern auf. Das Eintauchen wird noch 6—8mal von Woche zu Woche wiederholt, und die Arbeiter nennen diese Feuchtungen den ersten, zweiten, dritten u. s. w. Wein, da man häufig das Wasser mit etwas Wein versetzt. Unter dieser Behandlung schreitet die Bildung des basischen Salzes vor, die Krystallkruste wird dicker und endlich mit kupfernen Messern abgetragen, während das übrige Kupfer in derselben Weise noch mehrmals dient, bis es zu dünn wird. Jeder Topf liefert etwa 5—6 Pfund feuchten Grünspan, der sogleich an die Händler verkauft wird, die ihn mit Wasser durchkneten und sodann, in lederne Schläuche gefüllt, an der Luft trocknen.

Eine andere, rationellere Methode ist in Deutschland, England und auch anderwärts gebräuchlich. Man schiebt Kupferbleche und Stückchen Flanell übereinander, die mit Essig getränkt sind. Die Tränkung wird aller drei Tage wiederholt, bis man nach 14 Tagen den Flanell ganz wegläßt und die Platten periodisch nur mit Wasser befeuchtet. Nach 5—6 Wochen sind die Platten zum Abschaben reif und geben einen an Säure reicheren Grünspan, der deshalb auch wirklich grün erscheint.

Auch auf dem Wege der doppelten Zersetzung wird Grünspan erzeugt. Man erhält eine Lösung, welche beim Eindampfen krystallisirten Grünspan giebt, unmittelbar durch Zusammengießen von gelbem Kupfervitriol und desgleichen Bleizucker im richtigen Verhältniß.

Das Farbenvermögen des Kupfers liegt schon in einigen seiner natürlichen Präparate zu Tage. Der Malachit, ein aus kohlensaurem Kupferoxyd und Kupferoxydhydrat bestehendes Erz, besitzt eine schön hellgrüne Farbe und könnte als Malerfarbe dienen, wenn es nicht zu selten wäre. Dagegen findet sich die schön himmelblaue Kupferlasur, aus den gleichen Stoffen, aber mit dem doppelten Antheil kohlensauren Oxyds bestehend, schon häufiger und wird an einigen Orten, namentlich in Tirol und in der Gegend von Lyon, durch Mahlen und Schlämmen zu Farbensorten von verschiedener Feinheit verarbeitet. Diese bilden das eigentliche Bergblau des Handels; doch wird dieser Name häufig auch auf künstliche Präparate übertragen.

Die Substanz der blauen wie grünen Kupferfarben bildet meistens das Oxydhydrat des Kupfers, oft vermischt mit andern erdigen Substanzen, die ihm mehr Körper oder Lockerheit geben und verschiedene Nuancen des Blau erzeugen. Das aus Kupfervitriol oder einer andern Kupfersalzlösung durch ein ägendes Alkali (gewöhnlich Aetzkali) niedergeschlagene Hydrat sieht schwach blaugrün aus, durch verschiedene Behandlungsweisen ist man aber im Stande, daraus verschiedene Farbennuancen zu entwickeln. Durch mehrmaliges Waschen des Niederschlages wird ein bläuliches Grün erhalten (Braunschweiger Grün). Schön blau dagegen wird die Masse in Berührung

mit Aetzalkali, und eben dieses Kalkblau wird vorzüglich mit dem Namen künstliches Bergblau belegt. Auch die andern ägenden Alkalien entwickeln die blaue Farbe. Durch Zusammenbringen von Kupfervitriol, Kalkmilch und etwas Salmiak entsteht ein Niederschlag von Oxidhydrat und Gyps, dessen schön blaue Farbe durch das zugleich mit freigewordene Ammoniak bedingt ist. Andere Rezepte gehen darauf hin, daß ein basisch kohlen-saures Kupferoxyd gebildet, also die Zusammensetzung des natürlichen Lazurblau nachgeahmt wird.

Ein Blau von ganz anderer Beschaffenheit bildet das Einfach-Schwefelkupfer, das unter dem Namen Kupferindig natürlich vorkommt und als Oelfarbe auch künstlich bereitet wird. Die Prozedur besteht darin, daß man Kupferoxyd mit Schwefel und Salmiak, unter mehrmaliger Erneuerung der beiden letzten Stoffe, so lange unter Umrühren vorsichtig erhitzt, bis die schwarze Masse blau geworden ist. Man entfernt dann die Reste des Salmiaks durch Wasser, die des Schwefels durch Auskochen mit Kalilauge, und erhält so eine schön veilchenblaue, dauerhafte Oel- und Firnißfarbe.

Ein vielgebrauchtes Kupferpräparat ist das Bremerblau oder Bremergrün, interessant dadurch, daß es in der That nach Belieben als Blau oder Grün angewandt werden kann. Es bildet ein sehr lockeres, leichtes, hellblaues Pulver, das als Leim- oder Wasserfarbe seine blaue Farbe behält, mit Firniß oder Oel verarbeitet aber schon nach 24 Stunden in Folge einer Art Verseifung mit dem Bindemittel in ein schönes Grün übergeht. Seinem Wesen nach besteht das Bremerblau eben auch nur aus Kupferoxydhydrat und es existiren zu seiner Herstellung verschiedene Methoden, welche indeß alle darauf hinaus laufen, daß auf irgend eine Weise Kupferchlorid hergestellt und dieses, das eine grüne Lösung giebt, mit einem Alkali zerlegt und der Niederschlag gewaschen und getrocknet wird. Erst beim Trocknen erlangt die Masse die völlige Ausbildung ihrer Farbe.

Das schönste, aber bekanntlich durch seine Giftigkeit gefährliche Kupfergrün wird erhalten durch Zuhülfenahme des Arseniks. Seine Verwendung ist daher auch nur als Oelfarbe unbedenklich; als Wasser-, Leim- oder Kalkfarbe sollte es nicht gebraucht werden, noch weniger zum Färben von Ballkleidern, künstlichen Blumen u. s. w. Denn nicht nur der Staub von derartigen lose haftenden Färbungen verursacht, wenn er eingeathmet wird, Vergiftungserscheinungen, die in zahlreichen Fällen bis zum Tode geführt haben, auch bei grünen Tapeten, die auf feuchten Wänden liegen, entwickelt sich ein widriger, krankmachender Arsenikdunst. Der gangbarste Name dieses Giftgrüns ist Schweinfurter Grün, weil es dort seit etwa 1814 fabrizirt wird; schon früher wurde es in Oesterreich von dem Fabrikanten Mitis bereitet und nach ihm benannt.

Die Darstellungsweise des Giftgrüns war seit langer Zeit Fabrikgeheimniß, bis 1822 Liebig die Anweisung dazu gab. Es ist im Grunde ein sehr einfaches Verfahren und besteht hauptsächlich im Zusammenbringen einer Kupfer- und einer arsenigen Säurelösung im heißen Zustande. Früher benutzte man in Wasser gelösten krystallisirten oder in Essig gelösten gewöhnlichen Grünspan einerseits und in heißem Wasser gelöste arsenige Säure andererseits; jetzt nimmt man wol meistens Kupfervitriol und arsenik-saures Kali, das durch Kochen von arseniger Säure mit Potasche erhalten wird. Sobald beide heiße Flüssigkeiten vereinigt werden, entsteht ein flockiger, olivengrüner Niederschlag von arsenik-saurem Kupferoxyd, während die Flüssigkeit freie Essigsäure enthält. Ueberläßt man nun das Ganze der Ruhe und langsamen Abkühlung, so tritt eine neue Umwandlung ein: der voluminöse Niederschlag verringert sich und wird krystallinisch; zugleich bilden sich in ihm grüne Stellen, die sich vergrößern, bis in einigen Stunden die ganze Masse in die lebhaft grüne Verbindung übergegangen ist,

welche ausgewaschen das Schweinfurter Grün bildet. Die freiwillige Umwandlung der Masse besteht aber darin, daß aus dem ersten Niederschlag ein Antheil arseniger Säure wieder aus- und dafür Essigsäure eintritt, so daß also das Schweinfurter Grün als ein Doppelsalz von arseniksaurem und essigsäurem Kupferoxyd erscheint. Durch Aufsieden der Mischung erhält man übrigens das Grün in wenigen Minuten; es bildet jedoch dann eine feiner gepulverte Masse von weniger lebhafter Farbe. Dagegen fällt die Farbe um so feuriger aus, je langsamer die zweite Verwandlung vor sich ging, daher man wol auch diesen Prozeß künstlich zu verlängern sucht. Das Grün ist nämlich ein Hauswerk mikroskopisch feiner Krystalle, und eben darin beruht das eigenthümliche Feuer der Farbe; je langsamer aber eine Krystallisation erfolgt, um so besser können die Krystalle sich ausbilden und um so lebhafter erscheint im vorliegenden Falle die Farbe. Folgerichtig wird denn auch durch Zerreiben, wobei die Krystallform zerstört wird, der Farbenton des Grüns heller und matter. Das Fabrikat wird häufig mit andern Stoffen gemischt, sowol weißen als gelben, wozu häufig das Chromgelb dient.

Die große Gefährlichkeit der arsenigen Kupferfarben hat viele, bis jetzt aber leider immer erfolglose Bemühungen veranlaßt, dieselben durch Ersatzmittel entbehrlich zu machen. Als die zur Zeit noch gebräuchlichste, aber auch nicht ganz giftfreie grüne Farbe ist zu nennen der sogenannte grüne Zinnober; das schon erwähnte Gemisch von Chromgelb und Berlinerblau; ferner offeriren sich: die vorhin erwähnten verschiedenen Chromoxyde, Berggrün und Bremergrün; grünes Ultramarin, das bei Besprechung der Ultramarinfabrikation Erwähnung finden wird; Rinmanns Grün, Kobalt- oder Zinkgrün, eine Farbe, welche schon im vorigen Jahrhundert von Rinmann durch Glühen von Kobaltoxydul mit Zinkoxyd erhalten wurde; es fehlt ihr hauptsächlich an Feuer, doch sind neu erschienene Sorten schöner und, da sie sich als phosphorsäurehaltig erwiesen, in besonderer Art bearbeitet.

Dr. Elsner hat neuerdings einige Vorschläge zur Herstellung grüner Farben gegeben, die zum Theil darauf gehen, das Kupferoxyd aus einer Kupferlösung zu fällen, die vorher mit einer Abkochung von Gelbholz oder einem ähnlichen Farbstoffe versetzt ist.

Neu empfohlen ist ferner das borsaure Kupferoxyd, als eine für Oel- und Porzellanmalerei brauchbare Farbe, die sich in mehreren angenehmen Nüancen darstellen läßt. Die Verbindung entsteht beim Vermischen von Borax- und Kupfervitriollösung, muß dann gewaschen, getrocknet, zerrieben, durch Erhitzen von Hydratwasser befreit und abermals gemahlen und geschlämmt werden. Durch längeres oder kürzeres Erhitzen werden verschiedene Nüancen erzeugt.

**Schwefelmetalle als Farbstoffe.** Die Verbindungen des Schwefels mit Metallen sind Körper, die sich zum Theil durch gute reine Farben auszeichnen. Ahmt doch das Zweifach-Schwefelzinn sogar das Gold nach, als Musiv- oder Muschelgold, welches gewissermaßen auch zu den Deckfarben gerechnet werden kann. Besonders sind es hier die Allianzen des Schwefels mit dem Quecksilber und dem Antimon, welche wir in Betracht zu ziehen haben.

Einfach Schwefelquecksilber, mit 13,71 Prozent Schwefel und 86,29 Prozent Metall, bildet den schönen und vielgebrauchten Farbstoff Zinnober, schon im Alterthume unter dem Namen Kinnabaris bekannt und aus Spanien bezogen.

Der Zinnober kommt natürlich vor als Quecksilbererz, aber nur sehr selten zeigen einzelne Partien eine so reine Farbe, daß sie gemahlen eine Handelswaare (Bergzinnober) abgeben. Der bei Weitem größte Theil des Zinnobers ist ein Kunstprodukt, entstanden aus der Wiedervereinigung des hüttemäßig gewonnenen metallischen Queck-

silbers mit Schwefel. Es giebt aber zur Erzielung dieses Produktes zwei Wege, einen trocknen und einen nassen. Das erstere Verfahren ist das von Alters her ausgeübte; als bedeutende Industrie blühte es später in Holland, das noch jetzt durch Schönheit und Wohlfeilheit seiner Waare den ersten Rang behauptet; nur die Chinesen verstehen noch schöneren Zinnober zu bereiten, was auf besondere Fabrikationsvorthelle schließen läßt, denn chemisch betrachtet ist ihr Zinnober von anderem nicht verschieden. Uebrigens stellen die europäischen Fabriken auch chinesischen Zinnober dar, d. h. sie geben ihren feinsten Sorten diesen Namen. Wie die schöne Farbe des Zinnobers dem Einflusse der Zeit widersteht, beweisen die Wandmalereien der Alten und besonders die Miniaturen und Inkrustationen des Mittelalters, zu deren Herstellung er ganz besonders verwendet wurde.

Quecksilber und Schwefel vereinigen sich willig schon durch bloßes Zusammenreiben oder Schütteln, wie durch mäßiges Erhitzen, aber das Produkt ist kein Zinnober, sondern eine braune oder schwärzliche Masse, und eben so gestalten sich auch die Niederschläge, die aus Quecksilberlösungen mit Schwefelleberwasser u. dgl. erhalten werden. Es ist daher immer eine besondere Behandlung nöthig, um die rothe Farbe hervorzurufen, was jedenfalls darauf beruht, daß die kleinsten Theilchen beider Elemente sich anders zusammenordnen.

Auf trockenem Wege bereitet man den künstlichen Zinnober, indem man passende Mengen Schwefelpulver und Quecksilber so lange zusammenreibt, bis keine Metallkügelchen mehr bemerkbar sind. In Vdria geschieht diese Mischung in Trommeln, welche durch Maschinen gedreht werden. Der Schwefel wird immer im Ueberschuß zugefetzt, um bei der nachfolgenden Sublimation sicher alles Quecksilber zu binden. Das schwarze Pulver kommt darauf in der Menge von je 1 Centner in gußeiserne Sublimirkolben, in denen es allmählig erwärmt und endlich erhitzt wird. Hierbei tritt denn unter Entzündung und zuweilen Explosion die engere chemische Verbindung der beiden Elemente ein. Sobald diese Erscheinungen beginnen, bedeckt man den Kolben mit einem irdenen Helm, verbindet diesen mit einer offenen Vorlage und verstärkt das Feuer bis zum Rothglühen, wobei die Verbindung sich vollendet und der gebildete Zinnober nebst unverbundenem Schwefel flüchtig wird. Die Dämpfe des Zinnobers schlagen sich im Helm und in der Vorlage nieder und bilden strahlige Krusten von dunkelrother Farbe, die man ausbricht und von den etwa vorhandenen schwarzen Partien absondert, um die letzteren bei einem späteren Brande wieder mit zu verarbeiten. Die guten, schön rothen Stücke kommen zum Theil ohne Weiteres als Stückzinnober in Handel, aber das Uebrige wird zwischen Steinen gemahlen, je nach dem beabsichtigten Feinheitsgrade 2—5mal. Nach dem Mahlen und Schlämmen wird die Waare noch raffinirt, d. h. in Kalilösung gekocht, wodurch der etwa noch überschüssig vorhandene Schwefel weggenommen und dem Zinnober eine lebhaftere Farbe gegeben wird. Nachdem hierauf der Zinnober mehrmals gewaschen und in der Hitze getrocknet worden, ist die Waare fertig.

Nach der in Holland hergebrachten Methode geschieht die vorläufige Bereitung des schwarzen Schwefelquecksilbers nicht auf mechanischem Wege, sondern durch Wärme in eisernen Kesseln. Bei demjenigen Wärmegrade, bei welchem der Schwefel flüchtig wird, setzt man allmählig unter Umrühren die erforderliche Menge Quecksilber zu.

Die Bereitung des Zinnobers auf nassen Wege gründet sich auf den Erfahrungssatz, daß das schwarze Schwefelquecksilber durch eine wässerige Lösung von Schwefelleber in der Wärme in die rothe Modifikation übergeführt werden kann. Uebergießt man z. B. 300 Theile Quecksilber und 68 Theile Schwefel in einem eisernen Kessel mit 160 Theilen in Wasser gelöstem Aetzkali und erwärmt unter fortwährendem

Rühren mäßig, so zeigt sich nach zwei Stunden in dem schwarz gewordenen Gemisch eine Farbenveränderung in Braunroth; wird die Wärme nun noch etwas gemäßigt, so wird die Farbe immer röther und nimmt öfters ganz plötzlich den höchsten Farbenton an, worauf man ganz langsam erkalten läßt und den Zinnober schließlich durch Ausfüßen und Schlämmen reinigt. Andere Anweisungen nehmen das mehrstündige mechanische Schütteln der Ingredienzen zu Hülfe, mit nachträglicher Behandlung der Masse in gelinder Wärme.

**Antimonzinnober.** Wie viel in dem Gebiete der Farben auf die Form ankommt, zeigt sich auch bei den Verbindungen des Schwefels mit Antimon. Das einfachste Verhältniß, in welchem beide Elemente zusammentreten, ist 3 Atome Schwefel auf 1 Antimon. Wie die Natur diese Verbindung giebt, heißt sie Spießglanz oder Antimonium crudum und sieht strahlig schwarzgrau aus; auf nassem Wege, d. h. beim Zusammenbringen einer Antimonlösung, etwa Chlorantimon oder Brechweinstein, mit Schwefelwasserstoff, Schwefelleberlösung u. s. w., wird dieselbe Verbindung als orangefarbener Niederschlag erhalten; unter geeigneter Behandlung aber erhält man ganz dasselbe im schönsten reinen Roth, und diese Varietät führt den Namen Antimonzinnober. Man kannte diesen schönen, besonders zur Verwendung in Oel oder Firniß geeigneten, durch Luft und Licht nicht veränderlichen Farbstoff schon im vorigen Jahrhundert und hat ihm neuerdings ganz besondere Aufmerksamkeit zugewendet.

Der Antimonzinnober entsteht als Niederschlag beim Erhitzen der Mischung eines unterschwefligsauren Salzes mit einer Antimonlösung, wobei das erstere Salz die Hälfte seines Schwefelgehaltes an das Antimonmetall abgiebt. Für die fabrikmäßige Darstellung dient der unterschwefligsaure Kalk und das Chlorantimon. Man bringt die Lösungen beider in Rufen mit einander zusammen, erhitzt das Gemisch unter fortwährendem Rühren mit Dampf und beendet die Arbeit, wenn der Niederschlag die schönste Nuance angenommen hat. Die Färbung beginnt mit Strohgelb, geht durch Orange in verschiedene rothe Töne über und würde schließlich braun und fast schwarz werden. Der rothe Niederschlag wird gut gewaschen und getrocknet, die überstehende klare Flüssigkeit aber auf Kalkschwefelleber geleitet, wodurch sogleich wieder unterschwefligsaurer Kalk entsteht, der zu einem zweiten Ansaß dient und sofort durch eine ganze Reihe von Niederschlägen geht.

Zu den geschwefelten Farbenträgern gehört auch das Radiumgelb, jaune brillant, Schwefelradmium (siehe unter Radium), das sich durch Zusammenbringen einer Lösung des Metalls mit einer schwefelhaltigen Flüssigkeit sofort niederschlägt und durch Schönheit der Farbe wie durch große Dauerhaftigkeit bei den Malern beliebt, nur aber theuer ist.

**Ultramarin.** Die reinsten und feurigsten Farben des Mineralreichs hat aber die Natur in gewissen harten Körpern niedergelegt, die der Mensch ebendeshalb zum Range von Edel- und Halbedelsteinen erhoben hat. Bei ihnen ist es die Krystallisation, die glasige und durchscheinende Beschaffenheit, welche die Farben zu besonderem Glanze erhebt.

Wie fast alle Schmucksteine, so war auch der schön blaue Lasurstein, lapis lazuli, schon im Alterthum bekannt und in Anwendung. Man nannte ihn aber Saphir oder auch Chyanus, den kornblumenblauen. Wiewol wegen seiner geringen Härte kein eigentlicher Edelstein, blieb er immer im Werthe, besonders da er selten und weit her war, denn seine Fundorte liegen in der Bucharai und in Sibirien; vorzüglich schöne Exemplare kommen vom Baikalsee, Persien, Tibet, China u. s. w.; und auch da findet er sich immer nur vereinzelt und in kleinen Massen.

Daß man auch die Abfälle und kleinen, als Schmucksteine unwerthbaren Stückchen des Lasursteines zu Gute zu machen wünschte, indem man sie also pulverte und als Farbstoff zu verwenden suchte, lag nicht fern, wol aber ist es bewundernswerth, daß man schon vor Jahrhunderten ein empirisches Verfahren fand, um dies Pulver so zu veredeln, daß es eine der herrlichsten Malerfarben gab. Es besteht nämlich der Lasurstein keineswegs aus einer durchaus gleichförmigen blauen Masse, vielmehr scheint es, daß der eigentliche edlere Farbstoff von mehr erdiger Beschaffenheit in feinen Pünktchen in dem glasigen Körper des Steins vertheilt ist. Durch einen sehr originellen Scheidungsprozeß werden nun beide Substanzen, die farbige und die weniger gefärbte, gleichsam wie das Mehl von der Kleie getrennt. Nachdem die schönsten Stückchen ausgewählt und von fremden Stoffen möglichst befreit sind, stößt man sie zu einem gröblichen Pulver, glüht dieses und wirft es noch glühend in Essig, mit welchem es noch ein paar Tage in Berührung bleibt. Dieser Glüh- und Lösprozeß soll wiederholt angewandt werden. Es wird hierdurch der Stein mürbe und zugleich der etwa vorhandene Kalk ausgezogen. Man reibt sodann die Masse zum feinsten Pulver, zuletzt in Vermischung mit Honig, wäscht und trocknet dies und unterwirft es folgender eigenthümlichen Behandlung. Weißes Harz und Pech oder Kolophonium, desgleichen Wachs und Leinöl, werden zu einer klebrigen Masse zusammengeschmolzen, das Lasurpulver hineingerührt und geknetet, das Gemisch in kaltem Wasser abgekühlt und 14 Tage darin liegen gelassen. Man formt nun die Masse zu einem Kuchen, legt ihn in eine Schale, übergießt ihn mit warmem Wasser und beginnt durch gelindes Schütteln dasselbe in Bewegung zu setzen. Nach anderen Angaben füllt man die Masse in ein Tuch und schwenkt dies in warmem Wasser, mit gelindem Drücken nachhelfend, aus. In jedem Falle muß die Masse mehrmals umgeknetet werden, um alle Partien dem Einflusse des Wassers auszusetzen. Der merkwürdige Erfolg ist nun der, daß die Harzmasse nur das edle Blau in das Wasser übergehen läßt, die geringere, wenig gefärbte Substanz aber zurückhält. Wenn eine Portion Wasser durch die aufgeschwemmte Farbe ganz blau geworden ist, nimmt man neues Wasser und stellt das frühere zum Absetzen des Farbstoffes bei Seite. Die Wäschen setzt man so lange fort, als sich das Wasser noch blau färbt. Die erste Schwemmung giebt das feinste Ultramarin, die späteren Portionen fallen der Reihe nach weniger schön und heller aus. Zuletzt löst man noch den rückständigen Kuchen in heißem Leinöl, sammelt und reinigt das niederfallende Pulver, das bloß blaugrau aussieht und Ultramarinasche genannt wird.

Diese äußerst mühsame Darstellung des Ultramarins aus einem an sich schon theuren und seltenen Material läßt schon erwarten, daß dasselbe nicht wohlfeil sein konnte; in der That wurde es mit mehr als Gold aufgewogen. Der Farbstoff rechtfertigte aber seinen hohen Preis auch durch seine ganz ausgezeichneten Eigenschaften; die auf uns gekommenen Bilder alter Meister zeigen noch jetzt die Farbe in ihrer ganzen Schönheit und Frische und beweisen, daß das Ultramarin, das schönste, feurigste Blau, auch eine der dauerhaftesten Farben ist und namentlich in Öl sich nicht verändert. Nur stärkeren Säuren vermag der interessante Stoff nicht zu widerstehen; mit einer Säure übergossen erlischt das Blau und ein Geruch nach faulen Eiern giebt Zeugniß, daß Schwefel ein Bestandtheil des Ultramarins sei.

Die Darstellung des echten Ultramarins war immer in Italien, dem Lande der Maler, heimisch; man sollte sie nach Lage der Sache jetzt, nachdem der Stoff auf künstlichem Wege hundertmal wohlfeiler hergestellt wird, für völlig erstorben halten. Indeß wird für die Kunstmaler immer noch ein geringes Quantum gefertigt, zu wenig gesunkenen Preisen, weil das künstliche bei aller Schönheit doch in den hellen Tönen



noch nicht die ganze Klarheit und Weichheit der echten Farbe besitzen soll. Auch die Ultramarinfarbe wird von Malern gern verwendet.

**Darstellung des künstlichen Ultramarins.** Was nun die künstliche Nachbildung dieser seltenen Naturgabe anlangt, so konnte die Idee dazu nicht eher kommen, als bis die Chemie deutlich sagen konnte, woraus der Lapisstein eigentlich bestehe. Im 17. Jahrhundert vermuthete man Kupfer in demselben als Ursache der blauen Farbe, Markgraf in Berlin aber lehrte 1758, daß diese Ansicht falsch sei, und spätere Chemiker, vorzüglich Professor Gmelin in Tübingen, bestimmten als Bestandtheile des Lapissteins Kieselerde, Thonerde, Natron und Schwefel, daneben kleine, wechselnde Mengen von Kalk und Eisen. Jetzt hielt man dafür, daß das Eisen der blaufärbende Theil sei, und man bereitete schon lange Ultramarin auf künstlichem Wege, ehe man erkannte, daß auch das Eisen unwesentlich sei, und ganz eisenfreie Materialien eben so gut Ultramarin gäben. Die Idee, aus so ganz gemeinen Stoffen möglicherweise eine so kostbare Farbe zusammenzusetzen zu können, mußte von vornherein etwas sehr Bestechliches haben und die Geister gewaltig in Bewegung setzen, wozu noch kam, daß sich gelegentlich in Sodaschmelzöfen blaue Schlacken fanden, die als dem Lapisstein ähnlich erkannt wurden. Die Société d'encouragement zu Paris setzte 1824 einen Preis von 6000 Franken auf die Lösung des Problems; er wurde 1828 von Guimet in Toulouse gewonnen, welcher ein schönes, dem natürlichen ähnliches Blau zu erzeugen wußte. Aber er behielt das Geheimniß für sich und gründete eine noch jetzt mit ihrer Waare in Ansehen stehende Fabrik, also die erste ihrer Art, welche das Blau zu verhältnißmäßig sehr hohen Preisen verkaufte und ihren Besitzer zum Millionär machte. In derselben Zeit trat aber auch Gmelin mit der Veröffentlichung seiner selbstständig geführten Untersuchungen hervor. Die von ihm gegebene Anweisung ergab zwar noch kein völlig genügendes Blau, aber sie war eine Grundlage, auf der andere Chemiker weiter bauen konnten, und dem deutschen Professor gebührt also das Verdienst, die Bahn gebrochen zu haben zu der Ultramarinfabrikation, welche gegenwärtig in Deutschland in größter Entwicklung dasteht. Viele Chemiker beschäftigten sich von nun an mit Versuchen über diesen Gegenstand. Die veröffentlichten Vorschriften, die anfänglich immer noch von der Unentbehrlichkeit des Eisens ausgingen, mehrten sich und wichen theils in den Zuthaten, theils in den Manipulationen mannichfach von einander ab. Noch jetzt dürften kaum zwei Fabriken nach vollkommen gleichem Rezept arbeiten, und Manches mag auch als Geheimniß behandelt werden. Im Allgemeinen besteht die Fabrikation in einer Vereinigung der Ingredienzen Kiesel, Thon, Natron und Schwefel. Die Verhältnisse, in denen die Stoffe zusammengebracht werden, sind durch Proben gefunden und weichen in den verschiedenen Angaben nicht unbeträchtlich von einander ab. Nach Guimet's Verfahren soll genommen werden

|                         |    |                 |
|-------------------------|----|-----------------|
| Kaolin (Porzellanthon)  | 50 | Gewichtstheile, |
| Glauberfalz (calcinirt) | 19 | =               |
| Schwefel                | 25 | =               |
| Holzkohle               | 12 | =               |
| Soda (calcinirt)        | 28 | =               |

Sämmtliche Stoffe müssen wasserfrei sein, daher sowol die Salze als auch der vorher sorgfältig geschlämmte Thon oder Kaolin erst geglüht werden. Sodann ist die feinste Pulverisirung und innigste Mischung eine Hauptsache. Das hieraus entstehende gleichmäßig feine und trockene Pulver wird in Gefäße von feuerfestem Thon gefüllt und nur mäßig zusammengedrückt. Die Form dieser Gefäße ist verschieden; meist ist es eine Art Tiegel, die man im Ofen säulenartig aufbaut, so daß immer der eine mit seinem Boden den Deckel des unter ihm stehenden bildet, oder man deckt

jeden zweiten mit einer Thonplatte und stürzt ihn damit auf die Mündung des ersten, der dritte kommt auf den Boden des zweiten wieder aufrecht zu stehen u. s. f. Ist der Brennofen solchergestalt mit einigen Hundert Töpfen angefüllt, doch so, daß der Hitze noch Zwischenräume zum Circuliren gelassen sind, so wird Feuer gegeben und die Hitze allmählig und vorsichtig gesteigert, auch auf eine möglichst gleiche Vertheilung derselben im ganzen Raume beständig hingewirkt. Bei einem gewissen Hitzegrade entzünden sich die aus den Tiegeln entweichenden Schwefeldämpfe und bilden an den Deckeln blaue Flämmchen; nach 4—5 Stunden, wenn die Ofenwandungen dunkelrothglühend geworden sind, hören diese Flämmchen auf. Man giebt nun lebhafteres Feuer und fährt damit zweimal 24 Stunden unausgesetzt fort, wobei man den zweckmäßigsten, durch die Erfahrung erkannten Hitzegrad innezuhalten sorgfältig bemüht sein muß.

Nachdem der Ofen möglichst allmählig erkaltet ist — etwa 36 Stunden nach Schluß des Feuers — nimmt man die Töpfe heraus und entleert sie. Der zusammengefeinterte Inhalt sieht im Allgemeinen grünlich aus, hat sich aber theilweise, obenauf, oder wo ein Sprung den Zutritt der Luft gestattete, schon gebläut. Diejenigen Partien, welche das Grün am reinsten zeigen, können nun ausgefondert und für sich gepulvert, gewaschen und getrocknet werden. Dies giebt das grüne Ultramarin, das als Malerfarbe einige Anwendung findet und sich durch völlige Unschädlichkeit empfiehlt, aber nicht sehr brillant ist.

Uebrigens erfährt die ganze gebrannte Masse die gleiche Behandlung; man verwandelt sie in feines Pulver, das mit heißem Wasser — gewöhnlich in rotirenden Fässern — tüchtig durchgearbeitet und nach Beendigung des Waschens als grüner Bodensatz gesammelt wird. Das grüne Ultramarin bildet sonach eine Uebergangsstufe zum blauen.

Nach dem Trocknen des grünen Produkts kommt die diffizilste Arbeit, welche ein gewisses Geschick und anhaltende Aufmerksamkeit erfordert, das Blaubrennen. Dies geschieht entweder auf einem flach überwölbten, backofenähnlichen Herde, oder in eisernen Cylindern, die mit einem Luftloche und mit einer Flügelwelle versehen sind, um die Masse während der Behandlung zu wenden, damit alle Theile mit der Luft in Berührung kommen. Die Blaubrennröhre befindet sich in Verbindung mit dem Glühofen. Man giebt eine Schicht der grünen Masse hinein, der etwa 6 Prozent Schwefelpulver zugesetzt sind. Die Masse verliert anfänglich ihr chemisch gebundenes Wasser; sodann entzündet sich der Schwefel und brennt bei dem beschränkten Luftzutritt langsam ab, während das Ganze in dunkler Rothglut erhalten und öfter durchgerührt wird. Die vom Schwefelbrand entstehende schweflige Säure wird von der Masse begierig aufgesogen, wobei sie mehr und mehr an Bläue zunimmt, bis sich endlich die Farbe nicht weiter steigert. Ist das Ziel erreicht, so läßt man langsam erkalten, wobei immer noch von Zeit zu Zeit umgerührt wird.

Mit Erzielung der blauen Farbe ist die Waare noch nicht fertig. Sie muß von Neuem gemahlen werden, was auf gewöhnlichen Farbmöhlen und in Kufen geschieht, die zur Hälfte mit Wasser gefüllt sind, und 8—12 Stunden lang fortgesetzt werden soll. Nachdem das Blau sich aus der erhaltenen feinen blauen Suppe abgesetzt, bringt man es in die letzte heiße Wäsche. Durch das Blaurösten hat nämlich die Masse auch eine chemische Aenderung erfahren: ein Theil des unlöslichen Schwefelnatriums, welches im Ultramarin enthalten ist, hat sich in die lösliche Modifikation verwandelt und muß mit großer Sorgfalt entfernt werden. Nach dem Waschen wird das Pulver mit reinem Wasser geschlämmt und dabei gewöhnlich in vier verschiedene Nüancen geschieden.

So ist es gelungen, eines der prachtvollsten Produkte der Natur auf künstlichem

Wege vollkommen nachzubilden und dadurch den Kaufwerth so zu erniedrigen, daß dies schönste Blau zugleich einer der wohlfeilsten Farbkörper geworden ist.

**Lackfarben. Karmin.** In Farbhölzern und andern Pflanzentheilen finden sich bekanntlich vielerlei, zum Theil sehr schöne Pigmente, aber sie sind im Wasser löslich und geben daher nur Farbebrühen. Nun giebt es aber zwischen den meisten dieser pflanzlichen Farbstoffe und gewissen Metalloxyden und erdigen Basen eine eigenthümliche, sehr stark ausgesprochene Verwandtschaft. Mischt man z. B. zu einer Farbebrühe Alaun und dann die Lösung eines ätzenden oder kohlenfauren Alkali, so erfolgt ein Niederschlag von Thonerde, aber nicht in ihrer gewöhnlichen weißen Farbe, sondern in Verbindung mit dem anwesenden Farbstoff, und zwar geschieht diese Verbindung zuweilen so vollständig, daß nach dem Absetzen des Niederschlags die überstehende Flüssigkeit völlig farblos erscheint. Der ausgewaschene und getrocknete Niederschlag bildet nun eine Lackfarbe. Sie kann als ein echt chemisches Produkt angesehen werden, in welchem der Farbstoff die Rolle einer Säure spielt. Somit könnten alle unlöslichen metallischen und erdigen Basen, sobald sie sich nur weiß niederschlagen, zu Lackfarben benutzt werden. Die Praxis jedoch hält sich vorzugsweise an zwei derselben: die Thonerde und das Zinnoxid; erstere wird aus einer Alaunlösung, letzteres aus dem Zinnchlorid (gewöhnlich Zinnsolution genannt) mit Potasche oder Soda niedergeschlagen. Mit dem Zinnoxid erscheinen die Farben besonders schön; aber der Kostspieligkeit wegen wendet man dasselbe wol selten rein an, sondern setzt gewöhnlich nur einen Antheil Zinnsolution zum Alaun. Nicht alle Farbstoffe vertragen die gleiche Behandlung; einige lassen sich mit Alaun ausziehen und mit der Kali- oder Natronlauge fällen; bei andern muß umgekehrt die Lauge die Farbe aufnehmen und die Alaunlösung kommt zuletzt hinzu. In einzelnen Fällen ist es vorzuziehen, den Farbstoff weder mit den sauern, noch mit den alkalischen oder salzigen Substanzen in Berührung zu bringen; man isolirt dann erst die reine Thonerde durch Ausfällen aus dem Alaun und durch vollständiges Auswaschen, und rührt den weißen Brei alsbald in die Farbebrühe ein.

Thonerde und Zinnoxid bilden auch in der Färberei die hauptsächlichsten Weizmittel. Sehen wir genauer zu, so ist ihre Funktion hier wie dort die nämliche, nur daß sie beim Färben nach zwei Seiten hin gerichtet ist. Während die Farbenbeize sich einerseits an die Gewebefaser festklammert, hält sie andererseits den Farbstoff gefangen; bei den Lackfarben dagegen kann sie sich nur in letzterer Richtung äußern; somit haben wir in diesen gewissermaßen das Beispiel einer Färberei ohne Zeug.

Es giebt auch unechte Lackfarben, d. h. solche, die streng genommen diesen Namen nicht verdienen. Solche sind z. B. die unter dem Namen Schüttgelb vorkommenden wohlfeilen Farbkörper, welche durch Uebergießen von Kreide, Kalk oder Thon mit gelben Farbebrühen erzeugt werden und die Farbe doch wol nur durch mechanische Auffaugung gebunden halten. Zu eigentlichen gelben Lackfarben können eine Menge färbender Pflanzenstoffe benutzt werden, wie Gelbbeeren, Quercitron, Gelbholz oder auch wohlfeilere einheimische Gelbpflanzen. Man vermischt wie angegeben die farbigen Abkochungen mit Alaun, mit oder ohne einen Zusatz von Zinnsolution, filtrirt und fällt mit kohlensaurem Alkali. Zu Darstellung rother Lackfarben, der am meisten gebräuchlichen, dienen besonders Krapp, Fernambuk, Brasilienholz, dann zur Bereitung von Karminlack die Cochenille und die Abgänge von der Karminbereitung (s. unten). Die mit solchen Stoffen erhaltenen Produkte heißen Florentiner, Pariser, Wiener, Veneztianer Lack, der aus Brasilienholz bereitete Kugellack u. s. w. So einfach der Hauptprozeß bei der Bereitung dieser Art Farben ist, so sind doch viele Schwierigkeiten zu überwinden, um die Farben in möglichster Schönheit zu gewinnen. Es giebt daher der Anweisungen zur Bereitung von Lackfarben nicht wenige. Besonders gilt dies

vom Krapplack, der beliebtesten Farbe dieser Art, weil sie bei weitem die dauerhafteste ist. Das Krapproth ist bei ihnen ebenfalls an Thonerde gebunden, aber es ist nicht leicht, aus der Krappwurzel das Pigment in voller Schönheit auszugiehen, und eben so schwer, bestimmte Farbenmüancen zu erzeugen, denn die Krappwurzel giebt nach Verschiedenheit der Sorten, ja selbst der Jahrgänge, verschiedene Töne, und es ist die Kunst des Fabrikanten, durch Anwendung besonderer Weizen Gleichförmigkeit hineinzubringen. In Deutschland ist die Fabrik von Weiß zu Mühlhausen in Thüringen wegen ihrer vorzüglichen Krappfarben berühmt. Sie verarbeitet, um sicher zu gehen, nur selbstgebautes Krapp. Die Pariser liefern unter dem Namen Krappkarmin noch bestechlichere Produkte, aber sie sind durch Zusätze dauerloser Farben, wie Cochenille und Fernambuk, geschönt und deshalb unecht. — Die hellen Müancen der Krapplacke, die bis zum zarten Rosa gehen, werden durch Zusätze von feinem Bleiweiß abgestuft.

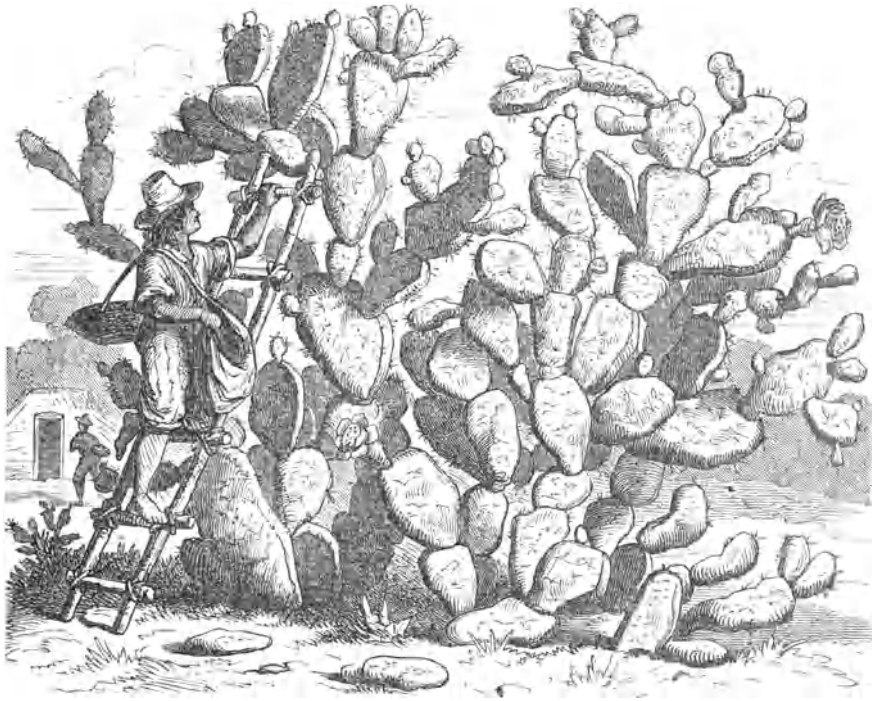


Fig. 353. Einammlung der Cochenille von Feigenkaktus (*Opuntia Ficus indica*).

Der Farbstoff der Cochenille, der Karmin, der ein ausgezeichnetes Scharlach und Hochroth liefert, dient ebenfalls zur Bereitung einer Lackfarbe, die Karminlack, auch Florentiner, Wiener und Pariser Lack genannt wird. Auch bei ihnen ist der Farbstoff an Thonerde oder Zinnoxyd gebunden, und eben hier geschieht es zuweilen, daß man erst die Thonerde für sich fällt und dann mit dem Cochenilleabsud ansetzt, wo dann die Farbe sich unlöslich mit der Erde verbindet und zwar so vollständig, daß die Flüssigkeit ganz farblos wird.

Für gewöhnlich kocht man gepulverte Cochenille mit Mann, etwas Zinnlösung und vielem Wasser, läßt die Flüssigkeit klar werden und setzt vorsichtig und unter stetem Umrühren eine bemessene Auflösung von kohlensaurem Natron hinzu. Den entstehenden rothen Niederschlag sammelt man auf einem Filter und versetzt die ablaufende, noch gefärbte Flüssigkeit mit einer neuen Portion Natronlösung, wobei ein hellerer Nieder-

schlag erhalten wird u. s. w. In dieser Weise kann man den Lack in verschiedenen Farbenabstufungen erzeugen. Der mit reiner Zinnlösung und Alaun bereitete Lack von besonders lebhaftem Scharlachroth heißt chinesisches Karmin. Von dem eigentlichen Karmin unterscheidet sich der Karminlack dadurch, daß er sich mehr dem Violet als dem Scharlach nähert und sich nicht wie jener in Ammoniak auflöst.

Die Cochenille ist bekanntlich eine Art Schildlaus, welche in Mittelamerika auf gewissen Kaktusarten theils wild lebt, theils in besondern Pflanzungen gezüchtet wird. In dem Saft des kleinen Thieres ist der eigentliche Farbstoff (Karmin) in Form mikroskopischer Körperchen enthalten, die analog den Blutkügelchen in einem farblosen Saft schwimmen. Obgleich also ein Produkt des Thierreichs, schließt sich doch der Karmin in seinem chemischen Verhalten gegen Säuren, Alkalien u. s. w. ganz den Pflanzenfarben an, hat auch selbst den Charakter einer schwachen Säure und ist sonach ganz geeignet, mit Basen Lacke zu bilden.

Der möglichst rein aus der Cochenille extrahirte Farbstoff bildet die beliebte Farbe Karmin, ein zartes, feurigrothes Pulver, das in der Miniaturmalerei, zum Färben künstlicher Blumen und Konditoreiwaaren und in Ammoniak aufgelöst als feinste rothe Tinte Anwendung findet. Die einfachste Prozedur, den Farbstoff aus der Cochenille abzuscheiden, die vielleicht auch das schönste Produkt giebt, besteht darin, daß Cochenillenpulver in einem verzinnnten Kessel in sehr reinem Wasser gekocht, die gefärbte Flüssigkeit abfiltrirt, mit etwas Alaun versetzt und in zugebedekten porzellanen Schalen hingestellt wird, wo dann der Karmin im Verlaufe mehrerer Tage sich allmählig absetzt, während schließlich die immer noch gefärbte Flüssigkeit auf Karminlack ausgenutzt wird. Die Ausscheidung des Karmins wird auch beschleunigt durch Zusatz von Eiweiß oder Hausenblase, wodurch aber die Reinheit der Farbe etwas beeinträchtigt wird. Doch sollen die Maler diese Art Waare vorziehen, da sie sich bequemer verarbeitet. Der Karmin ist eine kostspielige Farbe, da er etwa nur den 20. Theil der ohnehin theuren Cochenille ausmacht; dagegen fällt aber seine große Ausgiebigkeit mildernd in die andere Waagschale. Die industrielle Mischkunst übt sich auch im Karmin; die wohlfeileren Sorten sind mit Zinnober, Karminlack und anderen Dingen versetzt. Im Ganzen genommen beschäftigen sich nur wenige Personen mit der subtilen Arbeit der Karminbereitung, und bei dem zwar ausgedehnten, aber doch spärlichen Verbräuche dieses Stoffes dürfte mit ein paar Centnern leicht der Jahresbedarf der ganzen Welt gedeckt sein.

Bei Verwendung der Farben ist es von Belang, ihr Verhalten zu den verschiedenen Bindemitteln zu kennen. Nicht viele eignen sich gleich gut als Wasser- und Del- oder Firnißfarben; manche nur für das Eine oder Andere. Der Kunstmaler, der für die Nachwelt arbeiten will, hat besonders auch die Unveränderlichkeit seiner Farben und den Umstand zu berücksichtigen, ob sie sich erfahrungsgemäß in Mischung oder Nachbarschaft gut oder schlecht vertragen. Einzelne Farben sind daher beim Maler ganz ausgeschlossen, und derselbe arbeitet überhaupt mit einem wenig zahlreichen Sortiment und erzeugt die zahllosen, in der Natur gegebenen Farbentöne lieber durch kunstgerechte Mischung.

Für Pastellmalerei und farbige Zeichnungen hat man bekanntlich die Farben in Form abfärbender Stifte, mit welchen trocken auf den Grund gearbeitet wird, so daß derartige Bilder verwischbar sind, sofern sie nicht nachträglich durch ein passendes Bindemittel befestigt werden. Die zu den Pastellstiften verwendeten Farben sind die gewöhnlichen, Berlinerblau, Zinnober, Königs- oder Neapelgelb, Karmin u. s. w. Die körpergebende Masse ist fein präparirter Pfeifenthon, neuerdings vielleicht auch Zinkweiß. Durch mehr oder weniger Thonzusatz erzeugt man hellere oder dunklere

Farbentöne. Die auf's Feinste gepulverten Bestandtheile werden entsprechend gemischt, mit ein wenig Bindestoff (Traganthschleim) in eine bildsame PASTE verwandelt und daraus die Stifte geformt, die schließlich in mäßiger Wärme getrocknet werden. Eine renommirte Pariser Fabrik benutzte als Bindemittel eine Lösung von Gummilack und Terpentin in Weingeist, und preßte die PASTE durch einen kupfernen Hohlzylinder, dessen Boden eine Anzahl runder Formlöcher hat, so daß nach Art der Fadennudeln dünne Stäbe erhalten werden, die man nach bestimmtem Maß zerschneidet und trocknet.

Bleistifte. An das bisher Behandelte möge sich die kurze Besprechung eines Gebrauchsgegenstandes schließen, der recht eigentlich ein Allerweltsartikel ist, der sich in Jedermanns Händen befindet und zu den alltäglichsten Zwecken ebenso dient wie zu den Meisterwerken der Kunst, und dessen Herstellung in der heutigen Fabrikindustrie ein ganz bedeutendes Item bildet.

Das Wort „Bleistift“ ist entweder eine bloße Uebersetzung des englischen Wortes lead pencil — man nennt dort den Graphit black lead, Schwarzblei — oder es ist eine Erinnerung daran, daß man in frühern Jahrhunderten wirklich eine Legirung von Blei und Zinn zu Zeichenstiften benutzte. Die Bleistiftmasse ist aber eben Graphit, ein mehr oder weniger reiner mineralischer Kohlenstoff. Graphit findet sich auch in Deutschland, namentlich in Bayern, Böhmen und Oesterreich, aber in einer Beschaffenheit, daß er wol zu Schmelztiegeln u. dgl., aber nicht ohne Weiteres zu feinen Bleistiften tauglich ist. Der eigentliche feine Schreib- und Zeichenstift kann just seinen 200. Geburtstag feiern; er wurde möglich durch den Glücksfall, daß man 1664 bei Borrodale in Cumberland in einem Thonschieferberge ein Lager von Graphit entdeckte, von bis dahin ungekannter Güte und Schönheit. Schon das Jahr darauf kamen die ersten englischen Bleistifte in den Handel und bis in die neuere Zeit blieb die Welt den Insulanern in diesem Artikel tributpflichtig, da dieselben nur die fertige Waare abgaben, die Ausfuhr von Graphit aber auf's Strengste verpönten. Aber die Umstände haben sich mit der Zeit wesentlich geändert. Die so kostbare Grube des schwarzen Goldes hat sich an gutem Stoff völlig erschöpft und keine zweite hat sich aufthun wollen. Es findet sich nur noch geringerer Graphit, der vor dem in andern Ländern nichts voraus hat; die Engländer müssen daraus wie anderwärts Bleistifte fabriziren und haben sich darin von ausländischer, namentlich deutscher Konkurrenz sogar überflügeln lassen. Die ursprüngliche Herstellung der englischen Bleistifte war nämlich so simpel, daß sie kaum als Fabrikation gelten konnte; man zerschnitt die von der Natur gelieferten Blöcke mittels feiner Sägen in Stängelchen, die man in die Holzfassung leimte. Als die edle Masse zur Reife ging, hielt man sich noch an den kleinen Abfall, den man — auf's Feinste gepulvert durch stärksten hydraulischen Druck, man sagt unter Mitankwendung der Luftpumpe, um die Luft besser aus dem Pulver zu entfernen — zu Platten preßte und diese in Stifte zersägte. Die so hergestellten Bleistifte gingen auch für echte und standen diesen wenig nach.

Heutzutage also ist die Bleistiftfabrikation überall eine künstliche, wie sie in Frankreich und Deutschland, wo man im vorigen Jahrhundert den Artikel zu fabriziren begann, immer gewesen, d. h. man muß die rohe Graphitmasse pulvern und schlämmen, um sie dann unter Zusatz eines Bindemittels zu formen u. s. w. Unter allen Bindemitteln hat sich keins so zweckentsprechend erwiesen als feiner Thon, der denn auch in allgemeiner Anwendung steht. Innige Gemische von Thon und Graphit, wenn geformt, getrocknet und dann gegläht, gestalten sich zu einer schönen, gleichmäßigen Verbindung, und da mit der Menge des Thonzusatzes und der Stärke des Glühens die Härte des Produkts wächst, so hat man es in der Hand, Sortimenten von verschiedenen Härtegraden zu erzeugen, was gegen die alten Naturellstifte sogar ein Vortheil ist.

Eigentlich hätte auf das nicht sofort gefundene Mittel des Thonzufages schon die Analyse des Cumberlandgraphits führen können, welcher selbst in der besten Güte lange kein reiner Kohlenstoff ist, denn er enthält circa 54 Prozent Kohle, 8 Prozent Eisen und 36 Prozent Thon und Kalk.

Eine schöne Verbesserung in der Präparation des rohen Graphits wurde vor nicht langen Jahren in Passau entdeckt. Man übergießt das Material in Steingefäßen mit starker Schwefelsäure und überläßt die Masse mehrere Tage sich selbst. Hierbei lösen sich die Klumpen unter Selbsterwärmung zu einem aufquellenden Brei, und wenn nach erlangter Reife die Schwefelsäure ausgewaschen wird, erscheint der Graphit sowol gereinigt als auf's Feinste gepulvert.

Wie ehemals das Wort „englisch“ den Begriff eines guten Bleistiftes gab, so thut es jetzt der Name A. W. Faber. Die Faber'sche Fabrik wurde schon 1761 in dem Dorfe Stein bei Nürnberg in den bescheidensten Dimensionen gegründet, und nicht viel weiter liegen die Anfänge der ganzen Nürnberger Stiftfabrikation zurück. Der große Aufschwung der Faber'schen Fabrik, welche jetzt in der neuen wie in der alten Welt Abnehmer ihrer vorzüglichen Waare findet, ist das Werk des dormaligen Inhabers. Ein anderes renommirtes Bleistiftgeschäft ist das von Hardtmuth in Wien, Fabrik in Budweis.

Mit der Zeit fand sich auch ein Ersatz für das geleerte cumberland'sche Graphitlager, freilich weit hinten in Ostsibirien, nahe der chinesischen Grenze. Die Ausbeute des dort erschlossenen Lagers wird seit 1856 kontraktlich vollständig an die Faber'sche Fabrik nach Stein geliefert. Da das Material dem feinsten englischen Graphit völlig gleich sein soll, so könnte man auch wieder gesägte Naturellstifte haben. Ob dergleichen hergestellt werden, ist uns nicht bekannt. Nach dem, was die Besucher der Fabrik sehen, wird dort in der bekannten Art gearbeitet. Der fertige Pulversatz wird mit Wasser zu Teig angemacht, durch Pressen in Röhren verwandelt, diese gerade gerichtet, auf Bleistiftlänge geschnitten, in mäßiger Wärme getrocknet und dann in luftdicht verschlossenen, thönernen oder eisernen Kästchen in den Glühofen gebracht.

Das Fassen der Graphitstengel in Holz ist eine so einfache Arbeit, daß wir uns darüber wol nicht speziell zu verbreiten brauchen. Man benützt in- und ausländische, zum Theil sehr kostbare Hölzer. Das gewöhnlichste ist das sogenannte Cedernholz, eigentlich ein nordamerikanischer Wachholder, *Juniperus virginiana*. In neuester Zeit strebt die deutsche Fabrikation durch Anwendung deutscher Hölzer die ausländischen entbehrllich zu machen, was nur zu loben ist.

