

BEITRÄGE ZUR
GESCHICHTE DER TECHNIK
UND INDUSTRIE

JAHRBUCH
DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

HERAUSGEGEBEN

VON

CONRAD MATSCHOSS

ZWEITER BAND

MIT 356 TEXTFIGUREN UND 16 BILDNISSEN



BERLIN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER
1910

ISBN 978-3-642-50525-6
DOI 10.1007/978-3-642-50835-6

ISBN 978-3-642-50835-6 (eBook)

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1910

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Die Einführung der Panzerung im Kriegsschiffbau und die Entwicklung der ersten Panzerflotten. Von Wirkl. Geh. Oberbaurat Professor J. Rudloff, Berlin	1
Henri Victor Regnault. Von Geheimrat Dr. Keller, München, vormals Professor in Karlsruhe	58
Philon von Byzanz (etwa 260—200 v. Chr.). Von Professor Dr. Jung. Th. Beck, Darmstadt	64
Friedrich der Große in seiner Stellung zum Maschinenproblem. Ein Beitrag zur Geschichte der merkantilistischen Gewerbepolitik. Von Carl Ergang, Freiburg i. B.	78
Urkundliches zur Geschichte der Eisengießerei. Von Professor Dr. Dr.-Ing. Ludwig Beck, Biebrich	83
Die geschichtliche Entwicklung der Eisengießerei seit Beginn des 19. Jahrhunderts. Von Dipl.-Ing. U. Lohse, Aachen	90
Die Geschichte der Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur und Ludwigshafen a. Rh. Von Conrad Matschoß, Berlin	148
Die Geschichte der Gutehoffnungshütte in Oberhausen (Rheinland). Zur Erinnerung an das 100jährige Bestehen. Von Dr. J. Reichert, Duisburg-Ruhrort	236
Aus Bessemers Selbstbiographie. Von Otto Hönigsberg, Ingenieur der Südbahn, Wien	271
Zur Geschichte der Photographie. Von Dr. Gotthelf Leimbach, Göttingen	294

Die Einführung der Panzerung im Kriegsschiffbau und die Entwicklung der ersten Panzerflotten.¹⁾

Von

Wirkl. Geheimen Oberbaurat Professor J. Rudloff, Berlin.

1. Die ersten Versuche.

Wie man im Leben und der Entwicklung der Völker und Staaten häufig genug eine Wiederholung bedeutsamer Vorgänge findet, so ist auch die Bewegung, in die alle größeren Marinen mit dem Bau des Dreadnought — 1906 — gekommen sind, nicht ohne Beispiel in der Geschichte.

So führte vor nunmehr einem halben Jahrhundert die Einführung der Panzerung zu einem Wettbewerbe der Seestaaten um Herstellung der stärksten und widerstandsfähigsten Kriegsschiffe, wie wir ihn in gleicher Lebhaftigkeit erst heute wieder erleben, so ergab der Bau des ersten gepanzerten Linienschiffes, der französischen *Gloire*, eine lebhafte Erregung des um seine Vorherrschaft zur See besorgten Englands. Und von ungleich größerer Bedeutung war die Einführung der Panzerung für die Kampfkraft der Kriegsschiffe und die ganze Entwicklung des Kriegsschiffbaus, als die heutige Vergrößerung der Schiffe, die Steigerung des Displacements von rd. 17 000 t auf 25 000 t und darüber und die dadurch möglich gewordene Verstärkung der Artillerie des Panzerschutzes und Erhöhung der Geschwindigkeit. Mißt man auch der Stärke des einzelnen Schiffes, der Gefechtseinheit, eine besondere Bedeutung bei, schätzt man auch den Wert einer Flotte größerer Schiffe höher ein als den einer solchen, die aus einer größeren Zahl kleinerer Schiffe von zusammen gleichen Kampferten besteht, und ist auch das größere Schiff dem kleineren in konstruktiver Beziehung beträchtlich überlegen — wertlos sind die kleineren Schiffe deshalb noch keineswegs geworden.

¹⁾ Außer den eigenen Erfahrungen wurde namentlich auch zur Entnahme der Figuren folgende Literatur benutzt:

Spilsbury, A Journal of the Siege of Gibraltar. Gibraltar 1908.

J. F. von Kronenfels, Das schwimmende Flottenmaterial der Seemächte. Wien 1881. Cassier's Magazine. London (Vol. XIV. Mai—Okt. 1898).

Sir Thomas Brassey, The British Navy: Its Strength, Resources and Administration. London 1882, Vol. 1 u. 2.

E. J. Reed, Shipbuilding in Iron and Steel. London 1869.

William Fairbairn, Treatise on Iron Ship Building its History and Progress. London 1865. Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens.

A. Hauser, Cours de Construction Navale. Paris 1886.

L'Art naval a l'Exposition universelle de London de 1862.

L'Art naval a l'Exposition universelle de Paris de 1867.

Dislère, Die Panzerschiffe. Aus dem Französ. übersetzt. Pola 1877.

Wilson, Ironclads in Action.

Marine-Rundschau.

Aussichtslos erschien aber der Kampf des ungepanzerten Schiffes gegen das gepanzerte. An der Panzerung zerschellten die Geschosse, die die dicken Holzwände der ungeschützten Schiffe durchschlugen und zerrissen und durch die Brandwirkung ihrer Sprengladung und die Geschößsplitter im Inneren der Schiffe argen Schaden anrichten konnten.

So verschwindet denn mit dem Bau der Gloire das ungepanzerte Schiff sehr bald aus den Reihen der Schlachtflotten, das eigentliche Schlachtschiff wird nunmehr nur noch als Panzerschiff gebaut. Die alte Schlachtflotte wurde wertlos, nur einzelne, auf Stapel liegende Schiffe benutzte man noch um sie zur Beschleunigung des Überganges so gut wie möglich in gepanzerte Schiffe umzuwandeln.

Solange zur See gefochten wurde, ist man bemüht gewesen, die Schiffe und ihre Besatzungen vor der Gewalt der feindlichen Waffen zu schützen. Schon die Normannen sollen die Seiten ihrer Fahrzeuge in der Wasserlinie mit Eisen oder

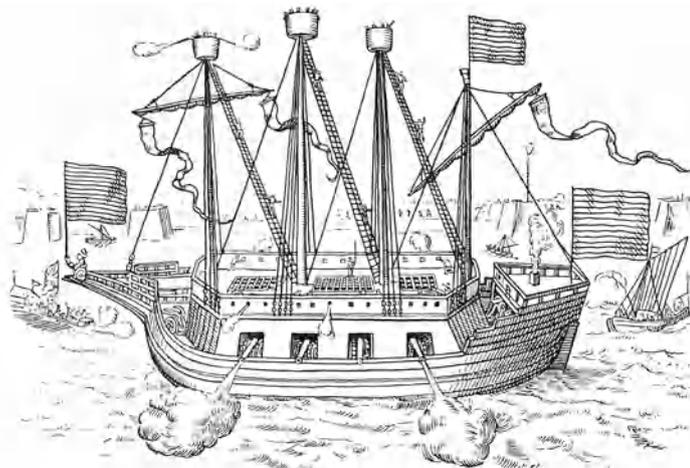


Fig. 1. Finis Bellis. Erstes Panzerschiff 1585.

Metall beschlagen und diesen Beschlag vorn zu einem Sporn zusammengezogen haben, die Besatzung soll durch Schilde geschützt gewesen sein. In der Flotte, die Karl V. 1530 zur Bekämpfung von Tunis entsandte, befand sich eine Karake, die Santa Anna, die durch einen Bleibeslag geschützt, allen Brandgeschossen widerstand, und in der Schlacht von Lepanto waren an Deck der Schiffe der katholischen Mächte Verschanzungen aus Segeltuch, Tauwerk usw. hergerichtet, ähnlich wie man sich im amerikanischen Sezessionskriege auf den Flußfahrzeugen durch Baumwollballen zu helfen suchte, wie man die Kommandobrücken durch Behängen mit Matratzen und die Mannschaften an Deck durch kastenförmige, mit Hängematten gefüllte Schanzkleider vor dem Gewehrfeuer schützte.

Ein Hilfsmittel zur Verstärkung der Schiffswände gegen das Geschützfeuer war das Behängen mit Ketten, wie es z. B. die föderale Korvette Kearsage in ihrem denkwürdigen Kampfe mit der konföderierten Alabama vor Cherbourg 1863 anwandte.

Thurston bezeichnet als erstes Panzerschiff die von den Holländern 1585 während der Belagerung Antwerpens erbaute, mit dicken eisernen Platten geschützte „Finis Bellis“, Fig. 1, das jedoch nicht in den Kampf gekommen ist. Es geriet

auf Grund und fiel hierbei in die Hände der Spanier, die keinen Gebrauch davon machten.

Von besonderem Interesse sind die schwimmenden Batterien, Fig. 2, welche Franzosen und Spanier 1782 während der Belagerung von Gibraltar zur Bekämpfung dieser Festung nach den Vorschlägen des Chevalier d'Arçon bauen ließen. Durch dicke Wandungen und Decks aus besonders harten Hölzern und eines mit Leder bezogenen dicken Korkbelages, sowie durch Eisenbarren hoffte man diese Fahrzeuge schußfest gemacht zu haben, durch Berieselungsvorrichtungen sollte der Feuersgefahr vorgebeugt werden. Zehn dieser Batterien eröffneten am 13. September mit ihren 212, nach anderen Quellen 166 Geschützen den Kampf gegen die Forts von Gibraltar, vor denen sie verankert worden waren, Fig. 3. Sie hielten während einiger Stunden das Feuer der Festung gut aus und erschienen widerstandsfähig gegen alle Geschosse, gingen aber in Flammen auf, als sie mit glühenden Kugeln beschossen wurden. Die Berieselungsvorrichtungen wirkten nicht und so brannten zwei von ihnen bis zur Wasserlinie nieder, und sieben flogen in die Luft.

Von Interesse für die Entwicklung des Schutzes der Kriegsschiffe ist auch die schwimmende Batterie Demologos, welche die Vereinigten Staaten Amerikas zum Schutze ihrer Küsten 1814 während des Krieges mit England von Fulton bauen ließ, und die man wohl auch als erstes Dampfkriegsfahrzeug ansprechen kann. Sie hatte eine Länge von 47,6 m und bestand aus

zwei der Breite nach an den Enden verbundenen Teilen, in deren Zwischenraum von 4,6 m in der Mitte des Fahrzeuges ein Schaufelrad, geschützt durch die Schiffshälften, angeordnet war, das durch eine Dampfmaschine angetrieben wurde. Die Bordwände, die den schwersten Geschossen widerstehen sollten, waren aus harten Hölzern in einer Gesamtdicke von 1,5 m in der Wasserlinie und neben den Geschützen hergestellt, die Bestückung bestand aus 30 32pfündigen Kanonen. Demologos, der nach dem Tode Fultons dessen Namen erhielt, erreichte bei seinen Probefahrten eine Höchstgeschwindigkeit von 5 Knoten, gelangte jedoch nicht mehr zu einer kriegerischen Verwendung, da er erst im September 1815, also nach dem Friedensschluß zwischen Amerika und England, fertig wurde.

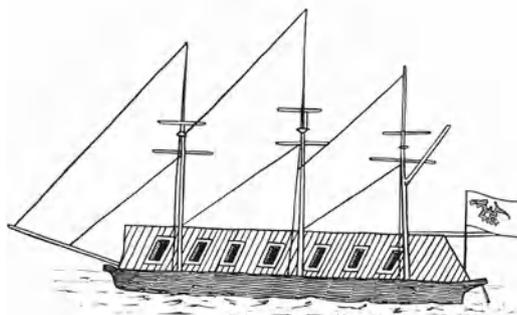


Fig. 2. Schwimmende Batterie 1782.

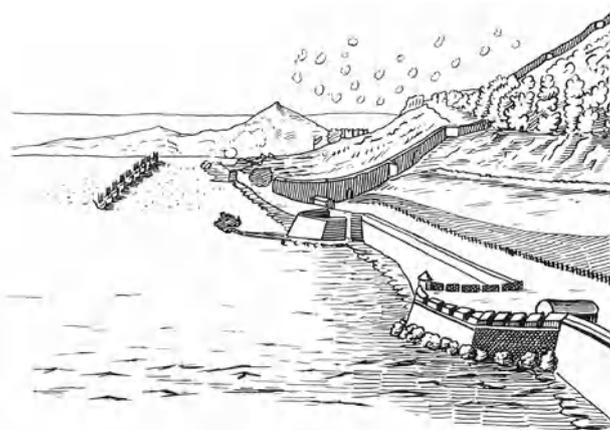


Fig. 3. Gibraltar. Angriff auf die Festung 1782.

Mit der Erfindung der Bombenkanonen durch den französischen Oberst Paixhans, 1820, mit der Einführung geladener Hohlgeschosse, der Granaten, die bisher nur als Bomben aus Mörsern geschossen wurden, bei der Schiffsartillerie wurde ein Panzerschutz immer notwendiger. Die neuen, verhältnismäßig großen Geschosse übten nicht nur im Innern der Schiffe eine verheerende Spreng- und Brandwirkung aus, sie zertrümmerten und zersplitterten auch in höherem Maße die Schiffswände, als die kleineren Vollgeschosse von größerer Geschwindigkeit, die meist nur glatte, durch vorbereitete Pfropfen verschließbare Schußlöcher erzeugten.

Es blieb indes bis zum Anfang der 50er Jahre bei Vorschlägen und Entwürfen für den Bau gepanzerter Schiffe und bei Versuchen zur Feststellung der geeignetsten Konstruktion der Panzerwände.

Auf Grund solcher Versuche schlug Paixhans 1834 vor, Kriegsschiffe mit Eisen zu panzern, und in England empfahl 1835 der Ingenieur Drake, die Seiten der Kriegsdampfer neben den Maschinen durch Platten von 115 mm Dicke zu schützen. In Amerika machte 1842 der Ingenieur Stevens den Vorschlag, zum Schutze der Häfen gepanzerte schwimmende Batterien zu bauen, und die Regierung der Vereinigten Staaten nahm denselben im Prinzip an, nachdem durch Schießversuche festgestellt war, daß eine Eisenwand von 114 mm Dicke hinreichend stark sei, um den damals gebräuchlichen Geschossen zu widerstehen. Mit dem Bau einer solchen Batterie wurde jedoch erst 1854 in Hoboken begonnen. Dieselbe sollte eine Länge von 128 m und einen Tiefgang von 6,86 m erhalten. Ihre Seitenwände sollten über Wasser um 60° geneigt sein und aus starken eisernen Spanten mit einer 17,5 mm dicken Beplattung bestehen, auf der eine Holzbeplankung von 38 cm Dicke mit einem Belag von 6 Blechen von je 20 mm befestigt werden sollte.

Der Bau dieser Hobokenbatterie wurde 20 Monate hindurch eifrig betrieben, dann aber aufgegeben, da die auf 500000 \$ veranschlagten Kosten bereits um 200000 \$ überschritten waren und die Fertigstellung noch weitere 500000 \$ erfordert haben würde. Auch während des amerikanischen Bürgerkrieges nahm man den Bau dieses Fahrzeuges nicht wieder auf, obgleich die Nordstaaten gepanzerte Küstenverteidiger sehr notwendig brauchten. Die Batterie wurde auf dem Stapel wieder abgebrochen.

Bemerkenswert ist das Projekt einer gepanzerten Fregatte Dupuy de Lôme, das im Jahre 1845 zur Vorlage gelangte. In den Erläuterungen führte Dupuy de Lôme, seiner Zeit vorausseilend, aus, daß man in Zukunft die Segel nur noch aushilfsweise benutzen würde. Die Maschinen müßten deshalb so groß werden, daß sie nicht mehr unter der Wasserlinie unterzubringen und deshalb durch einen Panzer zu schützen wären. Die Geschwindigkeit der Fregatte sollte 11 Knoten betragen, die Panzerung über die Wasserlinie und die Batterie ausgedehnt sein. Durch Anwendung eines eisernen Schiffsrumpfes an Stelle des bisherigen schwereren hölzernen sollte Gewicht für die Panzerung verfügbar werden.

Der Ausführung des Entwurfs wurde jedoch nicht näher getreten, und ebenso wenig konnte man sich für ein sonst günstig beurteiltes Projekt des Ingenieurs Gervais zum Bau einer eisernen gepanzerten schwimmenden Batterie vom Jahre 1847 erwärmen.

Die Zurückhaltung der Marineverwaltungen wird verständlich, wenn man bedenkt, daß in dieser Zeit im Schiffbau vieles im Entstehen war, daß in den Plänen der Ingenieure eine Reihe von Neuerungen enthalten waren, über die hinreichende praktische Erfahrungen noch nicht vorlagen. Die Anwendung der Schraube, die für

Schlachtschiffe allein in Frage kommen konnte, hatte kaum erst begonnen. Wohl hatte die Erprobung des in England von Smith erbauten kleinen Schraubendampfers Archimedes 1839/40 zu durchaus zufriedenstellenden Ergebnissen geführt und das Schiff eine Höchstgeschwindigkeit von $9\frac{3}{4}$ Knoten erreicht, aber die erste Anwendung des neuen Propellers auf Kriegsschiffen war wiederholt von Mißerfolgen begleitet gewesen. Der Einbau einer Schraube in die englische Segelfregatte Amphion, 1846, war vollständig mißlungen. Erst mit dem englischen Schraubenschiff Arrogante, dessen Probefahrten 1849 stattfanden, und mit dem französischen Schraubenlinienschiff Napoleon, das 1852 fertiggestellt wurde, erzielte man gute Ergebnisse. Das französische, von Dupuy de Lôme konstruierte Schiff hatte eine Geschwindigkeit von fast 13 Knoten erreicht, eine für die damalige Zeit sehr bedeutende Leistung.

Auch einen eisernen Rumpf hielt man für Kriegsschiffe nicht für zweckmäßig. War auch bereits erwiesen, daß eiserne Schiffe als Ganzes hinreichend fest gebaut werden konnten, so blieb doch die geringe Festigkeit ihrer Wandungen bestehen, so daß schon beim Berühren eines steinigen Meeresgrundes schwere Beschädigungen des Schiffsbodens entstanden, die bei der damaligen unvollkommenen wasserdichten Teilung des Schiffsinners den Verlust des Schiffes herbeiführen konnten. Hierzu kam als weiterer Nachteil eiserner Schiffe das Bewachsen des Bodens mit Gräsern und Muscheln, das eine beträchtliche Abnahme der Schiffsgeschwindigkeit zur Folge hatte und ein öfteres Docken zur Reinigung und Erneuerung des Anstrichs notwendig machte. Den Boden hölzerner Schiffe konnte man durch einen Beschlag aus dünnen Kupferblechen reinhalten und hatte zu diesem Zwecke nur nötig, die Schiffe kupferfest zu bauen, d. h. man mußte zur Verbindung der Spanten und Planken an Stelle von eisernen Bolzen metallene anwenden. Der auf dem Kupferblech sich bildende schlickige graugrüne Überzug von Kupferoxydchlorid haftete nicht fest und wurde bei der Fahrt der Schiffe mit den Sporen der Anwüchse abgespült. Wollte man eiserne Schiffe mit Kupfer beschlagen, so mußte man zur Vermeidung galvanischer Vorgänge beide Metalle sorgfältig voneinander isolieren, um das Eisen zu erhalten — ein kostspieliges Verfahren, an das man damals noch nicht dachte.

Endlich hatten englische Versuche im Jahre 1846 gegen Bordwände aus zusammengeieteten Blechen, die in den Entwürfen jener Zeit für eiserne Schiffe eigentlich wohl nur in Frage kamen, zu ungünstigen Ergebnissen geführt. Da bei früheren Schießversuchen solche Panzerungen, wenn sie auf einer dicken Holzunterlage befestigt waren, von den Geschossen wohl zertrümmert, aber nicht durchschlagen wurden, so erschien auch mit Rücksicht hierauf die Beibehaltung des Holzrumpfes geboten. Das alte hölzerne Linienschiff mit seinem schweren Rumpf unter Beibehaltung der Segel und einer starken Bestückung in einen Dampfer umzuwandeln und gleichzeitig mit einer Panzerung zu versehen, die Lösung dieser Aufgabe schien damals noch unmöglich und wurde einer späteren Zeit überlassen, die sich allerdings als nicht zu fern erwies, und so entstanden denn als Übergang vom Segelschiff zum Panzerschiff in den 50er Jahren die ungeschützten Dampflinienschiffe, -Fregatten und -Korvetten.

Ungleich günstiger gestalteten sich die Verhältnisse für den Bau von schwimmenden gepanzerten Batterien zum Angriff und zur Verteidigung von Häfen und Küsten. Ihr Wirkungsbereich ist klein, meist arbeiten sie gemeinsam mit einer Flotte von Hochseeschiffen. Für sie ist die Takelage nahezu entbehrlich, ihre

Geschwindigkeit kann erheblich kleiner sein als die der Schlachtschiffe, und sie bedürfen auch nur eines geringen Kohlenvorrates; sie waren deshalb auch die ersten gepanzerten Fahrzeuge, die auf dem Kampfplatze erschienen sind. Der ersten derselben, der Hobokenbatterie, die 1854 begonnen, aber nicht vollendet wurde, wurde bereits gedacht.

In Europa gab der Krieg zwischen Rußland und der Türkei und den ihr verbündeten Westmächten, 1853—1856, Veranlassung zum Bau gepanzelter schwimmender Batterien. Die Zerstörung einer türkisch-ägyptischen Flottenabteilung von 6 Fregatten und 2 Korvetten in weniger als 3 Stunden in der Schlacht von Sinope am 30. November 1853 durch eine russische Eskadre hatte wieder eindringlichst auf die Wirkung der Granaten hingewiesen. In der Ostsee widerstanden die russischen Festungen der englisch-französischen Flotte, deren Schiffe ihres großen Tiefgangs wegen nicht an die Festungswerke herangebracht werden konnten. Zur Entscheidung brauchte man starke Fahrzeuge von geringem Tiefgang, und man entschloß sich zuerst in Frankreich, später auch in England zum Bau gepanzelter Batterien. Auf Befehl Napoleons III. wurden die Grundzüge für die Schiffe und die zweckmäßigste Art der Panzerung auf Grund nochmaliger Schießversuche unter Mitwirkung des Generalschiffbauinspektors Granier festgelegt und der Ingenieur Guiesse mit der Anfertigung der Entwürfe beauftragt. Bereits am 28. Juli 1854 erhielten die Kriegswerften den Befehl, 10 Batterien, deren Zahl später auf 5 verringert wurde, zu bauen: Devastation, Tonnante, Lave, Foudroyante und Congrève, von denen die Tonnante als erste im März 1855 in Brest vom Stapel lief. Die Batterien waren aus Holz gebaut, 52,3 m lang, 13,4 m breit und hatten einen Tiefgang von 2,65 m. Ihr Displacement betrug 1650 t, ihre Bestückung bestand aus 16 50-Pfündern in der Batterie und 2 12-Pfündern an Deck. Die Panzerung hatte eine Dicke von 110 mm und bestand aus massiven Platten, da sich solche bei den Schießversuchen besser bewährt hatten als Panzerungen aus zusammengenieteten Blechen, eine Erfahrung, die auch englische Versuche bestätigt hatten. Die Maschinen leisteten 317 PS. Der Antrieb erfolgte durch eine vierflügelige Schraube mit 112 Uml.-Min., die Höchstgeschwindigkeiten von 4 Knoten ergaben. Die Verwendung des Displacements war folgende: Rumpf 793 t = 0,48 D., Geschütze und Munition 153 t = 0,091 D., Panzerung 310 t = 0,187 D., Maschine und Kessel 78 t = 0,046 D., Kohlen 120 t = 0,072 D., Bemastung, Segel und Ausrüstung 207 t = 0,124 D.

Anfang August 1855 waren Devastation, Tonnante und Lave fertiggestellt, und man schleppte sie mit Raddampfern nach dem Schwarzen Meere, wo nunmehr die Entscheidungskämpfe des Krieges in der Belagerung von Sebastopol sich vollzogen. Im September trafen sie dort ein und wurden, da Sebastopol inzwischen gefallen war, dazu bestimmt, mit weiteren Teilen der Flotte Kinburn zu bombardieren. Am 7. Oktober verankerten sie sich vor dieser Festung und brachten das feindliche Feuer nach fünfstündigem Kampfe zum Schweigen. Sie erlitten hierbei wohl Verluste an Mannschaften durch Geschosse, die durch die Geschützpforten in die Batterie eindringen, aber ihr Panzer, der sehr häufig getroffen wurde, hatte nur Eindrücke von geringer Tiefe erhalten.

Im Gegensatz zu diesem glänzenden Erfolge stand der Ausgang eines Angriffes von 26 englischen und französischen Linienschiffen auf die Forts von Sebastopol, der ein Jahr vorher, am 17. Oktober 1854 stattgefunden hatte. Bei demselben erlitten die Schiffe ernste Havarien und mußten sich nach fünfstündigem Kampfe zurückziehen, ohne durch ihr Feuer erhebliche Erfolge erzielt zu haben. Der Nutzen

einer Panzerung war nicht mehr zu bezweifeln, und bald nach Beendigung des Krieges begann man in Frankreich die Umwandlungen zu studieren, welche die Einführung im Schiffbau zur Folge haben würde, und immer mehr machte sich die Ansicht geltend, daß man künftig nicht nur die Küstenverteidiger, sondern auch die Schlachtschiffe der Hochseeflotte panzern müsse. Der Ingenieur Guisnet entwarf 1856 ein gepanzertes Hochseeschiff, das eine Geschwindigkeit von 12 bis 13 Knoten haben und bereits mit Wasserrohrkesseln von Belleville ausgerüstet sein sollte, die damals eben erprobt worden waren. Um die Aufmerksamkeit des Auslandes vom Bau solcher Schiffe abzulenken, schlug er vor, sie wie gewöhnliche Fregatten zu bauen und zunächst nicht ganz fertigzustellen. Die Vollendung, worunter er wahrscheinlich das Anschrauben der Panzerplatten verstanden hat, sollte erst erfolgen, wenn ein Krieg in Aussicht sei. In einem Projekte des Ingenieurs Ferranty 1856 wird bereits ein Panzerdeck über der Batterie vorgesehen. Die Seitenpanzerung sollte 6 m vor dem Hinterstevan enden und hier durch ein Panzerquerschott abgeschlossen werden, damit das Heck nicht zu stark belastet würde, vielleicht auch, um die Schwierigkeit der Formgebung der Platten im hinteren stark gekrümmten Teil des Schiffes zu vermeiden.

Einen dritten Entwurf reichte der Ingenieur Marrielle ein, aber keiner wurde zur Ausführung angenommen, und ebensowenig führten weitere 18, unter Zugrundelegung eines Programms des Conseil des travaux vom 23. Dezember 1856 bearbeitete Wettbewerbentwürfe zu einer Entscheidung. Indes erschien durch alle diese Studien und Entwürfe die Frage hinreichend geklärt, und so wurde denn 1857 der Ingenieur Dupuy de Lôme nach nochmaliger Ausführung von Schießversuchen gegen Panzerziele mit der Anfertigung der Pläne zu einem Hochseepanzerschiff beauftragt und der Bau desselben, der „Gloire“, am 24. März 1858 dem Arsenal von Toulon übertragen.

Mit dem Bau der Gloire, die den Ausgangspunkt für die Entwicklung des gesamten neueren Seekriegsmaterials bildet, verschwinden schnell die ungepanzerten Schiffe aus den Reihen der Schlachtflotten. Mit der Gloire beginnt die wissenschaftliche Erforschung der Probleme des Kriegsschiffbaues, die besonders durch die 1860 gegründete Institution of Naval Architects auf das eifrigste gefördert wurde. Der Kriegsschiffbau macht einen Entwicklungsgang durch, der in der Geschichte der Technik, man möchte sagen, beispiellos ist. Unter Benützung fast aller Errungenschaften der Maschinenteknik entstehen Bauwerke, deren Kosten sich heute auf 40 bis 50 Mill. Mark belaufen.

Hand in Hand mit dieser Entwicklung geht die der Artillerie, die jede Verstärkung des Panzers mit der Konstruktion eines entsprechend leistungsfähigeren Geschützes beantwortet und so zu den höchsten technischen Leistungen führt.

2. Die erste französische Panzerflotte.

Die Panzerfregatte Gloire, Fig. 4 bis 6, die am 24. November 1859 vom Stapel lief, hatte ein Displacement von 5618 t und eine Länge von 78,89 m. Ihre erste Bestückung bestand aus 36 Kanonen von 16 cm, von denen zwei an Oberdeck, die übrigen in der Batterie aufgestellt waren. Die Formen des Schiffes unter Wasser ähnelten denen des Algeciras, eines der ungeschützten Schraubenlinienschiffe, die mit dem Napoleon beginnend, sich vortrefflich bewährt hatten. Mit einer Maschinenleistung von 2537 PS wurden 12,8 Knoten erzielt. Die Größe der Segelfläche betrug 1100 qm, das 11,1fache des Hauptspantquerschnittes, das man damals der

Bemessung der Segelfläche zugrunde legte. Die Panzerung ging über die ganze Schiffslänge, vom Oberdeck bis 2 m unter Wasser, und hatte in der Mitte eine Dicke von 120 mm in der Wasserlinie und von 110 mm in der Batterie; nach den Enden des Schiffes zu nahm sie auf 78 mm ab. Die Platten, die in jener Zeit noch unter dem Hammer ausgeschmiedet wurden, waren klein, $1,76 \times 0,5$ m, und wogen kaum eine Tonne. Der Rumpf war, ebenso wie der der meisten Panzer-

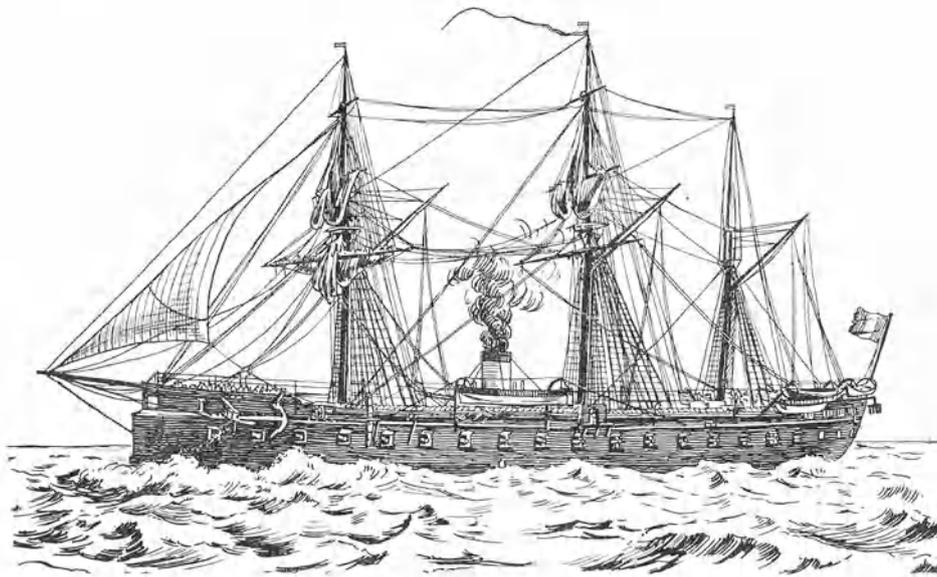


Fig. 4. Die französische Panzerfregatte „Gloire“ (1859)¹⁾.

schiffe der ersten französischen Flotte, aus Holz; nur ausnahmsweise, wie für Heroïne und Couronne, wandte man Eisen an. Wohl hatte Dupuy de Lôme selbst schon 1846 in seinem Panzerschiffsprojekt einen eisernen Rumpf vorgeschlagen, aber man blieb zunächst doch noch beim Holz. Die schon früher gegen

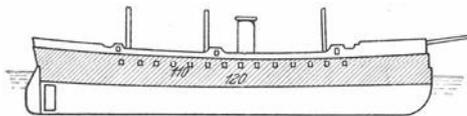


Fig. 5. Gloire (1859).

D=5618 t, L=76,8 m, B=17 m, T_v=7,03 m, T_h=8,49 m,
Hauptspant = 99,2 qm²⁾.

eiserne Schiffe angeführten Bedenken bestanden zum Teil auch in dieser Zeit noch, und der Holzrumpf hatte in Frankreich noch viele Anhänger; man war auch auf den französischen Staatswerften noch nicht so eingerichtet, um gleich mit dem Bau einer ganzen Flotte eiserner Schiffe beginnen zu können, und hierzu

kamen Bedenken finanzieller Art. Da zum Bau hölzerner Schiffe nur gut ausgetrocknetes Holz Verwendung finden durfte und man unter den zum Bau der Spanten nötigen Krummhölzern und Knien eine große Auswahl haben mußte, so hatten die Werften mit einem geordneten Baubetrieb große Holzvorräte, die man nicht wertlos machen wollte.

¹⁾ Die den Abbildungen in Klammern beigefügten Jahreszahlen beziehen sich auf den Stapellauf.

²⁾ Es bedeutet D: Deplacement, L: Länge, B: Breite, T_v: Tiefgang vorn, T_h: Tiefgang hinten.

Die Einführung der Panzerung hatte zunächst eine wesentliche Displacementssteigerung nicht erfordert, das 10 Jahre vorher gebaute Schraubenlinienschiff *Napoleon*, Fig. 7, hatte ein Displacement von 5000 t.

Durch Verminderung der Höhe des Schiffes um eine Batterie, Beschränkung der Zahl der Geschütze, Verminderung der Segelfläche und des Kohlenvorrates unter Beibehaltung der Geschwindigkeit, hatte eine Displacementsvergrößerung von 618 t genügt, die *Gloire* mit einem Panzer von 812 t Gewicht belasten zu können. Auch die Baukosten der *Gloire*, die sich auf rd. 3,8 Mill. Mark beliefen, waren nur 600 000 Mark höher als die des *Napoleon*. Die Gewichte beider Schiffe in Tonnen waren:

	Rumpf	Ma- schine	Kohlen	Be- sege- lung	Aus- rustung	Armie- rüstung	Panzer
<i>Gloire</i>	2605	640	650	60	427	370	812
<i>Napoleon</i>	2406	550	937	220	474	460	—

Gleichzeitig mit der *Gloire* wurden zwei Schwesterschiffe auf Stapel gelegt und etwas später die *Couronne* von einem etwas größeren Displacement, 6300 t, für die ein eiserner Rumpf nach den Plänen von Audenet Anwendung fand und bei der bereits eine Verstärkung des Oberdecks gegen auftreffende Geschosse zur Ausführung

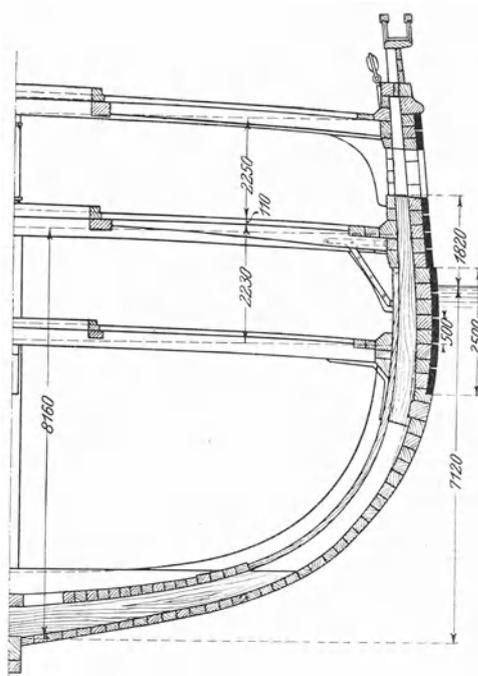


Fig. 6. Hauptspant der *Gloire*.

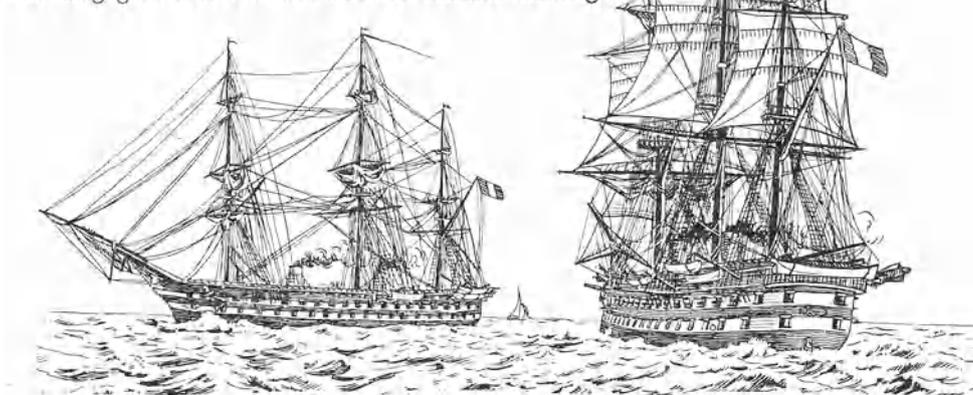


Fig. 7. Schraubenlinienschiff *Napoléon* (1849).

kam, und zwar in der Weise, daß man die Balken an der Ober- und Unterkante beplattete und den Raum zwischen den Beplattungen mit Holz ausfüllte. Die Panzerdicke betrug 100 mm in der Wasserlinie und 80 mm an der Batterie. Die

Bestückung aller dieser Schiffe, die ursprünglich aus 16 cm-Kanonen bestehen sollte, wurde später umgeändert in 6 von 24 cm und 4 von 19 cm für die ersten drei und 8 von 24 cm und 2 von 19 cm für die Couronne.

1861 entwarf Dupuy de Lôme die Flandreklasse, von der 10 Schiffe gebaut wurden: Flandre, Gauloise, Magnanime, Provence, Revanche, Savoie, Surveillante, Valeureuse, Heroïne. Das Deplacement betrug 5816 t, die Länge 81,6 m. Die Bestückung bestand aus 4 24 cm- und 6 19 cm-Kanonen in der Batterie

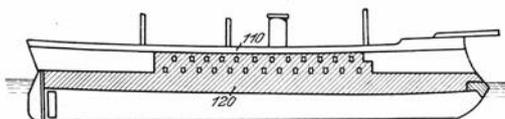


Fig. 8. Magenta (1861).

$D = 7129$ t, $L = 86,56$ m, $B = 17,34$ m, Hauptspant 113,9 qm.

und 4 19 cm an Deck. Die Panzerdicke betrug 150 mm in der Wasserlinie und 110 mm über derselben. Der Gürtel reichte 30 cm weniger tief unter Wasser als bei den vorhergehenden Schiffen. Hierdurch und durch eine Verminderung des Maschinengewichts hatte man die Verstärkung des Panzers ermöglicht. Die Geschwindigkeit der Schiffe betrug 13 bis 14 Knoten.

Während des Baues der Gloire legte man auch zwei größere Schiffe auf Stapel, Magenta und Solferino, von 7129 t, bei denen eine vermehrte Zahl von Geschützen, 48 Kanonen von 16 cm, in zwei gedeckten Batterien aufgestellt werden sollten. Die Panzerung beschränkte sich auf einen Gürtel und den Schutz der Batterien, die in der Mitte des Schiffes zusammengedrängt waren. Vor und hinter den Batterien waren die Schiffe ungeschützt

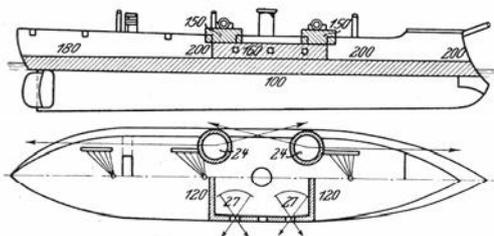


Fig. 9 und 10. Ocean (1868).

$D = 7750$ t, $L = 86,2$ m, $B = 17,36$ m, $T_{\max} = 9,1$ m, Hauptspant 123 qm

und somit der Feuersgefahr sehr ausgesetzt. Am Vorsteven war ein metallener Sporn angebracht, dessen Spitze 2 m unter Wasser lag und 2 m über den Steven hinausragte. Die ursprünglich vorgesehene Bestückung wurde umgeändert in 10 Kanonen von 24 cm in der oberen Batterie und 4 Kanonen von 19 cm an Deck, die untere Batterie blieb unbesetzt.

Dieser älteste Teil der ersten französischen Flotte war verhältnismäßig gleichmäßig zusammengesetzt, von ausreichender Geschwindigkeit, aber ihre Panzerung, die zur Zeit der Inbaunahme der Schiffe genügte, erwies sich bald als ungenügend.

Für die folgende Gruppe, Ocean, Fig. 9 bis 11, Marengo und Suffren, die 1865 und 1866 auf Stapel gelegt wurde, wurde deshalb die Panzerdicke auf 200 mm in der Wasserlinie und auf 160 mm in der Batterie erhöht. Besonders bemerkenswert ist bei diesen Schiffen aber die Aufstellung der Artillerie, die aus 4 Kanonen von 27 cm und 4 von 24 cm bestand. Die vier größeren Kanonen sind im Batteriedeck, in einem geschlossenen, ringsum gepanzerten Raum, der Kasematte, hinter Breitseitpforten aufgestellt, die 4 Kanonen von 24 cm in vier sog. Barbetttürmen über den Ecken der Kasematte. In diesen Türmen ist die Lafette der Kanone auf einer Drehscheibe aufgebaut und von einer kreisförmigen oder annähernd kreisförmigen gepanzerten festen Brustwehr, der Barbette, umgeben, welche von dem Geschützrohr überragt wird.

Für die folgende Gruppe, Ocean, Fig. 9 bis 11, Marengo und Suffren, die 1865 und 1866 auf Stapel gelegt wurde, wurde deshalb die Panzerdicke auf 200 mm in der Wasserlinie und auf 160 mm in der Batterie erhöht. Besonders bemerkenswert ist bei diesen Schiffen aber die Aufstellung der Artillerie, die aus 4 Kanonen von 27 cm und 4 von 24 cm bestand. Die vier größeren Kanonen sind im Batteriedeck, in einem geschlossenen, ringsum gepanzerten Raum, der Kasematte, hinter Breitseitpforten aufgestellt, die 4 Kanonen von 24 cm in vier sog. Barbetttürmen über den Ecken der Kasematte. In diesen Türmen ist die Lafette der Kanone auf einer Drehscheibe aufgebaut und von einer kreisförmigen oder annähernd kreisförmigen gepanzerten festen Brustwehr, der Barbette, umgeben, welche von dem Geschützrohr überragt wird.

Die Barbettetürme und das denselben zugrunde liegende Prinzip, den Panzerschutz von den drehbaren Teilen des Turmes zu trennen, haben später eine große Bedeutung gewonnen und sind bei fast allen Marinen häufig zur Anwendung gekommen. Durch diese Geschützaufstellung wurde nicht nur das Feuer in der Kielinie, das Bug- und Heckfeuer verstärkt, dessen Entwicklung man immer mehr Aufmerksamkeit zuwandte und für das man bei den älteren Schiffen meist nur zwei Geschütze an Oberdeck hinter Pforten und in ungeschützter Stellung zur Verfügung hatte, sondern auch die Richtungswinkel der Geschütze, die Feuer- oder Bestreichungswinkel gegenüber einer Pfortenaufstellung auf etwa das Doppelte erweitert.

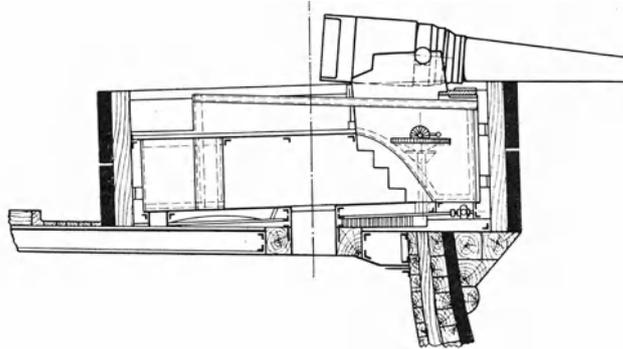


Fig. 11. Barbettenturm Ocean.

Da die Panzerung dieser Schiffe auf den Gürtel und die nur 20 m lange Kasematte beschränkt war, blieb ein großer Teil des Rumpfes ungeschützt, und derselbe war deshalb über dem Gürtel vor und hinter der Kasematte zur Verminderung der Feuersgefahr aus Eisen gebaut, im übrigen Teile aber aus Holz, eine Bauweise, die man auch für die späteren Holzschiffe beibehielt.

Das Deplacement war auf 7750 t, die Geschwindigkeit auf 14 Knoten gesteigert, mit dem Kohlenvorrat, 618 t, konnte bei einer Geschwindigkeit von 10 Knoten eine Strecke von 3360 Seemeilen abgedampft werden. Die Panzerung reichte bis zu 2 m unter Wasser, der 2,7 m lange bronzene Sporn wog 20 t.

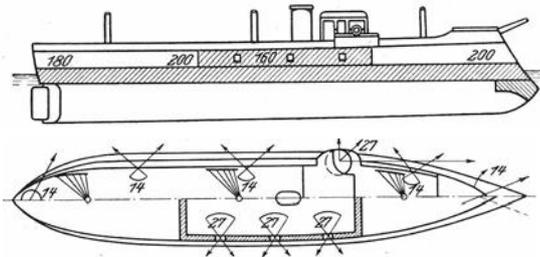


Fig. 12 und 13. Friedland (1873).

$D = 8916$ t, $L = 96,97$ m, $B = 17,69$, $T_{\max} = 9,1$ m, Hauptspant 126,6 qm.

Für den folgenden Friedland, Fig. 12 und 13, wurde das Deplacement auf 8916 t gesteigert. Die Kasematte ist erweitert und mit 6 Kanonen von 27 cm armiert. Über dem vorderen Teil derselben sind zwei 27 cm-Kanonen in ähnlicher Weise aufgestellt, wie auf Ocean, aber ohne Panzerschutz. Außer diesen schweren Geschützen kommt zum ersten Male eine Mittelartillerie zur Anwendung, Geschütze mittleren Kalibers, 8 Kanonen von 14 cm, für die nunmehr die entpanzerten, häufig recht ausgedehnten Seitenwände der Schiffe das Angriffsobjekt bilden. Der Schiffsrumpf war aus Eisen gebaut.

Der Richelieu, Fig. 14 und 15, der 1868 begonnen wurde, hatte ein Deplacement von 8791 t. Seine Armierung ähnelt der des Ocean. Es sind jedoch in der Kasematte 6 Kanonen von 27 cm aufgestellt, und zu den 4 Kanonen von 24 cm in Barbettetürmen kommt noch eine fünfte gleichen Kalibers unter der Back, zur Verstärkung des Bugfeuers. Auf dem Oberdeck steht ferner eine Batterie mittlerer Geschütze

von 12 Kanonen von 12 cm. Versuchsweise erhielt das Schiff 2 Schrauben, obgleich man eine Schraube ihrer geschützteren Lage wegen für ein vollgetakeltes Schiff für günstiger hielt. Der Versuch fiel aber auch in bezug auf die Geschwindigkeit des Schiffes nicht günstig aus, die nur wenig über 13 Knoten betrug.

Das Schiff erhielt ein Joësselsches Ruder, das aus drei Ruderblättern bestand, einem mittleren größeren und zwei mit ihm parallelen seitlichen, die an dem mittleren Teil befestigt waren, wodurch der Hebelarm verkleinert wurde.

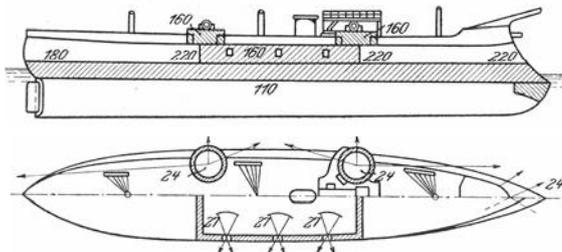


Fig. 14 und 15. Richelieu (1873).

$D = 8791 \text{ t}$, $L = 98,14 \text{ m}$, $B = 17,24 \text{ m}$, $T_{\max} = 8,79 \text{ m}$, Hauptspant $123,06 \text{ qm}$.

zwei Geschütze gleichen Kalibers in ungeschützter Barbette und außerdem je eine 24 cm-Kanone im Bug und Heck und 8 Kanonen von 14 cm aufgestellt. Die Geschwindigkeit betrug 14 Knoten.

Mit Ausnahme der Couronne, der Heroïne und des Friedland war diese erste französische Panzerflotte aus Holz gebaut, wenigstens im gepanzerten Teil und unter Wasser. Die Schiffe hatten eine ziemlich große Takelage, etwa das 17fache des Hauptspants; ihr Tiefgang war sehr beträchtlich, 8,5 bis 9 m, was sich bei den Operationen in der Ostsee während des deutsch-französischen Krieges als sehr nachteilig erwies.

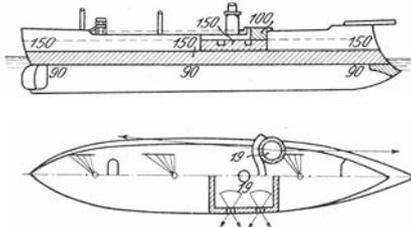


Fig. 16 und 17. Alma (1867).

$D = 3788 \text{ t}$, $L = 70,1 \text{ m}$, $B = 14,2 \text{ m}$, $T_{\max} = 7,3 \text{ m}$, Hauptspant $74,2 \text{ qm}$.

aus. Das Bedürfnis nach solchen Schiffen machte sich sehr bald geltend, und schon 1863 legte man eines derselben, die Belliqueuse, nach den Plänen von Dupuy de Lôme auf Stapel. Das Deplacement derselben betrug 3775 t, der Tiefgang nur 6,88 m, die Geschwindigkeit fast 11 Knoten. Die Armierung bestand aus 4 Kanonen von 19 cm und 4 von 16 cm in der Kasematte und 2 von 16 cm an Deck. Die Panzerdicke des Gürtels betrug 150 mm, die der Kasematte 120 mm, die abdampfbare Strecke 2800 Seemeilen.

1865 beginnt der Bau von 7 Schiffen derselben Größe, der Alma-Klasse: Alma Fig. 16 und 17, Armide, Atalante, Jeanne d'Arc, Montcalm, Reine Blanche und Thétis, für die die Geschwindigkeit aber auf über 12 Knoten gesteigert ist. Die Armierung besteht aus 4 Kanonen von 19 cm in der Kasematte und 2 desselben Kalibers in Barbetttürmen über derselben. Die Panzerdicke des Gürtels und der Kasematte betrug 150 mm, die der Barbetten 100 mm. Die Schiffe, die bis

Beim Trident und Colbert, von etwa gleicher Größe wie Richelieu, kam man wieder auf eine Schraube zurück. Die Kasematte ist mit 6 Kanonen von 27 cm armiert, an Deck sind über dem vorderen Teil der Kasematte

Die bisher besprochenen Panzerschiffe, die eigentlichen Schlachtschiffe, waren wegen ihrer Größe und Kostspieligkeit zum Kampfe auf weitentlegenen Kriegsschauplätzen gegen schwächere Mächte wenig geeignet. Für diese Zwecke reichten neben den ungeschützten Kreuzern kleinere Panzerschiffe von geringerer Panzerdicke und weniger starker Armierung, Panzerkreuzer oder gepanzerte Stationschiffe

1868 sämtlich vom Stapel liefen, waren aus Holz, im ungepanzerten Teil über Wasser aus Eisen gebaut.

Ihnen folgte 1868 die Galisonière von 4654 t und 12,6 Knoten Geschwindigkeit, die mit 4 Kanonen von 24 cm in der Kasematte und 2 desselben Kalibers in Barbetttürmen armiert ist und 2 Schrauben hat und 1869 Triomphante, Fig. 18 und 19, und Victorieuse von 4504 t und gleicher Armierung und einer Geschwindigkeit von fast 13 Knoten, aber wieder nur mit einer Schraube. Die abdampfbare Strecke ist für die 3 Schiffe auf 3100 Seemeilen gesteigert, gegen 2600 ihrer 7 Vorgänger, die Bauweise des Rumpfes ist dieselbe geblieben.

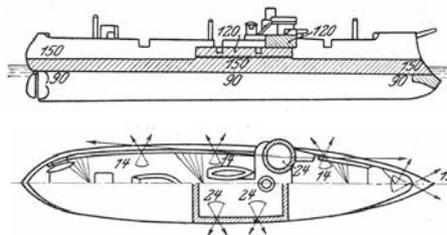


Fig. 18 und 19. Triomphante (1878).

$D = 4504$ t, $B = 14,86$ m, $T_{\max} = 6,9$ m, Hauptspant 78,9 qm.

Eine Ergänzung erfuhr die Panzerflotte durch gepanzerte Küstenverteidiger. Schon während des Baues der Gloire hatte man mit dem Bau solcher Fahrzeuge begonnen, 4 von der Bauart Palestro, etwas später 4 von der Arrogante und 4 von der Embuscade, Fig. 20 und 21, deren Deplacement 1560, 1360 und 1580 t betrug, also noch kleiner war als das der alten Kinburnbatterien. Die Geschwindigkeit belief sich auf 7 Knoten, der Panzer war 120 bis 140 mm dick, die Bestückung bestand für die 8 letzten aus 10 16 cm-Kanonen. Die Fahrzeuge waren verhältnismäßig kurz, für Embuscade betrug das Verhältnis der Länge zur Breite nur 2,53. Ihr Wert war nach der allgemeinen Einführung der Panzerung nur sehr gering, selbst später, als sie mit stärkeren Geschützen armiert waren.

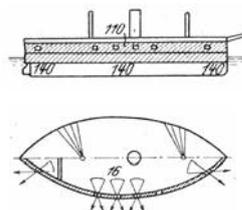


Fig. 20 und 21. Embuscade (1865).

$D = 1580$ t, $L = 39,5$ m, $B = 15,8$, $T_{\max} = 3,64$, Hauptspant 53,34 qm.

Von größerer Bedeutung war der Taureau, Fig. 22 und 23, der 1863 begonnen wurde, dessen Deplacement aber schon 2718 t betrug. Er war als Ramm-

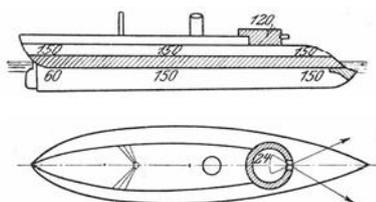


Fig. 22 und 23. Taureau (1865).

$D = 2718$ t, $L = 59,37$ m, $B = 14,5$ m, $T_{\max} = 5,41$ m, Hauptspant 62,8 qm.

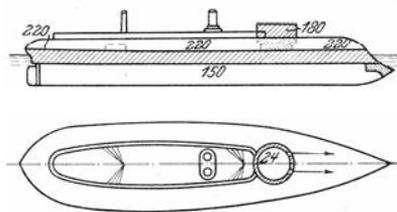


Fig. 24 und 25. Béliier (1870).

$D = 3590$ t, $L = 66$ m, $B = 16,19$ m, $T_{\max} = 5,8$ m, Hauptspant 77 qm.

schiff gedacht, mit einem langen Sporn ausgestattet und mit einer 24 cm-Kanone armiert, die in einem festen Turm aufgestellt aus einer Bugpforte feuerte.

Die Panzerung des Gürtels, der 0,6 m über Wasser reichte, war 150 mm, die des Decks an der Oberkante 50 mm und die des Turmes 120 mm dick. Der Rumpf war aus Holz gebaut, über ihm aber ein eiserner Aufbau errichtet zur Erhöhung der Seefähigkeit und zur Unterbringung der Besatzung. Um die

Drehfähigkeit zu erhöhen, die für ein Rammschiff von besonderer Bedeutung ist, wurden dem Fahrzeug 2 Schrauben gegeben.

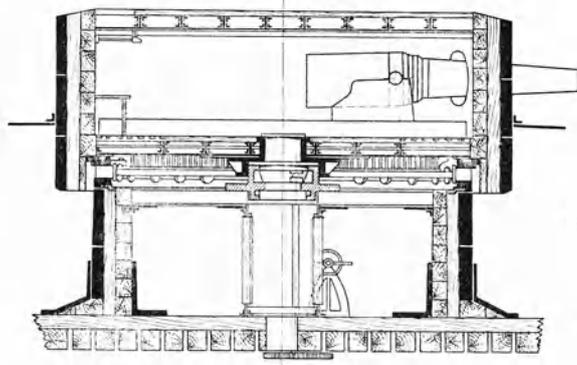


Fig. 26. Geschützturm Cerbère.

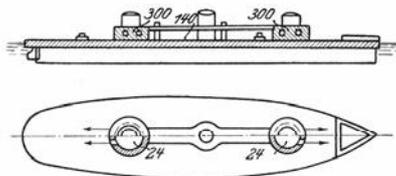


Fig. 27 und 28. Onondaga (1863).
D = 2592 t, L = 69,68 m, B = 15,6 m, T = 3,85,
Hauptspant 51 qm.

die Geschwindigkeit betrug 12,3 Knoten. Die Armierung bestand aus 2 Kanonen von 24 cm in einem geschlossenen Drehturm von 180 mm Panzerdicke, Fig. 26,

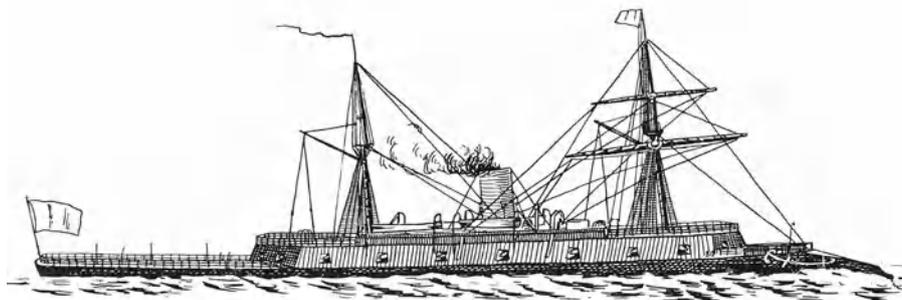


Fig. 29. Rochambeau 1867.

deren Bestreichungswinkel fast den ganzen Horizont umfaßte. Die Panzerung des Gürtels war im Maximum 220 mm dick, die Bepattung des Decks hatte aber nur eine Dicke von 15 mm. Bau des Rumpfes und Anlage der Maschine war dieselbe wie bei Taureau.

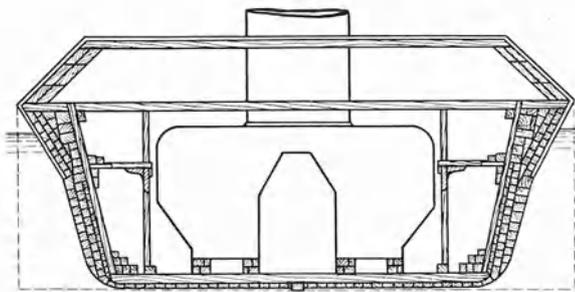


Fig. 30. Hauptspant der Rochambeau.

Einen Monitor von 2592 t, dessen Bau 1863 begann, die Onondaga, Fig. 27 und 28, kaufte Frankreich 1867 in Amerika. Derselbe hatte 2 Türme, die mit je 2 24 cm-Kanonen armiert waren und deren Panzerung aus 10 Blechen in einer Gesamtdicke von 300 mm bestand. Der Gürtel, der nur 0,36 m über Wasser reichte, hatte eine Dicke von 140 mm. Die Geschwindigkeit betrug nur 7 Knoten.

In demselben Jahre wurde auch ein von der Firma Webb in New York gebauter großer Küstenverteidiger von 7200 t, der Rochambeau, Fig. 29 und 30, früher Dunderberg, für den Preis von 10 Mill. Mark erstanden, ein niederbordiges Fahrzeug, dessen Geschütze in einer gepanzerten Kasematte aufgestellt waren. Die Seitenwände fielen vom Batteriedeck nach oben und unten stark ein, so daß Batteriewand und Gürtel einen Winkel von 90° bildeten. Diese Anordnung sollte das Abgleiten auftreffender Geschosse bewirken und vielleicht maß man ihr auch eine Bedeutung für das Rammen bei. In bezug auf den ersten Punkt war sie bei der Krümmung der Geschößbahnen jedenfalls von zweifelhaftem Wert. In Europa fand sie keine Nachahmung, man hielt es für zweckmäßiger, das durch sie beanspruchte Mehrgewicht zur Verdickung einer senkrechten Panzerung zu verwenden.

3. Die englische Panzerflotte.

England folgte dem Vorgehen Frankreichs nur ungern. Wohl hatte man auch dort während des Krimkrieges drei schwimmende Batterien, Thunderbolt, Etna

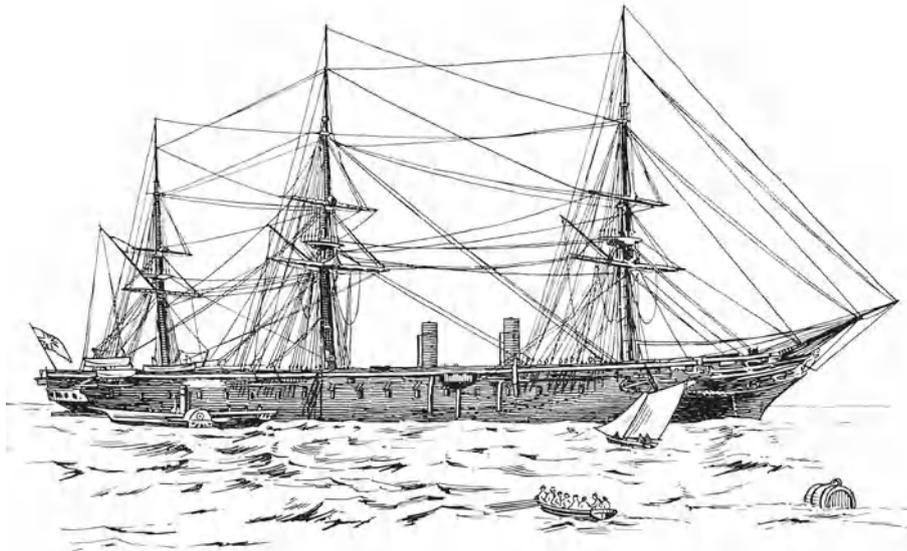


Fig. 31. Warrior (1860).

und Terror gebaut, sie trafen jedoch erst nach der Beschießung von Kinburn im Schwarzen Meere ein und gelangten deshalb nicht mehr zur Erprobung. Den Nutzen einer Panzerung konnte man allerdings nach den Erfolgen der französischen Batterien nicht mehr verneinen, die Anwendung für Hochseeschiffe hielt man aber zunächst noch für ein kostspieliges Experiment von sehr zweifelhaftem Werte. Man war sich auch klar, daß mit der Einführung der Panzerung die alte überlegene englische Schlachtflotte nahezu wertlos werden und die Schaffung einer Panzerflotte mit sehr großen Kosten verknüpft sein würde und suchte die Umwandlung so weit als möglich hinauszuschieben. Als man jedoch erfuhr, daß Frankreich sich nicht auf den Bau eines Versuchsschiffes beschränkte, sondern gleichzeitig mit der Gloire noch drei weitere Hochseepanzerschiffe auf Stapel legte und auch weiter willens schien, den Bau einer gepanzerten Schlachtflotte energisch zu fördern,

sah man sich auch in England, um eine Machtverschiebung zu vermeiden, zum Bau gepanzerter Schiffe genötigt, und man betrieb denselben nunmehr in einer Weise, daß der Vorsprung, den Frankreich hatte, bald eingeholt wurde. Das erste Hochseepanzerschiff der englischen Marine war der Warrior, Fig. 31 bis 33, der von Watts konstruiert, im Juni 1859 den Thames Iron Works zur Ausführung übertragen wurde und am

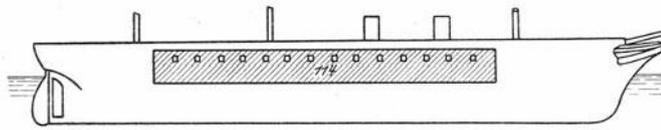


Fig. 32. Warrior (1860).

D = 9360 t, L = 116,8 m, B = 17,68 m, T_h = 8,2 m, Hauptspant 117,2 qm.

29. Dezember 1860 vom Stapel lief. Sein Displacement betrug nicht weniger als 9360 t gegenüber 5618 t der Gloire.

Großer Wert wurde auf eine hohe Geschwindigkeit gelegt und die Länge des Schiffes deshalb auf nicht weniger als 116,8 m bemessen. Die Maschinen leisteten mit 5469 PS mehr als doppelt so viel wie die der Gloire. Die Geschwindigkeit von 14,35 Knoten betrug 1,5 Knoten mehr als die der Gloire.

Die Segelfläche war ebenfalls sehr groß, 2800 qm gegen 1100 der Gloire. In das Heck war über der Schraube ein Brunnen eingebaut, ein senkrechter wasserdichter Schacht, in dem die Schraube bis über Wasser geheizt werden konnte, um den Widerstand derselben zu beseitigen, wenn das Schiff nur unter Segeln fuhr — eine Einrichtung, die noch vielfach besonders bei Kreuzern Anwendung fand. Der Kohlenvorrat betrug 907 t gegen 650 der Gloire.

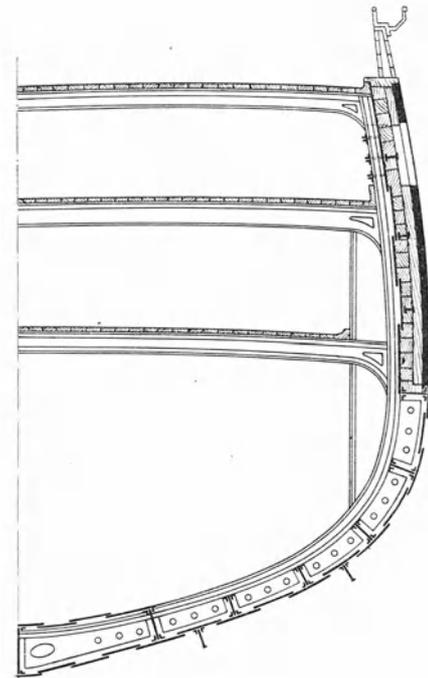


Fig. 33. Hauptspant des Warrior.

Die Armierung bestand nach der ersten Ausrüstung aus 18 Armstrong-100-Pfündern und 4 40-Pfündern, wurde aber später ersetzt durch 14 gezogene 23 cm-12 t-Vorladekanone und 2 18 cm-6,5 t-Kanonen. Die Geschütze waren in einer Kasematte aufgestellt, die sich über die Kessel-, Maschinen- und Munitionsräume erstreckte und die ebenso wie der Gürtel unter ihr 114 mm dick gepanzert war. Die Schiffsenden hatte man ungeschützt gelassen, auch in der Wasserlinie. Durch eine sorgfältige wasserdichte Teilung des Schiffsinners suchte man diesem Übelstand nach Möglichkeit zu begegnen.

Der Warrior war ein gutes Seeschiff, seine Manövrierfähigkeit wurde aber sehr bemängelt, der Drehkreis betrug gegen 700 m, der der Gloire wenig über 500 m.

Der Rumpf war aus Eisen, da man bei den Abmessungen des Schiffes eine hinreichende Längsfestigkeit bei Verwendung von Holz wohl kaum herstellen konnte. Außerdem machte man sich durch den Übergang zum Eisenbau, der damals in England schon sehr entwickelt war, vom Ausland unabhängig, auf das man bisher für die Beschaffung von Schiffbauhölzern angewiesen war. Bei der Konstruktion

des Rumpfes lehnte man sich an das von Brunel und Scott Russel beim Bau des Great Eastern (1852 bis 1857) zur Anwendung gebrachte System des Baues mit Längsspannten an, das sich vortrefflich bewährt hatte, hielt jedoch bei der starken seitlichen Belastung des Schiffes durch den Panzer die gleichzeitige Anwendung starker Querspannten noch für unentbehrlich und beschränkte den Doppelboden auf einen verhältnismäßig nur schmalen Teil des Schiffes. Andererseits erhöhte man die Sicherheit des Schiffes durch den Einbau von Wallgangsschotten, senkrechten Schotten, die den Schiffsseiten entlang in einigen Metern Entfernung von denselben geführt sind und die Kohlenbunker nach außen begrenzen.

Die Panzerung lag auf einer Holzunterlage von 45 cm Dicke, da Schießversuche ergeben hatten, daß eine solche Holzunterlage, wahrscheinlich auch infolge ihrer Elastizität, die Widerstandsfähigkeit der Platten bedeutend erhöhte. Beide, Holzunterlage und Panzer, waren in das Schiff hineingebaut. Das Gewicht der Holzunterlage betrug etwa ein Viertel der Gesamtpanzerung. Aus der Anwendung des Eisens hatte sich gegenüber dem Holzrumpf zunächst noch kein Vorteil ergeben. Der Rumpf des Warriors hatte 51 vH, der der Gloire nur 47 vH des Displacements in Anspruch genommen. Die Kosten des Schiffes beliefen sich auf rd. 7,3 Mill. Mark. Die Schiffsgewichte setzen sich folgendermaßen zusammen: Rumpf 4474 t = 0,518 D,

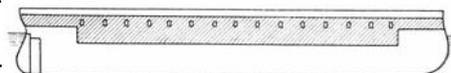


Fig. 34. Hector (1863).

D = 6800 t, L = 85,34 m, B = 17,14 m, T_h = 7,67 m, T_v = 7,37 m.

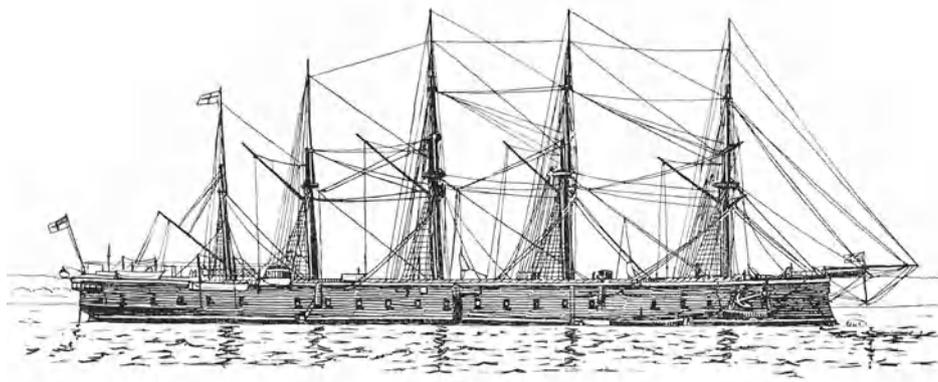


Fig. 35. Northumberland (1864).

Artillerie 536 t = 0,059 D., Panzerung und Holzunterlage 1370 t = 0,149 D., Maschine 934 t = 0,101 D., Kohlen 907 t = 0,098 D., Bemastung und Ausrüstung 692 t = 0,075 D.

Alles in allem genommen fiel ein Vergleich zwischen dem Warrior und der Gloire keineswegs zugunsten des englischen Schiffes aus und es ist verständlich, daß die Franzosen zunächst noch weiter beim Holzrumpf blieben.

Im Jahre 1859 wurden außer dem Warrior noch der Black Prince nach denselben Plänen und 2 Schiffe gleicher Bauart, aber kleineren Displacements, 6200 t, und kleinerer Geschwindigkeit, 12 Knoten, Defence und Resistance in Bau genommen. Hierzu kamen 1861 Hector, Fig. 34, und Valiant von 6800 t, die eine wenig empfehlenswerte Panzeranordnung zeigen, Achilles von rd. 10 000 t und Minotaur, Agincourt und Northumberland von fast 11 000 t, welche drei eine fünfmastige

Takelage hatten. England war im Jahre 1861 mit seinem Panzerschiffsbau etwa in derselben Lage wie Frankreich und es hatte 1865 bereits 30 Panzerschiffe fertiggestellt oder in Bau genommen.

Die Minotaur-Klasse, Fig. 36, war fast in der ganzen Länge bis zum Oberdeck gepanzert, die Panzerdicke betrug 140 mm. Die Armierung bestand aus 4 Kanonen von 23 cm und 18 von 18 cm in der Batterie und 4 von 18 cm an Deck. Die Schiffe waren 122 m lang und hatten 5 Masten mit einer Segelfläche von 3600 qm, der Steven war zu einem Sporn ausgebildet. Die Maschinenleistung betrug 6900 PS, die Geschwindigkeit 14,4 Knoten. Das Gewicht des Rumpfes ist verhältnismäßig etwas leichter geworden und beträgt 0,493 des Displacements, das Gewicht der Artillerie betrug 500 t, nur 0,47 des Displacements, das der Panzerplatten 1660 t und das der Holzunterlage 400 t, zusammen 0,194 des Displacements. Die Maschinenanlage wog 1064, der Kohlenvorrat betrug 761 t. Die Schiffe kosteten rd. 9,5 Mill. Mark. Hector und Valiant waren in Höhe der Batterie über die ganze Länge gepanzert, der Gürtel reichte jedoch nicht bis an die Enden des Schiffes, die Wasserlinie war

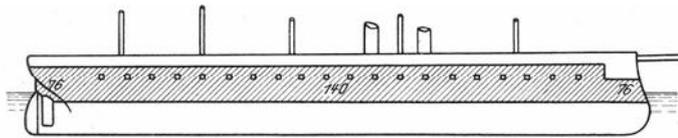


Fig. 36. Minotaur (1864).

D=10850 t, L=121,9 m, B=18,1 m, T_h=8,26 m, T_v=7,95 m, Hauptspant 125,9 qm.

hier ungeschützt. Es war dies eine Anordnung, die schwer verständlich ist und auch nichtwiederholt wurde. Die Geschwindigkeit betrug nur 12,5 Knoten. Beim Achilles, der 1864 fertiggestellt wurde, wandte man einen durchlaufenden Panzergürtel und eine lange Kasematte an. Die Panzerdicke betrug 114 mm, die Geschwindigkeit über 14 Knoten. Die Armierung bestand aus 14 Vorderladerkanonen von 23 cm und 12 t Gewicht und 2 solchen von 18 cm und 6,5 t.

Um die Vergrößerung der Panzerflotte zu beschleunigen, begann man 1862 7 noch auf Stapel liegende hölzerne, ungeschützte Linienschiffe in Panzerschiffe umzuwandeln: Zealous, Repulse, Prince Consort, Ocean, Caledonia, Royal Alfred und Royal Oak. Die Schiffe wurden in der Mitte auseinandergeschnitten und durch ein Mittelstück vergrößert, die Höhe wurde um eine Batterie vermindert. Das Displacement betrug 6300 t für Repulse, 7000 für Ocean, die Geschwindigkeit über 12 Knoten, die Dicke der Panzerung, die sich über die ganze Länge erstreckte, 152 und 114 mm. Hierzu kamen noch 2 umgebaute Linienschiffe, Lord Clyde und Lord Warden, deren Displacement 8000 t betrug.

Neue Grundsätze für den Bau von Panzerschiffen kamen 1863 in der englischen Marine mit der Ernennung von Reed zum Chefkonstrukteur zur Geltung.

Von dem Weiterbau so großer Schiffe wie Minotaur, deren mangelhafte Drehfähigkeit die Ausübung des Rammstoßes erschwerte und deren Herstellungskosten verhältnismäßig hohe waren, nahm man zunächst Abstand. Bei der Artillerie legte man mehr Wert auf das Kaliber, auf die Durchschlagskraft der Geschosse, als auf eine größere Zahl von Geschützen. Die Panzerung, deren Dicke mit der Entwicklung der Artillerie vergrößert werden mußte, wurde auf den Gürtel und den Schutz der Kanonen, die in der Mitte des Schiffes in der Kasematte aufgestellt sind, beschränkt. Das Feuer der Geschütze entwickelte Reed mehr und mehr in der Kielrichtung und stellte zur Verstärkung des Bug- und Heckfeuers an den Enden des Schiffes Geschütze hinter gepanzerten Schilden auf. Die Takelage wurde für die Hochseeschiffe

beibehalten, der eiserne Rumpf weiter ausgebildet. Reed erweiterte den Doppelboden bis zu den Wallgängen und konstruierte für denselben das sogen. Bracket-frame-System, das heute noch mit wenigen Abänderungen Anwendung findet. Die Form der Spanten im Bug gestaltete er U-förmig, anstatt wie bisher V-förmig, um die Stampfbewegungen der Schiffe ruhiger zu gestalten und den Stoß der Seen gegen das Vorschiff zu mildern. Er gab den Schiffen eine große Steuerlastigkeit, machte den hinteren Tiefgang beträchtlich größer als den vorderen, um größere Schrauben und größere Ruder anwenden zu können und führte zur Erleichterung des Ruderlegens das Balanceruder ein, dessen Drehachse annähernd durch den Angriffspunkt der Resultante des Wasserdrucks ging. Er sorgte für wirksame, für eiserne Schiffe mit zahlreichen Querschotten so notwendige Entwässerungs- und Lüftungseinrichtungen und entwickelte auch eine fruchtbare schriftstellerische Tätigkeit. Zahlreiche Schiffe fremder Mächte wurden nach seinen Entwürfen gebaut.

Nach diesen Grundsätzen, die mit einigen Abweichungen dieselben waren wie die, die in der französischen Marine zur Anwendung kamen, entwickelte sich das Kasemattschiff zu immer höherer Vollkommenheit, gleichzeitig neben ihm aber auch durch die Bemühungen des Kapitäns Coles das Turmschiff, das anfänglich nur zur Küstenverteidigung bestimmt, bald zum Hochseeschiff ausgebildet wurde und schließlich seinen Rivalen vollständig verdrängte, bis beide, Kasematte und Türme, vereint Anwendung fanden.

Das erste der größeren von Reed entworfenen Panzerschiffe ist der Bellerophon, Fig. 37 bis 39, von 7650 t und 91,4 m Länge. Die Panzerung ist im mittleren Teil des Schiffes neben den Maschinen- und Kesselräumen und an der Kasematte 152 mm dick und nimmt nach den Enden zu auf 101 mm ab. Der Gürtel reicht bis 1,5 m unter und 1,8 m über Wasser. In der 27,4 m langen Kasematte waren ursprünglich 10 Kanonen von 20 cm, im Bug 2 von 15 cm hinter Panzerschilden und im Heck 2 von 15 cm ohne Panzerschutz aufgestellt. Diese Armierung ist später ab-

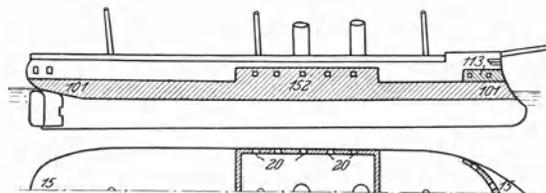


Fig. 37 und 38. Bellerophon (1865).

D = 7650 t, L = 91,9 m, B = 17,09 m, T_h = 8,3 m, T_v = 6,8 m,
Hauptspant 112,1 qm.

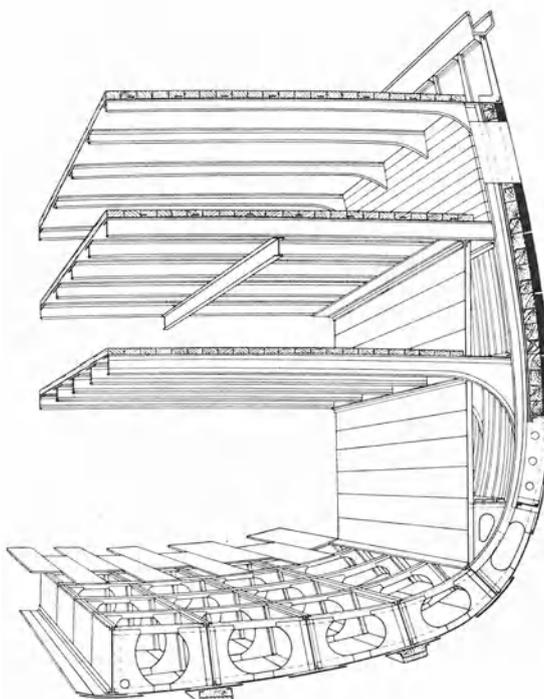


Fig. 39. Querschnitt der Bellerophon.

geändert in 10 Kanonen von 23 cm und 12 t und 5 von 18 cm. Die Kasemattgeschütze feuern nur nach der Breitseite mit einem Winkel von je 35° nach vorn und hinten, das Bug- und Heckfeuer ist also noch schwach entwickelt. Das Schiff, das 1866 fertiggestellt wurde, lief mit 6520 PS 14,2 Knoten. Es erhielt ein Balanceruder, der hintere Tiefgang betrug 8,3 m, der vordere 6,8 m, die Steuerlast also 1,5 m. Bei den Probefahrten wurde ein beträchtlicher negativer Slip der Schraube beobachtet, d. h. der Weg der Schraube aus Steigung und Zahl der Umdrehungen erwies sich geringer als der Weg des Schiffes. Nach mancherlei Schraubenversuchen erklärte man diese Erscheinung durch den Vorstrom, d. h. die Vorwärtsbewegung des Wassers hinter dem Schiff. Das Gewicht des Rumpfes war auf 0,48 des Displacements vermindert, die Kosten des Schiffes waren um rd. 2 Mill. Mark geringer als die des Minotaur.

Bei dem Hercules war das Displacement auf 8800 t, die Länge auf 99 m gestiegen. Der Tiefgang war vorn 6,9 m, hinten 8,13 m. Die größte Panzerdicke betrug im Gürtel 229 mm, die der Kasematte 252 mm. Die Artillerie bestand aus 8 Vorderladern von 25,4 cm und 18 t in der Kasematte, je einem 23 cm-Geschütz im Bug und Heck

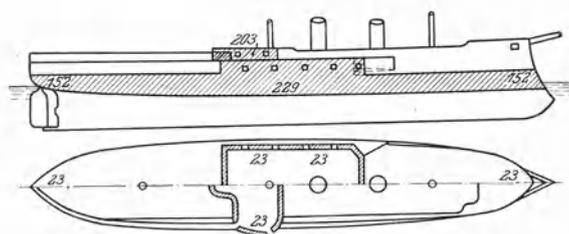


Fig. 40 und 41. Sultan (1870).

D = 9435 t, L = 99 m, B = 17,09 m, $T_h = 8,54$ m, $T_v = 7,4$ m,
Hauptspant 130 qm.

hinter Panzerschutz und 4 Kanonen von 18 cm an Deck. Die Aufstellung der 4 Kasemattgeschütze war zum Pfortenwechsel eingerichtet, der mit Hilfe einer Drehscheibe erfolgte. Für jedes dieser Geschütze standen 2 Pforten zur Verfügung, eine in der Seitenwand und eine in den abgestumpften Ecken der Kasematte, vor oder hinter denen der Schiffskörper eingezogen war.

Hierdurch wurde es möglich, die Geschütze bis zu einem Winkel von 15° mit der Kiellinie zu richten. Das Schiff wurde 1868 fertiggestellt und erreichte bei den Probefahrten eine Geschwindigkeit von 14,6 Knoten. Das Gewicht des Rumpfes betrug nur noch 0,43 des Displacements.

Da sich herausgestellt hatte, daß Schiffe beim Segeln mit einem gewöhnlichen Balanceruder schlecht steuerten, wurde das Ruder des Hercules aus 2 Teilen hergestellt, einem kleinen vorderen und einem größeren hinteren, die in der Drehachse des Ruders umeinander beweglich waren, aber miteinander verbunden werden konnten, und von denen der vordere in die Mittschiffsebene fest eingestellt werden konnte. So steuerte man beim Dampfen mit verbundenen Teilen wie mit einem gewöhnlichen Balanceruder, beim Segeln stellte man den vorderen Teil fest in die Mittschiffsebene ein und steuerte mit dem hinteren wie mit einem gewöhnlichen Ruder.

Der Sultan, Fig. 40 und 41, der 1870 vom Stapel lief, ist eine Weiterentwicklung des Hercules. Sein Displacement betrug 9437 t, Länge und Breite waren dieselben, der Tiefgang aber beträchtlich vergrößert, auf 7,42 m vorn und 8,54 m hinten. Die Kasematte war wie auf Hercules armiert, die beiden hintersten Geschütze feuerten jedoch nur aus einer Breitseitpforte. Über dem hinteren Teil der Kasematte war eine Oberdeckskasematte aufgebaut, mit 2 Kanonen von 23 cm, die mit Hilfe eines Pfortenwechsels in der Kielrichtung nach hinten und in der Breitseitrichtung

feuern können. Das Heckgeschütz ist aufgegeben. An Stelle des einen 23-cm-Geschützes im Bug im Batteriedeck kamen zwei desselben Kalibers an Oberdeck ohne Panzerschutz. Die Maximalpanzerdicke war etwas größer, 228 mm. Die Geschwindigkeit war bei gleicher Maschinenleistung infolge des größeren Displacements bei gleicher Länge um $\frac{1}{2}$ Knoten kleiner als die des Hercules.

1867, als der Streit zwischen den Anhängern der Turmschiffe und denen der Kasemattschiffe seinen Höhepunkt erreicht hatte, forderte die Admiralität die leistungsfähigsten englischen Schiffswerften zur Einsendung von Konkurrenzentwürfen für ein Panzerschiff auf, für das ein bestimmtes Bauprogramm aufgestellt war.

Der Aufforderung folgten 7 Firmen, von denen 3, Samuda, Napier und Laird, Entwürfe von Turmschiffen, 3, Pamer, Thames Iron Works und die London Engineering-Compagny, Kasemattschiffe zur Vorlage brachten, die Millwall Compagny aber eine Kombination von Turm- und Breitseitschiff vorschlug. Ein weiteres Projekt eines Kasemattschiffes war in der Admiralität selbst von Reed bearbeitet.

Das Ergebnis des Wettbewerbs war die Annahme des Entwurfs von Reed, nach dem 6 Schiffe von 1870 bis 1873 gebaut wurden, Audacious, Iron Duke, Vanguard und Invincible, Fig. 42 und 43, von 6100 t und 2 etwas größere, Triumph und Swiftsure, von 6700 t.

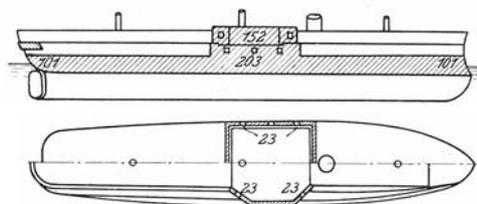


Fig. 42 und 43. Invincible (1869).

D = 6100 t, L = 85,3 m, B = 16,54 m, T_h = 7,0 m, T_v = 6,7 m,
Hauptspant 107,4 qm.

Die Armierung bestand aus 10 Vorderladern von 23 cm, von denen 6 in einer Kasematte als Breitseitgeschütze und 4 an Oberdeck für das Bug- und Heckfeuer aufgestellt waren. Die Geschützstände an Oberdeck waren über die oben eingezogene Bordwand des Schiffes hinausgerückt und für die 4 ersten an den Seiten und den Flanken durch Panzer geschützt. Auf Triumph und Swiftsure verband man diese Panzerung durch Panzerquerschotte zu einer geschlossenen Oberdeckskasematte. Zu diesen 10 Kanonen kamen noch 4 60-Pfünder. Die Dicke des Panzers im mittleren Teil des Schiffes betrug 203, die der Kasematte 152 mm, der Panzerquerschotten 102 mm. Die Geschwindigkeit betrug 13 bis 14 Knoten.

Da die Schiffe auch für den Dienst auf auswärtigen Stationen bestimmt waren, erhielten zwei derselben, Audacious und Vanguard, im Boden einen Zinkbeschlag, Triumph und Swiftsure einen Kupferbeschlag. Durch den Beschlag und die zur Befestigung desselben dienende Verschalung des Bodens steigerte sich das Rumpfgewicht für die gezinkten Schiffe auf 0,437 und für die gekupferten auf 0,466 des Displacements. Da der Kupferbeschlag vom eisernen Rumpf sorgfältig isoliert werden mußte, wurde die Anwendung einer doppelten Holzverschalung notwendig.

Vanguard wurde am 2. September 1876 bei Geschwaderübungen an der irischen Küste vom Iron Duke gerammt und sank innerhalb einer Stunde. Der Stoß hatte den Maschinenraum getroffen und wahrscheinlich ein wasserdichtes Schott undicht gemacht.

Die Turmschiffe.

Bald nach der Inbaunahme der ersten englischen Panzerschiffe empfahl der Kapitän Coles in einem Vortrage vor der United-Servis-Institution im Sommer

1860 den Bau niederbordiger gepanzerter Schiffe, deren Kanonen, geschützt durch kegelförmige Panzerkuppeln, an Deck aufzustellen wären. Ehe jedoch die englische Marine auf die Ausführung dieses Vorschlags einging, hatten bereits ganz ähnliche Gedanken ihre Verwirklichung in Amerika gefunden. Dort hatten die Nordstaaten im Winter 1861—1862 in aller Eile ein Turmschiff gebaut, den Monitor, der den Kampf mit einem stärkeren gepanzerten Breitseitschiff der Konföderierten, den Merrimac, am 9. März 1862 erfolgreich bestand. Nun begann auch die englische Admiralität den Bau von Turmschiffen.

Der Royal Sovereign, ein Dampflinienschiff, wurde in ein niederbordiges gepanzertes Turmschiff umgewandelt und mit 4 Türmen ausgestattet, und man entwarf die Pläne für ein Turmschiff, den Prince Albert, von 4000 t, dessen Rumpf aus Eisen gebaut wurde. Royal Sovereign wurde 1864 fertiggestellt, Prince Albert lief in demselben Jahre vom Stapel.

Gleichzeitig wurden aber auch zahlreiche Turmschiffe in England für auswärtige Mächte unter Mitwirkung von Coles gebaut. Eines der ersten war der Rolf Krake,

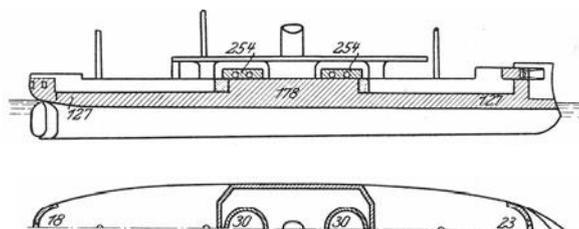


Fig. 44 und 45. Monarch (1868).

$D = 8450$ t, $L = 100,5$ m, $B = 17,14$ m, $T_h = 7,9$ m, $T_v = 6,8$ m,
Hauptspant 114,08 qm.

der bei Napier in Glasgow schon Ende 1861 bestellt sein soll und der sich 1864 durch seine allerdings erfolglosen Angriffe auf die preußischen Stellungen vor Düppel und durch seinen Versuch, den Übergang nach Alsen zu stören, bekannt machte.

Auch in Frankreich hatte man 1863 den Bau eines Turmschiffes, des Taureau, begonnen, aber alle diese Schiffe waren nur Küstenverteidiger.

Coles genügte diese Beschränkung der Anwendung der Türme nicht, und auf sein Drängen entschloß sich die englische Admiralität zum Bau eines gepanzerten und getakelten Hochseeturmschiffes, des Monarch, Fig. 44 und 45, für das die Pläne in der Admiralität bearbeitet wurden und auf dem Coles-Ideen, soweit dies zulässig schien, zur Geltung kommen sollten.

Die Höhe des Freibords des Schiffes, dessen Displacement 8450 t betrug, wurde auf 4,27 m bemessen. Das Schiff erhielt in seiner ganzen Länge einen Gürtel, der 1,42 m über und 1,52 m unter Wasser reichte und dessen Dicke neben den Maschinen- und Kesselräumen 178 mm betrug, nach den Enden zu aber auf 127 mm abnahm. Über den Gürtel erhob sich ein gepanzerter geschlossener Raum, die Zitadelle, der die ungeschützten Teile der beiden Türme umgab und von dem gepanzerten Teil mit den Geschützen überragt wurde. Die Armierung bestand aus 4 Kanonen von 30,5 cm in den beiden Türmen, deren Panzer 254 mm dick war, 2 von 23 cm im Bug und 1 von 18 cm im Heck. Da die Takelage noch beibehalten war, mußte auf den Ausschuß der Türme in der Kielrichtung verzichtet werden. Die Geschwindigkeit des Schiffes, mit dessen Bau Ende Oktober 1866 begonnen wurde, betrug 14,9 Knoten.

Coles verwahrte sich dagegen, daß auf dem Monarch seine Ideen vollkommen zum Ausdruck gekommen sein sollten. Obgleich auch er für die Beibehaltung der Segel war, wollte er doch einen Freibord von geringerer Höhe haben, um den feindlichen Geschützen eine geringere Trefffläche zu bieten und die Schiffseite durch-

weg bis zum Oberdeck panzern zu können. Und so übertrug man ihm, nachdem im Juli 1866 Sir Packington an die Spitze der Admiralität getreten war und damit die Anhänger des Turmsystems einen größeren Einfluß gewonnen hatten, den Bau eines Schiffes nach seinen Ideen ohne Mitwirkung der Admiralitätsingenieure.

Die Ausführung des so entstandenen *Captain*, Fig. 46 und 47, wurde der Werft von Laird, übertragen, die auch an der Herstellung der Pläne beteiligt war. Die Türme waren wie die des *Monarch* in der Mittellinie des Decks angeordnet und ebenso gepanzert und armiert wie diese, aber etwas weiter auseinander gerückt. Die Panzerung der Schiffseiten reichte in der ganzen Länge bis zum Oberdeck und hatte die gleiche Dicke wie auf *Monarch*, nur neben den Türmen waren die Platten etwas dicker, 203 mm.

Die Freibordhöhe sollte nach dem Entwurf 2,44 m betragen, erreichte aber nach der Ausführung das Maß von nur 1,83 m, da das Gewicht des Schiffes größer ausgefallen war, als man bei der Konstruktion angenommen hatte.

Die Feuerwinkel der Türme erweiterte Coles nach Möglichkeit, und zu diesem Zwecke wurden auch die Masten anstatt durch Wanten durch Stahlrohre gestützt, eine Anordnung, die Tripodmasten, die in neuester Zeit beim Dreadnought wieder in Anwendung kam. Für das Feuer in der Kielrichtung standen nur 2 Kanonen von 17,8 cm zur Verfügung, von denen eine im vorderen, die andere im hinteren Aufbau ohne Panzerschutz aufgestellt war.

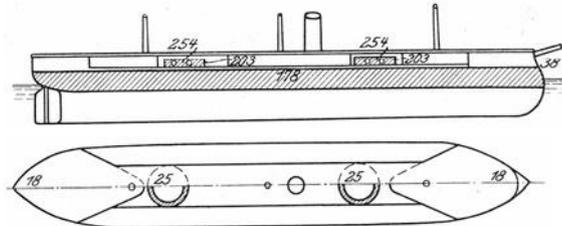


Fig. 46 und 47. *Captain* (1869).

$D = 7060 \text{ t}$, $L = 97,54 \text{ m}$, $B = 15,8 \text{ m}$, $T_h = 7,93 \text{ m}$.

Trotz des großen Vorteils, den die Turmaufstellung dadurch hatte, daß sämtliche Geschütze nach jeder Seite Verwendung finden konnten, wurden weitere Hochseeturmschiffe zunächst nicht in Bau genommen. War auch die Linie die übliche Formation der Flotten für die rangierte Seeschlacht, so hatten doch die Vorgänge in der Schlacht von Lissa gezeigt, welche Bedeutung das Feuer in der Kielrichtung haben konnte.

Dort hatte Tegethoff seine Flotte zum Angriff auf die Linie der italienischen Schiffe in Keilformation geordnet und den Kampf mit Erfolg durchgeföhrt. Für eine solche Angriffsformation, wie auch bei Ausführung des Rammstoßes, erhielt das Bugfeuer eine große Bedeutung, und in einem Durcheinander, wie es nach dem Durchstoßen der italienischen Linie entstand, hatte man sich nach allen Richtungen hin zu verteidigen.

Sehr nahe lag die Befürchtung, daß die durch den Stoß auftreffender Geschosse entstehenden Erschütterungen des Turmes den Drehmechanismus ungangbar machen würden, oder daß durch Decktreffer ein Festklemmen des Turmes stattfinden könnte, was auch bei den amerikanischen Monitors vorgekommen war. Die Ericsson'schen Türme, Fig. 48, unterschieden sich jedoch sehr wesentlich von den in Europa zur Anwendung gekommenen. Jene drehten sich um eine feste Spindel, an deren oberem Ende sie aufgehängt waren, während die Colesschen Türme auf einem Rollenkranz, also auf sehr großer Grundfläche lagerten. Schießversuche gegen einen Turm des *Royal Sovereign* ergaben denn auch, daß weder seitliche, vom Turm

abgleitende Geschosse, noch solche, die die Wand desselben durchschlugen, die Drehfähigkeit des Turmes beeinträchtigten. Die Erschütterungen, die entstanden, waren infolge der großen Masse des Turmes im Verhältnis zu der der Geschosse ohne Einfluß auf den Bewegungsmechanismus.

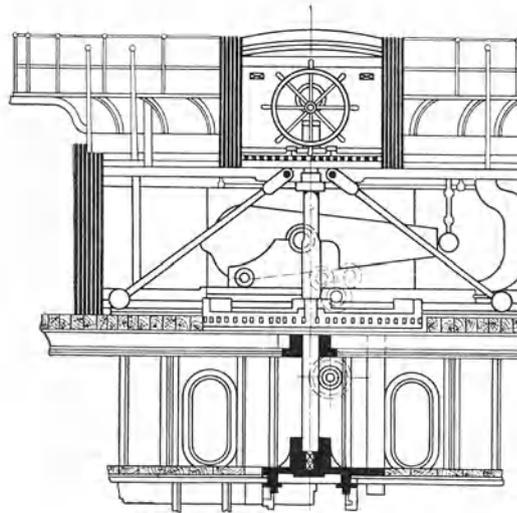


Fig. 48. Panzerturm des Monitor von Ericsson.

so machte sich damals immer noch eine starke Strömung gegen dasselbe sowohl in England als auch in Frankreich geltend. In einem Artikel der Revue maritime vom Jahre 1867 wurde als Ergebnis einer Studienreise eines hervorragenden In-

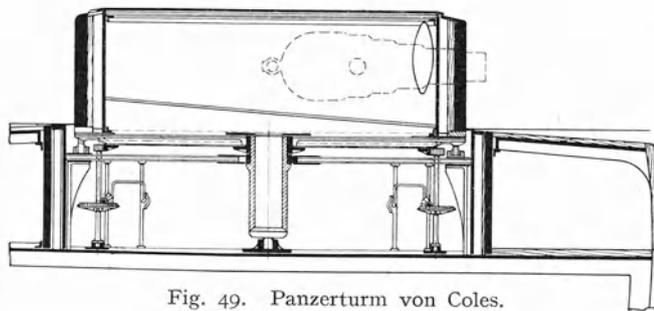


Fig. 49. Panzerturm von Coles.

genieurs zum Ausdruck gebracht, daß wenn auch Turmschiffe bei der Küstenverteidigung, sei es zum Angriffe oder zur Verteidigung, gute Dienste leisten können, sie doch nie Hochseeschiffe sein würden, daß sie vollständig untauglich wären, einen Platz in einer Flotte einzunehmen. Heute, wo die Türme die Konstruktion der Schlachtschiffe vollständig beherrschen, ist dieser Widerstand gegen ihre Anwendung kaum verständlich. Aber auch Coles hatte mit seinem Captain noch keineswegs das Richtige getroffen. Er schoß über das Ziel hinaus. Die Anwendung eines niedrigen Freibords in Verbindung mit einer kleinen metazentrischen Höhe und einer großen Takelage und einer zu ausgiebigen Benutzung derselben führte den Verlust seines Schiffes herbei. So blieb es denn für den weiteren Ausbau der Hochseeflotte zunächst noch beim Kasemattschiff, und man wandte die Türme nur für Küstenverteidiger an, die sich aber schließlich zu ungetakelten Schlachtschiffen auswuchsen.

1866 begann man in England den Bau von sog. Brustwehrmonitors, deren Freibord etwas höher war, als der der alten Monitors und auf denen die Luken und

Auch darüber mußte man sich klar sein, daß die geringe Seefähigkeit der Monitors nicht eine Folge der Anwendung der Türme war, sondern des geringen Freibords und der großen metazentrischen Höhe. Diese Fahrzeuge lagen für gewöhnlich fast unbeweglich im Wasser und wurden von den Seen überflutet und nur in langen Wellen verhielten sie sich etwas besser.

Waren auch manche Bedenken gegen das Hochseeturmschiff nicht stichhaltig,

Schornsteindurchbrechungen im Oberdeck und die ungepanzerten Teile der auf dem Oberdeck aufgestellten Türme durch einen gepanzerten Aufbau umschlossen wurde, dessen Deck als Manöverdeck diente. Hierdurch wurde die Begehung und Verbindung der unteren Räume erleichtert und vermieden, daß Wasser durch offengelassene Luken eindringen konnte, was wiederholt zu Verlusten von so niederbordigen Fahrzeugen geführt hatte. So ging der Monitor schon im Jahre seiner Fertigstellung verloren, der Affondatore sank, von einer Bö überrascht, im Hafen von Ancona.

Die ersten Brustwehrmonitors waren Cerberus und Magdala von 3400 t und Abyssinia von 2950 t, die 1866 etwa gleichzeitig begonnen wurden und zur Verteidigung der englischen Kolonien bestimmt waren.

Bei den beiden ersten lag das Oberdeck 1 m und das der Zitadelle 2,97 m über Wasser. Die Schiffseiten waren in ihrer ganzen Länge bis zum Oberdeck gepanzert. Die Maximaldicke dieser Panzerung betrug 203 mm, die der Brustwehr 228 mm. Das Oberdeck hatte außerhalb der Brustwehr einen Holzbelag von 25 cm, auf dem eine Beplattung von 39 mm Dicke aufgeschraubt war. Die Armierung bestand aus 4 Kanonen von 25 cm und 18 t Gewicht in 2 Türmen, deren größte Panzerdicke 278 mm betrug. Die Fahrzeuge liefen etwa 10 Knoten. Die metazentrische Höhe hatte man im Gegensatz zu den alten Monitors klein, auf etwa 0,7 m, bemessen, um langsame Schlingerbewegungen zu erzielen.

Vier Schiffe gleicher Bauart und Größe, Cyclops, Fig. 50 und 51, Gorgon, Hecate und Hydra, wurden 1870 begonnen.

1866 nahm man noch einen weiteren Brustwehrmonitor in Bau, den Hotspur, Fig. 52 und 53, von 4050 t, der als Rammschiff gedacht war, deshalb einen weit ausladenden Sporn und nur 1 Kanone von 30,5 cm in einem vorderen festen Turm von 196 mm Panzerdicke erhielt. Die Geschütze standen auf einer Drehscheibe und konnten aus 4 Turmpforten feuern — eine wenig glückliche Anordnung, die nicht wiederholt und später auch durch einen Drehturm ersetzt wurde.

Der Seitenpanzer war in der Mitte des Schiffes 279 mm dick, nach den Enden zu 178 mm. Das Oberdeck erhielt einen Belag von Platten, deren Dicke ein Bug 64, in der Mitte 70 und hinten 52 mm betrug.

Dem Hotspur folgte der Glatton von 5000 t und der Rupert von 5620 t, die dem Hotspur ähneln, aber von vornherein jeder einen Drehturm erhielten. Die Panzerung war in den Schiffseiten auf 303 mm gesteigert, die Bestückung bestand aus 2 Geschützen von 25,4 cm. Die Geschwindigkeit betrug 12 und 13,5 Knoten. Die Fertigstellung aller dieser Schiffe zog sich sehr hin und erfolgte für die ersten erst 1870.

Beim Rupert war das Displacement bereits auf fast das der Audaciousklasse gesteigert, der Tiefgang betrug bereits über 7 m. Der Kohlenvorrat war gering, nur 480 t gegen 700 der Audaciousklasse, die überdies vollgetakelt und stärker bestückt waren, 10 Kanonen von 12 t gegen 2 von 25 t, und deren Herstellungskosten

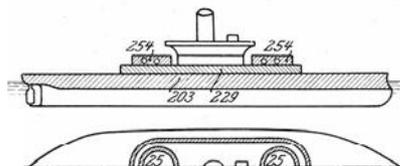


Fig. 50 und 51. Cyclops (1871).
D = 3480 t, L = 68,58 m, B = 13,7 m, T = 4,7 m,
Hauptspant 62 qm.

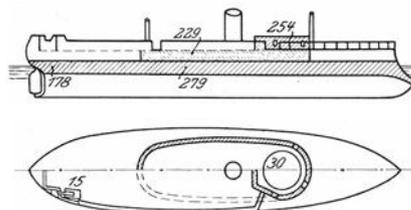


Fig. 52 und 53. Hotspur (1870).
D = 4050 t, L = 68,58 m, B = 13,7 m, T = 4,7 m,
Hauptspant 62 qm.

nicht viel höher waren. Allerdings war der Panzer des Rupert um die Hälfte dicker, als der jener Kasemattschiffe.

War der Rupert auch nur zur Verteidigung und zum Angriff der Küsten bestimmt, so war seine Verwendung hierfür schon durch den großen Tiefgang beschränkt. Aber auch seine Angriffskraft war wegen des geringen Kohlenvorrats, ungenügender Seefähigkeit und der geringen Zahl der Geschütze verhältnismäßig

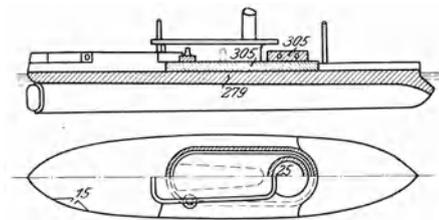


Fig. 54 und 55. Rupert (1872).

D = 5620 t, L = 76,2 m, B = 16,15 m, T_h = 7,16 m,
T_v = 6,55 m.

Schiffes beträchtlich geringer hätte machen müssen. Der Rupert war eine sehr kostspielige, wenn auch sehr gut geschützte Lafette für die beiden 25 t-Kanonen.

Für die 1869 begonnene Devastation, Fig. 56 und 57, steigerte man das Displacement zuerst auf 9000 t, und durch die mannigfachen, während des Baues vorgenommenen Änderungen auf 9480 t. Das Schiff war ein vergrößerter Cerberus und mit 4 Kanonen von 30,5 cm und 35 t armiert, in 2 Türmen, deren Panzerung aus

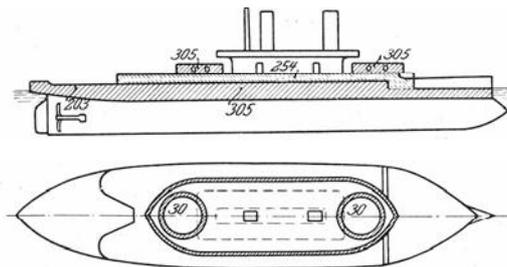


Fig. 56 und 57. Devastation (1871).

D = 9480 t, L = 86,87 m, B = 18,97 m, T = 8,14 m,
Hauptspant 138,2 qm.

2 Plattenlagen von je 152 mm Dicke bestand. Neben den Geschützportn, die 4 m über Wasser lagen, hatte die äußere Lage eine Dicke von 205 mm. Die Maximaldicke des über die Schiffseiten hervortretenden Gürtels betrug 305 mm, und ebenso dick war die Panzerung des Aufbaues, dessen Seiten 3,77 m gegen die Schiffswand zurücktraten. Der Gürtel reichte vom vorderen Turm bis hinten 1,4 m über Wasser, im Vorschiff jedoch nur wenig über die Wasserlinie. Das Deck an der Oberkante desselben war vorn in einer Dicke von 88 mm, in der Mitte des Schiffes von 52 mm beplattet. Zum Schutze der Maschinen-, Kessel- und Munitionsräume gegen Schüsse, die in der Längsrichtung das Deck durchschlagen, waren vorn und hinten Panzerquerschotte eingebaut, die tief unter die Wasserlinie reichten. Über dem Aufbaudeck erhob sich das Steuerdeck in einer Höhe von 8 m über Wasser. Der Kohlenvorrat betrug 1350 t, die Leistung der beiden Maschinen 6650 PS und die Geschwindigkeit 13,8 Knoten.

Man hat später die Seefähigkeit des Schiffes dadurch erhöht, daß man die Zitadelle mit einem ungeschützten, die ganze Breite des Schiffes einnehmenden Aufbau umgab, aber die Freibordhöhe blieb vorn immer noch zu gering. Bei den Versuchen in See befriedigte das Verhalten des Schiffes im allgemeinen, nur die Stampfbewegungen waren beim Andampfen gegen die See sehr beträchtlich. Schon bei

klein. Das Gewicht des Turmes war sehr groß. Der Durchmesser betrug 12 m, da man in England bald nach Einführung der Hinterladung infolge mehrfacher Unglücksfälle wieder zur Vorderladung übergegangen war und deshalb die Geschütze beim Laden ganz in den Turm hineinziehen mußte. Erst im Anfang der 80er Jahre kam man auf die Hinterladung zurück.

Auf einen zweiten Turm verzichtete man, da man sonst die Panzerdicke des Schiffes beträchtlich geringer hätte machen müssen. Der Rupert war eine sehr kostspielige, wenn auch sehr gut geschützte Lafette für die beiden 25 t-Kanonen. Für die 1869 begonnene Devastation, Fig. 56 und 57, steigerte man das Displacement zuerst auf 9000 t, und durch die mannigfachen, während des Baues vorgenommenen Änderungen auf 9480 t. Das Schiff war ein vergrößerter Cerberus und mit 4 Kanonen von 30,5 cm und 35 t armiert, in 2 Türmen, deren Panzerung aus 2 Plattenlagen von je 152 mm Dicke bestand. Neben den Geschützportn, die 4 m über Wasser lagen, hatte die äußere Lage eine Dicke von 205 mm. Die Maximaldicke des über die Schiffseiten hervortretenden Gürtels betrug 305 mm, und ebenso dick war die Panzerung des Aufbaues, dessen Seiten 3,77 m gegen die Schiffswand zurücktraten. Der Gürtel reichte vom vorderen Turm bis hinten 1,4 m über Wasser, im Vorschiff jedoch nur wenig über die Wasserlinie.

7 Knoten Fahrt wurden Stampfwinkel von 11° beobachtet, wobei das Deck vorn vollständig überflutet wurde.

Ein Schiff gleicher Größe und gleicher Bauart war Thunderer, der nur in einigen Einzelheiten sich von der Devastation unterschied und 1878 fertiggestellt wurde.

Das dritte Schiff dieser Klasse ist der Dreadnought, Fig. 58 und 59, dessen Displacement jedoch auf 11000 t gesteigert und bei der der gepanzerte Aufbau über die ganze Schiffsbreite ausgedehnt, also zu einer vollständigen Zitadelle ausgebildet wurde. Die beiden Türme waren mit 2 Plattenlagen von je 178 mm Dicke geschützt und mit je zwei Kanonen von 31,7 cm und 38 t Gewicht bestückt. Der Gürtel, der 0,7 m über Wasser reicht, hat eine Panzerdicke von

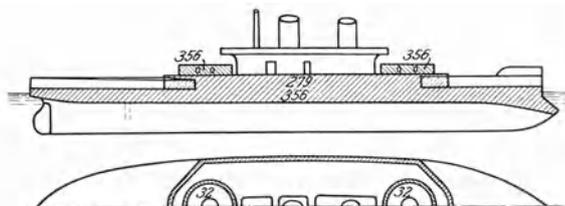


Fig. 58 und 59. Dreadnought (1875).
D = 11000 t, L = 97,5 m, B = 19,4 m, T = 8,1 m.

356 mm, die Zitadelle, die 2,3 m hoch ist, eine solche von 278 mm. Die Maschinen- und Kesselräume sind ebenso, wie auf den beiden Vorgängern, durch ein wasserdichtes Mittellängsschott geteilt. Der Kohlenvorrat betrug 1630 t, die Maschinenleistung 8000 PS, die Geschwindigkeit 14,5 Knoten. Die Fertigstellung erfolgte 1875.

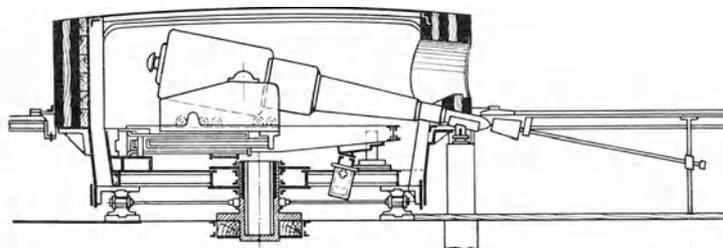


Fig. 60. Geschützturm des Thunderer.

Dreadnought übertraf Thunderer und Devastation bei weitem, immerhin beeinträchtigte auch bei ihm noch die ungenügende Höhe des Buges die uneingeschränkte Verwendung als Hochseeschiff.

Um den Durchmesser der schwer armierten Türme dieser Schiffe möglichst zu beschränken, führte man die Munition der Mündung des gesenkten Rohres unter dem gepanzerten Teil des Turmes zu, Fig. 60, — eine Einrichtung, die das Laden sehr erschwerte.

Inzwischen waren die beiden Konkurrenzhochseeturmschiffe Monarch und Captain fertiggestellt worden. Beide wurden gemeinsam erprobt und beide bewährten sich zunächst. Wohl war durch Rechenfehler oder nachträgliche Abänderungen das Gewicht und der Tiefgang des Captain größer ausgefallen, als ursprünglich beabsichtigt war und hierdurch die Höhe des Freibords von 2,44 m auf 1,83 m vermindert worden, wohl war dadurch auch die metazentrische Höhe kleiner ausgefallen, als man erwartet hatte, die Erbauer des Captain hielten jedoch die Verminderung dieser beiden für die Stabilität so bedeutsamen Werte nicht für so erheblich, daß dadurch die Sicherheit des Schiffes hätte beeinträchtigt werden können. Die erste Erprobung schien auch die Richtigkeit dieser Annahme zu bestätigen, bei

einer Reise nach dem Mittelmeer kenterte jedoch der Captain in der Nacht vom 6. auf 7. September 1870 bei Kap Finisterre, wobei mit Coles fast die ganze Besatzung den Tod fand. Wind und Seegang waren nicht ungewöhnlich gewesen. Das Schiff fuhr unter Segeln, wobei der Winddruck es um 14° überlegte, so daß die eine Seite vollständig in das Wasser eintauchte. In dieser Lage wurde es von einer Bö überrascht und über den Winkel von 21° hinausgeneigt, bei dem das Stabilitätsmoment sein Maximum erreichte. Wahrscheinlich ließen sich die Segel des neuen Schiffes nicht schnell genug bergen, Wasser drang durch Öffnungen im Deck in die inneren Räume und so sank der Captain innerhalb 10 Minuten.

Viel günstiger als bei diesem Schiffe waren die Verhältnisse beim Monarch. Das Stabilitätsmoment erreichte sein Maximum erst bei einer Neigung von 40° und war dann doppelt so groß als das Maximalmoment des Captain.

Der Verlust des Captain war die Veranlassung zum Rücktritt Reeds von seiner Stellung als Chefkonstrukteur, dem man wohl den Vorwurf gemacht hat, daß wenn er von der Unzulänglichkeit der Seeigenschaften des Captain überzeugt gewesen sei, er das Schiff nicht hätte hinausgehen lassen dürfen, bevor nicht hierüber völlige Klarheit geschaffen war. An seine Stelle trat Barnaby. Auf einer Gedenktafel für die Untergegangenen in der St. Paulskathedrale in London ist zum Ausdruck gebracht, daß die Admiralität durch das Drängen des Parlaments und der öffentlichen Meinung zum Bau des Schiffes gezwungen worden sei¹⁾.

Infolge des Vorfalles nahm die englische Admiralität vom Bau weiterer getakelter Hochseeturmschiffe Abstand und verbesserte auch die Stabilitätsverhältnisse der in Bau befindlichen Devastation und der weiteren Schiffe dieser Klasse.

Ein Schiff erwarb sie noch, den Neptune, einen vergrößerten Monarch, der nach Plänen von Reed in London für die brasilianische Regierung gebaut wurde, bei dem Ablauf aber so starke Beschädigungen erlitten hatte, daß Brasilien die Abnahme verweigerte.

Wie in Frankreich, begann man auch in England 1863 mit der Herstellung kleinerer getakelter Panzerschiffe für Dienste außerhalb der Schlachtflotte. Die ersten waren Enterprise, Fig. 61 und 62, von etwa 1400 t, Research von 1750 t

1) The Court do find that Her Majesty's ship "Captain" was capsized on the morning of the 7th September, 1870, by pressure of sail, assisted by the heave of the sea, and that the sail carried at the time of her loss (regard being had to the force of the wind and state of the sea) was insufficient to have endangered a ship endued with a proper amount of stability.

The Court before separating find it their duty to record the conviction they entertain that the "Captain" was built in deference to public opinion expressed in Parliament, and through other Channels, and in opposition to the views and opinions of the Controller and his Department, and that the evidence all tends to show that they generally disapproved of her construction.

It further appearing in evidence that before the "Captain" was received from the Contractors a grave departure from her original design had been committed, whereby her draught of water was increased about 2 feet, and her freeboard was diminished to a corresponding extent, and that her stability proved to be dangerously small, combined with an area of sail under those circumstances excessive: the Court deeply regret that if these facts were duly known and appreciated, they were not communicated to the officer in command of the ship, or that, if otherwise, the ship was allowed to be employed in the ordinary service of the Fleet before they had been sufficiently ascertained by calculation and experiment.

und Favourite von 2400 t, für die man den Rumpf in Bau befindlicher Schiffe benutzte, den ungepanzerten Teil aber aus Eisen baute.

Enterprise war ein Kasemattschiff mit durchlaufendem Gürtel, der Panzer im Maximum 114 mm dick. Die Bestückung bestand aus 4 Kanonen von 18 cm, die Geschwindigkeit betrug fast 10 Knoten, der Kohlenvorrat 22 t. Die Segelfläche war groß, 890 qm. Favourite und Research waren in der ganzen Länge bis zum Oberdeck gepanzert und die größte Panzerdicke war ebenfalls 114 mm. Der Kohlenvorrat betrug für Favourite 350 t, die Segelfläche 1620 qm, die Geschwindigkeit 11,8 Knoten. Die spätere Bestückung bestand aus 8 Kanonen von 18 cm und 2 64-Pfünder.

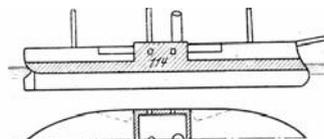


Fig. 61 und 62. Enterprise (1864).

D = 1420 t, L = 54,88 m, B = 10,98 m,
T_h = 4,83 m, T_v = 375 m, Hauptspant 71,6 qm.

Für Pallas wurde das Displacement auf 3880 t gesteigert, die Geschwindigkeit auf 13,4 Knoten. Der Rumpf war ebenfalls aus Holz, die Armierung bestand aus 4 Kanonen von 20 cm in einer gepanzerten Kasematte und 2 40-Pfündern. Die Panzerdicke des Gürtels betrug 114 mm, der Kohlenvorrat 285 t, die Segelfläche 1670 qm.

Die Weiterentwicklung des kleinen Hochseepanzerschiffes führte zur Penelope, Fig. 63 und 64, einem Kasemattschiff mit eisernem Rumpf und einem Displacement von 4450 t. Die Armierung bestand aus 8 Kanonen von 20 cm und 3 40-Pfündern, die Panzerung des Gürtels war 152 mm dick, die Geschwindigkeit betrug 12,7 Knoten. Pallas lief 1865, Penelope 1867 vom Stapel.

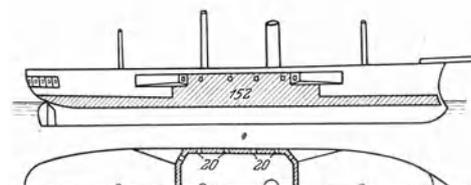


Fig. 63 und 64. Penelope (1867).

D = 4450 t, L = 79,25 m, B = 15,24 m, T_h = 5,36 m, T_v = 4,75 m.

Vom Bau weiterer Panzerschiffe II. Klasse nahm die englische Marine vorläufig Abstand. Die auf Pallas und Penelope folgenden Schiffe der Audaciousklasse hatten ein Displacement von über 6000 t und waren nach ihrer Panzerung und Bewaffnung Hochseeschlachtschiffe. Mit Ausnahmen von Invincible und Iron Duke waren sie auch durch Anwendung eines Zink- oder Kupferbeschlages und einer sehr großen Takelage zur Verwendung auf weitentlegenen Stationen und zu längeren Kreuzungsfahrten besonders geeignet. Für die Hauptaufgaben der englischen Flotte, wie man sie damals schon formulierte: „Schutz der Besitzungen in allen Teilen der Welt gegen jeden Angriff, Erhaltung der Verbindungen zwischen dem Mutterlande und den Kolonien, Schutz des Seehandels, Freihalten der Meere von feindlichen Flotten und Zerstörung solcher, wenn sie sich zeigen sollten“ schien man das kleine Panzerschiff nur für wenig geeignet zu halten. Dessen Aufgaben konnten oft viel besser von den großen ungeschützten Kreuzern, mit deren Bau man in dieser Zeit begann, durchgeführt werden.

Mit dem Bau von eigentlichen Panzerkreuzern begann man erst in den 70er Jahren.

Eine weitere Bauart gepanzerter Schiffe schuf man in den Panzerkanonenbooten. Diese Fahrzeuge, die zur Verteidigung der Küsten, Häfen und Flußmündungen bestimmt waren, erreichten kaum die Größe der ersten Monitors. Durch einen höheren Freibord suchte man sie jedoch seefähiger zu machen und ihren Wirkungs-

kreis zu erweitern. Sie waren vielfach mit nur einer großen Kanone schweren Kalibers armiert, von geringer Geschwindigkeit, geringem Kohlenvorrat und mittlerer Panzerdicke. Aber auch ihre Seefähigkeit reichte meist nicht aus, um sie über die engere Küstenverteidigung hinaus zu verwenden. Daß solche später in Frankreich gebauten Fahrzeuge „veritable navires de mer“ gewesen sein sollen, ist nach den Erfahrungen, die mit dem deutschen Kanonenboote der Wespeklasse gemacht wurden, nicht wahrscheinlich; sie haben deshalb eine nur vorübergehende Bedeutung.

England baute 1865 bis 1867 3 solcher Fahrzeuge, Viper, Vixen und Waterwich. Die beiden ersten hatten ein Deplacement von rd. 1250 t, Waterwich von 1300 t. Sie waren mit 2 in einer Kasematte aufgestellten 18 cm-Kanonen und 2 kleineren Geschützen armiert, die Panzerdicke am Gürtel betrug 114 mm. Die Segelfläche von 780 qm war als groß zu bezeichnen. Der Rumpf der Vixen war nach dem Kompositensystem gebaut, eiserne Spanten mit hölzernen Planken, das ein Kupfern des Bodens ohne weiteres ermöglichte, der der beiden anderen durchweg aus Eisen. Viper und Vixen waren Doppelschraubenschiffe, bei der Waterwich erfolgte der Antrieb mit Hilfe einer Zentrifugalpumpe, die aus See entnommenes Wasser in 2 Rohrleitungen drückte, die in drehbaren Austrittsstutzen, eine in der einen, die andere in der anderen Seite des Schiffes endeten. Die Bewegung der Fahrzeuge entsteht durch den Druck des ausströmenden Wassers gegen den Nacken der Stutzen. Sind die Ausströmungsöffnungen nach hinten gerichtet, so entsteht eine Fortwärtsbewegung des Schiffes, umgekehrt eine Rückwärtsbewegung, mit einem nach vorn und einem nach hinten gerichteten Stutzen eine Drehbewegung. Diese Art des Antriebs schien manches für sich zu haben, aber die Ökonomie war zu schlecht. Auch in Deutschland wurde ein solches Turbinenschiff gebaut, der Rival, mit gleichem Ergebnisse. Weitere gepanzerte Kanonenboote wurden in England nicht gebaut. Zur engeren Küstenverteidigung beschaffte man dort 28 kleine ungeschützte Fahrzeuge, die Kanonenboote der Staunchklasse von 200 t, die man als schwimmende Lafetten bezeichnete. Sie waren mit einer 23 cm-12,5 t-Kanone, die späteren mit einer 18 t-Kanone armiert, die aus der Feuerstellung in den Raum des Schiffes transportiert werden konnte.

4. Die erste Panzerflotte der Vereinigten Staaten von Amerika.

Als im Sommer 1861 in New York bekannt wurde, daß die konföderierten Staaten die hölzerne Dampffregatte Virginia in ein gepanzertes Batterieschiff, den Merrimac, umwandelten, bewilligte der Kongreß 1500000 \$ zum Bau von Panzerschiffen und erließ wenige Tage später eine Aufforderung zur Einsendung von Plänen. Von den eingegangenen Entwürfen wurden 3 zur Ausführung angenommen, der des Monitor (Mahner), der Iron-Sides und der Galena. Den Monitor wollte der Ingenieur Ericsson in 100 Tagen für den Preis von 275000 \$ herstellen, für die Iron-Sides von Merrik and Sons in Philadelphia, ein größeres dem Merrimac ähnliches Fahrzeug, das aber mit massiven Panzerplatten von 114 mm Dicke geschützt sein sollte, wurden die Kosten auf 780000 \$ und die Bauzeit auf 9 Monate vereinbart. Für die Galena belief sich der Preis auf nur 225000 \$, dieselbe erwies sich später aber auch als ein minderwertiges Fahrzeug, der Panzer war aus Eisenstäben zusammengesetzt.

Der gute Erfolg des Monitor in seinem Duell mit dem Merrimac am 9. März 1862 gab den Nordstaaten Veranlassung zum Bau einer großen Zahl von Küstenverteidigern dieser Bauart, eine Hochseeflotte gepanzerter Schiffe wurde zunächst

nicht geschaffen. Handelte es sich doch zur Beendigung des Krieges mit den Südstaaten der Hauptsache nach nur um die Einnahme befestigter Plätze an den Ufern des Atlantischen Ozeans und des Mississippi und um die Wegnahme einiger ungeschützter Kreuzer. Erst ein Vierteljahrhundert später trat man dem Bau einer Flotte gepanzerter Hochseeschiffe näher.

Der Monitor, Fig. 65, hatte eine Länge im Deck von 52,2 m, seine Breite betrug 12,5 m, der Tiefgang wenig über 3 m. Der obere Teil des Fahrzeuges überragte den unteren Teil des eisernen Rumpfes um die Dicke der Panzerung und deren sehr dicke Holzunterlage und bildete vorn einen Überhang von 4,2 m Länge, in dem in einem Brunnen der Anker hing, hinten einen solchen



Fig. 65. Monitor (1862).
D etwa 1100 t, L = 52,2 m, B = 12,5 m,
T = 3 m.

von 9,7 m, der die Schraube und das Ruder deckte. Der Panzergürtel bestand aus 5 Blechlagen von je 25,4 mm Dicke, die Freibordhöhe betrug 0,6 m. Etwa in der Mitte des Fahrzeuges stand ein mit 2 glatten Dahlgreenkanonen armerter Turm, dessen innerer Durchmesser 6 m und dessen Höhe 2,7 m betrug und der mit 8 Lagen 25,4 mm dicker Bleche gepanzert war. Die Kanonen verfeuerten Geschosse von 60 bis 80 kg mit einer Pulverladung von 7,5 kg. Auf dem vorderen Teil des Decks, das mit 12 mm dicken Blechen beplattet war, stand ein gepanzertes Steuer- und Kommandohaus, das drei Mann aufnehmen konnte. Die Schiffsräume wurden in der Weise gelüftet, daß man Luft hineindrückte, die man durch den Turm abziehen ließ. Der Turm drehte sich um eine feste Spindel, Fig. 66.

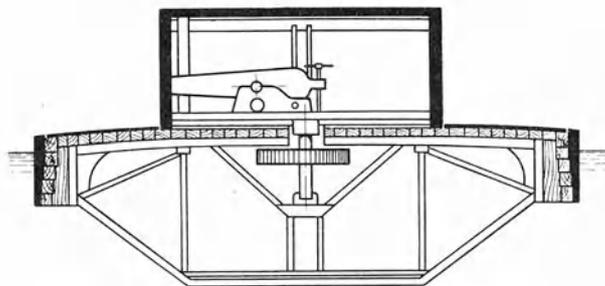


Fig. 66. Monitor (Querschnitt).

Ericsson hatte vom Vertreter des Navy Departements Commodore Smith manche Einwände gegen seinen Entwurf entgegenzunehmen. Die Presse bezeichnete den Bau als eine Narrheit und nur wenige, besonders der Admiral Porter, erkannten den Wert des Fahrzeuges: Ericsson lehnte alle Vorschläge ab mit den Worten: „The Monitor is Mine, and no change shall be made.“ War auch diese erste Ausgabe des Monitors noch keineswegs vollkommen, sie rettete die Nordstaaten aus arger Verlegenheit. Nach den Vorgängen auf Hampton Roads schlug die Stimmung um; der Kongreß bewilligte während des Krieges die Mittel zum Bau von 21 weiteren Fahrzeugen dieser Bauart, für die der Sammelname Monitor wurde.

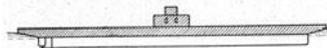


Fig. 67. Camanche.
D = 1886 t.

Ein Nachteil des ersten Monitors war seine geringe Größe, die insbesondere auch die Seefähigkeit beeinträchtigte. Die nächsten, Camanche, Fig. 67, Catskill, Jason, Lehigh, Montauk, Nahant, Nantucket und Passaic erhielten deshalb ein Displacement von 1886 t bei einem Tiefgang von 3,5 m. Ihre Turmpanzerung bestand aus 11 Blechen von je 25,4 mm Dicke, Seitenpanzer und Armierung blieben dieselbe.

Sechs weitere: Ajax, Canonicus, Mahopac, Manhattan, Saugus und Wyandotte, von 2100 t waren mit 2 glatten 38 cm-Kanonen, ebenfalls in einem Turm, armiert. Der Tiefgang betrug 4,1 m, der Gürtelpanzer war 127 mm dick.

Bei allen diesen späteren Monitors war der Kommandoturm oberhalb des Geschützturmes angeordnet und an der Spindel desselben befestigt.

Die Geschwindigkeit der Fahrzeuge betrug 6 bis 7 Knoten. Für den 1863 vom Stapel gelaufenen Dictator hatte man das Deplacement auf 4500 t gesteigert, die Panzerdicke des Gürtels auf 254 mm, die des Turmes, der mit 2 glatten 38 cm-Kanonen armiert war, auf 381 mm, die Geschwindigkeit auf 9,5 Knoten.

Der 1862 begonnene Bau eines ersten großen Monitors, Puritan, von 6200 t, wurde unterbrochen und erst in den 80er Jahren vollendet. Das Schiff erhielt 2 Türme, die mit zwei 26 cm-25 t-Hinterladern armiert und 292 mm dick gepanzert waren. Die Dicke der Gürtelpanzerung betrug 305 mm, die Geschwindigkeit 13 Knoten.

Der Monitor Roanoke erhielt 3 Türme. Unvollendet blieb der Bau von 3 großen Monitors, deren Rumpf aus Holz hergestellt werden sollte: Colossus, Massachusetts und Oregon, ein vierter von ihnen, Nebraska, für den ebenfalls die Mittel bewilligt waren, wurde gar nicht erst begonnen.

Dagegen entschloß man sich noch gegen Ende des Krieges zum Bau von noch 4 Monitors mit 2 Türmen: Miantonomoh, Monadnock, Terror und Amphidrite, von denen die beiden ersten, deren Deplacement etwa 3900 t betrug, durch ihre Reisen über den Ozean bekannt wurden.

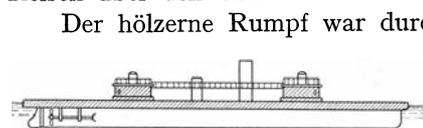


Fig. 68. Miantonomoh.

D = 3840 t, L = 76,2 m, B = 16,15 m, T = 4,27 m.

Der hölzerne Rumpf war durch eiserne Verbände verstärkt, die Überhänge an den Enden hatte man verkleinert. Die Panzerung des Gürtels bestand aus 5, die der Türme aus 10 Blechen von je 24 mm Dicke. Die Türme waren durch eine Laufbrücke verbunden, durch die in See die Verbindung der vorderen Räume mit den hinteren erfolgte.

Miantonomoh, Fig. 68, machte 1866 eine Reise nach Europa, von Neufundland nach Queenstown, die er in 10 Tagen und 18 Stunden zurücklegte, Monadnock fuhr von Philadelphia durch die Magelhaensstraße nach San Francisco. Gingen diese Fahrten auch ohne Unfall vonstatten, waren auch die Schlingerbewegungen im See-gang verhältnismäßig gering, so überfluteten doch schwere Wassermassen die Schiffe, und ihr ganzes Verhalten bewies nur, was man eigentlich schon wußte, daß solche Reisen mit großen Anstrengungen und Gefahren für die Besatzung verknüpft und ohne Begleitschiffe nicht auszuführen seien, d. h. daß Monitors als Hochseeschiffe keine Verwendung finden können.

Nach King wurden von den Vereinigten Staaten in der Zeit vom 1. April 1861 bis 1. April 1865 an gepanzerten Schiffen gebaut: 2 Breitseitschiffe, 2 große eiserne Ein-Turm-Monitors, 9 Zwei-Turm-Monitors aus Eisen oder Holz, 45 eiserne Ein-Turm-Monitors und 5 Flußkasemattschiffe, zusammen 63 Schiffe von 62 367 t und 185 Kanonen, deren Beschaffungskosten sich auf 35 848 212 \$ beliefen. Hierzu kamen an ungeschützten Schiffen, Korvetten, Kanonenboote usw. 114 mit 921 Kanonen, so daß sich die Gesamtzahl der während des Krieges gebauten Schiffe auf 177 mit 1106 Kanonen und einem Beschaffungswert von 64 260 232 \$ belief. Außerdem wurden 497 Handelsschiffe zum Preise von 19 684 518 \$ angekauft.

Der Krieg hatte 500 000 Menschen dahingerafft und dem Lande eine Schuldenlast von 3 Milliarden \$ aufgebürdet. Nach außenhin stärkte sich die Stellung der Union mehr und mehr, im Innern aber ließen Parteistreitigkeiten dieselbe noch lange nicht zur Ruhe kommen. Man hatte gesehen, wie schnell sich Verteidigungsmittel herstellen ließen und so schwand das Interesse für die Marine, obgleich man den Wert

einer solchen hinreichend kennen gelernt hatte, das Material veraltete, und die Flotte verfiel. Als man später den Wiederaufbau derselben vornahm, waren viele Erfahrungen verloren gegangen, man mußte wieder von vorne anfangen.

Vorgänge auf Hampton Roads.

Im Sommer 1861 begannen die Südstaaten, die nur wenige Schiffe hatten und denen der Bau oder die Beschaffung neuer Schiffe Schwierigkeiten machten mit der Umwandlung der hölzernen Dampfregatte Virginia, die abgerüstet auf der Marinewerft in Norfolk lag, in ein Panzerschiff, ähnlich der Panzerbatterie von Stevens. Der obere Teil wurde entfernt und durch eine gepanzerte Kasematte ersetzt, deren Länge 52 m

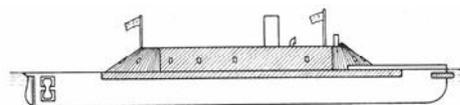


Fig. 69. Merrimac (1862).

betrug. Die Seitenwände erhielten eine Neigung von 35° und wurden aus Holz in einer Gesamtdicke von 60 cm gebaut und mit 2 Lagen eisernen Platten oder Schienen von je 52 mm Dicke gepanzert. Die Platten, die eine Breite von nur 200 mm hatten und in Richmond aus Eisenbahnschienen hergestellt waren, wurden kreuzweise, die innere Lage wagerecht, die äußere senkrecht mit Bolzen von 35 mm Dicke an der Holzwand befestigt. Die Panzerung reichte 60 cm unter Wasser, die Enden des Schiffes vor und hinter der Kasematte blieben ungeschützt. Das Oberdeck lag hinten etwa im Wasserspiegel, vorn war dasselbe etwas erhöht. Am Vorsteven hatte man einen gußeisernen Sporn befestigt und im vorderen Teil der Kasematte ein Steuerhaus eingebaut, das 1 m über das Kasemattdack hervorragte und 100 mm dick gepanzert war. Die Armierung bestand aus 4 gezogenen 17,8 cm-Kanonen, die in den Ecken der Kasematte aufgestellt waren und in der Kiel- und der Quer-

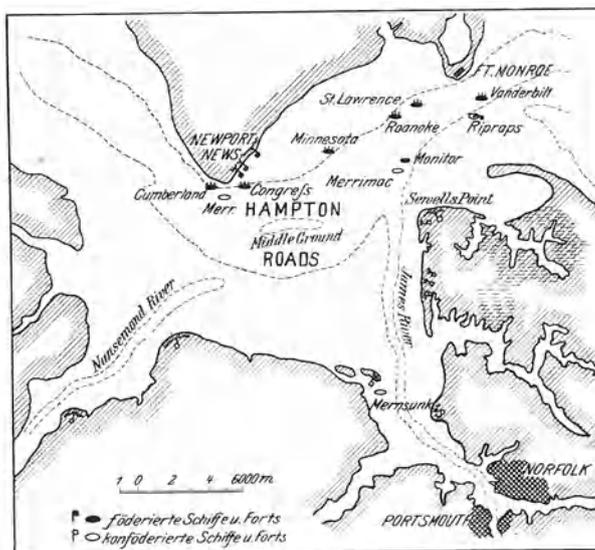


Fig. 70. Hampton Roads 1862.

richtung feuern konnten, sowie aus 2 gezogenen 15 cm-Kanonen und 6 glatten 23 cm-Dahlgreenkanonen in Breitseitaufstellung. Die Geschützportfen lagen 1,5 m über Wasser. Die Takelage war aufgegeben.

Das Schiff erhielt den Namen Merrimac, Fig. 69, den es vorher schon einmal geführt hatte. Die Idee für die Umwandlung stammte vom Kommodore Brooke, die Ausführung bearbeitete der Schiffbauingenieur Porter. Anfang März 1862 war der Bau beendet und das Schiff bereit, in See zu gehen. Am Morgen des 8. März dampfte es unter dem Kommando des Kapitäns Buchanan den James River hinunter und traf auf Hampton Roads, Fig. 70, ein beträchtliches Geschwader

föderaler Schiffe.⁵ Unter dem Schutze der Batterie von Newport News lagen die beiden Segelfregatten Cumberland von 30 und Congreß von 50 Kanonen, weiter östlich, nach Fort Monroe zu, die Dampffregatten Minnesota und Roanoke von 46 Kanonen und die Segelfregatte Lawrence von 50 Kanonen. Der Merrimac schritt trotzdem, und obgleich seine Mannschaft noch ungeübt und die Maschine in mangelhaftem Zustande war und das Drehen des Schiffes infolge der geringen Geschwindigkeit und des kleinen Ruders 15 Minuten Zeit erforderte, zum Angriff und wandte sich in Begleitung von 5 kleinen Kanonenbooten zunächst den vor Anker liegenden Congreß und Cumberland zu.

Gegen 1 Uhr eröffneten diese beiden Schiffe und die Uferbatterien das Feuer auf den Merrimac, dessen Panzer aber nicht durchschlagen wurden, während die Geschosse des Merrimac starke Verluste unter den Besatzungen seiner Gegner hervorriefen. Nachdem Merrimac den Cumberland auf 200 m Entfernung passiert und mit demselben eine Breitseite ausgetauscht hatte, dampfte er auf den Cumberland zu und rammte denselben an Steuerbord vorn. Das langsam sinkende Schiff ergab sich nicht, und so beschossen sich beide Gegner, bis die letzte Kanone des Cumberland unter Wasser gekommen war. Der Ausgang dieses Kampfes veranlaßte den Congreß Segel zu setzen und sich den Dampffregatten zu nähern. Er kam aber hierbei auf Grund und wurde nun vom Merrimac beschossen, der so nahe als möglich, auf 150 m, an ihn heranging und eine Position wählte, die den Gebrauch seiner Breitseite ermöglichte, während Congreß nur mit 2 Geschützen antworten konnte. Unter Mitwirkung der Kanonenboote wurde Congreß in Brand geschossen und strich die Flagge. Zu allem Unglück kam noch, daß auch die beiden Dampffregatten und der Lawrence auf Grund gerieten, als sie herankommen und dem Congreß Hilfe bringen wollten. Zu einem Kampfe zwischen Merrimac und der zunächstliegenden Minnesota kam es nicht mehr. Es floß Ebbe, und Merrimac, dessen Tiefgang ebenfalls sehr beträchtlich war, konnte diesmal nicht in eine geeignete Position zu seinem Gegner kommen. Die Kanonenboote beschossen noch die Minnesota, aber ohne Erfolg, Merrimac wechselte noch einige Schüsse mit dem Lawrence, bis die Nacht und der Zustand des Merrimac und die Erschöpfung seiner Besatzung dem Kampfe ein Ende machte.

Die Nordstaaten hatten an dem Tage 2 Schiffe und 500 Mann an Toten und Verwundeten verloren, der Verlust des Merrimac bestand aus 2 Toten und 8 Verwundeten, darunter der Kommandant des Schiffes, der bei der Besitzergreifung des Congreß durch das Feuer der Landbatterien verwundet worden war. Alles was an dem Schiff nicht geschützt war, war weggeschossen, der Panzer aber, wengleich erschüttert und gelockert, nicht durchschlagen. Der Verlust der Kanonenboote betrug 13 Mann. Merrimac ging zurück nach Norfolk, um in der Nacht die Maschine und den Steuerapparat nachsehen und die Undichtheiten, die durch das Abbrechen des Sporns beim Rammen entstanden waren, beseitigen zu lassen. Als er am nächsten Tage wieder auf Hampton Roads erschien, um sein Zerstörungswerk zu vollenden, war aber den föderalen Schiffen schon Hilfe gekommen. Neben der Minnesota lag der Monitor, bereit, den Kampf mit dem stärkeren Gegner aufzunehmen.

Am 25. Oktober 1861 war der Monitor auf Stapel gelegt worden, und am 30. Januar 1862 wurde er zu Wasser gelassen. Am 15. Februar war er dampfbereit, und wenige Tage später erfolgte seine Übergabe an die Marinebehörden. Am 6. März ging er unter dem Kommando des Leutnant Worden im Schlepp des Seth Low und in Begleitung zweier Kanonenboote nach Hampton Roads in See.

Die Fahrt über den Ozean war für das kleine, nur für ruhiges Wasser bestimmte Fahrzeug, dessen Geschwindigkeit noch nicht 6 Knoten betrug, sehr gefährvoll und für die Besatzung außerordentlich anstrengend. Am ersten Tage war das Wetter gut, am zweiten aber frischte der Wind auf, die Seen überfluteten das Deck, und Wasser drang durch Undichtheiten in den Sillen der Luftschächte und des Schornsteins, sowie im Ankerbrunnen in Mannschafts- und Maschinenräume.

Auch unter dem Turm drang Wasser in das Schiff, da man denselben abgekeilt hatte und die See die Keile wegwusch. Die Handpumpen reichten nicht aus, um das Leckwasser durch die Turmdecke, in der sich die einzige freie Öffnung befand, hinauszudrücken. Mit Eimern, die von Hand zu Hand gingen, mußte dasselbe ausgeschöpft werden. Am Abend ließ der Sturm nach, aber um Mitternacht wurde die See wieder rauher, und die Unruhe wurde erhöht durch eine Havarie am Steuerapparat. Am Morgen des 8. kam das Schiff wieder in ruhigeres Wasser,

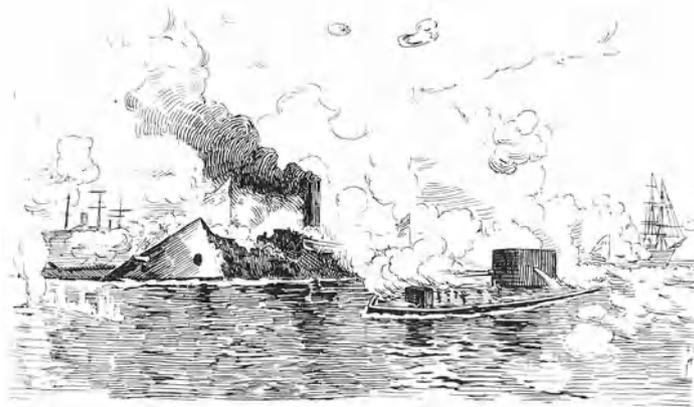


Fig. 71. Gefecht zwischen Merrimac und Monitor.

um 4 Uhr nachmittags hörte man den Kanonendonner von Hampton Roads und erfuhr bald nachher durch den Lotsen von den Vorgängen, die sich dort abgespielt hatten. Abends 9 Uhr passierte der Monitor Fort Monroe und ging dann in der Nähe der Minnesota vor Anker. Der Kampf, der am 9. März zwischen Monitor und Merrimac ausgefochten wurde, blieb an sich erfolglos, verhinderte aber die weitere Zerstörung der Holzschiffe. Um 8 $\frac{1}{2}$ Uhr eröffnete der Merrimac das Feuer, das vom Monitor sofort erwidert wurde, aber beiderseits erfolglos blieb. Der Monitor verschoß gußeiserne Vollgeschosse mit einer Ladung von 7,5 kg, die nicht ausreichte, die Wände des Merrimac zu durchschlagen, der Merrimac war mit Rücksicht auf seinen Kampf mit Holzschiffen mit Granaten ausgerüstet, deren Wirkung gegen den Panzer des Monitor ebenfalls ungenügend war. Auch die Befürchtung, daß die Erschütterungen des Turmes durch auftreffende Geschosse so stark sein könnte, daß dessen Gangbarkeit beeinträchtigt werden würde, traf nicht zu, der Turm wurde wiederholt getroffen, ohne Schaden zu erleiden. Um das Eindringen von Geschossen in den Turm durch die Geschützportfenster zu verhindern, waren diese so klein gemacht, daß die Geschütze in der Feuerstellung sie nahezu ausfüllten. Beim Laden wurden sie durch Deckel geschlossen, oder durch Drehen des Turmes vom Feinde abgewendet. Ein Versuch des an Geschwindigkeit und Drehfähigkeit überlegenen Monitor, Schraube und Ruder seines Gegners, der am Tage vorher seinen Schornstein

verloren und dadurch an Geschwindigkeit eingebüßt hatte, durch einen Rammstoß zu beschädigen, mißlang. Hierbei beschoß der Monitor den Merrimac, aber auch dieses Feuer aus nächster Nähe blieb wirkungslos.

Bei der Erfolglosigkeit des Kampfes wandte sich der Merrimac nunmehr der Minnesota zu, geriet aber hierbei selbst auf Grund. Der Monitor, dessen Kommandant wohl der Festigkeit seines durch den Ankerbrunnen geschwächten vorderen Überhangs nicht traute, unterließ es jedoch, diese Gelegenheit zur Ausübung eines Rammstoßes zu benützen. Wieder losgekommen, versuchte Merrimac den Monitor zu rammen, aber auch dieser Versuch mißglückte, beide Schiffe glitten voneinander ab.

Gegen Ende des Kampfes, etwa um 11¹/₂ Uhr, richtete der Merrimac sein Feuer gegen den Kommandoturm, den schwächsten Teil des Monitor, und hierbei wurde der Leutnant Worden durch Eisensplitter, die durch eine Ausgucköffnung eindrangen, verwundet und Leutnant Greene übernahm nun das Kommando. Derselbe brachte das Schiff in flaches Wasser, wohin der Merrimac seines größeren Tiefganges wegen nicht folgen konnte. Merrimac gab, nachdem er noch 1 Stunde gewartet hatte, das Gefecht, in dem kein Mann getötet und keines der Schiffe ernsten Schaden erlitten hatte, auf und ging nach Norfolk zurück. Am 11. April kam er noch einmal, überholt und mit Vollgeschossen ausgerüstet, zurück, fand aber die Holzschiffe unter dem Schutze der Forts, und zu einem Kampfe mit dem Monitor kam es nicht mehr. Als Norfolk von den Konföderierten geräumt werden mußte, wurde der Merrimac zerstört, da er den James River nicht hinauf gebracht werden konnte.

Auch der Monitor überdauerte seinen Gegner nicht lange. Er ging auf einer Seereise am 30. Dezember 1861 bei Cap Hatteras in einem Sturme mit 60 Mann verloren.

Die Vorgänge auf Hampton Roads waren die Veranlassung zum Bau zahlreicher niederbordiger Turmschiffe in Europa und zur Einführung des Sporns. Die Rammtaktik kam in Aufnahme und beherrschte bald, besonders auch nach dem Ausgange der Schlacht von Lissa, die Schiffskonstruktion in hohem Maße, obgleich der Sporn doch nur eine Gelegenheitswaffe sein konnte und auch für den Angreifer mit Gefahren verknüpft war. Es ergab sich das eigentlich schon aus den geschilderten Ereignissen, fand aber auch seine Bestätigung durch zahlreiche spätere Vorkommnisse.

5. Die erste österreichische Panzerflotte.

Österreich begann sehr bald mit dem Bau einer Panzerflotte und verfügte bereits während des Krieges mit Italien 1866 über 7 Panzerschiffe, die sämtlich aus Holz auf den Werften bei Triest nach den Plänen des obersten Schiffbauingenieurs Romako gebaut waren.

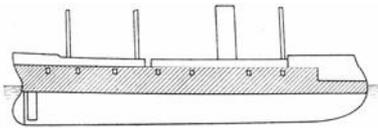


Fig. 72. Salamander (1861).

D = 3110 t, L = 70,1 m, B = 14 m, T_h = 6,85 m,
T_v = 5,77 m, Hauptspant 70 qm.

Hauptsächlich war es der Erzherzog Ferdinand Max, der spätere Kaiser von Mexiko, gewesen, der die Schaffung einer starken Flotte eifrig förderte und das hohe Interesse für dieselbe bis zu seinem Tode bewahrte. Es war ihm noch vergönnt, die Schlacht von Lissa zu erleben, in der das Flaggschiff, das seinen Namen führte, so erfolgreich wirkte und in tief bewegten Worten beglückwünschte er den Admiral Tegetthoff zu seinem Siege.

Die ersten Panzerschiffe waren Salamander, Fig. 72, und Drache, die 1861 vom Stapel liefen und ein Deplacement von 3110 t hatten. Ihre Panzerung, die

eine Maximaldicke von 119 mm hatte, beschränkte sich vorn für eine kurze Länge auf den Schutz der Wasserlinie, reichte aber im übrigen Teil der Schiffe bis zum Oberdeck. Die erste Bestückung bestand aus 10 glatten 48-Pfündern und 16 gezogenen 24-Pfündern. Die Geschwindigkeit betrug bei einer Maschinenleistung von 2060 PS 11 Knoten.

Ihnen folgten 1862 Don Juan D'Austria, Kaiser Max und Prinz Eugen von gleicher Panzerdicke, etwas größerer Geschwindigkeit und größerem Deplacement, 3588 t, deren Bestückung aus 14 gezogenen 24-Pfündern und 16 glatten 48-Pfündern bestand.

Für Erzherzog Ferdinand Max, Fig. 73, und Habsburg ist das Deplacement auf 5130 t, die Panzerdicke auf 128 mm gesteigert, die Panzerung reicht wie bei den vorigen in der ganzen Länge bis zum Oberdeck. Die Geschwindigkeit betrug bei einer Maschinenleistung von 3000 PS gegen 12 Knoten. Die erste Armierung bestand aus 16 glatten 48-Pfündern.

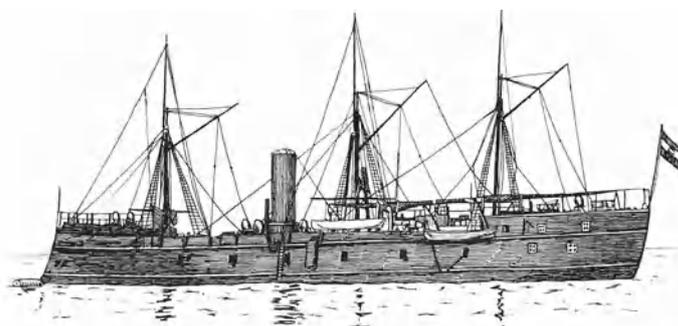


Fig. 73. Erzherzog Ferdinand Max (1865).

$D = 5130$ t, $L = 80$ m, $B = 15,96$ m, $T_h = 7,82$ m, $T_v = 6,32$ m, Hauptspant 85,75 qm.

Die Takelage dieser wohl nur für den Kampf auf der Adria bestimmten Schiffe war klein, der Kohlenvorrat betrug für die beiden letzten 400 t, für die älteren 386 und 343 t.

1867 wurde die Lissa in Bau genommen, ein Kasemattschiff von 6080 t Deplacement. Der Rumpf war aus Holz und nur im ungepanzerten Teil des toten Werkes aus Eisen gebaut. Die Panzerung hatte in der Wasserlinie eine Dicke von 158 mm und reichte 1,73 m unter Wasser. In der Batteriedeckskasematte, deren Panzerdicke 140 mm betrug, waren 10 Kruppsche 24 cm-14,75 t-Geschütze aufgestellt, in der Oberdeckskasematte 2 desselben Kalibers, für die ein Pfortenwechsel vorgesehen war und deren Bestreichungswinkel nach vorn und hinten dadurch erweitert wurden. Das Schiff wurde 1871 fertiggestellt und erreichte mit 3750 PS eine Geschwindigkeit von 12,8 Knoten.

Zum Bau des Kaiser, der etwas später fertiggestellt wurde, benutzte man den Rumpf des 1858 vom Stapel gelaufenen Linienschiffes gleichen Namens.

Das Schiff war von derselben Bauart wie Lissa und auch etwa von gleicher Größe, 5800 t. Die Armierung bestand aus 10 gezogenen 23 cm-12,75 t-Armstronggeschützen und 6 bis 9 cm-Kanonen, die Geschwindigkeit betrug 11,9 Knoten.

Für die folgenden Schiffe ging auch die österreichische Marine zum Eisenbau über.

6. Die erste italienische Panzerflotte.

Auch Italien, dessen Seemacht durch die Vereinigung der sardinischen und neapolitanischen Flotte schon eine beträchtliche Stärke hatte, arbeitete im Hinblick auf den noch bevorstehenden Kampf um den Besitz von Venetien mit großem Eifer an der Beschaffung einer Panzerflotte, die ihm die Herrschaft auf der Adria sichern sollte. Hier war es hauptsächlich Cavour, der bis zu seinem Tode für eine starke Flotte eintrat.

Schon im Februar 1861 lief in La Seyne bei Toulon das erste Panzerschiff, der *Terribile*, vom Stapel, dem bald der *Formidabile* folgte. Es waren Kasemattschiffe mit einem Displacement von 2700 t. Die Panzerdicke betrug 114 mm, die Bestückung bestand aus 16 gezogenen und 4 glatten Geschützen von 20 cm. Die Geschwindigkeit derselben betrug gegen 12 Knoten, der Rumpf war aus Eisen gebaut.

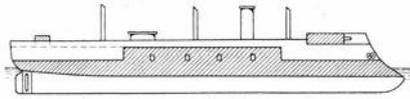


Fig. 74. *Maria Pia* (1863).

$D = 4250$ t, $L = 75$ m, $B = 15,21$ m, $T_h = 6,7$ m,
 $T_v = 6,0$ m, Hauptspant 71,6 qm.

Vier größere Schiffe, *Maria Pia*, Fig. 74, *San Martino*, *Ancona* und *Castelfidardo*,

Kasemattschiffe von 4250 t mit eisernem Rumpf, wurden 1862 ebenfalls auf französischen Werften in Bau gegeben. Sie liefen 1863 und 1864 vom Stapel. Die Panzerdicke der Kasematte betrug 110 mm, die Maximaldicke des Gürtels 120 mm. Die erste Armierung bestand aus 22 oder 23 gezogenen 16 cm- und 4 glatten 20 cm-Armstrongkanonen. Die Geschwindigkeit betrug über 13 Knoten.

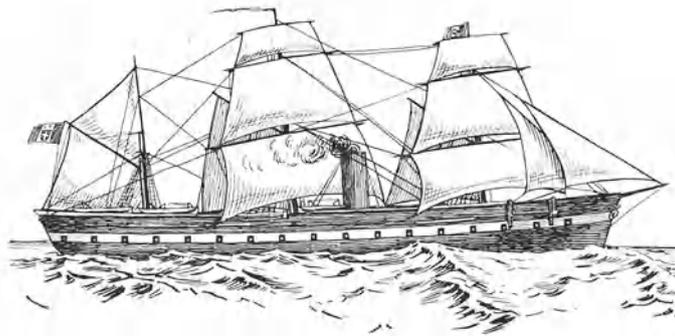
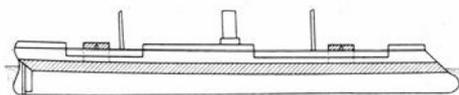


Fig. 75. *Re d'Italia* (1863).

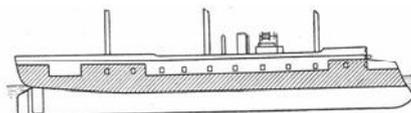
Zwei Panzerschiffe mit hölzernem Rumpf, einer Panzerdicke von 120 mm und einem Displacement von 5700 t, *Re d'Italia* und *Re di Portogallo* wurden Ende 1861 der Firma Webb in New York in Bestellung gegeben, da die französischen Werften besetzt waren und man anscheinend damals in England nicht bauen lassen wollte. *Re d'Italia*, Fig. 75, lief am 18. April 1863 vom Stapel und traf am 1. April 1864 in Neapel ein; *Re di Portogallo* lief am 29. August 1863 vom Stapel. Es waren Batterieschiffe, die in der ganzen Länge bis zum Oberdeck gepanzert waren. Die Bestückung bestand für das erste aus 2 gezogenen 20 cm-Armstrong-Ringkanonen, 30 gezogenen 16 cm- und 4 glatten 20 cm-Kanonen, für *Re di Portogallo* aus 2 gezogenen 25 cm-Armstrong-Ringkanonen und 26 gezogenen 16 cm-Kanonen. Die Geschwindigkeit betrug 12 Knoten.

1863 wurde bei den Millwal Iron Works in London der *Affondatore*, Fig. 76, ein niederbordiges Turmschiff von 4070 t in Bau gegeben, das am 4. November 1865 von Stapel lief. Seine beiden Türme waren mit je einer 25 cm-Armstrong-Ringkanone armiert und hatten eine Panzerdicke von 130 mm. Die Maximaldicke des Panzergürtels betrug 127 mm, die Geschwindigkeit der Schiffe gegen 13 Knoten. Der Rumpf war aus Eisen. Hierzu kamen bis zum Ausbruch des Krieges von 1866 der *Principe Carignano*, ein Holzschiff, dessen Panzerung 114 mm dick und das mit 18 gezogenen 16 cm- und 4 glatten 20 cm-Kanonen armiert war und 2 kleine eiserne Kasemattschiffe, *Palestro* und *Varese*, von 2000 t, einer Panzerdicke von 114 mm, deren erste Armierung für *Palestro* aus 2 gezogenen 20 cm-Armstrong-Ringkanonen, 2 glatten 20 cm- und 1 gezogenen 12 cm-Kanone, für *Varese* aus 2 gezogenen 20 cm- und 2 gezogenen 16 cm-Kanonen bestand.

Fig. 76. *Affondatore* (1865).

D = 4100 t, L = 89,56 m, B = 12,2 m, $T_h = 6,09$,
 $T_v = 5,6$ m, Hauptspant 62 qm.

Zwei hölzerne Kasemattschiffe, *Roma* und *Venezia*, von 5800 t, mit eisernem Aufbau vor und hinter der Kasematte, wurden 1864 nach Plänen De Lucas in Genua in Bau genommen, ihre Fertigstellung verzögerte sich aber infolge der Kriegereignisse, so daß *Venezia* erst 1869 vom Stapel lief. Die Panzerdicke des Gürtels betrug in der Mitte 150 mm, an den Enden des Schiffes 100 mm, der Kasemattpanzer war 120 mm dick. Die Bestückung bestand aus 8 Armstrongkanonen von 25 cm, 1 von 22 cm und 8 kleinen Geschützen, die Geschwindigkeit betrug 13 Knoten.

Fig. 77. *Palestro II* (1871).

D = 6160 t, L = 79,18 m, B = 17,62 m, T = 7,7 m,
 Hauptspant 111,5 qm.

Auf *Principe Amadeo*, der 1865 in Neapel in Bau gelegt wurde und einem zweiten derselben Bauart, dem man den Namen des in der Schlacht von Lissa verloren gegangenen *Palestro*, Fig. 77, gab, und das in Spezzia gebaut wurde, 2 Holzschiffen mit eisernem Oberbau und 6160 t Displacement, waren 2 25 cm-Armstronggeschütze in einer vorderen und 4 solche in einer hinteren geschlossenen Kasematte, und auf der vorderen Kasematte war eine 28 cm-Armstrongkanone aufgestellt. Die beiden vordersten und die beiden hintersten 25 cm-Kanonen waren zum Pfortenwechsel eingerichtet, so daß sie in der Breitseite und in der Kielrichtung feuern konnten. Bei der geringen Feuerhöhe dieser Kanonen sind aber die beiden vordersten bei Seegang wohl kaum zu brauchen gewesen. Der Gürtel hatte eine Maximaldicke von 152 mm, der Kasemattpanzer war an den Seiten 152 mm, in den Querwänden 100 mm dick, die Geschwindigkeit betrug 13 Knoten. Auch die Fertigstellung dieser Schiffe zog sich lange hin; *Palestro* lief erst 1871, *Principe Amadeo* 1872 vom Stapel.

Schlacht bei Lissa.

Mitten in den Bau dieser ersten Panzerflotte Italiens, die wohl die drittstärkste in Europa war, fiel die Schlacht von Lissa, der erste Kampf zwischen gepanzerten Hochseefloten, deren Ergebnisse von großer Bedeutung für die Weiterentwicklung der Panzerschiffe wurden.

Als im März 1866 der Ausbruch eines Krieges zwischen Österreich und Italien

unvermeidlich schien, waren die beiderseitigen Seestreitkräfte für einen Kampf noch wenig vorbereitet. Die beiden größten österreichischen Panzerschiffe, Erzherzog Ferdinand Max und Habsburg, waren erst ein Jahr vorher vom Stapel gelaufen und lagen in Triest, um fertiggestellt zu werden. Die Maschinen waren montiert, die Panzerung aber noch nicht vollendet, die innere Einrichtung der Schiffe kaum begonnen. Die Takelage war noch nicht an Bord, ebenso fehlten noch die Geschütze, die bei Krupp bestellt waren, aber erst nach dem Kriege eintrafen. Jedoch gelang es, die beiden Schiffe noch vor Beginn der Operationen der italienischen Flotte fertigzustellen und sie mit älteren, glatten Geschützen zu armieren, eine außerordentliche Leistung, an der besonders die beiden kaiserlichen Schiffbauingenieure Romako und Sunk hervorragend beteiligt waren.

Von den fertigen Panzerschiffen befand sich nur der Drache im Zustand der ersten Reserve, an den übrigen wurden Verbesserungen ausgeführt, deren Notwendigkeit sich aus der letzten Indienststellung ergeben hatte. Auf dem Don Juan d' Austria, der 1864 mit nach der Nordsee geschickt wurde, dort aber gegen die dänische Flotte nicht mehr in Aktion kam, war man dabei, das Vorschiff umzubauen, eine Änderung, der später auch die anderen Schiffe unterzogen werden sollten.

Am 18. April wurde Konteradmiral Tegetthoff zum Kommandanten des Geschwader ernannt, das aber zunächst nur in Verbindung mit der Feldarmee operieren sollte.

Günstiger lagen die Verhältnisse in bezug auf das Material bei der italienischen Flotte, die nicht bloß in bezug auf die Zahl der Schiffe, sondern auch auf die Armierung der österreichischen weit überlegen war, bei der aber der Ausbildung der Mannschaften weniger Sorgfalt zugewendet worden und die Leitung weniger energisch war. Als am 3. Mai die Zusammenstellung einer Operationsflotte angeordnet wurde, deren Befehl Persano übernahm, waren bereits 7 Panzerschiffe ausgerüstet, während als erstes der österreichischen Panzerschiffe der Drache erst am 5. Mai von Pola nach der Reede von Fasano, der österreichischen Operationsbasis, abging.

Am 20. Juni erklärte Italien den Krieg, am 24. Juni schlug die österreichische Armee die italienische bei Custoza, und am 26. Juni erhielt Tegetthoff vom Kommando der österreichischen Südmaree auf eine Anfrage die Antwort: „Der freien Aktion der Escadre kein Hindernis im Weg, nur nicht über Lissa hinaus. Mündung des Po und Küste Venedigs im Auge behalten.“ Schon am Abend des 26. lief Tegetthoff mit 6 Panzerschiffen und der Fregatte Schwarzenberg, sowie mehreren Kanonenbooten und Raddampfern zu einer Rekognoszierung aus und erschien am nächsten Morgen bereits vor Ancona, auf dessen Reede die feindliche Flotte, fast vollzählig, verankert lag. Die Übermacht des Feindes, die Nähe von Küstenbatterien und die Möglichkeit auf Minen zu treffen, ließen einen Angriff nicht ratsam erscheinen und so ging Tegetthoff wieder nach Fasano zurück, wo er am Abend eintraf. Aber auch die Italiener hatten weder einen Angriff noch eine Verfolgung der österreichischen Flotte gewagt.

Vom 8. bis 13. Juli kreuzte Persano in See, und am 18. schritt er endlich auf das Drängen des Königs und der Minister, etwas zu unternehmen, und nachdem seine Flotte durch den inzwischen eingetroffenen Affondatore verstärkt war, zum Angriff auf die in der Mitte der Adria, 30 Seemeilen von der dalmatinischen Küste entfernt gelegene befestigte Insel Lissa. Nachdem die Batterien der Insel am

18. und 19. beschossen worden waren, sollte am 20. die Ausschiffung von Landungstruppen stattfinden, als Tegetthoff mit seinen 7 Panzerschiffen Ferdinand Max, Habsburg, Drache, Prinz Eugen, Don Juan d'Austria, Salamander, Kaiser Max und einer Flotte ungeschützter Holzschiffe, darunter das Linienschiff Kaiser, die Fregatten Novara, Schwarzenberg, Radetzky, Adria, Donau und die Korvette Erzherzog Friedrich, von

zusammen 314 Kanonen, meist glatten 30-Pfündern, zum Entsatz der Insel eintraf. Persano ordnete von den ihm zur Verfügung stehenden 12 Panzerschiffen 8 zur Abwehr des Angriffs in Kiellinie, Principe Carignano, Castelfidardo, Ancona, Re d'Italia, Palestro, San Martino, Re di Portogallo und Maria Pia, und begab sich dann von seinem Flaggschiff Re d'Italia auf den Affondatore, der seitlich hinter der Mitte dieser Linie bereit gehalten wurde, um diese zu unterstützen, wo es notwendig erscheinen sollte. Varese und Terribile sollten sich der Nachhut anschließen. Varese tat dies aber erst später, Terribile verblieb in der Nähe der Holzflotte, wahrscheinlich zum Schutze derselben. Auch Formidabile, der bei der Beschießung der Forts von Lissa stark gelitten und einen

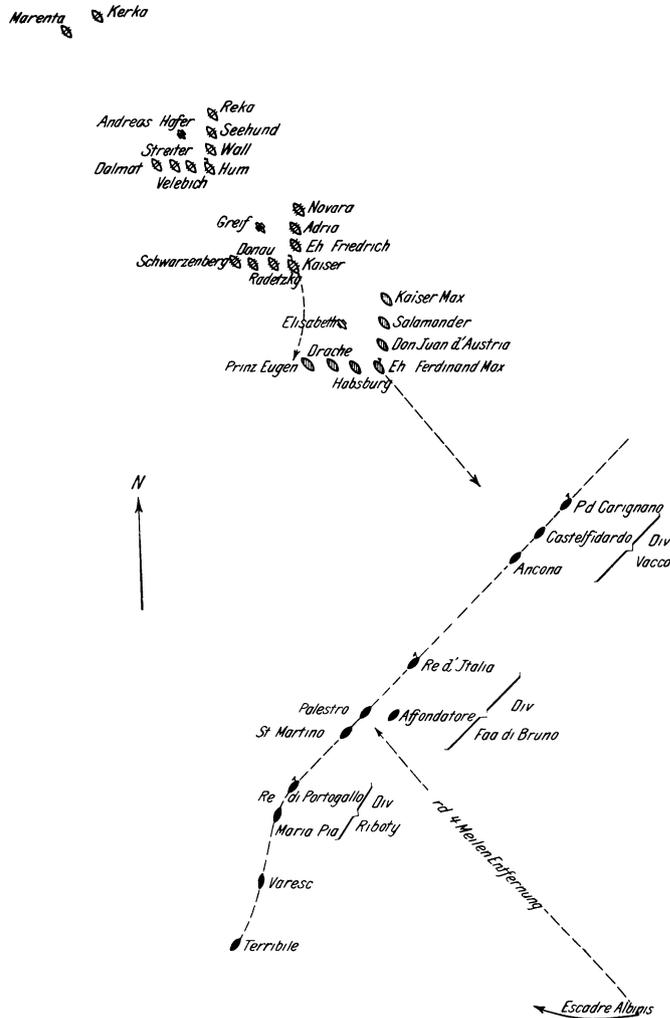


Fig. 78. Formation der Flotten in der Schlacht bei Lissa.

Verlust von 3 Toten und 41 Verwundeten hierbei gehabt hatte, war nicht in die Linie eingerückt. Durch das Anhalten des Re d'Italia war zwischen diesem und den vorderen Schiffen eine Lücke entstanden, in die nun Tegetthoff mit seinem in Keilformation geordneten Panzergeschwader, an dessen Spitze er sich mit seinem Flaggschiff Ferdinand Max gesetzt hatte und dem die Holzschiffe in gleicher Formation mit dem Kaiser als Flaggschiff an der Spitze folgten, eindrang und dann auf die vordere Division Vacca der italienischen Schiffe einschwenkte, während die Holzflotte auf das herankommende Zentrum traf.

In dem nun folgenden Melée, an dem auch die ungepanzerten Schiffe der Österreicher sich hervorragend beteiligten und das herbeizuführen Tegetthoffs Absicht war, wurde *Re d'Italia*, dessen Ruder durch Geschützfeuer oder einen vorhergegangenen Rammstoß havariert war, von Erzherzog Ferdinand Max getroffen und sank innerhalb weniger Minuten, wobei der größte Teil der Besatzung umkam.

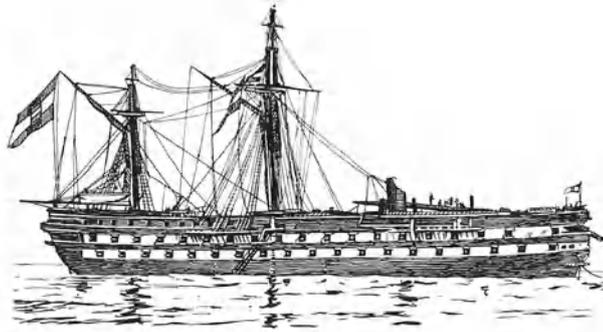


Fig. 79. Linienschiff Kaiser.

Palestro wurde in Brand geschossen und flog nach der Schlacht in die Luft. Auf dem ungepanzerten Linienschiffe *Kaiser*, Fig. 79, erlitt die Besatzung große Verluste, 4 Offiziere und 95 Mann, mehr als die Hälfte des Gesamtverlustes der österreichischen Flotte, der 18 Offiziere und 158 Mann betrug. Bei Ausübung eines Rammstoßes verlor der Großmast des *Kaiser* seinen Halt

nach vorn und fiel nach hinten über den Schornstein. Mannschaften wurden hierbei nur wenig beschädigt, der vordere Teil der Oberdecksbatterie aber außer Gefecht gesetzt. Das Schiff geriet in Brand, der an Umfang zunahm, aber

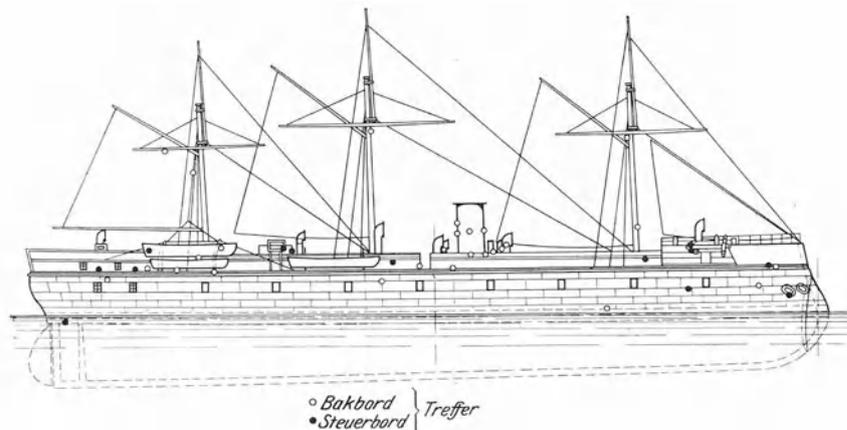


Fig. 80. Erzherzog Ferdinand Max mit den Treffern und der Verletzung des Bugs.

schließlich noch gelöscht werden konnte. Auch die Fregatte *Novara*, die den *Kaiser* nach Kräften unterstützte, hatte namhafte Verluste, 5 Offiziere und 27 Mann, der Kommandant wurde durch eine Kanonenkugel getötet. Auf den übrigen Schiffen der österreichischen Flotte waren die Verluste klein, die Havarien unbedeutend, so daß die Kampffähigkeit nicht beeinträchtigt wurde. Maschinen und Ruder waren in gutem Zustande, von den Geschützen nur 4 demontiert, die steierischen Panzerplatten hatten sich vorzüglich bewährt. Durch den Stoß des *Ferdinand Max*, Fig. 80, waren die Panzerplatten vorn abgedrückt und standen 0,5 vom Schiffe ab. Der Bug leckte, das Schiff nahm stündlich 35 cbm Wasser, das auszupumpen jedoch keine Schwierigkeiten machte. Die Ramme war 2 m tief in

den *Re d'Italia* eingedrungen, die in letzterem entstandene Bresche 12 qm groß, davon die Hälfte unter Wasser.

Von den ungepanzerten Schiffen waren 2 leckgeschossen, doch konnte das eindringende Wasser bewältigt werden, auf mehreren hatten Granaten Brände hervorgerufen, die aber gelöscht werden konnten.

Die Verluste der Italiener betruhen an Offizieren 38 Tote und 4 Verwundete, an Mannschaften 574 Tote und 32 Verwundete. Hiervon entfielen auf den untergegangenen *Re d'Italia* 27 Offiziere und 364 Mann und auf den in die Luft geflogenen *Palestro* 11 Offiziere und 193 Mann. Auch die italienischen Schiffe hatten vielfach Havarien erlitten, besonders der *Re di Portogallo*. Panzerplatten waren mehrfach durchschlagen, gelockert oder verbogen, auf mehreren Schiffen waren Brände zu löschen gewesen. Die Holzschiffe, unter denen 7 Fregatten mit 340 Geschützen waren, beteiligten sich nur wenig am Kampfe. Sie hatten im Anfange der Schlacht das Landungsmaterial einzuschiffen, dann aber scheute wohl auch ihr Befehlshaber Albin den Kampf mit den gepanzerten Schiffen. 10³/₄ Uhr vormittags war das Feuer eröffnet worden, gegen 2 Uhr fielen die letzten Schüsse. Die österreichische Flotte nahm jetzt die Stellung ein, die die italienische bei Beginn der Schlacht gehabt hatte. *Persano*, von der Insel *Lissa* abgedrängt, konnte sich, obgleich noch immer in der Übermacht, zu einer Fortsetzung des Kampfes nicht entschließen und zog nach *Ancona* ab; der Sieg der Österreicher war vollkommen.

Galt bisher für den Kampf zwischen 2 Flotten das Passiergefecht als die Regel, bei dem die Gegner in Linie formiert, die Schiffe sich folgend, aneinander vorbeifuhren und sich beschossen, und war deshalb das Feuer der Schiffe in der Kielrichtung nur schwach entwickelt, so hatte *Tegetthoff* doch mit Rücksicht auf die Überlegenheit der feindlichen Artillerie seine Divisionen in Keilformation geordnet, eine Taktik, die auch *Nelson* gelegentlich schon angewendet hatte. Bei der geringen Treffweite der damaligen Geschütze — die Italiener eröffneten das Feuer etwa auf 1000 m — und der damaligen Langsamkeit des Schießens, sowie infolge der Lockerung der italienischen Linie gelang es ihm, diese zu durchstoßen, ohne vorher Schaden erlitten zu haben, und nunmehr den Rammstoß als Kampfmittel zur Anwendung zu bringen und dadurch die Feuerüberlegenheit der italienischen Schiffe in einem gewissen Grade auszugleichen.

Der hierdurch erzielte Erfolg und der Verlauf des Kampfes wiesen erneut auf die Bedeutung der Ramme und der Drehfähigkeit der Schiffe, sowie auf die Notwendigkeit der Entwicklung des Bug- und Heckfeuers hin. Freilich war der Rammstoß vielfach ohne Erfolg ausgeübt worden, und im Falle des *Kaiser* verlief er zum Nachteil des rammenden Schiffes, das allerdings nicht für das Rammgefecht gebaut war. Der Vorfall mit dem *Re d'Italia* zeigte, daß es notwendig sei, das Ruder und dessen Bewegungsmechanismus besser zu schützen. Der Brand auf dem *Palestro* ergab, daß auch auf Schiffen mit eisernem Rumpf noch so viele brennbare Stoffe verbaut wurden, daß große Feuersbrünste entstehen konnten. Es war dies eine Erfahrung, die noch viele Jahre hindurch nicht hinreichend gewürdigt wurde. Die Aussichtslosigkeit eines Kampfes ungepanzelter Schiffe gegen gepanzerte wurde aufs neue bestätigt, die Holzschiffe hatten die weitaus größten Verluste gehabt.

Das einzige an der Schlacht beteiligte Turmschiff, der *Affondatore*, das neueste, allerdings auch erst seit kurzer Zeit in Dienst gestellte und deshalb noch nicht eingefahrene Schiff, hatte keine besonderen Erfolge aufzuweisen. Dasselbe drehte schlecht, und sein übermäßig langer Sporn hätte ihm selber bei Ausübung eines gelungenen

Rammstoßes leicht gefährlich werden können. Überdies sank das Schiff im Hafen von Ancona bald nach der Schlacht, am 6. August. Es lag auf der Reede von Ancona vor Anker und wurde von einer Böe überrascht, in der es so heftig stampfte, daß Wasser durch die im Zwischendeck liegenden Ankerklüsen eindrang und die vorderen Abteilungen füllte. Es gelang nur noch, das Schiff in den Hafen zu bringen. Am 26. Oktober 1866 wurde es durch den Ingenieur Mardea wieder gehoben.

Ein nicht zu übersehender Faktor war in dem Kampfe das Gewehrfeuer gewesen, durch das viele Verluste herbeigeführt wurden.

Endlich lehrte die Schlacht von Lissa, daß auch für den Ausgang eines Kampfes zwischen Panzerschiffen die Überlegenheit des Materials keineswegs allein entscheidend sei, daß vielmehr auch hier Tatkraft, Entschlossenheit und Geschick der Führer, Ausbildung und Opferwilligkeit der Besatzungen dem numerisch beträchtlich schwächeren Gegner zum Siege verhelfen können.

7. Die erste Panzerflotte Dänemarks.

Die dänische Flotte war zur Zeit der Einführung der Panzerung viel stärker als die Preußens, aber bei einem Kampfe mit Deutschland um den Besitz der Herzogtümer Schleswig und Holstein, der damals schon unvermeidlich erschien,

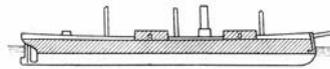


Fig. 81. Rolf Krake (1863).

D = 1344 t, L = 56,4 m, B = 11,5 m,
T = 3,2 m.

mußte Dänemark damit rechnen, daß ihm außer der preußischen auch die österreichische Flotte gegenüberstehen würde, und so wandte es sich ebenfalls sehr bald dem Panzerschiffbau zu und verfügte schon während des Krieges von 1864 über 3 Panzerfahrzeuge, Rolf Krake, Absalon und Esbern Snare.

Rolf Krake, Fig. 81, der durch seine Teilnahme an der Verteidigung der Düppelstellung und der Insel Alsen bekannt wurde, war ein niederbordiges Turmschiff von 1344 t Displacement und wurde von der Firma Napier and Sons in Glasgow unter Mitwirkung des Kapitän Coles gebaut. Es lief im Mai 1863 vom Stapel und war wahrscheinlich schon Ende 1861, also in der Zeit, in der der Monitor entstand, in Bestellung gegeben worden und somit eines der ersten in Europa gebauten Turmschiffe. Das Schiff war aus Eisen, hatte einen durchlaufenden Gürtel von 114 mm Panzerdicke und 2 Drehtürme Colesschen Systems von gleicher Panzerdicke, die mit je einem 20,3 cm-Armstronggeschütz armiert waren und deren Pforten 1,4 m über Wasser lagen. Es war als Dreimastgaffelschoner getakelt und lief unter Dampf mit einer Maschinenleistung von 750 PS gegen 7,5 Knoten.

Absalon und Esbern Snare waren zwei eiserne kleine Küstenverteidiger von 527 t Displacement, die einen schmalen Panzergürtel von nur 52 mm Dicke hatten und mit je 3, in der Mittellinie des Decks aufgestellten 14 cm-Kanonen armiert waren. Ihre Geschwindigkeit betrug gegen 10 Knoten.

Im Kriege von 1864 waren die preußischen Schiffe von der dänischen Flotte blockiert, die 3 Panzerfahrzeuge konnten sich deshalb ungestört an der Verteidigung der Düppelstellung und der Insel Alsen beteiligen. Am 18. Februar beschloß Rolf Krake auf 1400 Schritt Entfernung die am 17. von den preußischen Truppen über den Eckensund gebaute Pontonbrücke und die zum Schutz derselben am Strand der Flensburger Förde errichteten, mit gezogenen Kruppschen 12-Pfündern armierten Batterien. Nach 1½stündigem Kampfe zog er sich zurück, ohne nennenswerten Schaden angerichtet zu haben. Die Geschosse der preußischen Geschütze hatten allerdings, wie auch zu erwarten gewesen war, seinen Panzer, der mehr als 60mal ge-

troffen wurde, nicht durchschlagen, aber doch nicht unerhebliche Zerstörungen am Schiffe angerichtet. Schornstein und Masten wurden mehrfach durchschossen, das Deck aufgerissen, Granatsplitter waren durch die Geschützportfenster in die Türme eingedrungen und hatten im vorderen Turm den Leutnant Maribo, im hinteren einen Artilleristen verwundet.

Am 28. März beschoß Rolf Krake den rechten Flügel der zur Gewinnung von Terrain zum Ausheben der ersten Parallele gegen die Düppeler Schanzen vorgehenden preußischen Truppen aus nächster Nähe von Wenningbund aus mit Kartätschen und zwang denselben zurückzugehen, konnte jedoch auch hier die Weiterentwicklung der Belagerung schließlich nicht aufhalten.

Die Preußen sperrten das Fahrwasser im Wenningbund durch Fischnetze, die dem Rolf Krake die Bewegungsfreiheit nahmen. Das Schiff versuchte diese Netze zu beseitigen, geriet aber noch am 18. April, dem Tage des Sturmes auf die Schanzen, in ein solches. Hierdurch aufgehalten, erhielt er einen Schuß, der durch das Deck in den vorderen Mannschaftsraum eindrang und den Leutnant Jespersen tötete und 9 Mann verwundete.

Vor dem Übergang der Preußen nach Alsen, der am 29. Juni morgens um 2 Uhr begann und am nördlichen Ausgang des Alsensundes stattfand, lag Rolf Krake in der Augustenburger Förde. Er dampfte heran und lag um 3 Uhr vor dem Sund und beschoß die die Truppen übersetzenden Boote mit Kartätschen, schoß aber zu hoch, so daß er auch hier nur sehr geringen Schaden anrichtete.

Von 16 gezogenen Geschützen, darunter mehreren 24-Pfündern (15 cm-Kanonen), der zahlreichen zum Schutz des Übergangs errichteten Batterien beschossen, zog er sich nach halbstündigem Kampfe wieder zurück. In die Sturmkolonnen hineinzu fahren, hatte er nicht gewagt, wahrscheinlich aus Besorgnis, von den Booten geentert zu werden.

Die erste Panzerfregatte, den Danebrog, verschaffte sich Dänemark 1863 durch Umbau eines bereits 1850 vom Stapel gelaufenen Segellinienschiffes. Das Displacement betrug 3057 t, der Panzer war 114 mm dick, die Geschwindigkeit betrug 9 Knoten.

Eine zweite, wohl ebenfalls durch Umbau entstandene Fregatte, war der Peder Skram von 3374 t, der 1859 auf Stapel gelegt und 1864 zu Wasser gelassen wurde. Der Panzer war in der Wasserlinie 127 mm, in der Batterie 114 mm dick, die Bestückung bestand aus 8 Armstrongkanonen von 20 cm und 8 glatten 15 cm-Geschützen. Das Schiff war vollgetakelt und lief unter Dampf 11,5 Knoten.

Die Panzerfregatte Danmark von 4784 t wurde von Thompson in Glasgow gebaut und lief 1864 vom Stapel. Sie war ebenfalls ein Batterieschiff, aber mit eisernem Rumpf und bis 3,6 m hinter dem Vorsteven bis zum Oberdeck gepanzert. Vorn schloß ein Querschott die Panzerung ab. Die größte Panzerdicke betrug 114 mm, die Bestückung bestand aus 12 Armstrongkanonen von 20 cm und 12 glatten 15 cm-Geschützen. Das Schiff war vollgetakelt, seine Geschwindigkeit unter Dampf aber sehr gering, sie betrug nur 8 Knoten. 1866 wurde der Bau des Lindormen von 2076 t und 1867 der des Gorm von 2334 t in Kopenhagen begonnen. Beide waren niederbordige Einturmschiffe mit eisernem Rumpf.

Der Turm des Lindormen, dessen Panzerdicke 140 mm betrug, war mit 2 Armstrongkanonen von 23 cm bestückt, der des Gorm, dessen Panzer eine Dicke von 203 mm hatte, mit 2 Armstronggeschützen von 26 cm. Die Maximaldicke der Seitenpanzerung betrug 140 mm für Lindormen, 178 für Gorm. Die Fahrzeuge erreichten eine Geschwindigkeit von 12 Knoten, der Kohlenvorrat belief sich auf nur 120 t.

8. Die erste Panzerflotte Preußens, des Norddeutschen Bundes und Deutschlands.¹⁾

Die preußische Marine hatte zu der Zeit, in der man in Frankreich den Bau von Hochseepanzerschiffen plante, den Bau von Dampfkorvetten begonnen, deren erste, die Arkona, im Mai 1858 auf der königlichen Werft zu Danzig vom Stapel lief.

Die erneuten energischen Bemühungen der Marineverwaltung, die mit dem Regierungsantritt König Wilhelms I. einsetzten, fanden jedoch einen heftigen Widerstand im preußischen Landtage seitens der liberalen Partei, obgleich bei der Stellungnahme Dänemarks gegen die Herzogtümer Schleswig-Holstein ein Konflikt Deutschlands mit diesem Staate über kurz oder lang zu erwarten war. So kam es, daß Preußen der Beschaffung gepanzerter Schiffe verhältnismäßig spät näher trat, daß es der dänischen Flotte bei Ausbruch des Krieges von 1864 nicht einmal einen gepanzerten Küstenverteidiger entgegenstellen konnte, während diese bereits im Besitz des Rolf Krake und zweier kleinerer Panzerfahrzeuge war.

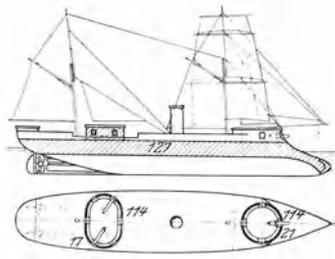


Fig. 82 u. 83. Prinz Adalbert (1865).

D = 1428 t, L = 52,4 m, B = 9,73 m,
T = 5 m, 1200 PS.

Das erste Panzerschiff der preußischen Marine war der Arminius von 1583 t, ein dem dänischen Rolf Krake sehr ähnliches niederbordiges Turmschiff mit eisernem Rumpf, das am 20. August 1864 bei Samuda in London vom Stapel lief. Die Freibordhöhe desselben betrug etwa 1 m, die Dicke der Panzerung in den Seiten 114 mm. Zur Erhöhung der Seefähigkeit war ein niederklappbares Schanzkleid vorgesehen. Die beiden nach dem Collesschen System gebauten Türme waren mit je 2 Kruppschen gezogenen 21 cm-Ringkanonen armiert und um die Pforten mit 190 mm dicken Platten, im übrigen Teil

mit solchen von 114 mm Dicke gepanzert. Hinter dem vorderen Turme stand ein Kommandoturm, dessen Panzerdicke ebenfalls 114 mm betrug. Bei einer Maschinenleistung von 1200 PS lief das Fahrzeug 10,5 Knoten.

Ein zweiter gepanzerter Küstenverteidiger, Prinz Adalbert, Fig. 82 und 83, ging 1865 in den Besitz der preußischen Flotte über. Derselbe war während des amerikanischen Krieges für die konföderierten Staaten gebaut und wurde für den Preis von 1862571 M. erstanden. Er hatte einen vorderen festen Turm mit 3 Pforten, in dem ein Kruppsches 21 cm-Geschütz aufgestellt war, und einen hinteren, mit 2 Kruppschen 17 cm-Kanonen armierten.

Die Kriegsergebnisse von 1864 hatten deutlich genug die Unzulänglichkeit des Flottenmaterials gezeigt, aber trotzdem verweigerte der Landtag noch in den Sitzungen im Anfange des Jahres 1865 seine Zustimmung zu den Flottenplänen der Regierung, und diese sah sich, nachdem der Erlaß eines Etatsgesetzes unmöglich geworden war, genötigt, sämtliche Ausgaben auf ihre alleinige Verantwortung zu leisten. Auch in den Etatsverhandlungen im Anfange des Jahres 1866 konnte eine Verständigung noch nicht herbeigeführt werden, und erst nach dem Kriege mit Österreich bewilligte der Landtag die Mittel für die bereits in Bau gegebenen Panzerfregatten Friedrich Karl und Kronprinz und zum Ankauf der Panzerfregatte König Wilhelm.

¹⁾ Rudloff: „Die Entwicklung des schwimmenden Materials der deutschen Marine“ in „Deutscher Schiffbau 1908“.

Mit der Begründung des Norddeutschen Bundes, 1867, wurde für die Bundesmarine, die unter den Befehl des Königs von Preußen gestellt wurde, und in der die preußische Marine aufging, die Zahl der Panzerschiffe zunächst auf 6 festgestellt, später aber die Mittel für 3 weitere, Großer Kurfürst, Friedrich der Große und Preußen, bewilligt, mit deren Bau 1870 begonnen wurde.

1873 endlich fand eine definitive Regelung des Schiffsbestandes der ersten Flotte des Deutschen Reiches nach den Vorschlägen des Generals v. Stosch statt.

Die erste Panzerfregatte, Friedrich Karl, wurde von den Forges et Chantiers zu La Seyne bei Toulon gebaut. Sie war ein eisernes Breitseekasemattschiff von 6000 t Displacement und lief am 16. Januar 1867 vom Stapel. Der durchlaufende Gürtel, dessen größte Dicke 127 mm betrug, reichte 1,83 m über und ebensoviel unter Wasser, und über demselben erhob sich die Kasematte, deren Panzerschutz 115 mm dick war. Die Armierung bestand aus 16 Kruppschen 21 cm-Hinterladeringkanonen, von denen 14 in der Kasematte, eine im Bug hinter einem Panzerschild und eine im Heck aufgestellt war. Das Schiff hatte eine Barktakelage, deren Segelfläche 2010 qm groß war, etwa das 21 fache des Hauptspantareals, das 97,2 qm betrug. Die Maschine trieb eine vierflügelige Griffithschraube und erteilte dem Schiffe bei einer Leistung von 3500 PS eine Geschwindigkeit von über 13,5 Knoten. Die Baukosten beliefen sich auf 6 453 296 M.

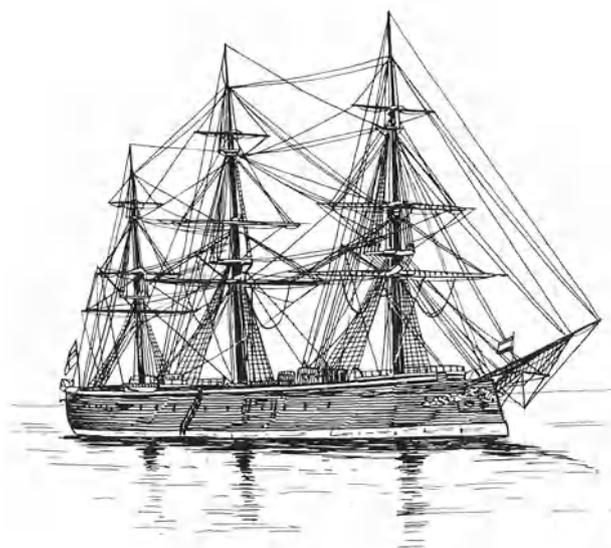


Fig. 84. König Wilhelm (1868).

Während der Überführung von Toulon nach Deutschland verlor Friedrich Karl am 19. Oktober 1867 bei heftigem Schlingern in hoher Dünung und hierdurch entstandenes Recken der Wanten, zuerst den eisernen Fockmast und dann den eisernen Großmast, ohne indes weiteren Schaden zu erleiden. Wahrscheinlich war das Schiff im Zustande der Überführung zu steif, an seiner Ausrüstung fehlte noch die gesamte Armierung.

Die Panzerfregatte Kronprinz, die von Samuda in Poplar bei London gebaut wurde, hatte ein Displacement von 5600 t und war in bezug auf Panzerung, Armierung und Takelage nur wenig vom Friedrich Karl verschieden. Die Maschinenleistung betrug bei den Probefahrten 4800 PS und erteilte dem Schiffe eine Geschwindigkeit von 14 Knoten. Die Baukosten beliefen sich auf 6 296 721 M.

Bemerkenswert ist die kurze Bauzeit, in der das Schiff entstand. Im Februar 1866 wurde der Kiel gelegt, am 7. Mai 1867 erfolgte der Stapellauf und am 19. September die Übergabe, bei der allerdings die Geschütze noch fehlten.

Erheblich größer als seine beiden Vorgänger und eins der stärksten Schiffe seiner Zeit war der König Wilhelm, Fig. 84 bis 86, dessen Displacement 9754 t

betrug. Er wurde von den Thames Iron Works nach Plänen von Reed für türkische Rechnung in Bau genommen, aber noch vor seinem Ablauf, 25. April 1868, vom Norddeutschen Bund angekauft, da die türkische Regierung ihren Vertrags-

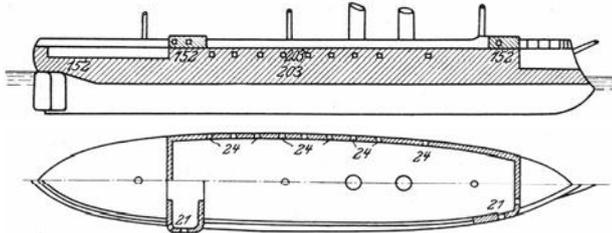


Fig. 85 und 86. König Wilhelm (1868).

$D = 9754 \text{ t}$, $L = 105,23 \text{ m}$, $B = 17,83 \text{ m}$, $T_h = 8,07 \text{ m}$, $T_v = 7,4 \text{ m}$,
Hauptspant $120,7 \text{ qm}$.

2 im Bug, 1 im Heck und 2 in halbrunden, festen Türmen an der Schiffsseite über dem hinteren Ende der Kasematte. Die Feuerhöhe der Kasemattgeschütze betrug

3,5 m. Der durchlaufende, bis zum Batteriedeck reichende Gürtel hatte, ebenso wie der Kasemattpanzer, eine Maximaldicke von 203 mm. Das Schiff war voll getakelt mit einer Segelfläche von 2600 qm, seine Geschwindigkeit unter Dampf betrug bei einer Maschinenleistung von 8000 PS über 14 Knoten.

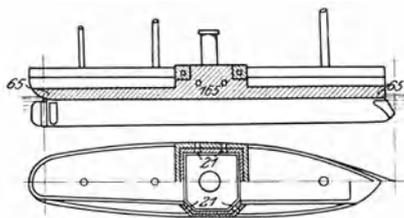


Fig. 87 und 88. Hansa (1872).

$D = 3610 \text{ t}$, $L = 68,4 \text{ m}$, $B = 14,1 \text{ m}$, $T_h = 6,5 \text{ m}$,
 $T_v = 5,4 \text{ m}$.

Die Panzerkorvette Hansa, Fig. 87 und 88, war das erste in Deutschland gebaute Panzerschiff. Sie hatte ein Deplacement von 3610 t, wurde 1868 von der Kgl. Werft in Danzig

in Bau genommen und lief am 18. Oktober 1872 vom Stapel. Ihre Armierung bestand aus 8 Kanonen von 21 cm, davon 4 in der Kasematte in Breitseiteaufstellung

und 4 an Oberdeck über der Kasematte, die in der Kielrichtung feuern konnten und zu deren Schutz die Seitenpanzerung der Kasematte erhöht und vorn und hinten durch Panzerflanken erweitert war.

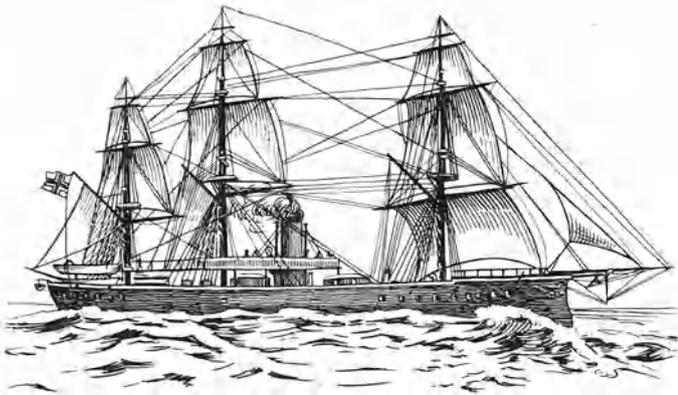


Fig. 89. Preußen.

Rumpf war mit Ausnahme des ungepanzerten Teils vor und hinter der Kasematte aus Holz gebaut und im Boden gekupfert, um das Schiff auch im Ausland verwenden zu können. Die Ausführung des eisernen Teils und die Panzerung, sowie der Bau der Maschinenanlage übernahm die Aktiengesellschaft Vulcan, da die

Die größte Dicke der Gürtelpanzerung betrug 152 mm, die Panzerdicke der Kasematte 117 mm. Der

Werft zu Danzig für den Eisenbau noch nicht eingerichtet war. Die Geschwindigkeit betrug bei 3000 PS 12 Knoten.

Am 17. Juli 1869 wurde der Kriegshafen an der Jade, Wilhelmshaven, eingeweiht, und auch die Arbeiten an der Kieler Förde waren so weit gediehen, daß die beiden neuen Staatswerften den Bau großer eiserner Schiffe aufnehmen konnten.

Wilhelmshaven wurde die Ausführung von Großer Kurfürst und Kiel die von Friedrich der Große übertragen. Etwas später erhielt die Aktiengesellschaft Vulcan den Auftrag zum Bau der Preußen, Fig. 89 bis 91. Die Fertigstellung der Schiffe, die gleichen Modells waren, verzögerte sich durch die Kriegsereignisse und für die Staats-

werften, besonders Wilhelmshaven, auch durch den Mangel an geeigneten Handwerkern, der erst durch Zuzug allmählich gedeckt werden konnte. Am günstigsten lagen die Verhältnisse beim Vulcan, der den Eisenschiffbau schon seit einer Reihe von Jahren betrieb und deshalb sein Schiff zuerst, 1873, vom Stapel lassen konnte, während Friedrich der Große 1874, Großer Kurfürst erst 1875 ablief.

Das Displacement der 3 Schiffe, die einen verkleinerten Monarchtyp darstellen, betrug 6770 t, ihre Armierung bestand aus 4 Kanonen von 26 cm in 2 mitschiffs aufgestellten Türmen und je einer 17 cm-Kanone im Heck und Bug.

Die Panzerdicke der Türme betrug 254 mm, die des Gürtels 229 mm, die der Zitadelle 203 mm. Die Schiffe waren vollgetakelt und liefen unter Dampf mit 5400 PS 14 Knoten. Großer Kurfürst ging am 11. Mai

1878 bei Folkestone verloren. Er wurde bei Geschwaderübungen mit Preußen und König Wilhelm von diesem infolge eines mißverstandenen Ruderkommandos gerammt, kenterte und sank, da die Verbindungstüren der Wallgangszellen nicht geschlossen waren und dadurch nicht allein der Wallgang der gerammten Seite in seiner ganzen Länge voll lief, sondern auch das Wasser aus demselben in den Maschinenraum eindrang.

Eine der Ursachen der Katastrophe war wohl auch die beschleunigte Indienststellung des Schiffes, dessen Fertigstellung sich bis zum Frühjahr 1878 verzögert hatte.

Wie über den ersten Turmschiffen überhaupt, so herrschte auch über diesem Geschwader ein Unstern. Friedrich der Große, der zu demselben stoßen sollte, erlitt eine schwere Havarie im Belt und mußte nach Kiel zurückkehren.

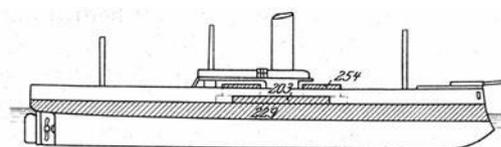


Fig. 90. Preußen (1873).

$D = 6770$ t, $L = 93,6$ m, $B = 16,32$ m, $T_h = 7,5$ m, $T_v = 7,01$ m,
Hauptspant 106 qm.

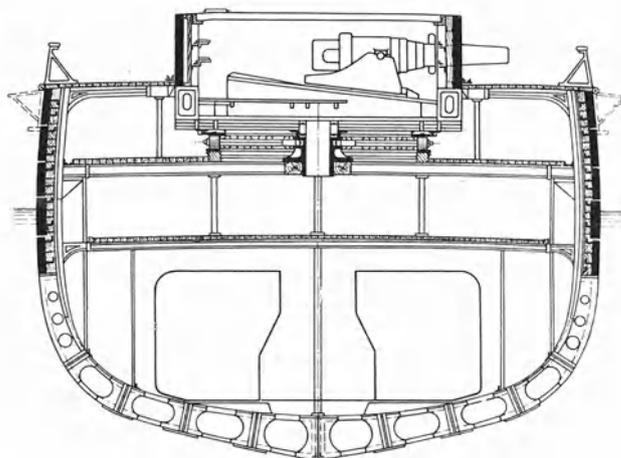


Fig. 91. Preußen (Querschnitt.)

Ogleich man dem Konstrukteur der 3 Turmschiffe, dem Geheimen Admiralitätsrat Koch, keine Schuld an der Katastrophe beimessen konnte und durch Modellversuche die Richtigkeit seiner Rechnungen bestätigt wurde, gaben Verwaltungsmaßregeln, nach denen zur Vermeidung solcher Unglücksfälle eine technische Kontrolle der Schiffsentwürfe durch weitere technische Instanzen erfolgen sollte und dem Konstrukteur die Überwachung der Bauausführung genommen wurde, Veranlassung zum Rücktritt des verdienten und energischen Koch von seiner Stellung.

Der deutsch-französische Krieg von 1870/71.

Man ersieht aus der Beschreibung der Entwicklung der beiderseitigen Panzerflotten, in welcher Übermacht die französischen Seestreitkräfte waren.

Der Norddeutsche Bund verfügte in den deutschen Gewässern über die Panzerfregatten König Wilhelm, Prinz Friedrich Karl und Kronprinz und über die kleinen Turmschiffe Arminius und Prinz Adalbert. Hierzu kamen an ungepanzerten Schiffen die gedeckte Korvette Elisabeth, die in Kiel lag und die Glatdeckskorvette Nympe in Danzig und etwa 20 Kanonenboote, sowie die Avisos Adler, Falke und die königliche Jacht Grille. Einige weitere Korvetten waren in Reparatur oder in der Ausrüstung begriffen, die gedeckte Korvette Hertha und die Glatdeckskorvette Medusa nach Japan, die gedeckte Korvette Arcona nach der westafrikanischen Küste, das Kanonenboot Meteor nach Westindien entsendet. Vor Ausbruch des Krieges hatte man die 3 Panzerfregatten und das Turmschiff Prinz Adalbert zu einem Geschwader unter dem Befehl des Admirals Prinz Adalbert zusammengezogen, welches Übungen im Atlantischen Ozean vornehmen sollte. Dasselbe war bis Plymouth gekommen, kehrte aber am 13. Juli um, nachdem es dort erfahren, daß der Krieg unvermeidlich sei, und traf am 16. Juli wieder in Wilhelmshaven ein. Die Schiffe waren in keiner besonders guten Verfassung. Der Prinz Friedrich Karl hatte zwei Schraubenflügel verloren, wodurch seine Geschwindigkeit beträchtlich vermindert wurde, und bei den beiden anderen Fregatten machten Maschinenschäden die völlige Ausnutzung der Maschinenleistung unmöglich. König Wilhelm hatte einen Riß in einem Zylinder, auf Kronprinz liefen sich die Lager der Schraubenwelle beim Forcieren der Maschine warm. Das Turmschiff war damals schon in einem defekten baulichen Zustande und überhaupt eine Erwerbung von sehr geringem Werte.

Die Küstenbefestigungen an der Jade und der Kieler Förde waren noch keineswegs fertiggestellt, man armierte sie so schnell als möglich und so gut es ging. Die französische Flotte war ebenso wie die Armee von dem Ausbruch des Krieges überrascht worden und ebensowenig vorbereitet wie diese.

Bei Beginn des Krieges befanden sich im Dienst: Magnanime, Provence, Heroine, Couronne, Montcalm und Atalante, die im Mittelmeer zu einem Geschwader unter dem Vizeadmiral Fourichon vereinigt waren, das die Belliqueuse nach der Levante detachiert hatte, im Kanal standen Gauloise, Flandre und Thétis unter dem Befehl des Konteradmirals Dieudonné, während Alma sich auf der Ausreise nach China befand. In Reserve oder in Fertigstellung begriffen waren Magenta, Solferino, Ocean, Guyenne, Revanche, Savoie, Surveillante, Gloire, Invincible, Valeureuse, Armide, Jean d'Arc. Die älteren Schiffe waren vor kurzer Zeit mit schwereren Geschützen neu bestückt worden. Zu einem Kampfe auf hoher See waren alle diese Schiffe wohl geeignet, zum Angriff auf Küsten ihres großen Tiefganges wegen aber nicht.

Frankreich hatte beim Ausbau seiner Panzerflotte sich zu sehr auf einen Krieg

mit England eingerichtet, die Erfahrungen des Krimkrieges zu wenig berücksichtigt.

Zum Angriff auf Küstenbefestigungen war eine Anzahl älterer Panzerbatterien vorhanden, deren Panzer aber nicht genügte, der Artillerie von 1870 zu widerstehen. Hierzu kamen die in Amerika beschafften Rochambeau und Onondaga, von denen letztere einen Tiefgang von nur 4,5 m hatte und die Turmschiffe Taureau von 5,5 m und Cerbère von 6 m Tiefgang, von denen das erste aber nur mit 1 Kanone, das andere mit nur 2 Kanonen bestückt war. Auch der Tiefgang des Rochambeau betrug 6 m.

Am 15. Juli bewilligte die Kammer der Marine einen Kredit von 16 Mill. Fr., und eifrig arbeitete man nun an der Ausrüstung der Flotte, deren Basis Cherbourg sein sollte. Aber überall zeigten sich Schwierigkeiten und auch die Einberufung der Seeleute verzögerte sich sehr. Am 22. Juli wurde Vizeadmiral Bouët-Villaumez als Chef der Schlachtflotte berufen, die außer einer Zahl ungepanzelter Schiffe 14 Panzerschiffe umfassen und der eine zweite Flotte von Küstenverteidigern und Transportschiffen unter Vizeadmiral La Roncière Le Noury folgen sollte, mit einem Landungskorps von 30 000 Mann unter Bourbaki. Bouët eilte nach Cherbourg, fand aber nur das kleine Geschwader unter Dieudonné vor, an der Bemannung der gesamten Flotte fehlten 800 Offiziere und 10 000 Seleute. Er wählte nunmehr 7 Panzerschiffe, Surveillante als Flaggschiff, Gauloise, das Flaggschiff von Dieudonné, Guyenne, Flandre, Ocean, Thetis und Jeanne d'Arc und einen Aviso und ging mit denselben am 24. Juli in See, in der Hoffnung, das deutsche Geschwader zu treffen, von dem er annahm, daß es noch im Kanal kreuze. Als ihm dasselbe nicht begegnete, dampfte er nach der Nordsee, um es dort zu vernichten. Die Verhältnisse lagen für einen Angriff auf die Jade noch günstig, die Feuerschiffe waren noch nicht eingezogen, Baken und Seezeichen noch vorhanden, Minen im Fahrwasser noch nicht ausgelegt, die Befestigung noch nicht annähernd beendet. Aber Bouët unternahm keinen Angriff, sondern ging nach dem Kattegat, um von hier aus nach Auffüllen der Bunker sich wieder gegen die Jade zu wenden. Am 28. Juli war er um Skagen herumgekommen. Vergeblich bemühte sich der zum Abschluß eines Bündnisses mit Dänemark nach Kopenhagen gesandte Herr de Cadore, ihn zum Eindringen in die Ostsee zu bewegen, um Dänemark aus seiner Neutralität herauszureißen. Er richtete seiner Instruktion gemäß seine Aufmerksamkeit weiter gegen die Jade und entsandte nur die Thétis nach der dänischen Hauptstadt, erhielt dann aber auf eine Anfrage vom 28. Juli vom Marineminister am 2. August die Anweisung, in der Ostsee zu operieren.

Inzwischen war das Mittelmeergeschwader, das die algerischen Truppen nach Frankreich übergeführt hatte und nachdem Verwicklungen mit Spanien nicht mehr zu befürchten waren, nach Brest unter Zurücklassung dreier Panzerschiffe beordert worden, wo es Ende Juli eintraf, und am 8. August dampfte Fourichon mit den Panzerschiffen Magnanime, Provence, Heroïne, Couronne, Valeureuse, Revanche, Invincible, Atalante und 4 kleineren Fahrzeugen nach der Nordsee. Am 11. August traf er bei Helgoland ein. Er fand eine unzugängliche Küste, die ohne Lotsen und ohne flachgehende Panzerschiffe kaum anzugreifen war und mußte sich auf die Blockade der Jade beschränken, die außerdem noch anstrengend genug war. England erlaubte nicht, Helgoland als Kohlenstation zu benutzen, und so mußten die Kohlen auf offener See den Schiffen, deren Bunker überdies nicht geräumig waren, zugeführt werden, eine Arbeit, die schon bei glatter See sehr schwierig war. Gegen Ende August

wehten starke Westwinde, die das Bekohlen noch mehr erschwerten, und Anfang September wurde das Wetter so schlecht, daß die Schiffe die Anker lichten und in See dampfen mußten.

Fourichon ging am 12. September nach Cherbourg, wo er Kenntnis von der Proklamierung der Republik und seine Berufung als Marineminister erhielt. Hinfort kreuzten 2 Geschwader, die einen Teil ihrer Besatzungen zur Verteidigung von Paris hatten abgeben müssen, eins bei Dünkirchen, eins vor der Jade, die sich gegenseitig ablösten.

In der Ostsee kam es ebenfalls zu keinen Ereignissen von Bedeutung. Dem Arminius, der am 26. Juli von Kiel auslief, gelang es, unter dem Schutz der Küste an dem französischen Geschwader vorbeizukommen und die Elbmündung zu erreichen, die er gemeinsam mit dem Turmschiff Prinz Adalbert verteidigen sollte. Zu einem Angriff auf den Kieler Hafen, der durch Minen gesperrt war und dessen Batterien nach Meinung der Franzosen für den Angreifer ungünstig hoch lagen, kam es nicht, ebensowenig zu einem solchen auf die Seebefestigungen bei Danzig, da dieselben nur aus einer Entfernung von 4000 m und nur mit den wenig zahlreichen Decksgeschützen beschossen werden konnten. Auch Unternehmungen gegen Düppel, Alsen, Eckernförde, Neustadt boten keine Aussichten oder waren bei dem Fehlen von Landungstruppen zwecklos; nur Colberg schien ein passendes Angriffsobjekt zu sein. Überall machte sich der große Tiefgang der französischen Schiffe unvorteilhaft geltend, und Ocean und Flandre wurden, ersterer wegen seines zu großen Tiefgangs, letztere wegen einer Maschinenhavarie, zurückgezogen und durch Rochambeau und Armide ersetzt.

Eine erste, schon vorbereitete Demonstration gegen Colberg unterblieb infolge einer Depesche, die Bouët am 13. August erhielt, nach der das deutsche Geschwader die Jade verlassen und sich der Ostsee zugewendet haben sollte. Durch diese Mitteilung wurde Bouët veranlaßt, mit seiner Flotte sofort nach dem Belt zu dampfen.

Die deutsche Panzerflotte war indes nicht ausgebrochen, sondern wurde vom 12. August ab durch Fourichon mit 7 Panzerschiffen eingeschlossen.

Sobald Bouët sicher war, daß er von Norden nichts zu befürchten habe, ging er zur Blockade der wichtigsten preußischen Häfen wieder zurück, er selbst kreuzte mit der Survaillante und der Thëtis auf hoher See. Als er bei einer Untersuchung der Danziger Reede vor Anker gegangen war, wurde er von der Korvette Nympe in der Nacht vom 30. August überraschend angegriffen. Nympe gab zwei Salven gegen die französischen Schiffe ab und kehrte dann wieder in den Hafen von Danzig zurück.

Am 5. September erhielt Bouët die Nachricht von der Gefangennahme Napoleons, und er beorderte nun seine Schiffe zur Vereinigung im Belt bis zum Eingang neuer Instruktionen von Paris. Solche trafen am 9. ein und befahlen, die Blockade fortzusetzen und alles zur Schädigung des Feindes zu tun. Am nächsten lag wieder die Beschießung von Colberg, die aber auch diesmal nicht zur Ausführung kam, und zwar zunächst infolge eines heftigen Nordoststurms, dann aber durch die Nachricht, daß die Blockade der Jade aufgehoben, Fourichon mit seinem Geschwader wieder in Cherbourg eingelaufen sei. Bouët ging wieder nach dem Belt und erhielt dort den Befehl, seine Flotte unter Passierung der Jade nach Frankreich zurückzuführen. Am 25. September traf er vor der Jade ein, blieb dort einen Tag und setzte dann die Reise nach Cherbourg fort, wo er am 29. September eintraf.

Vom Dezember ab wurde das vor der Jade kreuzende Geschwader zurückgezogen und die Überwachung der Nordsee bis zum Ende des Krieges dem Geschwader von Dünkirchen und einigen größeren ungepanzerten Schiffen übertragen.

Am 9. November bestand das Kanonenboot Meteor unter Kommando des Kapitänleutnants Knorr vor Havanna einen Kampf mit dem Bouvet, der gezwungen wurde, sich auf neutrales Gebiet zu flüchten. Die Glattdeckskorvette Augusta entkam der Blockade in der Nordsee, kreuzte in der Bay von Biscaya und nahm drei französische Handelsschiffe, bis sie in Vigo von französischen Kriegsschiffen blockiert wurde.

Die Schifffahrt hatte die Blockade in der Nord- und Ostsee nicht übermäßig geschädigt; da der französischen Flotte nur wenige schnelle Fahrzeuge zur Verfügung standen und die tiefgehenden Panzerschiffe den Küsten fernbleiben mußten, war der Verkehr von denselben auch nur wenig gestört worden. Im ganzen sollen 80 deutsche Schiffe in einem Werte von 8,6 Mill. M. aufgebracht worden sein.

Zusammenfassende Übersicht über die weitere Entwicklung.

Die vorstehenden Ausführungen werden gezeigt haben, in wie inniger Wechselwirkung die Fortschritte der Technik mit den Erfahrungen der Kriegspraxis stehen. Nur die Anfänge der Panzerflotten konnten hier geschildert werden. Welch gewaltige Ingenieurarbeit aber hier zu verrichten war, geht deutlich aus der Entwicklung hervor. Unsere Zeit hat, auf den großen Leistungen der hier genannten Männer weiterbauend, die Entwicklung der Panzerflotten gewaltig gefördert.

Durch Verwendung des Schiffbaustahls, eines weichen Flußeisens, dessen absolute Festigkeit die des früher benutzten Schweißeisens um mehr als $\frac{1}{5}$ übertrifft, durch zweckmäßigere Verwendung des Baustoffes und eine sorgfältigere Durcharbeitung aller Einzelheiten ist es möglich geworden, das Rumpfgewicht der Linienschiffe mit seinen Einrichtungen für die Besatzung und den Hilfsmaschinen für den Schiffsbetrieb auf etwa $\frac{1}{3}$ des Deplazements zu beschränken.

Und dieser Fortschritt ist um so bemerkenswerter, als die Anforderungen an die Einrichtungen der Schiffe sich mehr und mehr steigerten. Koch- und Backapparate, Lazareth-, Bade-, Wasch- und Klosetteinrichtungen, die auf den alten Schiffen in den ursprünglichsten Formen zur Anwendung kamen, wurden in einer Weise ausgebildet, daß sie mit den besten Einrichtungen an Land wetteifern können. Hierdurch und durch die Einführung der Dampfheizung, der elektrischen Beleuchtung und einer sorgfältigen Lüftung der Schiffsräume wurde das Wohlbefinden und hiermit die Schlagfertigkeit der Besatzung wesentlich gesteigert.

Ein ausgedehntes Rohrsystem in Verbindung mit leistungsfähigen Pumpen bietet die Möglichkeit, die Gefahren, die sich aus Beschädigungen des Schiffsbodens ergeben, mit Erfolg zu bekämpfen. Zum Hissen der Boote, Lichten der Anker, Bewegen des Ruders, zur Lüftung und Entwässerung der Schiffsräume, zum Heranschaffen der Munition finden heute Maschinen Verwendung; leistungsfähige Verdampfer und Destillierapparate sorgen für die Ergänzung der Trink-, Wasch- und Kesselspeisewasservorräte.

Durch die Einführung der Hilfsmaschinen, den Wegfall der Segel, die Erleichterung der Bedienung der Geschütze wurde es möglich, die Besatzung im Verhältnis zur Größe des Schiffes zu verringern. Die Kopfzahl des Linienschiffes „König Wilhelm“ von 10 000 t betrug 750. Der neue Dreadnought von über 18 000 t hat etwas über 800 Mann Besatzung.

Wie an der Verbesserung des Rumpfes wurde auch dauernd an der Erhöhung der Widerstandsfähigkeit der Panzerplatten gearbeitet und schließlich eine Qualität erreicht, die die der alten Platten um mehr als das Doppelte übertrifft. Den schmiedeeisernen Platten folgten die homogenen Schneiderschen Stahlplatten und diesen die Verbundplatten, die aus einer Grundplatte von Schweißisen und einer an dieselbe angegossenen Schicht harten Stahls bestanden.

Nach kurzer Verwendung von homogenen Nickelstahlplatten erfolgte endlich die Einführung der gehärteten Nickelstahlplatten, deren äußere Schicht gekohlt und durch Ablöschen der glühenden Platte mit Wasser gehärtet wird. Das Kohlen erfolgte zuerst nach dem Harvey-Verfahren, durch Glühen der in ihrer Außenfläche mit Kohle bedeckten Platte, dann aber, wie bei Herstellung der jetzt allgemein zur Anwendung kommenden Kruppschen Platten, durch Überleiten eines Stromes von Leuchtgas über die Außenfläche der glühenden Platte.

Von verhältnismäßig noch größerer Bedeutung als die Fortschritte im Bau des Schiffsrumpfes wurde für die Entwicklung der Panzerflotten die Ausbildung der Maschinenanlage, durch die das relative Gewicht und der relative Kohlenverbrauch der Maschinen ganz wesentlich verringert wurden.

Die Einführung der Oberflächenkondensation, die Steigerung der Dampfspannung von 2 auf 5, später auf 12 und endlich auf 16 at durch Anwendung von Zylinderkesseln, von Zylinder- und Wasserrohrkesseln und schließlich von nur Wasserrohrkesseln an Stelle der alten Kofferkessel, die Einführung der Verbundmaschine, der Dreifach- und der Vierfach-Expansionsmaschine, der stehenden Maschine an Stelle der liegenden, mögen bis zur Verwendung der Dampfturbine als die wichtigsten Abschnitte in der Entwicklung der Schiffsmaschine angeführt sein¹⁾.

Erreichte das Gewicht der Kessel- und Maschinenanlage bei den ersten Panzerschiffen den Betrag von 250 kg für 1 PS, so ging es unter Anwendung von Zylinderkesseln auf etwa 130 kg, bei Anwendung von Zylinder- und Wasserrohrkesseln — gemischtes Kesselsystem — auf rund 100 kg, bei einer reinen Wasserrohrkesselanlage auf 70 kg zurück.

Der Kohlenverbrauch, der früh r etwa 2 kg für 1 PS-st betrug, ist auf 0,75 kg heruntergegangen, die abdampfbar Strecke, der Aktionsradius der Schiffe, ist für kleine Fahrt mehr als doppelt so groß geworden.

Einen wichtigen Schritt vorwärts bedeutet die Einführung der Dampfturbine, die sich aus kleinen Anfängen heraus langsam entwickelte, schließlich aber die gewaltigsten Maschinenanlagen eroberte.

Der Dreadnought erhielt 1906 als erstes Linienschiff eine 25 000 PS-Turbinenanlage, der neueste deutsche Panzerkreuzer „Von der Tann“ soll eine Leistung von 70 000 PS erzielt haben. Und wenn auch das Gewicht der Turbinen nicht geringer ist als das einer gleichwertigen Kolbenmaschinenanlage und der Kohlenverbrauch bei forcierter Fahrt vielleicht nur wenig, bei kleiner Geschwindigkeit jedoch nicht geringer ist als der von Kolbenmaschinen, wenn auch gegen die Manövrierfähigkeit der Kriegsschiffe mit Turbinenanlagen wegen der Notwendigkeit der Anwendung von Rückwärtsturbinen sich anfänglich manche Bedenken geltend machten, so fallen doch die erzielten Vorteile: Vibrationslosigkeit, leichtere Bedienung, einfachere Erhaltung und Reparatur und geringere Höhe der Anlage für den Kriegsschiffbau so ins Gewicht, daß auf diesem Gebiete die Turbine heute allein herrscht.

¹⁾ Die geschichtliche Entwicklung der Schiffsdampfmaschine s. C. Matschoß, Entwicklung der Dampfmaschine. Berlin 1908, Band I, S. 628 und Band II, S. 470 u. f.

Der Vergrößerung der Widerstandsfähigkeit der Panzerung folgte die Erhöhung der Durchschlagskraft der Geschosse durch Vergrößerung des Kalibers, der Geschößgeschwindigkeit und der Geschößlänge, sowie Verbesserung des Geschößmaterials. Zur besseren Ausnutzung der Arbeit des Pulvers wurde die Länge der Geschützrohre von 20 auf 45 Kaliber gesteigert.

Die Größe des Kalibers betrug vorübergehend 45 cm, ging aber dann auf 30,5 cm zurück und erst in neuester Zeit ist in England und Amerika wieder eine Steigerung auf 34 oder 35 cm geplant; die Geschößgeschwindigkeit wächst von 400 auf 900 m/Sek.

Auch die Festigkeit der Rohre wird vergrößert. Nach den Ringkanonen entstanden die Mantel- und Mantelringkanonen und in England sucht man die Quersfestigkeit der Rohre durch eine Drahtumwicklung zu erhöhen, nimmt damit aber eine geringere Längsfestigkeit in den Kauf.

Das grobkörnige Geschützpulver wird ersetzt durch das dichtere, weniger brisante, schwarze prismatische und dann durch das noch langsamer verbrennende braune prismatische Pulver, in dessen Zusammensetzung der Schwefel fehlt und für das eine Kohle verwendet wird, bei deren Herstellung der Verkohlungsprozeß des Holzes weniger weit getrieben ist.

Als man gelernt hatte, Schießbaumwolle, Nitrozellulose, durch das Gelatinierungsverfahren, durch das Behandeln mit Lösungsmitteln ungefährlicher, beständiger und weniger brisant zu machen und mit der Erfindung Nobels (1889) Nitroglyzerin als Lösungsmittel zu verwenden, wurde die Einführung des chemischen, rauchschwachen Pulvers allgemein, des Nitrozellulosepulvers und des Nitroglyzerinpulvers, einer Lösung von Nitrozellulose in Nitroglyzerin, dessen Leistungsfähigkeit etwa dreimal so groß ist als die des alten gemengten Pulvers. Zurzeit ist wohl das Nitroglyzerinpulver, das leistungsfähiger und beständiger als das Nitrozellulosepulver ist, das hauptsächlichste Schießmittel der Schiffsartillerie.

Alle diese Verbesserungen führten zu einer verhältnismäßig sehr viel größeren Leistungsfähigkeit der Geschützrohre. So beträgt die Mündungsenergie der neuen englischen 30,5cm-58t-Kanone M. 10 etwa 14 000 mt, während die der italienischen 43cm-Kanone von 1882 bei einem Rohrgewicht von 101 t etwa 15 000 mt betrug. Die 30,5cm-58t-Kanone durchschlägt vor der Geschützöffnung eine schmiedeeiserne Platte von 150 cm, die 43cm-Kanone nur eine solche von 106 cm Dicke.

Der Vervollkommnung des Panzers folgt auch die des Geschößmaterials. Den gußeisernen Geschossen folgen die Hartgußgeschosse und diesen die Stahl- und Chromstahlgeschosse, deren Festigkeit durch Pressen, Ausschmieden und Härten wesentlich erhöht wird. Das Aufbrechen der Geschosse beim Aufschlagen auf gehärteten Panzer wird durch Beziehen der Spitze mit einer Kappe weichen Stahls, Kappengeschosse, vermieden und dadurch die Durchschlagswirkung bedeutend gesteigert.

Durch das bessere Geschößmaterial wurde es möglich, die Geschößlänge und somit die Querschnittsbelastung, das Geschößgewicht pro Querschnittseinheit, zu vergrößern und hierdurch die Durchschlagskraft für weitere Entfernungen besser zu erhalten.

Die Sprengwirkung der Stahlgranaten erfährt durch Anwendung einer Ladung von Pikrinsäure (Melinit usw.) eine hohe Steigerung (Brisanz- oder Sprenggranaten). Die letzte Vervollkommnung der Geschosse besteht in der Vereinigung der Durchschlagswirkung mit der Sprengwirkung, die in neuerer Zeit derart gelungen ist,

daß das geladene Kappengeschoß die Panzerung durchschlägt und hinter derselben kriecht.

Auch an der Verbesserung der Lafettierung wird fortgesetzt gearbeitet. Auf die Rahmenlafetten, auf deren Rahmen Rohr und Oberlafette zurückliefen, folgten die leicht beweglichen und weniger Raum beanspruchenden Mittelpivotlafetten und die Geschütztürme und ihre Lafettierung und Munitionszufuhr werden mehr und mehr vervollkommenet.

Die Arbeit des rücklaufenden Rohres wird mit Federn zum Wiedervorschieben des Rohres ausgenutzt. Der Rücklauf wird derart geregelt, daß er in Richtung der Rohrachse erfolgt (Wiegenlafetten), wodurch die Größe der Geschützpforten vermindert und es möglich wird, daß der Schütze das Ziel dauernd im Auge behalten kann.

Durch das chemische Pulver, daß nur geringe Mengen fester Rückstände ergibt, und die metallenen Kartuschhülsen, die für kleinere Kaliber überdies mit dem Geschoß zur Einheitspatrone verbunden sind, wird das Auswischen der Rohre unnötig.

Durch alle diese Verbesserungen, durch die Einführung der Schnellade- oder Schnellfeuerkanone, wurde die Ladegeschwindigkeit derart vergrößert, daß mit einer 15 cm-Kanone 6, mit einer 10,5 cm-Kanone 8, mit der 8,8 cm-Kanone 12 Schüsse in der Minute und mit den großen Turmgeschützen etwa 3 Schuß in 2 Minuten abgefeuert werden können.

Was die Zahl und Art der Geschütze betrifft, mit denen die Schiffe ausgerüstet wurden, so begnügte man sich bei den ersten Panzerschiffen mit einer größeren Zahl von Kanonen kleineren Kalibers, hauptsächlich in Breitseitaufstellung. Mit der Verdickung des Panzers wuchs das Kaliber und die Zahl der Geschütze, deren Feuer mehr und mehr auch nach der Bug- und Heckrichtung entwickelt wurde, nahm ab; die mit der Verdickung des Panzers notwendig gewordene Verkleinerung der gepanzerten Flächen führte jedoch bald wieder zur Verwendung einer Mittelartillerie neben den schweren Geschützen, der die Zerstörung der ungeschützten Teile der Schiffe zufiel. — Hierzu kamen im Anfang der 80er Jahre die Antitorpedobootsgeschütze, da in dieser Zeit die Torpedoboote sich zu gefährlichen Gegnern der Panzerschiffe ausbildeten. Zur Abwehr begnügte man sich anfänglich mit kleinkalibrigen Revolverkanonen, ersetzte dieselben aber später, als die Größe der Torpedoboote zunahm, durch 7,5 cm-, 8,8 cm- und 10,5 cm-Schnelladekanonen.

Die schweren Geschütze wurden sehr bald nur noch in Türmen aufgestellt, 2 bis 4 Barbettetürmen oder Drehtürmen; in den 90er Jahren wurde jedoch die Anwendung von nur 2, mit je 2 schweren Geschützen armierten Türmen allgemein, von denen einer vorn, der andere hinten in der Mittellinie des Schiffes aufgestellt wurde. Die Mittelarmierung, ein Dutzend oder darüber gewöhnlich 15 cm-Geschütze, erhielt ihre Aufstellung in gepanzerten Einzel- oder Doppelkasematten, wie in der englischen Marine oder in Einzel- oder Doppeltürmen wie gewöhnlich in der französischen, oder zum Teil auch, in größeren durch Splitterschotte unterteilten Kasematten. Hierzu kamen 20 oder mehr kleinkalibrige Schnelladekanonen.

Mit dem bisher gültigen Grundsatz, das Gefecht auf nahe Entfernungen, 1500 bis 2000 m, zu führen, brach man in England mit dem Bau des Dreadnought (1905/6). Das Schiff erhielt 10 Kanonen von 30,5 cm in 5 Doppeltürmen, von denen 3 in der Mittellinie, 2 an den Seiten des Schiffes aufgestellt sind und außerdem nur noch kleine Geschütze zur Abwehr der Torpedoboote.

Die Geschwindigkeit wurde auf 21 Knoten bemessen, etwa 3 Knoten mehr als für Linienschiffe bisher üblich war, das Gefecht soll auf weite Entfernungen ausgetragen werden. Indes folgten andere Mächte diesem Vorgehen bezüglich der Mittelartillerie nicht, und auch England ist in neuester Zeit auf dieselbe wieder zurückgekommen.

Mit der Vergrößerung der Schußweite der Geschütze und der Einführung der Torpedoarmierung an Bord der Panzerschiffe, die sich seit den achtziger Jahren zu immer höherer Vollkommenheit entwickelt, tritt die Bedeutung des Sporns immer mehr zurück und das Breitseitefeuer findet wieder größere Beachtung.

Die Rohre zum Ausstoßen der selbstbeweglichen Torpedos wurden zunächst im Bug angeordnet, bei welcher Aufstellung die Torpedos die geringste Ablenkung erfuhren. Später gelang es, aus Breitseiteaufstellungen, zuerst über Wasser, dann unter Wasser gute Treffsicherheit zu erzielen und schließlich wurde auch der Einbau von Unterwasserheckarmierungen ermöglicht.

Das Kaliber der Torpedos betrug anfänglich 35 cm und wurde später auf 45 cm gesteigert; die Ladung, nasse Schießwolle, stieg von 19 kg auf 90 kg, das Gewicht eines Torpedos von 350 kg auf 520 kg, die Geschwindigkeit von 23 Knoten auf 35 und seitdem hat man die Leistungsfähigkeit noch weiter gesteigert, so daß Schußentfernungen von 3000 m erreicht worden sind. Die Wirkung des Torpedoschusses ist so vergrößert, daß ein Treffer die Gefechtsfähigkeit eines modernen Schiffes ernstlich gefährdet, andererseits wird aber auch fortgesetzt an der Verbesserung des seitlichen Schutzes der Schiffe gegen diese Wirkung gearbeitet.

Wir sehen, daß die Entwicklung der Panzerflotten auf allen Gebieten rastlos gefördert wurde und mit Recht kann man das heutige Panzerschiff mit seinen riesigen Abmessungen, seiner schiffbaulichen, maschinellen und artilleristischen Leistungsfähigkeit als eins der bewundernswertesten Meisterwerke der Technik bezeichnen.

Henri Victor Regnault.

Von

Geheimrat Dr. Keller, München, vormals Professor in Karlsruhe.

Unter den Männern, deren Geburtstage bei ihrer hundertsten Wiederkehr die Technik in diesem Jahre 1910 begehen kann, nimmt einen hervorragenden Platz Henri Victor Regnault ein. So wenig der heutige Bau von Wärmekraftmaschinen der Wärmetheorie entbehren kann, so wenig kann von der Entwicklung und den Ergebnissen der Wärmetheorie gesprochen werden, ohne daß dabei des Namens Regnault wiederholt Erwähnung getan wird¹⁾.

Regnault wurde im Jahre 1810, am 21. Juli, in Aachen geboren; wir können ihn aber trotzdem nicht als Deutschen bezeichnen, denn Aachen war damals, nachdem durch den Frieden von Luneville, am 9. Februar 1801, Frankreich das ganze linke Rheinufer erhalten hatte, eine französische Stadt. Dort lag auch eine französische Garnison, welcher der Capitaine des Ingenieurkorps, André-Privat Regnault angehörte, aus dessen Ehe mit einer Italienerin, Maria Theresa Massardo, zwei Kinder, eine Tochter und ein Sohn, entsprossen waren. Der Vater, Capitaine Regnault, machte den russischen Feldzug mit, wurde bei dem schrecklichen Rückzug im Winter 1812 bei Wilna tödlich verwundet, mußte zurückgelassen werden und starb auch dort. Die Mutter folgte ihm, von Gram gebeugt, bald im Tode nach, und so stand der zweijährige Knabe Henri Victor als elternlose Waise allein mit seiner Schwester.

Ein Kriegskamerad des Vaters, Baptiste Clement, nahm sich der verwaisten Kinder an, welche beide als Lehrlinge in einem Handlungshaus (Maison de nouveauté) untergebracht wurden. Durch Fleiß und Rechtlichkeit zeichnete sich der junge Henri Victor aus, und wenn ihm auch die ganze Beschäftigung an und für sich nicht zusagte, so blieb er doch bis zu seinem 18. Lebensjahr dort als Kommis tätig. Jede freie Stunde aber brachte er in der Nationalbibliothek zu und bald hatte er sich die Elemente der Mathematik zu eigen gemacht, so daß er sich das Ziel, die Aufnahme in die polytechnische Schule zu Paris, setzen konnte.

Da man seine großen Fähigkeiten erkannte, trug man kein Bedenken, den früheren Kaufmannslehrling in eine Vorbereitungsschule für die „école“ aufzunehmen, in welcher er bald sogar zum Repetitor vorrückte. Hierdurch sowie durch Privatstunden, die er zu geben Gelegenheit erhielt, wurde er in den Stand gesetzt, seinen und seiner Schwester Unterhalt wenigstens zum größeren Teil zu bestreiten.

Schon hatte er sein Ziel nahezu erreicht, und seine Aufnahmeprüfung in die „école“ stand bevor, da wurde er schwer krank. Kaum wieder genesen, stellte er sich zur Prüfung, bei welcher Lefebure de Fourcy sein über alles Maß strenger

¹⁾ Discours et Eloges Académiques par J. B. Dumas. II. Paris 1885.

Examinator war. Aber Regnault bestand glänzend und verließ unter dem lauten Beifall und den Sympathiebezeugungen der Anwesenden das Prüfungszimmer.

Nun trat Regnault im Jahre 1830, mit 20 Jahren, in die Ecole polytechnique ein, und da fehlte denn nichts zum besten Erfolge seines Studiums, weder die nötige Arbeitskraft, noch die Klarheit des Geistes; auch zeigte er eine ganz besondere Auffassungsgabe für alles Mathematische und zu allem diesem noch eine ungewöhnliche Geschicklichkeit für alle Arten von graphischen Arbeiten.



Henri Victor Regnault,
geb. 21. Juli 1810, gest. 19. Jan. 1878.

So konnte er denn auch als Erster in der Schlußprüfung seine Studien hier abschließen; er besuchte dann noch zwei Jahre lang die Ecole des mines, und dann noch zum Zwecke seiner praktischen Ausbildung die Kohlengruben von Anzin. Dann ging er nach Sachsen, um das dortige Berg- und Hüttenwesen kennen zu lernen, und ließ sich schließlich noch als Praktikant in das berühmte Laboratorium von Justus Liebig in Gießen aufnehmen.

Da die Professoren der „école“ schon längst in Aussicht genommen hatten, Regnault auf die erste freiwerdende Hilfslehrerstelle an dieser Schule zu berufen, kam er nach Vollendung seiner Lehr- und Wanderjahre zurück nach Paris, und zwar auf eine Assistentenstelle bei Gay-Lussac. Nun war Regnault auch in den Stand gesetzt, seine Jugendliebe und Pflegechwester, die Tochter seiner Pflegeeltern Clement, zur Gattin zu machen.

Mit aller Energie begann er nun zu arbeiten, zunächst aber war es die Chemie, und zwar vor allem die organische Chemie, welche ihn vollständig in Anspruch nahm, und da zählt zu seinen bedeutendsten Arbeiten auf diesem Gebiete die Festsetzung des Zusammenhanges zwischen der chemischen Zusammensetzung der verschiedenen Brennstoffe und ihrem Heizwerte. Immer mehr aber wandte er sich der theoretischen Physik, speziell der Wärmelehre zu, und die Arbeiten auf diesem Gebiete sind es vor allem, denen er seinen Ehrenplatz in der Geschichte der Wissenschaft verdankt.

Bis fast zwei Jahrhunderte vor Regnault war dieses Feld gänzlich unbebaut gewesen, bis das Gesetz gefunden wurde, daß bei gleichbleibender Temperatur die Volumina einer und derselben Luftmenge in umgekehrtem Verhältnisse zu dem auf sie einwirkenden Drucke sich ändern. Dieses Gesetz wurde von dem englischen Physiker Boyle im Jahre 1662 entdeckt und — unabhängig von ihm — von dem französischen Physiker Mariotte (Prior von St. Martin sur Baune) im Jahre 1679 gefunden und der Akademie vorgelegt.

Von da an ist kein erhebliches Fortschreiten der Wärmelehre zu konstatieren, bis um das Jahr 1770 Black in Edinburg fand, daß zur Erhitzung verschiedener Stoffe auf die gleiche Temperatur sehr verschiedene Mengen von Brennmaterial nötig seien, somit also die latente Wärme der Stoffe entdeckt wurde.

Dann fand Gay-Lussac im Jahre 1802 das nach ihm benannte Gesetz, wonach bei allen sogenannten vollkommenen Gasen die gleichzeitigen Änderungen von Volumen und Temperatur proportional seien, vorausgesetzt konstanten, aber sonst beliebigen Druck.

Im Jahre 1819 endlich verkündigten Dulong und Petit den Satz, daß alle einfachen Stoffe dieselbe Wärmekapazität besitzen; von da ab ruhte der Fortschritt in der Ergründung des Wärmeproblems, bis Regnault 1841 an diese Arbeit herantrat.

Sein erstes war, sich in das Studium zu vertiefen, wie die bezüglichen Versuche richtig anzuordnen und durchzuführen seien, und da bemängelte er denn an allen bisher auf dem Gebiete der Experimentalphysik, speziell der Wärmelehre, durchgeführten Versuchen, daß diese nicht mit der gehörigen Sorgfalt und mit Apparaten durchgeführt worden waren, die nicht genügend die unvermeidlichen Fehlerquellen ausschlossen und die daher nachträglich zahlreiche Korrekturen erheischten. Ein solches „*corriger la nature*“ sei aber, wie Regnault klar aussprach, absolut unzulässig, denn ein zweifelhaftes Resultat könne durch Korrekturen niemals zur Wahrheit werden, und die einzig richtige wissenschaftliche Art, ein Phänomen zu beobachten, sei diejenige, welche keiner Korrekturen bedürfe. Je zahlreicher seine in dieser Weise geleiteten Untersuchungen wurden, desto fester wurde naturgemäß auch sein Glaube und sein Vertrauen auf die Autorität seiner Arbeiten, aber auch sein Mißtrauen gegen alle früheren Versuche und deren Ergebnisse, wie sie von Dulong und Petit, von Gay-Lussac und Mariotte herührten.

Regnault, den seine wertvollen Versuche auf dem Gebiete der Chemie seit 1840 schon berühmt gemacht hatten, wurde nun auch zum Mitgliede der Akademie gewählt, und er bestieg 1841 als Professor der Physik den Lehrstuhl, den früher Savart und Ampère innegehabt hatten, am Collège de France. Im Jahre 1847 wurde er Ingénieur en chef des mines, eine Stellung, deren Funktionen er von dem Ort seiner Berufstätigkeit, am Collège de France, ganz wohl besorgen konnte.

In dieser Stellung führte Regnault seine bahnbrechenden Arbeiten durch, die er auch veröffentlichte und der Akademie vorlegte: über die spezifische Wärme der Gase und Dämpfe, über die Beziehungen zwischen Wasser und Dampf unter verschiedenen Spannungen und Temperaturen, über die latente Wärme der Dämpfe von Quecksilber, Schwefel, Alkohol, Äther, Holzessig, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl und zahlreichen anderen Stoffen, und hat damit Werte geschaffen, welche für die Physik die Grundlage für die interessantesten Folgerungen und Vergleiche bildeten.

Da wurde 1852 die Stelle eines Direktors der Porzellanmanufaktur in Sèvres erledigt, ein Posten, der in gleicher Weise die höchsten Kenntnisse erforderte in Mechanik wie in Physik und Chemie und in den schönen Künsten. Es wurde als ganz selbstverständlich betrachtet, daß diese Stelle unserm Regnault angeboten wurde, Regnault selbst aber zweifelte lange und konnte sich nur schwer zu der Annahme des neuen Amtes entschließen. Bestimmend war bei ihm zu diesem Entschluß die Aussicht und Hoffnung, seine wertvollen Arbeiten, die er als Mitglied des Collège de France begonnen hatte, in seiner neuen Stellung und trotz der neu übernommenen Arbeit fortsetzen zu können.

Doch vernachlässigte er die ihm anvertraute Manufaktur über seinen andern Zielen in keiner Weise, er verbesserte die Herstellung des Porzellans durch Einführung des Vakuums bei der Formerei größerer Stücke, sowie durch Einführung der Benutzung von reduzierenden Gasen beim Brennen von farbig dekorierten Gegenständen usw. Außerdem beteiligte er sich bei der Einführung und Verbesserung der Gasbeleuchtung in Paris und an den Arbeiten bei der Restaurierung der alten berühmten Wasserhebewerksmaschine zu Marly¹⁾. Über dieses Werk war schon im Oktober 1786 James Watt vom französischen Ministerium als Gutachter nach Paris eingeladen worden, und hatte auch im Anschlusse daran allgemeine Vorschläge für dessen Restaurierung gemacht, für welche notwendig erachteten Arbeiten der Académie über 400 Vorschläge unterbreitet worden waren. —

Regnault befand sich damals auf dem Zenith seiner Leistungsfähigkeit wie seines Ruhmes. Die Akademien aller Länder hatten ihn als Mitglied aufgenommen. Da wäre er beinahe ein Opfer seines Berufes geworden durch eine Explosion in seinem Laboratorium. Ohne Bewußtsein, blutüberströmt, mit zerrissenen Kleidern fand man ihn auf dem Boden liegend. Eine schwere Gehirnerschütterung ließ kaum die Hoffnung auf seine Wiederherstellung in körperlicher und geistiger Hinsicht. Doch erholte er sich langsam; nicht allein körperlich genas er wieder, auch sein Geist erhielt wieder seine frühere Klarheit. Nur in der Fähigkeit zum sprachlichen Ausdruck, der ihm früher in bewunderungswürdiger Weise zu eigen war, war ein unverkennbarer Mangel als Folge jener Katastrophe zurückgeblieben. Immerhin bedurfte Regnault einiger Jahre vollständiger Ruhe und Kräftigung, bis er wieder an die Aufnahme seiner experimentellen und wissenschaftlichen Forschungsarbeiten treten konnte.

Diese neue Reihe von Arbeiten bezog sich vor allem auf die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft und verschiedenen andern Medien. Auch hier leitete ihn das Bestreben, bei den anzustellenden Versuchen Irrtümer und Fehlerquellen tunlichst zu vermeiden, und deshalb wollte Regnault seine Versuche in großem Maßstabe, also mit langen Röhrenleitungen, durchführen,

1) C. Matschoß, Die Entwicklung der Dampfmaschine. Berlin 1908. I. Band, S. 222.

die nach Bedarf mit Kohlensäure, Wasserstoff, Wasser oder Luft gefüllt sein sollten. In entgegenkommender Weise stellte die Verwaltung der Stadt Paris dem berühmten Gelehrten zu diesem Zwecke die Kanalisation der Marne und die Röhrenleitungen des städtischen Leitungsnetzes für Leuchtgas zur Verfügung, wodurch ihm Leitungslängen für den Schall bis zu 20 000 m geboten waren.

Eigentümlich ist, daß Regnault sowohl bei seinen früheren Arbeiten wie bei denjenigen, die er jetzt unternahm, sich nie in Spekulationen verlieren wollte, die ihm zu kühn und uferlos erschienen, wie über das Wesen von Materie und Kräften, über die Verwandlung von Licht in Wärme, von Magnetismus in Elektrizität, und wechselweise. Selbst die Umsetzung der Wärme in Arbeit hat er ändern überlassen, wie seinem berühmten Landsmann Sadi Carnot und den gelehrten Interpreten dieser Wahrheit in Deutschland und England. Nun, nach seiner Wiederherstellung von dem schweren Fall, machte er sich doch an die Bestimmung des Arbeitsäquivalentes der Wärme, wobei er aber auf eine von dem nunmehr angenommenen Werte 427 etwas abweichende Zahl kam.

Über seinem Geschicke schwebte aber von jetzt an ein Unstern, der ihn endlich vollständig niederwarf. Zunächst wurde ihm 1866 seine Gattin durch den Tod entrissen. Wir wissen, daß diese eine Tochter seiner Pflegeeltern Clement war, in deren Haus er mit seiner Schwester nach dem Tode seiner Eltern Aufnahme gefunden hatte. Dann traf ihn während des deutsch-französischen Krieges der für einen Mann der Wissenschaft härteste Schlag, die Zerstörung seines Laboratoriums, seiner Instrumente und Apparate und die Vernichtung seiner Schriften, die er sorgfältig geordnet hatte, als er bei Beginn der Belagerung von Paris Sèvres verlassen mußte. Der Akademiker J. B. Dumas, der in der Sitzung der Académie die Gedächtnisrede auf Regnault nach dessen Tode hielt, konnte sich nicht enthalten zu sagen, daß mit solchem Vandalismus während der Belagerung von Paris von den Feinden (natürlich von den Deutschen) gehaust worden sei, und daß Regnault, als er wieder nach Sèvres zurückkehren konnte, beim Anblicke seiner entweihten Instrumente ausgerufen habe, diese Verwüstung könne nur das barbarische Werk eines Sachverständigen sein. Lassen wir ihn, den beim Tode Regnaults, im Jahre 1878, noch unversöhnlichen Gegner, bei seinem Urteil, das zu widerlegen schwer sein dürfte, weil wir nicht angeben können, wieviel von der erwähnten Verwüstung auf Rechnung der Landsleute des Herrn Dumas zu setzen ist, d. h. wieviel durch die aus den Pariser Forts auf die Belagerer geschleuderten Geschosse, und wie viel bei den Kämpfen der Regierungstruppen gegen die Kommune in Regnaults Laboratorium zerstört und vernichtet wurde.

Mehr noch als das Herz des Gelehrten wurde das Herz des Vaters Regnault getroffen durch den Tod seines Sohnes Henri, der bei dem letzten großen Ausfallgefecht am Mont Valérien bei Buzenval fiel, wie Herr Duval in seiner Gedächtnisrede rhetorisch ausschmückend sagte, „durch die letzte Kugel, die während des Krieges aus den Reihen der Feinde kam.“ Immerhin muß man sagen, daß Henri Regnault, der Stolz seines Vaters, ein bedeutender Künstler war, wenn auch¹⁾ „sein früher Tod im Alter von 28 Jahren ihn in den Augen seiner Landsleute mit einem Glorienschein umgeben und zu einer übertriebenen Schätzung seiner künstlerischen Leistungen geführt hat.“

Gebeugt durch diese Schicksalsschläge, wollte Regnault Paris verlassen und

¹⁾ Meyers Konversationslexikon, 6. Aufl., 16. Band, S. 715.

sich nach seinem einfachen Häuschen und Besitztum bei Genf zurückziehen, ja sogar dort wieder sein Laboratorium erstehen lassen und seine wissenschaftlichen Arbeiten wieder beginnen. Doch, was durch ein herbes Schicksal ihn treffen sollte, war noch nicht genug. Seine Schwester, die mit ihm als Kind im Hause Clement Aufnahme gefunden hatte, und an der er mit zärtlicher Liebe hing, kam zu ihm zu Besuch, wurde da von einem Herzschlag getroffen und sank tot in die Arme ihres Bruders. Auch ihn selbst traf bald darauf ein Schlaganfall, dem er dann erst nach mehrjährigem schrecklichen Siechtum, unter gänzlichem Zerfall seiner geistigen Kräfte, am 19. Januar 1878 erlag.

Unter allen Gelehrten, die einen dauernden Ehrenplatz in den Annalen der Wissenschaft einnehmen, war keinem ein Lebensschicksal beschieden mit solchen Kontrasten wie Henri Victor Regnault. Umgeben vom höchsten Familienglück mußte er sehen, wie ein Glied derselben nach dem andern ihm entrissen wurde; die höchsten Ziele seiner Wissenschaft hatte er erreicht, Ehren und Ehrentitel und -stellen sind ihm zuteil geworden, und dann wiederum mußte er fühlen, wie sein starker Geist sich langsam begann zu verschleiern und zu verfinstern; ein rasch aufsteigendes Gestirn, das bis zum höchsten Glanze sich erhob, sank er rasch und unaufhaltsam in die Dunkelheit herab.

Solange man aber technische Physik und Wärmelehre auf unseren Schulen lehren wird, solange die Theorie und Ergebnisse der Wärmelehre in der Technik und Industrie gebraucht und verwertet werden, wird auch unvergessen und hoch geachtet bleiben der Name Henri Victor Regnault.

Philon von Byzanz

(etwa 260—200 v. Chr.).

Von

Professor Dr.-Ing. Th. Beck, Darmstadt.

Philon war wahrscheinlich noch ein Zeitgenosse des Archimedes, jedenfalls aber jünger als Ktesibios, da er diesen wiederholt erwähnt.

In griechischer Sprache besitzen wir von ihm nur noch das vierte und fünfte Buch eines größeren Werkes über Mechanik, wovon uns hauptsächlich das vierte interessiert, das vom Geschützbau handelt. Da es aber nur Konstruktionsregeln für die Geschützteile und keine Beschreibung der Geschütze enthält, wie man sie in Herons Werk über Geschützbau findet, so wollen wir es nicht hier, sondern ein andermal im Anschlusse an letztgenanntes Werk betrachten.

Einen in lateinischer Sprache geschriebenen fragmentarischen Auszug aus Philons Werk über pneumatische Apparate und hydraulische Maschinen hat zuerst Valentin Rose im Jahre 1870 veröffentlicht. Aus einer Stelle desselben war zu erkennen, daß der Auszug einer arabischen Handschrift entnommen ist.

Diese arabische Handschrift fand Carra de Vaux in der Bibliothek von St. Sophia in Konstantinopel und veröffentlichte sie im Jahre 1902 mit französischer Übersetzung, der wir das Folgende mit Zuziehung des genannten lateinischen Fragments entnehmen. Philon sagt:

1. „Ein Gefäß, das man gewöhnlich für leer hält, ist nicht leer, sondern voll Luft. Daß die Luft ein Körper ist, wird durch sinnliche Wahrnehmung erwiesen. Nimmt man ein leeres Gefäß und taucht es mit nach unten gekehrter Mündung in ein tiefes Wasser, so tritt kein Wasser hinein, wenn keine Luft daraus entweicht; entweicht aber Luft, so tritt Wasser in das Gefäß.

2. Bohrt man ein kleines Loch in den Boden des Gefäßes, verstopft es mit Wachs, taucht das Gefäß umgekehrt unter Wasser und zieht es langsam wieder heraus, so sieht man, daß es im Inneren trocken geblieben ist. Nimmt man aber, wenn das Gefäß untergetaucht ist, den Pfropfen heraus, so sieht man, daß die Luft durch das Loch entweicht, indem sie über diesem Blasen bildet. Das beweist, daß die Luft ein Körper ist.

3. Die Gelehrten sind der Ansicht, daß die Luft aus sehr leichten, wegen ihrer Kleinheit nicht sinnlich wahrnehmbaren Körperteilchen besteht, daß, wenn diese getrennt sind (d. h. wenn die Luft nicht komprimiert ist), die Luft nur durch ihre (lebendige) Kraft (als Wind) fühlbar ist, sich aber anders verhält, wenn die Teilchen einander genähert werden. Einige Gelehrte meinen, die Leere sei natürlich und vermische sich sowohl mit den Luftteilchen als auch mit den Teilchen der Flüssig-

keiten und anderer Körper. Was die Substanz der Flüssigkeiten betrifft, so meinen sie, daß die Flüssigkeiten ihrer Natur nach mit der Luft verbunden seien, ohne daß Leere zwischen beiden bleibe. Das ist der Grund, warum Wasser manchmal in die Höhe steigt, obgleich es seine vorwiegende natürliche Eigenschaft abwärts treibt, denn alle schweren Körper streben nach unten.

4. Wenn nämlich Wasser emporsteigt, geschieht dies, weil die Luft vermöge des Zusammenhanges, der zwischen beiden besteht, es in die Höhe zieht. Dies ist z. B. bei dem Stechheber der Fall, womit man Wein probt. Wenn man den Mund an das Ende des Stechhebers setzt und saugt, so wird die Luft darin angesogen und mit ihr die Flüssigkeit, die sich unten im Stechheber befindet, weil diese an der Luft hängt, sei es nun, daß sie wie durch Leim, oder in anderer Weise daran haftet.

Auch läßt sich dies durch ein anderes Gefäß beweisen. Man nimmt ein Ochsenhorn und höhlt es aus, bis es innen weit genug, dünn und glatt ist. Es ist von mäßiger Länge und ähnelt einem Stechheber (d. h. es hat an der Spitze eine Öffnung). An seinem unteren (d. h. dem ursprünglich auf dem Kopfe des Ochsen unten gewesenen) Ende paßt man ein anderes, einer Medizinbüchse gleichendes, hölzernes Gefäß auf, so daß es nirgends ein Entweichen zuläßt.“

Hier fehlt in der arabischen Handschrift der Schluß des Kapitels, welcher in dem lateinischen Fragmente lautet:

„Dieses Horn *a*, Fig. 1, stehe umgekehrt (d. h. mit der Spitze nach unten) in einem becherförmigen Gefäße *b*. Eine bleierne Büchse *c*, die keine Luft durchläßt, stelle man tiefer daneben. Oben an diesen Büchsen wird eine trocken bleibende Röhre *e* mit gebogenem, beinahe an die Decken derselben reichenden Enden eingepaßt. Die bleierne Büchse habe oben eine etwas vorspringende Mündung *f*, durch welche Wasser eingegossen werden kann. Unten versieht man sie mit einem kurzen, mäßig weiten Auslaufrohre *d*, um das Wasser nach Belieben ablassen zu können.

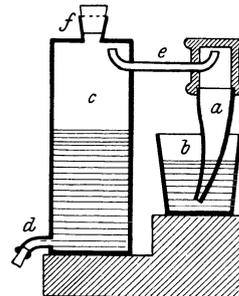


Fig. 1.

Ist dies alles zusammengepaßt, so verstopft man das Ausflußrohr, füllt die Bleibüchse durch die obere Mündung *f* mit Wasser und verschließt diese. In das becherförmige Gefäß *b* gießt man so viel Wasser, daß das darin stehende Horn damit gefüllt werden kann. Öffnet man nun die untere Röhre *d*, so wird das Wasser ausströmen und die Luft in dem Horne angesogen werden, je nach der Menge der aus dem Horne herausgehenden Luft, wird ein Teil des in letzterem enthaltenen Wassers mit Hilfe der Luft, die es zu heben vermag, emporsteigen. Ist das Wasser aus *b* ausgetreten, so tritt von unten Luft in das Horn, um dessen Stelle einzunehmen, wenn aber das Wasser aus der Büchse *c* ausgelaufen ist, fällt das emporgestiegene Wasser wieder herab.“

Die letzte Bemerkung ist insofern unrichtig, als kein Wasser mehr aus *c* abfließt, wenn die Wassersäule in dieser Büchse so hoch ist wie die in *b*. Auch daß die Luft erst durch Vergrößerung ihres Volumens verdünnt werden muß, um saugend wirken zu können, bleibt unbeachtet.

Auch das fünfte und der erste Satz des sechsten Kapitels fehlen in der arabischen Handschrift. Dieser lautet in dem lateinischen Fragmente:

6. „Durch den gebogenen Heber, den einige den Ägyptischen Zirkel nennen, wird Wasser, das sich in der Tiefe befindet, auf eine gewisse Höhe gehoben, fließt aber dann wieder abwärts nach einer tieferen Stelle als zuvor.“

Die arabische Handschrift fährt fort:

„Man weiß wohl, daß sich das Wasser ohne diesen Apparat nicht erhebt. Mit dem Heber erhebt es sich aus folgenden Gründen. Wenn wir die Mündung eines Hebers in ein Gefäß voll Wasser stecken und die Luft am anderen Ende aussaugen, steigt das Wasser, wie wir vorhin beschrieben haben, und wenn es einmal angefangen hat zu steigen, fährt es damit fort, bis alles Wasser aus dem Gefäße durch den

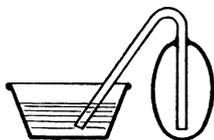


Fig. 2.

Heber gegangen ist, weil die Teile des Wassers miteinander verbunden sind und ein zusammenhängendes Ganzes bilden, wenn sich keine Luft dazwischen drängt; ist solche aber in den Heber und in das Wasser gedrungen, so wird dadurch der Zusammenhang des Wassers unterbrochen, und der Rest hört auf zu fließen. Dies wird durch folgenden Versuch einleuchtend:

Es werde ein längliches dichtes Gefäß in Wasser getaucht, gefüllt und unter Wasser umgekehrt, so daß sein Boden zu oberst steht. Hebt man es so in die Höhe, bis es nur noch mit seinem Rande ins Wasser taucht, so bleibt es gefüllt, was sichtbar ist, wenn das Gefäß aus durchsichtigem Material hergestellt ist. Macht man aber ein kleines Loch in das Gefäß, groß genug, um Luft einzulassen, so fällt das Wasser an seinen ursprünglichen Ort zurück.

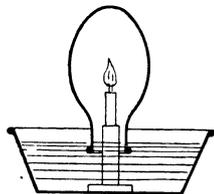


Fig. 3.

7. Auch das Feuer (die Wärme) mischt sich von Natur mit der Luft und deshalb wird es von ihr angezogen, wie aus folgendem hervorgeht: Man stelle aus Blei ein hohles Ei von mäßiger Größe her, Fig. 2, und bohre ein Loch hinein. In dieses Loch stecke man einen Heber, so daß dessen Ende nahe an den Boden des Eies reicht, und verlöte ihn dicht. Dann bringe man das Ei an einen der Sonne ausgesetzten Ort und stelle unter das andere Ende des Hebers eine Schüssel mit Wasser.

Während nun das Ei erwärmt wird, entweicht ein Teil der in dem Heber befindlichen Luft, was dadurch sichtbar wird, daß sie beim Austreten viele aufeinander folgende Blasen erzeugt, und wenn man dann das Ei beschattet, sieht man nach einiger Zeit das Wasser aus der Schüssel in das Ei steigen. Setzt man aber den Apparat wieder der Sonne aus, so wird das Wasser wieder in die Schüssel getrieben.

Im folgenden Absatze wird gesagt, daß man dasselbe erreiche, wenn man anstatt durch Sonnenstrahlen, durch Feuer oder durch Aufgießen heißen Wassers erwärme.

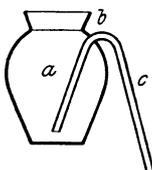


Fig. 4.

8. Gießt man Wasser in ein Gefäß, in dessen Mitte ein Leuchter mit einer brennenden Kerze steht, Fig. 3, und stürzt eine Flasche mit weitem Halse darüber, so daß ihre Mündung in das Wasser reicht und die Flamme in ihrer Mitte ist, so steigt das Wasser nach einiger Zeit in das Gefäß, was nur aus den angegebenen Gründen möglich ist, nämlich nur dadurch, daß die in dem Gefäß eingeschlossene Luft verschwindet, sich verbraucht und weggeht, und wenn die Luft durch die Bewegung des Feuers aufgelöst worden ist, steigt das Wasser im Verhältnis der Luft, welche weggegangen ist.“

Der Schluß des neunten und der Anfang des zehnten Kapitels fehlen in der arabischen Handschrift. Nach dem lateinischen Fragment wurde darin gesagt:

9. „Man durchbohre ein Gefäß *a*, Fig. 4, etwa am äußersten Punkte *b* seiner Seitenwand, setze einen Heber *c* hinein, der fast bis auf den Boden des Gefäßes

reicht und in dem Loche mit dem Gefäße fest verbunden wird. Der äußere Heberschenkel reicht etwas weiter herab, als der innere. Füllt man das Gefäß bis zum höchsten Punkte des Hebers mit Wasser, so fängt es an, auszufließen. Während der innere Schenkel gefüllt wird, verdrängt das Wasser die Luft in *c*, der verdrängten Luft folgt das Wasser und hört nicht eher auf zu fließen, bis es alle aus dem Gefäße gelaufen ist.

10. Einige der Verfertiger solcher Apparate haben sie dadurch bequemer zu machen gesucht, daß sie den Heber in folgender Weise innen versteckten.

Das Gefäß *abc*, Fig. 5, ist unten in der Mitte durchbohrt. Durch das Loch steckt man eine genau hinein passende Röhre *cd*, die beinahe bis zum oberen Rande *ab* emporsteigt. Diese ist von einer anderen Röhre *efg* umschlossen, die an dem Gefäße befestigt, ziemlich weit, oben geschlossen und am unteren Ende mit zwei Ausschnitten versehen ist, damit das Wasser bequem hineintreten kann. Man nennt dies den „intermittierenden Heber“. Im elften Kapitel wird ein eiförmiger Stechheber, Fig. 6, beschrieben.

12. Wenn man Wasser in ein Gefäß mit engem Halse füllt, bis es ganz voll ist, ein Blatt (Papier oder dgl.) darüber deckt, die Hand darauf legt, das Gefäß umkehrt, und dann die Hand wegzieht, fällt das Blatt nicht herab, und das Wasser fließt nicht aus.

13. Man nehme ein kupfernes Gefäß, Fig. 7, mit länglichem Halse, worauf ein dicht schließender Deckel ist. Es sei, wie eine Gießkanne, mit einem Ausgußrohre und im Boden mit mehreren kleinen Löchern versehen. In seinem unteren Teile, 1 Zoll vom Boden abstehend, sei eine ebene Platte eingelötet, die ein Loch hat, in dem ein gebogener Heber befestigt ist, dessen Länge zwei Drittel der Gefäßhöhe beträgt. Man füllt das Gefäß so weit mit Wasser, daß sein Niveau unter der höchsten Stelle des Hebers bleibt. Will man, daß das Wasser durch den Fuß des Gefäßes abfließe, so bläst man einmal heftig in das äußere Rohr des Gefäßes, und wenn man dann das Wasser wieder aufhalten will, saugt man an diesem Rohre.

14. Man richte zwei kommunizierende Röhren *ab*, *cd*, Fig. 8, von sehr verschiedenen Höhen her, und eine Flasche, in deren Hals ein so weites und langes Rohr eingepaßt ist, daß es mit der Flasche über die längere der kommunizierenden Röhren gestülpt, ringsum sowie zwischen ihrem Ende und dem Flaschenboden einen kleinen Zwischenraum frei läßt. Füllt man die kürzere kommunizierende Röhre mittels eines Trichters mit Wasser, so steigt es in der längeren kommunizierenden Röhre bis zum Niveau des Trichters. Füllt man dann die Flasche und die daran befestigte Röhre mit Wasser und stülpt sie rasch über die lange kommunizierende Röhre, wie es die Figur zeigt, so steigt das Wasser bis in die Flasche und fließt am unteren Ende der daran befestigten Röhre aus, weil der Apparat einen „intermittierenden Heber“ bildet.

15. Gießt man in den Apparat, Fig. 9, Wasser durch den Trichter, so bleibt es zunächst in dem Gefäße. Ist es aber bis zum höchsten Punkte des Hebers gestiegen, so fließt es durch diesen aus. Verschließt man aber das Loch *e* mit dem

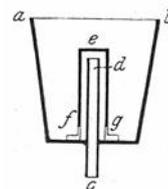


Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.

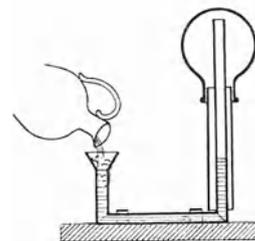


Fig. 8.

Finger, so hört es auf zu fließen. Gießt man nun eine gewisse Wassermenge in den Trichter, so fließt etwa die gleiche Menge durch den Heber ab und hört dann wieder auf zu fließen. Öffnet man das Loch *e* wieder, so entleert sich das Gefäß durch den Heber.

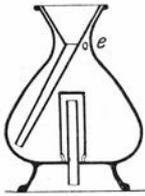


Fig. 9.

16. Es wird die durch Fig. 10 dargestellte Form des Hebers angefertigt, bei der das obere Knie der Heberöhre durch eine übergestülpte, mützenförmige Glasglocke ersetzt ist. Philon sagt: Wenn Wasser eingegossen wird, füllt sich zunächst die Abteilung, welche oben durch die Zwischenwand abgegrenzt ist, dann füllt sich das zweite, kürzere Rohr bis zum Niveau *h g*. Alsdann läßt dieses Rohr das Wasser herausspringen, das nach dem dritten, nach außen führenden Rohre hinübergeht und durch dieses abfließt. Alsdann bewegt sich das Wasser mit Gewalt und zieht einen Teil der Luft, die in dem Hute ist, mit sich.

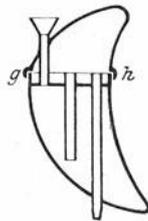


Fig. 10.

Daher kommt es, daß die zurückbleibende Luft verdünnt wird. Das Wasser aber wird, da es mit sehr verdünnter Luft zusammentrifft, leicht in die Höhe getrieben.

17. Wird das mit einem Deckel luftdicht verschlossene Gefäß *c*, Fig. 11, mit Wein gefüllt, so fließt er, nach Philon's Angabe, nur so lange durch das Rohr *k* in die Schale *d*, bis er die Mündung der Röhre *h f* verschließt, weil alsdann keine Luft mehr durch diese Röhre in das Gefäß *c* dringen kann. Schöpft man etwas Wein aus der Schale *d*, so fließt die gleiche Menge Wein aus *c* nach *d* und verschließt die Mündung *h* wieder.“

Es ist hier nicht berücksichtigt, daß der Wein, wenn er in der Schale *d* die Mündung *h* erreicht, in das Rohr *f h* gesogen wird, bis er dieses so weit füllt, daß er der Druckhöhe des bei *k* ausfließenden Weines das Gleichgewicht hält.

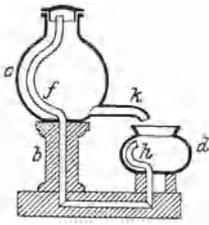


Fig. 11.

Die in den Kapiteln 18 bis 21, 23 bis 27, 29 und 30 beschriebenen Apparate beruhen auf denselben Grundsätzen wie die soeben betrachteten; doch wollen wir den in Kapitel 20 beschriebenen hier wiedergeben, weil wir ihm später in den Schriften des Cardanus begegnen werden.

20. Konstruktion eines Gefäßes mit konstantem Niveau für eine Lampe. Man nimmt ein wie ein Fichtenzapfen geformtes Gefäß, Fig. 12, das eine bestimmte Ölmenge fassen kann. In seinem Inneren bringt man eine (unten) daraus hervorstehende Röhre an. Alsdann stellt man durch Vereinigung von mehreren Lampen einen Kronleuchter her. Mitten in diesem Kronleuchter steht ein (kurzes) gerades Rohr mit einem Loch in der Seite. Der vorhin beschriebene Ölbehälter wird nach jeder Lampe hin mit einem gekrümmten Auslaufrohrchen versehen. Man füllt ihn durch die daraus hervorstehende Röhre mit Öl und steckt ihn auf das Rohr in der Mitte des Kronleuchters. Die gekrümmten Auslaufrohrchen träufeln das Öl in die Lampen, bis es das Loch (im Untersatze des Ölbehälters) verschließt. Alsdann hört das Ausfließen auf. Wenn das Öl verzehrt und das Loch wieder frei geworden ist, träufeln die Auslaufrohrchen von neuem; und dies wiederholt sich, bis das Öl in dem Behälter erschöpft ist.

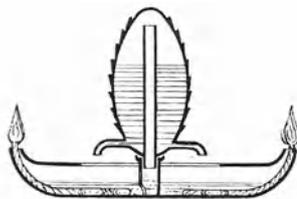


Fig. 12.

22. Ein Gefäß, Fig. 13, ist durch eine wagrechte Scheidewand in zwei Ab-

teilungen, und die obere durch drei senkrechte Scheidewände in vier Kammern geteilt. Mitten unter der wagrechten Scheidewand ist ein aus zwei ineinander passenden Röhren gebildeter Hahn mit dieser Scheidewand fest verbunden und korrespondiert durch vier in sein Gehäuse gebohrte Löcher mit den vier Kammern. Diese werden mit verschiedenen Flüssigkeiten gefüllt. In die innere Röhre des Hahns sind Löcher in der Art gebohrt, daß, je nachdem man sie dreht, die vier Flüssigkeiten entweder einzeln oder auch gemischt in die untere Abteilung des Gefäßes und von da durch ein Auslaufröhrchen fließen.

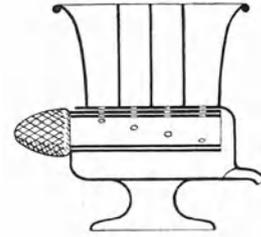


Fig. 13.

28. In einem mit einem Auslaufhahn versehenen Gefäße, Fig. 14, ist eine Kammer angebracht, die eine bestimmte Menge Flüssigkeit faßt, und an der dem Hahn gegenüberliegenden Seite mit einem Klappenventile versehen ist. An diese Klappe ist ein dünnes Stängchen gehängt, das bis zum Konus des Auslaufhahns reicht. An der Stelle, wo dieses Stängchen den Hahnkonus berührt, ist er unrund, so daß die Klappe geöffnet wird, wenn sich der Hahn schließt, und die Klappe sich schließt, wenn der Hahn geöffnet wird. Es kann dann auf einmal nur so viel Flüssigkeit abgezapft werden, wie die Kammer faßt.

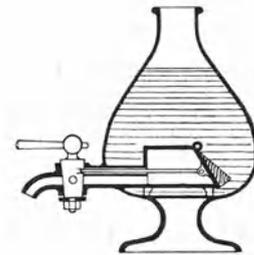


Fig. 14.

31. Ein Waschautomat, der in der Form einer Uhr ähnlich sieht, Fig. 15. Man macht einen Kasten und teilt seine Höhe in zwei Hälften. In der oberen Hälfte bringt man hinten im Kasten einen Wasserbehälter an, der den vierten Teil so breit und etwa ebenso lang ist, wie der Kasten. Dieser Behälter wird mit einem Fülltrichter mit Hahnverschluß und mit einer engen Auslaufrohre versehen. Solange der Hahn am Fülltrichter offen bleibt, fließt das Wasser in einen Löffel, der am einen Ende eines Wagebalkens befestigt ist, während das andere Ende desselben durch ein Gegengewicht so beschwert ist, daß es den leeren Löffel emporhebt, den gefüllten aber niedersinken läßt. Ist er niedergesunken, so ergießt sich das Wasser aus ihm in eine Schale, die in der unteren Hälfte des Kastens angebracht ist. Vor dem Wasserbehälter, in dem Zwischenraume, der vor dem Auslaufrohre des Wasserbehälters bleibt, bringt man einen anderen Wagebalken an, an dessen einem durch eine Türe aus dem Kasten reichenden Ende eine Hand, und an dessen anderem Ende ein Gegengewicht angebracht ist, das die leere Hand emporhebt. Über der empor-

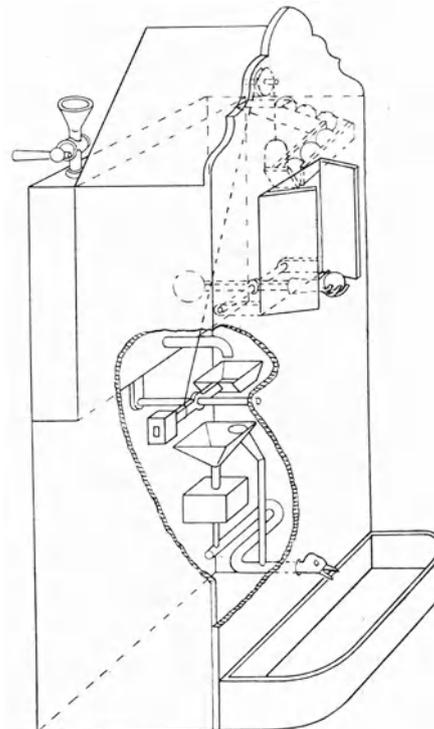


Fig. 15.

gehobenen Hand bringt man einen etwas geneigten, gegen die Hand hin abfallenden Kanal an, in den man Kugeln von Bimsstein legt (die, anstatt Seife, zum Reinigen der Hände dienen). Am Ende dieses Kanals ist eine Falltüre angebracht, die sich von selbst öffnet. Daran ist ein Faden gebunden, der über eine Rolle geht, und dessen anderes Ende an dem Hebelarme des Gegengewichtes für den Löffel befestigt ist. Wenn dieses niedersinkt, zieht es den Faden an und schließt die Falltüre am Kanale. Wenn aber der Löffel gefüllt ist und niedersinkt, läßt der Faden nach, und die Falltüre öffnet sich. Alsdann rollt eine Kugel in die Hand, diese sinkt nieder, stößt die zweiflügelige Türe auf und erscheint außerhalb derselben. Hat man die Kugel aus der Hand genommen, so schlüpft diese wieder in den Kasten, wobei sie zwei Fäden anzieht, die an den Türflügeln befestigt sind und sie schließen. Durch ein Loch in der Schale, in die der Löffel sein Wasser gießt, gelangt dieses rasch in ein darunter angebrachtes Gefäß, und von da durch ein enges Röhrchen in eine lange Röhre, die bis an das Ende des Kastens reicht und so gebogen ist, daß sie nach einem außerhalb des Kastens angebrachten Becken hinführt, das so groß ist, daß es das Wasser für längere Zeit auffangen kann. Durch ein Mundstück, das wie ein Vogelschnabel gestaltet ist, fließt das Wasser hinein. In dem oberen Teile der Schale ist ein Trichter angebracht, der ein wenig Wasser auffängt, das sich direkt durch ein Rohr in die Ausmündung ergießt, um den Bimsstein zu benetzen und zu gestatten, daß man sich die Hände damit reibt, ehe das Wasser in Fülle ankommt. Wenn man den Apparat außer Tätigkeit setzen will, schließt man den Trichterhahn auf dem Wasserbehälter.

In Kapitel 32 ist ein einfacher Apparat dieser Art und in Kapiteln 33 und 34 sind zwei Waschautomaten beschrieben, bei denen das Waschbecken aus einem höher stehenden Wasserbehälter auf die in Kapitel 17 beschriebene Weise gefüllt wird, worauf es durch einen in einer Tierfigur verborgenen Heber aufgesaugt und in einen unter dem Waschbecken angebrachten Trog geleitet wird.

35. Besprenger für Rosenwasser u. dgl. Auf jede Ecke eines sechseckigen Gehäuses, unter dem ein Wasserbehälter ist, wird eine von einer Blumenverzierung überragte Säule gestellt. Mitten auf das Gehäuse stellt man eine Säule, worauf ein Vogel sitzt, aus dessen Schnabel das Wasser zum Besprengen spritzen soll. Dieser Vogel läßt sich nach Belieben drehen. In einer der sechs Säulen bringt man eine Pumpe, ähnlich einer Spritze, an, deren Handgriff durch die Blumenverzierung auf der Säule gebildet wird. Die Pumpe taucht in den Wasserbehälter ein und ist mit einem Saugventil und einem Rohrstutzen mit Druckventil versehen, woran sich ein Druckrohr schließt, das nach der Mitte des Gehäuses geleitet, dort in die Höhe gebogen und durch einen Deckel geschlossen wird, der in der Mitte ein Loch hat, worin sich ein dünneres Rohr dreht, auf dem ein verzahntes Rad sitzt. Dann bringt man eine (wagrechte) Welle mit einem verzahnten Rade an, welches das erste umdreht. Ihr mit einem Ringe (als Handgriff) versehenes Ende steht über das Gehäuse vor. Dann setzt man den Vogel auf, in dessen Schnabel eine durch sein Inneres gehende Röhre mündet. Wenn man Wasser auf eine Person der Gesellschaft spritzen will, dreht man den Ring, bis der Schnabel des Vogels nach der Person hin gerichtet ist, hebt die Blumenverzierung, die den Handgriff der Pumpe bildet, rasch in die Höhe und drückt sie nieder, so wird der Schnabel des Vogels das Wasser auf die Person schleudern.

Ähnliche Apparate werden in den Kapiteln 36 bis 38 beschrieben. Wir haben Kapitel 35 nur deshalb hervorgehoben, weil darin ein Winkelrädergetriebe erwähnt ist.

Die in den Kapiteln 36 bis 42 beschriebenen Apparate beruhen darauf, daß ein Gefäß durch einen sein Inneres verbergenden Seiher mit Wasser gefüllt wird, das in dem Gefäße Schwimmer hebt, die mittels verborgener Drähte über dem Gefäße angebrachte Tiergestalten bewegen, namentlich Vögel, die ihre Flügel ausbreiten und ihre Hälse recken oder niederbeugen.

In den Kapiteln 43 bis 48 werden Trinkgefäße mit doppelten Wandungen beschrieben, bei denen durch Drehen oder Auf- und Niederschieben des Fußes die Kommunikation des Raumes zwischen den Wandungen mit dem Innenraume des Gefäßes unterbrochen oder hergestellt, oder bei denen der Lufttritt in den Zwischenraum durch Drehen eines Hahns oder durch Bedecken eines Luftloches mit einem Finger verhindert werden kann, was bewirkt, daß von dem Weine, der in das Gefäß gegossen wurde, nur der in seinem Innenraume befindliche ausgetrunken werden kann.

Die Kapitel 49 und 50 bieten kein besonderes Interesse. In den Kapiteln 51 bis 54 werden Auslaufhahnen beschrieben, deren Konus wie der eines Dreiweghahns durchbohrt und nach oben säulenförmig verlängert ist. Dieses Säulchen ist der Länge nach durchbohrt und kann wiederum durch einen kleinen Hahnkonus verschlossen werden. Man kann daher, je nachdem man die Hähne stellt, das Wasser entweder durch die Mündung des Haupthahns ausfließen, oder durch die Verlängerung des Konus emporspritzen lassen, auch durch diesen Wasserstrahl ein Schaufelrädchen in Umdrehung versetzen u. a. m.

Kapitel 55 beschreibt eine hölzerne Kammer mit vier Türöffnungen, einem Dache und einem senkrecht verschiebbaren Boden. Auf die Mitte des Dachfirstes ist ein Rohr, wie ein Kamin, gesetzt. Auf den Boden wird eine brennende Kerze gestellt und die Kammer unter Wasser getaucht, so daß nur noch die Rohrmündung hervorragt. Dabei schiebt sich der Boden durch den Auftrieb des Wassers bis an das Dach, an das er wasserdicht anschließt und demzufolge bleibt die Kerze in Brand und die Oberfläche des Bodens trocken.

Kapitel 56 lautet: „Wir machen ein Tintenfaß, Fig. 16, achtseitig, sechsseitig, vier- oder fünfeckig, oder von irgend einer der Formen, die man prismatischen Gläsern gibt. Dieses Tintenfaß hat in jeder seiner Flächen eine Stelle, aus der man Tinte entnimmt. Wie ihr auch das Tintenfaß stellt, bietet es in seiner obersten Fläche ein Loch zum Eintauchen der Feder dar, ohne daß etwas verschüttet wird. Ihr taucht die Feder ein, sie begegnet der Tinte, und ihr schreibt damit. Im Inneren ist ein Ring auf einer Drehachse ab . In diesem Ringe ist ein anderer auf einer Drehachse cd . Im Inneren des zweiten Ringes ist ein Becher auf einer Drehachse ef , und dieser Becher bildet den Tintenbehälter. Wenn ihr wollt, ist dies nach jüdischer Art, denn die Konstruktion des Apparates ähnelt der des Weihrauchfasses, das sich dreht, indem es im Gleichgewichte bleibt ...“

Daraus geht hervor, daß das sogenannte Cardanische Universalgelenk schon um 250 v. Chr. nichts Neues mehr gewesen ist.

57. Konstruktion eines Weihrauchfasses, das sich selbst anfacht. Nehmet ein Rauchfaß ab , Fig. 17, welches unter der Feuerstelle einen Wasserbehälter cd hat. Von diesem geht eine zurückgebogene Röhre aus, welche über

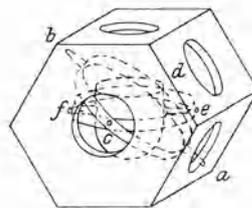


Fig. 16.



Fig. 17.

dem Feuergestelle endigt. Wenn das Wasser siedet, verdampft es. Der Dampf tritt aus der Mündung der zurückgebogenen Röhre über dem Feuer und facht es an.

58. Konstruktion eines pfeifenden Turmes. Von dieser Art können die Leuchttürme sein. Es gibt solche, die pfeifen, weil Dampf durch den Schnabel eines Vogels ausströmt, und solche, die singen, weil Dampf aus dem Munde einer Statue strömt.

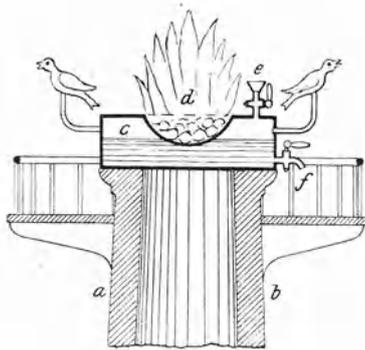


Fig. 18.

a b, Fig. 18, sei der Leuchtturm, *c* der Wasserbehälter, *d* die Feuerstelle, *e* die Stelle, wo man das Wasser eingießt. An dieser Stelle ist ein Hahn mit Trichter, den man schließt, wenn das Wasser eingegossen ist. An der Wasserausflußstelle ist ein anderer Hahn *f*. Um den Leuchtturm sind Röhren angebracht, die von dem Wasserbehälter nach außen gehen. Darauf setzt man beliebige Figuren, wie die genannten Vögel, oder andere. Wenn das Wasser siedet, strömt der Dampf durch die Röhren, tritt an diesen Stellen aus, und man hört von ihm hervorgebrachte Töne.

59. In der Figurengruppe Fig. 19 soll der Drache trinken und das Wasser mit Schnarchen und Blasen einziehen, wenn man die menschliche Figur von ihm abwendet, wenn man sie aber so dreht, daß sie den Drachen ansieht, soll dieser aufhören zu trinken.

Unter der Figurengruppe befindet sich ein überall geschlossener Kasten, der in seinem Boden zwei Löcher hat. Auf dem einen steht ein gebogener Heber, durch das andere geht ein senkrecht Rohr, das die Achse der menschlichen Figur bildet,

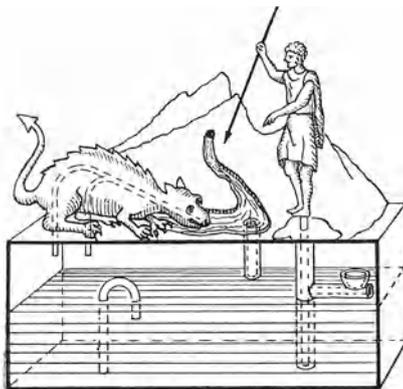


Fig. 19.

und womit ein wagrechtes Zweigrohr in der Höhe des höchsten Punktes des Hebers verbunden ist. Dieses Zweigrohr ist am Ende offen und trägt in der Nähe desselben eine Schale mit einem Loche in der Mitte, das auch durch die Rohrwandung geht. Ist die menschliche Figur dem Drachen zugewandt, so fließt ein Teil des aus dem Berge im Hintergrunde kommenden Wassers durch einen kurzen Rohrstutzen in den Kasten, während der andere Teil dem Drachen zufließt. Ist der Kasten bis zum höchsten Punkte des Hebers gefüllt, so fließt das Wasser durch diesen ab, doch ist die abfließende Wassermenge geringer als die zufließende. Der Überschuss der letz-

teren fließt durch das Zweigrohr und die Röhre, welche die Achse der menschlichen Figur bildet, ab. Wird diese Figur dagegen von dem Drachen abgewendet, so kommt die Schale unter den Rohrstutzen zu stehen, durch den das Wasser bisher in den Kasten floß, und wird sämtlich durch die Achse der menschlichen Figur abgeführt. Das Wasser im Kasten fließt durch den Heber ab und saugt, da keine Luft in den Kasten gelangen kann, Wasser durch die Röhre im Drachen an.

In den Kapiteln 60 bis 62 wird folgende Aufgabe behandelt: „Konstruktion eines Apparates nach der in Kapitel 2 beschriebenen Art. Es sollen kleine Vögel auf Felsen oder Bäume gesetzt werden, die singen, indem sie, je nach den Pfeifen,

die in ihrem Halse angebracht sind, verschiedene Töne von sich geben, so lange das Wasser fließt. Auch soll eine Eule gemacht werden, die vor die Vögel gesetzt wird. Wenn ihr wollt, daß die Vögel singen, darf die Eule sie nicht ansehen, sondern muß ihnen den Rücken kehren. Die Vögel singen dann so lange, bis man die Eule umkehrt.

Zunächst wird in Kapitel 60 nur gezeigt, wie man bewirkt, daß ein einzelner Vogel pfeift. Es wird gesagt, man solle in ein Loch im Boden des in Kapitel 2 beschriebenen Gefäßes eine gebogene Heberöhre stecken, Fig. 20, und darauf eine Pfeife setzen, die in der Figur eines Vogels verborgen, an seinem Halse ausmündet und ertönt, so lange man das Gefäß mit der Mündung nach unten in Wasser taucht, und die eingeschlossene Luft durch die Pfeifen entweicht, und daß man das Gefäß wieder aus dem Wasser heben muß, um es von neuem mit Luft zu füllen, wenn man das Experiment wiederholen will. Dann fährt Philon fort:

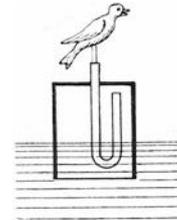


Fig. 20.

„Nachdem wir nun wissen, wie man mit einem einzelnen Gefäße verfährt, müssen wir einen Apparat konstruieren, der mehrere Gefäße enthält. Wir tauchen sie ins Wasser, indem wir sie an geeigneten Stellen des Apparates anbringen, und lassen sie dann wieder in die Luft steigen, damit sie sich von neuem mit Luft füllen, und zwar automatisch, ohne daß jemand diese Arbeit verrichtet. Dies wird man aus dem Folgenden ersehen.“

Es wird aber dabei stillschweigend vorausgesetzt, daß die Vögel nicht mehr auf den ins Wasser getauchten Gefäßen, und die Pfeifen nicht mehr in ihren Halsen sitzen müssen, sondern daß die Vögel etwa auf einem geschlossenen Kasten angebracht werden können, worin der Apparat, womit die Töne hervorgebracht werden, verborgen ist.

61. Konstruktion eines pfeifenden Wasserrades. Man verfertige ein Rad, Fig. 21, aus Holz oder Kupfer, das eine gewisse Breite hat, ähnlich den Trommeln, die zur Bewässerung dienen (d. h. ähnlich dem Schöpfrade, das Vitruv im 4. Kapitel des 10. Buches seiner „Architectura“ beschreibt). Es habe 2 Ellen im Durchmesser. Wir bezeichnen es mit *c*. Seine Dauben *kl* sind außen bei *s* am Umfange des Rades befestigt und haben, ähnlich den Trommelrädern, auf

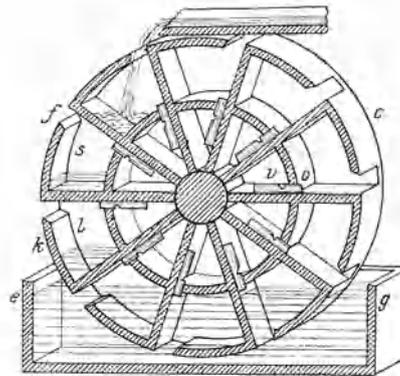


Fig. 21.

einer Seite Öffnungen *f*, während an der anderen Seite (im Inneren des Rades) eine viereckige Scheidewand angebracht ist, so daß Kammern entstehen, die das Wasser aufnehmen können. Der mit *v* bezeichnete Raum innerhalb des mit *s* bezeichneten, hat Öffnungen, die mit *o* bezeichnet sind. Was die Welle in der Mitte des Rades betrifft, so soll ihr Durchmesser dem dritten Teile des Radhalbmessers gleich sein. Sie wird auf zwei starke Pfosten gelagert, und dann setzt man das Rad in einen Behälter, der bis zur Linie *eg* mit Wasser gefüllt ist. Über dem Rade sei eine Rinne, die Wasser in die mit *f* bezeichneten Öffnungen gießt. Wenn in die eine Hälfte des Rades Wasser fließt, wird sie schwer und dreht das Rad um, und wenn dann die Kammern *s* ins Wasser tauchen, wird die Luft in ihnen abgeschlossen, und

wenn das Wasser in die Kammern eindringt und die Luft daraus vertreibt, pfeift sie. Die mit Wasser gefüllten Kammern entleeren sich wieder, wenn sie sich über das Wasser erheben. Solange das Wasser in das Rad fließt und es dreht, pfeifen die Instrumente. Wenn ihr wollt, daß sie nicht pfeifen, dreht ihr, wie vorhin gesagt, eine Eule um. Machet ein Rohr, das der Tiefe nach in zwei Hälften geteilt ist, Fig. 22.

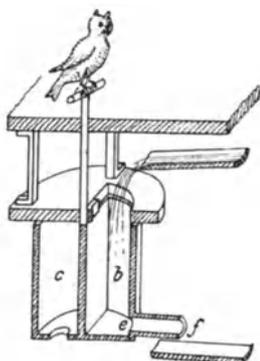


Fig. 22.

Darüber sei eine Kreisscheibe, die das Rohr zur Hälfte bedeckt, und dieses drehe sich um eine durch die Mitte der Scheibe gehende Achse. Unten an dieses Rohr ist das mit *ef* bezeichnete Seitenrohr gelötet. Das Wasser, welches das Rad bewegen soll, kommt von der Seite der mit *b* bezeichneten Rohrhälfte, gelangt durch diese nach *e* und durch das Seitenrohr *ef* in die Rinne, aus der es sich in das Rad ergießt. Wenn ihr die Eule dreht, kommt das Seitenrohr *ef* in die entgegengesetzte Richtung und die mit *c* bezeichnete Rohrhälfte unter den Wasserzufluß.

62. „Konstruktion eines anderen Wasserrades mit Pfeifen. Man kann ein Wasserrad, welches Wasser aus Orten schöpft, wo es stagniert, auch anders herstellen, Fig. 23.

Man mache ein Wasserrad *a*, dessen Durchmesser 1 Elle ist, aus Kupfer. Sein Kranz sei 1 Spanne breit. Es habe ringförmige Ränder, die um die Kranzbreite voneinander abstehen. Auf dem Rade, in dem leeren Raume *bcd* zwischen den Rändern, werden konvexe Gefäße *e* von gleicher Größe angebracht. Ihre Mündung ist bei *f*. An der Stelle, die auf die soeben genannte (nach der Mitte hin) folgt,

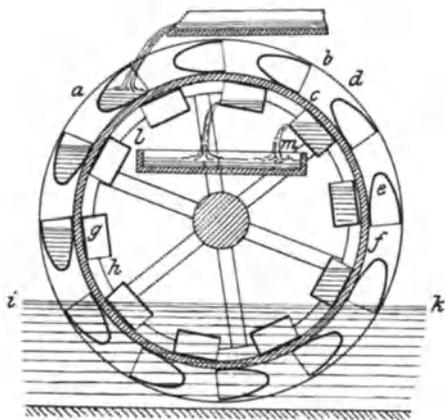


Fig. 23.

werden gerade Gefäße *g* angebracht, deren Mündungen *h* nach der entgegengesetzten Seite gerichtet sind als die der konvexen Gefäße. Das Rad wird in einem viereckigen Gestelle auf Querbalken gelagert und taucht unten in ein Gefäß voll Wasser, dessen Oberfläche durch die gerade Linie *ik* bezeichnet ist.

Wenn man das Rad in der Richtung der Konvexität der Gefäße umdreht, steigen die geraden Gefäße mit Wasser gefüllt in die Höhe und entleeren sich über der Linie *lm*, während die konvexen Gefäße leer bleiben. Wenn man aber Wasser von oben in die konvexen Gefäße fließen läßt, bekommen sie das Übergewicht, weil sie

sich auf einem größeren Kreise befinden und bewirken, daß die viereckigen, mit Wasser gefüllten Gefäße in die Höhe steigen . . .“

Es ist in dieser Beschreibung keine Rede davon, wie die Pfeifen angebracht werden sollen; doch ist nach den beiden vorhergehenden Kapiteln anzunehmen, daß sie auf die ins Wasser tauchenden Schöpfeimer gesetzt werden sollen.

63. „Anderer Apparat für Waschungen und Reinigungen, der bei einem Tempel aufgestellt wird. Er ist dem beschriebenen ähnlich. Das Rad ist von Kupfer. Die Alten wendeten viele Apparate dieser Art an. Wenn sie in

den Tempel gehen wollten, besprengten sie ihre Kleider mit Wasser, das von diesem Rade ausgeworfen wurde, und berührten es dann mit den Händen, weil sie glaubten, daß sie sich durch die Berührung des Kupfers reinigten. Das Rad bewegte sich fortwährend regelmäßig und pfiff, wodurch es sich den in den Tempel Tretenden bemerklich machte. Es stand still, wenn man es mit der Hand berührte, und wenn man es frei ließ, drehte es sich wieder.“

Die hierauf folgende Beschreibung gibt kein klares Bild von der Konstruktion dieser Apparate, weshalb wir sie übergehen.

64. „Ein Rad über einem tiefen Brunnen, welches ohne Benutzung eines Schöpfgefäßes Wasser aus der Tiefe fördert. Man nimmt einen hölzernen, auf allen Seiten geteerten Kasten, Fig. 24, und setzt ein vierkantiges, hölzernes Rohr mitten darauf. Sein oberes Ende rage (in der tiefsten Stellung) etwa 1 Elle über den Brunnenrand. An dieses Ende setzt man ein gezahntes Rad *g*. Wenn man das Wasser in die Höhe steigen lassen will, muß man das Rad drehen und den Kasten über den Wasserspiegel im Brunnen heben. Dann läßt man ihn wieder fallen. Er ist mit Blei beschwert, und wenn er unter Wasser getaucht ist, sieht man solches zugleich mit starkem Winde aus dem Rohre strömen, und das dauert eine kurze Zeit, bis alle Luft, die sich in dem Kasten befindet, daraus entwichen ist. Alsdann wiederholt man die Operation mit dem Kasten.

Die Holzzähne an dem Rohre sind mit *h* bezeichnet. Der Kasten hat unten eine Öffnung *i*. Das Rohr geht innerhalb des Kastens beinahe bis zu seinem Boden herab und ist dort zurückgebogen. Der zurückgebogene Teil reicht beinahe bis zum Deckel des Kastens, und ein anderes Rohr dringt durch eine Seite desselben.

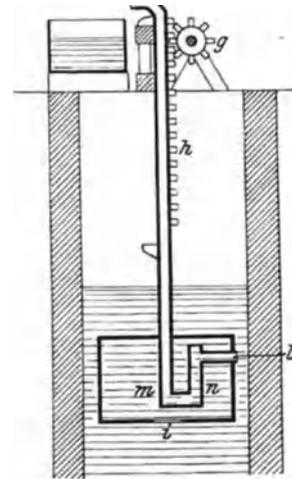


Fig. 24.

Wenn der Kasten über das Wasser gehoben wird, füllt er sich mit Luft, und wenn er ins Wasser fällt, strömt diese durch das zurückgekrümmte Rohr aus (erleidet also zunächst keine Verdichtung). Gleichzeitig strömt durch das Rohr, welches von der Seite in den Kasten führt, Wasser ein. (Sobald es bis zur Höhe *m n* in dem Hauptrohre gestiegen ist, wird es, wenn die Druckhöhe bei *l* größer ist, als die Länge des wagrechten Rohrteils *m n*, vollständig in das Steigrohr gedrückt). Alsdann befindet sich das Wasser auf der Luft, und wenn diese mit Gewalt in die Höhe steigt, stößt sie das Wasser vor sich her (und wirft es am oberen Ende des Steigrohres aus. Dann beginnt das Spiel von neuem). Dies dauert so lang, als Wasser bei *l* eintritt und Luft in die Höhe steigt.

65. Stellen wir noch einen anderen Apparat her, der vielerlei Dienste leisten kann. Man kann mit ihm Wasser aus Flüssen oder anderen Orten heben, es nach hochliegenden Plätzen leiten und Gärten oder Felder damit bewässern. Der Fluß, dessen man sich zum Bewässern mit diesem Apparat bedient, muß starke Strömung und reichlich Wasser haben im Verhältnis zu dem, was die Maschine heben soll.

Man errichtet in einiger Entfernung von dem Flusse ein rechteckiges, turmartiges Gebäude. Auf sein Fundament legt man einen hölzernen Boden, worüber das Wasser geht. Man hebt nämlich vom Flusse bis zu dem Gebäude einen Graben

von $1\frac{1}{2}$ Elle Wassertiefe aus, der gut ausgemauert und dessen Sohle aus Kalk und Gips hergestellt wird, bis er in das Bassin ausmündet. Dieses hat zwei Wände von 6 Ellen Länge und seine Breite ist eine solche, daß es die Wassermaschine faßt.

„Der Apparat, Fig. 25, wird von einer sehr starken Querwelle angetrieben, welche Scheiben von 2 Ellen Durchmesser trägt. Ihre Enden stecken in einem vier-eckigen Maschinenteile (Lagerkörper), der ihnen eine Bohrung darbietet, worin sie sich leicht drehen können. Oben in dem Gebäude ist eine zweite starke Welle von gleicher Beschaffenheit wie die beschriebene angebracht. Das zur Bewässerung dienende Rad sitzt mitten auf dieser Welle, sein Durchmesser beträgt 4 Ellen. Es ist ein dreieckiges, aus Kupfer hergestelltes Werkzeug. Seine Seiten haben eine

nach dem Radius des „hydraulischen Rades“ bemessene Länge und eine Breite von 1 Elle. Das auf der Mitte angebrachte „hydraulische Rad“, worauf das dreieckige Werkzeug sitzt, und die Scheiben sind auf der Welle befestigt.“

Der „Durchmesser von 4 Ellen“ bezieht sich hier offenbar auf den Umhüllungs zylinder des „dreieckigen Werkzeuges“, denn wollte man das Dreieck um einen Kreis von 4 Ellen Durchmesser beschreiben, so würde es sich in dem Raume von 6 Ellen Länge nicht umdrehen können. Die Beschreibung fährt fort:

„Das hydraulische Rad, welches an dem unteren Teile ist, ist mit ab bezeichnet, die Welle mit c , die Scheibe mit de . Das obere Rad mit f , das dreieckige Werkzeug mit g , die Welle mit h und die Scheiben mit ik .“

Demnach befindet sich auf der unteren Welle ein ebensolches „hydraulisches Rad mit dreieckigem Werkzeug“, wie auf der oberen Welle. Im Texte wird ferner gesagt:

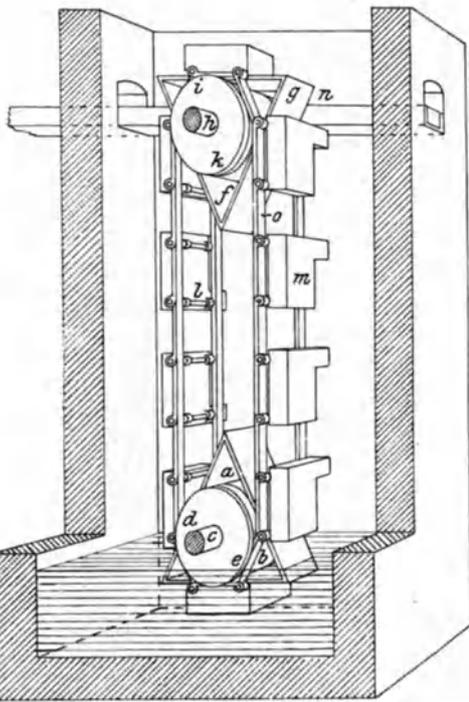


Fig. 25.

„Man muß auch ein mit den Scheiben verbundenes Organ herstellen, das einer Wirbelsäule ähnlich sieht (d. i. eine Gliederkette). Seine Länge sei eine solche, daß es, über das Dreieck gelegt, um eine Elle vom Boden des Bassins absteht. Die Entfernung seiner Glieder voneinander ist auch eine Elle. Es ist mittels eiserner Bolzen zusammengegliedert. Dieses Gerät ist mit o und die Bolzen sind mit l bezeichnet. Auch verfertigt man rechteckige Eimer aus Kupfer oder Holz, die mit den Bolzen dieses Organs verbunden und am unteren Teile daran gehängt sind. Sie sind mit m bezeichnet. Der Teil des Organes, welcher die Eimer trägt, muß auf die Winkel des Dreiecks fallen, so daß, wenn das Rad gedreht wird und die Eimer gefüllt sind, sie sich oben bei n entleeren.“

Wollte man annehmen, daß die Kette über die ganze Dreieckseite hinlaufe und um die Spitzen des Dreiecks herum gehe, so würde sie bei der Umdrehung des Dreiecks oben und unten um eine ganze Elle, in der Mitte aber noch mehr hin

und her schwanken, was nicht angängig ist. Deshalb müssen die Spitzen der Dreiecke durch die Kette gehen, und muß diese sich auf die daneben sitzenden „Scheiben“ legen und ihre Querbolzen auf die Winkelschenkel des Dreiecks. Die Beschreibung fährt fort:

„Unter der Stelle, wo sich die Eimer entleeren, bringt man ein Gefäß an, welches das Wasser aufnimmt und es nach dem Kanal abfließen läßt, der auf den Mauerpfeilern angebracht ist, die wir beschrieben haben.

Es bleibt noch übrig, zu beschreiben, wie sich die Achse bewegt, ohne daß sich ihr jemand nähert, und das Wasser mittels der Eimer hebt . . . Man legt Kanäle an, die sich in die Zellen eines Wasserrades ergießen, die solid und stark sein müssen. Die Kanäle werden so angelegt, daß wenn die Zellen gefüllt sind, die untere Achse sehr kräftig bewegt wird. Wenn diese untere Achse sich mit Kraft bewegt, wird durch die Ketten, auf welchen die Eimer sitzen, auch die obere Achse bewegt.“ Den hierauf folgenden Schluß der Beschreibung können wir übergehen.

In einem arabischen Manuskript, das die Universität Oxford besitzt, und das die Überschrift trägt: „Das, was Heron aus dem Buche des Philon und des Archimedes über das Heben von Lasten usw. ausgezogen hat“, findet man noch einige andere hydraulische Maschinen beschrieben; da sie aber weder in der arabischen Handschrift in Konstantinopel, noch in dem lateinischen Fragment erwähnt sind, erscheint es zweifelhaft, ob diese Beschreibungen von Philon herrühren, weshalb wir nicht näher darauf eingehen wollen.

Friedrich der Große in seiner Stellung zum Maschinenproblem.

Ein Beitrag zur Geschichte der merkantilistischen Gewerbepolitik.

Von

Carl Ergang, Freiburg i. B.

Als mit Ausgang des Mittelalters die Geldwirtschaft an Stelle der Naturalwirtschaft trat, hatte die Todesstunde des Feudalismus geschlagen. Als sein Erbe folgte die absolute Monarchie, die mit wachsender Macht den Kreis ihrer Aufgaben ständig zu erweitern suchte. Um hierzu in der Lage zu sein, um den Einfluß des Monarchen nach jeder Richtung zu stärken, bedurfte es aber geordneter Finanzen. Der an Stelle des Söldners tretende miles perpetuus, die wachsende Schar der auf Geldbezüge gestellten Beamten, sie alle setzten eine gefüllte fürstliche Kammer voraus. Es ist unter diesem Gesichtspunkt erklärlich, wenn der Merkantilismus das Geld in den Mittelpunkt seiner volkswirtschaftlichen Untersuchungen und praktischen Maßnahmen stellt. Reichtum und Geld sind ihm gleichbedeutend. Erfreut sich daher ein Land nicht selbst des Besitzes von Edelmetallbergwerken, so muß es bedacht sein, durch andere Mittel den befruchtenden Strom des gelben Metalles in seine Gefilde zu lenken. Auf diesem Grunde beruht die starke Betonung der Lehre von der Handelsbilanz, d. h. Beschränkung der Ein- und Förderung der Ausfuhr, um sich die Differenz vom Ausland in Gold bezahlen zu lassen. Wollte man zu einer günstigen Handelsbilanz gelangen, so mußte der Staat, d. h. der Fürst, es sich angelegen sein lassen, solche Gewerbe zu pflegen, die Ausfuhrartikel von hohem Werte herstellten. Eine Voraussetzung für das Gedeihen der Gewerbe war aber das Vorhandensein einer zahlreichen gewerblichen Bevölkerung; wir finden daher bei allen merkantilistischen Monarchen eine eifrige Fürsorge für „Peuplierung“ ihrer Länder.

Im fortgeschritteneren Westeuropa blühte diese merkantilistische Politik schon früher als in dem rückständigen, von inneren Zwistigkeiten zerrissenen Deutschland. Während religiöse Kämpfe unser Land in seiner wirtschaftlichen Entwicklung hemmten, erließ schon 1651 Cromwell die Navigationsakte, jenes klassische Dokument des britischen Merkantilismus, das den Grundstein zu Englands wirtschaftlicher und politischer Weltmachtstellung legen sollte. Frankreich folgte seinem Beispiel: sein größter Minister Colbert ist der typische Merkantilist, der es durch seine weit ausschauenden wirtschaftspolitischen Maßnahmen erst ermöglichte, daß sein Herrscher jene Weltmachtspolitik treiben konnte, die seinem östlichen Nachbarn so schwere Wunden schlug.

In Preußen treffen wir die ersten Spuren merkantilistischer Politik schon unter dem großen Kurfürsten, dessen Pfaden Friedrich Wilhelm I., „Preußens größter

innerer König“, treulichst folgte. Der genialste Merkantilist auf dem preußischen Thron ist jedoch Friedrich der Große, in dessen innerer Politik wir die eingangs erwähnten Richtlinien des Merkantilismus am schärfsten nachzuweisen in der Lage sind.

Es würde den Rahmen unseres Aufsatzes überschreiten, wollten wir versuchen, Friedrichs gewerbepolitische Maßnahmen eingehend zu behandeln. Diese Ausführungen erübrigen sich bei den klassischen Arbeiten v. Schmollers, auf die hier verwiesen sein mag. Unsere Aufgabe soll es vielmehr sein, Friedrichs Stellung zum Maschinenproblem zwar im Zusammenhang mit seiner Gewerbepolitik zu schildern, ohne jedoch auf letztere ausführlicher einzugehen.

Das Wesen der Maschine, vom ökonomischen Standpunkte aus betrachtet, ist Rationalisierung der Produktion; unter diese fällt auch die Ersetzung der menschlichen Arbeit. Der Merkantilismus erblickte dagegen in einer zahlreichen gewerblich tätigen Bevölkerung eine Hauptbedingung der Blüte des Gemeinwesens. Ein Arbeitsmittel, das den Arbeitern die Beschäftigungsmöglichkeit minderte, oder sie sogar ganz nahm, wurde daher mit scheelen Augen angesehen.

Schon Colbert hatte den Erfinder einer arbeitsparenden Maschine bezeichnet als „ennemi du travail, par lequel il s'efforce de faire vivre honnêtement le peuple“ und hatte sich die Hilfe der neuen Arbeitsmittel nur in Staatsbetrieben gefallen lassen, da sie hier die Produktionskosten verminderten.

Der Gothaische Kanzler Wilhelm v. Schröder schreibt 1686 in seiner „Fürstlichen Schatz- und Rentkammer“: „Es ist nicht gut für das publicum, wenn solche dinge solten gemeine werden, welche andere concives ihrer nahrung berauben.“ Auch bei allen anderen Frühmerkantilisten finden wir diese Überschätzung des populationistischen Moments und damit verbunden einen Widerstand gegen arbeitsparende Maschinerie.

Die Rücksicht auf Konkurrenzfähigkeit auf dem Weltmarkte, wo nur der siegen konnte, der am billigsten seine Erzeugnisse anzubieten in der Lage war, zwang aber allmählich zur Annahme rationeller Produktionsweisen, und so kann man denn bei den späteren Vertretern des Merkantilismus ein Schwanken zwischen zwei Tendenzen beobachten: Ausfuhrinteresse und Bevölkerungspolitik streiten widereinander, bis endlich das erstere die Oberhand gewinnt. Deutlich läßt sich dieser Widerstreit der Interessen in der Gewerbepolitik Friedrichs des Großen verfolgen.

In den ersten Jahrzehnten seiner Regierung steht ihm die Frage der Bevölkerungsvermehrung an erster Stelle. Im Anti-Machiavel heißt es: „La force d'un État ne consiste point dans l'étendue d'un pays, mais dans la richesse des habitants et dans leur nombre. L'intérêt d'un prince est donc de peupler un pays.“ Bekannt sind ja die Versuche des Königs, Spinner ins Land zu ziehen, um die unter dem Mangel an Gespinnst leidenden Webereien mit dem nötigen Rohmaterial zu versorgen.

Aus dem Bestreben, dieser vermehrten Bevölkerung Beschäftigung zu verschaffen, erklärt sich Friedrichs Fürsorge für die Gewerbe. Seine hierauf bezüglichen Erlasse und Kabinettsbefehle erstrecken sich, wie die Colberts, zuweilen bis auf die geringsten Kleinigkeiten. Zünftlerischen Rückständigkeiten ist er durchaus abhold¹⁾; den Widerstand gegen neue Arbeitsverfahren bekämpft er, wo er ihm begegnet.

1) Schon v. Schröder hatte im Zunftwesen einen Feind des technischen Fortschritts erkannt: „Sind derothalben die vermaledeyten und als die ärgste pest von ganz Deutschland verfluchte zünffte die ursach, warum in Deutschland die manufacturen biß dato nicht haben über sich kommen können.“

Unter dem 18. Juli 1749 erläßt Friedrich ein Edikt, daß „sämtlichen Posamentir-Gewercken in denen Kgl. Preußischen Landen neben ihren gewöhnlichen Stühlen, auch Bandmühlen, dergleichen in der Schweiz üblich, anzulegen und darauf zu arbeiten verstattet seyn sollte“. Diese Erlaubnis wird damit begründet, daß der Fabrikationsprozeß auf den alten Stühlen „sehr langsam zugehet“, und daher die Bandweberei mit dem Ausland nicht mehr konkurrenzfähig bleiben kann. Das Arbeiten an solchen Bandmühlen sollte „vor allewege zünftig und bei Vermeidung fiscalischer Strafe nicht für Handwercks-anstößig“ gehalten werden, doch sollten fremde einwandernde Posamentiergesellen, die sich an der Bandmühle zu arbeiten weigern sollten, „gleichfalls nicht für anstößig“ angesehen, „noch deswegen alleine unaufgefordert weggewiesen“ werden. Der bisherige hiervon abweichende Brauch wird als eine „unter die Handwercks-Mißbräuche gehörige Anstalt“ bezeichnet.

Im „Privilegium und Gülde-Brief für die Strumpf-Würcker-Zunft in der Grafenschaft Marck“ vom 7. April 1773 heißt es: „Es soll auch einem jeden Meister erlaubt seyn, so viel Gesellen zu halten, und so viel Stühle zu haben, als er zur Bestreitung seiner Arbeit gebraucht.“

Friedrichs Sorge für die Vervollkommnung der Textiltechnik erstreckte sich aber nicht nur auf diesen Schutz gegen zünftlerische Rückständigkeit, sondern äußerte sich vor allem in praktischer, positiver Förderung der neuen Maschinen.

Während im übrigen heiligen römischen Reich deutscher Nation die Bandmühle noch verboten war, hatte Preußen den neuen Stuhl schon seit 1728 erlaubt, eine Maßnahme, die vor allem den Seidenbandfabriken zugute kommen sollte, deren Förderung dem Könige sehr am Herzen lag. „Nous avons actuellement 500 métiers tant à Berlin qu'à Potsdam, mais ce n'est qu'un faible commencement“, schreibt Friedrich 1752 in seinem „Testament Politique“. Weiter heißt es dann: „On peut établir en grand nombre des manufactures de mouchoirs à soie, des rubans même faits sur les moulins“, und nach weiteren Vorschlägen schließt der König, dessen Wollen in Anbetracht seines armen Landes seinem Können weit voraus eilte, ganz resigniert: „Mais toutes ces choses demandent des avances de la part du gouvernement, et cela m'a empêché de les pousser jusqu'à présent avec toute la force que je l'aurais désiré.“

Neben der Seidenindustrie, seinem Lieblings- aber auch Schmerzenskinde unter den Textilgewerben, — die staatlichen Aufwendungen dafür sollen während Friedrichs Regierungszeit rund 2 Millionen Taler betragen haben — sorgte der König nach Kräften für die Woll- und Leinenweberei und schenkte auch der aufkommenden Baumwollindustrie seine Aufmerksamkeit.

Die erste Fabrik für Baumwollsamt wurde 1769 errichtet; 1775 folgte die unter Beihilfe der Seehandlungsgesellschaft ins Leben gerufene Kgl. Manchesterfabrik, die später in private Hände übergang und bis 1792 ein Privileg für Manchesterwaren hatte. Dieses Unternehmen hatte auf Anordnung Friedrichs englische Spinn- und Kratzmaschinen eingeführt und damit auch guten Erfolg erzielt, denn nach einem Bericht des Ministers v. Werder konnte man die Samtwaren zum gleichen Preise abgeben wie die englische Konkurrenz. Als nun die Wollfabriken diesem Beispiele folgen und auch englische Maschinen einführen wollten, schrieb der König seinem Minister v. Heinitz, „Chef des Departements für Manufactur-, Commerciens- und Fabriken-Sachen“ in Bezug auf diese Erlaubnis: „Dies versteht sich aber nur von feinen Tüchern und Manchester, sonst würde durch Abbringung

der Spinnerei die Armut leiden; . . . sodann ist es auch gar nicht Meine Intention, daß diese Spinnmaschine allgemein werde, und bei allen Kattun- und Zitz- auch anderen solchen Fabriken eingeführt werden soll. Es würde ja sonst eine sehr große Menge Menschen, die bisher von dem Spinnen sich ernährt haben, außer Brot gesetzt werden; das kann unmöglich angehen, sondern Ich meine lediglich unsere beiden Manchesterfabriken, um denen mehr aufzuhelfen.“

Wenn sich also Friedrich auch der fortschreitenden Technik freundlich gegenüber stellte und ihre Hilfe gern in Anspruch nahm, wenn es sich für ihn darum handelte, das Gewerbe auf dem Weltmarkte wettbewerbsfähig zu machen, so zeigt doch diese Verordnung, daß seine Gewerbepolitik die populationistischen Eier- schalen noch nicht ganz abgestreift hat. Wichtiger als das Blühen der Industrie erscheint ihm als Fürst die Notwendigkeit, allen seinen Untertanen Arbeit zu verschaffen. Die Rücksicht auf das Ausfuhrinteresse tritt daher gegen die Sorge für die arbeitende Bevölkerung zurück, wobei gerade hier besonders zu beachten ist, daß es sich um den Schutz von Spinnern handelt, die der König erst in größerer Zahl in seiner Monarchie angesiedelt hatte, um den Webereien genug Garn zur Weiterverarbeitung verschaffen zu können.

Bei allen diesen Maschinen hatte es sich stets um Arbeitsmaschinen gehandelt, die in der Industrie der damaligen Zeit, dem Textilgewerbe, zur Anwendung kommen sollten. Anders ist aber die Stellung Friedrichs zu den Kraftmaschinen.

Wenn wir die Stellung des Königs zum Maschinenwesen betrachten, darf eine Tat nicht vergessen werden, die ein Ruhmesblatt in der Geschichte seiner Gewerbepolitik darstellt: die Errichtung der ersten wirtschaftlich brauchbaren Dampfmaschine in den damaligen Grenzen Deutschlands, die am 23. August 1785 auf dem Hettstedter Schacht im Mansfeldischen Bergbaurevier in Betrieb genommen wurde. Welche Schwierigkeiten zu überwinden waren, bis man den Engländern ihr Geheimnis abgelauscht hatte, und mit welchen Umständlichkeiten der Bau dieser ersten deutschen Dampfmaschine verknüpft war, ist durch die Untersuchungen von Matschoß bekannt und soll daher hier nicht wiederholt werden.

Da es sich bei dieser Maschine nicht um den Wettbewerb mit der Handarbeit handeln konnte, ist von populationistischen Bedenken gegen das neue Arbeitsmittel nicht die Rede, und Friedrich bemühte sich nach Kräften, Watts Erfindung seinem heimischen Bergbau dienstbar zu machen.

Das vom Verein Deutscher Ingenieure im August 1885 auf der Schachthalde der König-Friedrich-Grube zu Hettstedt dieser ersten deutschen Dampfmaschine errichtete Denkmal gilt daher nicht nur den Pionieren des deutschen Maschinenbaues, sondern erkennt auch die Verdienste des großen Königs um die Industrie dankbar an.

In Friedrichs gewerbepolitischen Maßnahmen hinsichtlich des Maschinenwesens lassen sich daher, wie schon oben bemerkt, zwei Tendenzen nachweisen: zünftlerischer Rückständigkeit gegenüber ist er der Vorkämpfer für den technischen Fortschritt. Andererseits ist er aber doch nicht frei von atavistischen Anwandlungen eines populationistischen Frühmerkantilismus: sobald die Maschine seiner Bevölkerungspolitik entgegenarbeitet, entpuppt er sich als ihr Gegner.

Sozialpolitische Bedenken, die in unserer Zeit bei Einführung neuer Maschinen eine gewisse Rolle spielen (z. B. bei der Setzmaschine im Buchdruckgewerbe und der Glasflaschen-Maschine von Owens), sprechen bei Friedrich nicht mit. Nicht das Mitgefühl mit dem brotlos gewordenen Arbeiter läßt ihn gegen die Maschine Front

machen, sondern in der Hauptsache nur die Rücksicht auf die Steuerfähigkeit seiner Untertanen läßt es ratsam erscheinen, die Steuerkraft des Bürgers zu pflegen. Weil hierbei die Maschine als Störenfried auftritt, weil sie seinen populationistischen Bestrebungen entgegenarbeitet, aus diesem Grunde allein ist Friedrich trotz seiner Anpassungsfähigkeit an westeuropäische fortschrittliche Ideen im Grunde doch noch maschinenfeindlicher Merkantilist alten Schlages.

Die französische Revolution, „der Dolmetscher zwischen England und der Menschheit“ (Macaulay), die in Frankreich dem ancien régime ein jähes Ende bereite, hob den genialen Korsen auf den Thron des Sonnenkönigs. Seine eiserne Hand bescherte Preußen neben unsäglicher Not die Modernisierung seiner verkümmerten inneren Verwaltung. Die Stein-Hardenbergischen Reformen bahnten auch eine fortschrittliche Gewerbepolitik an: im neuen Preußen ist von einer Feindschaft des Staates gegen den technischen Fortschritt keine Rede mehr. Der Merkantilismus hatte damit auch hier sein Ende erreicht, der wirtschaftliche Liberalismus forderte vom Staat, daß er sich von Bevormundung der Gewerbe frei hielt: laissez faire, laissez passer, le monde va de lui-même!

Literatur.

- Frédéric le Grand, Oeuvres, 30 vol., Berlin 1846/57.
 Koser, R., König Friedrich der Große, 2 Bde., Stuttgart 1893/1903.
 Matschoß, C., Die Entwicklung der Dampfmaschine, 2 Bde., Berlin 1908.
 Mylius, Corporis Constitutionum Marchicarum Continuatio IV.
 Mylius, Novum Corpus Constitutionum Prussico-Brandenburgensium V.
 Preuß, Lebensgeschichte Friedrichs des Großen, 9 Bde., Berlin 1832/4.
 Roscher, W., Geschichte der Nationalökonomik in Deutschland, München 1874.
 v. Schmoller, G., Studien über die wirtschaftliche Politik Friedrichs des Großen und Preußens überhaupt von 1680 bis 1786 (Jahrbuch für Gesetzgebung usw. VIII, X, XI).
 v. Schmoller, G., und Hintze, O., Acta Borussica: Die Behördenorganisation und die allgemeine Staatsverwaltung Preußens im 18. Jahrhundert, Bd. IX, Berlin 1907.

Urkundliches zur Geschichte der Eisengießerei.

Von

Professor Dr. Dr.-Ing. Ludwig Beck, Biebrich.

In dem Königlichen Staatsarchiv zu Wiesbaden befindet sich eine Rentrechnung des gräflich nassauischen Rentmeisters Hermann von Huppstorff, genannt Illequat, von dem Rechnungsjahre 1444—1445, welche aus dem alten Dillenburger Archiv stammt und wichtige Nachrichten über das Eisenhüttenwesen des Amtes Siegen enthält. Mitteilungen aus diesem Rechnungsbuch sind schon früher veröffentlicht worden¹⁾.

Einzelne Aufzeichnungen Illequats sind aber von so allgemeinem Interesse und so großer Wichtigkeit für die Geschichte des Eisens, daß sie eine eingehende und fachmännische Erörterung verdienen. Unter diesen ist die Abrechnung über den Guß von dreißig eisernen Geschützen bei Siegen im Jahre 1445, ein gemeinschaftliches Unternehmen der Grafen Johann IV. und Heinrich II. von Nassau und der Stadt Siegen, für die Geschichte der Eisengießerei von besonderer Bedeutung, ist sie doch die älteste Urkunde, welche über die Technik des Eisengusses Aufschluß gibt. Dieser Umstand läßt es gerechtfertigt erscheinen, die bezüglichen Items der Rechnung wörtlich nach dem Original wiederzugeben und zu erläutern.

Einige Angaben über Personen und Umstände mögen noch zum besseren Verständnis vorausgeschickt werden.

Die beiden oben genannten Grafen gehörten der ottonischen Linie des nassauischen Grafengeschlechtes an und waren ihrem am 3. Mai 1442 gestorbenen Vater Engelbert I. in der Regierung gefolgt. Sie regierten gemeinschaftlich, doch hielt sich Graf Johann meist in den niederländischen Besitzungen auf, während Heinrich in Dillenburg oder Siegen residierte. Die Furcht vor politischen Unruhen, die von Frankreich und Burgund damals zu befürchten waren, mögen die Grafen veranlaßt haben, die Burg und die Stadtumwallung von Siegen in einen bessern Verteidigungszustand zu setzen und mit eisernen Geschützen auszurüsten. Die Verteidigung der Burg stand den Grafen zu, die der Stadtumwallung der Bürgerschaft der Stadt Siegen. Hieraus erklärt es sich, daß beide Teile den Guß von 30 Geschützen und 60 dazugehörigen Kammern gemeinschaftlich in der Weise unternahmen, daß sie sich in die Kosten und die Geschütze zu gleichen Anteilen teilten.

¹⁾ Beck, Geschichte des Eisens I, S. 965. — Voigtmann, Mittelalterliche Geschutzfabrikation im vormaligen Fürstentum Nassau-Dillenburg. Herborn 1905. — Dr. K. Ley, Zur Geschichte und ältesten Entwicklung der Siegerländer Stahl- und Eisenindustrie. Münster 1909.

In keiner andern Gegend Deutschlands wäre damals eine solche Leistung der Eisengießerei möglich gewesen. Auch für Siegen war es ein besonderes Ereignis, wie aus dem Nachfolgenden erhellt.

Die Eisenindustrie des Siegerlandes stand damals bereits auf einer hohen Stufe. In der Renterechnung Illequats werden im Amte Siegen 28 Blashütten und 8 Hammerhütten mit ihren Besitzern und den Abgaben, die sie an die Grafen zu zahlen hatten, aufgeführt. Illequat war mit dem Eisenhüttenwesen des Siegerlandes genau bekannt und als er mehrere Jahre später als Schultheiß nach Siegen versetzt wurde, beteiligte er sich an dieser persönlich dadurch, daß er eine Eisenhütte in der Nähe der Stadt erwarb und betrieb.

Die Renterechnung Illequats von 1444—1445 beginnt mit folgender Einleitung: „Anno Dom. MCCCCXLIIII. Dyt ist soliche rechenschaff als ich Herman von Huppistorff genant Illequät Rentmeister der grafschaff von Nassauwe thun den Edeln Wolgeborn Junchern Junchern Johanne vnde Junchern Heinrich gebrudern Graue zu Nassauwe vnde zu Vianden etc. myne gnädige liebe Junchern von allen Innemen vnde vßgeben als Ich von yiren genaden wegen Ingenomen vnde vßgegeben Han In Sygener lande, In Herborn marke, zu Dillenburg vnde In Heyger kirspele, Vnde disse rechenschaff gehet an vff mittwochen nest vur deme hilligen Cristdage in dem Jar anno Dom. XLIIII vnde gehet fort vß uff den Dienstach nest vur hilligen Christdage Int Jar XLV vnde ist un vart Innemen zum isten In deme lande von Sigen . . .“

Die auf den Guß der 30 eisernen Geschütze bezüglichen Stellen haben den folgenden Wortlaut:

(S. 90)¹⁾. Item uff mondach nest nach Jubilate [19. April] rechinden die Burgemeister Ewert Hellings, Hans Welter Hilchenbach mit Herman Smender, so als der selbe Ringe unde ysen spysse gemacht hatte, zu den bussen formen, als der Bussenmeister von der nygestat mynen gnedigen Junchern unde der stat gissen sol, die Helffte han ich betzalt von den Ringen unde spysen, die somma waß VII Fl XVIII s²⁾, dyt is den Burgemeistern kundlich. — Sma. III Fl. XXI s³⁾.

(S. 106). Item uff Donnerstach nest nach sente Laurentz dage [10. August] rechinde Heyman Welder, Ewert Helling, Herman Pythan unde Godert Nauwirt, burgemeister unde ich von den bussen die meister tilman unde Conrat kannengosser mynen gnedigen Junchern unde der stat zu Sigen gegossen hant, So hant die bussen gekost, als hernach geschriben steit, zum irsten Herman Smender vor ysen ryng, stangen, speysen unde beysel 3 G.

Item Herman Huckman unde synen knechten vor irn lon unde von den Hutten unde belgen, alz sich gebürt 10 G. 6 s., Item vor stein zu den bussen 33 G. 5 s.,

Item vür kolen zu den bussen 29 G. 9 s. 6 d, Item zu den formen ist komen unde Hant gekost an leyemen zu voren, an schorhaar, an kolen, an brende und von vore uff die Hütte, die formen unde die bussen gefort, wider in die stat unde vor den Han zu beschießen 7 G. 21 s. 4 d.,

1) Die Seitenzahlen der gebundenen Rechnung sind später eingeschrieben. Die Hervorhebungen durch gesperrten Druck rühren von mir her und finden sich nicht im Original.

2) 7 Gulden 18 Schillinge oder Albus.

3) 3 Gulden 21 Schillinge. Im Nachfolgenden bezeichnen wir Gulden, Schilling und Heller mit G., s. und d.

Item alz man die bussen off der hutten goiß, So gingen die Burge-
meister unde Rait uff die Hutte unde schenkten den meistern unde knechten
Da wart vertan an Brode wine fleische 2 G. 14 s. 9 d.,

Item alz man die bussen deylte unde woich off der stat wagen, unde
die Bussen beschoiß unde lywerte, Daz werde dry Tage, da wart vertert
mit den meistern, unde die burgemeister schicketen auch usz der stat lude dar by
daß sy zu sagen unde lerten, dar umb wart auch die kostde große 9 G. 19 s. 4 d.,

Item hant die bussen gewigen 98 stalen ysens, ye einen stalen gegossen in
er kost vür 1 G. die bussen waren drissich unde ye zu ejner bussen zwo kamern

Item Meckel Sleiffenboms von huszizinsse das man die formen
inne machte 2 G. unde den knechten geschenket 2 G. —

Dyt vursch(riben) hant mir die Burgemeister alsus berechent unde ist en auch
kundich,

Summa myner gnedigen junchern Helffte daz mir gebürt 99 G. 1 s. 9 d.“

Die kurzen, aber treffenden Bemerkungen zu den einzelnen Ausgabeposten
gewähren ein deutliches, gemeinverständliches Bild des ganzen Vorganges, dem
Fachmann geben sie aber auch bei genauerer Betrachtung Aufschluß über die
technische Ausführung.

Die Herstellung der Gußformen geschah ohne Holzmodell oder Formkasten
aus Lehm in der Weise, wie es bei dem überkommenen Verfahren für den Guß
von Bronzegeschützen üblich war und wie dieses Biringuccio in seiner Pyro-
technia 1540 genau beschrieben hat¹⁾. Da die Gießhalle der Eisenhütte des Hermann
Huckmann, in welcher der Guß erfolgen sollte, zu klein war, um gleichzeitig die
vielen Lehmformen herstellen zu können, so wurde hierfür ein in der Nähe gelegenes
Haus, vielleicht eine große Scheuer, gemietet. Der Formlehm wurde mit „schor-
haar“ (Scherwolle) gemengt und durchgeknetet. Dieser Zusatz geschah, um das
Reißen der Lehmform beim Trocknen und das Anbrennen zu verhindern. Das
Modell des Geschützes wurde aus Lehm über einem mit Strohseil umwickelten
Rundholz, der „Formspindel“, lagenweise aufgedreht und an einer aus einem Brett
hergestellten Schablone, dem „Formbrett“, abgestrichen. Sodann wurde es
getrocknet. Das getrocknete Modell wurde mit einem Gemeng von Holzkohlen-
asche und Talg angestrichen. Auf das so eingefettete Modell wurde alsdann der
Mantel ebenfalls aus Formlehm lagenweise aufgedreht. Nach jeder neuen Lage
wurde diese getrocknet. Die äußerste Lage wurde dann mit eisernen Stäben und
Bändern („ringe und ysen spyße“), die der Hammerschmied Herman Smender
geschmiedet und angefertigt hatte, in der Weise armiert, daß dieses Eisenwerk
eine Art von Korb bildete, der den Mantel schützte und zusammenhielt.

Dieses Verfahren für das Formen der Geschütze hat sich bis zum Ende des
achtzehnten Jahrhunderts erhalten. Zum besseren Verständnis desselben lassen
wir eine Reihe von Darstellungen aus der großen französischen Enzyklopädie²⁾,
in dem Tafelheft über Kanonenguß (fonte des canons), das etwa um 1760 erschienen
ist, mit kurzen Erklärungen folgen.

In Fig. 1 ist der Arbeiter dargestellt, welcher das Strohseil auf die Formspindel,
die auf einem Rahmen gelagert ist, aufwickelt. Der Rahmen ist ein aus Back-

1) Vanuccio Biringuccio, Pyrotechnia Libro VI. — Beck, Geschichte des Eisens,
I, S. 943.

2) Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. Paris 1751
bis 1772.

steinen gemauertes Viereck von $2\frac{1}{2}$ Fuß Höhe, auf dem Lager von Eichenholz mit eingeschnittenen Rundungen, in denen die Zapfen der Formspindel sich drehen, befestigt sind. Ein Gehilfe dreht die Spindel mit einem am Ende angebrachten Drehkreuz, während der erste Arbeiter das Strohseil aufwickelt und mit einem Holz festschlägt. Das eine Ende des Strohseils ist mit zwei Nägeln auf der Spindel befestigt. In dem ummauerten Raum macht man Feuer an, um die aufgetragenen Lehmschichten zu trocknen. In vielen Gießereien war die Formspindel einfach auf zwei Holzböcken, die auf dem Boden standen, aufgelagert, wie es die Abbildung bei Biringuccio zeigt¹⁾.

Fig. 2 und 3 zeigen die konisch zulaufende Formspindel, die rund oder achteckig war; Fig. 4 die halb und ganz bewickelte Spindel.

Fig. 5 stellt das Auftragen des Formlehms auf die Strohummwicklung der Spindel dar, was ein Arbeiter mit der Hand verrichtet, während ein zweiter die Spindel dreht. Die ersten Lagen werden aus Lehm, der mit Ziegelmehl gemischt ist, hergestellt, während die äußeren Lagen aus zartem, geschlämmtem, mit Pferdemist gemengtem Lehm aufgetragen werden. Statt des Pferdemistes verwendete man in Siegen Scherwolle. Fig. 6 zeigt das Formbrett, an dem das Lehmmodell abgestrichen wird, um die gewünschte Gestalt zu erhalten.

In Fig. 7 bis 9 ist die Herstellung des Mantels oder der eigentlichen Gießform abgebildet. Zunächst wird das gut getrocknete Lehmmodell mit Seife und Öl gut eingeschmiert, damit der aufgetragene Lehm des Mantels nicht an dem Modell festhaftet. Alsdann werden die ersten Schichten aus zartem, mit Pferdemist vermischem und durch ein Sieb getriebenem Lehm aufgetragen und wird jede Lage getrocknet; ebenso die äußeren Lagen, die aus grobem Lehm hergestellt werden. Hat der Mantel die erforderliche Dicke erlangt, so wird er mit Flacheisenstäben und Bändern der Länge und Quere nach armiert und verstärkt. Die Stäbe sind an den Enden zu Haken ausgeschmiedet, so daß man sie mit Draht fest zusammenbinden kann.

Fig. 10 zeigt das Trocknen der Form über einem offenen Holzfeuer. Ist die Form gut getrocknet, so wird die konische Holzspindel mit einem Hammer herausgeschlagen. Da das Strohseil der Umwicklung mit dem einen Ende an der Spindel aufgenagelt ist, so läßt sich die ganze Strohwicklung herausziehen und die aufgetragene Lehmschicht des Modells leicht entfernen. Die Form des Geschützrohres ist alsdann fertig. Das Bodenstück, Fig. 11 und 13, wurde für sich geformt und dann mit der Rohrform verbunden.

Die hier mitgeteilten Abbildungen beziehen sich auf Bronzegeschütze, die mit verlorenem Kopf vollgegossen und dann ausgebohrt wurden. Dies war in älterer Zeit und auch bei unseren Siegerner Geschützen aus Gußeisen nicht der Fall. Vielmehr wurde bei diesen der innere Hohlraum, „die Seele“, über einem Lehmkern mit dem Rohr gegossen, wie dies auch von Biringuccio für die älteren Bronzekanonen geschildert und abgebildet wird²⁾. Dieser Lehmkern wurde ebenfalls über einer Spindel aufgedreht, ganz ähnlich wie das Modell. Da das gußeiserne Geschützrohr auf beiden Seiten offen war, konnte der Kern leicht eingelegt werden. Die Kammern, welche die Pulverladung aufnahmen, wurden für sich hergestellt. Für jedes Geschütz fertigte man zwei Kammern an, um sie abwechselnd laden zu können. Die Kammer mit der Pulverladung wurde durch Klammern und Keile mit dem

1) Biringuccio, a. a. O. — Beck, a. a. O. I, S. 943, Fig. 297.

2) Biringuccio, a. a. O. — Beck, a. a. O. I, Fig. 298, 299.



Fig. 1.

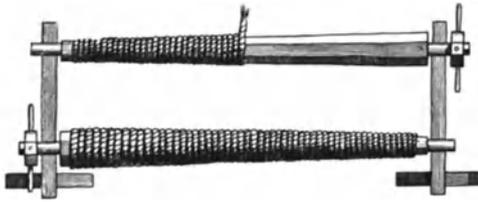


Fig. 4.

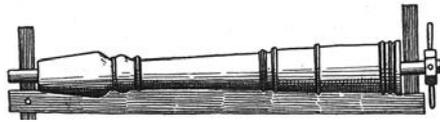


Fig. 6.

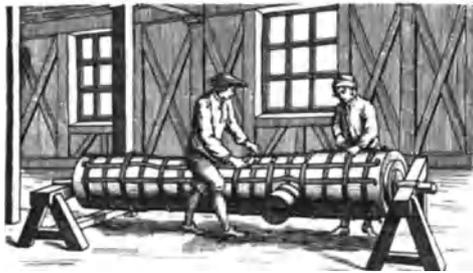


Fig. 9.

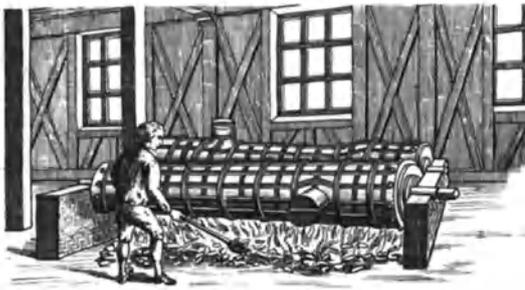


Fig. 10.

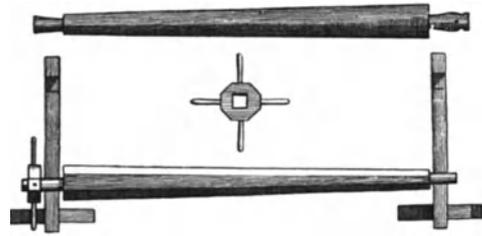


Fig. 2 und 3.



Fig. 5.

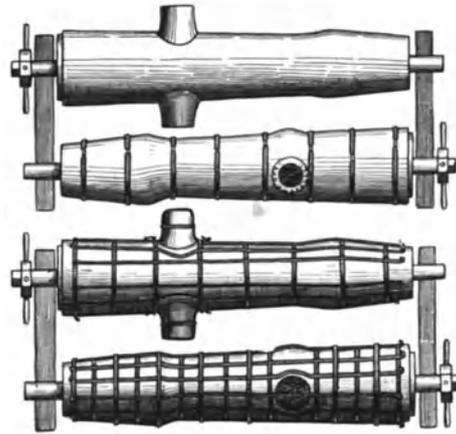


Fig. 7 und 8.

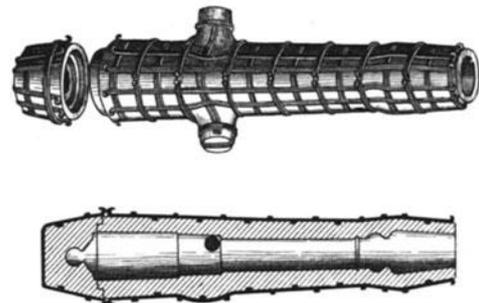


Fig. 11 bis 13.

Geschützrohr fest verbunden. Die alten Siegener Geschütze waren demnach Hinterlader.

Nachdem nun die Formen in dem Formhaus des Schleifenbaum fertiggestellt und gut getrocknet waren, wurden sie nach der Eisenhütte des Hermann Huckmann gefahren, um hier gegossen zu werden. Zu diesem Zweck grub man die Formen in den Boden des Gießhauses derart ein, daß das flüssige Eisen vom Abstichloch des Ofens ihnen zu- und eingeleitet werden konnte.

Das Schmelzen des Eisens geschah in dem Maß- oder Massenofen, einem niedrigen Hochofen, unmittelbar aus dem Eisenerz, dem „stein“, mit „kolen“, d. h. mit Holzkohlen.

Das Formen und Gießen vollzog sich unter der Aufsicht von „meister Tilman und Conrat kannengießer“. Noch gab es kein selbständiges Gewerbe der Eisengießer, der Kannengießer, d. h. der Metallgießer, war der zuständige Fachmann. Die Oberaufsicht über das Ganze hatte der Büchsenmeister der Neustadt (von Siegen), dessen Namen nicht genannt wird, wenn er nicht identisch ist mit dem oben genannten Meister Tilmann. Nach Illequats Rechnung wurden zum Gießen „vor stein zu den bussen“, 33 Gulden und 5 Schillinge verausgabt. Ein Fuder Eisenstein kostete damals 10 Schillinge. Es wurden demnach 78,7 Fuder, was einem Gewicht von etwa 78,7 Tonnen entspricht, verschmolzen. Der Aufwand für Holzkohlen betrug 29 Gulden 9 Schillinge und 6 Heller, entsprechend etwa 64,1 Tonnen Kohlen. Das für die 30 Geschütze angegebene Gewicht von 98 Stallen¹⁾ entsprach 7,37 Tonnen. Dies würde einem Ausbringen von kaum 10 vH entsprechen. Es muß demnach, abgesehen von Trichtern und Fehlgüssen, noch etwa doppelt so viel Nebeneisen gefallen sein, das aber dem Massenbläser oder Hüttenherrn zugute kam, da er den Stein und die Kohlen voll bezahlt bekam. Außerdem erhielt er für die Benutzung „von der hutten und belgen alz sich gebürt“ 10 Gulden 6 Heller.

Daß dieser Guß der Geschütze als ein wichtiges Ereignis für die Stadt Siegen angesehen wurde, ergibt sich daraus, daß die Bürgermeister und der Rat der Stadt auf die Hütte gingen und die Meister und Knechte reichlich beschenkten, „da wart vertan an brode, wine, fleische 2 G., 14 s., 9 d“.

Ein wahres Volksfest wurde aber gefeiert beim Verwiegen, Beschießen und Teilen der Geschütze, und zwar dauerte dies drei Tage. Das Gießen der Geschütze erfolgte, wie erwähnt, in der Weise, daß bei dem Abstich des Massenofens eine entsprechende Menge des flüssigen Eisens der eingedämmten, aufrechtstehenden Form zugeleitet wurde. Die tägliche Leistung eines Massenofens betrug damals nicht mehr als ein bis zwei Tonnen. Es wurde alle zwölf Stunden einmal abgestochen und bei einem Abstich schwerlich mehr als ein Geschütz auf einmal gegossen. Wahrscheinlich wurde aber bei dem Abstich in der Nacht nicht gegossen, so daß an einem Tag wohl nicht mehr als ein Geschütz hergestellt wurde. Dies würde für die 30 Geschütze mindestens einen Zeitraum von fünf Wochen erfordern. Die Renteirechnung gibt uns aber noch bestimmtere Auskunft über die Dauer des ganzen Unternehmens. Der erste Bezug von Eisenstäben und Ringen von Hermann Smender für die Formen und die Bezahlung dafür erfolgte am Montag nach Jubilate, also am 19. April, die Hauptabrechnung für den Guß der Geschütze am Donnerstag nach St. Laurentius, am 10. August. Also haben die Arbeiten vom Beginn bis zur Vollendung mehr als ein Vierteljahr gedauert. Nach dem Guß wurde das Geschütz,

¹⁾ 1 Stallen Roheisen wog damals 150 Pfund.

nachdem es erkaltet war, aus der Form gehoben, die Trichter und Gußnäte abgeschlagen und das Gußstück sorgfältig geputzt. Die fertigen Geschütze blieben auf der Hütte, bis das letzte gegossen und geputzt war. Alsdann wurden sämtliche 30 Geschütze und 60 Kammern auf Wagen geladen und in festlichem Zuge nach der Stadtwage, die am Kaufhaus, am Marktplatz, sich befand, gefahren, und damit begann das dreitägige Volksfest. Nachdem die Geschütze alle gewogen waren, erfolgte die Teilung zwischen den Grafen und der Stadt. Alsdann wurden sie wieder auf Wagen geladen und vor die Stadt nach dem Hain, dem steilen Abhang östlich der Burg, gefahren, wo sie probiert oder beschossen wurden. Dies war der Gipfel des Festes, und hierzu schickten die Bürgermeister „lude“, d. h. junge Bürger, damit sie das Laden und Beschießen ansehen und lernen sollten, weil sie später zur Verteidigung der Stadt, also unter Umständen auch zur Bedienung der Geschütze verpflichtet waren. Diese, die Meister und alle Beteiligten wurden festlich bewirtet, und waren die Kosten groß, wie Illequat schreibt, sie betrugen 9 Gulden 19 Schillinge und 4 Heller. Das erscheint uns gering. Wenn wir aber bedenken, daß die Grafen für ihre 15 Geschütze und 30 Kammern 99 Gulden 1 Schilling und 9 Heller zu zahlen hatten, so wurden in den drei Tagen der Wert von anderthalb Geschützen und drei Kammern auf öffentliche Kosten verzehrt.

So können wir uns aus den Zahlen und den kurzen Bemerkungen zu der Abrechnung des Rentmeisters Illequat ein deutliches Bild dieses für die Geschichte des Eisengusses so wichtigen Vorganges machen.

Diese für die damalige Zeit außerordentliche Gußleistung von 30 eisernen Geschützen und das damit verbundene Fest erregte weit über die Grenzen des Siegerlandes hinaus die Aufmerksamkeit.

Die gußeisernen Kanonen von Siegen fanden allgemeine Beachtung und bildeten in den folgenden hundert Jahren einen wichtigen Gegenstand der Fabrikation und der Ausfuhr der Siegerländer Eisenhütten.

Die geschichtliche Entwicklung der Eisengießerei seit Beginn des 19. Jahrhunderts.¹⁾

Von

Dipl.-Ing. U. Lohse, Aachen.

Gußeisen war im Altertum unbekannt. Um flüssiges Eisen herzustellen, sind Temperaturen von über 1200° notwendig. Mit den einfachen, den Alten bekannten Herdöfen und den von menschlicher oder tierischer Muskelkraft betriebenen Gebläsen war es nicht möglich, so hohe Temperaturen zu erzeugen. Langsam mußten sich erst durch die tatkräftige Mitarbeit ganzer Generationen von Eisenhüttenleuten die Schachtöfen entwickeln und vor allem leistungsfähige Gebläse durch die alten Maschinenbauer hergestellt werden. Das wichtigste Ereignis, das schließlich zu einer gänzlichen Umgestaltung der Eisendarstellung führte, war die Einführung der Wasserkraft zum Betrieb der Gebläse. Wann, wo und durch wen dieses wichtige technische Ereignis sich vollzogen hat, wissen wir nicht. Es ist anzunehmen, daß wohl an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten einzelne Hüttenleute darauf gekommen sind, das Wasserrad, das die Alten bereits zum Antrieb von Getreidemühlen benutzt hatten, nun auch zum Antrieb ihres Ge-

1) Bei meiner Arbeit wurde ich in entgegenkommender Weise von vielen Seiten unterstützt. Ausführliche Mitteilungen und Aufklärungen, sowie die meisten veröffentlichten Zeichnungen verdanke ich der Liebenswürdigkeit folgender Behörden und Werke: Kgl. Hüttenamt zu Malapane; Kgl. Hüttenamt Sollingerhütte zu Uslar; Kgl. Württembergisches Hüttenamt Wasserralfingen; Fürstl. Stolbergisches Hüttenamt, Ilsenburg; Badische Maschinenfabrik, Durlach; Bopp & Reuther, Mannheim-Waldhof; Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken, Hannover-Hainholz; Krüger & Ihssen, Hannover; Hannoversche Maschinenbau-A.-G., Hannover-Linden; Fr. Dehne, Halberstadt; A. Gutmann, A.-G., Ottensen b. Hamburg; Strebelwerk, Mannheim; Gebr. Sulzer, Winterthur; Bonvillain & Ronceray, Paris; The Tabor Mfg. Co., Philadelphia u. a. — Auch an dieser Stelle sei ihnen für ihr Interesse bestens gedankt.

Von der Literatur wurde benutzt: Beck, Geschichte des Eisens. Bd. 1 bis 5. — Darmstaedter, Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. 2. Aufl. Berlin 1908. — Karmarsch, Geschichte der Technologie. München 1872. — Karsten, Eisenhüttenkunde. 3. Aufl. 1841. — Hartmann, Eisengießerei 1847 mit Ergänzung von 1853. — Ledebur, Handbuch der Eisengießerei. 1883. — Ledebur, Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. 3. Aufl. 1901. — Beckert, Eisenhüttenkunde III. 2. Aufl. 1900. — Wüst, Handbuch der Metallgießerei. 2. Aufl. 1897. — Karmarsch, Mechanische Technologie. 1. Aufl. — Kirchner, Kupolöfen. Berlin 1891. — Guettier, La fonderie etc. Paris 1844. — Zeitschriften: Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. — Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes. — Dingers polytechnisches Journal. — Stahl und Eisen. — Gießereizeitung. — Prechtl's Technologische Enzyklopadie. — Tunner, Jahrbuch Leoben. — The Foundry. — Kataloge und Druckschriften verschiedener Firmen.

bläses heranzuziehen, ohne sich von vornherein der Folgen bewußt zu sein. Jedenfalls war man zunächst von der Folgeerscheinung der stärkeren Gebläse, die in dem flüssigen Eisen zum Ausdruck kam, sehr wenig erfreut, da man das Gußeisen zuerst für minderwertiges Eisen hielt. Erst als man die Erfahrung machte, daß dies geschmolzene Eisen, im Herdfeuer zu Schmiedeeisen verwandelt, ein viel gleichmäßigeres und besseres Produkt ergab, kam man nach und nach dazu, absichtlich flüssiges Eisen zu erzeugen. So entwickelte sich aus der Verbindung der stärker werdenden Gebläse mit den höher werdenden Schachtöfen der Hochofenbetrieb, von dem wir die erste urkundliche Nachricht aus dem Siegerlande haben. Dort sollen schon um 1444 Hochofenwerke in Betrieb gewesen sein.

Mit dem Hochofenbetrieb war es nun aber möglich, Gußwaren direkt herzustellen. Der Guß erfolgte meist noch bis in das 19. Jahrhundert hinein unmittelbar aus dem Hochofen. Bei großen Gußstücken ließ man das Eisen durch Rinnen vom Abstichloch in die Form fließen. Bei kleineren Gußstücken schöpfte man das Eisen mit Gießkellen aus dem Vorherd des Hochofens. Hierfür benutzte man auch schon ziemlich frühzeitig Schachtöfen, die, mit Gebläse versehen, als Vorläufer der heutigen Kuppelöfen angesehen werden können. So gebrauchte bereits Biringuccio (um 1540) einen kleinen Gebläseschachtöfen von 0,9 m Höhe, mit dem das Eisen für den Geschützkugelguß geschmolzen wurde. Beck findet in diesen kleinen Öfen eine Erklärung für die Tatsache, daß es damals bereits Eisengießereien für Kleinguß in großen Städten wie Paris und Nürnberg gab¹⁾. Auch der berühmte französische Gelehrte und Begründer der wissenschaftlichen Eisenhüttenkunde, Reaumur, kannte diese Öfen bereits sehr genau. Beck in seiner Geschichte des Eisens gibt uns eine sehr eingehende und anschauliche Schilderung dieser Entwicklungsperiode²⁾.

Die Sand- und Kastenformerei, die für den Eisenguß erst im 18. Jahrhundert in größerem Umfange angewendet wurde, war auch bereits Biringuccio bekannt. Sie wurde zu dieser Zeit (Mitte des 16. Jahrhunderts) aber nur zum Einformen kleinerer Gußstücke aus Bronze und Edelmetall benutzt. Erst Abraham Darby gelang es 1708 in England die Kastenformerei mit nassem Sande in der Praxis einzuführen. Dieses Verfahren war sehr wichtig für die Eisengießerei, da es hierdurch möglich wurde, sich von dem kostspieligen Lehmformverfahren frei zu machen. So besaß bereits das 18. Jahrhundert die Grundlagen für eine bedeutende Entwicklung der Eisengießerei. Diese Entwicklung mußte natürlich sehr begünstigt werden durch die stärker werdende Nachfrage, die sich unmittelbar aus der immer bedeutender werdenden Industrie ergab. Hatte man zuerst in den vorhergehenden Jahrhunderten Gußeisen in größerem Maßstabe nur für Kanonenkugeln und Geschütze benutzt, war man dann zur Herstellung von gußeisernen Ofenplatten und gußeisernen Töpfen fortgeschritten, so begann man jetzt in immer steigendem Maße Gußeisen auch für Bauzwecke zu benutzen. Man goß starke gußeiserne Platten und gußeiserne Träger für mannigfach verschiedene Zwecke. Je mehr sich dann besonders in dem Lande der Technik, in England, die Ingenieurkunst weiter entwickelte, ging man am Ende des 18. Jahrhunderts dazu über, ganze Brücken in Gußeisen herzustellen. Vor allem aber mußte die Gießerei bedeutungsvoll werden für das durch die großen Erfindungen Watts und der anderen großen englischen Ingenieure hervorgerufene Maschinenzeitalter.

1) Beck, Geschichte des Eisens. II, S. 288.

2) Beck, Geschichte des Eisens. III, S. 168.

Für die Herstellung der Dampfmaschinen, der großen Zylindergebläse und aller der anderen Maschinenteile war die Voraussetzung eine schon verhältnismäßig weit entwickelte Gießereitechnik.

Wie sich nunmehr die Eisengießerei im Laufe des 19. Jahrhunderts bis zu unserer Zeit entwickelt hat, soll versucht werden, in großem Zusammenhange in den folgenden Ausführungen zu zeigen. Hierfür wird es wünschenswert sein, eine gewisse Einteilung der Zeit nach zugrunde zu legen. Wohl in keinem Falle läßt sich diese Entwicklung durch einzelne Jahreszahlen in vollkommen für sich stehende Abschnitte teilen, immer werden die einzelnen Entwicklungsperioden ineinander übergreifen und sich teilweise decken. Übersieht man die gesamte Entwicklung der letzten hundert Jahre, so kann man den ersten Entwicklungsabschnitt etwa bis zum Jahre 1830 reichen lassen. Die Kuppelöfen finden in dieser Zeit weite Verbreitung. Die Einführung des erhitzten Windes in den Betrieb leitete dann um das Jahr 1830 einen neuen Entwicklungsabschnitt ein, der bis etwa 1860 reicht. Der dritte Abschnitt wird vom Jahre 1850 bis 1890 zu rechnen sein. Er wird gekennzeichnet durch die Erfindung und Einführung der neuzeitigen Ofenbauarten und durch die Einführung der Formmaschinen. Der letzte Entwicklungsabschnitt von 1890 bis zu unserer Zeit läßt sich durch die zunehmende Verbreitung des maschinellen Betriebes kennzeichnen.

I. Abschnitt: 1800 bis 1830.

Im Anfang des vorigen Jahrhunderts goß man meistens noch aus dem Hochofen. Man unterschied zwei Arten Hochöfen, solche mit geschlossener Brust, sog.

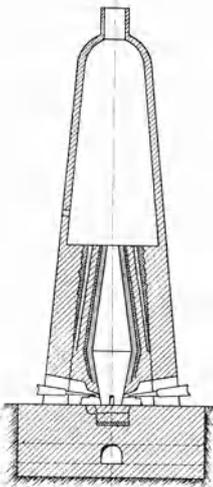


Fig. 1. Blauofen zu Hiflau um 1800.

Blauöfen, welche im Gestell mit 1 oder 2 kleinen, mit Lehm verschlossenen Öffnungen versehen waren, durch die Schlacken und Roheisen abgestochen wurden; ferner solche mit an einer Seite offener Brust, kurz Hochöfen oder Hohe Öfen genannt, die einen nach vorne verlängerten Herd, einen Vorherd, besaßen, aus dem die Schlacken abließen oder abgezogen wurden und aus dem man das Roheisen abstach oder mit Kellen ausschöpfte. Ein Blauofen, der Ludovica-Blauofen zu Hiflau in Steiermark, ist in Fig. 1 wiedergegeben. Wie bei allen Blauöfen besteht sein Profil aus zwei mit ihrer Basis zusammenstoßenden Kegelstümpfen. Der Wind wird durch 2 sich gegenüberliegende Formen zugeführt. Der Ofen war mit einer Esse überbaut. Bemerkenswert war ein selbsttätig wirkender Gichtaufzug, der aus einem Windwerk bestand, das je nach der Höhenstellung des Aufzuges mit der Wasserradwelle gekuppelt wurde.

Über die Gebläse und Gichtaufzüge der Hochöfen am Anfang des vorigen Jahrhunderts konnte bereits im vorigen Jahrbuch eingehend berichtet werden.

Einen Holzkohlenhochofen aus der Kgl. Eisengießerei zu Malapane in Oberschlesien geben die Fig. 2 und 3 wieder. Er ist 7,5 m hoch, hat etwa 2,5 m Kohlensackdurchmesser und besitzt, wie alle alten Hochöfen, zwei gegenüberliegende Windformen, die durch ein Zylindergebläse ihren Wind erhalten. Das Profil ist dem der neuzeitlichen ähnlich, nur das Gestell ist konisch. Die vordere Gestellwand ist in ganzer Breite des Gestells durchbrochen, so entsteht ein Vor-

herd, welcher seitlich durch mit Masse ausgestampftes Mauerwerk begrenzt ist. Ein besonderer Schlackenabstich ist nicht vorgesehen, die Schlacke bedeckte das Roheisen, welches sich im Tümpel angesammelt hatte, und schützte es so vor Abkühlung und Einwirkung der Luft; unbequem war dabei die Entnahme von Eisen zum Gießen mittels Kellen, wo man die Schlacke teilweise mitschöpfte und die Gefahr vorlag, daß dieselbe mit in die Gießformen gelangte. Außerdem fand beim Schöpfen eine ziemliche Abkühlung des Gestelles statt. Um beides zu vermeiden, brachte man neben dem Tümpel noch einen besonderen Schöpfherd an, welcher am Boden durch einen wagerechten Kanal mit dem Gestellvorherd verbunden war; das Eisen stieg in diesem Schöpfherd von unten auf und war schlackenfrei. In Malapane wurde dieser Schöpfherd 1828 eingerichtet.

Die Eisengießerei als besonderer wichtiger Zweig der Technik konnte sich jedoch erst entwickeln, als es durch die Einführung der Kuppelöfen möglich wurde, die Eisengießerei vom Hochofenbetrieb zu trennen. Diese für die weitere Entwicklung ausschlaggebende Neuerung läßt sich auf den berühmten englischen Eisenhüttenmann John Wilkinson zurückführen, der mit zuerst niedrige Schachtöfen zum Umschmelzen für Gießereizwecke angewendet hat. Zuerst benutzte man diesen Ofen nur beim Einschmelzen von Gußeisenabfällen und Bruch. Hierzu hatte man auch vorher schon Tiegelöfen und Flammöfen verwendet. Die Trennung vom Hochofenbetrieb bot die Möglichkeit, Gießereien in unmittelbarer Verbindung mit den Maschinenfabriken außerhalb des Hüttenbetriebes, also auch in großen Städten anlegen zu können. Ferner war damit der große Vorteil verbunden, jederzeit gießen zu können, und das Eisen durch Zusammenschmelzen verschiedener Roheisensorten dem jeweiligen Gebrauchszweck weitgehend anzupassen. Die Fig. 4 und 5 zeigen

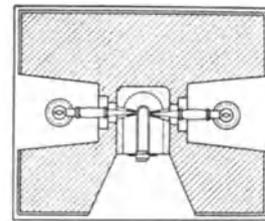
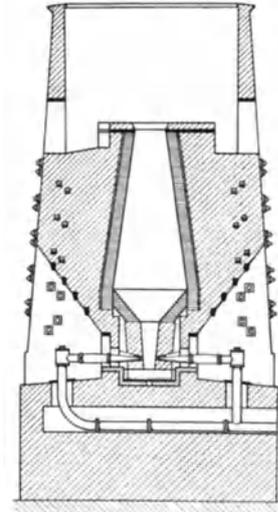


Fig. 2 und 3.
Hochofen Malapane 1828.

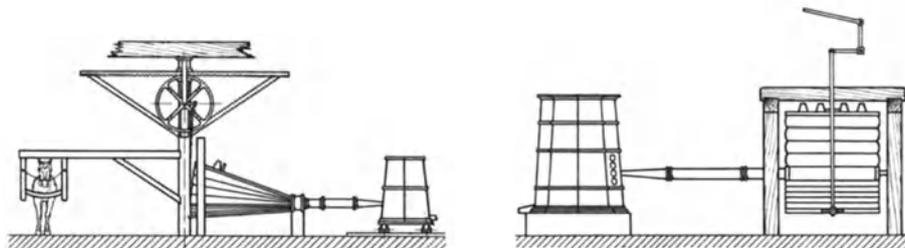


Fig. 4 und 5. Kuppelöfen mit Geblase. England um 1800.

zwei Kuppelöfen für große Londoner Gießereien, wie sie in den ersten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts verwendet wurden. Gleichzeitig können wir aus den Figuren die Benutzung von Lederbälgen ersehen. Bei der Fig. 4 handelt es sich um einen kleinen auf Schienen laufenden Ofen, der an die Form herangefahren wurde. Der Wind wird durch einen ledernen Balg, der von einem Göpelwerk

angetrieben wird, erzeugt. Fig. 5 zeigt einen größeren feststehenden Ofen, bei dem ein zylindrischer Lederbalg benutzt wird. Da, wo die Eisengießereien noch mit dem Hochofen verbunden waren, pflegte man den Wind für die Kuppelöfen unmittelbar dem Hochofengebläse durch eine Anschlußleitung zu entnehmen. Diese ersten Kuppelöfen waren noch sehr niedrig. Sie hatten einen zylindrischen, dem Hochofenprofil nachgebildeten Schacht aus feuerfesten Steinen, der durch einen gußeisernen Mantel zusammengehalten wurde. Der Wind wurde nur von einer Seite zugeführt.

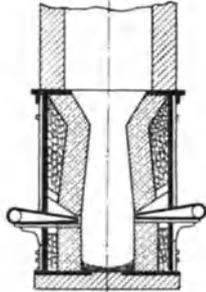
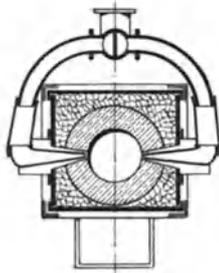


Fig. 6 und 7. Kuppelofen zu Malapane.



Als Brennstoff wurde bei den Kuppelöfen zuerst Holzkohle benutzt, seit Mitte des 19. Jahrhunderts Koks, weil erst seit der Zeit das inzwischen ausgedehnte Eisenbahnnetz seine billige Beschaffung möglich machte. Nur in den steinkohlenarmen Gegenden Rußlands und Schwedens findet man noch heute Holzkohlenschmelzöfen.

Bald ging man dazu über, zwei einander gegenüberliegende Formen anzuwenden, wie es die alten Kokskuppelöfen in Malapane und Zehdenik, Fig. 6 bis 9 zeigen. Das Ofenprofil Fig. 8 ist dem Hochofenprofil nachgebildet. Der Ofen besitzt kein Abstichloch, sondern einen Schöpferherd, aus dem das flüssige Eisen mit Gießkellen wie beim Hochofen herausgeschöpft wurde. Zweck dieses Herdes war, den Fassungsraum für geschmolzenes Material zu vergrößern, ohne die Formen höher legen zu müssen, wodurch leicht eine zu große Abkühlung des Schmelzgutes eintrat. Bemerkenswert ist bei beiden Öfen die Erweiterung der Gicht, damit die Schmelzer beim Aufgeben der Gichten nicht unter der Hitze der Gichtflamme zu leiden hatten. Die lichte Schachthöhe der beiden Öfen beträgt 1,8 und 2,4 m. Auch beim Malapane-Ofen wurde das flüssige Eisen nicht wie heute in die Pfanne abgestochen, sondern es lief vom Abstichloch in einen eisernen, mit Lehm ausgestrichenen, Kasten, aus dem es geschöpft wurde. Man sieht, wie sehr man noch an den alten, vom Hochofen übernommenen, Gewohnheiten hing. Die Leistungsfähigkeit dieser kleinen Öfen war sehr gering. In 6 bis 7 Stunden schmolz ein Kuppelofen nur 1,5 t; man war also in größeren Gießereien gezwungen, den ganzen Tag zu schmelzen. Da man damals keine oder wenig Zuschläge gab, setzte sich der ganze Ofen voll zähe Schlacke. Man baute deshalb stets 2 Öfen, von denen der eine vormittags, der andere nachmittags benutzt wurde.

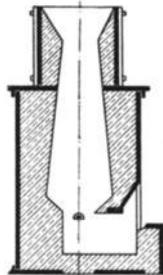
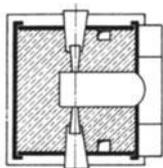


Fig. 8 und 9. Kuppelofen zu Zehdenik.



Holzkohlen-Kuppelöfen mußten höher sein, wie man aus Fig. 10 sieht. Bei Holzkohlenbetrieb durfte der Abstand der Form vom Herde nur sehr gering sein, so daß der Fassungsraum klein wurde; um nun auch hier eine größere Menge flüssigen Eisens schmelzen zu können, ohne durch zu hohe Lage der Form ein Abkühlen des Eisens zu veranlassen, brachte man je 2 Formen senkrecht übereinander an. Zunächst blies man mit den beiden unteren Formen, während die beiden oberen durch einen Tonpropfen verschlossen waren; war das Schmelzgut bis zu den unteren gestiegen, so schloß man diese und ließ den Wind

zunehmend durch die oberen eintreten¹⁾. Die Verbindung der Form mit der Windleitung geschah durch kurze Lederschläuche.

In England ging man in dem Übereinandersetzen der Formen noch weiter. Auf einigen Gießereien gab es Kuppelöfen mit 4 bis 5 Formen übereinander, in denen man Eisenmengen schmelzen konnte, die für die größten und schwersten Stücke ausreichten.

Die Öfen brauchten sehr viel Brennstoff: auf 100 kg zu schmelzendes Eisen mußte man, einschließlich des Anheizens, rund 36 bis 40 kg Fichtenkohlen oder 50 kg Koks rechnen.

Ein eigenartiger Ofen, der an die alten von Reaumur und Biringuccio beschriebenen Stücköfen erinnert, war besonders in Belgien vor hundert Jahren sehr verbreitet. Es ist der sog. Pfannen- oder Kesselofen, Fig. 11 und 12, der noch 1850 in Brüssel betrieben wurde²⁾. Der Ofen besteht aus dem Tiegel oder der Pfanne, Calebasse genannt, eine Bezeichnung, die man auf den ganzen Apparat übertrug, und dem Schacht oder Feuerturm (tour de feu), welche beide aus starkem Eisenblech zusammengenietet und mit Lehm inwendig ausgestrichen sind. Statt der Pfanne benutzte man auch einen gußeisernen Tiegel. Den Ofen stellte man an einer Mauer so auf, daß die offene Seite des Aufsatzes durch sie geschlossen wurde, die Anschlußfugen wurden mit Ton verschmiert, ebenso die Trennungsfuge von Pfanne und Schacht, so daß aus der Vereinigung beider ein fast zylindrischer Schacht entstand. Die Pfanne wurde mit einer Sandschüttung als Wärmeschutz umgeben, die seitlich zwei niedrige Mauern *c* zusammenhielten. Die Windform ging durch die Mauer und lag mit ihrer Spitze auf dem Pfannenrande auf. Über dem Ofen hing ein etwa 2,5 m hoher Rauchfang *e*. Unmittelbar unter dem Rauchfang konnten kleine Gießpfannen zum Trocknen aufgestellt werden. Als Brennstoff diente Koks, seltener Holz- oder Steinkohle. Der Ofen wurde, nachdem der Schacht erwärmt war, zusammengestellt und dann, wie beim gewöhnlichen Kuppelofen, abwechselnd mit Brennstoff und Roheisen beheizt. War die gewünschte Menge geschmolzen, so wurde der Aufsatz abgenommen, Koks und Sand beiseite geräumt und die Pfanne auf zwei Böcke gesetzt. Aus

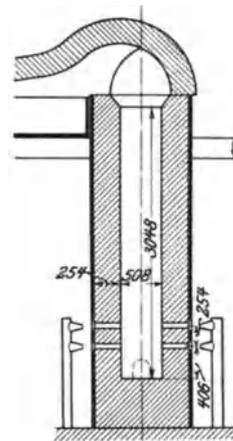


Fig. 10. Kuppelofen, St. Petersburg.

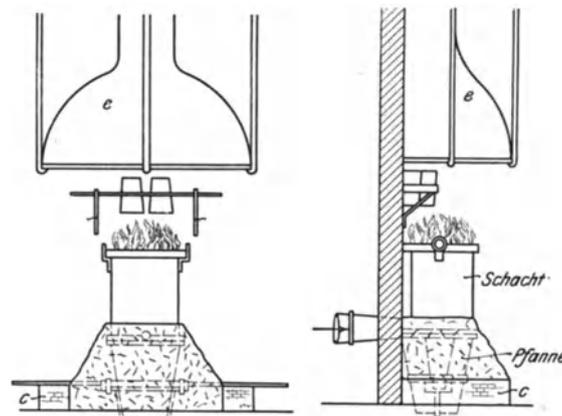


Fig. 11 und 12. Pfannenofen, Belgien um 1810.

1) Die Gicht des Ofens ist von einem Gewölbe überspannt zum Schutz der Begichtungsmannschaft. Vielleicht ist ein solches Gewölbe die Veranlassung zu der Bezeichnung „Kupolofen“ gewesen. Es finden sich auf den alten Zeichnungen und in der Literatur folgende Namen: Cupola-, Copolt-, Kupol- und Kuppelofen.

2) Er ist zuerst dargestellt und beschrieben in dem 1850 erschienenen Werke des Belgiers Valerius: „Traité theoretique et pratique de la Fabrication de la Fonte ...“. Fig. 11 und 12 sind diesem Werke entnommen.

ihr goß man das flüssige Eisen in Handpfannen. In diesen Öfen konnte man bis zu 500 kg Eisen schmelzen; es gab aber auch kleine, ortsveränderliche, deren sich die herumziehenden Eisengießer bedienten, und in denen nur wenige Kilogramm eingeschmolzen wurden. Die Gebläse wurden von Hand betrieben; es waren zuerst Lederbälge, später kleine Ventilatoren. Auf 100 kg flüssiges Roheisen rechnete man 35 bis 40 kg Koks ohne das Anwärmen der Pfanne und ohne Füllkoks.

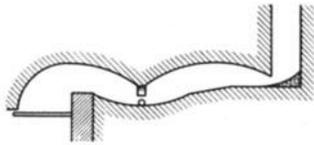


Fig. 13. Profil des englischen Flammofens.

Die in England zuerst angewandten Herdflammöfen fanden auch auf dem Festlande immer weitere Verbreitung. Es bildeten sich zwei Hauptformen aus, und zwar der Sumpfofen, auch Staffordshire- oder englischer Flammofen genannt, Fig. 13, bei dem sich das geschmolzene Material im vertieften Herde sammelte,

und der deutsche Herdflammofen, Fig. 14, mit langem, geneigtem Herde, Formen, wie sie im wesentlichen noch heute üblich sind. Die Schmelzung wird dadurch bewirkt, daß die Flammen teilweise direkt auf das Schmelzgut wirken, teilweise aber ihre Wärme an die Wände des Schmelzraumes abgeben, von denen sie dann wieder zurückgestrahlt wird. Besonders auf diese Wärmestrahlung wurde früher großer Wert gelegt: man nannte die Öfen danach Reverberieröfen.

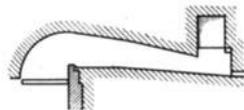


Fig. 14. Profil des deutschen Flammofens.

Da das geschmolzene Eisen der oxydierenden Wirkung der Flamme ausgesetzt blieb, trat ein teilweises Frischen des Roheisens ein, dasselbe zeigte Neigung zum Weißwerden und eignete sich nur für dickwandigen Guß. Als Vorzug darf gelten, daß das Eisen, da ein Gebläse fehlt, weniger Gas enthält und der Guß blasenfreier wird, außerdem

konnte man größere Mengen auf einmal schmelzen. Man benutzte die Flammöfen daher für Walzenguß, Kanonenguß und zum Guß großer Maschinenteile.

Als Brennstoff wurde in erster Linie Steinkohle benutzt. Wo billiges Holz vorhanden war, wurde natürlich noch lange damit gefeuert. Fig. 15 zeigt den Flammofen der Petersburger Gießerei. Der Ofen hat auf der Essenseite ein Schöpfloch, gleichzeitig ist am Boden noch ein besonderes Abstichloch zur Entleerung des ganzen Ofens bei großen Gußstücken vorgesehen¹⁾.

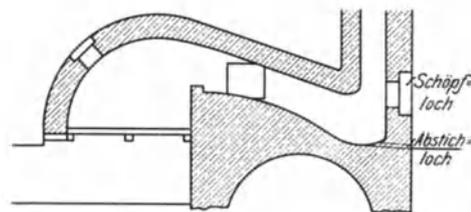


Fig. 15. Flammofen für Holzfeuerung, St. Petersburg.

Der Brennstoffverbrauch der Flammöfen war bei Steinkohlen annähernd dem Roheisengewicht gleich, bei Holzfeuerung brauchte man in Rußland 160 kg trockenes Kiefernholz auf 100 kg Roheisen. Die Schmelzkosten waren also sehr hoch.

Der Brennstoffverbrauch der Flammöfen war bei Steinkohlen annähernd dem Roheisengewicht gleich, bei Holzfeuerung brauchte man in Rußland 160 kg trockenes Kiefernholz auf 100 kg Roheisen. Die Schmelzkosten waren also sehr hoch.

Noch bedeutender waren sie bei der dritten Form der Schmelzöfen, den Tiegelöfen. Es waren dies einfache Windöfen, wie man sie von der Metallgießerei übernommen

¹⁾ Den Betrieb der damaligen Herdflammöfen schildern die folgenden „Bemerkungen über Roheisen-Schmelzen in dem Flammofen den 23. März 1830“, die mir das Kgl. Huttenamt Sollingerhütte zur Verfügung stellte:

„Nachdem in den Ofen einige Tage zuvor ein Sandherd von Allershauser Sande geschlagen war, welcher von der Feuerbrücke ab auf die Länge von 2 Fuß 3⁰, von hier ab bis zum Fuchse aber 6⁰ Fall erhielt; und dieser den 21. und 22. mit kleinen Quandelkohlen (Holzkohlen; d. V.) abgetrocknet und abgewärmt war, wurde der Ofen am 23. morgens, ehe man das Roheisen

hatte, bei denen ein oder zwei tönerner oder graphitene Tiegel von 20 bis 30 Pfund Fassungsraum, mit Koks oder Holzkohle umpackt, auf einem Rost in einem gemauerten Schacht stehen. Der Schacht ist mit einer Esse verbunden, die den nötigen Zug schafft. Die Tiegelöfen haben sich in ziemlich unveränderter Form bis heute erhalten. Ihr Vorzug besteht darin, daß sich bei geschlossenem Tiegel der Roheiseneinsatz wenig verändert, der Brennstoffverbrauch betrug aber damals bei Koksbenutzung 317 bis 476 Pfd. auf 100 Pfd. Eisen, bei Holzkohlen sogar 80 bis 100 Kubikfuß. Also 6 bis 7 mal soviel als beim Ausschmelzen von 100 Pfd. Eisen im Hochofen aus den Erzen. Dieser ungeheure Kohlenverbrauch ließ eine Benutzung der Tiegelöfen im Großen naturgemäß nicht zu, man wandte den Tiegelguß daher nur für ganz feine Gußwaren, kleine Maschinenteile, gußeiserner Knöpfe, Schnallen, Verzierungen und Ähnliches an.

Bei den Gesamtanlagen der alten Gießereien fällt es auf, wie wenig man sich um Licht und Luft gekümmert hat. Dicke Mauern mit sehr kleinen Fenstern, schwere Pfannendächer ohne jede Ventilationsrichtungen gaben dem Inneren ein magisches Halbdunkel, bei dem man selbst bei schönstem Sonnenschein noch an die unterirdischen Gruben der Kohlenbergwerke lebhaft erinnert wurde.

Zu Beginn des 19. Jahrhunderts gab es nur wenige selbständige Gießereien, die nur geliefertes Roheisen in Schmelzöfen umschmolzen, die meisten waren mit den Hochofenhütten vereinigt. Fig. 16 zeigt die Ilsenburger Anlage. In der Gießhütte sieht man die beiden Holzkohlenhochöfen und 3 Kuppelöfen.

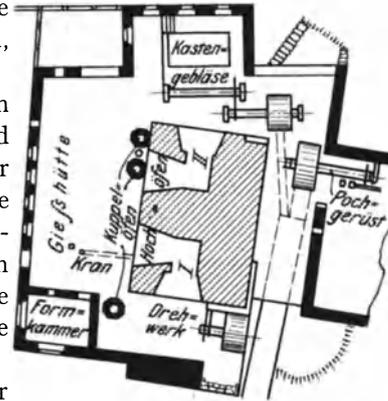


Fig. 16.
Ilsenburger Hochofenanlage 1828.

Die Trockenkammern wurden um die Wende des Jahrhunderts aus England eingeführt. Früher trocknete man die Lehmformen und Kerne im Freien, wodurch ein großer Brennstoffaufwand bedingt war. Trotz vieler Verbesserungen

einsetzte, mit Steinkohlen $2\frac{1}{2}$ Stunde lang angefeuert. Hierauf schritt man zu dem Einsetzen des Roheisens, welches man in der Zeit von $\frac{1}{2}$ Stunde zur Rotglühhitze brachte. Alsdann gab man dem Ofen den vollen Zug mittels ganzer Öffnung des Dämpfers, worauf dann in dem Zeitraum von $2\frac{1}{4}$ Stunde alles eingesetzte Roheisen geschmolzen war. Das Eisen war beim Ablassen ziemlich dünnflüssig und zeigte auf der Oberfläche beim Erkalten einige Blasen, ähnlich dem halbierten ins Grelle übergehenden Roheisen beim Hochofenbetrieb.

Zu dem 1. Schmelzen wurden inkl. der Anfeuerung 12 Balge Benningshäuser Steinkohlen verbraucht. 2. Schmelzen: Zum Besetzen wurde $\frac{1}{4}$ Stunde verwandt. Zum Gluhen $1\frac{1}{4}$ Stunde, zum Schmelzen $1\frac{1}{2}$ Stunde. Kohlenverbrauch 7 Balgen. Das Eisen war beim Ablassen etwas hitziger als beim 1. Schmelzen, übrigens dem Eisen von letzterem ganz gleich. Zu dem 1. und 2. Schmelzen wurden $11\frac{3}{4}$ Ztr. Roheisen verbraucht; es erfolgte daraus 9 Ztr. 90 Pfd. Guß und 31 Pfd. Schaleneisen (etwas gefrischtes Eisen; d. V.); von letzterem war von beiden Schmelzen im Herde etwas zurückgeblieben. 3. Schmelzen: Der Ofen wurde mit 10 Ztr. Roheisen, in gewöhnlichen Gossenstücken (Masseln; d. V.) bestehend, besetzt. Das Besetzen geschah in $\frac{1}{4}$ Stunde. Zum Gluhen $1\frac{1}{4}$ Stunde, zum Schmelzen 2 Stunden. Kohlenverbrauch 11 Balge. Auch diesmal war das Eisen ebenso hitzig und dünnflüssig als beim 2. Schmelzen und erfolgten hiervon an Gußeisen 8 Ztr. 92 Pfd. und an Schaleneisen 1 Ztr. 16 Pfd. Aus dem Bericht sieht man, wie stark der Verlust durch das beim Einschmelzen verfrischte Eisen war. Das Schaleneisen war natürlich zum Gießen nicht zu benutzen. Der Schmelzverlust betrug etwa 10 bis 15 vH.

im Laufe der Jahre haben sich noch immer die alten Bauarten behauptet, welche im wesentlichen aus einem viereckigen gemauerten Raum bestehen, der vorne durch eine senkrecht bewegliche eiserne Schiebetür abgeschlossen ist. Geheizt wird er durch eine oder mehrere an der Hinterwand befindliche einfache Rostfeuerungen. Entweder strömen die Heizgase unmittelbar in die Kammer und ziehen durch einen Fuchs in der Nähe der Stirnwand in den Schornstein ab, oder sie werden in ein System von Röhren geführt und erwärmen so indirekt den Trockenraum, um die Belästigungen der Arbeiter beim Einsetzen der zu trocknenden Formen durch die Gase zu vermeiden. Bisweilen führte man auch die Verbrennungsgase erst durch Rohre und ließ sie aus diesen in die Kammern treten, wie auf der aus dem Jahre 1802 stammenden Zeichnung der Darr(Trocken-)kammer zu Malapane, Fig. 17, zu sehen ist. Die Kammer ist hier als viereckiger überwölbter Raum ausgebildet. Feuerungen und Einsatztüre befinden sich an derselben Stirnwand. Von der linken Feuerung geht ein Rohr direkt in den Scheitel des Gewölbes, während von der rechten Feuerung erst ein wagerechtes Rohr nach der hinteren Stirnwand geführt ist, so daß ihr Ausströmrohr in den hinteren Gewölbescheitel geführt werden kann. Zweck dieser Anordnung war, eine bessere Verteilung der Wärme zu erzielen. Der Gasabzug erfolgte vermutlich durch das in der hinteren Stirnwand sichtbare Loch.

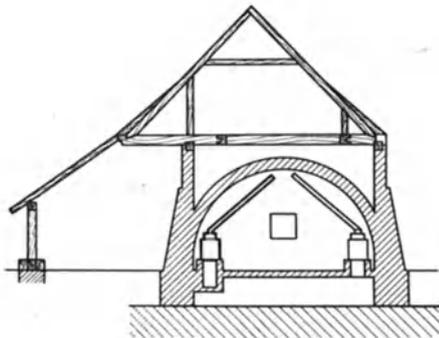


Fig. 17. Darrkammer 1802.

Zum Bewegen größerer Lasten wurden Drehkrane, oft in großer Zahl, benutzt. Laufkrane kamen erst um 1850, zuerst in England, auf.

Die Formverfahren, welche zu jener Zeit üblich waren, teilt Karsten, dessen klassisches „Handbuch der Eisenhüttenkunde“ im Jahre 1816 in erster Auflage erschien, ein in: 1. Magere Sandformerei (Herd- und Kastenformen); 2. Fette Sandformerei oder Massenformerei; 3. Lehmformerei; 4. Kunstformerei; 5. Schalenguß.

Bei der Herdformerei wird aus Sand eine ebene Fläche auf der Gießereisohle hergestellt, in welche die Modelle hineingedrückt werden, sie erhalten dabei, da die Form oben nicht begrenzt ist, eine unebene Oberfläche. Soll sie glatt sein, so wird noch ein Oberformteil aufgesetzt und man kommt so zum verdeckten Herdguß. Beim Kastenguß benutzt man Formkästen oder Formflaschen mannigfacher Art aus Holz und Eisen. In den Fig. 18 bis 27 sind einige Kästen aus dem Anfang des vorigen Jahrhunderts dargestellt. Das Formen im Kasten vollzieht sich in der Weise, daß bei einfachen geteilten Modellen zunächst die eine Modellhälfte mit der Schnittfläche auf eine hölzerne Unterlage, das Formbrett, gelegt wird; dann wird der Formkasten, der Unterkasten, darüber gesetzt und voll Sand gestampft. Nunmehr wird der Kasten herumgedreht, so daß die Trennungsfläche nach oben kommt. Nach Auflegen der zweiten Modellhälfte auf die im Sand eingestampfte und Aufstreuen von trockenem Sand oder dergleichen, um das Zusammenkleben von Ober- und Unterkastensand zu verhüten, wird der zweite Formkasten, der Oberkasten, aufgestampft. Sind die Kästen auseinander genommen, so können die Modellteile aus dem Sande gezogen werden. Werden die Gußstücke verwickelter, so ist eine mehrfache Teilung des Modells und die Anwendung mehrerer Formkästen nötig.

Die Formverfahren, welche zu jener Zeit üblich waren, teilt Karsten, dessen klassisches „Handbuch der Eisenhüttenkunde“ im Jahre 1816 in erster Auflage erschien, ein in: 1. Magere Sandformerei (Herd- und Kastenformen); 2. Fette Sandformerei oder Massenformerei; 3. Lehmformerei; 4. Kunstformerei; 5. Schalenguß.

Die Lehmformerei, die älteste aller Formmethoden, wurde besonders bei großen, nur einmal gebrauchten Stücken angewendet, für die Holzmodelle zu teuer geworden wären. Es wurde dabei über dem zuerst angefertigten Kern ein Modell aus Lehm hergestellt, der sog. Mantel, und über diesem Mantel wurde die Form aus Lehm gemacht, so verfuhr man beim Einförmigen von großen Kesseln, Glocken, Kanonen u. dgl. Man benutzte dazu die Schablone, ein Holzbrett, welches dem Profil des zu formenden Gegenstandes entsprechend ausgeschnitten war und entweder an einem, um die senkrecht stehende eiserne Schablonenspindel drehbaren Arm, im Kreise herumgeführt, oder an einem Leitbrett entlang gezogen wurde, wodurch man den schichtenweise aufgetragenen Lehm allmählich in die gewünschte Form brachte. Die Lehmformen wurden in gemauerten Gruben der Gießereisohle, den sog. Dammgruben, vor dem Gießen eingestampft.

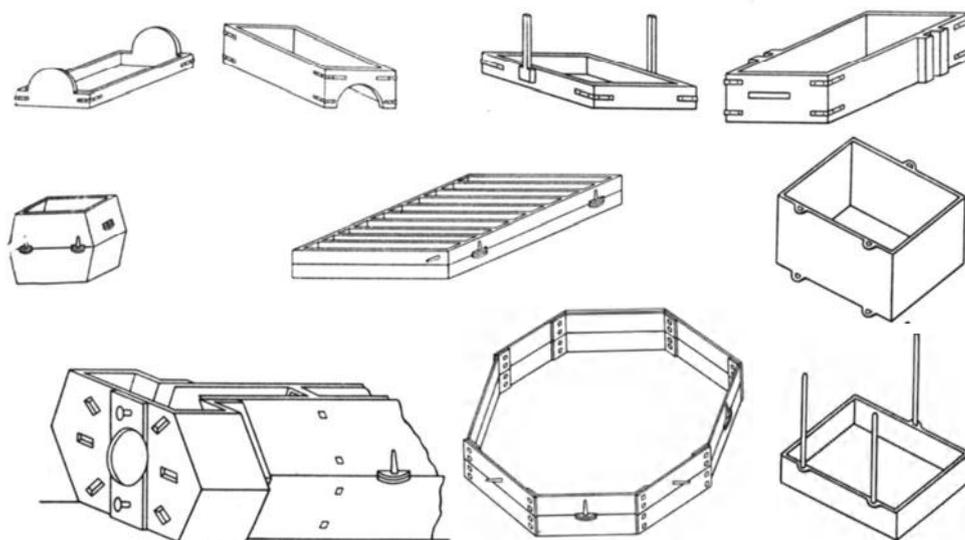


Fig. 18 bis 27. Verschiedene Formkasten 1802.

Der Schalenguß dient zum Herstellen solcher Gußstücke, welche an einem Teil ihrer Oberfläche hart sein sollen. Man stellt den betreffenden Formteil aus Gußeisen her. An diesem schreckt infolge der schnellen Wärmeableitung das Eisen ab und es bildet sich eine Schicht harten weißen Eisens. Diese Art des Gusses war schon Reaumur bekannt, kam aber erst in ausgedehnterem Maße bei der Herstellung von Hartgußwalzen zur Anwendung, auf die John Burn im Jahre 1812 ein Patent nahm. Die Walzenkörper wurden in starken gußeisernen Schalen gegossen, die beiden Zapfen formte man in Lehm ein. Auch Eisenbahnräder wurden in England schon damals mit harter Lauffläche hergestellt, indem man die Radkranzform aus einer eisernen Schale bildete.

Um die Förderung des Hartwalzengusses in Deutschland haben sich besonders die Kgl. Gießereien in Berlin, Malapane und Gleiwitz in den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts verdient gemacht.

Zur Herstellung der Kerne zum Aussparen der Hohlräume in den Gußstücken benutzte man geteilte Kernkästen aus Holz oder Metall, in denen man den Kern aus Masse oder festem Sande einstampfte. Zur Versteifung wurden häufig Eisen-

stäbchen mit eingestampft; in gleicher Weise wird noch heute verfahren. Kerne für Rohre stellte man über einem durchlöcherten eisernen Hohlspindel auf der Kerndrehbank her, wie sich aus der Fig. 28 ergibt. Diese Anfertigung der Lehmkerne über einer Spindel war schon im 16. Jahrhundert beim Kanonenguß üblich. Die Formen der Kernspindeln waren sehr verschieden. Für dünne Kerne benutzte man runde Eisenstangen, die nachher wieder herausgezogen wurden, statt der runden wendete man auch eckige Hohlspindeln an usw.

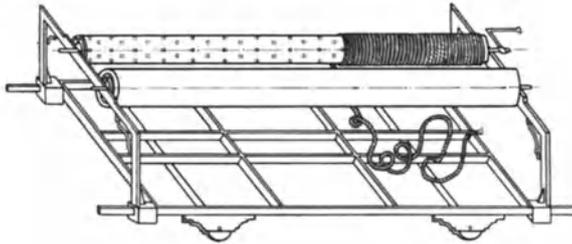


Fig. 28. Anfertigung von Rohrkernen über Kernspindeln um 1800.

Zu den sehr oft vorkommenden Gegenständen der Formerei gehörte damals die Anfertigung hohler Munition. Man wandte dabei zwei verschiedene Verfahren an: das ältere mit Lehmkern und das neuere mit Sandkern. Beides sind sehr bezeichnende Beispiele für die Geschicklichkeit der alten Former¹⁾.

Außer der Munition veranlaßten Rohre für Dampf- und Wasserleitungen und Ofenteile als erste Massenartikel die Einführung von Formverfahren zum Erleichtern des Einförmens und Aushebens häufig vorkommender Modelle. Aus diesem Bestreben ist eine Erfindung entstanden, die von weittragender Bedeutung für die ganze Formerei geworden ist: die Modellplatte. Im Jahre 1827 wurde sie durch den Oberfaktor Frankenfeld, dem verdienstvollen Leiter der „Rothe Hütte“ im Harz zum erstenmal angewendet, und zwar zur Herstellung von Formen für Unteröfen, die damals von dem Werke in sehr großer Anzahl geliefert werden mußten. Die ausführenden Handwerker waren dabei der Tischlermeister Just Heyder und der Formermeister Ludwig Fle ntje. Eine der ersten auf dem Harzer Werk benutzten Platten zeigt Fig. 29, sie befindet sich im Deutschen Museum in München. Das Modell ist mit der hölzernen Modell- oder Formplatte fest verbunden, desgleichen das Eingußkanalmodell *a*. Stifte des Formkastens greifen in die Löcher *b* der Platte und sichern so die gegenseitige Lage beider beim Einstampfen des Sandes. Die zweite Modellplatte, auf welcher der andere Kasten aufgestampft wurde, war mit einer dicken Leiste versehen, in deren Ausschnitte der Kasten genau hineinpaßte, da er keine Stifte, sondern Löcher besaß zur Sicherung der Lage des Oberkastens. Die punktiert gezeichneten hervortretenden Gelenkstücke *c* sind durch Stifte an dem Modell befestigt und bleiben beim Abheben der Form im Sande stecken, von dem sie nachträglich in gewöhnlicher Weise von Hand entfernt werden. Die Modellplatte wird noch heute, wenn auch in etwas abgeänderter Form, benutzt und bildet einen wesentlichen Bestandteil sämtlicher Formmaschinen. Man gibt heute der zweiten Modellplatte indessen Stifte, welche in die Löcher des Unterkastens passen, und fertigt die Platten meist aus Eisen an.

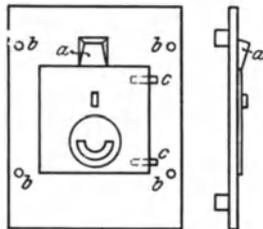


Fig. 29. Frankenfelds Modellplatte, Rote Hütte 1827.

Das Einförmen auf der Modellplatte vollzieht sich in der Weise, daß man den

¹⁾ Ausführliche Beschreibung s. Karsten.

Formkasten aufsetzt, ihn schichtenweise voll Sand stampft und zuletzt mit einem Flacheisen den überschüssigen Sand abstreift. Hierauf dreht man unter Zuhilfenahme eines Holzbrettes, welches auf den Kasten aufgelegt wird, das Ganze um 180° , klopft auf den Rücken der Formplatte, damit sich der Sand vom Modell löst und hebt die Modellplatte ab.

Die Anwendung dieser Platten, welche für die neuzeitliche Gießerei ein unentbehrliches Hilfsmittel geworden sind, blieb zuerst auf einige Harzer Werke beschränkt; erst im Anfang der 40er Jahre kamen sie in England in mehreren Gießereien auf, weshalb sie längere Zeit als englische Erfindung galten.

Auf den Modellplatten, die ursprünglich nur für ein Modell gedacht waren, wurden bald mehrere vereinigt und durch gemeinsame Zuflußkanäle verbunden, wodurch die Leistungsfähigkeit des einzelnen Formers bedeutend erhöht wurde.

Die Rohrformmaschinen sind erst später entstanden, als die Wasser- und Gasleitungen die Nachfrage nach Gußrohren gewaltig steigerten.

Eine weitere Erfindung in der Gießtechnik aus dem Anfang des Jahrhunderts verdient noch Erwähnung, wenn sie auch die erhoffte Bedeutung nicht erlangt hat. Im Jahre 1809 erfand G. A. Eckhardt den Zentrifugalguß: er setzte die Form während des Gießens in rasche Umdrehung, so daß sich das flüssige Metall unter dem Einfluß der Zentrifugalkraft an die Innenwände der Hohlform anlegt und im Innern des Gußstücks ein Hohlraum entsteht. Sein Hauptzweck war dabei, dichte Gußstäbe zu erhalten, indem er die zylindrische rotierende Hohlform der Länge nach mit Rillen versah, in die das flüssige Eisen hineingeschleudert werden sollte¹⁾.

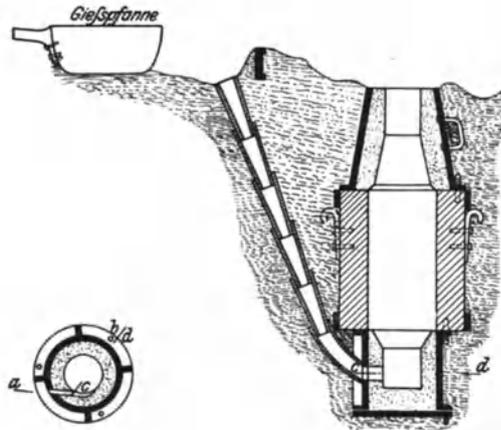


Fig. 30 und 31. Form für Hartgußwalze 1836.

Bei großen Gußstücken machte man schon in den 20er Jahren von dem aufsteigenden Guß Gebrauch, wenn man gewärtigen mußte, daß das oben in die Form eingegossene, rasch fließende Eisen die Formwände beschädigte. Man goß das Eisen in eine neben der Form eingestampfte, meist etwas schräg liegende, aus einzelnen Stücken zusammengesetzte Tonröhre und stellte unten einen tangential in die Form mündenden Verbindungskanal her, so daß das flüssige Metall nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren in der Form in kreisender Bewegung aufstieg und etwa mitgerissene Unreinigkeiten mit nach oben nahm. Um dichte Güsse zu bekommen, gab man den Formen oben eine Verlängerung, den verlorenen Kopf, in den auch die Unreinigkeiten hinaufstiegen. Da er infolge seiner großen Masse zuletzt erkaltete, konnte beim Schwinden Material aus ihm in die Form nachgesaugt werden, so daß seltener poröse Stellen im eigentlichen Gußstücke zu

¹⁾ Die gleiche Absicht hatte Jacob Hollingrake in Manchester, der in seinem Patent vom Jahre 1819 angibt, man solle in die Formen sofort nach dem Eingießen des flüssigen Metalls Stempel einpressen und das Metall unter hohem Druck erstarren lassen. Ob die Idee damals zur Ausführung gekommen ist, weiß man nicht, immerhin verdient sie als Vorläufer der in neuerer Zeit beim Stahl angewendeten Preßverfahren (Harmet u. a.) Beachtung.

Fehlgüssen führten. Der verlorene Kopf wurde nach dem Erkalten abgestochen. Das beschriebene Verfahren wurde besonders bei Walzen immer angewendet, da sonst ein blasenfreier Guß nicht zu erreichen war. Fig. 30 und 31 zeigen eine solche Walzenform im Schnitt.

Bevor wir den ersten Abschnitt beschließen, ist noch der Erfindung des Tempergusses zu gedenken, der als Vorläufer der modernen Stahlgußindustrie gelten kann, insofern durch ihn zum ersten Male die Möglichkeit geschaffen wurde, gegossene Gegenstände mit stahlartigen Eigenschaften zu erzeugen. Das Temper- oder Adouciervverfahren bezweckt die Herstellung schmiegbaren Gusses. In England, wo die Fabrikation landwirtschaftlicher Maschinen in hoher Blüte stand, nahm Robert Ransome aus Ipswich im Jahre 1803 ein Patent, gußeiserne Pflugscharen herzustellen, welche nachher getempert wurden¹⁾.

Das erste Patent, in dem das noch jetzt übliche Temperverfahren ausführlich angegeben wird, wurde dem Engländer Samuel Lucas im Jahre 1804 erteilt. Derselbe schlug vor, man solle gußeiserne Gegenstände mit pulverisierten Oxydationsmitteln, z. B. Eisenerz, durch die dem Eisen der Kohlenstoff entzogen werde, in gußeiserne Töpfe packen und diese in einem Ofen fünf bis sechs Tage glühen. So einfach der Prozeß an sich war, so schwierig war es, ihn praktisch auszuführen, und erst der Bruder des Erfinders, Thomas Lucas, beutete einige Jahre später die Erfindung in Chesterfield aus, um Schneidwaren anzufertigen. 1818 wurde das neue Verfahren von Baradelle und Déodor in Frankreich im großen ausgeführt.

II. Abschnitt: 1830 bis 1860.

Am Ende des dritten Jahrzehnts des 19. Jahrhunderts waren die meisten der heute üblichen Form- und Gießverfahren bereits bekannt. Immer noch wurde meist aus den Hochöfen gegossen, von denen der weitaus größte Teil, wenigstens außerhalb Englands, noch mit Holzkohlen betrieben wurde. Die Ansprüche, die an die Leistungsfähigkeit und Massenproduktion der Gießereien gestellt wurden, hatten sich besonders durch die Eisenbahnen erheblich vermehrt. Das Emporblühen des Dampfmaschinenbaus und des Maschinenbaus überhaupt, sowie die von Jahr zu Jahr wachsende Anwendung des Eisens im Hochbau u. a. m. verlangten ebenfalls gebieterisch eine Steigerung der Roheisendarstellung, welche sich bei dem damaligen Hochofenbetrieb nicht mehr erreichen ließ.

Da kam zur rechten Zeit eine Erfindung, welche diese Steigerung der Produktionsfähigkeit in ungeahnter Weise möglich machte: die Winderhitzung durch den Engländer Neilson im Jahre 1829. Sie war auch für die Entwicklung des Gießereiwesens von einschneidender Bedeutung.

Neilson hatte sich vom einfachen Maschinisten zum leitenden Ingenieur der 1817 gegründeten Gasanstalt in Glasgow emporgearbeitet und wurde durch seine vielen Versuche über Verbrennung auf die Winderhitzung geführt. Es war eine

¹⁾ Schon 1722 war es Reaumur bekannt, daß man durch Glühen in geeigneten Oxydationsmitteln den Eisenguß schmiedbar machen könne. Auch Temperöfen hat er schon angegeben. Er knüpfte an seine Erfindung große Hoffnungen, die sich aber nicht erfüllten; schon bei seinem Tode 1757 hatte man die Erfindung als aussichtslos wieder fallen lassen. Auch der Engländer Horne (1773) und der große schwedische Metallurge Sven Rinman (1782) haben sich mit dem Glühfrischprozeß beschäftigt, beide glaubten aber nicht an eine praktische Verwendbarkeit desselben. Das ganze Verfahren geriet in Vergessenheit.

allgemein bei den Hochöfnern bekannte Tatsache, daß die Hochöfen im Winter besser gingen als im Sommer. Neilson erkannte den Grund hierfür in dem höheren Feuchtigkeitsgehalt der Luft im Sommer und schlug daher zuerst vor, man solle den Wind, ehe er in die Form gelange, durch mit gebranntem Kalk beschickte Kammern führen, um ihm seine Feuchtigkeit zu entziehen. Durch verschiedene im kleinen ausgeführte Versuche überzeugte er sich von der Richtigkeit seiner Ansicht, und er fand, daß es zweckmäßig sei, den Wind vorzuwärmen. Er stieß auf großen Widerstand, da alle es für ein Unding hielten, warmen Wind einzublasen: man stützte sich auf die alte Erfahrung, daß die Öfen im Winter, wo der Wind besonders kalt war, besser gingen. Ungeachtet aller Gegner nahm Neilson in dessen 1828 sein Patent, welches sich allgemein auf das Prinzip der Erhitzung des Gebläsewindes zwischen Gebläsemaschinen und Ofenform bezog.

Zuerst wurde die Erfindung 1829 beim Hochofen der Clydehütte angewandt. Der Erfolg war über Erwarten. Der Ofen, der bei kaltem Winde auf 1000 kg Roheisen etwa 8070 kg Koks gebraucht hatte, wies bei einer Windtemperatur von 149° C nur einen Koksverbrauch von 5160 kg auf, eingerechnet 400 kg Kohlen für die Winderhitzung; zieht man diese ab, so ergibt sich eine Ersparnis von etwa 2500 kg Koks für 1000 kg Roheisen. Die ersten Winderhitzungsapparate waren sehr unvollkommen, sie bestanden aus einem Heizkasten aus Blech mit Rostfeuerung, durch welchen das Verbindungsrohr von der Form zur Windleitung hindurchging: jede Form hatte ihren besonderen Heizkasten. Die Erfindung verbreitete sich sehr schnell von England aus über den Kontinent. Statt der einfachen Heizkästen wandte man gußeiserne Röhren an, zunächst noch mit besonderer Feuerung, bis Faber du Faur auf dem Kgl. Württemb. Hüttenwerk Wasseralfingen im Jahre 1832 den Apparat unmittelbar auf die Gicht des Hochofens setzte und dadurch zuerst die Wärme der Gichtgase zur Winderhitzung benutzte.

Es lag nahe, den Wind auch bei den Kuppelöfen zu erhitzen und hierzu die Gichtflamme zu benutzen. Faber du Faur begann seine ersten Versuche 1831 bei den Kuppelöfen in Wasseralfingen.

Bei den damaligen starken Windpressungen, mit denen man in den Schachtschmelzöfen arbeitete, hatte die Erfindung auch hier eine Herabsetzung des Brennstoffverbrauchs zur Folge. Erst später kam man zu der Erkenntnis, daß die Winderhitzung beim Kuppelofen überflüssig war, sobald man viel Wind von niedriger Pressung einblies.

Man war sich noch nicht klar darüber, daß der Vorgang im Hochofen wesentlich andere Zwecke verfolgte als der im Kuppelofen. Dort handelte es sich um eine Reduktion der Eisenerze, hier nur um eine Schmelzung des Roheisens. Erst in den 60er Jahren erkannte man diese Verhältnisse richtig, daß nämlich im Kuppelofen möglichst sämtlicher Brennstoff zu Kohlensäure verbrannt werden muß und die Gichtflamme möglichst kein Kohlenoxyd enthalten darf, wenn wirtschaftlich gearbeitet werden soll. Denn 1 kg Kohlenstoff liefert beim Verbrennen zu Kohlensäure mehr als 3 mal so viel Wärmeeinheiten, als wenn er nur in Kohlenoxyd verwandelt wird. Demzufolge muß für eine große gut verteilte Windmenge bei einer Pressung gesorgt werden, die gerade genügt, um den Widerstand der Beschickungssäule zu überwinden, und die modernen Öfen sind nach diesem Grundsatz gebaut.

Fig. 32 zeigt den 1841 in Malapane aufgestellten Kuppelofen mit Winderwärmung. Der etwa 1,50 m hohe Winderwärmer bestand aus einem doppelwandigen

abgestumpften Kegel, dessen innere Wandung, in Masse gegossen, $\frac{5}{8}$ Zoll stark war, während der äußere schmiedeeiserne aus $\frac{1}{8}$ zölligem Blech zusammengenietet war. Durch die obere Öffnung zogen die Gichtgase in einem 5,90 m hohen Blechkamin ab. Der Hohlmantel wurde durch eine eingegossene Rippe geteilt. Dicht an beiden Seiten der Scheidewand waren die Windleitungskrümmer an den äußeren Mantel angeschlossen. Am obersten Ende wurde der kalte Wind von einer Abzweigung des Hochofengebläses aus eingeführt, umspülte den Mantel, wobei er sich erhitze, um am unteren Ende durch ein senkrechtes Rohr nach den Düsen abzufließen. Um Wärmeverluste durch die Strahlung des Außenmantels zu vermeiden, war der Apparat mit Ziegelmauerwerk umgeben. Der Ofen besaß 1,90 m Schachthöhe und

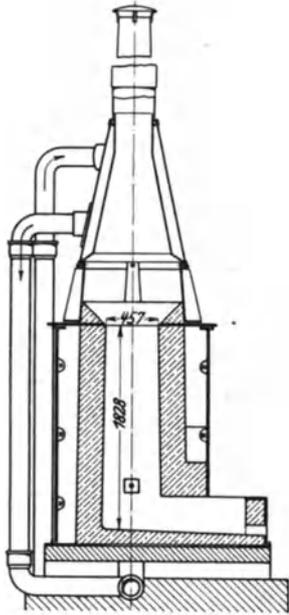


Fig. 32.
Kuppelofen Malapane mit
Winderwärmung 1840.

war mit feuerfesten Tonziegeln ausgekleidet. Die gußeisernen Formen waren geteilt, um sie leicht aus dem Ofen ziehen und nachsehen zu können. Die früher übliche Lederschlauchverbindung war des heißen Windes wegen nicht brauchbar; man benutzte daher ein hohles Kugelgelenk und sorgte auch durch teleskopartige Rohranschlüsse dafür, daß die Rohrteile den Wärmeausdehnungen zu folgen vermochten. Der Ofen wurde mit Koks und Kalkzuschlag betrieben, die Windtemperatur betrug etwa 150 bis 160° C.

Interessante Versuche über die Vorzüge der Winderhitzung wurden in den 30er Jahren in Gleiwitz gemacht, deren Ergebnisse folgen mögen.

1832—1833 kalter Wind: 100 Pfund Roheisen erfordern zum Schmelzen 46 Pfund Koks. 1834—1835 teils kalter, teils warmer Wind. 1836—1838 heißer Wind: 100 Pfund Roheisen erfordern zum Schmelzen etwa $22\frac{2}{3}$ Pfund Koks, wobei der Füllkoks mitgerechnet ist. Der Brennstoffverbrauch war also etwa um 50 vH gesunken, wenn er auch für heutige Verhältnisse, wo bei besten Bauarten der Koksverbrauch zum Schmelzen von 100 kg Roheisen einschließlich Füllkoks zwischen 6 und 10 kg schwankt, noch sehr hoch erscheint.

Auch Winderhitzungsapparate mit einer geschlossenen Rohrschlange, deren Rohre wagrecht über der Gicht lagen, oder senkrecht angeordnet zwei ringförmige Kammern, miteinander verbunden, wurden gebaut.

Den Vorzügen der Winderwärmung bei den damals üblichen hohen Windpressungen standen indessen auch sehr erhebliche Nachteile gegenüber, so daß man die Ersparnis an Brennstoffkosten teilweise durch die Kosten des Betriebes wieder aufhob. Die Rohranlage war ziemlich kostspielig, wurde schnell schadhaf und erforderte schwierige Reparaturen, der Aufgaberaum auf der Gicht wurde durch die Apparate sehr beschränkt und der Zug wurde durch sie stark beeinträchtigt, so daß man zu noch höheren Windpressungen übergehen mußte, wodurch die Gebläse stärker ausfielen. Bis in die neueste Zeit hat man sich indessen mit der Lösung der Winderwärmungsfrage beschäftigt, angeblich mit besserem Erfolge.

Wieder war es die Königl. Gießerei in Berlin, welche mit ihren Versuchen der Eisengießerei große Dienste erwies, indem dort Schmahel um 1840 darauf hin-

wies, daß man bei den Kuppelöfen in erster Linie auf eine bessere Windverteilung als bisher sehen müsse, und daß hierfür eine größere Zahl Düsen notwendig sei. Der Schmahelsche Ofen ist in Fig. 33 und 34 dargestellt. Der kalte Wind tritt hier in einen an den Mantel angegossenen Ringkanal ein, aus dem er durch 12 in einer Ebene liegende Formöffnungen in das Ofeninnere gelangt. Vor jeder Form befindet sich ein mit einem drehbaren Glasfensterchen verschlossenes Schauloch. Außerdem konnte man nach Zurückdrehen des Glasfensters durch eine eingeführte Eisenstange etwa verstopfte Düsen reinigen. Das in der Schmelzzone und unten zylindrische Ofenprofil ist nach der Gicht zu verjüngt. Der gußeiserne Mantel besteht aus einzelnen aufeinandergesetzten Ringen. Er ist mit Löchern zwecks Abkühlung der Ausmauerung versehen. Die mit dem Ofen erzielten Ergebnisse waren nicht schlechter als bei den früheren Öfen, wo mit einer Form und heißem Winde geblasen wurde.

Anfang der 30er Jahre hatte man schon vereinzelt zur Winderzeugung bei den Kuppelöfen Ventilatoren benutzt. Das Zentrifugalgebläse, eine Erfindung Denis Papin aus dem Jahre 1689, wurde schon im 18. Jahrhundert zum Betriebe von Feuerungen und zur Ventilation von Gebäuden benutzt. Der Ventilator liefert große Windmengen bei geringerer Pressung und mußte daher die Schmelzvorgänge günstig beeinflussen, außerdem war der Windstrom gleichmäßig und der Kraftbedarf gering. Saint-Léger beschreibt 1835 in den „Annales des mines“ einen Ventilator, der in Rouen als Kuppelofengebläse benutzt wurde: er hatte vier schwach gekrümmte Flügel und lief mit 600 Uml./min. Zum Antrieb diente ein mit 3 Pferden bespannter Göpel. Die Kokersparnis betrug 20 vH gegenüber den alten Gebläsen. Die Winderhitzung wurde mit zunehmender Anwendung der Ventilatorgebläse allmählich aus dem Kuppelofenbetriebe verdrängt.

Die Anwendung mehrerer Formen übereinander zur Erzielung größerer Schmelzmassen wurde weiter vervollkommnet, so befand sich 1847 in der Eisengießerei von Maudslay in London ein Kuppelofen mit 4 übereinanderliegenden Formen, der, wenn das Eisen bis zur vierten Form gestiegen war, 3,5 t flüssiges Eisen faßte. Ein in Rouen ausgeführter Ofen brachte es sogar auf 6 Formen übereinander.

Auch bewegliche Kuppelöfen, auf einem Schienenwagen aufgebaut, waren im Gebrauch und ließen sich mit dem flüssigen Eisen an die Gießstellen fahren.

Bei Fairbairn & Hodgkinson, Manchester, standen 4 Öfen mit mehreren Formen übereinander, die zusammen etwa 37 t flüssiges Eisen faßten. Das Eisen wurde in Pfannen gelassen, die mit Schienenwagen zu den Formräumen gefahren wurden. Hier nahm ein Drehkran die Pfannen vom Wagen und schaffte sie über die Form, so daß sie freischwebend leicht entleert werden konnten. Sehr große Kuppelöfen befanden sich auch in Seraing: sie waren 2,135 m hoch bei 1 m lichter Weite und faßten 5 t Eisen. Der erste, welcher richtig erkannte, daß

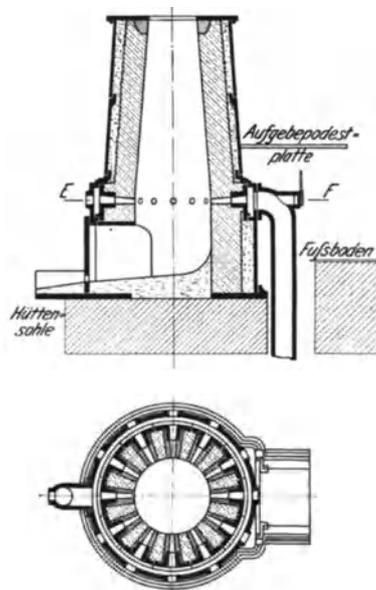


Fig. 33 und 34.
Kuppelofen von Schmahel, Berlin
um 1841.

man bedeutend bessere Erfolge erzielen könne, wenn man den Schacht höher machte, war der Engländer William Ireland. Sein im Jahre 1853 patentierter Ofen hatte, abgesehen von seiner größeren Schachthöhe von etwa 3,75 m, eine Rast über dem Schmelzraum zum Unterschied gegen die bisher üblichen Schachtprofile. Er wurde mit heißem Winde, der durch eine Form mittels Ventilators eingeblasen wurde, betrieben. Der Ofen brauchte auf 1000 kg Roheisen etwa 115 kg Koks.

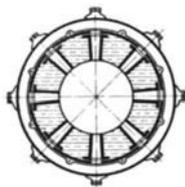
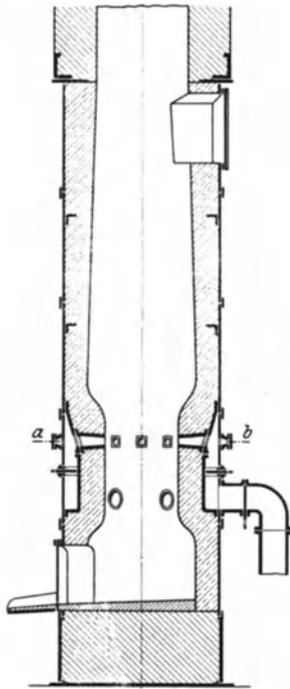


Fig. 35 und 36. Irelandofen.

Dieser in Fig. 35 und 36 dargestellte Irelandofen läßt den Wind von einem ringförmigen Windkasten aus durch 2 übereinanderliegende Formreihen in den Schmelzraum treten, wobei er sich etwas vorwärmt und den Schacht gleichmäßig abkühlt. In der oberen Reihe befinden sich 6 bis 8 enge Düsen, in der unteren 3 bis 4 weite. Erst wenn der Ofen in richtigem Gang ist, werden die oberen Düsen angestellt, außerdem kann man die Schmelzung durch Abstellen derselben wieder verzögern. Ein Sammelraum unter der Schmelzzone gestattet, größere Mengen flüssigen Eisens aufzuspeichern und längere Zeit warm zu halten. Der Ofen erfüllte die auf ihn gesetzten Erwartungen vollkommen, der Koksverbrauch war sehr gering, etwa 16 kg auf 100 kg Eisen wurden erreicht und das geschmolzene Eisen besaß große Hitze.

Noch viele Ofenkonstruktionen tauchten von 1830 bis 1860 auf, die mehr oder weniger den erwähnten ähnlich sind und deren Besprechung hier zu weit führen würde, um so mehr, als sie fast alle wieder außer Gebrauch gekommen sind. Erwähnenswert ist noch der erste Saugkuppelofens von Clay aus dem

In Frankreich baute um 1858 Maillard, der Leiter der kaiserlichen Gießereien zu Nevers und St. Gervais, hochofenartige Kuppelöfen mit 2 und 3 Formreihen übereinander, die in bekannter Weise nacheinander zur Windzuführung benutzt wurden. Er machte seinen Ofen auch beweglich, indem er ihn auf einem eisernen Wagen aufbaute.

Die grundlegende Form für die meisten noch heutzutage benutzten Hochofenprofile gab Jonathan Ireland seinem 1858 patentierten Ofen. Er erkannte richtig, daß, abgesehen von einer Vergrößerung der Schachthöhe, auch eine Verengung des Profils in der Schmelzzone zweckmäßig sei. Mit zunehmender Schachthöhe wächst der Fassungsraum für die Gichten, durch die die Verbrennungsgase von unten nach oben steigen, wobei sie ihre Wärme an dieselben abgeben. Es ist möglich, sie auf diese Weise bis auf etwa 50° abzukühlen, wodurch eine bedeutend vollkommenere Wärmeausnutzung erzielt wird als durch Vorwärmen des Windes. Die Verengung in der Schmelzzone ist deshalb von Nutzen, weil sich der Wind in dem engen Querschnitt gleichmäßiger bei geringerem Druck verteilen kann als in einem weiten.

Dieser in Fig. 35 und 36 dargestellte Irelandofen läßt den Wind von einem ringförmigen Windkasten aus durch 2 übereinanderliegende Formreihen in den Schmelzraum treten, wobei er sich etwas vorwärmt und den Schacht gleichmäßig abkühlt. In der oberen Reihe befinden sich 6 bis 8 enge Düsen, in der unteren 3 bis 4 weite. Erst wenn der Ofen in richtigem Gang ist, werden die oberen Düsen angestellt, außerdem kann man die Schmelzung durch Abstellen derselben wieder verzögern. Ein Sammel-

Jahre 1857, der mit dem oberen Teile des Kuppelofens einen Exhaustor verband, um den Zug im Ofen zu erzeugen.

Die Gußflammöfen wurden in diesem Zeitabschnitt insofern vervollkommenet, als man versuchte, auf Grund eingehender Versuche die Abmessungen ihrer einzelnen Teile in das richtige Verhältnis zueinander zu bringen. Anfangs der 40er Jahre war das Generatorgas bekanntgeworden, und es wurde auch für Flammöfen benutzt, die ersten größeren derartigen Anlagen wurden in Deutschland gebaut, besonders der Hütteninspektor Eck zu Königshütte und Faber du Faur zu Wasseraufingen haben sich um ihre Einführung verdient gemacht. Sie erzeugten das zum Schmelzen benutzte Gas aus Steinkohlen und Torf in gemauerten Generatoren in der bekannten Weise.

Man bemühte sich auch, Flammöfen mit künstlichem Zug zu betreiben, um die hohen Essen zu vermeiden, ohne daß jedoch die Einrichtungen bleibende Erfolge zeitigt hätten.

Kleine Öfen hatten 1,25 bis 1,5 t Einsatz, jedoch waren auch große bis zu 3 t in Benutzung. Auch die Anwendung erhitzter Luft hatte man bei Flammöfen versucht, ohne eine Ersparnis zu erzielen, was auch nicht erwartet werden konnte, da die zur Erhitzung der Luft nötige Wärme dem Ofen selbst entnommen wurde, wo sie zur Förderung des Essenzuges nötig gewesen wäre: die zweckmäßigste Wärmeausnutzung wurde bei den Herdflammöfen, wie man auch bald einsah, durch hohe Essen hervorgerufen. Der Steinkohlenverbrauch war etwa 50 bis 80 vH des Roheisengewichts.

In den Gesamtanlagen der Gießereien änderte sich wenig, nur die Wasserkraft wurde vielfach durch die Dampfmaschine ersetzt. Als Transportmittel wurden die Drehkrane, allerdings in oft wesentlich verbesserter Form, ausschließlich in deutschen Gießereien benutzt. 1847 schlug Hartmann in seinem Handbuch der Eisengießerei vor, die damals auf den Bahnhöfen mehrfach benutzten Bockkräne anzuwenden, um so die vielen störenden Kransäulen zu beseitigen.

Die Transporteinrichtungen bestanden sonst noch aus Schienenwagen, auf denen schwere Stücke in die Trockenkammern gefahren wurden und aus Gichtaufzügen, gewöhnlichen Winden und anderen. Der erwähnte ältere Irelandofen besaß 1856 schon einen pneumatischen von Fernie erbauten Gichtaufzug.

Bei den gesteigerten Ansprüchen, die man allmählich an die Güte und das Aussehen der Gußwaren stellte, wurde man gezwungen, auch der Aufbereitung der Formmaterialien eine größere Beachtung zu schenken.

Die Aufbereitung des Lehms geschah früher in der Weise, daß man ihn auf einer gußeisernen oder hölzernen Platte ausbreitete, mit Strohhäcksel oder Pferdedung vermengte und mit einem an gekrümmtem Stiel befestigten Messer durchschlug und durcharbeitete, bisweilen wurde er auch mit den Füßen durchknetet. Später kamen die in Fig. 37 bis 42 dargestellten Maschinen dafür in Anwendung. Die Knetmaschine bestand aus einem gußeisernen zylindrischen Gefäß. In ihm

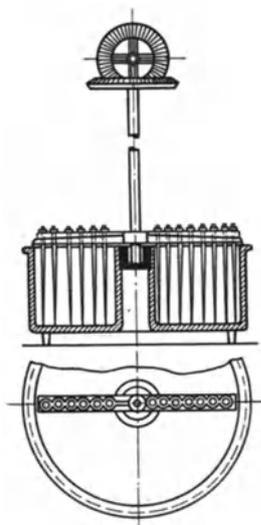


Fig. 37 und 38. Lehmschneidemaschine.

drehten sich mit 4- bis 5 minutlichen Umdrehungen eine Anzahl senkrechter Messer, die an zwei mit der Hauptwelle verbundenen wagerechten Armen befestigt waren. Die Messer des einen Arms sind so angebracht, daß sie die Lehmteile, welche die

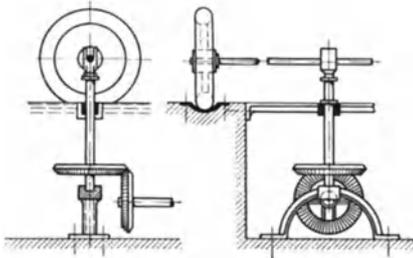


Fig. 39 und 40. Kollergang um 1840.

Messer des andern Arms stehen ließen, durchschneiden. Auch Kollergänge mit umlaufender Scheibe wurden zum Durchkneten des Lehms verwendet. Zum Herstellen von Holz- und Steinkohlenstaub benutzte man Mörser, in denen die Kohlen von Hand oder durch einen Pochstempel zermalmt wurden, verbesserte Einrichtungen zu diesem Zweck geben die Fig. 39 und 40 wieder. Man sieht einen Kollergang, den bei Getreidemühlen üblichen nachgebildet. Er besteht aus zwei gußeisernen Scheiben, die in einem gußeisernen Ringtroge umlaufen; bisweilen ist hinter jedem Läufer ein Rechen befestigt, der die zerriebene Kohle aufkratzt und wieder auf den Trogboden schiebt.

Die Kugelmühle, Fig. 41 und 42, mit einer großen oder mehreren kleinen Kugeln, die 25 bis 30 Umdrehungen minutlich machte, diente denselben Zwecken.

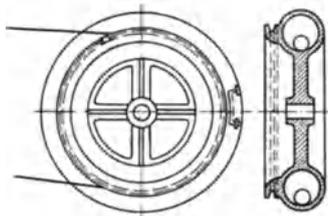


Fig. 41 und 42. Kugelmühle um 1840.

Der Formsand wurde meist von Hand vorbereitet. Er wurde getrocknet, gesiebt, angefeuchtet und auf der Formbank mittels Walze zerrieben. Getrocknet wurde er im Sommer an der Sonne, im Winter auf gußeisernen Platten und Blechtafeln, in Trockenkammern oder auf Öfen. Man warf auch wohl den Sand in die ausgeblasenen Kuppelöfen

hinein, wobei er aber häufig gebrannt wurde und an Güte verlor.

Eine Sandaufbereitungsanlage aus den 40er Jahren läßt Fig. 43 erkennen. Durch den Trichter gelangt der Sand zwischen zwei Walzen, von wo aus er auf

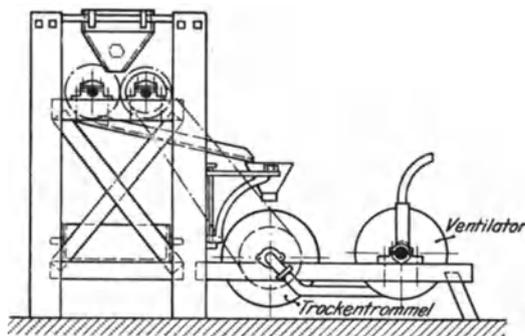


Fig. 43. Sandaufbereitung um 1840.

einer schiefen Ebene in einen zweiten Trichter, der ihn einer mit niedrigen Längswänden versehenen Trockentrommel zuführt. Nachdem die Trommel bis zur Höhe der Scheidewände mit Sand gefüllt ist, schließt man ihre viereckige Füllöffnung und schaltet ihren Antrieb ein, der Sand wird dann in der Trommel durcheinandergeschüttelt und von einem warmen Luftstrom bestrichen, den der Ventilator in den Trockenzyylinder einbläst. Um den Sand nach

dem Anfeuchten zu zermahlen, gibt man ihn wieder in den oberen Trichter, nachdem die schiefe Ebene beseitigt wurde, so daß er nach seinem Durchgang durch das Walzenpaar in den untergesetzten Kasten hineinfällt¹⁾.

¹⁾ Vorbildlich waren in jener Zeit die großen englischen Gießereien. Sie wurden vom Kontinent aus häufig von Gießereifachleuten besucht, die sich mit den dortigen Erfahrungen

Man sieht aus der Darlegung der Fußnote, daß man in England bereits die Wichtigkeit einer guten Sandaufbereitung erkannt hatte, ohne eine solche wäre die Anwendung der in dieser zweiten Periode des 19. Jahrhunderts in ihren ersten Anfängen sich zeigenden Formmaschinen kaum möglich gewesen und mit der Vervollkommnung und Ausbreitung dieser für den neuzeitlichen Gießereibetrieb unentbehrlichen Maschinen ist Hand in Hand auch die Verbesserung der zuerst sehr primitiven Sandaufbereitungsapparate vor sich gegangen. Wir machen auch hier wieder die Beobachtung, daß in der Technik ein Fortschritt auf einem Gebiete den auf anderen Gebieten im Gefolge hat.

Im Maschinenbau wurden sehr viel Zahnräder gebraucht. Bearbeitungsmaschinen zur Herstellung eines genauen eisernen Zahnprofils gab es noch nicht und so mußten die Räder sehr genau gegossen werden. Die Modelle waren teuer und man machte die Erfahrung, daß sie sich leicht verzogen und daher besonders

und Verfahren bekannt machen wollten. In einem dem Verfasser guttigit von der Firma Gebr. Sulzer, Winterthur, überlassenen handschriftlichen Reisebericht des Hr. Sulzer-Steiner aus dem Jahre 1859 über die in englischen Gießereien gemachten Beobachtungen finden sich auch Mitteilungen über das dort verwendete Formmaterial und seine Aufbereitung. Der betreffende Teil des Reiseberichtes ist überschrieben „Sand“ und lautet:

„Derselbe ist im allgemeinen hier (England; d. V.) viel offener und rauher; für große Stücke hat man einen roten, ganz groben, der oft aus den Steinen zerdrückt werden muß; derselbe wird auch zum Lehmformen verwendet. Withworth hat für seine großen Stücke einen feineren Sand, aber mit Roßmist gemischt, und macht prachtvollen Guß: er gießt fast alles naß. Auch die kleinen Stücke werden in ziemlich grobem Sand gemacht; in vielen Gießereien braucht man dazu Straßensand, wenn er nicht gar viel Kalk enthält. Als Mittel, unseren Sand offener zu machen, wurde uns empfohlen, zerriebene Sandsteine damit zu mischen.

An vielen Orten wird der Sand gar nicht gemahlen, sondern zerstampft und gesiebt und was übrig bleibt, wieder zerdrückt. Andere haben eine Sandmühle wie wir, mit den 2 um eine vertikale Achse herumgehenden Radern (Kollergang; d. V.); bei einigen geht anstatt der Räder der Tisch herum und die Räder drehen sich bloß auf einer Achse, die in 2 Schlitzen vertikal sich bewegen kann. Das Antriebswerk ist dann unter dem Tisch oder im Souterrain.

Platts Sandmühle ist nach dieser Skizze (hier befindet sich im Text eine Handskizze; d. V.) mit ovalen Steinen, sie sagen aber selbst, es brauche zu viel Kraft und liefere nicht mehr als flache Räder. Platts Lehmknetemaschine ist wie unsere, hat aber anstatt der dicken Zähne scharfe von kreuzförmigem Querschnitt und auf beiden Seiten. Sie sind darum scharf, daß sie den Lehm nicht zerdrücken, sondern nur untereinander machen. Solcher Lehmuhlen (Kollergänge; d. V.) sind 3 bei Platt; ebenfalls 3 Sandmühlen und 3 Tambouren (Kugelmühlen; d. V.) für Kohlen. Das alles für 700 bis 800 Former; im ganzen sind mit dem Sand etwa 10 bis 15 Mann beschäftigt. Nachdem der Sand zermahlen ist, wird derselbe durch Nr. 6-Sieb gesiebt, dann der alte Sand darunter gemischt und der Steinkohlenstaub, dies zusammen untereinander geschöpft und dann durch ein feineres Sieb Nr. 8 ($1/8''$) gesiebt. Dann wird er auseinander gespreizt und angenetzt und an den Haufen gemacht und bleibt 1 Tag liegen, damit er murb wird. Von dort holen ihn die Gießer, von denen jeder seinen eigenen Decksandhaufen hat, und ihn in Ordnung zu halten, anzunetzen und umzuschaukeln hat, nachdem er die Kasten geleert hat. Für den Modellsand haben die Gießer Nr. 10-Siebe für kleine Sachen, Nr. 8-Siebe für mittlere, Nr. 6 für große Sachen. Sie brauchen sehr wenig Modellsand, geben bei Rollen nur ein wenig über die Speichen, dann gleich Decksand darüber, aber gesiebt, bis das Modell gedeckt ist. Schutzbleche und solche Sachen werden nur im Decksand geformt, sie werden scharfer, obwohl etwas rauher eingebrannt. Für Zahnradersand haben sie einen Extramann mit Bub; er wird fein gesiebt und gut bearbeitet.

Für das ganze Geschäft sind 3 Kohlenstaub- und Soapstone-Mahlzylinder von etwa 5' Diam., 2' Breite, mit Kugeln darin und etwa 12—15 Touren pro Minute machend, vorhanden. Steinkohlenstaub kaufen sie und mahlen nur die Holzkohlen und den Soapstone (Seifenstein), den sie nur bei größeren Stücken anstatt Graphit anwenden; sie mischen auch zuweilen etwas Seifensteinstaub unter den Kohlenstaub, wenn dieser zu schwer ist und sich nicht gut polieren läßt.

bei großen Durchmessern bald ungenau wurden. Abgesehen davon war das Ausheben derartiger Modelle aus dem Sande eine schwierige Arbeit, die selbst dem geschicktesten Former fast niemals ohne die Form zu beschädigen gelang. Es mußte fast ausnahmslos geflickt werden, worunter die Genauigkeit naturgemäß litt. Einrichtungen, die beim Einformen von Zahnrädern die Hand des Arbeiters unterstützten, sind die ersten Formmaschinen. Auf die Erfindung dieser Art von Formmaschinen führten einige Verfahren, von denen das erste bereits im Jahre 1826 von dem Franzosen Sonolet angegeben wurde: mit einem Holzmodell, welches statt des Zahnkranzes einen glatten Rand hat, wird zunächst eine Sandform ohne Zähne hergestellt, an den Umfang derselben werden dann Kerne, die in einem Kernkasten aus Metall aus fettem Kernsand gestampft wurden, aneinander gereiht; diese Kerne haben die Gestalt der Zahnlücken und lassen die Zahnformen zwischeneinander frei. Etwas genauer wurden die Formen schon nach der Formmethode von Chappelle 1844: man formt wieder zunächst ein glattrandiges Rad mit Nabe und Armen im Sande ein, worauf man zwei je 3 bis 5 Zahnmodelle tragende Bogenstücke an den Rand der Form legt; die Lücken werden nun vollgestampft und das eine Bogenstück an das andere gelegt, bis die Zahnlücken auf den ganzen Radumfang fertig sind.

Die Zahnradformmaschine ist eine deutsche Erfindung: am 11. Oktober 1839 wurde J. G. Hofmann, dem späteren bekannten „Fabrikenkommissarius“ in Breslau, in Preußen ein Patent erteilt auf eine Vorrichtung, welche für sämtliche Zahnradformmaschinen vorbildlich geworden ist.

An dem um eine kräftige senkrechte Spindel drehbaren Arm ist ein Schablonenbrett befestigt, mit dem zunächst der Umfang des einzuformenden Zahnrades im Sande ausgedreht wird. Zum Herstellen der Zahnformen benutzt er das Modell einer Zahnücke, das in einer senkrechten Führung genau lotrecht verschoben werden kann und um die Mittelspindel drehbar ist. Diese Spindel trägt eine Teilscheibe mit Löchern, in die der Stift eines mit dem Führungsarm des Modells gelenkartig verbundenen zweiten Armes eingesteckt werden kann, so daß es möglich ist, das Zahnückenmodell nach dem Einstampfen des Sandes immer um ein genau gleiches Stück (die Teilung) weiter zu drehen. Das Abheben des Modells von der aufgestampften Zahnücke verursacht infolge seiner genauen senkrechten Führung keine Schwierigkeiten.

Ein ähnliches Verfahren wurde von einem französischen Former Ferrouilh 1852 angegeben, auch er benutzte eine um eine senkrechte Spindel drehbare Schablone zum Herstellen des äußeren Radumfangs und ein an senkrechter Führung bewegliches Zahnückenmodell. Um eine genaue Teilung des Rades zu erzielen, wird rings um die Form ein Kreis aus kleinen breiten Pfählen, die faßdaubenartig nebeneinander gesetzt werden, gebildet. Auf ihre saubere geglätteten Köpfe wird ein Papierring geklebt, den man vorher mit einer der Zähnezahl entsprechenden Teilung versehen hat. Man stellt nun die Kante der Modellführung auf einen Teilstrich des Papierstreifens ein, senkt das Zahnückenmodell, stampft die Lücke aus, hebt das Modell, stellt es auf den nächsten Teilstrich und so fort, um so allmählich die ganze Kranzform zu bilden¹⁾.

¹⁾ In Tunnens Jahrbuch, Leoben 1857 findet sich eine ausführliche Beschreibung mit Abbildung einer Zahnradformmaschine von de Louvrié, bei der die Hauptspindel an einem drehbaren Wandarm befestigt ist, und die sich durch die äußerst genaue Teilvorrichtung auszeichnet. Zum ersten Male wurde durch diese Bauart die Möglichkeit gegeben, ohne weiteres auf demselben Apparat Zahnräder verschiedenster Größen und Teilungen zu formen.

Auf dem Hofmannschen Grundgedanken beruht die Jacksonsche Anordnung Fig. 44 und 45 aus dem Jahre 1856. Auf einer kräftigen senkrechten Spindel ist in geringer Höhe über der Gießereisohle eine wagrechte Scheibe von etwa 2,50 m Durchmesser befestigt. Die Spindel kann mittels eines auf ihr aufgekeilten Schraubenrads, dessen Antrieb durch eine Teilvorrichtung betätigt wird, gedreht werden. Der Rand der Scheibe taucht in eine Wasserdichtung, damit kein Sand zwischen die unter ihr liegenden Getriebeteile fallen kann. Tangential an die Scheibe ist ein Bett mit Führungen aufgestellt, auf dem ein Gestell mit Arm gleitet. Der Arm kann entsprechend dem gewünschten Zahnraddurchmesser eingestellt werden. Die Zahnformen lassen sich mit Handradzahnstange senkrecht auf und ab bewegen. Zum Einformen werden runde Formkasten benutzt. Eine Schablone zum Ausschneiden des Kopfkranzes ist nicht nötig, sondern es kann, wie aus der Figur zu ersehen, unter Benutzung eines Blechstreifens p , welcher den Raum zwischen Segmentmodell und Formkasteninnenrand nach der offenen Seite begrenzt, der ganze das Zahnrad außen begrenzende Modellteil aufgestampft werden.

Die dabei benutzten Holzmodelle werden auf derselben Maschine unter Benutzung eines mit Schnurscheibe angetriebenen Schneidzeuges hergestellt.

Arme und Nabe werden bei Jackson durch Kerne ausgespart, die in hölzernen Kernbüchsen aus fettem Sande hergestellt werden.

Der bereits angeführte Sulzersche Reisebericht beschäftigt sich ausführlich mit dem Verfahren zum Schneiden von Segmentmodellen für Stirn- und Kegelräder auf der Jacksonschen Teilmaschine, auch die Formkasten, die auf derselben benutzt werden, und ihre Herstellungsweise sind dort einer eingehenden Besprechung unterzogen.

Fast ebenso alt als die Zahnradformmaschinen sind die Rohrformmaschinen.

Wasser- und Gasleitungen steigerten riesig die Nachfrage nach Gußrohren und den Anspruch an ihre Güte besonders hinsichtlich ihrer Dichtigkeit. Die Röhrengießereien haben sich daher schon sehr bald von den Gießereien, die Maschinen- und Bauguß anfertigten, losgelöst. Es würde zu weit führen, wollten wir unsere Betrachtungen auf diesen Sonderzweig der Gießerei ausdehnen. Des historischen Interesses halber müssen wir aber auf die alten Rohrformmaschinen etwas eingehen. Außerdem kamen bei ihnen schon Verfahren zur Anwendung, welche für die neuzeitlichen Formmaschinen zum Teil von grundlegender Bedeutung geworden sind. Die erste Rohrformmaschine wurde dem Engländer Stewart 1846 patentiert: In

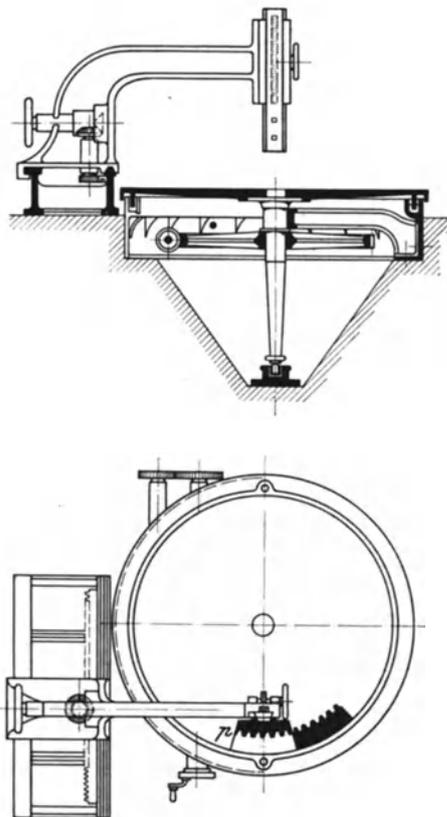


Fig. 44. und 45. Zahnformmaschine, England 1856.

einen zweiteiligen, senkrecht stehenden Formkasten ist ein drehbar gelagertes Blechrohr hineingehängt, das unten ein kurzes zylindrisches Modellstück trägt. Letzteres ist an seinem unteren Ende mit schraubenförmig gestalteten Flügeln versehen. Wird nun das Rohr, durch welches auch der Sand eingeschüttet wird, gedreht, so steigen die Flügel auf den Sand und drücken ihn zwischen Modell und Formkastenwand fest. Gleichzeitig steigt das Modell mit zunehmender Sandfüllung nach oben mitsamt der Blechröhre, an der es befestigt ist.

Macfarlane vervollständigte diesen Apparat insofern, als er auch an der inneren Seite des kurzen zylindrischen Modellstücks schraubenförmige Flügel anbrachte, so daß gleichzeitig Mantel- und Kernform gebildet wurden und Sheriff 1855 wandte statt der Schraubenflügel Rollen an, während er gleichzeitig dem Kern durch eine in der Kastenmitte befestigte senkrechte Stange eine Stütze gab. Im gleichen Jahre erfand Elder eine Vorrichtung, die insofern von den beschriebenen abweicht, als sie das Verdichten des Sandes nicht durch Druck, sondern durch Stoß bewirkt. Er benutzt ebenfalls ein kurzes, allmählich aufsteigendes Modell, daneben aber eine konzentrische durch Exzenter auf- und abbewegtes Stampfrohr, welches am unteren Ende fingerartig ausgezackt ist. Durch dieses Stampfrohr wird der aufgegebene Sand zwischen Kasten und Modell verdichtet.

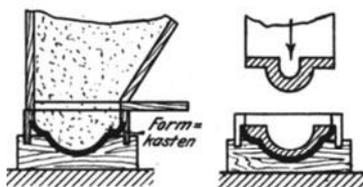


Fig. 46 bis 48. Newtons Formkasten für Röhren 1849.

Die besprochenen Vorschläge haben sich indessen nicht dauernd eingeführt, wohl besonders deshalb, weil die Kosten der Maschinen, ihre verwickelte Bauart, sowie öfter notwendig werdende Reparaturen in keinem Verhältnis zu dem Zeitgewinn standen, den sie zu erzielen vermochten.

Mehr Erfolg haben die Verfahren gehabt, bei denen zuerst der Sand in den Kasten gebracht wurde, worauf man ihm durch Druck die nötige Dichte gab. Ein solches gab 1849 A. Newton zum Formen von Röhren und anderen Gegenständen an. Das Einformen erfolgt hier im liegenden Formkasten, Fig. 46 bis 48, der an den beiden Stirnseiten geschlossen ist, und auf eine entsprechende Holzunterlage gelegt wird mit der Öffnung nach oben. Man setzt nun einen hölzernen Sandfüllrahmen darüber und schiebt das Ganze unter einen Trichter, dessen Bodenschieber sich dabei öffnet, so daß der Formsand aus ersterem in den Formkasten fällt. Hierauf zieht man den gefüllten Kasten wieder unter dem Trichter weg samt Holzbrett und Füllrahmen, wobei sich der Schieber von selbst schließt und die Sandoberfläche glättet. Der Kasten wird nun unter einen, durch Kurbel und Lenkstange in senkrechten Führungen bewegten Preßtisch gebracht, der eine mit einer Rohrmodellhälfte versehene Modellplatte trägt. Beim Abwärtsgehen der Platte drückt sich das Modell in den Sand des Kastens und preßt ihn dort fest, indem sie den Sand des Füllrahmens hineindrückt, bis sie mit der Oberkante des Formkastens bündig steht. Beim Weitergang der Kurbel wird das Modell genau senkrecht nach oben gehoben.

Dem Verfahren haftet der Übelstand an, daß die Dichte der Sandpressung von dem mehr oder weniger lockeren Auffüllen des Sandes vor dem Pressen abhängt und dann nicht bei allen Formen gleich ausfällt. Um das zu erreichen, sind verschiedene Wege angegeben worden, z. B. 1856 von Page & Robertson, die nach Einfüllen des Sandes eine gewisse, der Rohrform entsprechende, Menge Sand durch einen äußerst sinnreichen Mechanismus ausschnitten und dann die Pressung vornahmen.

Einen erheblichen Fortschritt bedeutet die 1854 vom Amerikaner Brown bereits in ihren Grundzügen angegebene, in Fig. 49 dargestellte Maschine. Sie wurde 1855 von Behn, dem späteren Gießereileiter der Aktiengesellschaft Weser, Bremen, mit Genehmigung des Erfinders in England zuerst eingeführt und von ihm im Verein mit Waltjen verbessert; sie ist als Waltjensche Formmaschine bekannt geworden. Die Modellplatte *a* ist als Durchziehplatte ausgebildet, d. h. das Modell *b* ragt über den Rand der Platte hervor und kann durch dieselbe hindurchgezogen werden. Zwecks Herstellen einer Form wird zunächst die Platte *a* mit dem Modell *b* in die gezeichnete Lage gebracht, und ein Holzrahmen auf den äußeren Kasten gelegt. Man füllt ihn mit Sand und streicht die obere Sandfläche mittels einer Lehre glatt. Nunmehr setzt man den eisernen halbrunden Formkasten *e* auf, der an *d* befestigt wird. Bewegt man jetzt Formplatte und Modell, deren gegenseitige Lage dabei unverändert bleibt nach oben, so wird der Sand im Kasten verdichtet. Zunächst zieht man das Modell *b* allein nach unten aus dem Sande. Dabei stützen sich die Sandränder auf *a* und eine Beschädigung der Form beim Ausziehen ist ausgeschlossen. Hierauf bringt man auch *a* wieder in die gezeichnete Stellung. Die fertige Form kann dann nach Lösen der Verbindungen zwischen Kasten *e* und Rahmen *d* leicht abgenommen werden.

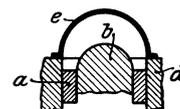


Fig. 49.
Rohrformmaschine
von Brown 1854.

Die Waltjensche Maschine ist von großer Bedeutung, weil bei ihr zum ersten Male eine Trennung von eigentlichem Modell und Modellplatte erfolgte. Die dadurch entstehende Durchzugplatte, als deren Erfinder man demnach Brown bezeichnen darf, findet heutzutage noch die weitgehendste Verwendung und ist vorbildlich für ganze Gruppen neuzeitlicher Formmaschinen gewesen, die sie zur Herstellung der Formen selbst für die verwickelsten Gegenstände geeignet gemacht hat.

Um die Modellkosten zu sparen, verfuhr Harrison 1845 in folgender Weise: Zunächst wurden die beiden Formkastenhälften von Hand mit einem Sandfutter ausgeschlagen und dann zusammengesetzt, worauf die entstehende Höhlung durch eine Schablone von dem Profil des Rohrmantels ausgedreht wurde.

Das Verfahren änderte Stewart dahin ab, daß er die Rohrform aus dem Sande des vollgestampften Formkastens mit einer Bohrvorrichtung ausbohrte.

Wir sehen aus der großen Zahl dieser Vorschläge, daß man auf dem Gebiete der Rohrgießertechnik Ende der 50er Jahre schon ziemlich viel erreicht hatte, auch die Röhrgießereien selbst besaßen schon mancherlei Sondereinrichtungen, wie sie zum Teil noch heute in Gebrauch sind.

Die Eisenbahnen hatten in dem in Rede stehenden Zeitabschnitt einen ganz gewaltigen Aufschwung genommen und waren hinsichtlich der Massenfabrikation gute Abnehmer der Gießereien geworden. So finden wir schon früh auch auf diesem Gebiete Vorrichtungen, die als Vorläufer unserer neuzeitlichen Formmaschinen anzusehen sind. Die Schienen lagerte man meist auf Schienenstühlen, die daher in großen Mengen gebraucht wurden, so daß die auf der Pariser Weltausstellung 1855 zur Schau gebrachte Vorrichtung zum Formen solcher Schienenstühlen berechtigtes Aufsehen erregte.

Man hatte auch bereits die Modellplatte benutzt, um eine Reihe von Modellen gleichzeitig einzuformen¹⁾. Eine doppelseitige Modellplatte wandten 1851 die

¹⁾ Eine solche beschreibt Karmarsch 1859. Sie diente zum Herstellen der Form für Schuhzwecken. Am selben Orte ist auch eine Vorrichtung zum Anfertigen der Form für guß-

Engländer Fairbairn und Hetherington an. Die Stifte des Oberkastens greifen durch die Platte hindurch in Löcher des Unterkastens, beide sind gleichzeitig an der Modellplatte befestigt. Nacheinander werden beide Kästen aufgestampft und zuerst der Unterkasten abgehoben, wobei er an den Oberkastenstiften Führung findet; nunmehr hebt man die Modellplatte vom Oberkasten ebenfalls ab, auch dabei dienen die Stifte zur genauen Führung.

Die erste Formmaschine, welche das genaue Ausheben der Modelle aus dem Sande bezweckt, ist französischen Ursprungs. Charles de Bergue stellte 1855 auf der Pariser Industrieausstellung eine derartige Vorrichtung aus. Sie bestand aus einem aus Gußeisen zusammengesetzten Kasten zur Aufnahme der Getriebeteile, dessen obere Fläche den Formtisch bildete; je nach der Größe der auszuhebenden Modelle lag die Tischfläche entweder in der Ebene der Gießereisohle oder darüber. Den Kasten umfaßte ein gußeiserner Rahmen, der an vier Zahnstangen befestigt war und mit diesem unter Benutzung eines Triebwerks mittels einer Kurbel genau parallel zu sich selbst und zur Formtischfläche gehoben und gesenkt werden konnte. Nachdem das Modell in den Kasten eingestampft war, wurde der Kasten mit dem Rücken auf dem Tische der Maschine liegend an demselben befestigt. Um das Modell, dessen Teilebene in der jetzt oben befindlichen Sandfläche des Formkastens lag, auszuheben, schraubte man 1 oder bei großen Stücken 2 Bretter auf das Modell auf, die über den Ausheberahmen hinausragten. Drehte man jetzt die Kurbel, so ging der Rahmen hoch, faßte unter die Bretter und hob das an ihnen hängende Modell, welches man vorher durch Klopfen etwas gelockert hatte, aus dem Sande. Bei dieser Vorrichtung benutzte der Erfinder also noch keine Modellplatte, indessen bedeutete sie doch einen großen Fortschritt, insofern, als das Ausheben der Modelle durch dieselbe wesentlich beschleunigt und erleichtert wurde und bei ihrer Anwendung nachträgliche Ausbesserungen der Formen überhaupt nicht mehr oder doch nur höchst selten nötig waren. Auch zum Abheben des Oberkastens vom Unterkasten konnte man die Maschine benutzen. Man erkannte indessen, wie der Ausstellungsbericht sagt, schon damals, daß sie trotz der großen Vorzüge doch nur dann einen merkbaren Einfluß auf die Entstehungskosten der Gußstücke haben könne, wenn nach demselben Modell viele Abgüsse gemacht würden, da für eine geringe Formzahl das Verfahren zu umständlich sei. Die Maschine wurde auf der Ausstellung im Betriebe vorgeführt und erregte in Fachkreisen großes Aufsehen. Der Hauptnachteil der de Bergueschen Anordnung ist der, daß sie keine Modellplatte benutzte und der Formkasten gedreht werden mußte, was besonders bei größeren Abmessungen lästig und beschwerlich ist. Es lag daher der Gedanke, den die Engländer M. A. Muir und J. M'Ilwham ihrem Patent von 1857 zugrunde legten, nahe: eine Modellplatte anzuwenden und mit ihr das Modell aus dem Sande ziehen zu lassen. Zu dem Zweck versahen sie die bekannte alte einseitige Modellplatte an beiden Schmalseiten mit Drehzapfen, deren Lager auf Stangen befestigt waren, die in genauen Führungen senkrecht bewegt wurden. Zunächst formte man den auf der nach oben liegenden Modellseite der Formplatte befestigten Kasten auf, drehte darauf die Platte in den Lagern um 180° und senkte sie, bis der Formkasterrücken auf einem untergeschobenen Wagen ruhte. Nach Lösen der Verbindung

eiserne Holzschrauben erwähnt, die schon 1844 bekannt gegeben wurde. In den Sand des aufgestampften Unterkastens werden durch eine geeignete Vorrichtung mittels Drehen an einer Kurbel gleichzeitig eine ganze Reihe Schraubenmodelle hineingeschraubt und darauf durch Drehen im entgegengesetzten Sinne wieder herausgezogen.

von Kasten und Platte wurde letztere wieder gehoben, wodurch die Modelle aus dem Sande gehen.

Wir haben hier die erste, wenn auch unvollkommene, Anwendung des Prinzips der Wendeplattenformmaschinen, die heutzutage zu den verbreitetsten aller Formmaschinen zählen.

Werfen wir einen Rückblick auf die zahlreichen verschiedenen Verfahren, die zur Verbesserung der Formerei schon bis Ende der 50er Jahre erdnen wurden,

so sehen wir, daß fast alle modernen Formverfahren und Maschinen in ihren grundsätzlichen Anordnungen bereits vorlagen. Die beschriebenen Einrichtungen lassen sich in drei Gruppen einteilen, und zwar solche, die 1. eine Ersparnis an Modellkosten bezwecken; hierher gehören die Zahnradformmaschinen und einige Rohrformmaschinen; 2. ein genaues und bequemes Ausheben des Modells aus der Form ermöglichen; hierzu rechnen unter anderen einige Rohrformmaschinen, in erster Linie aber die de Berguesche und die Muirsche Formmaschine; 3. abgesehen von dem Ausheben des Modells noch das Verdichten des Formsandes auf mechanischem Wege zu erreichen suchen; hierher gehören die Maschinen von Newton, Waltjen u. a.

Wenden wir uns zunächst den anderen Fortschritten im Gießereiwesen

von 1830 bis 1860 zu. Die Gußstücke, welche der Maschinenbau verlangte, wurden immer größer und da man vom Gießen aus den Schmelzöfen unmittelbar in die Formen aus guten Gründen mehr und mehr abkam, mußte man die früher nur von Hand bewegten Pfannen immer größer machen und sie durch Krane bewegen. James Nasmyth erfand 1838 die noch heute übliche große Gießpfanne, sie hängt in einem schmiedeeisernen Bügel mittels 2 Schildzapfen. Fig. 50 und 51 zeigen die Originalskizzen von Nasmyth, die dem, was früher war, die von ihm erfundene Gießpfanne gegenüberstellt. Auf dem einen Zapfen sitzt ein Schneckenrad, in das eine am Bügel gelagerte Schnecke greift. Die Schnecke wird durch ein auf ihre Welle aufgestecktes Windeisen betätigt und durch

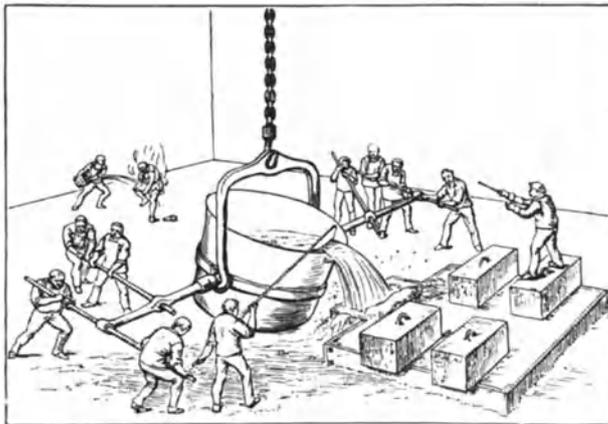


Fig. 50. Alte Gießpfanne.

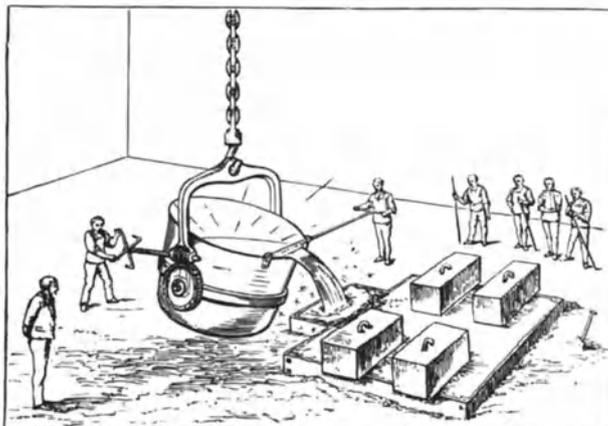


Fig. 51. Gießpfanne von Nasmyth 1808.

Drehen derselben die Pfanne beim Gießen gekippt. Guettier, der 1844 sein berühmtes Werk „De la fonderie, telle, qu'elle existe aujourd'hui en France etc.“ herausgab, verlangte in einer gut eingerichteten Gießerei außer den Handpfannen: 2 Pfannen von 50 kg, eine von 350 bis 400 kg, eine von 750 bis 800 kg und eine von 1500 bis 2000 kg. In großen Gießereien hatte man Kranpfannen bis 12 000 kg und mehr Inhalt.

Um die Anzahl der Formkastensorten zu verringern, nahm man die sog.: „französischen Laden oder Laden aus 1000 Stücken“ in Gebrauch: Sie bestanden aus gußeisernen Platten und Winkeln, mittels deren man große und kleine Kästen nach Bedarf zusammenstellen konnte.

1854 versah Bernhard die Kranpfanne mit einem Loch am Boden, welches durch eine Hebelstange geöffnet und geschlossen werden kann, wie es heute bei den Stahlgußpfannen üblich ist. Die Pfanne braucht nicht gekippt zu werden.

Der Hartguß war besonders in England auf der Höhe, um ihn auch in Deutschland zu heben, erließ der Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen Anfang der 30er Jahre ein Preisausschreiben für Herstellung von Hartgußwalzen, um deren Herstellung sich besonders Wachler in Malapane verdient machte. Neben Königsbronn in Württemberg, das wegen seiner Hartgußwalzen berühmt war, hat sich Ende der 50er Jahre Gruson in Magdeburg um die Verbesserung des Hartgusses in Deutschland mit viel Erfolg bemüht; meistens wurde derselbe jedoch von den festländischen Staaten aus England bezogen, wo man ihn dadurch zu verbessern suchte, daß man hohle mit Wasser oder Luft gekühlte Kokillen benutzte.

Es fehlte auch nicht an Versuchen, durch Zusetzen von anderen Metallen die Festigkeit des Gußeisens zu erhöhen; das Verfahren des Engländers M. Stirling aus den 50er Jahren, dessen Produkt er toughened cast iron, verstärktes Gußeisen nannte, hat seinerzeit viel Aufsehen erregt. Es bestand darin, daß in die Masseformen, welche zur Aufnahme des Roheisens dienten, eine Anzahl dünner Schmiedeeisenteile, wie Nägel, Drahtabfälle, Drehspäne u. dgl. eingelegt wurden. Schmolz man die so erhaltenen Roheisengänse im Kuppelofen um, so erhielt man ein für manche Zwecke sehr brauchbares Material. Weitere Bedeutung hat dies stahlartige Gußeisen, trotz großer Reklame, nicht gefunden, besonders auch deshalb, weil im Jahre 1851 der verdienstvolle Leiter des Bochumer Vereins, Jacob Mayer, die bedeutungsvolle Erfindung des Stahlformgusses machte.

Flüssiger Stahl soll zwar schon 1700 von Georg Memmendorfer in Nürnberg in Formen gegossen worden sein, allein seine Erfindung geriet mit seinem Tode in Vergessenheit, bis 1740 Benjamin Huntsmann in Sheffield Tiegelgußstahl erzeugte, indem er durch Zementation, d. i. Glühen von weichen Eisenstäben in Holzkohle, gewonnenen Stahl in Tiegeln umschmolz. Das Geheimnis blieb lange in England bewahrt und legte den Grund zu dessen blühender Stahlindustrie. Erst Peter Friedrich Krupp gelang es 1811 auf dem Kontinent zuerst, durch Vereinigung des Inhaltes zahlreicher Tiegel in einer Gußform Blöcke aus Gußstahl zu gießen. Größere Stahlformgußstücke wurden indes zuerst in Bochum hergestellt, indem man Tiegelgußstahl in Formen goß. Das Geheimnis dabei war das Formmaterial und die Überwindung der Schwierigkeiten, die der stark schwindende Stahl beim Gewinnen der Abgüsse bietet. Wie gut es Mayer verstand, diesen zu begegnen, geht daraus hervor, daß er im genannten Jahre bereits eine 50 Ztr. schwere Glocke gießen ließ, die auf der Düsseldorfer Gewerbeausstellung 1852 mit einem Preise ausgezeichnet wurde.

Auch der Zentrifugalguß fand in diesem Zeitabschnitte Verwendung, indem ihn R. Peters 1855 und Shanks 1859 zum Gießen von Hohlkugeln und Röhren ohne Kern benutzten.

Wir stehen am Ende des zweiten Entwicklungsabschnittes und ein Blick auf die große Zahl der Erfindungen läßt das Bestreben erkennen, die Leistung und Produktionsfähigkeit in den Gießereien zu heben. Wenn auch die meisten Verfahren noch in den Kinderschuhen steckten, so sind sie doch von grundlegender Bedeutung für die Neuzeit geworden.

III. Abschnitt: 1860 bis 1890.

Man hatte eingesehen, daß die Winderhitzung beim Kuppelofenbetriebe lange nicht soviel nutzte, als man anfangs von ihr erhofft hatte: man gab sie daher fast allenthalben wieder auf.

Die Kuppelöfen wurden nach verschiedenen Richtungen hin weiter entwickelt. Allgemein ersetzte man die frühere gußeiserne Ummantelung der Schachtschmelzöfen durch Eisenblech und machte sie zylindrisch, auch die Schöpf- und Stichherde ließ man fort und stach den Ofen in Gießpfannen ab.

Die Veränderungen bezogen sich im wesentlichen auf die Windzuführung. Entweder erfolgt die Windzuführung in einer oder in mehreren Zonen. Dabei drückt man den nötigen Windstrom entweder in die Öfen hinein oder man saugt ihn hindurch. Neben den festen Brennstoffen kamen auch vereinzelt gasförmige und flüssige in Anwendung.

Der alte Schmahelofen hatte sich mit seiner großen Anzahl Düsen und der dadurch erreichten guten Windverteilung sehr bewährt. Um ihn noch zu verbessern, ging der Franzose Bocard in Châtillon sur Seine 1858 dazu über, statt der Düsen einen ringsumlaufenden Schlitz zur Einführung des Windes in den Ofen zu benutzen. Der untere Teil des Schmelzraumes steht auf einem Wagen und kann, um Reparaturen im Herde oder Schacht vornehmen zu können, bequem ausgefahren werden.

Mackenzie in Nordamerika gab seinem Ofen Anfang der 60er Jahre ebenfalls eine derartige Windzuführung, er stellte den ganzen Schacht auf vier gußeisernen Säulen und bildete den Schachtboden aus zwei halbkreisförmigen Klappen, welche nach beendetem Gießen geöffnet wurden, so daß der Restinhalt des Ofens herausfiel. Das Mauerwerk des Schachtes wurde von einem am Ofenmantel angenieteten Gußeisenring getragen; der Wind trat von einem den Ofen umgebenden Ringkanal in den Schlitz ein.

Auf gleichen Grundsätzen beruhte die 1880 von Fauler in Freiburg i. B. angegebene Bauart, Fig. 52 und 53. Der Ringschlitz ist aus mehreren gußeisernen Segmentstücken *a* gebildet. Sie bestehen aus einer oberen und unteren Fläche, die miteinander durch eingegossene Rippen *b* verbunden sind. Der Schacht ist aus lauter einzelnen Trommeln *c* zusammengesetzt, so daß ein leichtes Auswechseln schadhaft gewordener Teile möglich ist.

Zu den Kuppelöfen mit Windzuführung in einer Ebene rechnen auch die Krigaröfen, die eine außerordentliche Verbreitung gefunden haben. Die älteste Bauart

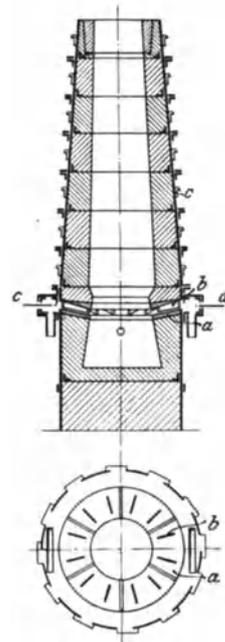


Fig. 52 und 53.
Kuppelofen von Fauler
1880.

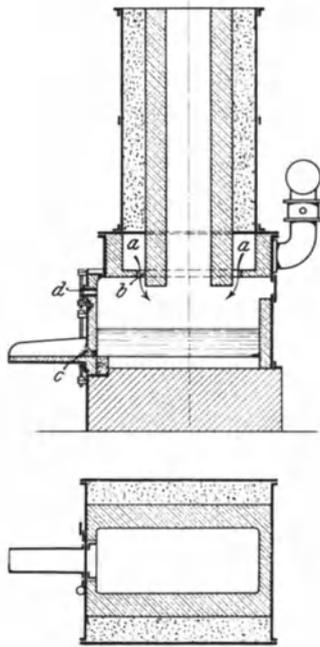


Fig. 54 und 55. Kuppelofen,
älteste Bauart von H. Krigar 1865.

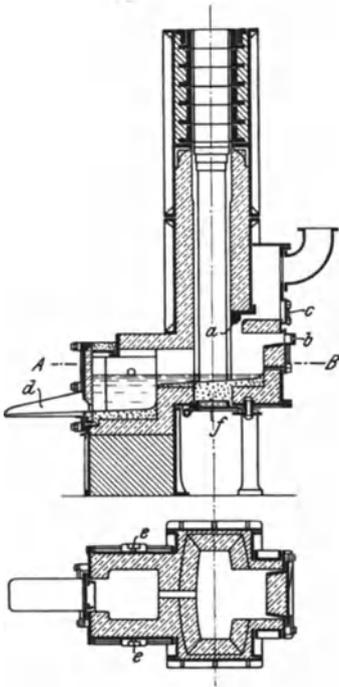


Fig. 56 und 57. Kuppelofen,
Bauart H. Krigar 1879.

dieser Öfen ist in Fig. 54 und 55 wiedergegeben. Sie wurde von dem verstorbenen früheren Mitinhaber der Firma Krigar & Ihssen in Hannover, Heinrich Krigar, in der Mitte der 60er Jahre angegeben. Neben einer reichlichen Windzufuhr von geringer Pressung bezweckte der Erfinder in erster Linie einen möglichst großen Sammelraum für das geschmolzene Eisen. Er brachte daher unter dem rechteckigen Schacht einen großen Eisenkasten an. Der Windkanal *a* liegt an den beiden Schmalseiten des Schachtes und läßt den Wind nicht durch einzelne Formen, sondern durch breite Schlitz *b* in das Ofeninnere. Der Herd ist gleichfalls rechteckig und vorn und hinten über die Schachtwände hinausgeführt. In der Tür der Vorderwand sitzen das Abstichloch *c* und der Schlackenabstich (nicht sichtbar) sowie ein Schauloch *d* zum Beobachten des Ofeninnern und Reinigen der Windschlitz.

Die Anordnung des Sammelraums für das geschmolzene Eisen unter dem Schacht stellte sich als unweckmäßig heraus, weil die nach unten auf das Eisenbad gerichteten Windströme trotz der Schlackendecke nicht ohne Einwirkung auf das Schmelzgut blieben. Krigar ordnete daher in den 70er Jahren den Sammelraum vor dem Schacht an, so daß die in Fig. 56 und 57 gezeichnete Form entstand. Der Ofen besaß nur eine Schlitzdüse *a* an der Rückseite des Ofens, dicht unter ihr saß das Schauloch *b*; der Windkasten war mit einer Reinigungstür *c* versehen, wie überhaupt durch mehrere Türen für leichte Zugänglichkeit des Ofeninnern gesorgt war. An der Vordertür des Herdes erkennt man den Abstich *d* an seinen Seitenwänden die Schlackenziehlöcher *e*. Der Schacht des Ofens ruhte auf Säulen und ist durch eine Bodenklappe *f* geschlossen, die ein bequemes Entfernen der Schmelzreste nach beendetem Gießen ermöglicht. Um das Schachtfutter beim Beigichten zu schützen, ist der obere Teil aus gußeisernen Ringen gebildet. Krigar führte die Trennung von Schmelzraum und Sammelraum immer mehr durch und vertiefte die Sohle des letzteren, um durch das Herunterfließen des geschmolzenen Eisens aus größerer Höhe eine innigere Mischung des geschmolzenen Metalls zu erzielen und dadurch die Sicherheit gleichmäßiger Qualität des abgestochenen Eisens zu gewährleisten. Zugleich erreichte er damit, daß selbst durch Abstechen größerer Eisenmassen der gleichmäßige Niedergang der Gichten

und die Lage der Schmelzzone im Ofenschacht nicht beeinflußt werden. Krigar versuchte auch, Doppelkuppelöfen zu bauen. Später ging Krigar wieder zu zwei seitlichen Schlitzdüsen über, die mittels Schieber eingestellt und geschlossen werden konnten.

Eine weitere Verbesserung gab Krigar 1883 an, indem er die eine Schlitzdüse etwas höher als die andere setzte, um etwa übrig bleibendes Kohlenoxyd beim Aufsteigen in Kohlensäure zu verwandeln. Die größten Öfen dieser Art besitzen eine stündliche Schmelzleistung bis 18 000 kg bei einem normalen Fassungsraum des Vorherdes von 7500 kg. Sie verbrauchen an Satzkoaks etwa 7 bis 8 vH.

Der beste Koks enthält noch 0,25 bis 0,5 vH Schwefel, der in ihm als Schwefel-eisen gebunden ist und daher sehr leicht in das schmelzende Eisen übergeht. Der Schwefel hat indessen die unangenehme Eigenschaft, die Fähigkeit des Eisens, Kohlenstoff aufzunehmen, sehr zu beeinträchtigen, außerdem macht er dasselbe dickflüssig, daher für dünnwandigen Guß ungeeignet. Es kam daher in den 80er Jahren das berechnete Bestreben auf, auch bei den Schachtöfen Brennstoff und Eisen zu trennen; von derartigen Öfen mag der in Fig. 58 wiedergegebene Ofen von Krigar Erwähnung finden. Er besteht aus zwei senkrechten Schächten, von denen der eine den Koks aufnimmt, während der andere mit Roheisen beschickt wird. Über dem Vorherd liegt der Windkasten, wodurch eine Vorwärmung des Windes erreicht wird. Durch eine Schlitzdüse tritt der Wind in den Ofen und unter der Trennungswand sowie durch Öffnungen e in derselben wird die Wärme des Kokes auf das Schmelzgut übertragen. So geschickt auch diese Ofenkonstruktion ist, eine weitere Verbreitung dürfte sie kaum gefunden haben, weil einerseits die Wärmeausnutzung ziemlich schlecht ist, andererseits die Scheidewand der Schächte durch die Hitze leidet und häufig ausgebessert werden muß.

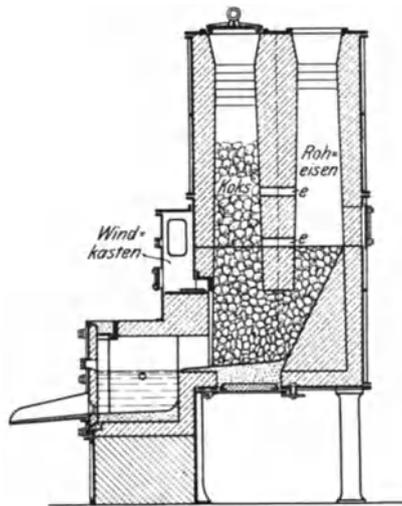


Fig. 58. Schmelzofen, Bauart H. Krigar.

Auch andere Bauarten, bei denen mit Generatoren gearbeitet wurde, haben beim einfachen Eisenschmelzen, besonders bei oft unterbrochenem Betrieb, einen Erfolg nicht zeitigen können. Der Vorherd, die Erfindung Krigars, wurde im Laufe der Jahre auch bei vielen anderen Öfen angewendet.

Der am meisten verbreitete Ofen der zweiten Gruppe, bei welcher die Düsen in mehreren Reihen liegen, ist der bereits beschriebene Irelandofen, der noch heute in mehr oder weniger veränderter Form in Anwendung ist. Zu diesen Bauarten mit 2 Düsenreihen übereinander gehören die Gerhards 1865, Voisin 1875, Hamé-lius & Bichou 1880 — bei diesen beiden ist die obere Düsenreihe abstellbar —, Stewart u. a. m., auf die einzugehen sich erübrigt, weil sie nichts besonders Eigen-artiges bieten. Die angeführten Öfen wurden übrigens auch bisweilen nach Kri-gars Vorbild mit Vorherden versehen.

Eine jüngere, ebenfalls viel verbreitete Ofenbauart ist die 1880 von Gustav Ibrügger in Norden angewandte. Die Windzuführung unterscheidet sich von

der Irelands durch Zahl und Gestalt der Formen, außerdem ist die Entfernung beider Reihen voneinander größer. Jede Reihe besitzt 16 senkrechte Formschlitzte. Der Sammelraum für das Schmelzgut befindet sich unter dem Ofenschacht und steht mit diesem durch zwei Öffnungen im Schachtboden in Verbindung.

Am weitesten mit der Windverteilung auf die Schachthöhe gingen 1885 Greiner und Erpf zu Chisnowoda in Ungarn. Ihr Ofen besitzt unten eine gewöhnliche Formreihe in wagerechter Ebene, während die obere Formreihe in einer Schraubelinie um den Schacht herumgeführt ist. Durch diese Anordnung wollte man die Verbrennung des Kohlenoxydgases auf einen größeren Teil des Schachtes verteilen, um dadurch eine große Temperatursteigerung, welche die Rückbildung von Kohlenoxydgas aus der entstandenen Kohlensäure zur Folge haben würde, zu vermeiden. Die einzelnen Oberformen sind abstellbar, so daß sich der Gang des Ofens genau regulieren läßt. Die Ergebnisse waren bei sorgfältiger Bedienung zwar sehr gute: man erzielte einen geringsten Verbrauch von etwa 4 vH an Schmelzkoks, indessen die umständliche Bedienung der oberen Düsen und ihre notwendige dauernde Beaufsichtigung hatte zur Folge, daß man die Einrichtung nicht benutzte.

Es erübrigt noch, auf die unter dem Namen Saugkuppelöfen bekannt gewordenen Ofenbauarten hinzuweisen, als deren erste die von Gebr. Woodward, Ancoato bei Manchester, aus dem Jahre 1865 anzusehen ist. Die Luft, die unten im Schmelzraum des Schachtes durch eine in einer Ebene liegenden Düsenreihe eintritt, wird durch einen Dampfstrahl angesaugt. Auch Krigar baute mehrere, auf ähnlichen Grundsätzen beruhende Saugschmelzöfen.

Der bekannteste Saugkuppelofen stammt von F. A. Herbertz in Cöln aus dem Jahr 1883. Die Veranlassung zu dieser Bauart gab ein Verbot der Regierung, innerhalb des Weichbildes der Stadt einen gewöhnlichen Kuppelofen zu betreiben wegen der damit verbundenen Belästigungen für die Anwohner. Die Gichtflamme und die ausgeworfenen Funken, die Flugasche und der Lärm des Gebläses sind unangenehme, teils gefährliche, aber unvermeidliche Begleiterscheinungen des Ofenbetriebes. Da die immer größer werdende Geschäftsausdehnung jedoch Herbertz zwang, wenigstens seinen Bedarf an kleinen Gußwaren selbst zu decken, versuchte er es zuerst mit Tiegelschmelzen, was sich aber als zu kostspielig erwies, es mußten daher Mittel und Wege gefunden werden, um die Konzession zu erwirken. Nach mehreren Versuchen kam man auf den Gedanken, die Vorzüge der Woodwards- und Faulers Öfen zu vereinigen. Wesentlich neu war dabei die von Herbertz vorgenommene Trennung von Schacht und Sammelraum. Bei den ersten Öfen setzte Herbertz den Herd mittels 4 Schraubspindeln auf einen Schienenwagen, so daß er die Weite des Ringschlitzes einstellen konnte. Er umgab den Ofenschacht mit einem doppelwandigen Mantel, der auf vier Ständern freistehend ruhte, und ließ die Luft, bevor sie in den Schlitz eintrat, den Schacht umpülen, um sie vorzuwärmen. Bei den späteren Konstruktionen hat man auf diese Luftvorwärmung wohl deshalb verzichtet, weil die durch sie erreichte Ersparnis durch höhere Kosten des doppelten Schachtmantels und seine Reparaturen erkauft wurde. Fig. 59 und 60 zeigt die spätere Bauart des Herbertz - Ofens, die im wesentlichen beibehalten wurde. Der Ofenschacht ist mit Schellen an 4 kräftigen Gußsäulen aufgehängt, der Herd ruht auf 4 mittels Handräder verstellbaren Schraubspindeln, ist seitlich an den Säulen geführt und unten durch eine Bodenklappe geschlossen. Ein Dampfstrahlsauger bewirkt die Bewegung des Gasstromes im Ofen, der daher eine verschlossene Gicht haben muß.

Der Verschuß ist ähnlich dem der Hochöfen; er besteht aus dem Aufhebetrichter, dessen Öffnung durch eine mittels Kette hochziehenden Glocke geschlossen ist.

Der Ofen wurde später dadurch verbessert, daß man das Absaugerohr senkrecht nach unten führte und die Dampfduße im oberen Rohrteil nach unten blasen ließ. In gleicher Richtung spritzt im selben Rohr unten eine Brause Wasser, dessen Strahlen den Flugstaub niederschlagen und ihn in einen Kanal, in den das Abzugsrohr hineingeführt ist, hineinspülen.

In dem Zeitraum von 1860 bis 1890 entstanden außer den besprochenen Kuppelöfen und den auf gleichen Grundsätzen beruhenden anderen auch vereinzelt solche, die mit flüssigem Brennstoff (Voisin & Bichou), und zwar Petroleum, und mit Generatorgas (Dufrené, Paris u. a.) arbeiteten, eine weitergehende Bedeutung haben alle diese Versuche nicht gefunden. Man wärmte auch den Wind vor (Jens Hansen 1887 u. a.), indem man ihn vor seinem Eintritt den Schacht außen umspülen ließ, im Gegensatz dazu wurde auch vorgeschlagen, den Schacht zur Schonung des Futters außen mit einem Hohlmantel zu umgeben, in dem Wasser zirkulierte (Gmelin 1882 bei Ganz & Co. in Budapest), so war man allenthalben im Kuppelofenbau bemüht, auf Grund der gemachten Versuche und Erfahrungen im Einklang mit den Lehren der Hüttenchemie die Ausnutzung des Brennstoffs zu verbessern und die Dauerhaftigkeit der Öfen zu erhöhen. In wie hohem Maße das gelungen ist, zeigt der Vergleich der Koksverbrauchszahlen aus den ersten und letzten Jahren des 19. Jahrhunderts. Es ist auch wohl nicht anzunehmen, daß hierin noch wesentliche Fortschritte gemacht werden und die neueren Versuche an den Kuppelöfen beziehen sich in erster Linie darauf, die Güte des Schmelzgutes durch einfache Mittel zu heben.

In ähnlicher Weise, wie man die Öfen zu verbessern suchte, schenkte man auch den Gebläsen erhöhte Aufmerksamkeit und beleißigte sich, sie dem Bedürfnis, große Windmengen bei niedriger Pressung, von etwa 300 bis 600 mm Wassersäule zu liefern, anzupassen.

Die Zylindergebläse kamen fast ganz außer Gebrauch, dagegen fanden die Ventilatoren große Verbreitung. Sie haben einen ziemlich schlechten Wirkungsgrad und es erwuchs ihnen daher durch das im Jahre 1867 von den Amerikanern F. M. und P. H. Root zu Connersville (Indiana) verbesserte, bekannte Kapselgebläse (Roots blower) ein starker Nebenbuhler. Mit zuerst ausgeführt wurde das Kapselgebläse um 1850 von George Jones, der es als Exhaustor bei Gasanstalten, allerdings ohne genügenden Erfolg, angewendet hatte. Am Ende des 19. Jahrhunderts hatten die Gebläse mit umlaufenden Kolben, in vielseitigen Bauarten, besonders ihres hohen Nutzeffektes wegen, die Zentrifugalgebläse fast ganz verdrängt,

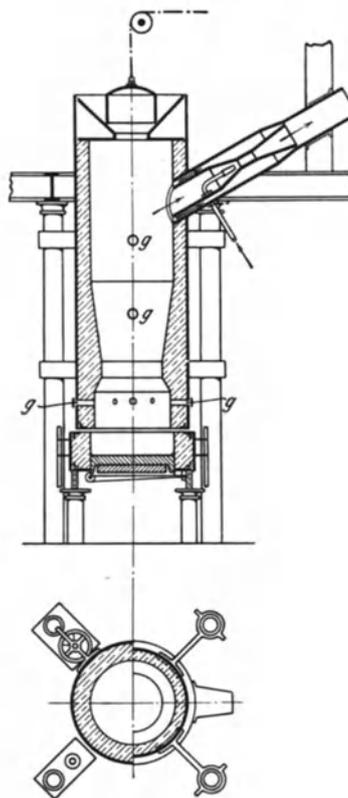


Fig. 59 und 60. Kuppelofen, Bauart Herbertz.

die infolge der notwendigen hohen Umlaufszahlen vielfache Reparaturen nötig machten. Das Krigarsche Schraubengebläse vom Jahre 1878 beruhte auf ähnlichen Grundsätzen. Von den beiden Kolben ist nur der eine mit zwei steilen, hohen Schraubengängen versehen, welche mit entsprechenden Nuten der anderen Walze im Eingriff stehen, während sie sich außen dicht an die Wand des gußeisernen Gehäuses anschließen. Bei den doppelt wirkenden Krigargebläsen besitzen beide Walzen Nuten und Schraubengänge, die ineinander greifen. Sie drehen sich gegeneinander und drücken durch den schraubenförmigen Kanal die Luft von einem Walzenende zum anderen. Die Luft tritt unten an der einen Stirnseite ein und oben an der andern aus. Das beschriebene Gebläse hat einen geräuschlosen Gang, während die Rootgebläse ziemlichen Lärm verursachen. Es ist in neuerer Zeit verbessert worden, besonders hinsichtlich der Konstruktion der Walzen, deren Holz- oder Gipsdichtungen früher häufig ausgebessert werden mußten.

Für große Gußstücke waren die Herdflämmöfen in Gebrauch, wenn sie auch immer mehr gegenüber den Kuppelöfen zurücktraten.

Die von Friedrich und Wilhelm Siemens 1856 erfundene bekannte Regenerativfeuerung brachte man auch beim Schmelzflamofen in Anwendung; wegen des unterbrochenen Betriebes dieser Art Öfen erwiesen sich jedoch die Regeneratoren als unzweckmäßig.

Die Tiegelöfen erfuhren zuerst durch die Erfindung Piats 1878 in Paris eine Vervollkommnung. Piat machte sie beweglich, so daß man den Tiegel entleeren konnte, ohne daß man ihn aus dem Ofen entfernte; es wurden durch die Piatöfen erhebliche Brennstoffersparnisse gemacht, gleichzeitig wurde der Tiegel geschont, da die beim Herausheben desselben aus dem Ofenschacht unvermeidbare Abkühlung hier wegfällt.

Während der letzten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts ging der Guß unmittelbar aus dem Hochofen allgemein sehr stark zurück, in Deutschland verminderte er sich nach B e c k s Angaben allein von 1871 bis 1899 von 17,3 vH der erzeugten Gußwaren auf 3,1 vH. Während ihre Gesamtmenge in den 29 Jahren um mehr als das Vierfache stieg, nahm der in erster Schmelzung erzeugte Guß fast auf die Hälfte ab, eine Erscheinung, die in allererster Linie eine Folge der Verbesserungen im Kuppelofenbau gewesen ist. Diese Steigerung der Gesamtproduktion konnte nur dadurch möglich sein, daß sich auch die Einrichtungen der Gießereien von Jahr zu Jahr verbesserten. Die alten Drehkräne wurden allmählich durch Laufkräne seit Anfang der 60er Jahre ersetzt. Indessen gab es auch noch 1870 manche Gießerei, in der die Lasten umständlich von einem Drehkran zum andern weitergegeben wurden. Den ersten Laufkränen mit Handbetrieb folgten die durch Transmissionswelle oder Seile angetriebenen. Besonders die letzteren fanden eine große Verbreitung in Gießereien, weil der Betrieb der Krane mit langer Welle und vielen Lagern bei dem unvermeidlichen Staub und Schmutz zu vielen Unzuträglichkeiten geführt hatte. Auch die Gichtaufzüge wurden mit den neuen Betriebsmitteln ausgerüstet; Hängebahnen kamen auf, um die Begichtung zu erleichtern und zu beschleunigen. Kurz, die im betrachteten Zeitabschnitt eingeführten verbesserten Transportmittel wurden auch in den neu erbauten Gießereien nutzbar gemacht.

Von sonstigen Fortschritten der Gießereieinrichtungen sind noch die Trockenkammern zu erwähnen, bei denen man eine bessere Ausnutzung des Brennstoffes erstrebte und Gasheizung einführte. Eine große Schwierigkeit entstand beim Trocknen größerer Formen, die nicht in die Trockenkammern gebracht werden

konnten. Besonders die gewaltigen Werkzeugmaschinen, deren Abmessungen von Jahrzehnt zu Jahrzehnt wuchsen, machten den Gießereien große Schwierigkeiten. Die alte Methode, derartige ortsfeste Formen durch eingehängte Kokskörbe und eingelegte Blechplatten mit Holzkohlenfeuer zu trocknen, genügte bei diesen umfangreichen Formen nicht mehr und so ging man dazu über, heiße Luft zu dem Zweck zu benutzen, die mittels eines Zentrifugalgebläses in die Formen an Ort und Stelle hineingeblasen wurde. 1887 führten Briegleb und Hansen, Gotha, einen mittels Kran versetzbaren Trockenofen ein, der seitdem vielfach verändert und verbessert von einer großen Anzahl Firmen ausgeführt wird.

Die im betrachteten Zeitabschnitt stetig zunehmende Verbreitung der Formmaschinen veranlaßte die Gießereien, auch der Formsandaufbereitung erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden, so entstanden die im wesentlichen noch heute benutzten verschiedenen Formen der Zerkleinerungs-, Misch- und Siebmaschinen usw.

Die alten Kollergänge wurden verbessert, indem man die Läufer entweder ganz aus Gußeisen machte oder mit Laufringen aus Stahl- oder Hartguß versah. Die Mahlbahn wurde auswechselbar aus Hartgußsegmenten hergestellt und für die Fälle, wo der Kollergang für Sand, Masse, Holz- oder Steinkohlen benutzt wurde, brachte man ihn in unmittelbarer Verbindung mit einem mechanisch betriebenen Rund- oder Schüttelsieb. Sollte er zum Mischen fetter Formmaterialien dienen, so benutzte man statt der zylindrischen Rillenläufer.

Die Kugelmühlen bildete man in der Weise aus, daß man den Mantel aus einzelnen Stäben oder Barren herstellte, welche zwischeneinander schlitzartige Öffnungen freilassen. Durch sie gelangt das von den Stahlkugeln zerkleinerte Material in den die Trommel umgebenden Blechmantel. Je nach der gewünschten Feinheit des Mahlgutes werden noch Zylindersiebe eingebaut. Die Mahltrommel wird auch aus Hartgußplatten mit schlitzartigen Löchern gebildet.

Statt den Sand von Hand gegen Siebe zu werfen, führte man mechanische Schüttel- und Trommelsiebe ein; um den Lehm und die Masse zu verarbeiten, wandte man senkrechte oder wagrechte Hohlzylinder an, in denen das Material mit Hilfe von Mischmessern, die schraubenförmig auf einer sich in der Zylinderachse drehenden Welle befestigt sind, durchgeknetet wird; ferner gelangten rotierende Sandtrockenöfen, Anfeuchtmaschinen u. a. m. zur Einführung. Eine Maschine verdient hier besondere Beachtung, da sie die wichtigste für die Sandaufbereitung geworden ist: der Desintegrator oder die Schleudermühle. Die Maschine wurde ursprünglich von ihrem Erfinder Carr 1872 zum Zerkleinern von Grobkohle bei der Koksfabrikation benutzt, das Verdienst, diese zweckmäßige Maschine auch für das Mischen und Lockern des Formsandes brauchbar gemacht zu haben, gebührt der „Badischen Maschinenfabrik, vorm. Sebold & Neff“ zu Durlach in Baden, welche sie zuerst im Jahre 1876 zu dem gedachten Zweck verwendete.

Auch für die früher ausschließlich von Hand gefertigten Strohseile zum Umwickeln der Kerne in den Röhrengießereien wurden Maschinen erdacht. Als eine der ersten baute die Königin-Marienhütte in Cainsdorf Ende der 70er Jahre eine Strohseilspinnmaschine, die bei 130 minutlichen Umläufen 9 bis 10 m Strohseil von 15 mm Stärke zu liefern imstande war.

Die angeführten Beispiele zeigen hinlänglich, daß sich auch bei den Nebenbetrieben der Gießerei die Maschinenkraft einführte.

In ungeahnter Weise hat das Bestreben, menschliche Arbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen und die Güte der Erzeugnisse unabhängig von der Geschicklich-

keit und dem guten Willen der Arbeiter zu machen sowie dadurch unter Erniedrigung der Gesteungskosten die Produktionsfähigkeit zu erhöhen, bei der Formerei Erfolg gehabt.

Von den 70er Jahren an beginnt die Formmaschine, deren grundlegende Formen hier zu besprechen sind, sich in immer größerem Umfange einzuführen.

Die Zahnradformmaschinen wurden durch Verbesserungen der Teilvorrichtungen und der Lagerung der Maschinenteile, welche das Zahnlückenmodell tragen, vervollkommnet. 1865 wurde Scott in England eine Räderformmaschine patentiert, die im wesentlichen eine Vereinigung des Formverfahrens von de Louvrié mit der Jacksonschen Teilvorrichtung darstellt.

Die Röhrenformmaschinen und Formmethoden wurden dahin verbessert, daß man allgemein die Röhren, die man stehend goß, auch stehend formte, da das Einlegen der Kerne in liegende, aufgestampfte Formen leicht ein Versetzen derselben beim Aufrichten der Form zur Folge hat. Besonderen Erfolg haben bis heute in der Röhrenformerei nur die Maschinen zu verzeichnen, bei denen der Sand durch Stampfen verdichtet wurde, da trotz vieler Versuche mit den anderen eine gleichmäßige Sanddichte beim stehenden Einformen nicht erzielt wurde. 1873 führte A. Cramer, Königin-Marienhütte, eine Formvorrichtung besonders für Rohre mit großem Durchmesser ein. Der Sand wird von Hand aufgestampft, es kamen indessen auch maschinell bewegte Stampfer dafür in Gebrauch.

Erwähnenswert ist noch das Rohrformverfahren, welches W. Kudlicz 1881 in Böhmen erfand, womit er an Formkasten sparen wollte. Die Rohrform wird hier aus einzelnen Hohlzylindern in einem zweiteiligen Formkasten zusammengesetzt. Diese Formteile werden in Formmaschinen aus festem Sande mit Maschinenstampfern hergestellt.

Die Fabrikation von Nähmaschinen und landwirtschaftlichen Maschinen hat zur Entwicklung der Formmaschinen sehr viel beigetragen. Dagegen haben viele Eisenhüttenwerke, die sich mit der Massenherstellung von Ofenguß, Poterieguß u. dgl. befaßten, noch bis in die 80er Jahre die althergebrachte Handformerei beibehalten, obgleich gerade diese Gegenstände sich vorzüglich für Maschinenformerei eignen.

Günstig beeinflussten ferner die Entwicklung die seit den 70er Jahren immer mehr auch in Wohnhäusern zur Einführung kommenden Zentralheizungsanlagen mit Dampf- und Warmwasserbetrieb. Die große Zahl der Rippenheizkörper, Radiatoren und Heizkessel, die aus mehreren unter sich gleichen gußeisernen Gliedern entsprechend der Heizfläche zusammengesetzt werden, veranlaßten mannigfache Gründungen von Firmen, welche diese Gegenstände in Massen auf Formmaschinen herstellten.

Die eine Gruppe der Formmaschinen bezweckt nur ein genaues und leichtes Ausheben der Form, während die anderen gleichzeitig auch das Verdichten des Sandes im Kasten durch die Maschine besorgen lassen.

Die Maschinen der ersten Gruppe unterscheiden sich hauptsächlich in der gegenseitigen Bewegung von Kasten und Modellplatte.

Das Verdienst, die Modellplatte zuerst auf einer Maschine angewendet zu haben, verbunden mit einer Vorrichtung zum Ausheben des Modells, gebührt dem Gießereibesitzer Lohse in Hamburg, der 1867 die Formmaschine Fig. 61 benutzte. Der auf die Modellplatte aufgesetzte Formkasten wurde von Hand mit Sand vollgestampft und sodann die Platte mit der Kurbel nach unten abgezogen.

Zum Abheben des Formkastens von der Modellplatte bedient man sich oft der Abhebestifte. Grundlegend für viele derartige Maschinen ist die im Jahre 1879 Ludwig und Eduard Reuling in Mannheim patentierte Bauart geworden, die aus Fig. 62 ersichtlich ist. Das Abheben geschieht mit der Abhebeplatte und den Stiften durch einen Fußhebel oder bei großen Gewichten mit Handrad und Schraube.

Wenn die Gußstücke nicht auf einer Seite durch eine Ebene begrenzt sind, was nur selten der Fall ist, so daß der zweite Kasten über einem einfachen Formbrett aufgestampft werden konnte, so mußte man je zwei Maschinen der beschriebenen beiden Bauarten haben: die eine zum Formen des Ober-, die andere für den Unterkasten, ein Umstand, der die Anwendung solcher Maschinen naturgemäß verteuert, da man gleich zwei anschaffen muß, um wirtschaftlich arbeiten zu können. Es bedeutet daher die Vereinigung der doppelseitigen Modellplatte von Fairbairn und Hetherington mit der Muirschen Formmaschine, wie sie Woolnough & Dehne im Jahre 1877 patentiert wurde, einen ganz bedeutenden Fortschritt auf dem Gebiete des Formmaschinenwesens. Diese sog. Wendeplattenformmaschine hat infolgedessen auch von allen Formapparaten die größte Verbreitung im In- und Auslande gefunden und es dürfte heutzutage wohl keine Gießereimaschinenfirma geben, welche sich nicht auch mit dem Bau von Wendeplattenmaschinen befaßte.

Wie dem Verfasser von dem jetzigen Inhaber der im Jahre 1839 gegründeten Firma Fr. Dehne, Halberstadt, mitgeteilt wird, trat Anfang der 70er Jahre die Notwendigkeit ein, für die zahlreichen Massenartikel, die beim Bau von landwirtschaftlichen Maschinen vorkommen, nach Möglichkeit die teure Handformerei aufzuheben und Formmaschinen zu verwenden. Damals begann daher Friedrich Dehne im Verein mit dem Engländer George Woolnough, der seit Anfang der 60er Jahre anlässlich des Umstandes, daß der Vater des jetzigen Mitinhabers der Firma, landwirtschaftliche Maschinen im Großen aus England einfuhrte, bis zu seinem 1899 erfolgten Tode in dem Betriebe der Firma tätig war, mit dem Bau der ersten derartigen Formmaschinen zunächst nur für eigenen Bedarf. Durch die Patentschriften wurden weitere Kreise auf die neue Maschine aufmerksam und die zahlreichen Nachfragen veranlaßten Dehne bald, dieselbe zu verkaufen. Die erste, welche gebaut und benutzt wurde, hat Herr Fr. Dehne dem deutschen Museum in München überlassen, sie ist in Fig. 63 und 64 dargestellt: Auf die doppelseitige Modellplatte, die in Zapfen drehbar auf zwei senkrechten Schraubspindeln ruht, wird zunächst eine Kastenhälfte aufgesetzt und durch Keile oder Schrauben mit der Platte fest verbunden. Nach Aufstampfen des Sandes wird mit dem Hebel die Platte angehoben und nach Lösen der Feststellschrauben um 180°

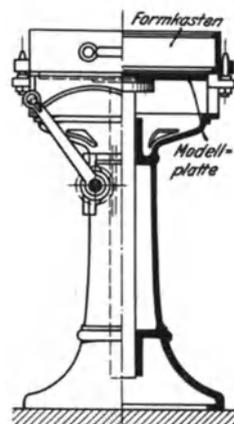


Fig. 61. Formmaschine Lohse 1867.

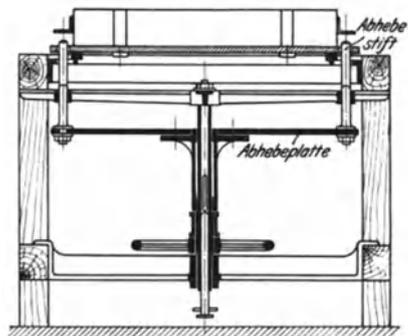


Fig. 62. Formmaschine Gebr. Reuling, Mannheim 1879.

gedreht, so daß der Kasten unter der Platte hängt. Der Hebel wird zurückgedreht, bis der Kasten mit seinem Rücken auf der Plattform des untergefahrenen Wagens aufliegt, worauf die Verbindung zwischen Platte und Kasten gelöst wird. Dreht man den Hebel nun wieder nach vorn, so geht die Modellplatte genau senkrecht nach oben aus dem Sande, da sie sich durch die Spindeln genau einstellen läßt. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der fertige Formkasten mit dem Wagen nach vorne gezogen, so daß er bequem abgenommen werden kann, worauf auf der jetzt oben befindlichen anderen Modellplattenseite die zweite Kastenhälfte in derselben Weise fertiggestellt wird.

Besonders für große Modellplatten erwies es sich indessen bald als zweckmäßig, statt sie durch Heben von dem Kasten zu entfernen, das Modell durch Senken des Kastens auszuheben, wie es durch die Woolnough & Dehne 1878 patentierte Vorrichtung ermöglicht ist. Bei dieser Maschine wird der Tisch, auf dem der Formkasten nach dem Einformen zu liegen kommt, mit Wasserdruck gehoben und gesenkt.

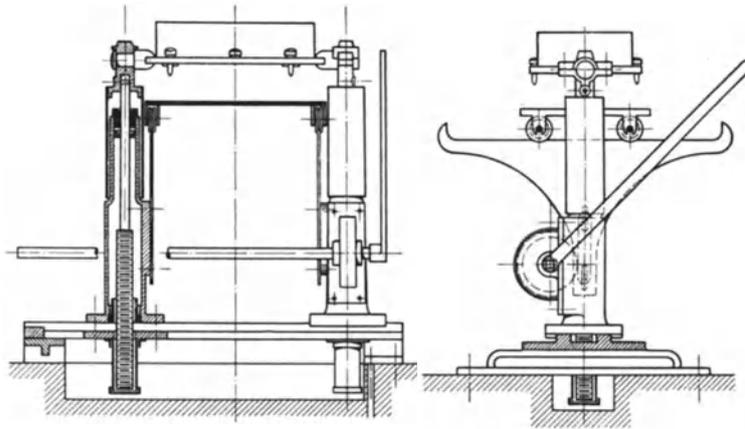


Fig. 63 und 64. Dehnesche Wendeplattenformmaschine um 1875.

Bald baute man bei großen Plattenlängen statt des einen Wasserdruckzylinders zwei in einiger Entfernung nebeneinander, um eine sichere Führung zu erzielen. Die beschriebene Maschine wurde ebenfalls von vielen anderen Firmen mit mehr oder wenigen großen Abänderungen gebaut und die größten neuzeitlichen Formmaschinen, die mit Platten von über 2 qm arbeiten, sind aus ihr hervorgegangen. So haben Woolnough & Dehne, wenn sie auch hinsichtlich der Zahl der gelieferten Maschinen später von anderen großen Spezialfirmen bei weitem übertroffen worden sind, durch ihre Erfindungen mit in erster Linie den Grund zu der hochentwickelten Formmaschinenindustrie unserer Tage gelegt.

Auch der Herstellung der Modellplatten wendeten die beiden ihre Aufmerksamkeit zu. Bei der Einführung der Massenfabrikation entstanden mancherlei Übelstände, wenn man, wie früher, Holzmodelle benutzte, besonders deshalb, weil sie sich schnell abnutzten und unbrauchbar wurden, andererseits war die Befestigung der Holz- und Metallmodelle auf den gußeisernen Modellplatten, die sehr genau erfolgen mußte, damit Ober- und Unterform genau zusammenpaßten, besonders bei den Wendeplatten schwierig und zeitraubend, so daß man sie geschickten Spezialarbeitern überlassen und daher mit großen Herstellungskosten rechnen mußte. Gleichzeitig mit ihrer ersten Wendeplattenformmaschine ließen sich die

Erfinder 1877 ein Verfahren zur Anfertigung der auf derselben zu benutzenden Modellplatten patentieren, das wegen seiner Bedeutung an Hand von Fig. 65 näher besprochen werden soll. Es besteht darin, daß die Modelle samt der Platte durch einen Guß hergestellt werden. Nach einem englischen Patente vom Jahre 1874 gossen zwar bereits Chamberlain und Smith die beiden Hälften von geteilten Modellen mit einer Platte zusammen, indem sie die Formkästen mit den Abdrücken der ursprünglichen Holzmodellhälften unter Belassung eines, der Plattenstärke entsprechenden Zwischenraumes aufeinander stellten. Es ist indessen bei manchen Hohlmodellen, z. B. dem in Fig. 65 dargestellten Lagerbock für eine Lokömobile, eine solche Teilung nicht angängig. Nach dem neuen Verfahren wird das Originalholzmodell in einem entsprechend groß bemessenen zweiteiligen Formkasten in bekannter Weise eingeformt und nach dem Ausheben des Modells wird etwa auf den unteren Formkastenteil der mit den Zapfen versehene Modellrahmen gelegt. Im Jahre 1879 brachten Woolnough & Dehne ein Verfahren in Vorschlag, das eine nicht unwesentliche Verbesserung darstellt. Die eigentliche Modellplatte wird in einem Rahmen gebildet, der entweder einteilig oder zweiteilig ist. An diesen Modellrahmen sind die Drehzapfen direkt angegossen, seine Teile werden durch Schrauben miteinander verbunden. Um eine Modellplatte herzustellen, werden zunächst mit gewöhnlichen Holzmodellen Sandformen in geteiltem Formkasten gebildet. Hierauf werden die Modelle entfernt und die beiden Modellhälften mit ihren Trennungsf lächen auf die beiden Seiten des Modellrahmens gesetzt. Der so entstandene Hohlraum wird mit Gips, Zement oder einer leichtflüssigen Metalllegierung ausgegossen. Nach dem Erstarren der Masse und Nacharbeiten derselben ist die Platte zum Gebrauch fertig. Ist die gewünschte Zahl Formen gemacht, so kann der Rahmen von der Platte entfernt werden, die Platte wird, wenn sie später wieder benutzt werden soll, beiseite gestellt und der Modellrahmen steht für eine weitere Modellplatte zur Verfügung. Man kann auch vor dem Ausgießen des Hohlraums die Metall- oder Holzmodelle wieder einlegen; durch entsprechend angebrachte Anker und Schrauben, werden sie nach dem Ausgießen in der Modellplattenmasse festgehalten, auf diese Weise ist es möglich unmittelbar über dem Originalmodell zu formen, was besonders dann zu empfehlen ist, wenn es sich um eine große Anzahl gleicher Abgüsse handelt. Um an Formkastenmaterial zu sparen, gibt man den Kästen trapezförmigen Querschnitt, so daß sie vom Sandballen nach oben abgezogen werden können und nur ein Paar solcher Abschlagformkästen nötig ist.

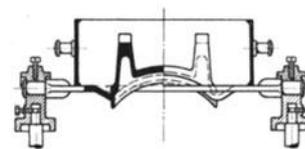


Fig. 65. Wendeplatte zur Dehneschen Formmaschine.

Wenn auch diese Methode die Anfertigung der Modellplatten etwas verbilligte, so war doch, da für jede Plattengröße ein besonderer Modellrahmen mit abgedrehten Zapfen nötig wurde, auch dies Verfahren noch ziemlich kostspielig. 1881 ließen sich daher die Erfinder ein Verfahren patentieren, bei dem die Drehzapfen mit einer besonderen Platte verbunden sind, auf deren beide Seiten Modellrahmenteile verschiedener Größe aufgeschraubt werden können, wodurch eine erhebliche Verbilligung der Modellplattenbenutzung erreicht ist.

Auch diese Modellplatten haben sich allgemein eingeführt: besonders die letzte ist noch heute auf den meisten Formmaschinen in Anwendung.

Wir kommen nun zu der letzten Gruppe: den Durchzugformmaschinen, die überall da am Platze sind, wo es sich um hohe, steilwandige Modelle handelt, wie

z. B. Geschosse, Zahnräder, Riemenscheiben u. a. m. Einige Anfänge zu diesen Maschinen haben wir bereits im vorigen Abschnitt bei Brown, Jobsen und Howard kennen gelernt. Diese ersten Durchzugformmaschinen erfuhren mannigfache Verbesserungen. Eine eigenartige Bauart wurde Schieß in Düsseldorf 1879 patentiert, die gestattete, ohne Anwendung von Kernen Umdrehungskörper von jeder Querschnittsform einzuformen.

Die Herstellung der Durchzugplatten ist verhältnismäßig leicht, solange es sich um einfache Modelle handelt, schwierig ist sie dagegen, wenn verwickeltere Formen, wie z. B. Zahnräder in Frage kommen. Man verfährt dann in der Weise, daß man das Loch der gußeisernen Durchzugplatte größer macht als das Modell. Ein genauer Schluß zwischen beiden wird durch Ausgießen des Zwischenraumes mit einer Metalllegierung erzielt, nachdem beide gegeneinander in die richtige Lage gebracht sind. Besitzt das Modell keine ebene Teilungsfläche, so muß der eingegossene Ring so groß sein, daß man mit seiner Oberfläche die Teilungsfläche des Sandes erzielen kann. Zu dem Zweck legt man während des Eingießens der Le-

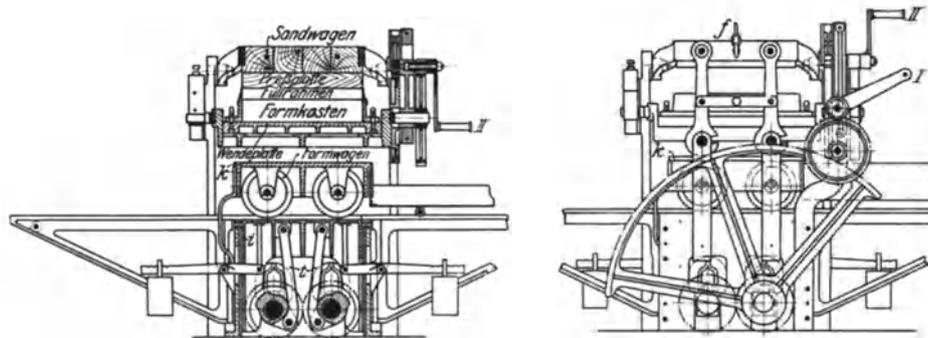


Fig. 66 und 67. Preßformmaschine, Bauart Sebold 1872.

gierung eine der Teilungsfläche des Sandes entsprechende Form auf die Platte. Immerhin ist die Herstellung der Durchzugplatten, sobald es sich um einigermaßen verwickelte Formen und unebene Teilungsflächen handelt, ziemlich kostspielig.

Das Bestreben, den Sand auf mechanischem Wege im Kasten zu verdichten, ist schon alt: Karmarsch erwähnt bereits 1838 die Anwendung einer schweren Kanonenkugel, die zum Befestigen des Sandes auf ihm hin- und hergerollt wird. Bei niedrigen Modellen bietet die Sandverdichtung durch ein Maschinenelement keine Schwierigkeiten, wohl aber bei höheren, wo es schwer ist, eine überall gleichmäßige Sanddichte zu erzielen. Man hat die verschiedensten Mittel dafür in Anwendung gebracht, die sich in zwei Gruppen bringen lassen.

Die erste versucht die Bewegung des Handstempfers nachzumachen, derartige Vorrichtungen baut man heutzutage nur noch für Rohrformen, weil der Bewegungsmechanismus des Stampforgans sehr verwickelt und der wechselnden Formkasten-größe schlecht anzupassen ist. Mehr Erfolg hat die zweite Gruppe gehabt, bei der die Sandverdichtung durch Druck auf den Sandrücken bewirkt wird: sie ist heute fast ausschließlich in Anwendung. Neben diesen beiden sind noch besonders in Amerika sog. Rüttelformmaschinen in Gebrauch, bei denen der Sand durch Rütteln der Modellplatte mit dem auf ihr befestigten Formkasten verdichtet wird. Eine einfache und einwandfreie Lösung der Aufgabe hat man noch nicht gefunden.

Man ist schließlich doch immer wieder auf die einfache Preßplatte zurückgekommen und muß von Hand nachhelfen oder Vorpreßeinrichtungen bei besonders hohen Modellen anwenden.

Die Herstellung der ersten Preßformmaschine erfolgte nach Mitteilungen der Badischen Maschinenfabrik Durlach durch den Begründer des Werkes G. Sebold in den Jahren 1872/1873. Zweck derselben war, Nähmaschinenteile in Massen möglichst genau maschinell zu formen. Die erste Maschine, Fig. 66 und 67, arbeitet wie folgt: Nachdem der Formkasten samt Füllrahmen aus dem Sandwagen gefüllt und mit Keilen auf der einseitigen Wendeplatte befestigt ist, klappt man die Preßplatte über den Kasten und verriegelt sie durch Zugstangen mit dem unteren festen Teil der Formmaschine. Durch Drehen an der Kurbel I hebt man jetzt den in senkrechten Führungen des Unterteils beweglichen Tisch mit dem Formwagen nach oben und preßt mit der aufgelegten Preßplatte den Sand aus dem Füllrahmen in den Formkasten.

Nachdem der Kasten fertig gepreßt ist, wird der Tisch mit dem Wagen wieder in die gezeichnete Stellung gesenkt. Mit der Kurbel II dreht man jetzt die Wendeplatte samt Kasten um 180°, schiebt den Wagen darunter und hebt ihn so weit, daß er an die Platte anstößt. Löst man jetzt die Keile und senkt den Wagen, so wird der Kasten vom Modell abgehoben, und nach Ausfahren des Wagens kann die fertige Form leicht abgenommen werden. Die wesentlichen Merkmale dieser ersten nach mehrjährigen Proben in Deutschland und den andern Industriestaaten patentierten Preßformmaschine bilden vor allem die Anwendung einer einseitigen Wendeplatte, eines aufklappbaren Preßholms und eines Formwagens bei Pressung mittels Kurbel durch Zahnradübersetzung.

Bei der Vereinigung von Abhebe- und Preßvorrichtung stellen sich bei Anwendung verschiedener Formkastenhöhen Schwierigkeiten heraus, so daß man 1881 dazu überging, die mechanische Pressung von der mechanischen Abhebung zu trennen. Es entstand so die unter dem Namen Bockformmaschine bekannte Bauart, Fig. 68. Der Sand wird bei ihr durch eine Handkurbel in Verbindung mit Schnecke und Schneckenrad gepreßt, oder neuerdings, wie in der dargestellten Maschine, auch hydraulisch, während das Abheben des Kastens durch das obenliegende Handrad und Zahnstange geschieht. Statt den Preßholm zurückzuklappen, was immerhin zeitraubend war, wurde er hier fahrbar eingerichtet. Dieser fahrbare Preßklotz ist im Laufe der Jahre fast von allen Formmaschinenfabriken eingeführt worden, besonders für größere Abmessungen. Bei der dargestellten Bockformmaschine benutzte man eine auf beiden Seiten mit Modellen belegte Wendeplatte, sie wird indessen auch mit einseitiger Platte ausgeführt.

Eine andere Art der Sandverdichtung schlugen Aikin und Drummond in Louisville, Kentucky, 1878 vor. Sie verwendeten dabei das Durchzugverfahren¹⁾.

Als letztes Beispiel dieser alten Preßformmaschinen sei die Jos. Wertheim,

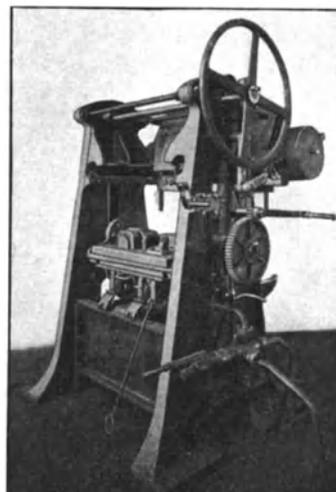


Fig. 68. Bockformmaschine.

¹⁾ Gewerbezeitung 1880, S. 185.

Nähmaschinenfabrik in Frankfurt a. M. im Jahre 1878 patentierte Bauart als Vorläufer der Doppelformmaschinen erwähnt¹⁾.

Mit Beginn der 80er Jahre begann man auch den Wasserdruck zum Betriebe der Formmaschinen in größerem Umfange zu verwenden. Nach Mitteilungen von Bopp & Reuther, Mannheim-Waldhof, haben sie bereits 1882 eine ausgedehnte hydraulische Formmaschinenanlage, die zurzeit mit über 100 hydraulischen Maschinen ausgerüstet ist, auf ihrem eigenen Werke in Betrieb genommen, doch haben sie die Maschinen zunächst nur für eigenen Bedarf gebaut. Später hat sich die Firma ihre Formmaschinen patentieren lassen und die Fabrikation im großen aufgenommen. Zu den ersten hydraulischen Ausführungen dieser Firma zählt die in Fig. 69 wiedergegebene Handformmaschine mit Wendeplatte und Abheben durch Wasserdruck. Die Wirkung ist dieselbe wie die der Dehneschen Maschine. Der Wasserdruck beträgt 50 at. Die Badische Maschinenfabrik stattete Ende der 80er Jahre ihre alte Bockformmaschine mit Wasserdruck aus, indem sie die mechanische

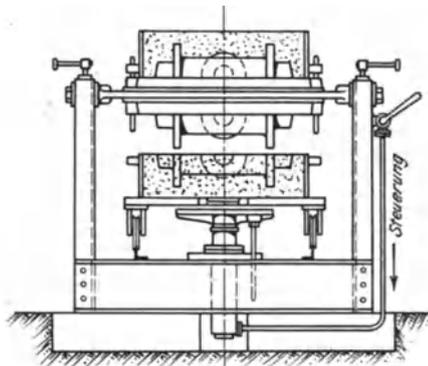


Fig. 69. Handformmaschine mit hydraulischem Abheben und Wendeplatte 1885.

Preßvorrichtung durch einen Preßzylinder ersetzte. Es wurden zuerst die von den einzelnen Firmen bisher benutzten Bewegungselemente der Formmaschinen entweder ganz oder teilweise durch Wasserdruckzylinder ersetzt, während die anderen Teile beibehalten wurden und erst seit 1890 etwa haben sich besondere Formen hierfür herausgebildet.

Wie wir aus der großen Zahl der in den 80er Jahren bereits bekannten Maschinenarten, von denen wir nur einen kleinen Teil betrachten konnten, entnehmen, hatte man um diese Zeit die Notwendigkeit der Einschränkung der Handformerarbeit vollkommen erkannt und die Formmaschinen, die zuerst nur von wenigen Firmen für einige wenige Massenfabrikate gebaut und angewendet wurden, verbreiteten sich seitdem von Jahr zu Jahr mehr. Damit wuchs auch die Zahl der Fabriken, die den Bau aufnahmen und neben den wenigen bereits erwähnten alten beschäftigten sich heute allein in Deutschland über 25 Firmen mit der Herstellung von Formmaschinen.

In Verbindung mit den Formmaschinen suchte man auch durch entsprechende Transportvorrichtungen die Leistungsfähigkeit der Gießerei weiter zu erhöhen. So schlug 1883 Gust. Hertzog in Paris vor, über den Preßkolben der Formmaschine 2 Schienengeleise zu legen, die in gewisser Entfernung übereinander rings an den Wänden der Gießerei entlang laufen und Wagen zur Aufnahme von Ober- und Unterkasten tragen.

Auch zum Einformen der Kerne wurden bald Formmaschinen benutzt, besonders zylindrische Kerne eignen sich dazu. 1883 ließ sich der erwähnte Hertzog ein Verfahren patentieren, bei welchem der Kern aus Sand in einer senkrechten, in einem Tisch eingehängten Formhülse von Hand aufgestampft wird. Nach dem Aufstampfen drückt ihn ein die Büchse unten abschließender Kolben, der zugleich

¹⁾ Gewerbefleiß 1880, S. 185.

die gewünschte Länge einstellt, heraus. Der auswechselbare Kolben wird durch eine Schraubenspindel bewegt. Später wandte man statt der Schraubenspindel auch Hebel an. Um Kerne verschiedener Durchmesser formen zu können, machte Hertzog den Formtisch um seine senkrechte Mittelachse drehbar und versah ihn auf seinem Umfang mit 26 verschiedenen Kernhülsen; die jeweilig benutzte wurde durch Drehen des Tisches vor die Ausdrückvorrichtung gebracht. Später änderte man diese verwickelte Anordnung dahin um, daß man den Tisch fest machte und mit auswechselbaren Hülsen versah.

Wesentliche Fortschritte wurden auch in der Putzerei gemacht: noch um die Mitte des Jahrhunderts wurden die Gußstücke von dem ihnen anhaftenden Sande und den Gußnähten ausschließlich mit Handmeißeln, leichten Spitzhämmern, groben Feilen, Sandstein und Drahtbürsten befreit.

Wesentlich erleichtert und verbilligt wurde das Putzen durch Einführung des von Benjamin Chew Tilghman in Philadelphia 1870 erfundenen Sandstrahlgebläses. Die Erfindung bezweckte in erster Linie bei der Glasindustrie die Erzeugung matter Figuren auf glänzendem Grund und umgekehrt, wurde dann zum Blankputzen eiserner Gegenstände vor dem Verzinnen benutzt, fand aber bald auch Anwendung in der Gußputzerei. Der Sandstrahl wird dabei entweder durch einen gepreßten Luft- oder Dampfstrom oder ein Schleuderrad mittels einer Düse gegen das zu putzende Gußstück geschleudert und entfernt dadurch den anhaftenden Sand vollkommen von dem Abguß. In Deutschland hat 1887 die Firma A. Gutmann A.-G. Ottensen bei Hamburg die Sandstrahlgebläse zur Einführung gebracht. Heute befassen sich eine Anzahl anderer Firmen ebenfalls mit der Herstellung derselben. Handelt es sich um kleine Gegenstände, so ordnet man das Gebläse in der Weise an, daß ein wagerechter Tisch, der sich entweder um seine senkrechte Mittelachse dreht oder nach Art der Hobelmaschinentische eine hin und her gehende Bewegung ausführt, die aufgelegten Stücke unter dem Sandstrahl vorbeibewegt; größere Gußstücke werden in einen besonderen Raum gebracht, wo sie dem Sandstrahl, der aus einer beweglichen Düse kommt, ausgesetzt werden.

Die Gießpfannen erfuhren vielfache Verbesserungen, welche darauf abzielten, das Einfließen von Schlacken in die Formen beim Gießen zu verhüten. Die erste derartige Pfanne erfand Mandley 1863, bei der eine am Ausguß angebrachte Eisenplatte beim Neigen in das flüssige Eisen taucht. Da das Eisen gezwungen ist, unter der unteren Plattenkante hindurch abzufließen, werden die obenauf schwimmenden Unreinigkeiten zurückgehalten. Statt der Eisenplatte brachte man bald eine ganze Querwand in der Pfanne an.

Auch beim Herstellen besonderer Gußarten gelangten von 1860 bis 1890 verbesserte oder neue Verfahren zur Anwendung. Der Hartguß nahm sehr an Verbreitung zu, besonders in Nordamerika, wo er zum Herstellen der Räder von Eisenbahnwagen und Lokomotiven sehr viel benutzt wurde. In Deutschland war es, wie schon erwähnt, besonders Hermann Gruson in Magdeburg, der sich große Verdienste um diese Gußart erwarb. Zuerst fertigte er nur Walzen, Ambosse, und Räder aus Hartguß, dann Geschosse und zuletzt seine weltberühmten Panzerplattentürme, die im Jahre 1869 zum ersten Male mit Erfolg versucht wurden. Er benutzte dazu halbiertes Holzkohlenroheisen.

Der Temperguß wurde ebenfalls weiter vervollkommnet und vielfache Untersuchungen schafften Klarheit über die chemischen Prozesse, welche sich bei seiner Herstellung abspielten. Die Verbesserungen bezogen sich meist auf die Ofenbau-

arten und die Muffeln, in denen die Gußstücke aus weißem Roheisen mit Oxydationsmitteln dem Glühfrischprozeß unterworfen wurden.

Dem Stahlguß brachten besonders die Erfindungen von Bessemer 1855, Martin 1867 und Thomas und Gilchrist 1879 einen großartigen Aufschwung. Der Zentrifugalguß wurde verbessert und als eigentümliches Gießverfahren kam der Schwenk- oder Stürzguß auf. Er wird in der Weise hergestellt, daß man die Form ohne Kern zunächst vollgießt und sobald der Mantel erstarrt ist, den noch flüssigen Eisenkern wieder auslaufen läßt: man benutzt ihn zur Herstellung von Kunstguß, wo ein passender Kern schwer herzustellen sein würde. Eine große Bedeutung hat er nicht erlangt.

In jene Zeit fällt auch die Entdeckung eines Verfahrens, welches man fälschlich mit Schweißen bezeichnet. Ein belgischer Arbeiter soll es angeblich 1860 erfunden haben. Es diente zum Ausbessern gebrochener Gußstücke. Das zerbrochene Stück wird an der Bruchstelle erhitzt und in eine entsprechend vorbereitete Gußform gelegt; dann läßt man so lange flüssiges Eisen über die Bruchflächen laufen, bis sie weich werden. Sobald dies eintritt, verschließt man den Abfluß und läßt die Form vollaufen. Namentlich beim Angießen abgebrochener Zapfen an Walzen verfährt man in der beschriebenen Weise.

Besondere Aufmerksamkeit wendete man allmählich der chemischen und mechanischen Untersuchung der für die Eisengießereien benutzten Roheisensorten zu. Man untersuchte die Einflüsse der verschiedenen in ihnen vorkommenden Elemente. Als besonders wichtig mag erwähnt werden, daß A. Ledebur 1884 auf den bedeutungsvollen Einfluß hinwies, den das Silizium für das Gießereiroheisen habe: man solle letzteres nicht mehr nach dem Bruchaussehen, das nicht immer maßgebend sei, sondern nach dem Siliziumgehalt beurteilen. Im selben Jahre veröffentlichte er auch seine Arbeiten über die Seigerung beim Roheisen, in der er die Graphitbildung als einen Seigerungsvorgang beim Erstarren auffaßt, welcher die Bildung des grauen Roheisens zur Folge hat.

Auch die Wirkungen von Phosphor, Mangan, Aluminium und anderen Stoffen wurden untersucht und die Erkenntnis ihrer Einflüsse hatte die Erfindungen von Eisenlegierungen zur Folge, von denen am bekanntesten der sogenannte Mitisguß geworden ist. Er wurde im Jahre 1884 von dem Schweden Thorsten Nordenfält zuerst dargestellt und ist ein in Tiegeln unter Aluminiumzusatz geschmolzenes, in Formen gegossenes weiches Eisen, das als Ersatz für Temperguß dient: seiner allgemeinen Einführung steht der hohe Preis im Wege.

Die chemischen Untersuchungen wurden auch auf die Formsande ausgedehnt, zuerst 1862 von Karmarsch, der auch ihr Gefüge und ihre Bindekraft feststellte. 10 Jahre später veröffentlichte Schott in Ilsenburg seine Erfolge beim Herstellen künstlicher Formsande. Besonders für die Kernformerei hat die Beimengung besonderer organischer Stoffe, die nach dem Guß ein leichtes Herausfallen der Kerne ermöglichen, Bedeutung.

In keinem der früheren Zeitabschnitte hat die Gießerei einen solchen Aufschwung erfahren wie in dem zuletzt betrachteten. Ende der 80er Jahre ist sie dem Maschinenbau, dem sie ungefähr 75 vH seines Baustoffes liefert, eine ebenbürtige Gefährtin geworden. Mit den zunehmenden Abmessungen und Gewichten der Gußstücke des neuzeitlichen Maschinenbaus wuchsen auch die Schwierigkeiten ihrer Herstellung, diese sowie die Überwachung und Instandhaltung der immer umfangreicher werdenden Gießerei- und Transportmaschinen, die das in die Anlagen

gesteckte Kapital beträchtlich erhöhten, veranlaßten in erster Linie, daß die Leitung der Gießereien allmählich wissenschaftlich geschulten Männern anvertraut wurde.

IV. Abschnitt: 1890 bis 1910.

Auch in den letzten 20 Jahren sind sehr erhebliche Fortschritte zu verzeichnen. Sie liegen vor allem im weiteren Durchdringen der Gießerei mit maschinellen Anlagen. Transporteinrichtungen und Formmaschinen sind in einem vorher ungeahnten Umfange zur Verwendung gekommen. Der geschichtliche Überblick wird naturgemäß erschwert, je mehr wir uns der heutigen Zeit nähern. Die Stoffmenge wird verwirrend groß und die Auslese, die auch hier der harte Kampf ums Dasein bewirkt, ist noch nicht immer beendet. Es ist deshalb geboten, sich hier im geschichtlichen Teil kurz zu fassen, um so mehr, als die allen zugänglichen Fachzeitungen den Stoff in wünschenswerter Ausführlichkeit bringen¹⁾.

Die bewährten Kuppelöfenbauarten der früheren Jahre wurden weiter durchkonstruiert, die Abmessungen vergrößert. Man suchte ferner die lästige Einwirkung der Gichtflamme und des Gichtstaubes zu verhindern, indem man die Kuppelöfen mit Funkenkammern versah. Namentlich bei Kuppelöfen mit großem Durchmesser macht es Schwierigkeit, den schwach gepreßten Wind über den ganzen Querschnitt zu verteilen. Der Amerikaner West suchte 1893 die Verteilung des Windes in der Weise zu erreichen, daß er ihn außer durch die in einer Ebene liegende Reihe weiter rechteckiger Düsen am Ofenumfang auch aus einer Ringdüse in der Mitte des Ofenschachtquerschnitts durch den Schachtboden hindurch etwas über der Manteldüsenebene schräg nach unten in die Schmelzzone treten läßt. Der Boden ist mit einer zweiflügeligen Bodenklappe zum bequemen Reinigen des Ofeninnern versehen. In Amerika ist der Westkuppelofen in mehreren Gießereien eingeführt und soll sich gut bewährt haben.

Im Betriebe der Kuppelöfen tritt in neuerer Zeit, besonders in Frankreich und England, das Bestreben auf, ein möglichst heißes Eisen zu erzielen. Diesem Zweck dient das sogenannte Rekuperativsystem, das 1907 von Baillot in Frankreich angegeben wurde. Es besteht darin, daß ein Gemisch von Luft und dicht unter der Gicht abgesaugter Ofengase durch die Düsen in den Ofen geblasen wird, wodurch man einen gleichmäßigen Ofengang und einen höheren Hitzegrad des Eisens erzielt. In den Borsigschen Gießereien beschäftigt man sich zurzeit damit, dieses Baillotsche Verfahren, das man in Frankreich bereits mit Erfolg anwandte, eingehend zu untersuchen.

Die Herdflämmöfen verschwinden aus den Eisengießereien immer mehr. Ihr einziger Vorzug, der große Fassungsraum, kann auch bei den neueren Kuppelöfen erreicht werden. Den größten Ofen hat Amerika. Der Kuppelofen in der Gießerei der Standard cast iron and Foundry pipe Company in Bristol, Pennsylvania, hat 3,25 m lichten Schachtdurchmesser und kann stündlich 27 bis 30 t schmelzen. Er ist nach Art der Irelandöfen gebaut.

Die Tiegelöfen wurden in erster Linie dahin verbessert, daß man sie mit künstlichem Zuge versah und ihre Beweglichkeit erhöhte. Für die Eisengießerei haben sie weniger Bedeutung, weil, abgesehen von ihrem großen Brennstoffverbrauch,

¹⁾ Der Verfasser hat in der Z. d. V. d. Ing. 1909, S. 1355 ff. eingehend „Neuere Formmaschinen mit Druckwasserbetrieb“ behandelt, worauf ergänzend zu den folgenden Ausführungen über Formmaschinen verwiesen sei.

ihr Fassungsraum sehr klein ist: sie kommen nur dann in Frage, wenn es sich um die Herstellung dünnwandigen Spezialgusses von kleinen Abmessungen handelt.

Ihrer wachsenden Bedeutung entsprechend haben auch die neuzeitlichen Gießereien ein wesentlich anderes Aussehen bekommen als früher. Die breiten dicken Mauerpfeiler mit den kleinen Fenstern, die schweren Pfannendächer mit den Laternen und ihren schlecht oder gar nicht schließenden Klappjalousien sind verschwunden, und das Eisen hat es ermöglicht, Hallen von riesigen Spannweiten mit dünnen Gittersäulen, die Kräne und Dächer tragen, zu bauen. Große Seitenfenster mit leicht zu öffnenden Kippflügeln und Oberlichter, die bis 65 vH der Eisenzementdächer einnehmen, lassen das volle Tageslicht ungehindert eintreten. Bei beginnender Dunkelheit spenden zahlreiche Bogenlampen den Formern eine Flut elektrischen Lichts bei ihrer schweren Arbeit. Welch ein Unterschied gegen die alten dunklen Gießhäuser des vergangenen Jahrhunderts, wo die Öllampe das Unheimliche des Halbdunkels nur zu erhöhen vermochte und der Aufenthalt in den dunstgeschwängerten Gießräumen fast atembeklemmend war!

Der Staub, dieser unvermeidliche und lästige Begleiter besonders der Putzereien, wird abgesaugt. Man pflegt jetzt allgemein die Putzerei in einem besonderen abgeschlossenen Raum unterzubringen. Im Boden befinden sich durch Roste verschlossene Gruben, durch welche mittels eines Rohrnetzes der Staub in mit Wasser gefüllte Senkkästen abgesaugt wird. Für kleinere Gegenstände sind gitterartige Putztische in Gebrauch gekommen, bei denen der Putzstaub in darunter befindliche Behälter fällt, aus denen er dann, wie bei den Senkgruben, entfernt wird. In den Gießräumen selbst ist für ausreichende Ventilation gesorgt. Besonders die außerordentliche Vervollkommnung der modernen Transportmittel hat mit zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Gießereibetriebe beigetragen. Die Elektrizität ermöglichte eine weitgehende Anpassung an die Bedürfnisse der Gießerei. Die platzraubenden Drehkräne sind aus den neuern Gießereien verschwunden, statt dessen bestreichen jetzt schnelllaufende Mehrmotoren-Laufkräne mit Geschwindigkeiten von 120 m/sk den ganzen Raum der Gießhalle, die meist aus einer hohen Haupthalle mit zwei niedrigen Seitenschiffen besteht. Die Mittelhalle besitzt unter dem Hauptlaufkran oft noch mehrere Konsoldrehkräne, die auf Schienen an beiden Seiten entlang bewegt werden können und auch die Seitenschiffe bedienen. Letztere sind außerdem mit besonderen Laufkränen von geringerer Tragfähigkeit ausgerüstet. Neuerdings ordnet man auch an der Katze des Laufkrans hängend einen drehbaren Ausleger an, so daß die Vorzüge von Lauf- und Drehkran vereinigt sind. Auch Kräne mit Wasser- oder Luftdruckbetrieb sind für besondere Zwecke neben den erwähnten elektrischen in Benutzung.

Nicht nur zum Bewegen der Formkästen, Trockenöfen, Gießpfannen u. dgl. im Gießraume, auch zur Beschickung der Kuppelöfen hat man seit etwa 5 Jahren die Elektrizität in ausgedehnterem Maße herangezogen. Elektrische senkrechte und schräge Aufzüge oder Krane führen die mit Koks, Roheisen und Zuschlägen beladenen Wagen zur Gichtbühne, wo sie entweder selbsttätig oder von Hand in die Gicht entleert werden.

Auch in den anderen Nebenbetrieben tritt das Bestreben auf, die Arbeiterzahl zu verringern, so bei der Zerkleinerung der Roheisenmasseln. Früher benutzte man dazu einfach ein schweres Gewicht, das an einem Dreibein aufgehängt, von einigen Arbeitern nach Art der Rammhären hochgezogen wurde. Eine durch einen Strick betätigte Auslösevorrichtung ermöglichte, das Schlaggewicht aus beträcht-

licher Höhe herunterfallen zu lassen. 1895 baute die Badische Maschinenfabrik die ersten durch Wasserdruck betriebenen Masselbrecher. 1900 folgten solche für Riemenbetrieb und seit 1902 baut die Firma auch solche für elektrischen Antrieb. Auch andere Firmen haben ihren Bau aufgenommen.

Immer mehr trat bei zunehmender Einführung der Formmaschinen mit mechanischer Pressung das Bedürfnis nach einem ausgezeichnet durchgearbeiteten Formsand in den Vordergrund, zugleich mußte man auch hier auf eine Verbilligung des Betriebes durch Ersparnis an Arbeitskräften sehen, trotzdem die Menge des gebrauchten fertigt aufbereiteten Sandes von Jahr zu Jahr stieg¹⁾.

Das Schema einer selbsttätigen Sandaufbereitung der Badischen Maschinenfabrik Durlach zeigt Fig. 70. Die Anlage zerfällt in die Aufbereitung für neuen,

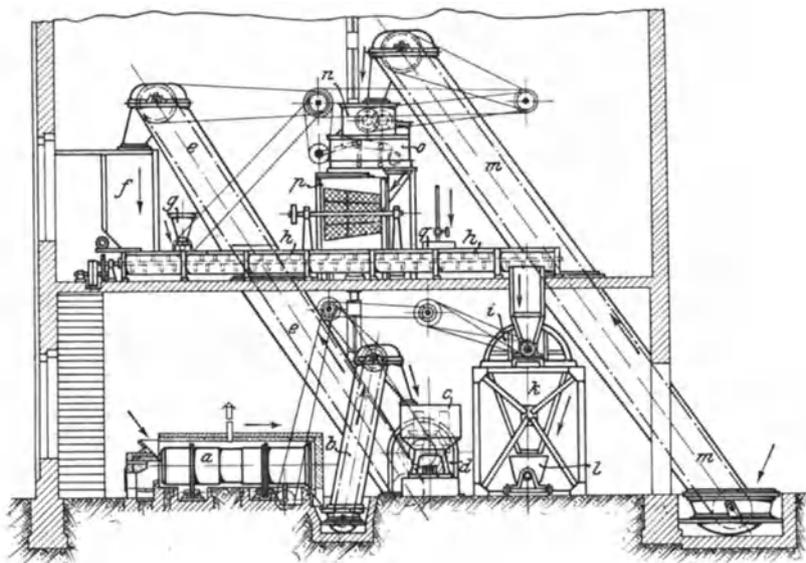


Fig. 70. Selbsttätige Sandaufbereitung.

frischen Sand, die des alten gebrauchten Sandes und die Vermischung beider untereinander und mit den erforderlichen Zusätzen (Kohlenpulver usw.) nebst deren vollständiger formgerechter Zubereitung. In der Figur wird der neue Sand in den

¹⁾ Wie groß diese Mengen in einer modernen mit Formmaschinenbetrieb ausgerüsteten Gießerei werden können, zeigen folgende Zahlen. Das Strebelwerk in Mannheim, welches sich in erster Linie mit der Herstellung der bekannten gußeisernen Gliederkessel für Zentralheizungen befaßt, erzeugt täglich etwa 52 t fertiger Gußwaren auf 52 Formmaschinen. Dazu braucht es täglich 80 cbm Modellsand, das sind etwa 10 Doppelwaggons. Dieser ganze Sand wird nur von 6 Mann, die das Zufahren und Abbringen noch mit besorgen, mit Hilfe einer selbsttätigen Sandberbeitungsanlage bewältigt, während früher 13 Arbeiter kaum 65 cbm täglich, selbst bei weitgehender Benutzung elektrisch angetriebener Aufbereitungsapparate schaffen konnten. Trotz der ziemlich teuren Anlage und reichlicher Bemessung aller Nebenkosten berechnet sich die Aufbereitung von 1 cbm Modellsand zu 1,50 M., während vor Inbetriebnahme der Anlage 1 cbm auf 2,16 M. zu stehen kam. An jedem Kubikmeter wurden mithin 0,66 M. gespart, daraus ergibt sich die ansehnliche Jahresersparnis von 15 840 M. Sandaufbereitungsanlagen wurden von der Badischen Maschinenfabrik 1900/01 zuerst ausgeführt und zwar für Thyssen in Mulheim a. Ruhr und den Hörder Huttenverein, auch die Anlage auf den Strebelwerk rührt von ihr her. Bis jetzt hat die Firma etwa 30 solcher Anlagen gebaut bis zu einer Leistungsfähigkeit von 30 cbm Modellsand pro Stunde.

umlaufenden Sandtrockenofen *a* aufgegeben, von wo aus er mit dem Becherwerk *b* in den Kollergang *c* gelangt. Der hier abgeseibte feine, neue Sand kommt in den Sandbehälter *f*. Durch einen Schieber, mit dem die Sandmenge nach Bedarf geregelt werden kann, fällt der Sand in den Vormischer *h*; wo ihm gleichzeitig durch einen selbsttätigen Kohlenstaubverteiler *g* der erforderliche Steinkohlenstaub beigemengt wird. Der alte, gebrauchte Sand wird von der Gießhalle aus in den Elevator *m* geworfen, der ihn in das Walzwerk *n* fördert. Nachdem der zerriebene Sand über dem elektromagnetischen Separator *o* von Eisen gänzlich gereinigt ist, wird er im Polygonsieb *p* abgeseibt und fällt ebenfalls in den Vormischer *h*. Hier werden alter und neuer Sand innig vermengt und durch eine Brause *q* angefeuchtet, um dann der Sandmischmaschine *i* zugeführt zu werden. Der dort fertig vorbereitete formgerechte Modellsand sammelt sich in dem Behälter *k*, aus dem er durch Sandwagen *l* zur Formerei gebracht werden kann, falls nicht Hängebahnen oder andere Transportvorrichtungen ihn den einzelnen Formstellen unmittelbar zuführen.

Auch die anderen Gießereimaschinenfabriken befaßten sich alsbald mit dem Bau derartiger Sandaufbereitungen. Bemerkenswert ist die im Jahre 1908 herausgebrachte Bauart der Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken A.-G., bei der sämtliche zu einer Anlage gehörigen Maschinen in einem gemeinsamen Gestell vereinigt sind. Der Antrieb der ganzen Anlage erfolgt von einer Hauptwelle aus.

Die Maschine, welche dem neuzeitlichen Gießereibetrieb sein eigentliches Gepräge verleiht, ist die mechanische Preßformmaschine, welche seit 1890 immer mehr und mehr zur Einführung kommt. Die hierfür besonders günstigen Umstände schuf in erster Linie die von Jahr zu Jahr zunehmende Massenfabrikation. Man denke an die emporkblühende Kleinmotorenindustrie, an die Automobilindustrie, das Anwachsen der Eisenbahnbetriebsmittel, die zunehmende Verbreitung der landwirtschaftlichen Maschinen, die Nähmaschinen- und Fahrradfabriken, den Aufschwung der Zentralheizungsindustrie u. a. m. Die Arbeiterfrage ist ebenfalls dabei von Einfluß gewesen. Die Zahl der Gießereien wächst immer mehr und es hält sehr schwer, geschulte Former zu bekommen, da sich der Formerei im Verhältnis zum Bedarf viel zu wenig Leute zuwenden. Nur in einzelnen Gegenden findet man noch geschickte Former, so besonders in dem kleinen Belgien, wo sich in manchen Familien das Formerhandwerk von Generation zu Generation vererbt. Dabei sind die Löhne derartig gestiegen, daß die Gießereien gezwungen werden, möglichst ungelernte Arbeiter an Formmaschinen zu verwenden.

Neben den bereits besprochenen Bauarten mit Verdichten des Sandes von Hand sind besonders zwei in neuerer Zeit zu ausgedehnter Verwendung gekommen, die zum Herstellen der Topf- und Riemscheibenformen dienen. Die erste Topfformmaschine wurde bereits 1882 J. V. Hope in Wednesbury, England, patentiert. Während bei dieser Konstruktion nur der Kern von Sand geformt wurde und die zweiteilige Außenform aus Gußeisen um den Kern geschoben wurde, so daß die Form auf der Maschine ausgegossen werden mußte, beruhen die neuen Bauarten zwar auf demselben Prinzip, aber es werden zum Anfertigen einer Topfform zwei Formmaschinen benutzt, so daß auch die Außenform aus Sand hergestellt werden kann. Eine Maschine ist dadurch für verschiedene Formgröße benutzbar. Die Kästen sind senkrecht geteilt und werden nach dem Aufstampfen seitlich mittels Schraubenspindel mit Links- und Rechtsgewinde von den Modellen abgezogen.

Die Riemscheibenformmaschinen benutzen das Durchzugformverfahren: der

Scheibenkranz, welcher in seiner Höhe entsprechend den verschiedenen Breiten einstellbar ist, wird nach dem Aufstampfen des Kastens durch die Modellplatte nach unten herausgezogen. Eine der ersten derartigen Maschinen wurde 1884 Jul. Wurmbach in Frankfurt-Bockenheim patentiert. Besonders eigenartig und zweckmäßig ist die sog. Teleskop-Riemscheibenformmaschine, in der eine Reihe Kranzmodelle vereinigt sind. Dieselben sitzen fernrohrartig ineinander, so daß der dem gewünschten Durchmesser entsprechende Ring gehoben und gesenkt werden kann. In ihrer Gesamtheit bilden sämtliche Kranzmodelle die Tischplatte.

Die schon beschriebenen Maschinen mit mechanischer Sandverdichtung durch Hebel, Schrauben usw. erfuhren namentlich durch die schon mehrfach erwähnten Firmen in Mannheim und Durlach vielfache Verbesserungen hinsichtlich der Anordnung der Mechanismen. 1890 nahmen die Vereinigten Schmirgel- & Maschinenfabriken vorm. S. Oppenheim & Co. und J. Schlesinger & Co. in Hannover-Hainholz den Bau von Formmaschinen auf. Diese Firma bildete namentlich die von Hillerscheidt Anfang der 90er Jahre erfundene Abhebestift-Preßformmaschine aus, die Fig. 71 darstellt. Zwecks Herstellung der Form wird zunächst der Preßholm *a* in Pfeilrichtung über den Formkasten gezogen, dann der Gewichtshebel *b* in Pfeilrichtung gedreht; durch Vermittlung des mit *b* fest verbundenen Querstücks *c* wird dabei die Stange *d* mit dem Preßtisch *e* gegen den Holm *a* gedrückt. Durch Zurückschlagen von *a* und *b* wird der Formkasten frei und kann durch die Stifte *f*, die durch Drehen am Handhebel *g* hochgehen, abgehoben werden.

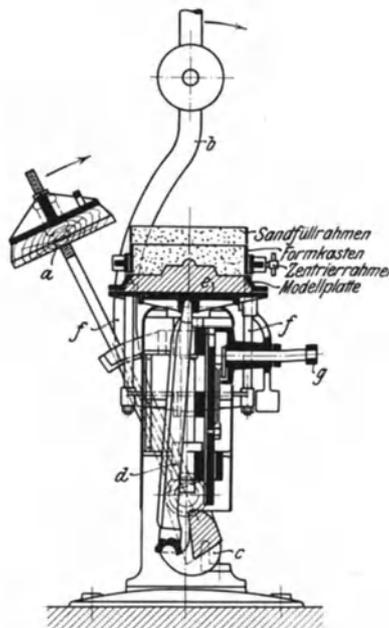


Fig. 71. Abhebestift-Preßformmaschine, Bauart Hainholz.

Für die maschinelle Pressung kommen besonders zwei Betriebsmittel in Frage: der Luftdruck und der Wasserdruck. Während man in Europa dem Wasserdruck den Vorzug gibt, findet man in Amerika vielfach Luftdruck benutzt. Bei dem in Europa üblichen Formpressen ergeben sich für den Preßkolben bei Luftdruck große Abmessungen, da man hier nicht wohl über 7 bis 8 at gehen kann und der auf den Formsand auszuübende Druck immerhin 1 bis 5 kg/qcm betragen muß. Auch muß das Einlaßventil für das Abheben der Form viel vorsichtiger geöffnet werden wie bei Wasserdruck, um zu vermeiden, daß die eintretende Luft durch ihre plötzliche Expansion ein Abreißen der Form vom Modell veranlaßt; durch dies langsame Öffnen wird naturgemäß die Formleistung vermindert.

Die in Fig. 72 wiedergegebene, vom Engländer Leeder erfundene Maschine kann von 1 bis 3 Leuten bedient werden und soll in einer Nähmaschinenfabrik mit 3 Mann in 11stündiger Arbeitszeit die Herstellung der Formen für 720 Stück Nähmaschinenbettplatten ermöglichen haben. Der Bau dieser Maschinen wurde von den Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken Hannover-Hainholz aufgenommen. Zwischen den in der Maschine verbleibenden Formkasten liegt die ausschwenkbare Modellplatte. Auf ihr sind die Modelle festgeschraubt oder meistens festgegossen. Waren Modelle

und Platte aus einem Stück, so konnten sie schlecht ausgerichtet werden, weil die Flächen, auf die sich die Kästen aufsetzen, roh oder nur leicht bearbeitet waren, um eine Beeinflussung der Formen zu verhüten. Dies zeitraubende Ausrichten machte einen öfteren Wechsel der Modelle während eines Tages unmöglich; man brachte daher später die Modelle auf besonderen Platten an, die auf der Schwenkplatte befestigt wurden. Man konnte daher die an beiden Flächen behobelte Platte gleich so ausrichten, daß sie parallel den bearbeiteten Formkastenrändern war, so daß ein Auswechseln der aufgeschraubten gleichfalls gerichteten Modellplatten keine Schwierigkeiten bot. Die sich rasch abnutzenden Holzfutter wurden ebenfalls beseitigt und man überließ die Führung beim Ausheben der Kästen Löchern und Stiften an den Formkästen, während die Säulenführungen nur noch die Aufgabe haben, bedeutende Seitenbewegungen der Formkästen zu verhüten¹⁾.

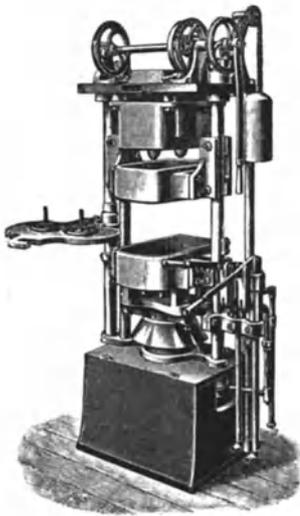


Fig. 72. Formmaschine von Leeder 1889.

Während diese Maschine mit zwei ineinandersteckenden Wasserdruckkolben arbeitet, von denen der äußere zum Pressen des Oberkastens, der innere zum Verdichten des Unterkastensandes und Ausdrücken der Form dient, lassen Bopp & Reuther bei ihrer im Jahre 1901 angegebenen Bauart mit in der Maschine bleibenden Kästen alles durch einen Kolben besorgen, indem sie beide Kästen zwangläufig miteinander verbinden, so daß sie sich beim Sinken des Wasserdruckkolbens von selbst von der Modellplatte abheben. Auch die Badische Maschinenfabrik arbeitet bei ihren entsprechenden Maschinen mit einem Hauptkolben, der die beiden zwangläufig verbundenen Formkästen preßt und ausdrückt.

Durch die kastenlosen Formmaschinen wurde eine bedeutende Kastensparnis erzielt. Denselben Zweck verfolgt eine andere Gruppe, auf der Kästen mit doppelseitiger Pressung hergestellt werden können, so daß jeder Kasten gleichzeitig Unterkasten- und Oberkastenform enthält. Derartige Maschinen wurden zuerst 1899 von dem Königl. Württembergischen Hüttenamt Wasseralfingen ausgeführt. Eine Bauart zeigt Fig. 73. Mit einer durch Handrad bewegten Kniehebelpresse werden die Modellplatten und Formkasten gegen die von Hand hinübergezogene Preßplatte gedrückt. Zum Ausheben beider Modellplatten dient ein mit Gewinde versehener Ring, der das runde Maschinengestell umgreift.

Zu dem Bau dieser Maschinen gab die Massenfabrikation von Herdringen Veranlassung. Das Verfahren ermöglicht eine Arbeitersparnis von etwa 50 vH,

¹⁾ Da bei der beschriebenen Maschine die Sandformen ohne umschließenden Kasten abgesetzt werden, so genügt es nicht, den Formsand gerade so stark zu pressen als das Einformen des Modells verlangt, sondern der Preßdruck muß so hoch sein, daß das Zusammenhalten der Sandballen beim Absetzen und Ausgießen der Form gewährleistet ist. Man mußte also den Preßdruck über das übliche Maß hinaus steigern und wurde veranlaßt, besonders der Sandaufbereitung seine Aufmerksamkeit zu schenken, da es bei stark gepreßtem Formsand immer schwierig ist, die beim Gießen entstehenden Gase abzuführen. Durch die mangelhafte Sandaufbereitung, wie sie Anfang der 90er Jahre, in denen der Bau der Maschine aufgenommen wurde, in den meisten Gießereien noch üblich war, wurde ihre Einführung sehr erschwert: die auf derselben hergestellten Formen lieferten an vielen Stellen keine tadellosen Abgüsse, weil die Gase nicht schnell genug entweichen konnten.

da eine doppelseitig gepreßte Form ebenso rasch hergestellt werden kann, als eine einfache, daneben ergibt sich eine Sandersparnis von 45 vH durch Ausnutzung der Form nach 2 Richtungen, eine Raumersparnis, da mehrere Formen aufeinander gesetzt werden. Geeignet ist das Verfahren natürlich nur für dünnwandige und niedrige Gegenstände.

Um die Leistungsfähigkeit seiner Maschinen noch zu erhöhen, führte Wasseralfingen eine eigenartige Bauart, die Drehtischformmaschine, ein. Die Maschine besteht aus einer durch Wasserdruck, mit Kniehebelwirkung betätigten Formpresse mit feststehendem Preßholm. Um die eine Säule desselben ist mit einer langen Nabe der Formtisch drehbar. Er nimmt gleichzeitig 3 Formkästen auf. Nachdem die unter der Presse befindliche Form gepreßt ist, wird der Tisch um 120° gedreht; es gelangt dadurch der zweite Kasten unter die Presse, der gepreßte zur Abhebevorrichtung. Während so die eine Form gepreßt, die andere abgehoben wird, kann die dritte vorbereitet werden; an einer Maschine können also gleichzeitig 3 Arbeiter tätig sein.

Bei den ersten Bauarten ging der ganze Tisch beim Pressen mit hoch; weil das für die gleichzeitige Behandlung der 2 anderen Formkästen sehr lästig ist, wurde alsbald eine Einrichtung geschaffen, welche es ermöglichte, die Form zu pressen, ohne daß der Tisch beeinflusst wird.

Man hat die Drehtischmaschinen auch mit Wendepplatten, sowie mit Durchzugeinrichtungen zum Herstellen hoher Modelle versehen.

Ein besonderes Interesse bietet ein in Frankreich 1897 von E. Saillot erfundenes von der Firma Bonvillain & Ronceray in Paris eingeführtes Formverfahren, das wegen seiner großen Vielseitigkeit in kurzer Zeit eine ungemein große Verbreitung gefunden hat¹⁾.

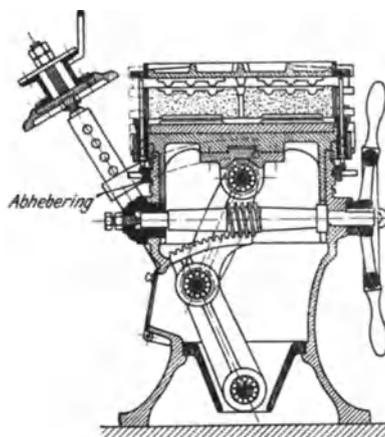


Fig. 73. Formmaschine Wasseralfingen.

¹⁾ Nach persönlichen Mitteilungen der Firma Bonvillain & Ronceray in Paris ist es in den Werkstätten der Gesellschaft der West-Eisenbahnen in Sotteville zuerst angewendet worden. Dem dortigen Betriebsleiter E. Saillot genügten die in den Werkstätten vorhandenen gewöhnlichen Wendepplattenformmaschinen bei der Vielseitigkeit der vorkommenden Gußstücke nicht mehr, besonders weil die Anfertigung der vielen benötigten Modellplatten ziemlich kostspielig wurde. Noch dazu handelte es sich meist um die teuren Durchzugplatten für Achslager, deren Form vielfachen Veränderungen unterworfen war. Das Bestreben Saillots war es demnach, ein Formverfahren zu ersinnen, welches in erster Linie das Herstellen der Modellplatten verbilligte, das Durchzugverfahren überall, wo es zweckmäßig erschien, bequem ermöglichte, ohne besonders für den Zweck gebaute Maschinen anwenden zu müssen und eine einheitlichere Bauart der Formmaschine auszubilden. Die ersten Patente auf eine neue Formmaschine nahm er im Jahre 1897 zusammen mit Vignerot, einem Werkmeister der genannten Werke in Sotteville. Ein weiteres erhielt er 1899 auf die Herstellung einer neuen Art Durchzugplatten, die er mit dem Namen Abstreifkamm bezeichnete. Zunächst wurde die Einführung der neuen Verfahren und Maschinen dadurch erschwert, daß die Erfinder Fabrikation und Verkauf trennten. Bei der Verschiedenheit der Interessen von Erfindern und Erbauern einerseits, Verkäufern andererseits, waren die Fortschritte sehr erschwert, bis das Haus Bonvillain die Patente bzw. deren Lizenzen kaufte und den Bau der Maschinen selbst in die Hand nahm. Die zunehmende Verbreitung der patentierten Bauarten und der Erweiterung der ersten Erfindungen führte schließlich zur Gründung der jetzigen Aktiengesellschaft unter dem Namen Société anonyme des Établissements Ph. Bonvillain & E. Ronceray zu Paris. Die Firma verfügt heute über 106 Gießereimaschinenpatente.

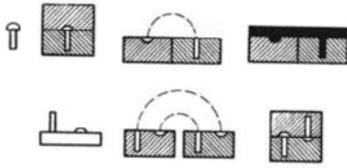


Fig. 74 bis 80. Bonvillainsches Reversierverfahren.

Der Kern des ganzen Verfahrens liegt in der einfachen Herstellungsweise der Modellplatten, Fig. 74 bis 80. Es soll ein nietartiger Körper eingeformt werden. Das Holzmodell wird in zwei Formkästen in der üblichen Weise eingeformt, dann nebeneinander gelegt, worauf durch Aufgießen von Gips oder Weißmetall die Modellplatte hergestellt wird. Nimmt man von dieser sog. Reversiermodell-

platte 2 Sandabdrücke, so erhält man die in den letzten beiden Figuren gezeigte Form. Werden die Platten zu groß, so fertigt man über den einzelnen Kasten je eine besondere Modellplatte: die sog. Doppelmodellplatte. Bei sehr kleinen Gegenständen wendet man kleine Reversierplatten, Klischeeplatten an, so genannt, weil sie wie bei der Buchdruckerei die Klischees in einem Rahmen zu einer größeren Platte vereinigt werden, Fig. 81 und 82. Statt bei Formen, die wegen ihrer steilen Wände zum genauen Ausheben einer Durchzugsplatte bedürfen, letztere festzulassen und nach unten die Modelle hindurchzuziehen, verfahren Bonvillain & Ronceray umgekehrt. Sie lassen die Modelle auf der Maschine und streifen die Form mit dem Abstreifkamm nach oben ab. Die Abstreifkämme sind dünnwandige Platten, deren Oberfläche genau der Oberfläche des Sandes an der Berührungsseite der beiden Formteile entspricht; ihre Herstellung bietet keine Schwierigkeiten: sie bestehen aus Weißmetall und werden nach dem neuesten Verfahren um die fertige Modellplatte herumgegossen.

Fig. 81 und 82. Modellplatte.

Die billige, einfache Herstellung der Modellplatte macht die Formmaschine auch schon bei geringerem Massenbedarf wirtschaftlich anwendbar.

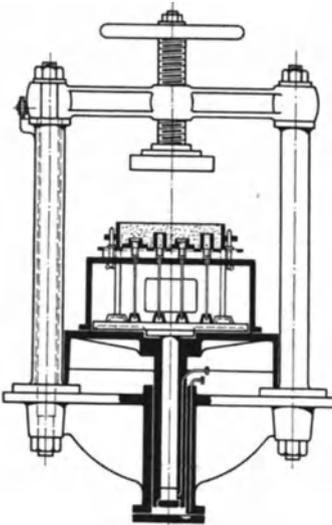


Fig. 83. Erste Bonvillainsche Formmaschine.

Da die Reversiermodellplatte Ober- und Unterkastenform gleichzeitig enthält, ist zum Herstellen einer gießfertigen Form auch nur eine Maschine nötig, nur bei Doppelmodellplatten müssen zwei Maschinen vorhanden sein, wenn wirtschaftlich gearbeitet werden soll.

Die älteste Form der Bonvillainschen Formmaschine, Fig. 83, besteht im wesentlichen aus zwei übereinander liegenden Pressen, von denen die untere, eine Wasserdruckpresse, zum Ausheben und Nachpressen, die obere, eine Schraubenpresse, zum Sandverdichten dient. Diese erste Maschine hat dann durch die Konstruktion vom Jahre 1903 eine wesentlich bessere Durchbildung erfahren, ohne daß am Arbeitsprinzip etwas geändert wurde.

Für Stücke mit großen Kernen, die schlecht hängend ausgehoben werden können, wird die Maschine um einen wagerechten Zapfen um 180° gedreht, so daß der Sandkern stehend aus der Formplatte geht, Fig. 84. Die gepreßte Unterkastenform gehört zu einer Presse, den Abguß zeigt Fig. 85. Sämtliche Kerne dieses verwickelten Gußstückes sind auf der Formmaschine mit gepreßt worden. Die Viel-

seitigkeit der auf den Bonvillainschen Formmaschinen herstellbaren Formen, selbst der verwickeltsten Art, geht besonders aus Fig. 86 hervor.

Amerika, das Land der Massenfabrikation und Spezialisierung im Maschinenbau, bot der Entwicklung der Formmaschine einen günstigen Boden. Besondere Vorliebe herrscht dort für Formmaschinen, bei denen Pressen und Ausheben der Form durch Druckluft geschieht. Dabei kommt man allerdings zu großen Kolben, dafür aber sind die Leitungen bequem zu verlegen und die Rückleitungen fallen fort. Außerdem ist es möglich, die Maschine an jeder beliebigen Stelle der Gießerei durch Schlauchanschlüsse in Betrieb zu nehmen. Dieser Umstand ist besonders deshalb von Bedeutung, weil man die Maschinen gerne auf Räder setzt, solange sie nicht zu große Abmessungen bekommen müssen, um sie zu verschieben. Daneben ermöglicht die Preßluft die Anwendung eines sogenannten Vibrators, eines kleinen Lufthammers, der gegen die Formplatte schlägt, um die Form vor dem Abheben vom Modell zu lockern, eine Einrichtung, die man fast bei allen amerikanischen Formmaschinen findet, sowie eines Blaseschlauchs zum Reinigen der Modellplatte vor dem Aufsetzen des Kastens.



Fig. 84.

Eine der ersten Preßluftformmaschinen wurde von Moore, dem derzeitigen Leiter der Pneumatic Co. zu Indianapolis in Nordamerika 1884 erfunden und angewendet. Er legte den Hauptwert darauf, eine möglichst gleichmäßige Pressung des Sandes trotz der Erhöhungen und Vertiefungen des Modells zu erzielen. Daher preßte er nicht den sandgefüllten Kasten gegen eine Preßplatte, sondern versah diese mit einem aus einer Anzahl Gummikaschen bestehenden Gummikissen, die um Scharniere aufgeklappt werden konnten. Nach Auffüllen des auf die Modellplatte aufgesetzten Formkastens wird die Platte heruntergeklappt und durch Bügel mit dem Formtisch verbunden; durch Einlassen von 5 bis 6 at Preßluft in die erwärmten Taschen wird der Sand gleichmäßig verdichtet. Das Ausheben der Form geschieht mit Zahnstangen, durch die der Formtisch gehoben wird, während die Modellplatte an ihrem Platze bleibt, nach Art der Durchzugmaschinen. Die Art der Pressung war jedenfalls theoretisch sehr gut, weil der Luftdruck durch die Gummikissen nicht nur senkrecht nach unten, sondern auch nach den Seiten fortgepflanzt wurde, so daß eine sehr gleichmäßige Sandverdichtung eintrat. Die Maschine fand daher eine große Verbreitung für Formkästen bis 1 qm, für größere Abmessungen war sie indessen

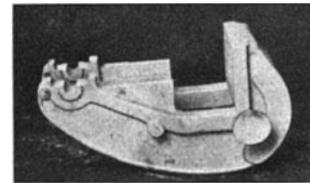


Fig. 85. Gußstück.



Fig. 86. Gußstücke.

nicht geeignet. Seit man der guten Sandaufbereitung in den 90er Jahren große Aufmerksamkeit zuwandte, hat die Mooresche Maschine ihre Bedeutung, die sie unstreitig hatte, verloren.

Abgesehen von dem Pressen des Sandes mittels Luftdruckkolben in ähnlicher

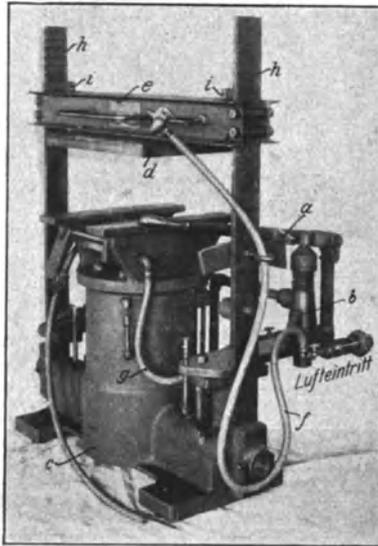


Fig. 87. Amerikanische Preßformmaschine.

Weise wie es bei den bereits beschriebenen Maschinen mit Wasserdruck geschieht, ist in den Vereinigten Staaten ein eigentümliches Verfahren üblich, bei dem die Sandverdichtung durch Rütteln der Modellplatte samt dem auf ihr befestigten gefüllten Formkasten erreicht wird. Bei kleineren Maschinen gibt man bedeutend mehr als bei uns dem Aufstampfen der Form von Hand den Vorzug.

Man mißt auch der Verwendungsmöglichkeit derselben Formmaschine für möglichst verschiedenartige Formen, die beispielsweise die Bonvillainschen Bauarten besitzen, weniger Wert bei, weil, wie bereits gesagt, die Massenfabrication dort bis ins Weitgehendste ausgebildet ist. Lieber schafft man Sonderbauarten für bestimmte Zwecke. Es ist daher sehr schwierig, bei der Fülle der Konstruktionen einen Gesamtüberblick zu geben, es soll daher nur versucht werden, durch einige wenige Bei-

spiele ein Bild von der Eigenart der amerikanischen Formmaschinen zu zeichnen.

Eine der ältesten Sonderfabriken ist die Tabor Manufacturing Co. in Philadelphia. Bereits 1887 brachte Harris Tabor eine dampfbetriebene Durchzugformmaschine in den Handel, aus der sich im Laufe der Jahre eine



Fig. 88. Tabor-Kippformmaschine.

Reihe der verschiedenartigsten Konstruktionen entwickelt haben. Der Dampf als Betriebsmittel wurde bald als unzuweckmäßig aufgegeben und an seine Stelle trat der Luftdruck. Eine den beschriebenen bezüglich der äußeren Anordnung ähnliche Luftdruckpreßformmaschine der Firma für kleinere Modelle stellt Fig. 87 dar. Die Luft gelangt durch das vom Handhebel *a* aus betätigte Ventil *b* in den Luftzylinder und drückt die Modellplatte gegen die obere Preßplatte. Der Preßholm *h* ist zurückschwenkbar eingerichtet.

Eine ganz besondere Aufmerksamkeit wendet die Tabor Manufacturing Co. der Ausbildung der bei uns wenig bekannten Kippformmaschine, Fig. 88, zu. Bei größeren derartigen Kippmaschinen baut man eine Rüttelmaschine ein, die das Verdichten des Sandes durch rasches senkrechtes Auf- und Abbewegen der Modellplatte mittels Preßluftkolbens bewirkt, auch das Überkippen und Ausheben geschieht dann durch Luftdruckkolben. Solange die in Frage kommenden Gewichte es erlauben, macht man die Maschinen fahrbar und

vermeidet Fundamente, da die amerikanischen Gießereien nicht nur auf ebener Erde, sondern auch in Stockwerken angeordnet sind, um möglichst an dem teuren Grund und Boden zu sparen. Eine solche Maschine größter Abmessungen zeigt Fig. 89. Die ersten amerikanischen Patente auf Rüttelformmaschinen gehen bis 1869 zurück, allein es handelte sich hier nur um sehr kleine Ausführungen, und auch für diese lag damals noch kein Bedürfnis vor, bis in den 90er Jahren auch drüben mit der allgemeineren Einführung der Formmaschinen begonnen wurde. Erst 1906 begann die Tabor Manufacturing Co. mit dem Bau der beschriebenen Kippformmaschinen. Mit der wachsenden Größe der Formplatten und Kastengewichte stellte sich bei Anwendung der üblichen Rüttelvorrichtung eine sehr unangenehme Begleiterscheinung ein, die sich aus ihrer Wirkungsweise erklärt. Das Rütteln wird nämlich dadurch erzeugt, daß durch Luftdruck ein Kolben, je nach Größe der Form, bis 100 mm angehoben wird, nach Aus-

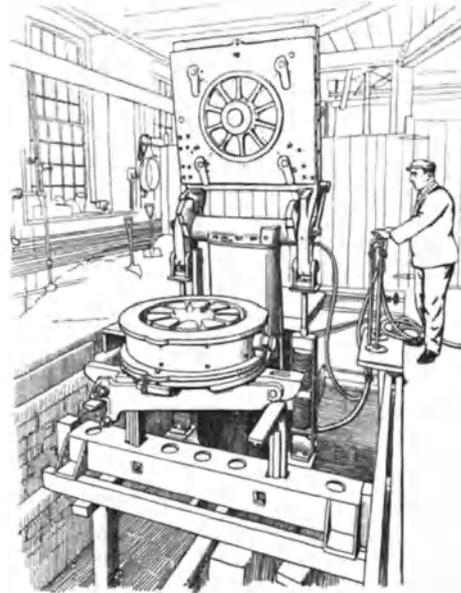


Fig. 89. Tabor-Formmaschine.

tritt der Preßluft aus dem Zylinder fällt der Kolben herab und der Formtisch stößt unten auf; durch den Stoß wird der Sand verdichtet. Es ist selbstverständlich, daß bei großen Gewichten diese Stöße derartig stark werden, daß sie eine Gefahr für die Umgebung bedeuten. Man setzte daher diese großen Maschinen auf ein Fundament, das, ähnlich wie bei den Dampfhammerchabotten, aus einer Anzahl senkrecht stehender dicker Holzbalken, die durch Eisenringe zusammengehalten werden, gebildet wird. Durch dies elastische Fundament beeinträchtigte man aber naturgemäß die Stoßwirkung und somit den Effekt der Sandverdichtung. Um diese Übelstände zu beseitigen, wurden die verschiedensten Versuche gemacht, bis die Tabor Manufacturing Co. im Januar 1910 eine erfolgreiche Lösung bekannt machte, die Fig. 90 zeigt. Der Grundgedanke der Anordnung ist der, den eigentlichen Rüttelzylinder auf kräftigen Federn zu lagern und ihn so stets schwebend zu erhalten und ein Anstoßen desselben an feste Teile auszuschließen. Die Maschine soll fast ohne Rückstoß auf das Fundament arbeiten und ist zur Herstellung von Formenhälften bis 25 t bereits benutzt worden. Ihr Rütteltisch besteht aus Stahlguß und hat die ansehnliche Fläche von $2,40 \times 3,60$ m das Gesamtgewicht der Maschine beträgt etwa 45 t. Das sind Gewichte und Abmessungen, welche die unserer

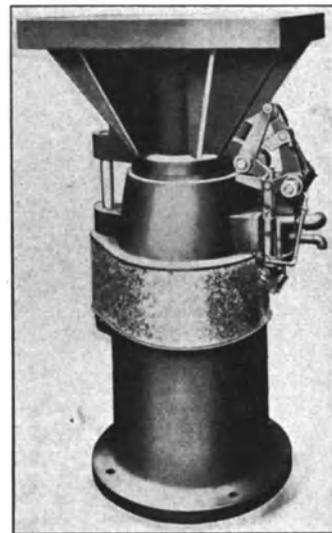


Fig. 90.
Tabor-Rüttelformmaschine mit
Stoßfang. Gewicht 45 t.

größten Badewannenformmaschinen von etwa 25 t fast um das Doppelte übertreffen.

Im Gegensatz zu diesen Formmaschinenriesen möge noch ein daneben geradezu winzig erscheinendes Maschinchen der Bryan Vacuum Moulding Machine Company in Lockport, N. Y., Erwähnung finden, das im Jahre 1901 auf den Markt gebracht wurde. Diese Vacuum-Formmaschine wurde von einem Werkmeister erfunden

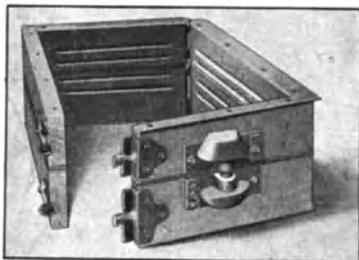


Fig. 91. Amerikanischer Abschlagformkasten aus Holz.

und dient lediglich dem Zweck, ein schnelles und sicheres Entfernen der Modelle aus dem Sande mittels einer Saugstange zu erreichen. Die dabei benutzten Modellplatten sind aus Holz. Das Lockern der Formen geschieht durch einen Luftdruckhammer oder durch Holzhammer von Hand. Für Gießereien, die keine Preßluftanlage besitzen, wird die Maschine mit Fußhebelluftpumpe ausgerüstet, auch die Verbindung der Einrichtung mit einer Formpresse ist möglich.

Neben Tabor und Bryan betreiben besonders die Arcade Manufacturing Co. in Freeport, A. Buch's Sons & Co. in Elizabethtown, die Berkshire Manufacturing Co. in Cleveland und andere den Bau von Formmaschinen und haben recht beachtenswerte Leistungen zu verzeichnen.

Auch in Amerika ist man schon lange bestrebt, das teure Formkastenmaterial besser auszunutzen und gießt daher, solange es die Abmessungen der Gußstücke irgend erlauben, im Sandblock. Beliebte sind hölzerne Formkästen, besonders wegen

ihrer Leichtigkeit. Sie werden aus einzelnen Seitenteilen zusammengeschaubt, wie die Fig. 91 zeigt.

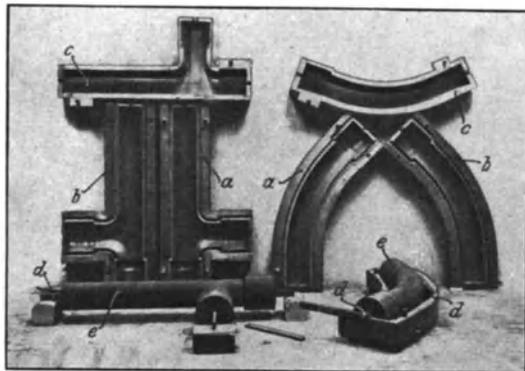


Fig. 92. Kernformen für Kernformmaschine.

Durch Anwendung der Formmaschinen wird die Zeit zur Herstellung der Formen bedeutend herabgesetzt, es machte sich daher das Bedürfnis geltend, auch zur Anfertigung der Kerne in weiterem Umfang als bisher Maschinen zu benutzen, damit beim Zusammenlegen der Form die erforderlichen Kerne zur Stelle waren, wo sie nicht gleichzeitig mit der äußeren Form auf der Formpresse, wie bei

Bonvillain, gebildet werden. Neben den bereits erörterten und ähnlichen Vorrichtungen kamen für diese Zwecke in den letzten zwei Jahrzehnten mannigfache Sondermaschinen in Gebrauch, die meist den gewöhnlichen Formmaschinen nachgebildet sind und statt der Modellplatten Kernkästen besitzen. Ein großer Fortschritt auf diesem Gebiete datiert aus dem Jahre 1899, wo dem Betriebsleiter der Bergischen Stahlindustrie in Remscheid, Knüttel, das nach ihm benannte Kernherstellungsverfahren patentiert wurde. Die Vereinigten Schmirgel- und Maschinenfabriken A.-G. Hannover-Hainholz erwarben das Ausführungsrecht. Sie haben eine Reihe Hand- und Wasserdruck-Kernformmaschinen nach dieser Erfindung gebaut und stellen auf ihnen Kerne der verschiedensten Gestalt und Größe mit

einer Pressung her. Wie aus Fig. 92 ersichtlich, bestehen die Kernformen, ähnlich wie gewöhnliche Kernkästen, aus Oberteil *a* und Unterteil *b*. Der untere wird auf dem Preßtisch der Maschine, der obere an dem Preßholm befestigt. Auf die untere Hälfte *b* wird eine hölzerne Vorform *c* gesetzt und mit Kernsand, eventuell mit eingelegtem Kerneisen *d* gefüllt. Dann nimmt man die Vorform ab und preßt die Plattenhälften *a* und *b* gegeneinander, der überschüssige Sand fällt in die an den Umrissen der Formen eingearbeiteten Rillen und es entsteht der Kern *e*. Um ihn ohne Beschädigen abnehmen zu können, wird auf den Preßtisch ein entsprechend gestalteter Holzboden *d* aufgelegt und die Platte samt Boden und auf ihr liegenden Kern um 180° gedreht, so daß er leicht auf dem Boden nach unten abgenommen werden kann. Das Ausheben schwererer Kerne geschieht mit nach oben beweglichen Rahmen, der unter die hervorragenden Kerneisen greift und bei seinem Hochgehen den Kern aus der unteren Kastenhälfte zieht: ein Wenden ist dann nicht nötig. Eine solche Kernformmaschine mit Wendepatte und Wasserdruckbetrieb zeigt Fig. 93.

Bei kleineren Kernen werden eine ganze Anzahl auf einer Kernformplatte vereinigt, und besonders für Werke, die Armaturen, Fittings, Röhren, landwirtschaftliche Maschinen u. dgl. gießen, hat die Knüttelsche Kernformmaschine eine weitgehende Bedeutung, weil gerade sie eine besonders große Anzahl Kerne für ihren ausgedehnten Formmaschinenbetrieb brauchen.

Mit der zunehmenden Verbreitung der Formmaschinen, die größtenteils von ungelerten gewöhnlichen Arbeitern bedient werden können, wurden die gelernten Former besser für besondere Arbeiten ausgenutzt und in ihrer Handfertigkeit vervollkommen. Die riesigen Abmessungen neuzeitlicher Kraft- und Werkzeugmaschinen zwingen dazu, Gußstücke von früher nicht gekannten Größenverhältnissen herzustellen. Die Modelle sind sehr kostspielig, um so mehr, als dasselbe Stück nicht oft verlangt zu werden pflegt und gerade die großen Maschinen vielfach konstruktive Abänderungen erfahren. Man ist daher besonders in den letzten Jahren dazu übergegangen, die großen Formen in Masse oder Lehm mit Schablonen oder Kernstücken anzufertigen, um die Modelle ganz oder teilweise zu sparen, auch für kleinere Gußstücke in grünem Sand wendet man, wo es irgend angeht, die Dreh- oder Ziehschablone an.

Um beim Aufstampfen der Formen Zeit zu sparen, hat man neuerdings hierfür Preßluftwerkzeuge eingeführt. Das erste brauchbare Preßluftwerkzeug wurde 1891 von James Mac Coy in Brooklyn erfunden, es war ursprünglich für die Steinbearbeitung bestimmt, ist aber alsbald in Amerika auch in der Metallindustrie benutzt worden. Die kleineren Preßluftstampfer werden von Hand geführt, die großen hängen an Kränen. Auch elektrisch betriebene Stampfer sind dort in Benutzung, wo Preßluft nicht zur Verfügung steht.

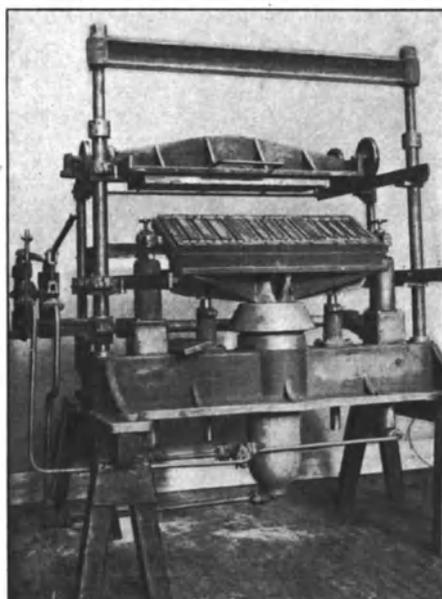


Fig. 93. Hydraulische Kernformmaschine.

Erwähnt mag noch werden, daß man seit kurzem in Amerika normale Röhren, Formstücke u. dgl. in gußeisernen Formen zu gießen beginnt. Diese Dauerformen sind zweiteilig und werden in der aus Fig. 94 ersichtlichen Weise mit dem gußeisernen Kern, der bei der Krümmerform zweiteilig sein muß, vereinigt.

Der Putzerei, dem langjährigen Stiefkinde der Gießerei, wendet man jetzt ebenfalls erhöhte Aufmerksamkeit zu. Man sorgt für möglichst vollkommene Staubbeseitigung. Die Sandstrahlgebläse sind seit 1890 zu einer in der Putzerei unentbehrlichen Maschine geworden und haben vielfache Verbesserungen erfahren. Man sucht die ganze Anlage vollkommen selbsttätig wirkend zu machen, so daß der Putzer nur die Stücke auf den Putztisch der Maschine aufzulegen und zu wenden hat. Umlaufende Düsen sorgen für möglichst gleichmäßige Sandverteilung. Große Stücke werden in besonderen Putzhäuschen mit Schlauchdüsen durch Sandstrahl gereinigt. Der bedienende Arbeiter führt die Düse, wobei ein Luftschleier ihn vor Belästigung durch Sand und Staub schützt.

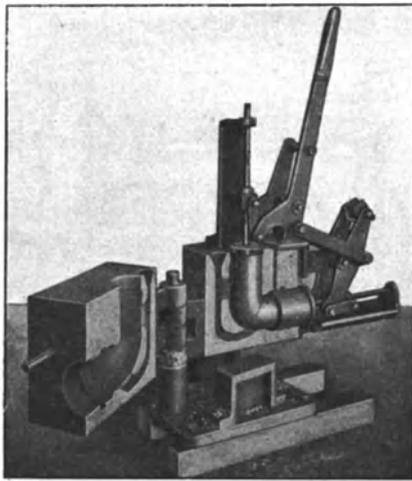


Fig. 94. Gußeiserne Dauerform.

Zum Entfernen der Gußnähte dienen Preßluftschlämmer und Schmirgelmaschinen. Die Eingüsse und Steiger werden mit Kreis- oder Bandsägen entfernt, auch hier also das Bestreben, die Handarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen.

Kennzeichnend ist dafür auch die bis ins kleinste gehende Anwendung der Transportvorrichtungen: von den Sandaufbereitungen wird durch Bandtransporteure der Sand zu den Formmaschinen geschafft, selbsttätige Sandfüllvorrichtungen lassen ihn in abgemessener Menge in die Formkästen fallen, so daß der Arbeiter nur den Hebel der Formpresse zu betätigen braucht, um die fertige

Form herzustellen. Besonders in Spezialgießereien für kleinere Gegenstände läßt man auch den Transport der leeren und fertigen Kästen durch Maschinen besorgen, ja es fehlt auch nicht an erfolgreichen Versuchen „eines ununterbrochenen Gießbetriebs“. Die Formen werden auf einen großen, karussellartig sich drehenden Formträger von der Formmaschine aus aufgesetzt, der sie selbsttätig zur Verteilungstrommel für das flüssige Eisen führt. Öffnen des Schmelzofens, Eingießern usw., alles geschieht selbsttätig.

Hand in Hand mit der Verbesserung des praktischen Gießereibetriebes geht bei den modernen Gießereien das Bestreben, auch die Theorie in weiterem Umfang als bisher nutzbar zu machen. Die großen Fortschritte der letzten Jahre, die die Chemie, bei der Erkenntnis der Wirkung der einzelnen Elemente auf die physikalischen Eigenschaften des Eisens gemacht hat, kommen auch allmählich dem praktischen Gießereimann zugute. Seit Anfang des neuen Jahrhunderts begann man, besonders in den Gießereien, die dünnwandige Gußstücke mit großer Festigkeit herstellen, Laboratorien einzuführen, in denen jeder eingelieferte Waggon Roh-eisen analysiert wird. Nach der Analyse wird die Gattierung vorgenommen, so daß die Zusammensetzung des Schmelzguts den Zwecken, denen das fertige Gußstück zu dienen hat, genau angepaßt werden kann. Der Ausschuß, der früher etwa 5 vH

der gefertigten Gußwaren ausmachte, hat ebenfalls durch die auf chemischer Analyse beruhende Gattierung eine wesentliche Einschränkung erfahren,

Daß auch die anderen Gebiete des Gießereiwesens entsprechend den Errungenschaften der modernen Technik von Jahr zu Jahr vervollkommnet werden, bedarf keiner besonderen Erwähnung. Angeführt möge noch werden, daß das Goldschmidtsche aluminothermische Schweißverfahren sowie die autogene und elektrische Schweißung sich als wertvolles Hilfsmittel zum Ausbessern schadhafter Gußstücke auch in Gießereibetrieben immer mehr einführen.

Aus bescheidenen Anfängen hat sich die Eisengießerei seit 1800 in unmittelbarer Verbindung mit der zunehmenden Verwendung des Eisens im Maschinenbau zu einer achtunggebietenden Weltindustrie aufgeschwungen.

Bis in die letzten Jahrzehnte des verflossenen Jahrhunderts war das Gießen mehr als alle anderen Zweige der Technik eine Erfahrungssache und ihr Wohl und Wehe knüpfte sich an die Person des historisch gewordenen „alten Gießermeisters“, der, aus dem Formerstande hervorgegangen, mit größerem oder geringerem Erfolg die Geschicke derselben leitete. Erst in unserem Jahrhundert hat sich die Wissenschaft mehr und mehr ihrer angenommen und den Stand der Gießereingenieure geschaffen, die nicht nur mit praktischer Erfahrung, sondern auch theoretischem Wissen die achtunggebietenden Leistungen unserer Gießereien hervorbringen konnten, indem sie die Theorie mit den Bedürfnissen der Praxis in Einklang brachten. Sie verstanden es, was den alten Meistern bei ihrem engen Gesichtskreis nicht möglich war, auch namentlich die Fortschritte des allgemeinen Maschinenbaus für ihr Sondergebiet nutzbar zu machen, wodurch sie die Produktionsfähigkeit der Gießerei in bis dahin nicht für möglich gehaltener Weise zu steigern vermochten.

Die Geschichte der Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur und Ludwigshafen a. Rh.

Von

Conrad Matschoß, Berlin.

Im Herzen Europas, in jenem an Naturschönheiten so überaus reichen Lande, das wir die Schweiz nennen, ist durch die Tatkraft und die Zähigkeit seiner Bewohner eine Industrie entstanden, die dem kleinen Staate, der noch dazu arm ist an allen industriellen Naturschätzen, in der Industriegeschichte der Welt stets einen ehrenvollen Platz sichern wird. Zu den besonders erfolgreichen Pionieren der Schweizer Großindustrie gehört die Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur, die mit ihren Arbeiten den Namen ihrer Schweizer Heimatstadt in alle Länder der Erde hinausgetragen hat. Gelingt es, von dem Werden und Wachsen dieser Firma ein klares anschauliches Bild zu zeichnen, so würde damit zugleich ein wichtiger Abschnitt der Industriegeschichte an dem kennzeichnenden Beispiel einer der ersten Weltfirmen gegeben sein. Würde es dann gleichzeitig möglich sein, den technischen Entwicklungsgang der Haupterzeugnisse der Firma in diesem Zusammenhange zu schildern, so dürfte dies als erwünschter Beitrag zu der noch so wenig erforschten Technikgeschichte willkommen sein. Das überaus reiche, von der Firma in entgegenkommendster Weise zur Verfügung gestellte Material, das durch mehrfache lange persönliche Besprechungen nach der verschiedensten Richtung ergänzt werden konnte, läßt mich den Versuch wagen¹⁾.

I. Die Vorgeschichte der Familie bis zur Begründung der Firma.

Der Name Sulzer läßt sich bis ins 14. Jahrhundert in Winterthur zurückverfolgen.

Der erste Sulzer, der sich gewerblich betätigte, war ein Gastwirtssohn, der Theologie studiert hatte. Dieser Salomon Sulzer, schon im Begriff, seine Antrittspredigt in einer Gemeinde am Zürichsee zu halten, hatte aus Gründen, die wir heute nicht mehr ermitteln können, sich plötzlich entschlossen, den Gelehrtenberuf mit einem Handwerk zu vertauschen. Er wollte Messinggießer werden. In Schaffhausen hatte sich ein Mann niedergelassen, der den Kupferschmieden mit seinem Messingguß gewaltig Konkurrenz machte. Diesen Schaffhauser Meister ersah sich unser Sulzer

¹⁾ Vor allem habe ich hier dankbar der Mitarbeit von Hrn. Reuter - Sulzer zu erwähnen, der durch zahlreiche ausführliche Briefe sehr wertvolle Unterlagen für diese Arbeit geschaffen hat.

Von der Literatur wurden benutzt: Aus den technischen Zeitschriften Aufsätze über Erzeugnisse der Firma sowie: „Schweizer eigener Kraft“, Nationale Charakterbilder, Neuenburg (1906). — Joh. Jak. Sulzer-Hirzel.

zum Lehrmeister. Für 500 Gulden in bar erlernte er das Geheimnis. 1775 machte er sich als erster Messinggießer in Winterthur selbständig. Er hatte hart und schwer zu kämpfen. Die Stetigkeit des Willens, die dem ganzen Unternehmen der Firma in allen Entwicklungsabschnitten das Gepräge gibt, hatte dieser Urahn schon reichlich Gelegenheit zu beweisen. Man hatte in der Stadt Angst vor dem unbekanntem neuen Gewerbe. In den Stadtgraben, wo er Eigentum nicht erwerben konnte, und wo deshalb die Entwicklung des Geschäftes unmöglich war, dahin hatte man Sulzer mit seiner ersten Gießhütte verwiesen. Hier begann er Feuerspritzen, Pressen und manches andere mehr herzustellen, das den Kupferschmieden bisher allein vorbehalten war. Nach 10jähriger harter Arbeit gelang es ihm schließlich,



Salomon Sulzer,
geb. in Winterthur 10. Januar 1757, gest. in
Dieuze 4. August 1807.



Joh. Jakob Sulzer-Neuffert,
geb. 8. Dezember 1782, gest. 16. Januar 1853.

oben auf der Erde seine Gießhütte zu errichten. Der Gießer Sulzer war aber auch ein bekannter Dreher. In einem Hause, der „Feigenbaum“ genannt, gründete er eine kleine Dreherei mit mechanischer Werkstatt. Damals trat in sein Leben einer der Begründer der Schweizer Industrie, der Salinendirektor und Ingenieur Johann Sebastian von Clais. Dieser bedeutende Mann erkannte das Können des Salomon Sulzer und suchte ihn nach jeder Richtung hin zu fördern, indem er zugleich selbst die mechanischen Fertigkeiten und das klare Urteil des Winterthurer Gießermeisters für seine Arbeiten benutzte. Das Geschäft Sulzers fing an emporzublühen; die Zeit der Ernte schien gekommen. Da loderte die französische Revolution empor. Verheerende Kriege, Brandschatzungen zogen durch die Länder. Handel, Gewerbe und Industrie lagen schwer darnieder. Das Geschäft ernährte keine große Familie mehr. Der Vater überließ seinem 24jährigen Sohne Jakob das Geschäft und wanderte 1806 aus, um an der Saline in Dieuze in Lothringen eine Stellung anzunehmen, die ihm Clais verschafft hatte. Aber sein Lebensmut

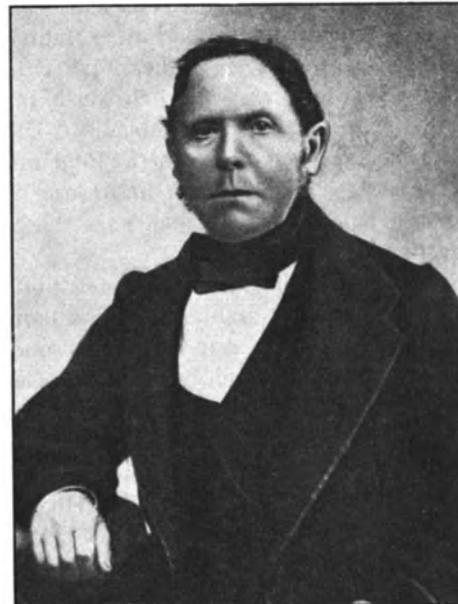
war gebrochen. Auch der Körper hielt dem Leiden nicht mehr stand. Im August 1807 starb er, ohne seinen, auf die Nachricht von dem Krankwerden herbeigeeilten Sohn noch gesehen zu haben.

☞ Jakob Sulzer, dem seine Frau Katharina Neuffert, eine Württembergerin, die ersten Gebrüder Sulzer, Johann Jakob Sulzer, geboren 1806, und Salomon Sulzer, geboren 1809, geschenkt hatte, war nun der Stammvater des emporblühenden Geschlechtes. Sehr klein und bescheiden sah es noch damals in dem einfachen handwerksmäßigen Betriebe aus. Die ganze Messinggießerei hatte 54 qm Fläche. Höchstens einmal in der Woche wurde gegossen. 1823 brachte er es schon auf 60 Ztr. Guß im Jahr, während sein Vater stolz gewesen war, 25 Ztr. in einem Jahre gegossen zu haben. In der mechanischen Werkstatt arbeitete Sulzer mit besonderer Vorliebe an der Drehbank. Holz, Eisen, Messing, Horn und Bein waren die Materialien, die sich hier unter seiner Hand gestalteten. Nur einige wenige Arbeiter beschäftigte er. Die damals überall, auch in der Schweiz, entstehenden Spinnereien waren die besten Abnehmer Sulzers. So stellt sich uns die Firma in dieser Anfangsentwicklung dar als das Muster eines einfachen Handwerks, das die Größe seiner Entwicklung unsichtbar für die Mitlebenden in der Persönlichkeit der heranwachsenden beiden Gebrüder Sulzer in sich trug. Den Kindern sollten die besten Entwicklungsmöglichkeiten geschaffen werden. Zunächst sollten sie in der Vaterstadt lernen, was dort zu lernen war. Johann Jakob Sulzer besuchte die Schulen bis zu ihrem Abschluß und es wird berichtet, daß er in den mathematischen und naturwissenschaftlichen Fächern sich von Anfang an besonders ausgezeichnet habe. In der Werkstatt des Vaters zu helfen, zeichnen zu können, was er sah, war ihm lieber als lateinisch zu lernen. Ein besonderes Fest aber war es für die Söhne, wenn der Gießtag kam. Nach der Schulzeit begann die Lehrzeit beim Vater. Daß er etwas anderes werden konnte als Dreher und Gießer, kam ihm gar nicht in den Sinn. Bei dieser ausgesprochenen Liebe für den technischen Beruf mußte ihm alle Arbeit und Mühe gering erscheinen. Aber Vater und Sohn empfanden bald, daß noch mehr zu lernen sei, als Winterthur bieten konnte. In die Fremde wandern hieß es, sehen und schauen, wie das Handwerk anderswo betrieben wird, vor allem aber zu versuchen, hinter die Geheimnisse des Eisengusses zu kommen. 1827 wanderte Johann Jakob Sulzer nach Handwerksbrauch zu Fuß, von den Seinen ein Stück Wegs begleitet, aus den Toren seiner Vaterstadt hinaus. Zuerst arbeitete er in Bern in einer kleinen mechanischen Werkstatt. An den Abenden suchte er sich an der Gewerbeschule in Bern weiterzubilden, und freudig konnte er ein Jahr später seinem Vater schreiben, daß er in der Prüfung den ersten Preis erhalten habe. Jetzt trieb es ihn weiter. In Frankreich wollte er Eisengießer werden. Der Briefwechsel mit seinem Vater zeigt uns, wie sehr die gesamte Entwicklung der Technik dahin drängte, auch innerhalb dieses kleinen Geschäftes, wenn es auf der Höhe bleiben wollte, den Eisenguß aufzunehmen. Das billige Gußeisen verdrängte überall den teuren Rotguß, und das Holz als hauptsächlichster Maschinenbaustoff hatte seine Zeit ausgedient. Das gußeiserne Zeitalter war hereingebrochen. Im August 1827 schrieb der Vater an seinen Sohn nach Bern: „Ich habe diese Woche durch mein Nachdenken den Eisenguß so rein und weich zustande gebracht, daß man solchen feilen kann wie Messing . . . Ich muß es aber noch geheim halten, sonst würde man mich nötigen, eine Masse zu gießen und hätte keine Zeit und Raum . . . Denke Dir, es gibt beim Drehen mit dem Grabstichel gerollte Späne.“

Sulzer wanderte über Genf nach Lyon und fand hier in einer Eisengießerei



Johann Jakob Sulzer-Hirzel, geb. 16. November 1806, gest. 29. Juni 1883.



Salomon Sulzer, geb. 15. September 1809, gest. 31. Januar 1869.

Die ersten Gebrüder Sulzer.

Stellung. Seiner früh geschulten Beobachtungsgabe gelang es, unauffällig das zu lernen, weshalb er hingekommen war. Wenn auch sein erstes Stück, wie er später erzählte, ihm in die Luft geflogen war, so hatte er doch bald erkannt, worauf es ankam. So wurde der Messinggießer zum Eisengießer. Jetzt drängte es ihn, Paris

zu sehen. War doch diese Stadt, wie wenig andere, damals auch Mittelpunkt der aus England herübergekommenen neuen Technik. In zwei Wochen hatte er die 500 km lange Reise zu Fuß zurückgelegt. 1830 kam er in Paris an und fand nirgends Arbeit. Die Politik ließ dem Franzosen mal wieder keine Zeit, an Industrie und Technik zu denken. Da riet ihm der Vater und gab ihm die Mittel dazu, sich in die damals berühmteste technische Schule „École des arts et métiers“ aufnehmen zu lassen. Eine arbeitsreiche Zeit begann. Besonders aufmerksam wurde dort auf den jungen Mann der Professor Leblanc, der ihn, als Sulzer schweren Herzens, um nicht gezwungen zu sein, länger als irgend notwendig, die materielle Unterstützung seiner Eltern anzunehmen, Lebewohl sagen wollte, als seinen Assistenten annahm und ihm die Möglichkeit bot, gleichzeitig zu lernen und Geld zu verdienen. Hier arbeitete er nun unter anderm vor allen mit Armengaud zusammen, der später durch seine umfassende literarische Tätigkeit jahrzehntelang maßgebenden Einfluß ausgeübt hat. Etwa 1½ Jahre blieb hier Sulzer an der Schule, um dann durch Leblanc in die berühmten Werkstätten von Edwards in Chailott zu kommen. Edwards war Engländer, ein Mitarbeiter von Arthur Woolf, dessen Name in der Bezeichnung „Woolfsche Maschine“ allen Ingenieuren so bekannt ist. Edwards gehört zu den großen englischen Pionieren auf dem Festlande. Er hatte sich Frankreich als Operationsfeld ausgesucht und seine Maschinenfabrik und Eisengießerei genoß bald großen Ruf. Hier hatte Sulzer die denkbar beste Gelegenheit zu lernen. Er muß es verstanden haben, diesem englischen Industrieherrn zu gefallen, denn aus einem seiner Briefe nach Hause erfahren wir, wie sein „neuer Herr sich eine Freude macht, meine Fragen zu beantworten . . . Herr Edwards sagte, ich könne zu ihm kommen, wann ich wolle, ich werde immer Unterhalt bei ihm finden. Er erlaubt mir, von morgens 6 bis abends 9 Uhr in der Gießerei zu arbeiten; die übrige Zeit zeichne ich mit einem Engländer im Bureau des Herrn Edwards. Ich darf Euch sagen, daß ich im Hause in Achtung und Ansehen bin und vieles für mich machen darf; d. h. ich habe die Erlaubnis, von allem zu profitieren, was ich zeichne.“

Kein Wunder, daß bei solcher Stellung Sulzer den Wunsch hatte, auch seinem Bruder hier eine Stellung zu verschaffen. Sein Freund, Professor Leblanc, hatte rege Verbindungen mit der Firma und besuchte seinen früheren Schüler gern ab und zu und freute sich, wie der hier Gelegenheit hatte, das auf der Schule Gelernte in so umfassender Weise in die Praxis umzusetzen. Dampfmaschinen und Arbeitsmaschinen der verschiedensten Industriezweige, besonders für Mühlen aller Art, hydraulische Pressen usw. wurden hier gebaut. Auch Gewehrfabrikation war eingerichtet. Das Eisen lieferten 3 Hochöfen. In der Gießerei standen noch 2 Gußöfen für große Gußstücke.

Wie es inzwischen in Winterthur im väterlichen Geschäft ging, erfahren wir aus prachtvollen Briefen, die Eltern und Söhne miteinander wechselten. Wir fühlen aus ihnen heraus zwischen jedem Worte das Gefühl der innigen Zusammengehörigkeit, der Liebe und Treue, was diese Menschen zusammenhält. Wir freuen uns der Schaffenskraft des Vaters, dieser Lust am vollen Leben. Und zwischen den Briefen der Männer, die von Arbeit und Erfolg reden, und auf der soliden Gegenwart die sichere Zukunft sich erbauen, klingt zwischen hindurch in weichen Akkorden die tiefinnerliche Lebensauffassung der Mutter, die mit ihrem ganzen Herzen an den Ihren hängt. Im September 1830 schreibt sie dem Sohne nach Paris, er möge nicht zu viel arbeiten. „Arbeit ist die Würze des Lebens; wer aber nur, um reich zu wer-

den, sich über Vermögen anstrengt, der ist nicht klug; denn Zufriedenheit des Herzens und Gesundheit sind besser als Gold.“

An Tatsachen, die für unsere Entwicklungsgeschichte wertvoll sind, erfahren wir, daß der Vater Pfingsten 1830 seine neue Gießhütte, vor dem Holdertore bezieht. 2 Gießöfen, von denen der größere 1½ Ztr. faßt, sind hier aufgestellt. Der ganze Bau aber kostete auch 700 Fr. und sei mindestens 1000 Fr. wert. „Von morgens 4 bis abends 8 Uhr lebt alles in mir — schreibt er dem Sohne — Ich bin so gesund wie noch nie.“ Am 4. Juli 1830 abends 9 Uhr vollendete er in der alten Gießhütte den letzten Guß, wie er seinem Sohne am nächsten Tage sofort berichtete. Und er schreibt weiter: „Ich hatte von 4 Uhr morgens an gearbeitet und finde jugendliche Stärke. Kommende Woche arbeite ich im neuen Lokal. Ich fühle mich wie neu geboren. Die Kosten sind zwar groß. Doch wenn je der Fall eintreten sollte, daß wir etwas Größeres kaufen, so kann ich versichert sein, nichts zu verlieren. Im kommenden Jahre empfangen wir Dich in die Arme. Nimm nur mit den Augen alles auf, in allen Gießereien, sei es in Eisen oder Metall.“

Im Sommer 1832 ging auch der 22jährige Salomon Sulzer auf die Wanderschaft. Er war im väterlichen Geschäft ein tüchtiger Gießer geworden und gern wurde er aufgenommen, als er nach München in der Gießerei von Moy Arbeit suchte. Salomon Sulzer, der später auch in der Messinggießerei von Wieland in Ulm arbeitete, wird als ein kluger besonders humorvoller Mensch geschildert. Die Briefe, die er nach Hause schrieb, bezeugen dies. Überaus reizvoll versteht er



Fig. 1. Gießhütte vor dem Holdertor.

München zu schildern und die Nachrichten, die er von Hause erhält, glossiert er oft prächtig humorvoll. Besonders freute sich auch Salomon über die Erfolge seines Bruders in Frankreich. Damals schrieb er an seinen Vater: „Ja wahrhaftig! Wir sehen schönen Hoffnungen entgegen; gebe Gott, daß sie in Erfüllung gehen. Unsere Eintracht und gegenseitige Liebe soll uns stets begleiten und die Knospen, die jetzt stark treiben, bald in herrliche Blüten verwandelt werden.“

Aber auch außerhalb der Familie und im Freundeskreise der kleinen Stadt kümmerte man sich um das Ergehen der beiden Brüder. In erster Linie war es hier ihr alter Lehrer, der Rektor Troll, der über alles auf dem Laufenden erhalten wurde, dessen Rat bei wichtigen Familienbeschlüssen stets zugezogen wurde. Nur einmal, als der Herr Rektor beim Stadtrat ein Stipendium für den Sohn in Paris erwirken wollte, kam er bei dem alten Herrn schlecht an. „Vom Stadtrat möchte ich keinen Heller. Ich kann alles noch selbst bestreiten“ war die Antwort. Rührend dagegen ist es, daß drei Winterthurer Bürger durch den Rektor heimlich 100 Fr. nach Paris schickten, nicht als Unterstützung, sondern als Aufmunterung. Wenn dann die Pariser Briefe eintrafen, weitete sich das Herz des alten Sulzers und zukunftsfröhlich ermahnt er den Sohn, nur ja auch die Theorie zu studieren, die mit eine Hauptsache sei für das Vorankommen. „Tausend Sachen kommen vor, woran man nicht denkt, es einmal in seinem Vaterlande zu brauchen, und dann treten doch Fälle ein, wo man's brauchen kann. Darum trägt keiner schwer, wenn er alles kann. Es ist nicht allein nur wegen Winterthur, die Schweiz ist groß.“ Aber manchmal packt ihn auch die Furcht, andere könnten ihn mit der Einführung der Eisen-

gießerei in Winterthur zuvorkommen. „Es wird Zeit, schreibt er dem Sohne nach Paris, Escher Wyß in Zürich haben auch schon angefangen.“ Und selbstbewußt tröstet er sich: „Wartet nur, bis meine Söhne da sind, es hat nicht jeder einen Sulzerkopf.“ Als im April 1832 die Cholera in Paris ausbrach und die Geschäfte fast zum Erliegen brachte, entschloß sich Jakob Sulzer nach fünfjähriger Abwesenheit die Eltern in Winterthur zu besuchen. Er nahm seinen Weg über Lothringen, wo er in Dieuze das Grab des Großvaters besuchte. Am 19. April 1832 kam er in Winterthur an und schrieb sogleich an seinen Bruder in München: „Sobald ich ein wenig ausgeruht habe, werde ich dem Vater eine Bohrmaschine machen und die Schmelzöfen abändern. Ich denke viel über unsere Lage nach, und es freut mich sehr, daß unsere Eltern so gut stehen. Ich hoffe, daß wir einst glücklich sein werden. Haupt-sächlich empfehle ich dir, alles aufzuschreiben, was Dir neu ist und anwendbar erscheint. Sodann wünsche ich, daß Du in eine Eißengießerei kommen könntest, weil ich sehe, wie ungeheuer viel Eisenguß im Kanton Zürich gebraucht wird. Nach meiner Ansicht wird diese Art Gießerei täglich zunehmen und am Ende für jedes Fach unentbehrlich sein. — Wir müssen darauf sehen, daß nicht ein anderer uns in den Weg kommt; ich werde mein möglichstes tun und bin es auch von Dir überzeugt.“

Von einer ruhigen Erholung, die er damals recht gut hätte brauchen können, war nicht viel die Rede. Die Mutter schreibt an Salomon: „Es ist, seit Dein lieber Bruder hier ist, unruhig in unserm Hause, daß man zu nichts recht kommen kann.“ Alle Welt besuchte ihn und lud ihn ein. Überall muß er technischen Rat geben, Zeichnungen durchsehen oder anfertigen. „Er ist nur für andere; doch gebe ich ihm keine Schuld“ schreibt der Vater. Immer schärfer drängte sich nun die Frage in den Vordergrund, was nun werden sollte. „Ich hätte ihn gerne hier und ließe ihn gerne gehen,“ schrieb der Vater an Salomon. Als er jetzt seinen tatkräftigen lebensstarken Sohn so vor sich sah, schien ihm doch, als ob Winterthur für den zu klein wäre. Er sieht, wie alle Welt sich um ihn reißt. Freilich weiß er auch, daß der Sohn seine Liebe zu Eltern und Bruder aus dem großen Paris wieder mit nach Hause gebracht hat. Aber „wenn er für einen Industrieherrn geboren wäre“?

Schließlich entschied man sich, Jakob Sulzer sollte noch einmal nach Paris gehen. Am 29. Juli 1832 wanderte er wieder nach Zürich. Da bekamen die Eltern die Nachricht, daß die Cholera in Paris wieder stärker als je wüte, und mütterliche Angst und väterliche Besorgnis lassen am andern Tage den Vater nach Zürich nach-eilen, wo es ihm gelingt, den Sohn wieder nach Hause zu bringen. Wie sehr führt auch in diesem Schauspiel der Zufall die Regie.

An Arbeit fehlte es nicht. Zunächst wurde eine Schraubenschneidmaschine, mit der man $1\frac{1}{2}$ —4zöllige Schrauben schneiden konnte, von ihm gebaut. Das war ein Wunderwerk für Winterthur. Das ganze Städtchen lief zusammen, um diese Maschine arbeiten zu sehen. Warum soll man nicht von lästiger Neugierde Nutzen ziehen, dachte der junge Sulzer, und erhob ein Eintrittsgeld von 10 Batzen.

Im September 1832 kam auch Salomon Sulzer zunächst vorübergehend wieder einmal nach Hause, um alsbald nach Gebweiler im Elsaß zu wandern, wo er in den berühmten Werkstätten von Schlumberger, der damals schon 1500 Arbeiter beschäftigte, in Stellung ging. Hier sollte er vor allem auf das gründlichste den Eisenguß kennen lernen. Er fand hier, was er suchte; und freudig konnte er dem Vater, der 1833 bei ihm anfragte, ob er sich nun getraue, guten Eisenguß zu liefern, antworten: „Ihr wißt, daß ich mich niemals über meine Geschicklichkeit groß ge-

macht habe, aber daß ich mich nicht nur getraue, sondern fest überzeugt bin, wenn wir einander helfen, daß es gehen muß.“ Auf Grund dessen, was seine Söhne gelernt hatten, konnte der Vater wohl nunmehr wagen, das ihn damals so groß dünkende Unternehmen einer Eisengießerei in die Wege zu leiten. Am Neujahrstage 1834 beschlossen Vater und Söhne im gemeinsamen Familienrat die Errichtung der Eisengießerei in Winterthur. Salomon sollte noch eine Zeitlang zurück nach Gebweiler gehen, um hier alles für den Bau der Eisengießerei Notwendige noch genau kennen zu lernen und zu studieren.

II. Die Begründung der Firma und deren erster Entwicklungsabschnitt (Biographie der führenden Männer).

Zunächst handelte es sich darum, einen geeigneten Bauplatz zu finden, der die Möglichkeit späterer Erweiterungen bot, und dann vor allem Geld zum Bau zu schaffen. Den Bauplatz fand man in den städtischen Wiesen an der Straße nach



Fig. 2. Eisengießerei an der Zürcher Straße 1834.

Töß. Gegen Zahlung von 600 Fr. konnte Sulzer dieses „ausgedehnte Gelände gegen seine Gießhütte und die anderen Ländereien, die ihm am Holder Tor gehörten, eintauschen. Das Haus „Zum Feigenbaum“, wo die Dreherei untergebracht war, konnte er zunächst noch behalten. Das Baugeld zu schaffen, war schwieriger. Es gehörte damals Mut dazu, in so neuartigen industriellen Unternehmungen sein Geld anzulegen. Schließlich erklärte sich ein reicher Bürger Winterthurs bereit, die erforderliche Summe vorzuschießen. Man konnte mit dem Bau beginnen. Am 5. April 1834 hatte man das Baugelände erworben und bereits am 7. April legte man den Grundstein zur neuen Eisengießerei an der Zürcher Straße Fig. 2. Noch niemand konnte ahnen, daß damit zugleich der Grundstein zu einem unserer heute angesehensten Weltgeschäfte gelegt worden war. Schwere Sorgen waren mit dem Bau verbunden, denn als die erste Auszahlung heranrückte, weigerte sich der Geldgeber, sein Versprechen zu erfüllen. Man mußte mit dem Bauen aufhören und sehen, ob man nicht von anderer Seite das Geld erhalten könnte. Wenn dies nicht gelang, waren die Söhne entschlossen, außerhalb Winterthurs ihre Pläne weiter zu verfolgen. Schließlich erhielt Sulzer die verhältnismäßig geringe Summe zum Bau der bescheidenen Gießerei.

Jetzt ging man rüstig daran, den Bau fertig zu stellen. Im Sommer des gleichen Jahres konnte schon der erste Eiserguß die Gießerei verlassen. Der Anfang war noch recht bescheiden. Zwei Gießer und zwei Tagelöhner war der ganze Arbeiterstamm. An den wenigen Tagen, wo gegossen wurde, genügte ein Pferdegöpel, das Gebläse zu betreiben. Erst 1839 wurde die erste Dampfmaschine hierfür angeschafft, sie stammte aus Mülhausen, hatte 4 PS und wurde damals nicht wenig angestaunt. Das Geschäft ging vorzüglich. Die Textilindustrie, die sich in der Schweiz vorzüglich zu entwickeln begann, war eine gute Kundschaft, die für ihre vielen Maschinen mannigfach verschiedene Gußsachen brauchte, und 1836 konnten schon 12 Gesellen, die alle aus „Preußen“ stammten, beschäftigt werden. Mit der größten Energie arbeiteten Vater und Söhne an der weiteren Entwicklung.

Die Einrichtung der ersten Eisengießerei glich noch ganz der der Messinggießerei. Man goß aus Tiegeln. Die Söhne, die die Vorteile des Kuppelofens aus eigener Erfahrung genau kannten, suchten, zunächst vergebens, ihren Vater zu dieser neuen Einrichtung zu bewegen. Die Widerstände, die sich der schnellen Entwicklung des Geschäftes entgegenstellten, lagen im Begründer der eigenen Firma. Der Schritt vom Handwerk zur Fabrik wurde dem alten Sulzer sehr schwer. Er hatte des Lebens Sorgen kennen gelernt, er wußte, daß mit dem Umfang der Geschäfte die Sorgen zunehmen. Die Ausdehnung des Geschäftes erschien ihm zu schnell. Wenn es so fortgehe, werden sich die Söhne überbauen und schließlich verklumpen müssen. Das waren seine Ansichten. Die Hoffnungsfreudigkeit, die ihn sein Lebenslang erfüllt hatte, verlor sich in der Zeit, die ihm gleichsam die Erfüllung seiner kühnsten Hoffnung brachte. Doch die Söhne waren zu sehr überzeugt von der Notwendigkeit, technisch mit der Welt fortzuschreiten. Und da es mit dem Überzeugen nicht ging, so versuchten sie es mit der List. Sie schafften alles, was zum Kuppelofen gehörte, heimlich heran, und ohne daß der Vater ahnte, was in seiner Gießerei vorging, wurde in der Nacht der Ofen aufgestellt. Gegen die Tatsache, daß nunmehr ein 7 m hoher Kuppelofen in der Gießerei fertig zum Gebrauch dastand, ließ sich nichts mehr einwenden. Als schließlich das prophezeite Unglück sich nicht einstellte, söhnte sich auch der Vater mit der Neuerungssucht seiner Söhne aus.

Schon 1839 war man gezwungen, eine neue größere Gießerei zu bauen und das frühere Gießereigebäude für die mechanische Werkstatt einzurichten. Nun ging es unaufhaltsam vorwärts. Mit größter Energie waren die Söhne bemüht, den Wirkungskreis ihres Geschäftes auszudehnen. Der Vater Sulzer blieb seinem Messingguß treu. Hier konnte er, unterstützt von seinen vielseitigen Erfahrungen, Vorzügliches leisten. Der Eisengießerei widmete sich in erster Linie Salomon Sulzer. In stiller unermüdlicher Arbeit hat er hier für den sich immer weiter ausbreitenden Ruf der Firma gesorgt. Jakob Sulzer, der seit seiner Verheiratung 1836 der schweizerischen Sitte entsprechend, seinem Namen den seiner Frau hinzugefügt hatte, und von da an als Sulzer - Hirzel bekannt ist, wurde immer mehr zum geistigen Leiter des ganzen Geschäftes, im besonderen ließ er sich den Ausbau der eigentlichen Fabrik angelegen sein. In den 40er Jahren reiste er viel im Auslande, besuchte Frankreich, Deutschland und Österreich, später dann auch England. Überall verstand er zu lernen und wertvolle geschäftliche Verbindungen anzuknüpfen.

Diese vielseitige Tätigkeit ließ ihm trotzdem noch Zeit, technischen Unterricht zu geben, hatte er doch selbst in Paris bei Professor Leblanc erfahren, welchen Vorteil eine gute technische Erziehung für das weitere Fortkommen in sich schloß.

An der Gewerbeschule hatte er lange Jahre unentgeltlich den Zeichenunterricht erteilt. Hier lernte er Jakob Brunner, den Leiter einer großen Spinnerei kennen, und mit ihm zusammen begann er sich eingehend um Zentralheizungen zu kümmern. Der Bau eines neuen Gymnasiums in Winterthur bot ihm im Jahre 1841 Gelegenheit, die erste Dampfheizung auszuführen. Der Erfolg dieser ersten Anlage führte zur Begründung der Heizungsabteilung, die sich im engsten Anschluß an die Entwicklung der Gießerei bald zu einem sehr wichtigen Arbeitsgebiete der Firma entwickeln sollte.

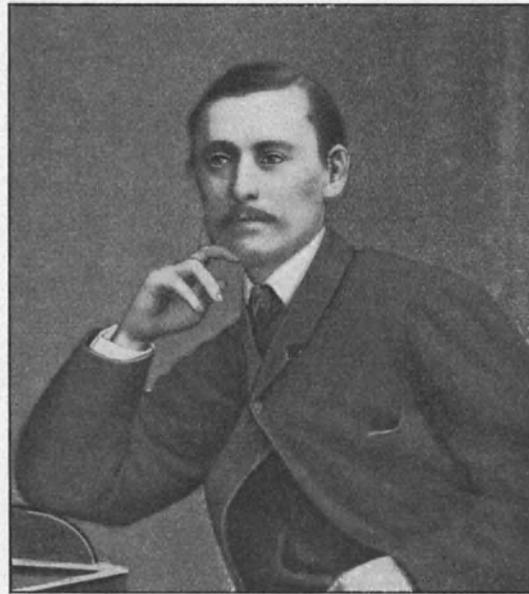
Bald wuchs das Geschäft so an, daß auch die Arbeitskraft des Vaters und seiner beiden Söhne in keiner Weise mehr ausreichen wollte. Hier zeigte sich nun Sulzer-Hirzel als ein glücklicher Menschenkenner, dem es gelang, führende Kräfte seinem Geschäfte zuzuführen, und der es sich mit großem Verständnis angelegen sein ließ, seine heranwachsenden Söhne von vornherein unter dem Gesichtspunkte heranzuziehen, daß sie später in der Lage wären, das Geschäft zu leiten.

Als der erste in der Reihe der Männer, die später an hervorragender Stelle im Geschäfte tätig waren, trat ein junger Schlosser aus Luzern, Kaspar Hodel, 1850 bei Gebrüder Sulzer ein. Hodel war schon 5 Jahre vorher als Schlosser in der Firma tätig gewesen. Er war dann, um noch mehr von der Welt kennen zu lernen, nach Österreich gewandert und hatte dort Arbeit gefunden. Jakob Sulzer hatte die Arbeitskraft des jungen Mannes schätzen gelernt und nun bot er ihm eine Stelle als Monteur und Werkmeister an. Aus dem Briefe, der mit dem Satze beginnt: „Hätten Sie vielleicht Lust, wieder zu uns zu kommen, so würde es uns sehr freuen, denn wir hatten Sie immer recht lieb und achteten Sie“, erfahren wir auch, daß um diese Zeit bedeutende Einrichtungen getroffen waren, „um mit Vorteil Dampfkessel zu verfertigen“. 50 Arbeiter wurden beschäftigt, und in der Eisengießerei gießt man schon zweimal wöchentlich. Ferner erfahren wir, daß ein schöner großer Blechglühofen, „eine Zierde der Werkstatt“ angeschafft wurde. Hodel nahm das Anerbieten an, und 51 Jahre lang hat er seine ganze Arbeitskraft dem Geschäft gewidmet. Vom Werkmeister arbeitete er sich zum Werkstättenleiter und schließlich zum Direktor empor.

1849 besuchte Sulzer-Hirzel zum ersten Male England. Es hatte ihn naturgemäß von jeher sehr nach diesem Lande der Technik gezogen, das fast ein Jahrhundert lang die gesamte Welt durch immer neue große technische Erfindungen und Entdeckungen in Atem gehalten hat. Zwei Monate lang sah er sich die berühmten Werkstätten und Fabriken des Landes an, und staunend nahm er in sich auf die gewaltigen Fortschritte der Industrie, die damals noch der aller anderer Staaten weit voraus war. Immer wieder drängte sich ihm damals die Bedeutung der Dampfkraft auf. Die in den Dampfmaschinen zu unermüdlicher Arbeit herangezogenen riesigen Kohlenschätze Englands waren die treibenden Kräfte der gesamten Industrie. Kein Wunder, daß er, nach Hause zurückgekehrt, sich danach sehnte, den Bau dieser Maschinen selbst aufnehmen zu können. Aber dazu brauchte er Hilfe. Die Leitung des ganzen Geschäftes nahm doch schon zu sehr seine ganze Kraft in Anspruch, als daß er daran hätte denken können, einen so wichtigen neuen Arbeitszweig konstruktiv selbst durchzubilden. Sehr gern hätte er seinen Schwager Gottlieb Hirzel¹⁾, der damals in der berühmten Maschinenfabrik von Maudslay,

¹⁾ Gottlieb Hirzel, geboren in Winterthur am 18. Mai 1828, besuchte die Schulen seiner Vaterstadt und lernte bei seinem Schwager, Sulzer-Hirzel; er ging dann nach Paris an die École Centrale, von hier kurze Zeit nach Wien, wo er seine Ausbildung vollendete. Dann fand er

Sons & Field in London tätig war, als Mitarbeiter gewonnen. Er wollte ihm aber nicht zureden, denn das, was er ihm im günstigsten Falle in Winterthur bieten konnte, schien ihm damals gering zu sein gegenüber dem, was Hirzel in seiner angesehenen Stellung in London erreichen konnte. Aber einen Rat sollte er ihm geben und ihm am liebsten einen tüchtigen englischen Ingenieur vorschlagen. Hirzel nannte einen jungen Ingenieur, der ihm, als er fremd, des Englischen unkundig, bei Maudslay seine Stellung angetreten hatte, freundschaftlich entgegengekommen war, Charles Brown. Charles Brown nahm die Stellung an und reiste 1851 nach der Schweiz. Mit Charles Brown erhielt die Firma ein technisches Genie ersten Ranges. Er gehört zu der großen Reihe jener englischen Ingenieure, die englische Technik über die ganze Erde verbreiteten.



Charles Brown,
geb. 30. Juni 1827, gest. 7. Oktober 1905.

Charles Brown war am 30. Juni 1827 zu Axebridge bei London als Sohn eines Zahnarztes geboren. Sein Vater verzog bald nach Woolwich und dort wuchs der junge Brown zwischen den großen Maschinenwerkstätten auf, durch die er die erste Anregung zum Ingenieurberuf empfing. Von 1845 bis 1851 war er dann bei Maudslay speziell mit dem Dampfmaschinenbau beschäftigt. Ungemein unternehmungslustig, den Kopf voll von neuen großen technischen Ideen, kam er bei der so mächtig emporstrebenden jungen Firma in der Schweiz an den richtigen Platz. Stürmisch drängte er voran, manchmal zu rasch für den kühler denkenden Geschäftsleiter, der sein eigenes Geld zu riskieren hatte. Aber Sulzer wußte, was er

an Brown hatte, und so ging er so weit als irgend möglich auf die Ideen des jungen Feuerkopfes ein. Brown kam aus einer der besteingerichteten Maschinenfabriken der Welt. Was er damals bei Sulzer fand, war eine gut eingerichtete Gießerei und Kesselschmiede, aber keine Maschinenfabrik, die sich auch nur annähernd hätte ihrer inneren Einrichtung nach mit der besten Englands vergleichen lassen. Hier

Stellung in London im großen technischen Bureau von Maudslay Sons & Field, wo er neben Charles Brown arbeitete. 1855 kam er nach Palermo als Erbauer und Direktor der Fonderia Florio, wo er eine sehr selbständige und angesehenene Stellung einnahm. Hier blieb er 5 Jahre, um dann mit seiner Familie nach Zürich zu ziehen, von wo aus er viel nach Winterthur kam. Er lebte dann 6 Jahre in Nurnberg, dann wieder 9 Jahre in Zurich, von wo aus er häufig den Süden Italiens, Neapel, Salerno usw. besuchte. 1877 siedelte er mit seiner Familie nach Italien über, wo er einen Landsitz in der Toscana erworben hatte. Immer noch hauptsächlich mit Ändern und Verbessern von Maschinen beschäftigt. Von 1883 an lebte er abwechselnd in der Toscana, in Zürich und in Winterthur. Bis zu seinem Lebensende war er ein großer Freund von Büchern, und namentlich die Geschichte war ihm stets die größte Freude und Erholung. Er starb in Zürich im April 1904 im Alter von 76 Jahren nach wenigen Tagen heftiger Krankheit.

hieß es zunächst einmal, Werkzeugmaschinen schaffen. Sulzer war damit einverstanden, „aber“, sagte er zu Brown, „Werkzeuge und Maschinen können Sie haben, so viel Sie wollen, aber Sie müssen sie selbst machen.“ So wurde Brown von vornherein als Konstrukteur vor große Aufgaben gestellt. Er baute die denkbar mannigfachsten Werkzeugmaschinen und Dampfmaschinen, er fertigte Spezialmaschinen für die umliegende Textilindustrie. Seine Hauptarbeit aber war die Einführung des Dampfmaschinenbaues. Was er hier geleistet hat, wird an anderer Stelle noch zu betrachten sein.

Wie Sulzer selbst sich zu seinem jungen genialen Konstrukteur stellte, erfahren wir aus einem Briefe an Hirzel vom 26. April 1856, worin er schreibt: „Du hast mir seinerzeit einen guten Rat erteilt, als Du mir Freund Brown empfohlen. Grüße mir die Familie Brown und sage ihr, ich freue mich, in Herrn Brown nicht nur einen fleißigen Mitarbeiter, sondern zugleich einen lieben Freund zu haben.“ Die Bedeutung Browns für das Geschäft reichte über seine Konstruktionen hinaus. Er erzog eine Reihe vorzüglicher Konstrukteure, und der älteste Sohn Sulzer-Hirzels, Heinrich Sulzer (Sulzer-Steiner), der später viele Jahre lang das Geschäft zu leiten hatte, war ein Schüler Charles Browns. Durch die gemeinsame Arbeit dieser beiden Männer entstand dann die berühmte Ventildampfmaschine, die sich die Welt erobern sollte. Leider hielt Brown nicht dauernd bei der Firma aus. Nach 20 Jahre unermüdlicher Arbeit wollte er es mit größerer Selbständigkeit einmal versuchen. Er begründete die heutige Winterthurer Lokomotivfabrik, ohne doch auch hier Ruhe zu finden. Wir finden ihn dann in Neapel Geschützfabriken für Armstrong einrichten, dann war er als Zivilingenieur in Basel tätig und hier schloß 1905 der Tod dem Nimmermüden die Augen. Seine Begeisterungsfähigkeit, seine ungemein vielseitige technische Gestaltungskraft war ihm bis zuletzt geblieben. Und wer, wie der Verfasser, das Glück hatte, ihn noch in seinen letzten Jahren persönlich kennen zu lernen, mußte erstaunt sein über seine geistige Regsamkeit, die den jeweilig neuesten Errungenschaften der Technik mit geradezu leidenschaftlicher Hingebung entgegenkam. Die großen technischen Fähigkeiten verbanden sich in ihm mit einer ungemein anspruchslosen Bescheidenheit, die es schwer machte, ihn dazu zu bewegen, von sich und seinen Arbeiten zu sprechen. Wenn er von früheren Zeiten erzählte, dann rühmte er seinen einstigen Chef Jakob Sulzer-Hirzel und hob immer wieder hervor, wie dessen Tatkraft und großes technisches Verständnis es ihm erst ermöglicht hatten, so erfolgreich zu arbeiten. Und in gleicher Weise lebt auch heute noch das Andenken an diesen genialen Mitarbeiter bei der Firma Gebrüder Sulzer fort.

Am nächsten lag es naturgemäß Sulzer, der so einmütig mit seinem Vater und Bruder zusammenarbeitete, möglichst frühzeitig auch seine Söhne als vorwärtstreibende Kräfte dem Geschäfte zuzuführen. Wie es ihm in gemeinsamer Arbeit mit seinem Bruder möglich gewesen war, den vom Vater überkommenen handwerksmäßigen Kleinbetrieb zu einer Fabrik in unserm Sinne auszubauen, die bald auch über die engeren Grenzen des eigentlichen Heimatlandes hinaus ihr Arbeitsgebiet ausdehnte, so sollte die nächste Generation dazu berufen sein, diese Schweizer Fabrik zu einem die Welt umspannenden Großbetrieb zu entwickeln.

In der Schweiz ist vielleicht weniger Raum für einseitige Heldenverehrung, wie irgendwo anders. Man weiß sehr wohl, daß nicht die Menschen allein, sie mögen so groß sein wie sie wollen, das Schicksal zu bestimmen vermögen. Aber man ist sich auch nach der andern Seite hin klar, welch ungemein wichtiger Faktor für

die Entwicklung jeden Geschäftes die Persönlichkeit ist. Keine noch so vorzügliche Organisation, keine noch so großen Geldmittel, keine noch so vielseitigen Verbindungen vermögen diesen Wert der Persönlichkeit auszuschalten. In der klaren Erkenntnis dieses Wertes liegt eins der wesentlichsten Geheimnisse des Erfolges. Und diesen Wert von vornherein richtig erkannt und seine Handlungen danach eingerichtet zu haben, ist als ganz besonderes Verdienst Sulzer-Hirzels anzusehen. Seine große Menschenkenntnis verstand er nicht nur, wie es sonst so oft vorkommt, bei fremden Menschen, sondern auch bei seinen eigenen Kindern anzuwenden. Es bildet einen ganz eigenartigen Genuß, soweit es noch an Hand der Privatbriefe möglich ist, im einzelnen verfolgen zu können, wie sehr er von vornherein auf das selbständige Arbeiten unter eigener Verantwortung bei seinen Söhnen hinwirkte. Er wußte, wie wenig man mit Vorschriften und Verhaltensmaßregeln erreichen kann. Genau in der gleichen Weise, wie er seinen Vater schon frühzeitig mit Rat und Tat unterstützen durfte, so zog er jetzt auch seinen ältesten Sohn Heinrich Sulzer zu seiner Unterstützung heran. Auch hier wurde wieder der Sohn des Vaters Freund. Sobald als irgend möglich ließ er ihm freie Bahn zum eigenen Schaffen.

Die drei Söhne Jakob Sulzers, Heinrich Sulzer (Sulzer-Steiner), Albert Sulzer (Sulzer-Großmann), Eduard Sulzer (Sulzer-Ziegler) und der Sohn Salomon Sulzers, Jacob Sulzer (Sulzer-Imhoof) wurden die führenden Kräfte in der nächsten Generation. Wenn wir die Ergebnisse ihrer Arbeit besonders nach der technischen Seite hin noch in den folgenden Abschnitten betrachten können, so wird es hier doch am Platze sein, noch kurz im Zusammenhang auf den Entwicklungsgang dieser Männer hinzuweisen. Heute arbeiten ja neben ihnen schon wieder in leitender Stelle ihre Söhne und Schwiegersöhne, über deren Bedeutung und Einfluß auf die weitere Entwicklung des Geschäftes spätere geschichtliche Arbeiten werden zu berichten haben. Als ältester Vertreter der dritten Generation ist hier Carl Sulzer (Sulzer-Schmid), der älteste Sohn Sulzer-Steiners, besonders zu nennen, da er bereits seit den 90er Jahren an der weiteren Entwicklung des Geschäftes hervorragend teilgenommen hat.

Heinrich Sulzer (Sulzer-Steiner) wurde am 19. März 1837 geboren. Nach einer froh verlebten Jugendzeit besuchte er die höhere Schule seiner Vaterstadt. Im 16. Jahre, 1853, trat er als Lehrling in das Geschäft ein, dessen Führung er später übernehmen sollte. Sein Vater und Brown waren ihm zwei vorzügliche Lehrmeister. 1856 ging er nach Karlsruhe, um das dortige Polytechnikum, das sich unter dem berühmten Redtenbacher einen besonders angesehenen Namen gemacht hatte, zu besuchen. Ununterbrochen blieb er im regsten Gedankenaustausch mit seinem Vater. Alle Angelegenheiten des Geschäftes beschäftigten ihn auch in seiner Studienzeit, und oft genug erbat er sich auch für ganz bestimmte Zwecke den Rat der Karlsruher Professoren. 1858 beendigte er seine Studien und ging auf Rat seines Vaters nach Nürnberg, wo er in der Cramer-Klettschen Fabrik, aus der die heutige Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. hervorgegangen ist, arbeitete. Hier war damals Werder tätig, unter dessen hohen technischem und organisatorischem Geschick sich die Firma einen großen Ruf erworben hatte. In Werder fand der junge Sulzer einen besonders hervorragenden Ingenieur, der ihm gern mit seinem Rat zur Seite stand. Über die Ergebnisse seiner hier erworbenen Erfahrungen erstattete Heinrich Sulzer seinem Vater einen ausführlichen Bericht, in dem der folgende Satz für die Anschauungen des jungen Mannes und die weitere

Entwicklung des Geschäftes besonders kennzeichnend ist. Sulzer schrieb: „Was mir in unserem Geschäft seit Jahren als Hauptfordernis erschien, ist die Trennung der Branchen nach ihrem Ertrag. Wir müssen wissen, was die Gießerei, was die Maschinenfabrik, was die Dampfheizungen und Kessel jährlich eintragen; erst dann haben wir einen Leitfaden, wo hinaus man sich vergrößern soll.“

Von Nürnberg aus ging Sulzer nach Triest, wo er durch Verbindung seines Onkels eine Zeitlang im Konstruktionsbureau des Österreichischen Lloyd tätig war. Er benutzte hier zugleich die Gelegenheit, italienisch zu lernen. Technisch konnte er hier einer Anzahl interessanter Arbeiten nähertreten. Vor allem lernte er hier zuerst etwas eingehender den Schiffbau kennen, der dann auch später von seiner Firma aufgenommen wurde. Mit der geschäftlichen Seite war er nicht sehr einverstanden, wenigstens schrieb er an seinen Vater, daß es in Triest ein wenig Gewohnheitssache sei, „die Dinge nur halb fertig zu machen, was ich nicht leiden kann, weil man keine Ordnung in das Zeug hineinbringt und erst noch doppelt soviel Zeit braucht.“ Der Vater legte Wert darauf, seinen Sohn immer wieder von neuem darauf hinzuweisen, daß er überall für seine spätere Stellung im Geschäft zu lernen habe. Aber das tat Jakob Sulzer-Hirzel nicht durch Ermahnungen, sondern durch un-aufhörliches Fragen nach diesem oder jenem, wobei der Sohn in engstem Zusammenhang mit dem Geschäft erhalten wurde und zugleich unmittelbar das Gefühl in sich aufnahm, in wie wertvoller



Heinrich Sulzer-Steiner,
geb. 19. März 1837, gest. 11. Mai 1906.

Weise sich alles das, was er dort trieb, sah und lernte, später im eigenen Geschäft verwerten lassen würde. Das Bewußtsein des Sohnes, schon in so jungen Jahren seinem Vater ratend und helfend zur Seite stehen zu können, spornte naturgemäß seine Tatkraft viel mehr an, als alle gutgemeinten Ermahnungen es hätten fertig bringen können.

Ehe Heinrich Sulzer in das väterliche Geschäft eintrat, sollte er noch England kennen lernen. Die unmittelbare Veranlassung hierzu bot die Bestellung der ersten Räderformmaschine. Die Arbeitsweise der Maschine sollte Sulzer an Ort und Stelle in England studieren. Mit einem Gießermeister reiste er Ende Mai 1859 nach Manchester. Im September folgte ihm der Vater nach und zwei Monate lang bereisten nun Vater und Sohn die wichtigsten Industriegegenden Englands. Besonders interessierten sie sich für Gasanstalten. Da sie selbst bereits eine Gasanstalt für das eigene Geschäft errichtet hatten, wollten sie sich auch auf diesem Gebiet

weiter vervollkommen. Im November kehrte der Vater nach Hause zurück. Heinrich Sulzer blieb noch bis Mitte 1860 in England. Er arbeitete längere Zeit in einer Werkzeugmaschinenfabrik in Leeds und beschloß seinen englischen Aufenthalt mit einer Rundreise durch die schottischen Eisen- und Industriebezirke. Nicht überall konnte er die Überlegenheit der englischen Technik anerkennen. „Der englische Guß“, schreibt er an seinen Vater, „ist durchweg nicht so fein wie der unsrige, und sehr oft oder meistens eingebrannt. Auch mit dem Sand geben sie sich nicht so viel Mühe wie wir.“ Über die Dampfmaschinen schreibt er: „daß die englischen Konstrukteure nicht so raffiniert sind wie bei Gebrüder Sulzer. In England sind die Kohlen billig und da kommt es nicht so genau darauf an, den Dampf zu sparen.“ Damit hatte er auch damals richtig die aus der Not entspringende technische Überlegenheit der Dampfmaschinenfabriken erkannt, die auf Kohlenersparnis besonders hohen Wert legen mußten. Über die Vielseitigkeit seiner Studien und über die Gründlichkeit, mit der er alles auffaßte, was er lernte, geben seine Skizzenbücher den besten Aufschluß. Diese umfangreichen Bücher beziehen sich sowohl auf die Konstruktion als auch auf die mannigfach verschiedenen Betriebseinrichtungen. Meisterhaft ausgeführte Skizzen, die das Wesentliche deutlich erkennen lassen, werden ergänzt durch Text und Zahlenangaben. Wir finden hier die damals neuesten Schiffsmaschinen und Ruderradkonstruktion neben großen Dampfdruckkesseln, mannigfache Angaben über Gasanstalten, die verschiedenartigsten Werkzeugmaschinen und Hebe- und Pressmaschinen, wichtige Notizen aus dem Gebiet der Gießerei, ja auch die so verschiedenartigen Maschinen der Textilindustrie sind ausführlich vertreten. Das, worauf es ihm ankam, war, möglichst viel zu lernen, wer konnte wissen, was später alles für das eigene Geschäft zu verwerten war. Im Februar 1860 schreibt er an seinen Vater: „Meine Aufgabe ist, Dir sobald als möglich die Last in allen Teilen zu erleichtern, und ich muß daher von allen Branchen zusammenraffen, was ich kann, und damit für einige Zeit aus- helfen.“

Abgesehen von diesen eigenen Kenntnissen, die er sich hier erwarb, hatte er seinem Geschäft noch dadurch einen großen Dienst geleistet, daß er seinem Vater vorschlug, seinen Jugendfreund Rudolf Ernst, den er „den Tüchtigsten der jungen Leute, die ich kenne“ nannte, anzustellen. Aus dem Briefe an seinen Vater, der diesen Vorschlag enthielt, lernen wir auch deutlich seine Wertschätzung der Persönlichkeit kennen. „Intelligenz in ein Geschäft zu ziehen“, schreibt damals der 23jährige Sulzer, „kann nie ein Fehler sein, es müßte denn ein ganz hoffnungsloses Unternehmen sein, und das unsrige ist nichts weniger als das. Es gibt nur ein Mittel, ein kompliziertes Geschäft wie das unsrige konkurrenzfest zu erhalten, und dies ist, jeder Hauptbranche einen eigenen tüchtigen Dirigenten zu geben; haben diese dann reüssiert, ihre Kräfte auszudehnen und zu raffinieren, so scheint mir ein solches kombiniertes Geschäft noch vorteilhafter als eines, das nur Spezielles macht, weil beim erstern viele sich sehr summierende Nebensachen im gleichen zu- gehen und es auch Schwankungen weniger ausgesetzt ist.“

Rudolf Ernst, geboren 1836, war mit Heinrich Sulzer zusammen in Winterthur aufgewachsen. Sie hatten ihre Ausbildung bis zu ihrer ersten Stellung als Ingenieur gemeinsam genossen. Dann war Ernst nach Frankreich gegangen. In England trafen sich die beiden Freunde. Der Vater Sulzer kannte seinen Sohn und dessen Freund, und mit Freuden ging er deshalb auf den Vorschlag ein und ebenso freudig folgte Ernst dem Ruf. In fast 30jähriger Arbeit, davon 18 Jahre als ver-

antwortlicher Teilhaber, hat er der Firma hervorragende Dienste geleistet. Zu früh entriß 1890 ein schneller Tod ihn seinem Wirkungskreise¹⁾.

Im Juni 1860 traf Heinrich Sulzer wieder in Winterthur ein. Er fand beide, Vater und Onkel, müde und abgespannt von allzu vieler Arbeit vor. Besonders übel stand es mit der Gesundheit Salomon Sulzers, der, von Kindheit an gesundheitlich zart, von der Last der Geschäfte stark mitgenommen war. Die Rücksicht auf seine Gesundheit zwang ihn dann auch 1867, aus der Firma auszutreten und seinem Bruder das Geschäft allein zu überlassen.

Die Fabrik beschäftigte damals, als mit Heinrich Sulzer die zweite Generation in leitende Stellung kam, etwa 500 Arbeiter und war im steten raschen Emporbühen begriffen. Damals brachten gerade die ersten großen Bestellungen aus dem Auslande eine lebhaftere Geschäftsentwicklung mit sich. Heinrich Sulzer, der in England die zu jener Zeit besonders lebhaftere Entwicklung gezogener Kanonen nach der Bauart Armstrong kennen gelernt hatte, beschloß, diese Fabrikation auch in Winterthur einzuführen. Er diente zunächst in der Schweiz bei der Artillerie, um hierdurch praktisch mit der Verwendung der Geschütze vertraut zu werden. Die Firma bekam Bestellungen auf Munitionslieferungen für die schweizerische Artillerie, und bald begann auch die Bearbeitung von Geschützrohren in den eigenen Werkstätten.

Hatte sich Heinrich Sulzer seiner großen Liebe zur gestaltenden Technik entsprechend in den ersten Jahren sehr eingehend mit der konstruktiven Durchbildung besonders der Dampfmaschinen und dann auch der Heizungen beschäftigt, so zwang ihn die immer weitere Ausdehnung des Geschäftes, hierauf mehr und mehr zu verzichten. Nur die Heizungsabteilung hat er bis zu seinem Tode ausschließlich geleitet. Die Leitung des Gesamtgeschäftes, die ungemein wichtigen sozialen Fragen nahmen seine Arbeitskraft schließlich in der Hauptsache in Anspruch. Unermüdlich tätig, freute ihn ganz besonders das freundschaftliche, gemeinsame Zusammenarbeiten so vieler Glieder seiner Familie, worin er mit Recht die wertvollste Gewähr für eine gesunde Weiterentwicklung sah. Als am 11. Mai 1906 ihn der Tod seiner Firma und seiner Familie entriß, zeigte die allgemeine, weit über die Grenzen seiner Heimat hinausgehende Trauer die große Bedeutung, die er sich durch eigene Arbeit erworben hatte.

Die zielbewußte Tätigkeit Sulzer-Hirzels, sich in seinen eigenen Söhnen Nachfolger zu erziehen, können wir auch ebenso in der Erziehung seiner beiden anderen Söhne Albert Sulzer (Sulzer-Großmann) und Eduard Sulzer (Sulzer-Ziegler) beobachten.

Albert Sulzer-Großmann, am 23. Januar 1841 geboren, besuchte wie sein älterer Bruder die Winterthurer Schulen, um dann als Lehrling im väterlichen Geschäft besonders die Gießerei zu erlernen. Dem Knaben wurde es damals mit der Schule nicht allzu leicht gemacht. Die Lehrlinge hatten morgens von 6 Uhr bis 8 Uhr Unterricht. Dann ging es in die Werkstatt, um nach einer angestrengten Tagesarbeit abends wieder zwei Schulstunden zu erhalten. 1869 war diese Lehrzeit beendet. Nun ging es auf das Polytechnikum in Karlsruhe, wo Redtenbacher nachhaltigen Einfluß auf den jungen Sulzer ausübte. Nach Hause zurückgekehrt, mußte er sich sofort wieder ausschließlich der Gießerei widmen. Aber es sollte nicht nur ein Gießer aus ihm werden, sondern auch der Leiter eines emporstrebenden Unternehmens. Deshalb wurde Albert Sulzer nunmehr in eine kaufmännische

¹⁾ Sein Sohn Richard Ernst ist jetzt Teilhaber der Firma und Leiter der Fabrik in Ludwigshafen.

Lehre, auf eine Bank, nach Basel gegeben. Dann ging es ins Ausland. Zunächst arbeitete er fast ein Jahr in den berühmten Werkstätten von Schneider, Creuzot. Darauf war er in einem großen Eisenhandlungshaus in Glasgow beschäftigt, um dann ausschließlich große englische Gießereien zu besuchen. 1867 finden wir ihn wieder in Winterthur, wo er nunmehr die Gießerei in leitender Stellung zu übernehmen hatte. Hier entwickelte er sich zu einem der ersten Kenner dieses großen technischen Arbeitsgebietes, und ihm in erster Linie ist es zu verdanken, daß die Gießerei der Firma Gebrüder Sulzer heute zu den ersten der ganzen Welt zählt. Naturgemäß konnte er auf die Dauer nicht ausschließlich seine Arbeitskraft diesem Gebiete widmen. Die großen geschäftlichen Fragen seiner Firma fingen an, auch für ihn immer mehr in den Vordergrund zu treten. Heute ist er als der älteste Inhaber der Firma hervorragend an der Leitung des gesamten Unternehmens beteiligt. Aber auch heute noch steht er mitten in seinem Spezialarbeitsgebiet und mit größtem persönlichen Interesse verfolgt er alle neuen Fortschritte und ist unermüdlich bestrebt, seine Firma auch auf diesem Gebiete weiter zu führen.

Von besonderer Bedeutung wurde die von ihm eingeführte wissenschaftliche Durchdringung dieses Arbeitsfeldes, das länger als andere Gebiete dem „reinen Praktiker“ überlassen war.

An die heute mit so vieler Energie einsetzenden Bestrebungen in Deutschland, dem Ingenieur auch eine für die Verwaltung ausreichende Erziehung zu geben, wird man lebhaft denken müssen bei dem Ausbildungsgang Eduard Sulzers (Sulzer-Zieglers).

Einem auf reicher Lebenserfahrung beruhenden Grundsatz hatte Sulzer-Hirzel die Fassung gegeben: „Wenn ein Geschäft reüssieren soll, muß ein unermüdliches Genie für die Technik und ein nicht minderes für die merkantile Richtung präsent sein.“ Folgerichtig wollte er für diese wirtschaftliche Seite seinen jüngsten Sohn Eduard ausgebildet sehen.

Nachdem Eduard Sulzer, geboren am 23. September 1854 in Winterthur, das Gymnasium besucht hatte, begann er 1873 dem Wunsche seines Vaters entsprechend, zunächst 1½ Jahre auf der Universität in Genf Kameralia und Naturwissenschaft zu studieren. „Du sollst“, schrieb 1874 der Vater dem Sohne, „kein eigentlicher Jurist werden, sondern ein Mann von möglichst allgemeiner Bildung, ein hellsehender, klarer, gewiegter Geschäftsmann, in welcher Karriere Du hier eine schöne Basis finden wirst.“ Dementsprechend studierte dann Eduard Sulzer in Heidelberg Jura und vor allem Privatrecht, dann Staatsrecht und Nationalökonomie. Ein Jahr lang besuchte er auch die Berliner Universität. Überall legte er den größten Wert darauf, sich solche Lehrer auszusuchen, die nicht nur durch ihr Wissen, sondern auch durch ihre Persönlichkeit auf ihn einzuwirken vermochten. Nach drei Jahren wohl angewandten Universitätsstudiums lernte er ein halbes Jahr lang den inneren Betrieb des Geschäftes genau kennen. Er, der ein reiches Wissen sich bereits erworben hatte, fing im eigenen kaufmännischen Bureau von unten an, seiner Auffassung getreu: „Es gibt keine unwesentlichen Einzelheiten in einem großen Geschäft.“ Von Kindheit an mit der ganzen Entwicklung der Firma vertraut, war es ihm naturgemäß leicht, sich überall hineinzufinden. Daß es ihm auch an technischen Kenntnissen nicht fehlte, war bei der freundschaftlich engen Beziehung zu seinem Vater und seinen Brüdern sowie deren Mitarbeitern nur natürlich. Auf den Rat seines ältesten Bruders, Sulzer-Steiners, der gerade die Verbindung technischer Kenntnisse mit juristischer und volkswirtschaftlicher Bildung hoch ein-

schätzte, besuchte dann Eduard Sulzer noch auf ein Jahr das Polytechnikum in Dresden. Hier hörte er Zeuner und mit großem Genuß Hartig. Mit großer Energie suchte er oft bis in Einzelheiten hinein sich seine technischen Kenntnisse zu erweitern. Das ging so weit, daß er sich sogar in die Zeunerschen Schiebersteuerungen vertiefte.

Jetzt fehlte ihm noch die kaufmännische praktische Ausbildung. Um diese zu erlangen, arbeitete er eine Zeitlang in einem großen Eisengeschäft in Schottland, um dann Ende 1878 in die Verwaltung des eigenen Geschäftes einzutreten. Er hatte hier zunächst die Kalkulation und Selbstkostenberechnung unter sich. Was den Ingenieuren unangenehm war, suchte man zumeist auf ihn abzuschieben, naturgemäß zuerst alle verwickelten Rechtsfragen. Gemeinsam mit den älteren Brüdern arbeitete er sich so in alle einzelnen Abteilungen des Geschäftes ein, die damals noch nicht so getrennt waren wie heute. Mit großer Liebe beschäftigte er sich auch mit den Arbeiter- und Lohnfragen. Seit 1881 steht er als Teilhaber der Firma mit an der Spitze des Geschäftes.

Sulzer-Ziegler widmete sich von jeher mit besonderem Interesse dem Tunnelbau und befaßte sich auch mit der Durchbildung der von der Firma übernommenen Gesteinsbohrmaschinen.

Von den beiden Söhnen Salomon Sulzers steht heute Johann Jakob Sulzer (Sulzer-Imhoof) mit an leitender Stelle der Firma. Am 30. September 1855 in Winterthur geboren, besuchte er die dortigen Schulen, die damals gerade in einer Umwandlung begriffen waren, wodurch er Gelegenheit hatte, sowohl die humanistische Schule als auch die Industrieschule zu absolvieren. Er besuchte sodann das Polytechnikum in Zürich, wo er 1877 das Diplom als Maschineningenieur erwarb. Darauf ging er nach Dresden, um Zeuner zu hören. Ein Jahr war er sodann im Konstruktionsbureau der belgischen Firma Carels Frères tätig, wo er vor allem im Bau von Dampfmaschinen und Lokomotiven Erfahrungen erwarb. Um sich sodann im Schiffbau auszubilden, nahm er in der Nähe von Glasgow eine Stellung an, wo er Gelegenheit hatte, den Bau von kleinen Seeschiffen und Baggern zu studieren. Von hier ging er zu der berühmten Schiffbaufirma R. Napier & Sons in Glasgow, wo er unter der Leitung des hochangesehenen Dr. Kirk an der Konstruktion der ersten Dreifachexpansionsschiffmaschine sich beteiligte. Ende 1883 kehrte Jakob Sulzer nach Winterthur zurück, um hier an der Seite von Rudolf Ernst sich in dem Bau von Dampfmaschinen, Eismaschinen und dem Schiffbau zu betätigen. Hauptsächlich beschäftigte ihn hier auch die wissenschaftliche Seite des Dampfmaschinenbaues. Zahlreiche wichtige Versuche konnte er durchführen, wodurch die Einführung der Dreifachexpansionsventilmaschine in die Wege geleitet wurde. Nach dem Tode von Rudolf Ernst übernahm er dann 1891 die Leitung der gesamten Abteilung. Gestützt auf zahlreiche Versuche, führte er die Verwendung des überhitzten Dampfes, den man früher schon einmal benutzt hatte, wieder ein und suchte die Dampfmaschine den Bedürfnissen der Elektrizitätswerke, diesen besonders wichtigen Abnehmern, anzupassen. In den Jahren 1902 und 1903 wandte sich Sulzer mehr und mehr dem Studium der Verbrennungskraftmaschinen zu und führte den Bau von Dieselmotoren ein, mit deren weiteren Entwicklung er auch heute noch beschäftigt ist. Auch auf dem Gebiete des Schiffbaues hat er an der heutigen Stellung der Firma hervorragenden Anteil.

Während so die zweite Generation und zum Teil auch schon die dritte in unermüdlicher Arbeit für das Geschäft tätig war, oder sich im Bewußtsein ihrer späteren

Stellung hierfür vorbereitete, zogen sich die Begründer der Firma immer mehr von dem Geschäft zurück. Wir hatten gesehen, wie Salomon Sulzer, der jüngere der beiden Brüder, durch seinen Gesundheitszustand gezwungen war, sich bereits 1867 von dem Geschäfte zurückzuziehen. Er war aber doch zu sehr mit dem Geschäfte, das er begründet hatte, verwachsen, als daß er nicht, soweit es sein Gesundheitszustand erlaubte, sich mit Interesse immer wieder an den Arbeiten beteiligte. Sein lebensfroher Sinn ließ ihn die Leiden seines Körpers immer wieder vergessen. Kurz darauf ereilte ihn von neuem eine schwere Krankheit, von der er sich nicht mehr erholen sollte. Am 31. Januar 1869 befreite der Tod den jüngeren der beiden ersten Gebrüder Sulzer von seinem Leiden, ihn, der in stiller, unermüdlicher Arbeit, die er auch bei allen körperlichen Leiden stets mit Frohsinn und Humor zu vereinen verstand, neben seinem Bruder so viel zum Aufblühen der Firma beigetragen hatte.

Sein älterer Bruder Sulzer-Hirzel, mit weit kräftigerer Gesundheit ausgestattet, blieb noch bis 1872 an der Spitze des Geschäftes. Dann überließ er die Leitung seinen Söhnen, um seinen Lebensabend im Kreise seiner Familie zu beschließen. Aber ihm, der ein ganzes, langes Leben unermüdlich tätig gewesen war, behagte die bloße Beschaulichkeit nicht. Und so sehen wir ihn sein Lieblingsstudium, die Geologie, wieder aufnehmen. Der Industrielle in ihm sprach allerdings auch ein Wort mit. Er wollte feststellen, ob die Schweiz Steinkohlen besitze. Was Kohenschätze wirtschaftlich zu bedeuten hatten, das konnte keiner besser wissen als er, der mit so großem Erfolg den Dampfmaschinenbau aufgenommen hatte. So begann er denn zunächst die hierfür maßgebenden geologischen Werke zu studieren, dann unternahm er Reisen und trat in ausgedehnten Briefwechsel mit Geologen und Industriellen. Schließlich hatte er sich soweit Unterlagen verschafft, daß er sich mit seinen Ideen an den Bundesrat wenden konnte. „Seitdem ich unser Geschäft an meine Söhne übertragen,“ schrieb er am 27. Februar 1873 an den Bundesrat, „habe ich mir die Erforschung der Steinkohle in der Schweiz zur Aufgabe gemacht, nicht um mich in neue Geschäfte zu werfen, sondern weil mir diese Aufgabe im Interesse unseres Vaterlandes zu liegen scheint und weil ich sie als eine Pflicht auffasse.“ Wir erfahren dann weiter aus diesem Schreiben, daß ihn schon 1832 diese Frage der Steinkohlen in der Schweiz beschäftigt habe. Er stellte fest, daß der Steinkohlenverbrauch von 215 403 Ztr. im Jahre 1850 auf 9 196 260 Ztr. im Jahre 1872 gestiegen sei. Den Wert schätzte er auf 18,4 Mill. Frs. und dieser Summe gegenüber seien die Kosten eines Bohrversuches von etwa 100 bis 200000 Frs. als sehr gering anzusehen. Der außergewöhnlichen Schwierigkeiten des ganzen Unternehmens war sich Sulzer wohl bewußt. Er wollte deshalb auch nicht von dem Staat eine finanzielle Unterstützung erreichen, sondern er ersuchte nur um eine Prüfung der Angelegenheit durch die geologische Kommission. Seine Bemühungen wurden durchaus anerkannt. 1875 wurde eine Steinkohlenbohrgesellschaft gegründet und ein Ingenieur von Gebrüder Sulzer, C. Hirzel-Gysi, studierte zunächst in Böhmen die Durchführung derartiger Bohrungen, um dann im September und Oktober 1875 die Bohrungen in Rheinfeldern auszuführen, allerdings ohne jedes Ergebnis, doch auch die Tatsache, daß in der Schweiz keine Steinkohlen zu finden sind, war von großem Wert, denn nur durch diesen groß angelegten praktischen Versuch war es möglich gewesen, diese in wirtschaftlichen und technischen Kreisen früher immer wieder von neuem auftretenden Fragen und Vermutungen endgültig zu erledigen. In technisch-wissenschaftlicher und geologischer Hinsicht war aber dieser Bohrversuch in Rheinfeldern überaus interessant. Persönlich ging

Jakob Sulzer das Scheitern dieser langjährigen Hoffnungen sehr nahe, wenn er sich auch mit den Worten tröstete, „fehlt der Erfolg auch, so habe ich doch der Wissenschaft einen Dienst erwiesen.“ Die Jahre, die ihm noch übrig blieben, verlebte er im Kreise seiner Familie und Freunde in vollster geistiger Frische, die ihn immer wieder von neuem befähigte, an dem Fortschreiten seiner Firma mit geistiger Regsamkeit teilzunehmen. Noch mit 72 Jahren besuchte er die Pariser Weltausstellung vom Jahre 1878, um sich dort an den Fortschritten der Technik zu erfreuen. Vor einem halben Jahrhundert war er als junger Handwerker zu Fuß in Paris eingezogen, jetzt verlieh die Jury der von ihm begründeten Firma zwei große Preise, einen für Dampfmaschinen und einen für Heizungen. Auch seinen alten Freund und einstigen Kollegen von der École des arts et métiers, Armengaud, der einer der angesehensten Zivilingenieure geworden war, traf er hier und die alten Freunde mögen in der Erinnerung an ihre gemeinsame Jugendarbeit sich lebhaft der ungeahnten Entwicklung der Technik, die sie erleben durften, gefreut haben.

Auf einer Reise, die er 1883 nach dem Süden antrat, holte er sich eine verhängnisvolle Erkältung. Nach Hause zurückgekehrt, empfand er, daß sein Leben zu Ende ging. Am 29. Juni 1883 nahm er Abschied von seinen Kindern und Enkeln und hier noch einmal wies er darauf hin, wie notwendig das innige treue Zusammenhalten aller Familienmitglieder auch für das Gedeihen des Geschäftes sei. Ein selten erfolgreiches Leben war ihm, der an diesem Tage die Augen für immer schloß, beschieden gewesen. Von seinem Geist beseelt, konnte die Firma unter gemeinsamer Arbeit vieler hervorragender Männer sich auch nach der technischen Seite hin so vielseitig und mustergültig entwickeln, wie die folgenden Abschnitte zu zeigen haben werden.

Hier sei nur noch zum Schluß dieses Abschnittes zusammenfassend darauf hingewiesen, in wie hohem Grade die hervorragenden Persönlichkeitswerte, die in den Männern entwickelt waren, die hier kurz biographisch betrachtet wurden, das Gedeihen des Gesamtgeschäftes beeinflussen. Wie ungemein vielfältig sind doch die Kanäle, die immer neue Anregungen einem solchen Unternehmen von allen Seiten durch den Geist der Personen, die in ihm tätig sind, zuführen. Von Triest bis Glasgow, von Berlin bis Paris, überall verstehen sie es, das für sie Notwendige herauszusuchen, in sich weiter zu verarbeiten und zu nutzbringendem Schaffen dann wieder zu verwenden. Den Dank, den diese Männer ihren Lehrmeistern schulden, haben sie in reichem Maße durch die vielseitigen Anregungen, die nun wieder von ihnen ausgingen, abgestattet. Bei Gebrüder Sulzer tätig gewesen zu sein, wurde zu einer Empfehlung, die vielen Männern die Wege zu weiterem Fortkommen bahnte. Die Technik läßt sich nicht, ebensowenig wie die Wissenschaft, in den engen Grenzen staatlichen Lebens, wie es sich heute in Europa ausgebildet hat, abschließen. Sie ist im besten Sinne international und so ist auch gerade die Firma, deren geschichtlichen Entwicklungsgang wir hier zu betrachten haben, in ähnlicher Weise wie die großen führenden Fabriken anderer Staaten zu einer vielbegehrten Lehrmeisterin der Technik geworden. Auch von diesem Gesichtspunkt aus gesehen, geht die Wirkung der Männer, die wir hier zu betrachten hatten, weit über die Grenzen ihres eigenen Geschäftes hinaus.

III. Die technische Entwicklung der Hauptfabrikationsgebiete innerhalb der Firma.

A. Kraftmaschinen einschließlich Dampfkessel.

1. Kolbendampfmaschinen.

Seitdem es gelungen ist, die in den Kohlenschätzen der Erde schlummernden Wärmeenergien zu nutzbringender wirtschaftlicher Arbeit heranzuziehen, hat sich unser gesamtes industrielles Unternehmen von Grund aus umgestaltet. Man mag einen Industriezweig nehmen, welchen man wolle, oder irgendein anderes technisches Arbeitsgebiet herausgreifen, immer bildet die Einführung der Dampfmaschine den deutlich erkennbaren Schritt zwischen dem, was war, und dem, was heute ist. Die Bedeutung der Dampfmaschine für unsere gesamte Kultur kann kaum überschätzt werden, denn erst mit der Dampfmaschine war dem Menschen eine von Wind und Wetter unabhängige, leistungsfähige, unermüdliche und verhältnismäßig billige Arbeitskraft in unbegrenztem Umfange zur Verfügung gestellt. Jeder Fortschritt auf diesem Gebiete mußte deshalb für alle anderen Arbeitsgebiete der Technik stets von großer Bedeutung sein. Nur wenige Firmen haben in diesen Entwicklungsgang der Dampfmaschine so fördernd eingegriffen als Gebrüder Sulzer. Wenn in der Neuen Welt die neuere Geschichte der Dampfmaschine mit der Corlissmaschine beginnt, so leitet die Sulzer-Ventilmaschine in der Alten Welt einen neuen Abschnitt ein. Durch ihre Arbeiten an der Dampfmaschine hat sich die Firma ihren internationalen Ruf erworben. Es wird deshalb hier durchaus am Platze sein, gerade über den Entwicklungsgang der Dampfmaschine innerhalb der Firma ausführlicher zu berichten¹⁾.

Mit Rücksicht darauf, daß von der Firma auch seit alters her Dampfkessel gebaut wurden, und in neuester Zeit der Bau von Dampfturbinen und Verbrennungskraftmaschinen erfolgreich aufgenommen wurde, wird es sich empfehlen, das ganze Gebiet der Kraftmaschinen hier einheitlich zusammenzufassen. Danach ergibt sich, wenn wir das Gebiet überschauen, ungezwungen etwa folgende Gliederung. Der erste Entwicklungsabschnitt reicht vom Bau der ersten Dampfmaschine im Jahre 1851 bis zum Jahre 1866, als die erste liegende Sulzer-Ventilmaschine auf den Markt kam. Dieser Abschnitt ist gekennzeichnet durch sehr vielseitige Ausgestaltung der Schiebermaschinen. Wir finden hier alle nur denkbaren Bauarten vertreten, die in ihrer konstruktiven Durchbildung sowohl in der gesamten Anordnung als auch in den Einzelteilen überall die geniale Hand Browns erkennen lassen. In der Beziehung gehen bereits diese Maschinen weit über die normalen Konstruktionsformen dieser Zeit, wenigstens außerhalb Englands, hinaus. Besonders bemerkenswert sind in diesem Abschnitt auch die wiederholten Versuche, die Dampfüberhitzung einzuführen.

Der zweite Abschnitt beginnt mit der Einführung der Ventildampfmaschine. Der freitragende Balken, die Ventilanordnung über und unter dem Zylinder und der Antrieb der auslösenden Steuerung durch eine zur Längsachse der Maschine

¹⁾ Im wesentlichen kann ich hier auf meine Darlegungen in der „Entwicklung der Dampfmaschine“ Bd. II Berlin 1908, zurückgreifen. Die Darlegungen, die ich dort machen konnte, beruhten auf dem Studium der alten Originalzeichnungen und Akten, die mir die Firma seinerzeit in entgegenkommendster Weise zur Verfügung gestellt hatte. Im Rahmen dieser Arbeit aber wird das, was naturgemäß in der „Entwicklung der Dampfmaschine“ an den verschiedensten Orten zerstreut werden mußte, zusammenfassend behandelt werden.

parallele von der Kurbelwelle angetriebene Steuerwelle sind kennzeichnende Merkmale der neuzeitigen liegenden Dampfmaschine geworden.

Der dritte Abschnitt umfaßt die weitere Vervollkommnung der Dampfmaschine in wärmetechnischer Hinsicht. Hatte man schon in dem ersten Entwicklungsabschnitt sehr interessante Zweifachexpansionsmaschinen, Woolfsche Maschinen und auch Verbundmaschinen ausgeführt, so ging man jetzt zur endgültigen Einführung der neuzeitlichen Verbundmaschine und dann auch der Dreifachexpansionsmaschine, die, zuerst im Schiffsmaschinenbau heimisch geworden, auf diesem Gebiete einen großen Fortschritt zuwege gebracht hat.

Die neueste Zeit brachte dann die endgültige Einführung der Dampfüberhitzung. Gleichzeitig ist in konstruktiver Hinsicht dieser Entwicklungsabschnitt gekennzeichnet durch die Zusammenfassung großer Arbeitskräfte innerhalb einer Maschine. Es entsteht die Großdampfmaschine, unter besonderer Anpassung an die Bedürfnisse der großen Elektrizitätswerke. Neben der früher allein herrschenden liegenden Dampfmaschine entstehen jetzt auch riesige stehende Dampfmaschinen.

Während so die Kolbendampfmaschine in unablässiger Arbeit zu einer Höhe der Entwicklung geführt wurde, von der man sich kaum vorstellen konnte, daß sie noch wesentlich zu überbieten war, wurde in der Dampfturbine eine seit alters her versuchte andersartige Dampfausnutzung für Kraftzwecke zur endgültigen technischen und wirtschaftlichen Lösung gebracht. Die Dampfturbine trat ihren Siegeszug an und veranlaßte auch Gebrüder Sulzer, ihren Bau aufzunehmen. Gleichzeitig wurde von seiten der Firma mit größter Aufmerksamkeit die Entwicklung im Gasmaschinenbau verfolgt. Die angestellten Versuche beweisen, wie eingehend man sich auch hiermit beschäftigt hat. Der Bau wurde aber doch nicht aufgenommen, dagegen fand man in dem Dieselmotor, der bei seinem Entstehen in der gesamten technischen Welt das größte Interesse gefunden hat, ein neues Arbeitsgebiet, wo die Firma selbst auch bald daran ging, sich an der weiteren Entwicklung zu beteiligen.

Im Anschluß hieran könnte man die Frage aufwerfen, warum die Firma sich nicht auch an dem zu so großer Bedeutung gelangten Bau von Wasserturbinen beteiligt habe. Der Gedanke liegt für eine Schweizer Firma ja ganz besonders nahe und hat in der Tat auch die Leiter mehrfach beschäftigt. Die Befürchtung, sich zu weit zu zersplittern, und vor allem wohl auch der Wunsch, mit den andern Schweizer Firmen, die Wasserturbinen bauen, die engen freundschaftlichen Beziehungen nicht zu trüben, führte bisher dazu, sich auf die Wärmekraftmaschinen zu beschränken.

Sehen wir uns nunmehr die technische Entwicklung im einzelnen etwas näher an, wobei naturgemäß die neueste Entwicklung nur gestreift werden kann, da sie noch zu sehr der Gegenwart angehört.

a. Erster Abschnitt (1851 bis 1866).

Als Charles Brown 1851 nach Winterthur kam, fand er eine kleine 4 pferdige Maschine vor, die aus Mülhausen stammte und mit dem Meyerschen Expansionsventil ausgerüstet war. Das Diagramm, Fig. 3, zeigt in der Kurve I den Zustand der Maschine, der, so unmöglich er uns heute erscheinen will, doch mehr oder weniger dem der meisten damaligen Schiebermaschinen entsprochen haben mag. Die Kanäle waren viel zu eng, die Schieber hatten keine Überdeckung und arbeiteten noch ohne Voreilen. Soweit es bei der alten Maschine zu machen war, verbesserte Brown die Dampfverteilung mit dem Ergebnis, das in Kurve II und III dargestellt

ist. Damit hatte er zugleich auch gezeigt, was mit dem damals außerhalb Englands noch wenig angewandten Indikator im Dampfmaschinenbau zu machen war. Auch in England wußten noch verhältnismäßig wenige Firmen mit diesem für die ganze Entwicklung der Dampfmaschine so überaus wichtigen Instrument umzugehen. Bei Maudslay aber hatte Brown den Indikator in seiner verschiedensten Verwendung schätzen gelernt und ihn deshalb auch sofort in Winterthur eingeführt. Damit hatte er die Möglichkeit gewonnen, gleichsam in das Innere der Maschine hineinzusehen, die Arbeitsweise ihrer inneren Organe zu studieren und dementsprechend seine Maßnahmen zu treffen.

Es galt nun zunächst, eine Anzahl für die unmittelbare Verwendung in der Industrie besonders geeigneter Dampfmaschinenbauarten zu schaffen. Eine ganze Anzahl, in ihrer konstruktiven Durchbildung bereits sehr interessanter Dampfmaschinen stehender und liegender Bauart entstanden in den 50er Jahren bei Gebrüder Sulzer. Die gewerblichen Betriebe begnügten sich damals noch mit sehr

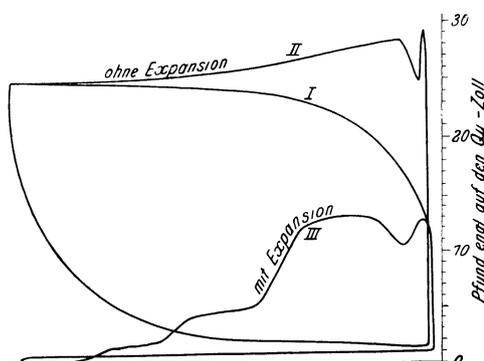


Fig. 3. Diagramm einer Schiebermaschine 1853.

geringen Arbeitsleistungen. Mit den Augen unserer heutigen Zeit gesehen, handelte es sich zwei Jahrzehnte lang nur um „Kleindampfmaschinen“. Eine der ersten Aufstellungen Sulzerscher Dampfmaschinen umfaßt 12 Größen von $\frac{1}{2}$ bis 25 PS. Von 3 PS an wurden neben den stehenden Bauarten auch liegende Maschinen, bei denen der Maschinenrahmen schon sehr interessante Durchbildungen aufweist, gebaut. Die stehenden Maschinen waren entweder sog. Bockmaschinen oder Hammermaschinen. Auch hier zeigt das Maschinengestell schon Formgebungen, die von denen ihrer Zeitgenossen sich vorteilhaft unterscheiden. Bemerkenswert ist ferner das Bestreben, die Dampfmaschinen mit verschiedenen Arbeitsmaschinen zu einer einheitlichen Gesamtmaschine zu vereinigen, wie wir es heute mit Hilfe des Elektromotors in so viel bequemerer Form zu erreichen vermögen. So finden wir liegende Dampfmaschinen mit Zentrifugalpumpen oder Zentrifugen auf gemeinsamer Grundplatte gebaut. Auch Dampfmaschinen in unmittelbarer Verbindung mit dem Kessel wurden in dieser Zeit für gewerbliche Betriebe hergestellt. Stehende Dampfmaschinen, zusammengebaut mit einem stehenden Kessel, wurden in Größen von 1 bis 10 PS gebaut. Die Umlaufzahl der Maschine lag zwischen 150 und 100 in der Minute. Eine sehr interessante Kleindampfmaschine, bei der eine liegende Dampfmaschine auf dem Kessel angeordnet ist, zeigt Fig. 4 und 5. Den Dampf verteilt hier ein auf dem Zylinder angeordneter Drehschieber, der von einem Beharrungsregler, mit dessen Konstruktion sich Brown bereits Ende der 50er Jahre und Anfang der 60er Jahre befaßt hat, beeinflusst wird¹⁾.

Auch Lokomobilen, mit fahrbarem Untergestell oder auf Tragfüßen angeordnet, wurden schon in dieser Zeit ausgeführt. Um die Lokomobile auch in Betriebe einzuführen, die sie nur vorübergehend brauchten und sich deshalb zu einem Kauf nicht entschließen konnten, gab man sie auch mietweise ab.

¹⁾ s. Matschoß, Die Entwicklung der Dampfmaschine, Berlin 1908, Bd. II S. 200 und 201.

Sulzers und Browns freundschaftliche Beziehungen zu dem großen elsässischen Gelehrten Hirn, durch dessen berühmte Versuche die Aufmerksamkeit von neuem auf die inneren Wärmevorgänge der Dampfmaschine gerichtet wurde und unsere Kenntnis auf diesem wichtigen Gebiet sehr beträchtlich erweitert wurde, mögen mit dazu die Veranlassung gegeben haben, auch nach dieser Richtung hin eingehende Versuche zu machen. Hierhin gehört in erster Linie die Benutzung der Expansion des Dampfes in mehreren Zylindern und die Dampfüberhitzung.

Die Woolfschen Maschinen mit 2 Zylindern galten Ende der 50er Jahre als die besten Maschinen, wenn große Kraftleistungen verlangt wurden. Sie brauchten wenig Kohlen und hatten gleichmäßigen Gang. Wir finden deshalb Woolfsche Maschinen vor allem in der Textilindustrie. Gute Woolfsche Maschinen aber zu bauen, war ein Vorrecht nur sehr weniger hervorragender Maschinenbauanstalten. Hierher gehört in erster Linie wieder die Firma Gebrüder Sulzer, deren von Brown konstruierte Woolfsche Tandemaschinen mit Zwischenüberhitzung in den 60er Jahren sehr beachtenswert sind.

Mit einer derartigen 60 PS-Dampfmaschine, die in einer Spinnerei in Betrieb gewesen ist, wurden 1863 ausgedehnte Versuche angestellt. Die Maschine (350 bzw. 750 mm Zyl.-Durchm. und 900 mm Hub; Zylinderverhältnis 1:4) lief mit 30 Uml./min und leistete bei 5 bis 5½ at Dampfspannung 80,8 PSi, von denen 42,4 auf den Hochdruck- und 38,4 auf den Niederdruckzylinder entfielen. Bei 95 bis 100° C Zwischenüberhitzung und sechsfacher Verdampfung wurden 1,57 kg Kohlen für 1 PSi-st verbraucht.

Die 15 pferdige Tandemaschine von Jahre 1865 (Zyl.-Durchm. 216 bzw. 375 mm, Hub 690 mm, Zylinderverhältnis 1:3) lief mit 65 Uml./min. Die Zylinder, Fig. 6 bis 9, liegen unmittelbar hintereinander. Der Deckel des Niederdruckzylinders dient zugleich als Verbindungsstück zwischen beiden Zylindern. Den Dampf verteilen seitlich angebrachte, von der Kurbelwelle aus durch Exzenter angetriebene Schieber. Der Niederdruckzylinder arbeitet mit fester Expansion. Die Füllung im Hochdruckzylinder kann vom Regulator aus durch ein vor dem Muschelschieber liegend angeordnetes Rohrventil beeinflusst werden. Das Ventil

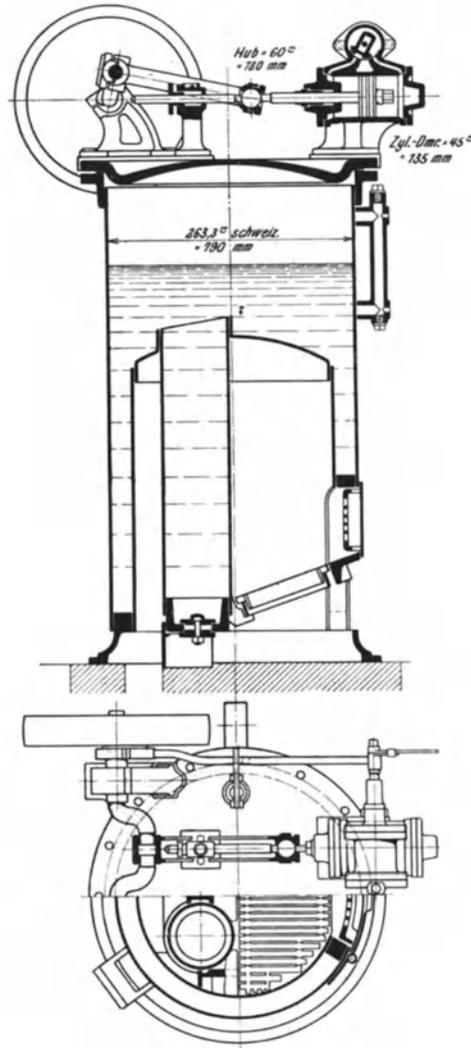


Fig. 4 und 5.
Kleindampfmaschine von Sulzer 1862.

wird mit unrunder Scheibe und einer Ausklinkvorrichtung betätigt. Diese Scheibe wird von einem Porterregulator aus mit Hilfe eines Wendegetriebes, das aus vier konischen Zahnrädern besteht, verdreht. Der Dampf strömt vom Kessel durch den auf den Niederdruckzylinder senkrecht aufgebauten Zwischenbehälter zum Hochdruckzylinder, von da durch die 352 Röhren ($\frac{3}{8}$ Zoll engl. Durchm.) des Zwischenbehälters, die somit vom Kesseldampf umspült werden, und gelangt dann in den Niederdruckzylinder. Von hier strömt er nach getaner Arbeit in den unter

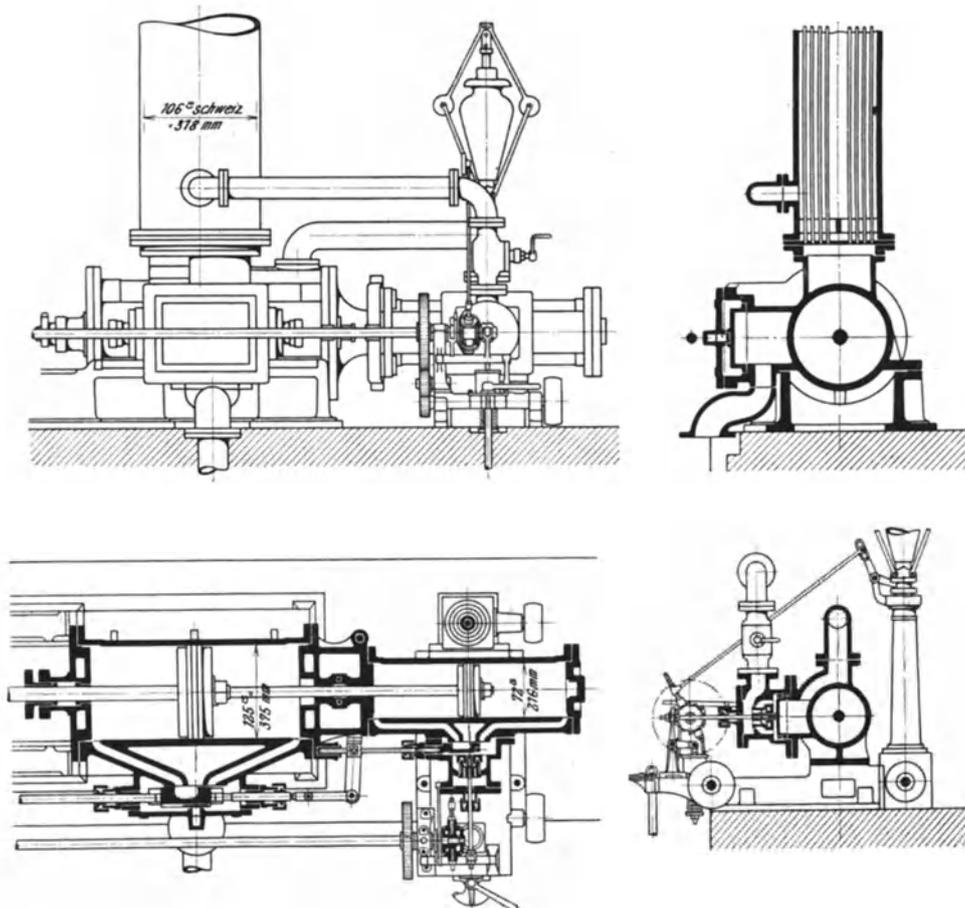


Fig. 6 bis 9. Woolfsche Maschine von Gebr. Sulzer 1865.

der Maschine liegenden Kondensator, der aus einem weiten, nach der Luftpumpe zu abfallenden Rohr besteht. Die Gesamtanordnung weicht sonst nicht von der damals üblichen ab, nur ist im Gegensatz zu sonstigen Ausführungen eingleisige Kreuzkopfführung, wie bei Schiffsmaschinen üblich, angewandt.

Die Zylinderanordnung einer 1866 ausgeführten 40 pferdigen Woolfschen Maschine zeigen die Fig. 10 bis 12. Die Maschine ist noch heute im Betrieb. Der Zwischenbehälter liegt hier unter dem Zylinder; er stützt sich mit breiten Füßen auf das Fundament und trägt die Zylinder. Im Niederdruckzylinder wird der Dampf durch über und unter dem Zylinder angeordnete Schieber, beim Hochdruckzylinder

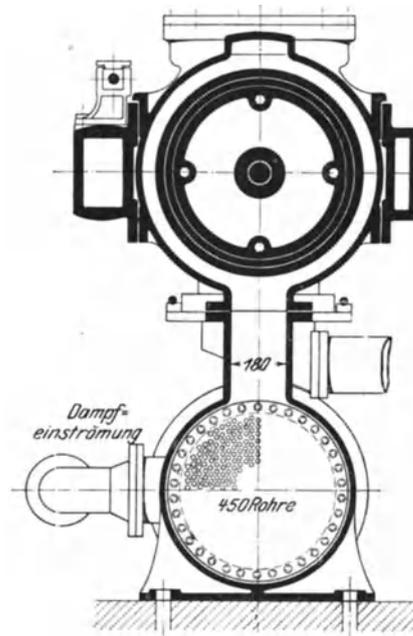
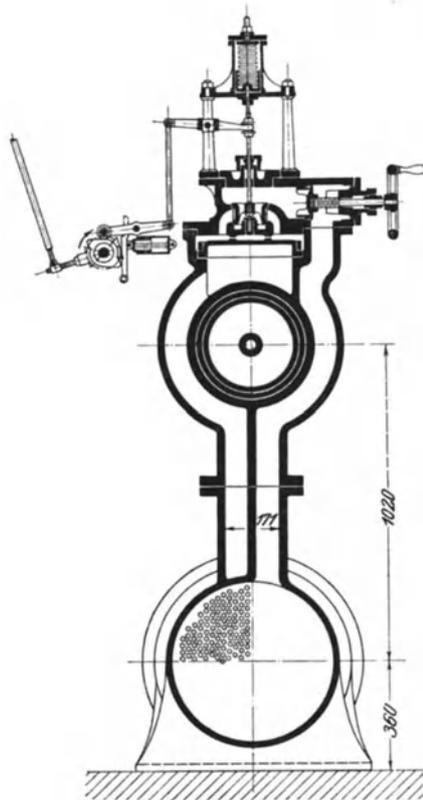
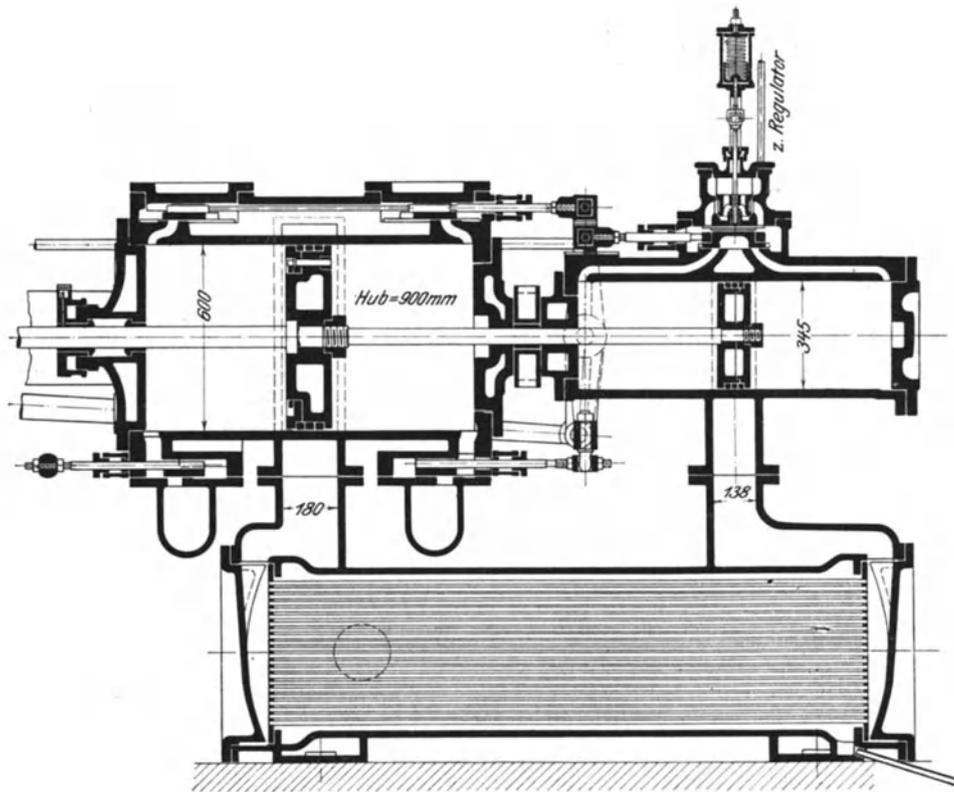


Fig. 10 bis 12. Woolfsche Maschine von Gebr. Sulzer 1866.

durch Muschelschieber und darüber angebrachtes Expansionsventil verteilt. Eigenartig ist auch der Aufbau der Maschine. Ein freitragender Balken verbindet das Kurbellager mit der ganz aufliegenden Kreuzkopfführung, von der aus ein zweiter kürzerer und schwächerer Balken zum Niederdruckzylinder führt. Der Niederdruckzylinder liegt somit zwischen zwei Geradführungsbalken, deren Mittellinie in der Höhe der Zylindermittellinie liegt. Die Schieberbewegung wird von einem Exzenter mit Hilfe eines halbkreisförmig den Hochdruckzylinder umfassenden Schwinghebels abgeleitet. Die Maschine wurde 1906 indiziert. Die Diagramme, Fig. 13 und 14 zeigen die Arbeitsweise (Zyl.-Durchm. 345 bzw. 600, Hub 900 mm, Zylinderverhältnis 1:3,14, 52 Uml./min).

Neben diesen Woolfschen Maschinen baute man aber bereits in den 60er Jahren Verbundmaschinen sowohl für Ruderradschiffe, bei denen die Zylinder, unter 90° geneigt, zu beiden Seiten der über ihnen angeordneten Kurbelwelle liegen, als auch für Fabrikbetriebe, bei denen man die stehende Bauart benutzte. Sehr bemerkenswert ist hier besonders die 1867 erbaute Verbundmaschine, die, für die eigene

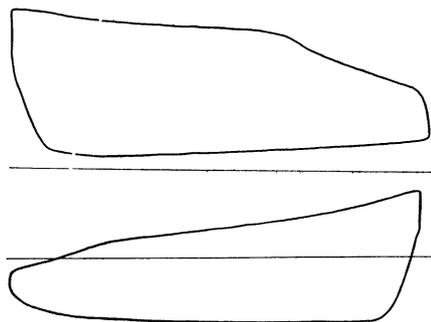


Fig. 13 und 14.
Diagramme zur Woolfschen Maschine.

Werkstatt bestimmt, dazu ausersehen war, durch Versuche Vorteile und Nachteile der neuen Bauart festzustellen. Beide Zylinder (315 bzw. 600 mm Zyl.-Durchm., 690 mm Hub, Zylinderverhältnis 1:3,6), Fig. 15 und 16, sind mit Dampfmänteln versehen, die ebenso wie der Zwischenbehälter vom Kesseldampf geheizt werden. Der über der Maschine angeordnete, schmiedeeiserne Zwischenbehälter, den ein gußeiserner Mantel umgibt, enthält noch quer durchgehende Stützen, um die Wärmeabgabe des Heizedampfes zu vergrößern. Für den Nieder-

druckzylinder ist ein Pennscher Schieber mit zweifachem Dampfweg vorhanden, beim Hochdruckzylinder ein einfacher Muschelschieber, vor dem eine Drehschieberausklinksteuerung angebracht ist. Ein oszillierender Drehschieber wird unter Zwischenschaltung einer Ausklinkvorrichtung, die vom Regulator durch Verstellen eines Anschlagdaumens beeinflusst wird, durch unrunde Scheiben von der Kurbelwelle aus angetrieben.

Die Ergebnisse dieser Versuchsmaschine waren nicht ungünstig, übertrafen aber zunächst noch keineswegs im Brennstoffverbrauch die inzwischen mit größtem Erfolge eingeführten Ventilmaschinen, die mit Expansion in einem Zylinder teilweise überraschend geringe Verbrauchszahlen aufzuweisen hatten. Man glaubte deshalb, weitere Fortschritte durch höhere Dampfdrücke und weitgehende Expansion in einem Zylinder und nicht durch Verteilung der Expansion auf mehrere Zylinder erreichen zu können. Das war damals auch die Ansicht bedeutender Vertreter der Wissenschaft, und die eingehenden Versuche, wie sie Linde an einer Sulzermaschine in Augsburg 1871 angestellt hatte, schienen dieser Auffassung Recht zu geben. Die Folge war, daß die in den 60er Jahren so vielfach versuchte Mehrfachexpansionsmaschine in den 70er Jahren gegenüber der Einzelzylindermaschine zunächst ganz zurücktrat.

Gleichzeitig mit dem Bau der Zweifachexpansionsmaschinen ging man auch daran, Dampfüberhitzung einzuführen. Die treibende Kraft bei dieser Einführung

war Gottlieb Hirzel, der Schwager Jakob Sulzers und der Freund Browns. Die ersten Ausführungen reichen bis zum Jahre 1862 zurück. Als Überhitzer benutzte man gußeiserne Rohre, mit kurzen gegeneinander versetzten Längsrippen. Form und Einbau dieser Überhitzer bei einem 1864 erbauten Walzenkessel zeigen die Fig. 35 bis 37, S. 189. Sie lassen auch gleichzeitig die Bauart der damals von der Firma am meisten ausgeführten Walzenkessel mit Treppenrostfeuerungen und zwei oben liegenden Speisewasservorwärmern erkennen. Der Kessel mit seinen Überhitzern ist noch bis vor wenigen Jahren in Betrieb gewesen. Auch bei den Lokomobilen versuchte man damals schon Dampfüberhitzung bei Gebrüder Sulzer zu benutzen. Die Fig. 17 und 18 zeigen eine dieser Konstruktionen aus dem Jahre 1862. Der Überhitzer ist hier in die vom Wasser überdeckte Rauchkammer eingebaut, eine Anordnung, wie sie bei den neuesten Lokomobilen wieder üblich ist. Die Dampf-

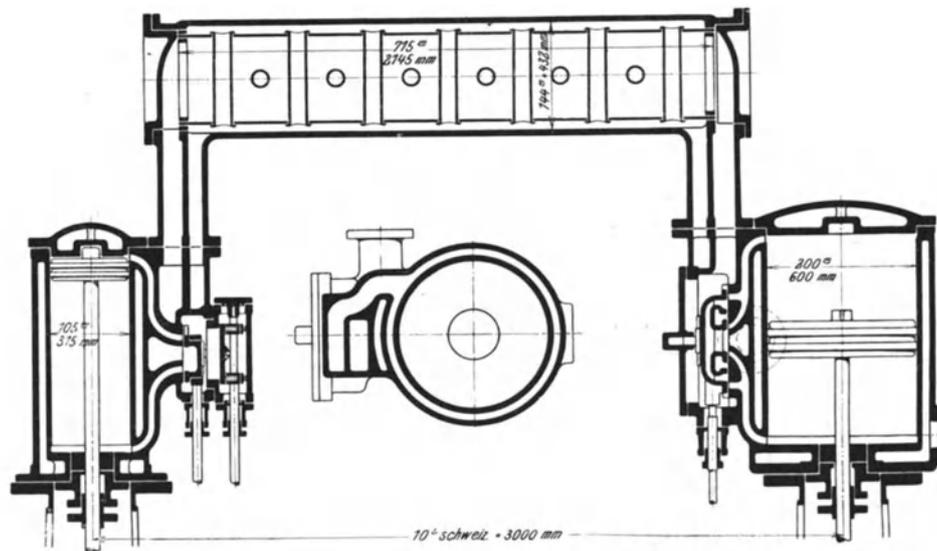


Fig. 15 und 16. Verbundmaschine von Gebr. Sulzer in Winterthur 1867.

verteilung geschieht durch einfache Muschelschieber, die Regulierung erfolgt durch einen Schwungringregulator, der, parallel zu der Zwillingmaschine genau in der Mitte des Kessels angeordnet, unmittelbar auf einen Drosselschieber wirkte.

Hirzel, der, auch mit Hirn befreundet, schon damals alles daran setzte, der Dampfüberhitzung die Wege zu bahnen, gelang es, eine größere Zahl dieser Anlagen, besonders im Elsaß und in Italien, auszuführen. Seine kühnen Erwartungen teilte man von seiten der Firma allerdings noch nicht. Man überließ deshalb vollkommen seiner Initiative, die Überhitzung einzuführen, und begnügte sich, seinen Angaben entsprechend die Anlagen auszuführen. Bemerkenswert ist, daß Hirzel in ähnlicher Weise wie Watt und Corliß, um dieser Neuerung Eingang zu verschaffen, vom festen Verkaufspreise absah und sich meistens von der erzielten Kohlenersparnis bezahlt machte. Ganz besonders interessant aber ist es, daß diese frühzeitige Anwendung der Überhitzung mittelbar die Veranlassung gegeben hat zur Sulzerschen Ventilmaschine, mit der ein wichtiger Abschnitt in der Entwicklungsgeschichte eingeleitet werden sollte.

b. Die Ventildampfmaschine.

Bisher hatte man ausschließlich alle möglichen Arten von Schiebersteuerungen gebaut. Neben den einfachen Muschelschiebern wurden die damals bekannten Expansionsschiebersteuerungen, in zum Teil sehr bemerkenswerter Form verändert, angewandt. Wir finden Meyersche Expansionsschieber mit rechtem und linkem Gewinde, die lange vor Meyer auch der große Schweizer Ingenieur Bodmer angegeben hatte, und ebenso den von Bodmer ebenfalls herrührenden, heute unter dem Namen Riderschieber bekannten Expansionsschieber. Den Grundgedanken der Farcotsteuerung finden wir in einer Schleppschiebersteuerung, bei der statt der drehbaren Daumen in der Längsrichtung verschiebbare Keile ausgeführt wurden. Aber mit all diesen Schiebersteuerungen wollte sich der überhitzte Dampf schwer befreunden. Brown wollte es daher einmal mit dem Ventil versuchen,

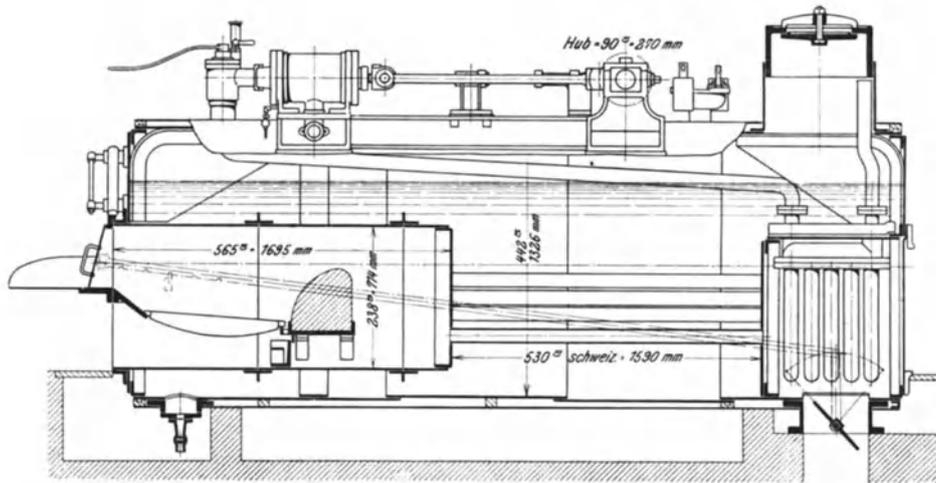


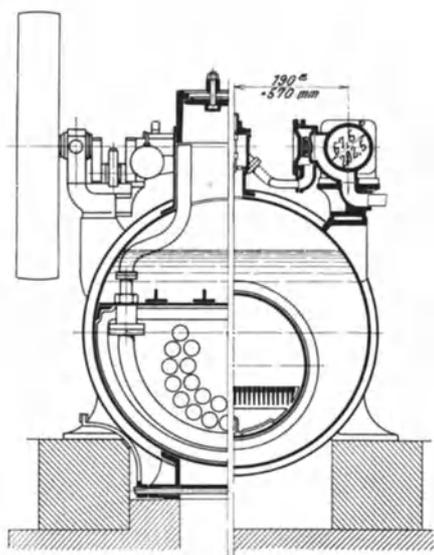
Fig. 17 und 18. Lokomobile mit Dampf-

das, von alters her bei den großen Wasserhaltungsmaschinen und auch Fördermaschinen verwendet, ihm aus seiner englischen Zeit sehr wohl bekannt war. Seinem konstruktiven Geschick gelang es, im Verein mit Heinrich Sulzer, aus dem allgemein üblichen Glockenventil das für die Ventilmachine seitdem kennzeichnende Rohrventil zu bilden.

Der Firma Bestreben, eine neue, den Betriebsanforderungen mehr als bisher entsprechende Steuerung zu schaffen, wurde noch durch die Berichte über die großen Erfolge der Corlißmaschine wesentlich unterstützt. Der Ruf von den günstigen Ergebnissen, die Corliß mit seinen Maschinen in Amerika erreicht hatte, legte den Wunsch nahe, in Europa das Gleiche auf anderem Wege zu erreichen. Hier wurde nicht minder als in Amerika das Bedürfnis nach einer vom Regulator leicht beeinflussbaren Steuerung empfunden. Dies alles führte dazu, daß Gebrüder Sulzer schon anfangs der 60er Jahre sich sehr eifrig mit der Konstruktion von Ventilmachines beschäftigten, bei der vom Regulator aus der Füllungsgrad eingestellt werden sollte.

Die erste Sulzermaschine, bei der man Ventile benutzte, wurde 1865 fertiggestellt. Es war eine für damalige Verhältnisse sehr starke Maschine von etwa

160 PS. Der Zylinder stand unten und arbeitete auf eine oben liegende Kurbelwelle mit mächtigem Schwungrad. Die Welle wurde getragen von einem gußeisernen Rahmen, der sich auf zwei gußeiserne Säulen, die neben dem Zylinder aufgestellt waren, sowie auf die Mauern des Gebäudes stützte. Die Maschine hat von 1865 ohne Unterbrechung bis 1904 in der Spinnerei von Blumer & Biedermann zu Bülach bei Winterthur in angestrengtem Dienst gestanden. In dankenswerter Weise haben Gebrüder Sulzer sie dem Deutschen Museum in München überwiesen, wo sie heute als ein Meisterwerk aus der damaligen Zeit die Möglichkeit bietet, den Stand des Maschinenbaus in den 60er Jahren zu studieren. Die Dampfverteilung geschieht hier durch vier Ventile, die zu beiden Seiten des Zylinders oben und unten angeordnet sind. Die Steuerung hat noch nichts mit der auslösenden



überhitzung von Gebr. Sulzer 1862.

Heinrich Sulzers gelang es, eine in verschiedenster Hinsicht neuartige Dampfmaschine zu schaffen, die maßgebenden Einfluß auf die weitere Entwicklung gehabt hat. Diese erste eigentliche „Sulzermaschine“ zeigt Fig. 19 bis 23 in der Ausführung, wie sie zuerst 1867 auf der Pariser Ausstellung die Aufmerksamkeit weiter Kreise erregte. Neu war vor allem der freitragende hohle Gußbalken mit Rundführung und der unmittelbare Antrieb der über und unter dem Zylinder angeordneten Ventile von einer längs der Maschine in Höhe der Zylinderachse gelagerten Steuerwelle, von der die Ventile mit Hilfe schräggestellter Steuerstangen bewegt wurden. Die konstruktive Ausbildung des Balkens mit Rundführung rührte in der Hauptsache von Charles Brown her, während Heinrich Sulzer die für alle späteren Ausführungen grundlegende einfache Steueranordnung gegeben hat. Sehr interessant ist es, aus den Zeichnungen zu ersehen, in wie verschiedener Weise die Aufgabe, eine liegende Ventilmaschine zu schaffen, angepackt wurde. Zunächst beabsichtigte man, die Steuerwelle unmittelbar über den Einlaßventilen anzuordnen und von unrundern Scheiben, die in entsprechende Aussparungen der Ventilspindeln eingriffen, die Ventile heben zu lassen. Die Auslaßventile sollten vom Ende der Steuerwelle aus durch eine Kurbel und Zwischen-

Ventilsteuerung, die wir heute als Sulzersteuerung bezeichnen, zu tun. Es ist eine einfache Knaggensteuerung, bei der mit Hilfe von Hebeln die federbelasteten Ventile von einer neben dem Zylinder liegenden Steuerwelle aus durch unrundern Scheiben betätigt werden. Ausführliche Versuche an dieser Maschine wurden im Herbst 1865 angestellt, bei der sich Leistungen zwischen 106 und 237 PSi, Dampfverbrauchszahlen von 9 bis 12,75 kg für 1 PSi-st ergaben. Der Kohlenverbrauch wurde bei 194 PSi zu 1,385 kg für 1 PSi-st ermittelt.

Damals hatten sich bereits die liegenden Maschinen gegenüber den stehenden Maschinen mit oben liegender Kurbelwelle immer mehr als Betriebsmaschinen eingeführt. Es lag deshalb nahe, die Ventilsteuerung auch dieser Bauart anzupassen. Den vereinten Bemühungen Browns und

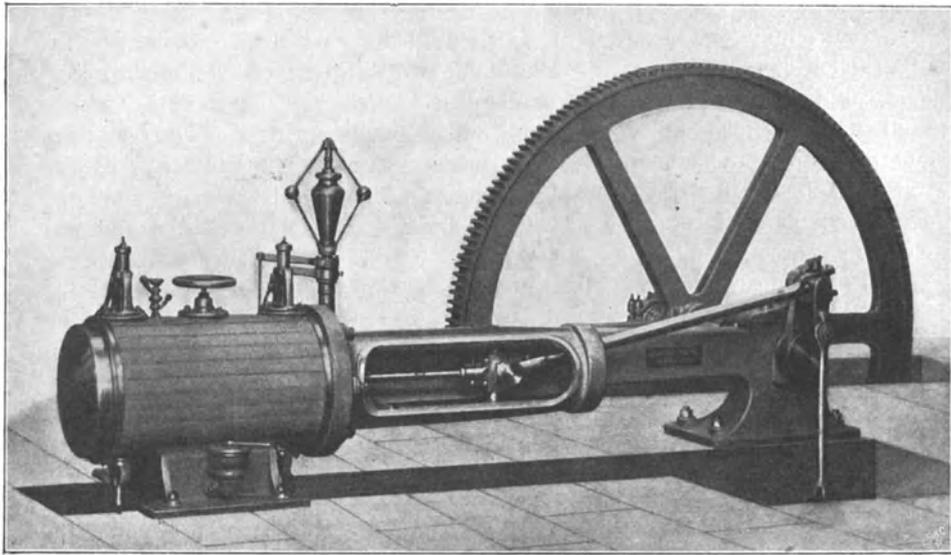


Fig. 19. Erste liegende Ventildampfmaschine, Bauart Sulzer, 1866.

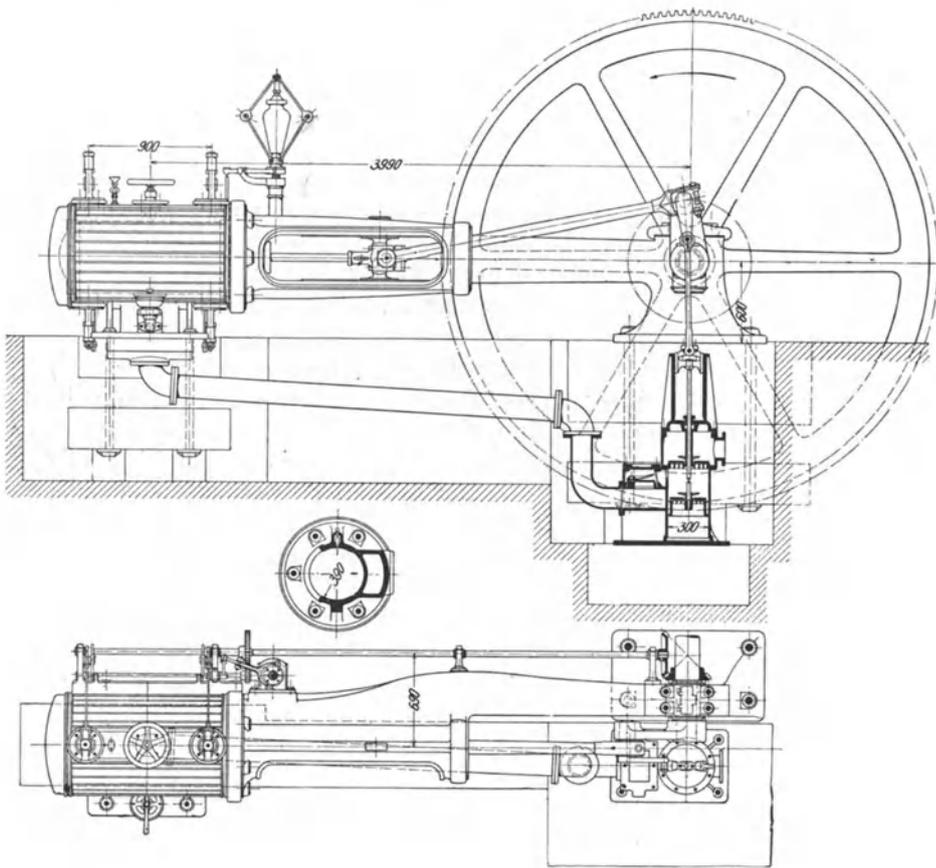


Fig. 20 bis 22. Sulzermaschine 1866.

hebel bewegt werden. Die Steuerung, zu der drei konische Räderpaare gehörten, erwies sich als zu verwickelt. Auch von dem anfangs geplanten, ganz aufliegenden Balken mit gesucht geradliniger Formgebung ging man wieder ab.

Die Steuerung von 1866 entspricht in ihrer Anordnung noch der vorher erwähnten stehenden Maschine. Der Regulator beeinflusst den Füllungsgrad insofern, als er den Ausschlag der Steuerstange und damit den Zeitpunkt des

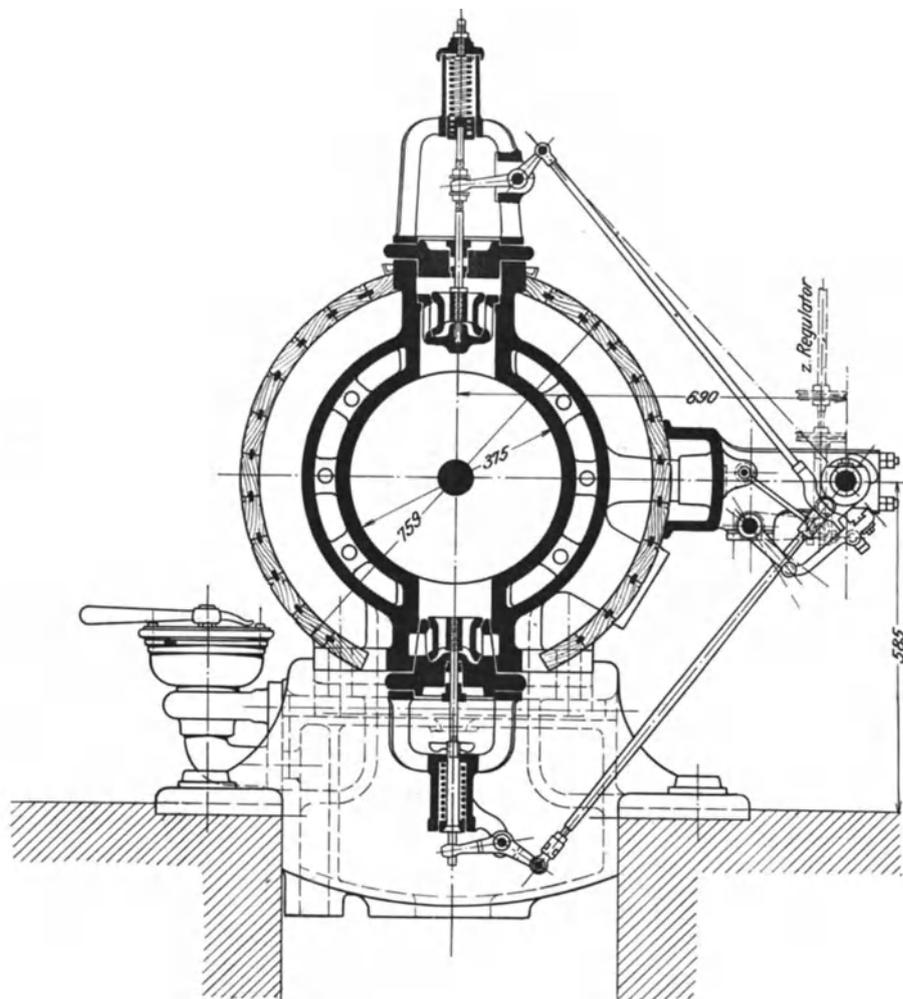


Fig. 23. Zylinder und Steuerung zur Sulzermaschine 1866.

Ventilschlusses verändert. Als Regulator dient hier bereits der aus Amerika übernommene Porterregulator, der von der Steuerwelle aus angetrieben wird. Die Steuerung arbeitet mit konstantem Voreilen. Die Füllung ließ sich zwischen 0,05 und 0,25 verändern. Besonders günstig wirkten auch die kleinen schädlichen Räume, die nicht mehr als 3 vH des Zylinderinhaltes ausmachten. Die Hauptabmessungen der Maschine betragen: Zyl.-Durchm. 375, Hub 900 mm. Die Dampfeintrömungsöffnung war $\frac{1}{25}$, die Dampfausströmungsöffnung $\frac{1}{22}$ vom Zylinderquerschnitt. Die Maschine lief mit 50 Umdrehungen in der Minute, der Regulator

mit 240. Das bereits sehr gut gearbeitete Zahnschwungrad maß 3,65 m im Durchmesser und wog 3250 kg. Bei 5 at Überdruck, 0,1 Füllung und 50 Uml./min leistete die Maschine 45 PSi. Was den Brennstoffverbrauch anbelangt, so wurde zunächst nur angegeben, daß derselbe unter 1,5 kg Kohlen für 1 PS-st bleiben werde. Mehrtägige sorgfältige Versuche im August 1868 ergaben als günstigsten Wert bei durchschnittlicher Tagesleistung von 56 PSi ohne Anheizen und mit Abzug der Schlacken 0,79 kg für 1 PSi-st. Bei Leistung von 32,5 PSi stellte sich der Kohlenverbrauch auf 1 kg. Der günstigste Wert mit Anheizen und ohne Abzug der Schlacken betrug 0,96 kg. Die Güte der Dampfverteilung läßt Diagramm

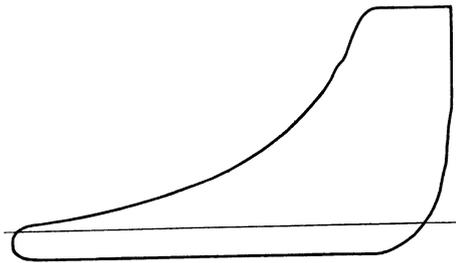


Fig. 24.

Diagramm der Sulzermaschine Fig. 19, 1866.

Fig. 24 dieser Maschine, das am 6. März 1868 bei voller Belastung genommen wurde, erkennen. Ebenso interessant sind die zehn Jahre später von der Maschine genommenen Ventilerhebungskurven, Fig. 25. In ihren Einzelheiten wurde die Steuerung in den nächsten Jahren noch mehrfach verändert. Die Vorteile, die bereits mit diesen ersten Ventilmaschinen erreicht wurden, waren auffallend groß. Die Regulierung übertraf bei weitem das bisher durchschnittlich Erreichte. Die vorzügliche Ausführung der Einzelteile, der sorgfältige Wärmeschutz des Zylinders, des Dampfmantels, der schädlichen Räume zusammen mit der zweckentsprechenden Dampfverteilung ermöglichten einen für damalige Verhältnisse sehr geringen Kohlenverbrauch. Versuche mit Maschinen von 30 bis etwa 60 PS ergaben einen durchschnittlichen Kohlenverbrauch von 0,976 kg für 1 PSi-st.

Mit Recht konnten Gebrüder Sulzer in ihrem Bericht von Januar 1869 behaupten, daß diese Betriebsergebnisse von keiner anderen Konstruktion übertroffen würden. „Eine Maschine von 100 PS,“ heißt es in der Druckschrift der Firma, „welche $\frac{1}{2}$ kg Kohlen für Pferd und Stunde weniger braucht als andere gute Maschinen, erspart im Jahre 180 000 kg Kohlen.“ In dieser Tatsache lag neben der vorzüglichen Regulierung die große Werbekraft der neuen



Fig. 25. Ventilerhebungen.

Dampfmaschine. Bis Ende 1872 waren schon nahezu 100 Ventilmaschinen in Größen von 15 bis 200 PS im Betriebe. Die Berichte über die Ausstellung 1867 bezeichnen diese Maschine „als in allen Teilen vortrefflich überdacht und ausgezeichnet schön gearbeitet“. Die Vorliebe für elegante Formgebung, die Brown stets als Kennzeichen guter Konstruktion ansah, ist bis heute für die Sulzermaschine kennzeichnend geblieben.

Auch Corliß, der diese Sulzerventilmaschine und ihre Konstrukteure Brown und Heinrich Sulzer 1867 in Paris kennen lernte, sprach damals rückhaltlos seine Anerkennung aus. Er glaubte aber, daß es sich hier doch mehr um eine zwar vorzügliche, aber doch vorübergehende Einzelleistung handele, die sich dauernd nicht praktisch einführen würde. Natürlich war Brown vom Gegenteil überzeugt. Und so bot er Corliß an, ausgedehnte Versuche sollten entscheiden, ob es ratsam sei, die Ventilmaschine weiter auszubilden oder die Erlaubnis zum Bau der Corlißmaschine für die Firma zu erwerben. Corliß ging darauf ein und ließ nach seinen

Plänen eine Maschine in Belgien erbauen. Die Versuche wurden in Winterthur während der Nacht, um den Betrieb nicht zu stören, durchgeführt. Sie ergaben einen wesentlich geringeren Dampfverbrauch der Ventilmachine der Corlißmaschine gegenüber. Die Ergebnisse wurden Corliß mitgeteilt und man bat ihn wiederholt, einen Fachmann zu senden, der die Versuche wiederholen sollte. Aber, sei es nun, daß Corliß die ganze Angelegenheit vergessen hatte, oder daß er ihr keine große Be-

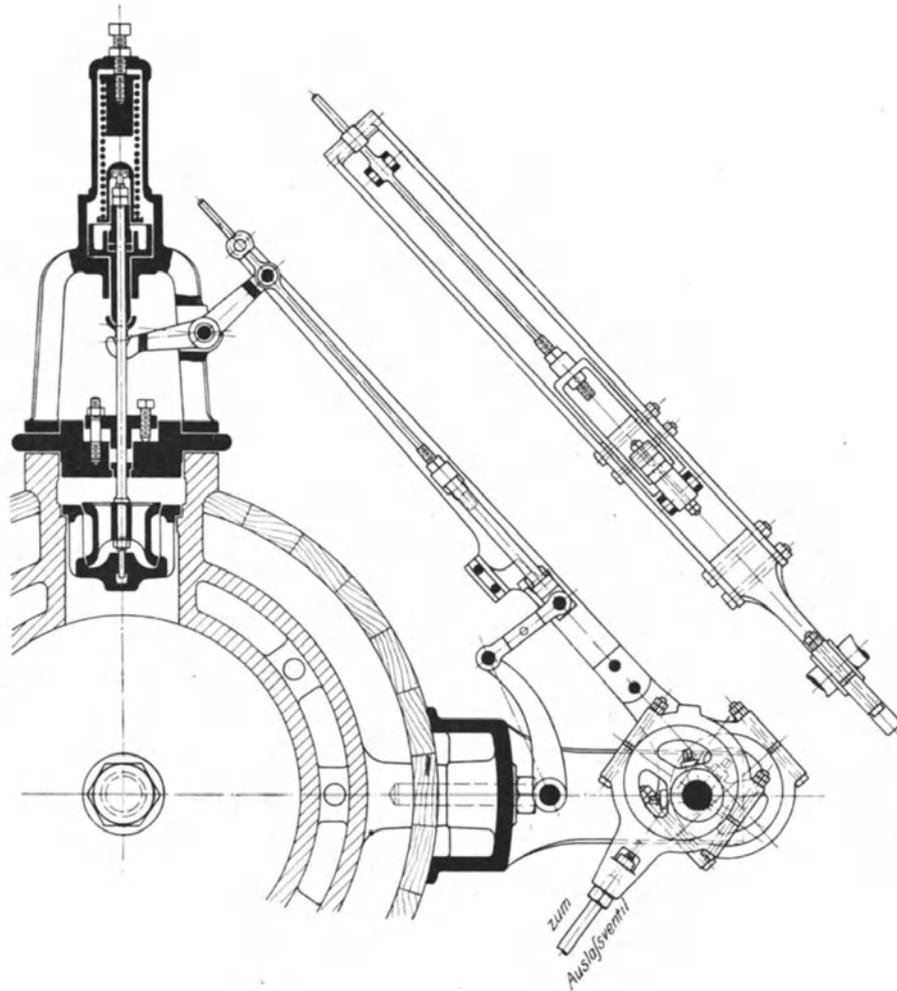


Fig. 26 und 27. Alte Sulzersteuerung 1871.

deutung beilegte, er antwortete nicht. Und so führte dann das Ergebnis der Versuche die Firma noch weiter zu der Überzeugung, daß die Ventilmachine der Corlißmaschine zum mindesten gewachsen, wahrscheinlich ihr aber überlegen sei.

Es galt jetzt, die bei der Pariser Maschine sich noch bemerkbar machenden Übelstände zu beseitigen. Diese bestanden hauptsächlich in den zu engen Füllungs-grenzen und in der sehr starken Rückwirkung der Steuerung auf den Regulator. Brown gelang es, beide Übelstände in genialster Weise durch die in der Fig. 26 und 27 abgebildete Steuerung zu beseitigen.

Es handelt sich hier bereits um eine Ausklinksteuerung, bei der im Gegensatz zu den damals ausgeführten Corlißsteuerungen nicht eine freifallende Klinke, sondern eine zwangsläufig bewegte Klinke angeordnet ist. Außer der Corlißsteuerung ist wohl kaum eine andere Dampfmaschinensteuerung soviel angewandt und nachgeahmt worden.

Den ersten Schritt zu diesen Verbesserungen finden wir schon bei der 1870 in Betrieb gesetzten 400 PS-Zwillingsmaschine der Kammgarnspinnerei Augsburg. Diese Maschine ist auch dadurch bemerkenswert, daß an ihr sehr ausgedehnte Versuche von C. Linde 1871 angestellt wurden, die zu den ersten neueren Dauerversuchen zu rechnen sind, die, in wissenschaftlich gründlicher und einwandfreier Form angestellt, unsere Kenntnis von den inneren Vorgängen in der Maschine erweitert haben.

Bei der „alten“ Sulzersteuerung vom Jahre 1871 werden die Auslaßventile ebenso wie die Einlaßventile vom Exzenter aus bewegt. Die Steuerstange der Einlaßventile ist rahmenartig ausgebildet und wird, oben gleitend, an dem Ende einer zweiten Stange geführt, die nun ihrerseits an den Ventilhebeln angreift. Die Exzenterstange trägt in ihrer Mitte den aktiven Mitnehmer, der elliptische Kurven beschreibt. Er stößt bei der Steuerbewegung auf den passiven Mitnehmer, der in der rahmenartigen Erweiterung der an den Ventilhebeln angreifenden Zugstange angebracht ist und fast genaue Kreisbogen macht. Sobald die elliptische Kurve die Klinke des passiven Mitnehmers erreicht, hebt die Steuerung das Ventil. Ist die Kante des passiven Mitnehmers an dem unteren Schnittpunkt der Bahn angekommen, so verlassen sich die Anschlagflächen. Die Federkraft schließt das Ventil. Der Regulator kann den getriebenen Anschlag verstellen und damit den Schnittpunkt der beiden Bewegungskurven verschieben, wodurch der Schluß des Ventils und somit der Füllungsgrad festgelegt wird. Diese alte Sulzersteuerung, auch Schienensteuerung genannt, wurde zuerst 1873 auf der Wiener Ausstellung weiteren Kreisen bekannt. Rühmend wurde die geringe Rückwirkung auf den Regulator hervorgehoben sowie die rasche und vollkommene Öffnung der Eintrittsventile, die eine sehr vorteilhafte Dampfverteilung ergaben. Füllungsgrade von 0 bis 80 vH ließen sich erreichen. Mit dieser Ventilmaschine schloß auch die Tätigkeit von Charles Brown innerhalb der Firma Gebrüder Sulzer ab. Als sein Nachfolger ist W. Züblin, anzusehen, der, bis heute innerhalb der Firma tätig, mit bestem Erfolge weiter an der Ausgestaltung des Dampfmaschinenbaues in konstruktiver und wärmetechnischer Hinsicht gearbeitet hat¹⁾.

Bei höheren Umlaufzahlen und größeren Abmessungen der Maschine machte sich ein starker Stoß der Steuerungen bemerkbar. Die Geschwindigkeit, mit der die beiden Anschläge aufeinander trafen, sowie die großen bewegten Massen, die beim Öffnen und Schließen des Ventils zu beschleunigen und zu verzögern waren, waren die Ursache hierfür. Man ging deshalb daran, die Steuerung so umzugestalten, daß die Ausklinkung am Ventilhebel selbst vor sich gehen konnte. Nach dieser Richtung hin hat nun die Steuerung sehr interessante Veränderungen er-

¹⁾ Wilhelm Züblin, geb. 1846 in Neapel, besuchte das Polytechnikum in Zürich, um dann als Konstrukteur einer englischen Firma in Neapel tätig zu sein. 1867 kam er als Konstrukteur zu Gebrüder Sulzer, um aber bald als Zeuners Assistent nach Zürich zu gehen. 1868 ging er sodann in selbständiger Stellung in eine Maschinenfabrik in Warschau, wo er unter eigener Verantwortlichkeit selbständig arbeiten konnte. 1872 finden wir ihn wieder bei Gebrüder Sulzer als Nachfolger von Brown.

fahren, die schließlich zu der „neuen“ Sulzersteuerung führten, die zuerst 1878 auf der Pariser Weltausstellung vor die große Öffentlichkeit trat. Die Verlegung der Klinke nach oben, die Grundidee der neuen Steuerung, rührt von Züblin her, Fig. 28. Der verschiebbare Gleitbacken ist hier durch eine drehbare Klinke ersetzt, ebenso wie vorher der Backen, der durch den Exzenter von der Steuerwelle aus bewegt wird, während

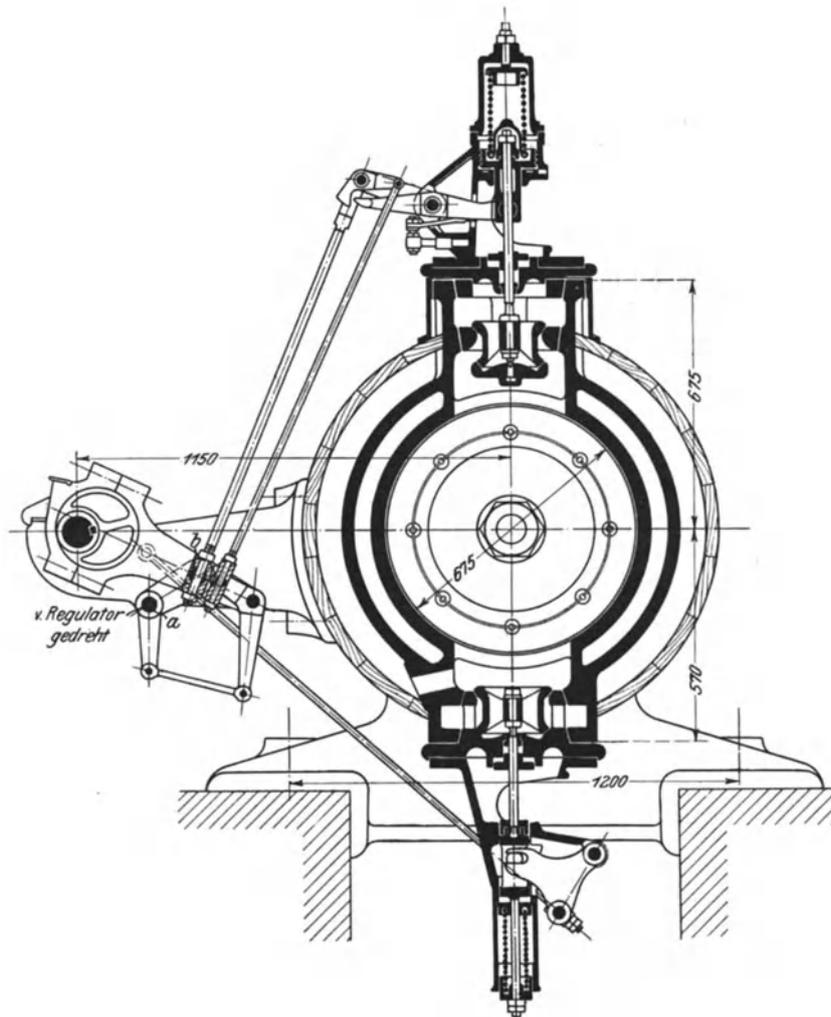


Fig. 28. Sulzersteuerung 1877.

sie gleichzeitig noch eine zweite auch vom Exzenter abgeleitete Bewegung ausführt. Aus diesen beiden Bewegungen ergibt sich eine geschlossene herzförmige Kurve, nach deren Form diese Steuerung auch als Herzkurvensteuerung bezeichnet wird. Die Abnutzung der berührenden Teile ist sehr gering, da die Mitnehmer sich in breiter Fläche berühren. Die Einwirkung des Regulators erfolgt hier durch Verstellung des aktiven und nicht wie früher des passiven Mitnehmers. Um möglichst geringe Stoßgeschwindigkeit zu erzielen, läßt man nicht unmittelbar das Exzenter an der Klinke angreifen, sondern schaltet wie bei den Corlißmaschinen einen Kniehebel

dazwischen. Diese Steuerung vom Jahre 1878 wurde dann mit Rücksicht auf einfachere Ausführung nach Vorschlag von Oberingenieur Schübeler 1881 durch eine andere Bauart ersetzt, bei der die Exzenterstange unmittelbar mit der Klinke in Verbindung steht, Fig. 29. In neuerer Zeit aber wird die Steuerung vom Jahre 1878 wieder häufiger, besonders bei schneller gehenden Maschinen, angewendet. Die letzte wesentliche konstruktive Änderung der Sulzersteuerung, die heute bei ganz großen Maschinen angewendet und als Wälzhebelauslössteuerung ausgeführt ist, konnte auf der Pariser Ausstellung 1900 gezeigt werden. Diese Bauart, Fig. 30, steht der

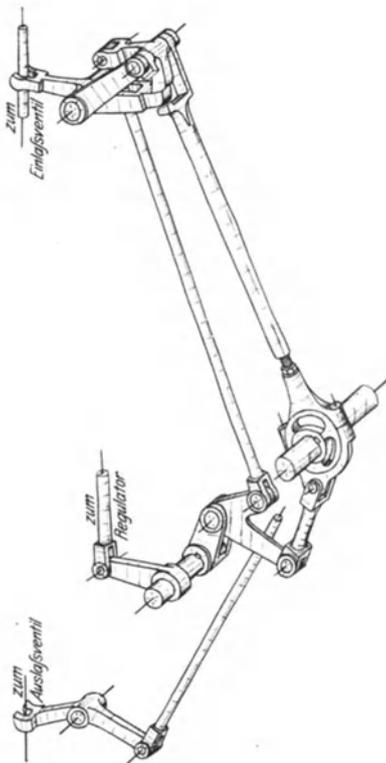


Fig. 29. Sulzersteuerung 1881.

Vorteile einer zentralen Krafterzeugung wurden immer mehr erkannt und so mußte man daran gehen, Maschineneinheiten zu bauen, die man kurz vorher noch für unmöglich gehalten hatte. Statt der Einzylindermaschine wendete man in dieser Zeit auch wieder mehrfach Zwillingsmaschinen an, um so größere Leistungen unter Vermeidung zu großer Zylinderabmessungen zu erhalten. Dadurch kam man auch wieder von neuem auf die Verbundmaschinen zurück. Schon 1874 hatte Züblin einen ausführlich begründeten Vorschlag ausgearbeitet, eine geplante Einzylindermaschine, die man mit 20 at Dampfdruck hatte betreiben wollen, unter Beibehaltung der Drucksteigerung als Verbundmaschine auszuführen. Der wissenschaftlich in jeder Hinsicht höchst bemerkenswerte Aufsatz zeigt, wie klar Züblin das Wesen der neuzeitigen Verbundmaschine bereits damals erfaßt hatte. Entscheidend und neu war der Vorschlag, auch am Niederdruckzylinder Expansionssteuerung anzuwenden, und die Diagramme so ausreguliert auszuführen,

Herzkurvensteuerung vom Jahre 1877, was die Ausklinkanordnung anbelangt, nahe. Sehr bemerkenswert sind bei dieser Maschine auch die hier angewendeten viersitzigen Ventile, die bei den großen Abmessungen der Maschine sich als notwendig erwiesen.

Neben dieser Ventilsteuerung baute die Firma seit den 70er Jahren auch Ventilsteuerungen für Fördermaschinen (Umsteuerung Züblin).

So bedeutsam auch für die weitere Entwicklung der Dampfmaschine alle diese Steuerungen waren, so konnten sie naturgemäß doch nur in richtigem Zusammenhang mit der Durchbildung der ganzen Maschine den großen Ruf der Sulzermaschine begründen und erhalten. Man war sich in Winterthur stets sehr wohl bewußt, daß es mit der Steuerung allein nicht getan sei, und so finden wir, wenn wir die lange Reihe der Maschinen an uns vorüberziehen lassen, auch sehr wesentliche Verbesserungen in der Durchbildung der ganzen Maschine. Gutes Material und sehr sorgfältige Bearbeitung der einzelnen Teile haben dann ihrerseits nicht am wenigsten zum Erfolg beigetragen.

In die 70er und 80er Jahre fällt sodann eine wesentliche Steigerung der Maschinenleistungen.

Die Fabrikbetriebe waren sehr gewachsen. Die

daß das Hochdruckdiagramm eine Spitze aufweist, um dadurch die Verluste zwischen beiden Zylindern so viel als möglich zu verbessern. Züblin war auf diese Untersuchung durch die Beobachtung geführt worden, daß der wirkliche Dampfverbrauch bei Einzylindermaschinen mit steigender Füllung sich dem theoretischen immer mehr näherte. Allerdings suchte sich Züblin damals, im Gegensatz zu späterer Erkennt-

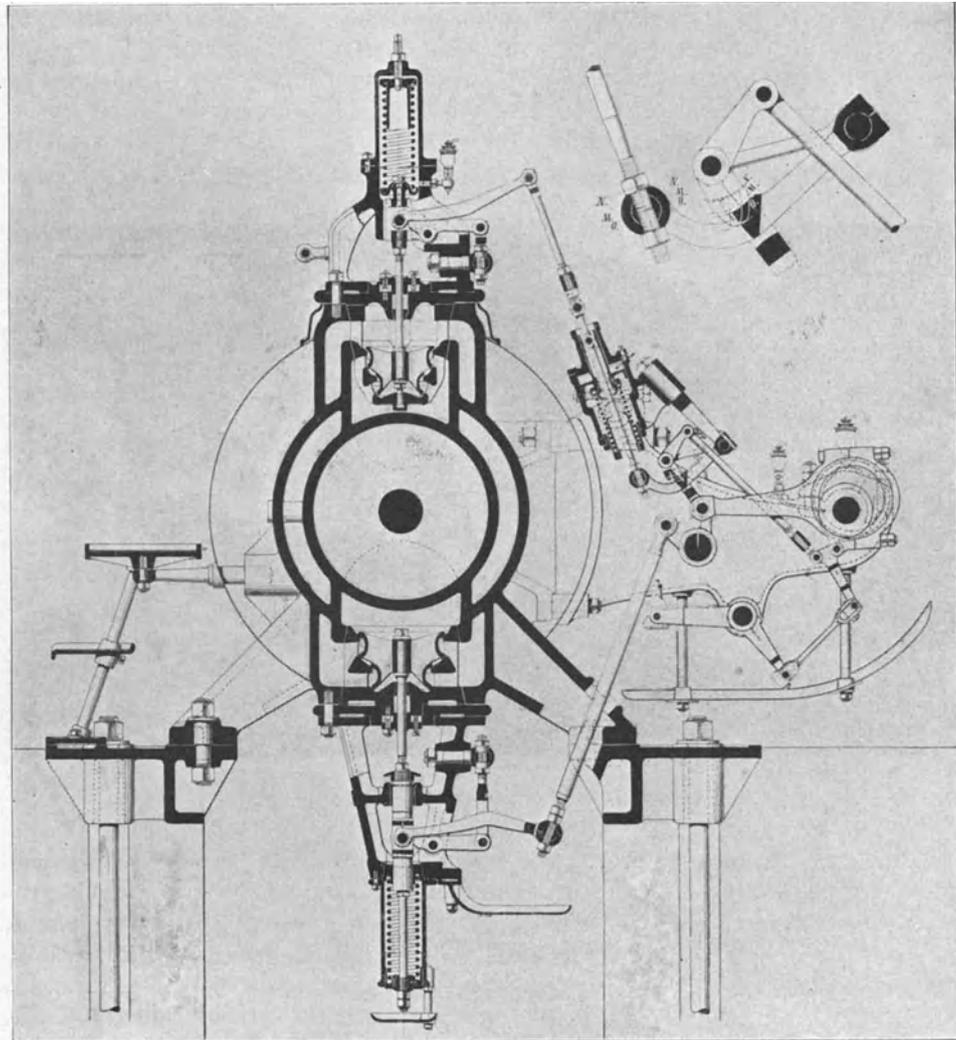


Fig. 30. Sulzersteuerung 1899.

nis der Innenkondensation, diese Erscheinung noch durch Annahme verhältnismäßig geringeren Dampfverlustes durch Kolben und Ventile bei entsprechend höheren Füllungen zu erklären. Diese irrtümliche Ansicht hinderte ihn jedoch nicht, die richtigen Folgerungen aus den Beobachtungen zu ziehen. Genau derselbe Gedankengang ließ sich dann auch auf die Drei- und Vierfachexpansionsmaschine anwenden.

1876 wurde die vorher erwähnte Hochdruckeinzylindermaschine in eine Hoch- und Niederdruckmaschine nach dem Züblinschen Vorschlag umgebaut, und eingehende Versuche legten die Vorteile der so entstandenen neuen Verbundmaschine klar. Die Zylinder (240 bzw. 404 mm Zyl.-Durchm. und 750 mm Hub) lagen hintereinander und waren mit Dampfmantel versehen und die Kolbenstangen lösbar gekuppelt, so daß man leicht den Niederdruckzylinder ausschalten konnte. Die Dampfverteilung besorgte bei beiden Zylindern eine Sulzersche Ventilsteuerung. Bei 5,3 at Eintrittsspannung und 75 Uml./min leistete die Maschine 51,4 PSi und brauchte 7,93 kg Speisewasser und 0,8 kg Kohlen für 1 PSi-st. Die Temperatur des Speisewassers betrug 11,9° C, die Temperatur der Rauchgase im Fuchs 194° C. Eine 9,9fache Verdampfung wurde festgestellt.

Noch günstiger fielen die Versuche an zwei 1878 bis 1881 nach Nocera bei Neapel

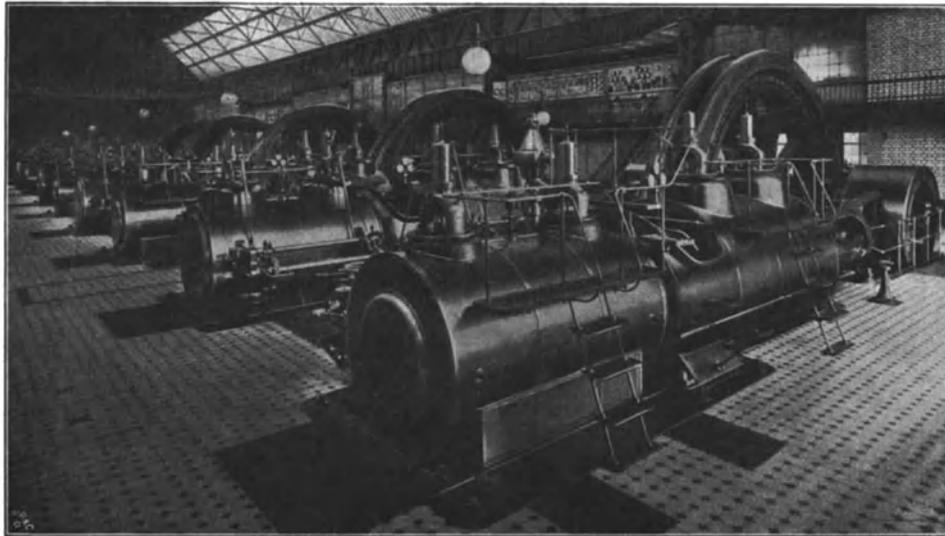


Fig. 31. Sulzermaschinen im Elektrizitätswerk Moabit-Berlin. 18 000 PS.

gelieferten Verbundmaschinen von 350 und 450 PS aus. Auch diese waren Tandemventilmaschinen. Die eine (550 und 1002 mm Zyl.-Durchm. bei 1,5 m Hub, Zylinderverhältnis 3,4) leistete im Mittel 340 PSi, die andere 372 PSi (625 und 1000 mm Zyl.-Durchm., 1,5 m Hub, Zylinderverhältnis 2,6). Der Speisewasserverbrauch ergab sich zu 6,39 und 6,22, der Kohlenverbrauch zu 0,67 und 0,65 kg bei 9,5facher Verdampfung; einschließlich Anheizen erhöhten sich die letzten Zahlen auf 0,71 und 0,69 kg. Die Garantie von 0,85 kg Kohlenverbrauch wurde also erheblich unterschritten.

Besonders überraschten damals die günstigen Ergebnisse, da man auch bei ausgeschaltetem Niederdruckzylinder einen Speisewasserverbrauch von 7,7 und einen Kohlenverbrauch von 0,81 kg erreichte. Erst viele Jahre später, als man sich entschloß, durch Einbau einer direkt geheizten Überhitzeranlage die Wirtschaftlichkeit der Anlage noch weiter zu erhöhen, entdeckte man die eigentliche Ursache. Die Feuerröhren des schrägliegenden Kessels durchquerten den Dampfraum und überhitzten den Dampf (s. S. 191). Man hatte also von Anfang an mit überhitztem

Dampf gearbeitet und die Anlage eines besonderen Überhitzers vermochte deshalb die Ausnutzung des Brennstoffes nur noch sehr wenig zu steigern.

Diesen Verbundmaschinen, die nunmehr mit großem Erfolge in die Praxis eingeführt wurden, folgten dann Mitte der 80er Jahre die ersten Dreifachexpansionsmaschinen, an deren Einführung sich Rudolf Ernst sowie Sulzer-Imhoof, der, wie vorher erwähnt, unter Leitung von Dr. Kirk an der Konstruktion der ersten Dreifachexpansionsschiffsmaschine in England teilgenommen hatte, erfolgreich beteiligte. Damit war auch zugleich die Maschinengattung entstanden, die unter weitgehender Anpassung an die Bedürfnisse der Ende der 80er Jahre und in den 90er Jahren zu großer Bedeutung emporgewachsenen Starkstromtechnik die eigent-

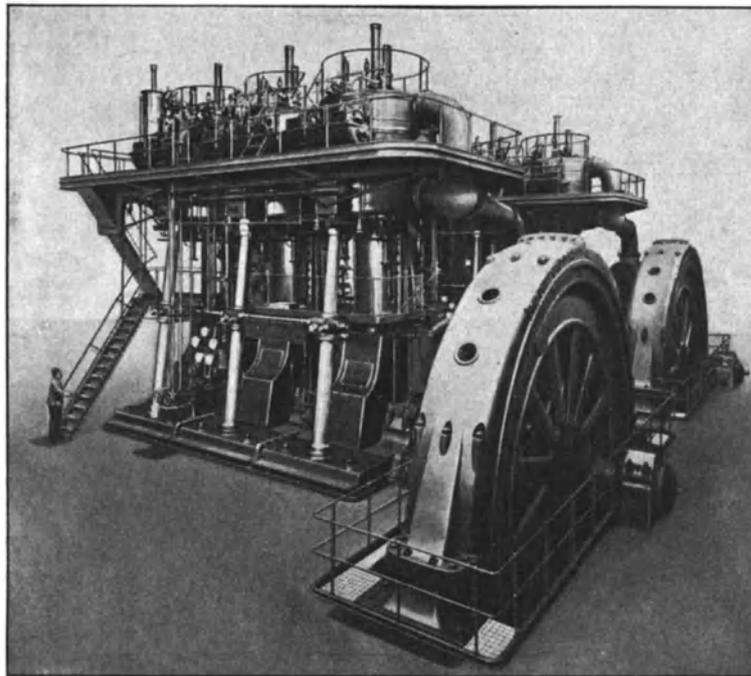


Fig. 32. Zwei stehende Dampfmaschinen von je 6000 PS.

liche Großdampfmaschine wurde. In Deutschland besonders bekannt geworden sind unter den vielen von der Firma gelieferten Dampfmaschinen dieser Bauart die Maschinen der Berliner Elektrizitätswerke. Die Fig. 31 zeigt die elektrische Zentrale Moabit Berlin, in der 4 Dreifachexpansionsmaschinen von je 3000 und eine von 6000 PSe laufen. Neben diesen liegenden Maschinen wurde es mit Rücksicht auf den Platzbedarf der städtischen Elektrizitätswerke notwendig, auch stehende Maschinen auszuführen. Als kennzeichnendes Beispiel hierfür sei auf die in Fig. 32 gezeigten beiden 6000 pferdigen Ventilmaschinen der Londoner Elektrizitätswerke hingewiesen.

Mit diesen Maschinen konnten somit Gebrüder Sulzer den Engländern im eigenen Lande zeigen, zu welcher Vollkommenheit es der Dampfmaschinenbau gebracht hatte, zu dem einst vor einem halben Jahrhundert der junge Londoner Ingenieur Charles Brown den ersten Anfang gelegt hatte.

Mit diesen zuletzt aufgeführten Großdampfmaschinen war zugleich auch der Höhepunkt der Entwicklung der Kolbendampfmaschine erreicht. Welch ungeheure Ingenieurarbeit in dieser Entwicklung, die ein halbes Jahrhundert umfaßt, eingeschlossen liegt, tritt besonders scharf hervor, wenn man Anfang und Ende nebeneinander stellt. In den 50er Jahren gehörte eine Maschine von 30 PS, die 9500 kg wog und 8700 Fr. kostete, zu den größten der damals von der Firma gebauten Maschinen. Die größten in den letzten Jahren von der Firma gebauten Kolbendampfmaschinen weisen dagegen eine Leistung von 6 bis 7000 PS auf. Die Maschinen wiegen rund 400 000 kg. Der Preis beträgt 350 bis 400 000 Frs. Und während man in den 50er Jahren zufrieden war, einen Kohlenverbrauch unter $1\frac{3}{4}$ kg für die PS-st zu erzielen, gewährleistet man heute einen Kohlenverbrauch von 0,4 bis 0,5 kg.

Ehe wir die Entwicklung der Kolbendampfmaschine innerhalb der Firma hier abschließen, sei noch darauf hingewiesen, daß naturgemäß neben den Ventilmaschinen auch die Schiebersteuerungen weiter entwickelt wurden. Sehr interessant sind hier die Bemühungen, den umlaufenden Drehschieber bei stehenden schnelllaufenden Maschinen, für welche die Firma später den entlasteten Kolbschieber verwendete, wieder einzuführen¹⁾. — In den letzten Jahren hat die Firma auch den Bau von Gleichstromdampfmaschinen auf Grund eingehender Versuche mit Erfolg aufgenommen.

Aus dem Schaubild Fig. 33 läßt sich erkennen wie die Produktion an Dampfmaschinen, in PS ausgedrückt, von 1855 an gestiegen ist. Bis 1910 sind danach allein aus der Sulzerschen Fabrik 900 000 PS hervorgegangen. Die Jahresproduktion ergibt sich aus der Höhe der Stufen in der treppenartigen Darstellung. Die mittlere Größe der Ventilmaschine in PS zeigt Fig. 33 bis 34, woraus zu ersehen ist, wie gewaltig die Größe der Maschineneinheiten gestiegen ist.

2. Dampfkessel.

Die Dampfkessel boten von jeher der technisch gestaltenden Phantasie der Ingenieure bei weitem nicht so viel Anregung wie die Dampfmaschine mit ihren vielen beweglichen Teilen. Wir werden deshalb auch auf diesem Gebiete nicht die gleiche Fülle der Formen finden, wie auf den vielen andern Gebieten des Maschinenbaues. Aber trotzdem ist die Mannigfaltigkeit der auf diesem Gebiete auftretenden verschiedenartigen Lösungen noch immer sehr groß, konnte doch ein englisches

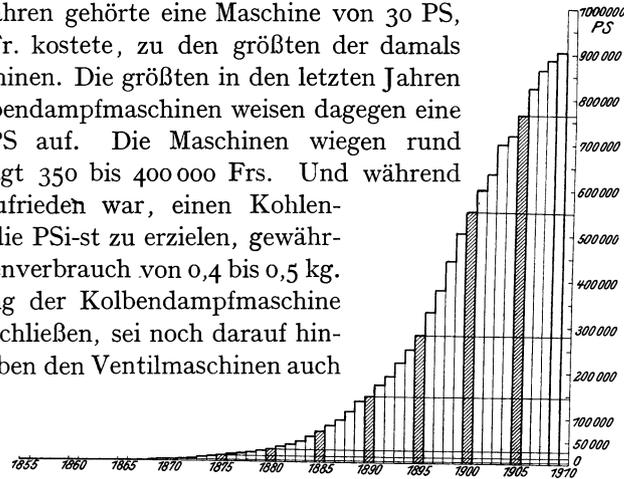


Fig. 33. Gesamtleistung der bis 1910 gelieferten Dampfmaschinen in PS.

(Die Höhe der Stufen gibt die Jahresproduktion.)

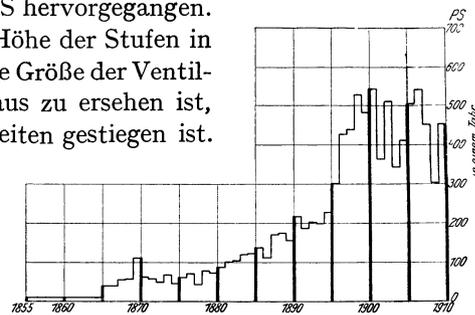


Fig. 34. Mittlere Größe der Ventilmaschinen in PS. Jahresdurchschnitt.

¹⁾ Erwähnung verdienen auch die sehr sorgfältig durchgeführten Versuche, die zur Feststellung des Einflusses der Zwischenüberhitzung bei Verbundmaschinen angestellt wurden. Das Ergebnis, das die Belanglosigkeit der Zwischenüberhitzung nachwies, wurde in einem ausführlichen Versuchsbericht niedergelegt.

Buch über Dampfkessel anfangs der 70er Jahre nicht weniger als etwa 550 verschiedene Kesselbauarten in Bild und Text seinen Lesern vorführen. Viel schwieriger aber als neue Ideen zu veröffentlichen, war es, den Kessel in der Werkstatt für den praktischen Dauerbetrieb brauchbar herzustellen. Hieran scheiterten die meisten der Erfindereien. Nur eine sehr kleine Zahl der erdachten Konstruktionen brachten es zu dauernder praktischer Bedeutung. Gebrüder Sulzer haben auf diesem Gebiete weniger ihren Ehrgeiz darein gesetzt, die zahlreichen schon vorhandenen Formen durch neue zu ersetzen, sondern sich vielmehr bemüht, die verschiedenen Konstruktionen, die sich praktisch bewährten, weiter auszubilden, und vor allem auch Wert darauf gelegt, die werkstattmäßige Herstellung der Kessel ständig zu verbessern.

Die Geschichte der Dampfkessel innerhalb der Firma reicht weiter zurück als die der Dampfmaschinen. Der erste Dampfkessel wurde schon 1841 gebaut. Die

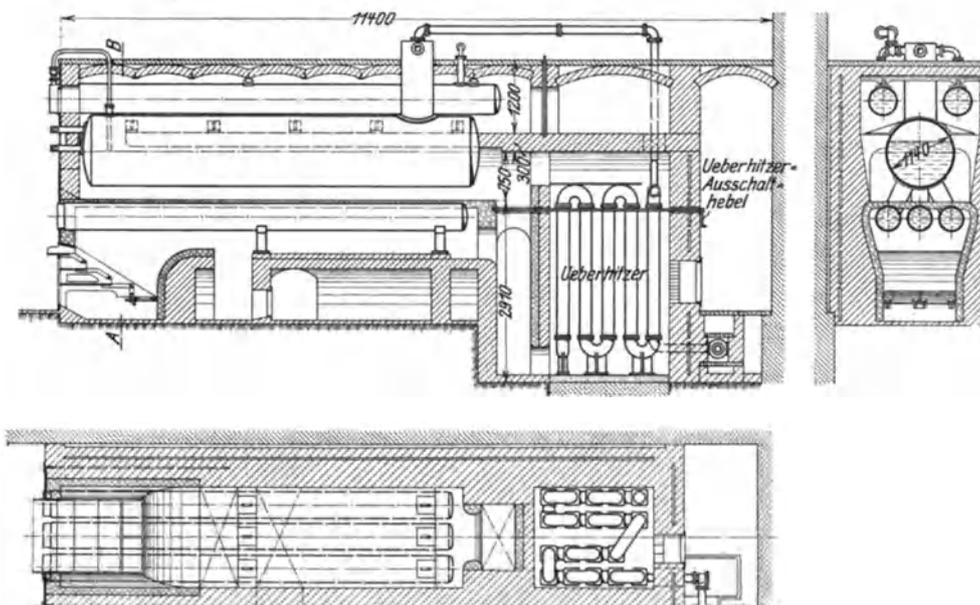


Fig. 35 bis 37. Walzenkessel mit Ueberhitzer von Gebr. Sulzer 1864.

Entwicklung des Dampfkessels innerhalb der Firma umfaßt somit eine Zeitspanne von 70 Jahren.

Sehen wir uns die Konstruktionsformen der Sulzerschen Dampfkessel etwas näher an, so finden wir zunächst, daß die Gruppe der flachwandigen Kessel, der alten Kofferkessel, ganz fehlt. Man begann mit den zylindrischen Kesseln, die in den verschiedensten Bauarten ausgeführt wurden. Besonders beliebt waren die mehrfachen Walzenkessel, die lange Zeit in Deutschland als „französische Kessel“ bekannt waren. Der erste Kessel (s. S. 216) gehört zu dieser Gruppe. Er war 55 Jahre lang als Heizkessel in Betrieb und wird seitdem als Erinnerung an jene bescheidenen Anfänge pietätvoll aufbewahrt. Bald ging man auch dazu über, die mehrfachen Walzenkessel (Bouilleurkessel) mit Rauchröhren zu versehen. Verschiedene Konstruktionen aus dieser Zeit sind im Kapitel Heizungen behandelt. Es lag nahe, als die Kesseleinheiten noch klein und der Dampfdruck gering war, die gleichen Konstruktionen zu benutzen.

Ein wichtiger Fortschritt in der Entwicklung war es, als man 1858 dazu überging, Flammrohrkessel zu bauen, deren Geschichte bis in den Anfang des vorigen Jahrhunderts zurückreicht, wo sie, in den Grubenbezirken Cornwalls eingeführt, dort zuerst zu großer wirtschaftlicher Bedeutung kamen. Die Flammrohrkessel hatten sich außerordentlich verbreitet. Auch bei Gebrüder Sulzer bildeten sie bald die Hauptfabrikation. Bemerkenswert war der Versuch, Einflammrohrkessel mit 2 Feuerungen, die an beiden Enden des Kessels eingebaut waren, zu bauen. Die Rauchgase kamen von beiden Seiten in der Mitte zusammen und wurden hier abgeführt. Unter dem Hauptkessel ordnete man kleine Walzenkessel an, die mit dem Hauptkessel in Verbindung standen, um so die Rauchgaswärme noch weiter auszunutzen. Die Zeichnung eines Kessels aus dem Jahre 1858 zeigt schon Dompköpfe aus gewölbtem Blech und in die Feuerröhre eingebaute konische Querröhren, die von Galloway 1851 in England zuerst ausgeführt wurden. Zylinderkessel mit 2 Flammrohren wurden von 1860 an gebaut. Die kennzeichnende Form eines Walzenkessels zeigt die in Fig. 35 bis 37 wiedergegebene, von Gebrüder Sulzer

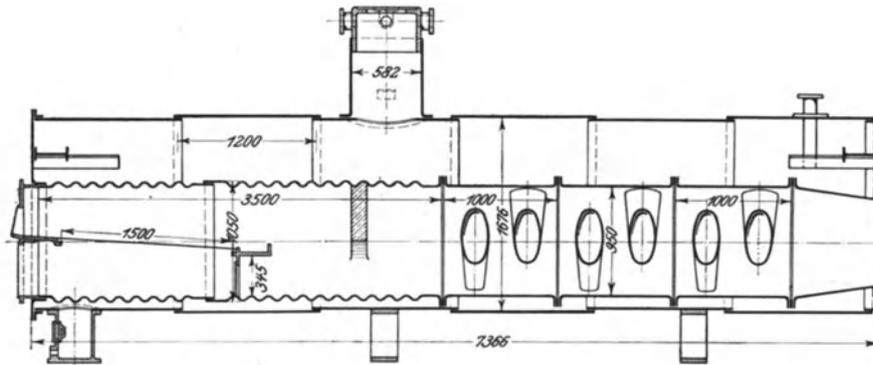


Fig. 38. Erster Wellrohrkessel der Firma 1882.

1864 für ihre erste Ventilmaschine ausgeführte Kesselanlage, die sich besonders durch den Einbau gußeiserner Überhitzer auszeichnete.

Für die Entwicklung des Flammrohrkessels bedeutete die Einführung gewellter Flammrohre den größten Fortschritt. Die Versteifungen der Flammrohre wurden überflüssig; das Wellrohr gestattete die Längenausdehnung in sehr vollkommener Weise. Gebrüder Sulzer haben ihren ersten Wellrohrkessel 1883 auf der Landesausstellung in Zürich vorführen können (Fig. 38). Eine weitere große Vereinfachung der Kesselkonstruktion wurde erreicht durch die Einführung gewölbter Böden, ausgezogener Feuerrohrlöcher usw. Die Firma nahm diese Verbesserungen anfangs der 90er Jahre auf und richtete sich auch selbst für die Fabrikation der kleineren Böden ein. Die Wellrohrkessel, bei denen ein oder zwei Wellrohre den ganzen Kessel durchziehen, sind auch bis heute noch das Hauptgebiet der Dampfkesselabteilung der Firma geblieben. Sie werden in allen Größen bis zu 135 qm Heizfläche und 14 at Betriebsdruck gebaut. Neben diesen Kesseln finden wir noch eine Anzahl anderer Konstruktionen, die sich aus der Vereinigung von Flammrohrkesseln mit Heizröhren- und Walzenkesseln ergeben. Einen solchen Flammrohrkessel mit oben liegendem Heizrohrkessel, auch nach dem Begründer und ersten Direktor der Buckauer Maschinenfabrik als Tischbeinkessel bezeichnet, zeigt Fig. 39. Auch Flammrohrkessel mit rückkehrenden Rauchröhren, die un-

mittelbar über dem Flammrohr angeordnet sind, wurden von der Firma seit 1862 ausgeführt, allerdings öfter für Heizanlagen als für Kraftanlagen. Seit 1873 bis Anfang der 90er Jahre baute man auch viele Ten Brink-Kessel, die durch die Anordnung des Schrägrostes gekennzeichnet sind, der schon seit Ende der 50er Jahre bei französischen Lokomotiven als

Rauchverbrennungsapparat gern angewendet wurde¹⁾. Als Übelstand wurde dabei empfunden, daß ein eigener Vorkessel angebracht werden mußte, der mit dem Hauptkessel durch Röhren in Verbindung stand. Um dies zu vermeiden, gingen Gebrüder Sulzer dazu über, den ganzen Kessel unter 45° geneigt aufzustellen. Einen solchen Kessel stellten sie zuerst auf der Welt-

ausstellung in Paris 1878 aus. Mit dieser Anordnung erreichten sie, daß sich der Rost unmittelbar mit der Innenfeuerung in Verbindung bringen ließ. Die Fig. 40 zeigt eine solche Anlage für Nocera (1878), die auch mit Ekonomiser ausgerüstet war. Man erhielt eine beträchtliche Überhitzung (siehe auch S. 186) im Kessel. Die dargestellte Anlage ist übrigens auch dadurch bemerkenswert, daß sie schon künstlichen Zug mit Kühlung der Ventilatoren-

lager aufweist. Ferner finden wir in den 60er Jahren sehr interessante, wagrecht angeordnete Lokomobilkessel mit in die Rauchkammer eingebauten Überhitzern (s. S. 176 und 177) ausgeführt. Auch

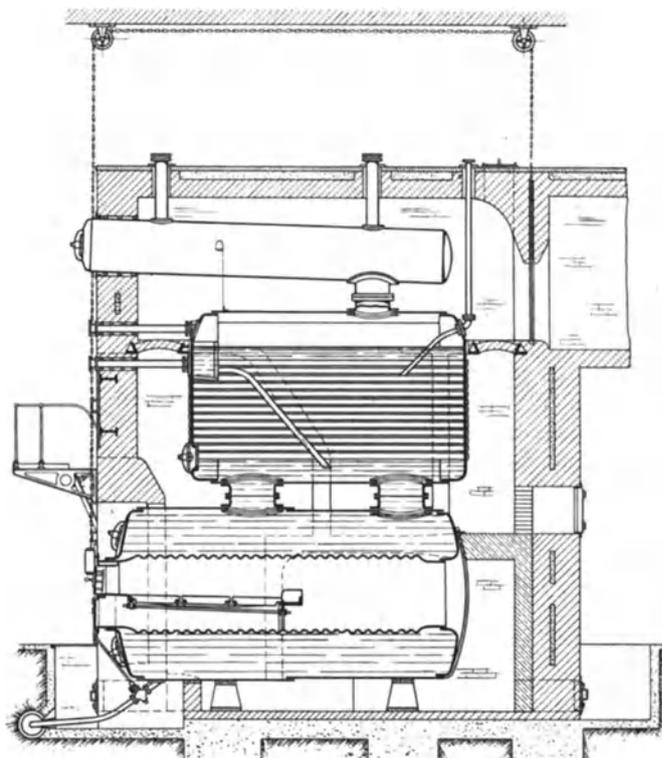


Fig. 39. Tischbein-Flammrohrkessel mit obenliegendem Heizrohrkessel.

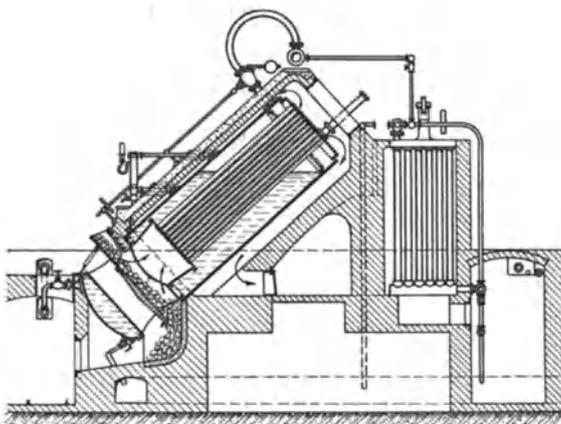


Fig. 40. Kesselanlage von Nocera 1878.

¹⁾ Siehe Dingers polytechn. Journal 1863, Bd. 167, S. 86, 1877, Bd. 224, S. 245.

kleinere stehende Dampfkessel, vor allem sogenannte Feldröhrenkessel, wurden gebaut.

Bemerkenswert sind ferner auch die von der Firma gebauten Schiffskessel, die in der allgemeinen Anordnung, wie sie die Fig. 41 zeigt, bis zu 170 qm Heizfläche ausgeführt werden. Interessant ist, daß hier die Firma schon seit 1897 Überhitzer für Schiffskessel angewendet und damit ausgezeichnete Ergebnisse erzielt hat.

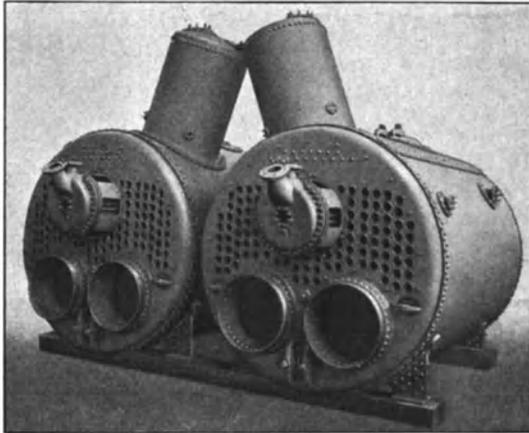


Fig. 41. Schiffskessel mit Überhitzer.

Einem neuen Abschnitt in der Entwicklung der Dampfkesselabteilung der Firma bildete die Einführung der Wasserrohrkessel. Die ersten Versuche, Wasserrohrkessel einzuführen, reichen bis in die 70er Jahre zurück. Der Flammrohrkessel genügte aber damals noch allen nur denkbaren Ansprüchen an Leistungsfähigkeit und Raumbedarf so daß man ein Bedürfnis nach leistungsfähigeren Wasserrohrkesseln damals noch nicht empfand. Das wurde erst anders, als die großen Elektrizitätswerke, vielfach durch örtliche Verhältnisse veranlaßt, anfangen, die Wasserrohrkessel zu bevorzugen.

Während man früher nur hier und da auf besonderen Wunsch einige Wasserrohrkessel gebaut hatte, nahm man im Jahre 1900 den Bau von Wasserrohrkesseln nach eigenem System im großen auf. Die Anordnung dieser Sulzer-Wasserrohrkessel ergibt sich aus der Fig. 42. Was die Ausführung anbelangt so sind besonders die nahtlos gepreßten, für jede senkrechte Rohrreihe getrennt liegenden Wasserkammern bemerkenswert. Da den unteren Rohrreihen das Wasser unmittelbar zugeführt wird, erhält man sehr guten Wasserumlauf.

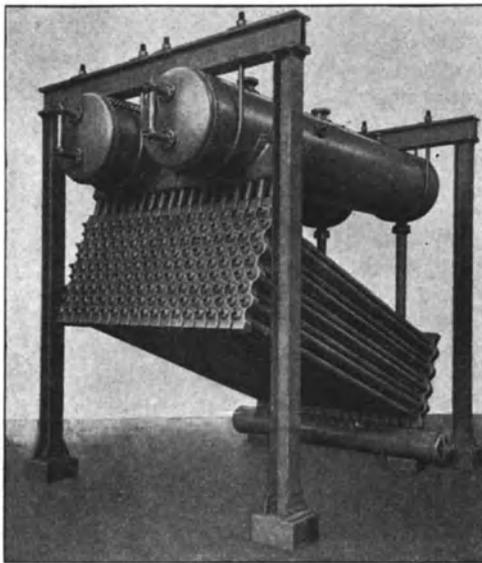


Fig. 42. Wasserrohrkessel, Bauart Sulzer.

Nach allgemeiner Einführung des überhitzten Dampfes ist auch von seiten der Firma der Bau von Überhitzern im großen aufgenommen worden, und zwar ordnet man die Überhitzeranlage entweder ausschaltbar und regulierbar hinter dem Kessel an oder legt sie oben in den letzten Kesselzug.

Die Entwicklung der Dampfkessel mußte naturgemäß durch die Veränderung des Baustoffes und die Verbesserung der Herstellungsweise maßgebend beein-

flußt werden. In dem Kampf zwischen Schweißeisen und Flußeisen, der in den 60er Jahren einsetzte, blieb das Flußeisen Sieger. Damit war erst die Möglichkeit gegeben, große Bleche viel billiger als früher herzustellen. Die Kessel wurden einfacher in ihrer Konstruktion und preiswerter. Was die Größe der Bleche für die Konstruktion des Kessels bedeutete, läßt sich am besten an einem Beispiele zeigen. Ein von der Firma 1852 erbauter Dampfkessel mit 2 Heizrohren, der 3,5 m lang war und 1050 mm im Durchmesser hatte, die 2 Heizrohre waren 285 mm weit, mußte damals aus 16 einzelnen Blechtafeln in 9 verschiedenen Abmessungen hergestellt werden. Die größte dabei verwendete Blechplatte war 2 mal 1,2 m groß. Die Blechdicke lag zwischen 6 und 9 mm. Heute würden einschließlich der beiden Kesselböden 6 Stücke erforderlich sein. Die längsten Flammrohrkessel von rund 12 m Länge werden in der Längsachse in nur 5 Stößen hergestellt, und zwar sind die einzelnen Blechtafeln aus Siemens-Martin-Flußeisen im ganzen Umfange aus einem Stück. Die Nietung, früher ausschließlich mit der Hand ausgeführt, geschieht heute auf hydraulischem Wege. Die Rundnähte erhalten je nach der Blechdicke ein oder zwei Nietreihen. Die Längsnähte werden durch Doppellaschen mit 4 oder 6 Nietreihen hergestellt. Durch die Laschen vermeidet man das bei der gewöhnlichen Überlappungsnietung übliche Ausstrecken der Ecken. Diese Laschennietung ergibt rechnerisch 82 bis 83 vH Festigkeit im Vergleich zum vollen Bleche. Bei Versuchen, die die Firma in der Materialprüfungsanstalt des Polytechnikums in Zürich ausführen ließ, ergaben sich noch größere Werte.

Neben dem Kesselbau legte die Firma von jeher auch großen Wert auf eine zweckentsprechende Feuerung. Schon in den 60er Jahren wurden Schrägrostfeuerungen für Braunkohle, Sägemehl, Holzspäne und Stroh probiert und ausgeführt. Große Mühe gab sich die Firma auch, die Kohlenstaubfeuerungen praktisch zu verwerten, ohne jedoch einen Erfolg zu erzielen. Mechanische Feuerungen wurden zuerst 1877 ausgeführt. Bei dieser Feuerung wurden die Roststäbe von einem Mechanismus, der vorn an der Stirnwand des Kessels angebracht war, hin und her geschoben, wodurch sich der von einem Trichter aus auf den Rost geführte Brennstoff gleichmäßig verteilte. Ähnliche Ausführungen werden heute unter dem Namen Sparfeuerungen wieder in den Handel gebracht. Interessant war ferner der Rostbeschickungsapparat, Bauart Strupler, der in den 80er Jahren mehrfach ausgeführt wurde. Er besteht im wesentlichen aus einem auf Rädern geführten Gestell, das den ganzen Rost umfaßt. Der obere Teil des Wagens besteht aus einer mit Jalousieklappen versehenen Plattform, auf die, wenn der Wagen herausgezogen ist, die Kohlen aufgegeben werden. Durch Verstellung der Klappen von außen her konnte man die Kohlen gleichmäßig auf die Feuerung herunterfallen lassen. Später gab man diese Bauart wieder auf, weil sich doch zeigte, daß die empfindlicheren Teile die hohen Temperaturen auf die Dauer nicht aushielten.

Sehr eingehend beschäftigte sich auch die Firma mit der Frage, durch geeignete Feuerungen möglichst rauchlose Verbrennung zu erzielen. Eine große Zahl verschiedener Verbesserungen wurden im Laufe der Jahre konstruiert und durchprobiert. Hierhin gehören z. B. die durchbrochenen Feuerbrücken mit Zuführung von Sekundärluft, wie man sie in eigener Bauart 1883 ausführte. Heute werden von Gebrüder Sulzer mit großem Erfolge die sogenannten Unterschubfeuerungen gebaut. Die Feuerung besteht aus einer dachartig angeordneten Rostanlage mit in der Mitte angebrachtem Schlitz, durch den mit Hilfe einer unter dem Roste liegenden Förderschnecke die Kohle herausgedrückt wird, die sich dann nach beiden Seiten

auf dem schrägen Rost verteilen kann. Der Raum unter dem Rost ist geschlossen und wird von einem Ventilator mit Luft versorgt. Schon während die Kohlen nach dem Schlitz zu steigen, findet eine Vergasung statt. Die Kohlen müssen dann die darüber liegende glühende Schicht durchstreichen, wobei die Gase mit der aus den Düsen strömenden Luft vermengt und verbrannt werden. Die an den Seiten herabfallende Asche kann mit den Schlacken von Zeit zu Zeit durch die Feuer-türen entfernt werden.

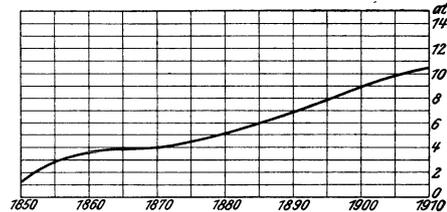


Fig. 43. Mittlerer Druck der in den einzelnen Jahren gelieferten Dampfkessel 1850 bis 1910.

Ebenso wie den Feuerungen hat auch die Firma der Speisewasserreinigung stets ihre Aufmerksamkeit zugewendet. Seit den 80er Jahren führt sie nach dem Sodaverfahren eine eigene Bauart von Wasserreinigern aus. Bei der Entwicklung der Kesselarmaturen, die von der Firma selbst hergestellt werden, ist stets auf möglichst kräftige Bauart Wert gelegt worden. Bemerkenswert sind die von der Firma zuerst ausgeführten Wasserstandsanzeiger mit Ventilabschlüssen, die Mitte der 90er Jahre auf den Markt gebracht wurden.

In Angliederung an die Kesselschmiede hat man in neuerer Zeit auch viele Druckwasserleitungen für Turbinenanlagen ausgeführt. Die gewaltigen Turbinenanlagen gerade in der Schweiz boten die Aussicht, auch diese Abteilung entsprechend entwickeln zu können. Für die Herstellung der Rohre und für die Nietung wurde in Winterthur ein eigenes Verfahren ausgearbeitet, das durch Patent geschützt wurde.

Von der Kesselabteilung werden übrigens auch noch große Behälter, Gasometer usw. hergestellt. So wurden z. B. für die Eidgenössische Alkoholverwaltung Behälter von 3 bzw. 4000 cbm Inhalt bei 20 bzw. 22 m Durchmesser und 10 bzw. 11 m gesamtener Höhe gebaut.

Einen interessanten zahlenmäßigen Überblick über die Entwicklung der Dampfkessel in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht gewinnen wir aus den Schaubildern Fig. 43 und 45. Wir erkennen hier, wie seit dem Jahre 1850 der mittlere Dampfdruck stetig gestiegen ist, Fig. 43. 1850 war der mittlere Arbeitsdruck der von der Firma gelieferten Dampfkessel nur 1,25 at, 1909 betrug er 10,5 at. Mit den immer größer werdenden Kraftereinheiten stieg, wenn auch nicht in gleicher Weise wie bei den Dampfmaschinen, die Kesselgröße.

Bis zum April 1910 wurden von der Firma rund 6200 Dampfkessel geliefert. 1860 wurden

27 Dampfkessel mit rund 77 t Gewicht geliefert. 1880 bereits 90 Kessel mit 510 t, 1900 190 Kessel mit 1150 t und die letzten Jahre durchschnittlich 230 Kessel mit

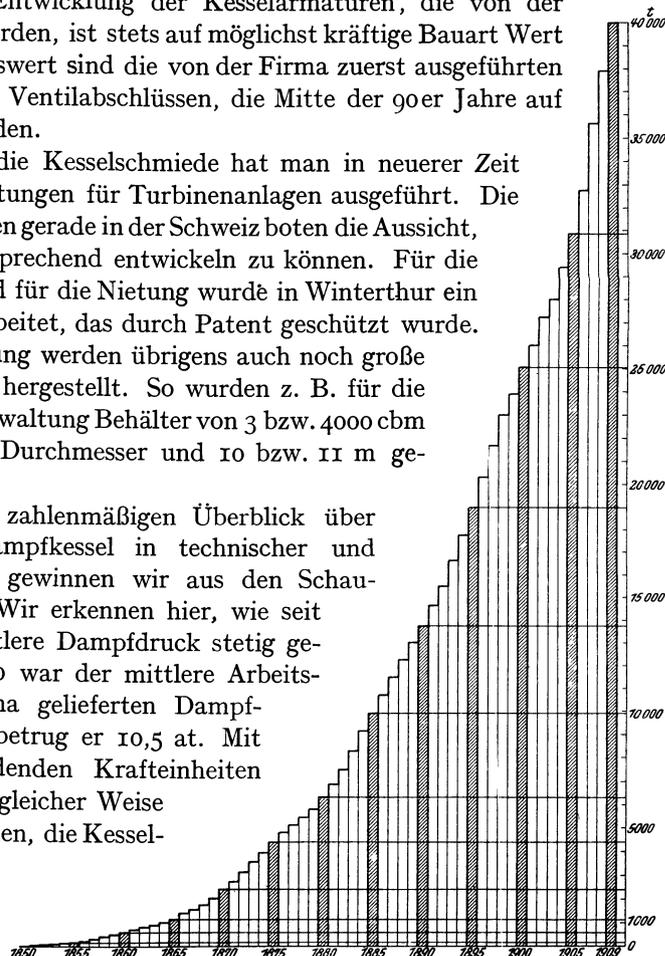


Fig. 44. Gesamtgewicht der gebauten Dampfkessel in t.

über 2000 t. Die Fig. 44 und 45 lassen erkennen, daß bis 1909 Kessel mit einem Gesamtgewicht von 40 000 t und einer Heizfläche von fast 250 000 qm aus der Firma hervorgegangen sind.

Das Absatzgebiet für Dampfkessel erstreckt sich fast soweit wie das für Dampfmaschinen. Mit Ausnahme von Nordamerika und Australien dürften überall neben Sulzer-Dampfmaschinen auch Sulzer-Kessel zu finden sein. Nach Deutschland allerdings beschränkten sich die Lieferungen hauptsächlich auf die in der Nähe der Schweiz liegenden Gebiete, da die deutsche Niederlassung in Ludwigshafen (Rhein) keine eigene Kesselschmiede besitzt.

Sehr bemerkenswert ist, gerade auch bei der Fabrikation der Dampfkessel zu verfolgen, wie in immer steigendem Maße die Maschine in den Kesselbau eingedrungen ist, wodurch die Güte und Genauigkeit der Arbeit sehr gestiegen ist. Die Nietmaschinen würden hier in erster Linie zu nennen sei. Bei den eigentlichen Blechbearbeitungsmaschinen, Biege-, Hobel- und Bohrmaschinen, bevorzugen Gebrüder Sulzer die Anordnung, bei der sich die Bleche stehend bearbeiten lassen. In letzter Zeit kam als neuester Fortschritt in der Kesselfabrikation das autogene Schneid- und Schweißverfahren in Aufnahme. Fast lautlos zerteilt die Flamme das Blech und mit ruhiger Kraftentfaltung pressen die Maschinen mit den Nieten die Bleche aufeinander.

3. Die Dampfturbinen.

Die Wattschen Kolbendampfmaschinen dienten ebenso wie die ihnen vorausgehenden atmosphärischen Maschinen ausschließlich als Pumpmaschinen. Die hin und her gehende Bewegung des Kolbens wurde in einfachster Weise mit Hilfe des Balanciers in die hin und her gehende Bewegung der Pumpe übersetzt. Als man dann daran ging, mit diesen

Maschinen umlaufende Bewegung zu erzeugen, lag der Gedanke nahe, auch die Dampfmaschine nunmehr so umzugestalten, daß man unmittelbar eine Drehbewegung erhielt. Zahllose Erfinder und Konstrukteure, unter denen auch erst-Namen zu finden sind, haben sich bemüht, diese Aufgabe zu lösen. Die Geschichte der rotierenden Dampfmaschine zeigt, mit welchem Eifer, aber auch mit wie überaus geringen Erfolgen ganze Generationen von Ingenieuren hieran gearbeitet haben. Besonders bevorzugt wurden rotierende Kolbenmaschinen, sogenannte Kapselmaschinen der denkbar verschiedensten Konstruktionen. Auch Gebrüder Sulzer haben auf diesem Gebiete einmal mitgearbeitet.

Neben diesen Rotationsmaschinen, in denen der Dampfdruck in der gleicher Weise wie in der Kolbenmaschine zur Wirkung kam, wurden frühzeitig Dampfturbinen versucht, bei denen der Dampf durch seine Strömungsenergie umlaufende Turbinenräder treibt. Die größte Schwierigkeit, die beim Bau von Dampfturbinen zu überwinden war, lag darin, die überaus große Dampfgeschwindigkeit wirt-

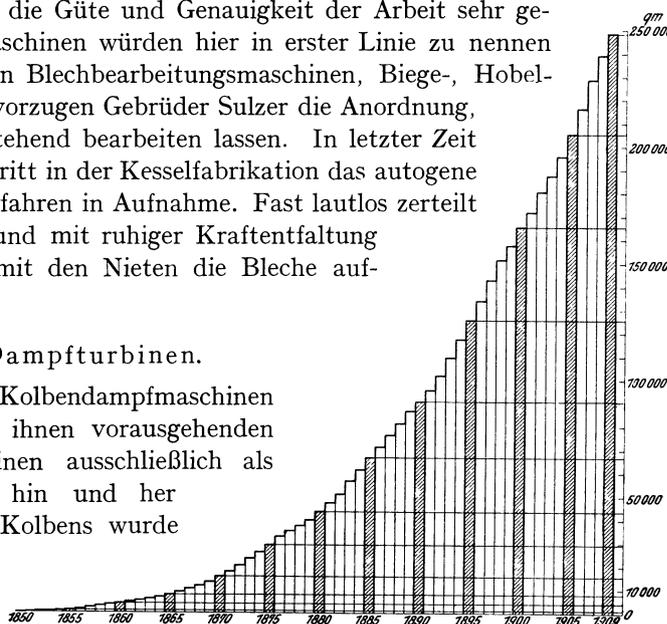


Fig. 45. Gesamte Heizfläche der bis 1909 gelieferten Dampfkessel in qm.

(Die Höhe der Stufen gibt die Heizfläche pro Jahr.)

schaftlich in einer Maschine auszunutzen. Man konnte hierbei entweder den Gegen-
druck des Dampfes oder auch seine unmittelbare Druckwirkung benutzen, je nach-
dem unterscheidet man zwischen Überdruck- und Druckturbine bzw. Reaktions-
und Aktionsturbine. Erst in den 80er Jahren gelang es dem großen englischen
Ingenieur Charles A. Parsons, eine wirtschaftlich brauchbare Reaktionsturbine
zu schaffen, während es gleichzeitig dem schwedischen Ingenieur Gustaf de Laval
beschieden war, eine in konstruktiver Hinsicht sehr interessante Lösung für die
Aktionsturbine zu finden. Besonders entwicklungsfähig zeigte sich die Parsons-
turbine, die nach jahrelangen eingehenden Versuchen ihres Erfinders in den 90er
Jahren ihren Siegeszug antreten konnte.

Es war selbstverständlich, daß Gebrüder Sulzer diese Anfänge einer gänzlich
neuen Entwicklung auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen mit größtem Inter-
esse verfolgten. In den 90er Jahren aber noch weitgehend damit beschäftigt, ihre
Kolbendampfmaschinen besonders für die Anforderungen der in immer größerem
Umfange entstehenden Elektrizitätswerke weiter zu entwickeln, glaubte man wohl

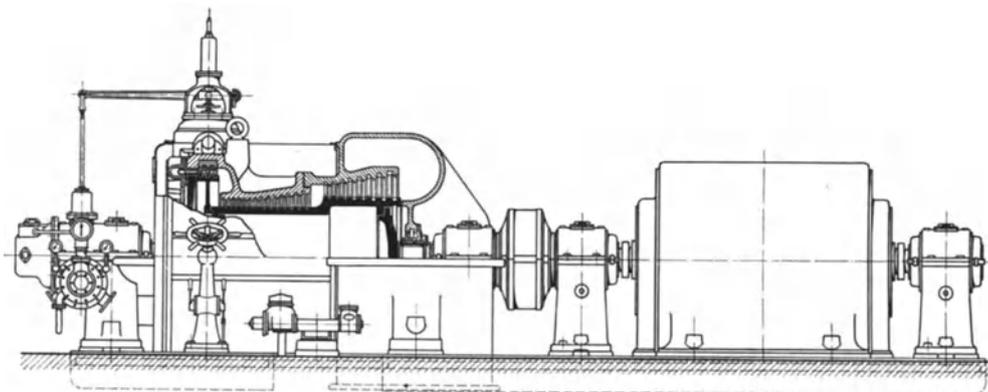


Fig. 46. Dampfturbine, Bauart Sulzer.

bei den auf diesem Gebiete erzielten Erfolgen den Bau von eigenen Dampftur-
binen noch aufschieben zu können. Doch die Bedeutung der Dampfturbinen gerade
für den Antrieb in elektrischen Zentralen wuchs so schnell, daß die Firma sich 1900
veranlaßt sah, nunmehr mit Energie auch dem Bau der Dampfturbinen näher zu
treten. Man ging in Winterthur auch an diese Aufgabe nur auf Grund einer durch
eigene ausgedehnte wissenschaftliche Versuche erworbenen Erkenntnis der gesamten
Verhältnisse heran. Diese auf etwa 3 Jahre sich erstreckenden vorbereitenden Ver-
suche führten schließlich zu einer eigenen Bauart, die sich als eine Vereinigung der
beiden Grundtypen der Dampfturbinen kennzeichnet. Die Vorteile dieser Ver-
einigung hatten zur Folge, daß nach dem Vorgang von Gebrüder Sulzer bald auch
bedeutende Vertreter der Parsonsturbine diesen Konstruktionsgedanken auf-
genommen haben. Die erste größere Dampfturbine, Bauart Sulzer, konnte 1903/4
die Werkstätten verlassen. Die Sulzersche Dampfturbine besteht, wie die Fig. 46
zeigt, aus einer teilweise beaufschlagten Aktionsturbine als Hochdruckstufe und
einer vollbeaufschlagten Reaktionsturbine als Niederdruckstufe. Die Schaufel-
kränze der Niederdruckstufe sind auf einer gemeinsamen Trommel angebracht.
Die Anwendung der Aktion bietet die Möglichkeit, von dem höchsten Druck sofort
erheblich tief herab expandieren zu können und so den Dampf bei viel niedrigerer

Temperatur in die Schaufelung einzuführen. Große Beachtung fanden naturgemäß auch die Konstruktionseinzelheiten und vor allem die so wichtigen Regulierungsfragen. Das als Doppelsitzventil ausgebildete Regulierventil wird durch einen empfindlichen Druckölregulator, der mit einem Druckölmotor in Verbindung steht, betätigt. Der von der Reaktionsturbine herrührende Axialschub wird durch eine unter Öldruck stehende, selbsttätig wirkende Entlastungsscheibe aufgenommen. Bei den Abdichtungen an den Austrittsstellen der Welle aus dem Gehäuse sind federnde Lamellen mit Vorteil benutzt worden.

Große Bedeutung für die Dampfturbine hat auch die Kondensation erlangt, da die Turbine die Luftleere viel besser ausnützen kann als die Kolbendampfmaschine. Für Turbinen hat deshalb eine große Luftleere eine erhöhte wirtschaftliche Bedeutung und insofern haben gerade diese Maschinen die weitere Entwicklung der Kondensationseinrichtungen auf das günstigste beeinflusst. Von Gebrüder Sulzer werden, um eine hohe Luftleere zu erreichen, neben Einspritzkondensatoren, Oberflächenkondensatoren benutzt, deren Konstruktion man auch auf Grund weitgehender Versuche festgestellt hat. Der Kondensator arbeitet im Gegenstrom und läßt das Kühlwasser drei- bis viermal umlaufen. Sehr interessant ist der Versuch, die Kondensatorluftpumpen für den rotierenden Betrieb umzugestalten. Man hat so z. B. für das Wasserwerk der Stadt Bukarest, für ein Werk in Petersburg u. a. m. Anlagen geschaffen, bei denen nur noch Umlaufbewegungen und keine hin und her gehenden Bewegungen vorkommen. Die Dampfturbinen treiben große Zentrifugalpumpen und gleichzeitig auch die rotierenden Luftpumpen.

Je mehr es gelang, auch andere Maschinengattungen statt mit langsamer hin und her gehender, mit schnellaufender Umlaufbewegung umzubauen, d. h. je mehr es gelang, das Feld der rotierenden Maschinen zu vergrößern, um so weiter dehnte sich natürlich auch das Anwendungsgebiet der Dampfturbine aus. Hatte man sie zuerst fast ausschließlich zum Antrieb von elektrischen Maschinen benutzt, so kam sie in immer steigendem Maße als Antriebsmaschine für die Zentrifugalpumpen und die Ventilatoren in Betracht. Da gerade auch auf diesem Gebiete Gebrüder Sulzer erfolgreich tätig waren, so lag hierin ein neuer Ansporn für sie, leistungsfähige Dampfturbinen herzustellen, um so die vollständige Maschinenanlage bauen zu können. Von dem heutigen Stand des Dampfturbinenbaues innerhalb der Firma geben verschiedene Veröffentlichungen Kunde, so daß es sich in diesem geschichtlichen Aufsatz erübrigt, hierauf näher einzugehen. Erwähnt sei nur daß eingehende Versuchsberichte über neue Anlagen zeigen, daß die Dampfturbine auch in wirtschaftlicher Hinsicht sich mit den besten Kolbendampfmaschinen vergleichen läßt. Welche Bedeutung der Dampfturbinenbau innerhalb der Firma einnimmt, ergibt sich aus der Tatsache, daß die Lieferungen der letzten Jahre schon bis auf 40 000 PS pro Jahr gestiegen sind. Fig. 47 zeigt die Gesamtleistung der bis 1909 gelieferten Dampfturbinen.

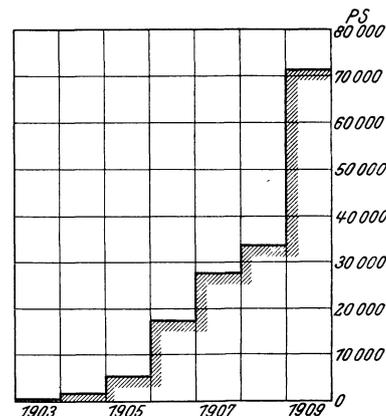


Fig. 47. Gesamtleistung der bis 1909 gelieferten Dampfturbinen in PS.

4. Dampfmaschinen mit Abdampfverwertung.

Der Dampf ist von jeher nicht nur als Energieträger für Kraftanlagen, sondern auch in großem Umfange für Heizzwecke benutzt worden. Zur Erwärmung unserer Wohn- und Arbeitsräume haben ihn die Ingenieure mit großem Erfolge herangezogen und ebenso ist er seit langem unentbehrlich für eine Anzahl großer Industriezweige, die mit großen Wärmemengen für Koch-, Trocken-, Heiz- oder Warmwasserbereitungszwecke zu arbeiten haben. Die Arbeitsteilung auf dem Gebiete der Technik, wie sie sich im Laufe der Jahrzehnte herausbildete, hat nun sehr oft den inneren Zusammenhang der großen Arbeitsgebiete, auf denen der Dampf als Energieträger oder als Wärmemittel in den Vordergrund tritt, verwischt. Der Dampfmaschineningenieur kümmerte sich meist wenig um die großen Aufgaben der Heizungstechnik. Erst in der neueren Zeit, als man — durch die wirtschaftlichen Verhältnisse gezwungen — mehr als je daran denken mußte, die Betriebskosten einer Anlage zu verringern, kam man darauf, sich nicht nur um die Teile einer Anlage unter bestimmten einseitigen Gesichtspunkten zu kümmern, sondern nunmehr die Gesamtanlage als Ganzes anzusehen und die Fragen der Wärmeabgabe und Kräftezeugung gemeinsam zu behandeln. So entstanden im Laufe der Jahre eine große Zahl technisch vorzüglicher, nach jeder Richtung hin durchgearbeiteter Anlagen, die in wirtschaftlicher Hinsicht geradezu überraschende Erfolge erzielten.

Bei Gebrüder Sulzer, die in einer Abteilung in engster Verbindung mit der Textilindustrie arbeiten, in der anderen in maßgebender Weise Zentralheizungen ausführen und in der dritten große Kesselanlagen und Dampfmaschinen bauen, lag es besonders nahe, im gegenseitigen Zusammenarbeiten dieser Abteilungen die Wirtschaftlichkeit derjenigen Anlagen zu erhöhen, bei denen gleichzeitig Dampf für Wärme- und Kraftzwecke benutzt wird. Die erste Anlage mit Abdampfverwertung (Zwischendampfentnahme) wurde von der Firma 1887 praktisch durchgeführt, und zwar in der Dampfmaschinenanlage einer Spinnerei in Turin, wo die Wärme des Auspuffdampfes planmäßig zu Trockenzwecken im großen Maßstabe herangezogen wurde.

Das Bestreben, in dem scharfen Wettkampf mit den anderen Firmen die eigenen Anlagen wirtschaftlich vorteilhafter zu gestalten, führte dann dazu, die Frage der Abdampfverwertung weiter durchzuarbeiten. Man kam so im Laufe der Jahre zu zwei Hauptbauarten — der Abdampf- und der Zwischendampfverwertung —, die heute beide, in zahlreichen Anlagen durchgeführt, bemerkenswerte Ergebnisse erzielt haben. Zu der ersteren Bauart gehört u. a. die Abdampfheizanlage der Metallwarenfabrik von Wieland & Co. in Ulm. Hier besteht der maschinelle Teil aus einer Verbundmaschine mit Kondensation und aus einer mit dieser Maschine auf dieselbe Welle kuppelbaren Einzylindermaschine, die in der kalten Jahreszeit in Betrieb genommen wird und deren Abdampf als Heizdampf gebraucht wird. Da der Wärmebedarf der Heizung veränderlich ist, so muß die Dampfzuführung zur Einzylindermaschine entsprechend reguliert werden. Das geschieht selbsttätig durch einen Quecksilberregulator, Bauart Sulzer, der die Steuerung der Maschine entsprechend dem Abdampfbedarf so einstellt, daß der Auspuffdruck stets der gleiche bleibt. Die fehlende Kraftleistung wird dabei von der mit einem Geschwindigkeitsregulator versehenen Verbundmaschine geliefert.

Die zweite Hauptbauart derartiger Anlagen ist gekennzeichnet durch die Dampfentnahme zwischen zwei Zylindern. Die Fig. 48 bezieht sich auf eine derartige

Anlage. Sie zeigt in übersichtlicher Darstellung die Wärmebilanz der Brauerei Leicht in Vaihingen bei täglich rund 1000 hl Bierproduktion. Wir sehen hier die Leistung der in den Kesselanlagen erzeugten Wärmemenge auf die einzelnen Betriebszwecke verteilt und können auch erkennen, welche Wärmemengen als Verluste in der Betriebsrechnung zu buchen sind. Das Gesamtergebnis läßt auch zu-

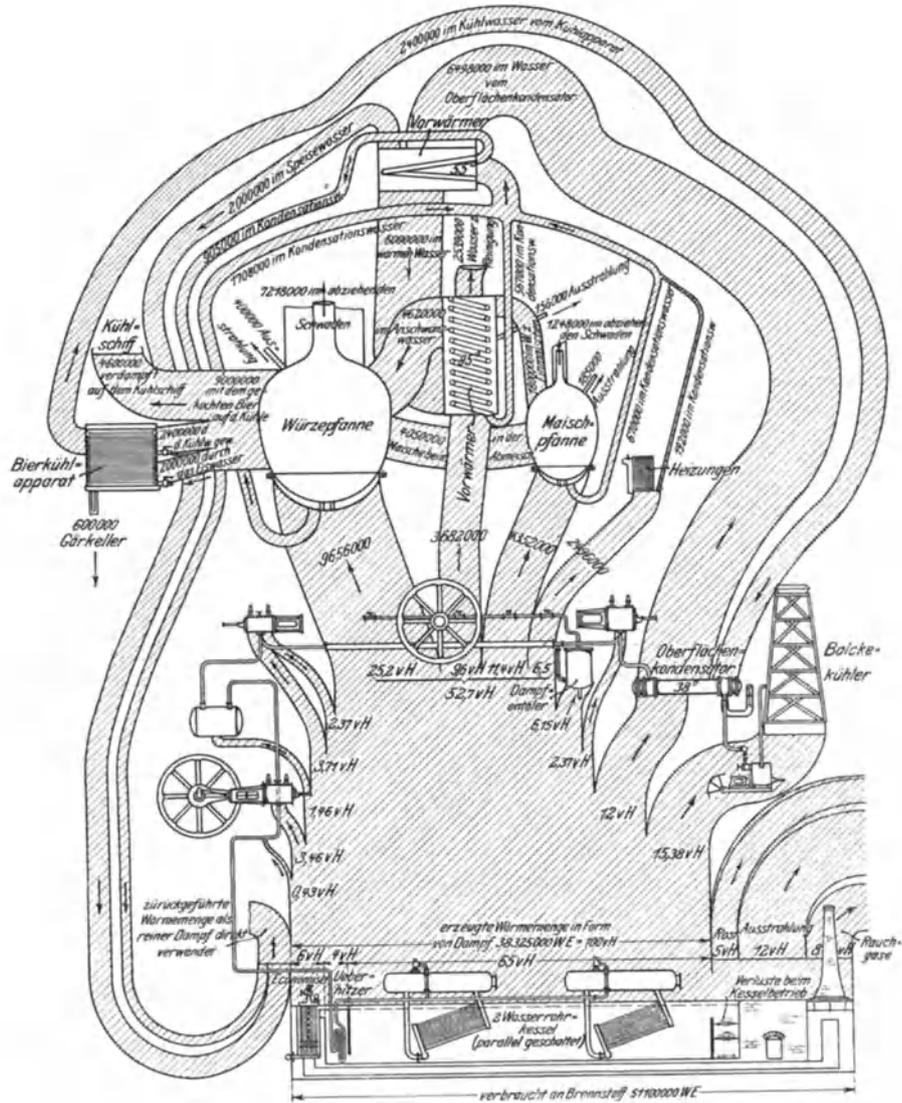


Fig. 48. Darstellung des Wärmeverbrauchs einer Brauerei.

gleich die hohe wirtschaftliche Bedeutung derartiger einheitlich durchgearbeiteter Anlagen erkennen, denn während man bei gewöhnlichen Dampfkraftanlagen mit einer Wärmeausnutzung von 14 bis 16 vH schon zufrieden sein muß, hat man hier eine Gesamtwärmeausnutzung von 76,65 vH erreicht.

Daraus ergibt sich ohne weiteres, daß den Dampfkraftmaschinen auf allen den Gebieten, wo zugleich auch die Wärmeverwendung praktisch möglich ist, noch ein

großes Absatzgebiet bleiben wird, selbst dann, wenn den Gaskraftmaschinen noch weitere große Erfolge beschieden sein sollten. Zu dem Verwendungsgebiet derartiger Anlagen gehören vor allem Brauereien, Textilfabriken und weiter alle Anlagen, die Wärmemengen zu Heizzwecken brauchen. Auch große Elektrizitätswerke haben bereits ihre Anlagen von Anfang an so eingerichtet, daß der aus den Maschinen entnommene Dampf in Fernheizwerken verwertet werden kann.

Da die Bedeutung der Abwärmeverwertung erst seit wenigen Jahren allgemeine Beachtung gefunden hat, ist es bemerkenswert, daß Gebrüder Sulzer schon in den 80er Jahren mit weitsichtigem Blick deren Bedeutung richtig erkannten und konstruktiv schon damals weiter ausbildeten.

5. Die Dieselmachines.

Im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts begann mit den Gasmaschinen eine neue Art der Wärmekraftmaschinen sich für bestimmte Verwendungszwecke bemerkbar zu machen. Mit großen Hoffnungen hatte man die ersten praktisch brauchbaren Gasmaschinen begrüßt, glaubte man doch, mit ihrer Hilfe jetzt neben dem durch die Dampfmaschine ermöglichten Großbetrieb einen leistungsfähigen Kleinbetrieb erhalten zu können. Der in jener Zeit sehr stark zunehmende Kraftverbrauch ließ die Dampfmaschine noch sehr wenig von dem Wettbewerb der Gasmaschine fühlen. Das Gebiet der Kleinkraftmaschinen wurde ihr von den großen Firmen gern überlassen. Ernste Beachtung in den Kreisen des Dampfmaschinenbaues fand die Gasmaschine erst dann, als sie sich durch weitere Ausbildung der Generatorganlagen von der Benutzung des teuren Leuchtgases freimachte und auch dazu überging, die Abgase der Hochofenanlagen zu verwerten. Jetzt sprengte die Verbrennungskraftmaschine auch die engen Grenzen, die bisher ihren Leistungen gezogen waren. Die Zeit, in der man Gasmaschinen von 20 und 50 PS als Großgasmaschinen bezeichnet hatte, schwand in den 90er Jahren sehr bald dahin. Das ganze Arbeitsgebiet kam in eine sich zeitweise fast überstürzende Entwicklung, in der es manchmal den Anschein hatte, als ob nunmehr die Gasmaschine der Dampfmaschine ganz den Garaus machen wollte. Eine große Zahl im Dampfmaschinenbau maßgebender Firmen nahmen den Gasmaschinenbau auf und verstanden es, die Entwicklung der neuen Maschine durch Übertragung ihrer Erfahrungen aus dem Gebiete der Dampfmaschine sehr wesentlich zu fördern. Es war deshalb selbstverständlich, daß nunmehr auch Gebrüder Sulzer sich ernsthaft mit der Frage, ob sie den Bau von Gasmaschinen aufnehmen sollten, beschäftigen mußten. Auch hier hat die Firma, lange bevor die Öffentlichkeit davon etwas erfuhr, eingehende Versuche gemacht und die Vorteile und Nachteile der verschiedensten Bauarten untersucht. Das Ergebnis aller dieser Arbeiten ging jedoch dahin, zunächst jedenfalls das große Arbeitsgebiet der Firma nicht durch Aufnahme der Gasmaschine noch zu erweitern. Dieser Entschluß konnte um so leichter gefaßt werden, als man gleichzeitig in der Aufnahme des Dampfturbinenbaues ein neues großes Arbeitsfeld vor sich sah und die Möglichkeit hatte, sich auch auf dem Gebiete der Verbrennungskraftmaschinen durch Aufnahme des Baues von Dieselmachines an der Entwicklung der zukunftsreichen Verbrennungskraftmaschinen zu beteiligen.

Die Dieselmachine ist aus theoretischen Betrachtungen entstanden, die Rud. Diesel 1893 in einer kleinen Schrift „Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors“ veröffentlicht hat (Zeitschr. d. Vereines d. Ing. 1893, S. 291). Unter seiner persönlichen Leitung hat sich dann die Maschinenfabrik Augsburg das Haupt-

verdienst erworben, die vorgeschlagene Maschine bis zu ihrer Marktfähigkeit durchgebildet zu haben. Bis 1897 waren die schwierigsten Aufgaben gelöst, eine praktisch brauchbare, wirtschaftlich große Vorteile bietende Wärmekraftmaschine war geschaffen worden. Gebrüder Sulzer hatten gleich im Anfang die Bedeutung des Dieselschen Erfindungsgedankens erkannt und sich schon 1893 das Recht zum Bau von Dieselmotoren gesichert. Die erste Versuchsmaschine wurde 1896 in Winterthur gebaut, die Fabrikation im großen aber erst 1903 aufgenommen. Die sehr schnelle Entwicklung dieser Abteilung, Fig. 49, führte dann dazu, 1908 auch in Ludwigshafen (Rhein) den Bau von Dieselmotoren einzuführen. Unter Benutzung der konstruktiven Erfahrungen von Gebrüder Sulzer sind eine Anzahl Bauarten entstanden, auf die im folgenden noch kurz hinzuweisen sein wird.

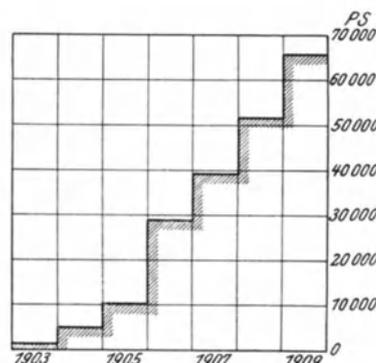


Fig. 49. Gesamtleistung der bis 1909 gelieferten Dieselmotoren in PS.

Während in den bis zur Einführung der Dieselmotoren bekannten Verbrennungsmotoren ein Gemisch von luft- und gasförmigem Brennstoff von verhältnismäßig niedrigem Druck durch ein äußeres Zündmittel zu explosionsähnlicher Verbrennung gebracht wird, verwendet Diesel hohe Luftdrücke vor Einführung des Brennstoffes. Die hohe Kompression erhitzt die Luft so stark, daß der Brennstoff im Arbeitszylinder sich von selbst entzündet. Die Einführung des Brennstoffes, die vom Regulator beeinflusst wird und dementsprechend auch die Verbrennung, erfolgt allmählich. Eine plötzliche, explosionsartige Druckerhöhung findet dabei nicht statt. Die normale Bauart der Sulzer-Dieselmotoren zeigt Fig. 50. Die Maschine ist stehend angeordnet, der unten offene Arbeitszylinder ist in den Mantel eingesetzt. Mit der Luftpumpe *L* wird die hochgespannte Druckluft erzeugt. Die Brennstoffpumpe *B* fördert das Brennöl nach dem Brennstoffventil *V*. Der Regulator *R* verändert die Menge des in fein zerstäubtem Zustande eingeführten Brennstoffes der Leistung der Maschine entsprechend.

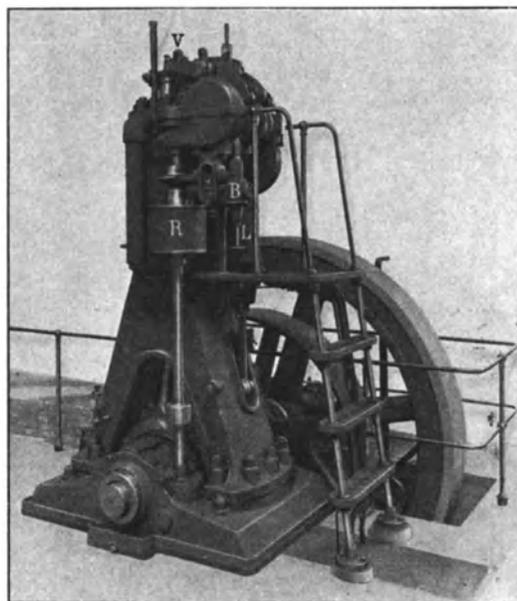


Fig. 50. Dieselmotoren, Bauart Sulzer.

Die großen Erfolge der neuen, von Diesel geschaffenen Kraftmaschine ergaben sich unmittelbar aus ihren wirtschaftlichen Vorzügen. Die Brennstoffausnutzung stellte sich überaus günstig. Bei einem Heizwerte von 10 000 Wärmeeinheiten

wird heute ein Brennstoffverbrauch von 180 bis 220 g für 1 PSe-st garantiert. Bei einem Brennölpreis von etwa 6 Fr. pro 100 kg in der Schweiz stellt sich dabei die PSe-st auf 1 bis 1½ Ct. Dieser niedrige Brennstoffverbrauch erhöht sich nur wenig bei abnehmender Belastung, also auch bei schwankender Kraftabgabe wird die Benutzung von Dieselmotoren gute Ergebnisse liefern. Da Maschinen mit kleinen Kraftleistungen sich annähernd ebenso günstig im Brennstoffverbrauch stellen wie große Maschinen, so wird man bei Verwendung von Dieselmotoren leichter zu einer Dezentralisation der Betriebe kommen können als bei Benutzung von Dampfmaschinen. Wenn man ferner berücksichtigt, daß hierbei weder Kohlen noch Schlacken zu transportieren sind, daß die Zuführung des Brennstoffes durch einfache Rohrleitungen sich leicht bewerkstelligen läßt und daß alle Einrichtungen, wie Gasgeneratoren, Dampfkessel usw. entbehrlich werden, so wird man die schnelle Einführung der Dieselmotore verstehen können.

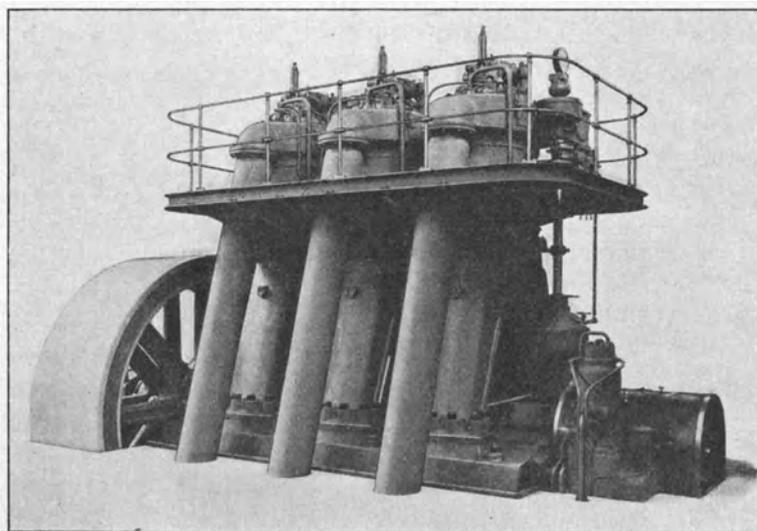


Fig. 51. Erste große Zweitakt-Dieselmotore (750 PS), Bauart Sulzer.

Gebrüder Sulzer waren nach den Erfolgen mit den normalen Viertaktmotoren bestrebt, das Anwendungsgebiet der neuen Kraftmaschine zu erweitern. Von weittragender Bedeutung mußte es sein, wenn es gelang, die Dieselmotore in das Gebiet des Verkehrs einzuführen. Zunächst dachte die Firma an die Benutzung als Schiffsmotore.

Die Petroleum- und Benzinmotoren der alten Konstruktionen waren bereits auf den kleinen Vergnügungsbooten und Lastschiffen heimisch geworden. Auch in der Kriegsmarine für kleinere Boote und in neuerer Zeit vor allem für Unterseeboote hatten sie eine zukunftsreiche Verwendung gefunden. Gegenüber den Dampfmaschinen bieten gerade die Verbrennungsmotoren für Schiffszwecke besondere Vorteile. Neben der besseren Brennstoffausnutzung bietet die Verwendung flüssiger Brennstoffe die Möglichkeit, an Raum zu sparen oder ohne Vergrößerung des hierfür erforderlichen Schiffsraumes den Aktionsradius des Schiffes zu erweitern. Wollte man aber die hierin liegenden Vorteile der Dieselmotore voll ausnutzen, dann mußte sie ebenso wie die Schiffsdampfmaschine umsteuerbar ausgeführt werden. Gleich-

zeitig mußte man dahin streben, das Gewicht der Maschine zu verringern. Diese letzten Aufgaben verstand die Firma durch Einführung des Zweitaktverfahrens zu erreichen. Die erste praktisch brauchbare Zweitakt-Dieselmachine wurde von Gebrüder Sulzer 1905/06 gebaut. Insofern als die Zweitaktmaschine eine besondere Spülpumpe zum Entfernen der Auspuffgase aus dem Zylinder braucht, ist sie in konstruktiver Beziehung nicht ganz so einfach als die Viertaktmaschine. Man wird deshalb das Zweitaktssystem besonders in solchen Fällen anwenden, wo — wie z. B. bei großen Maschinen — die Hinzufügung der Luftpumpe verhältnismäßig weniger zu bedeuten hat oder wo gerade — wie bei Schiffsmaschinen — der Betrieb und die Verminderung des Gewichtes in erster Linie in Frage kommt. Zweitakt-Dieselmachines für ortsfeste Anlagen werden deshalb von Gebrüder Sulzer erst von 600 bis 700 PS an empfohlen und sind schon bis 2000 PS ausgeführt worden. In ihrer Bauart gleichen sie den Viertaktmotoren. Die Fig. 51 zeigt eine derartige Zweitakt-Dieselmachine mit unten angebrachter Luftpumpe von 750 PS.

Wie vorher bemerkt, hat die Firma das Zweitaktssystem auch auf alle umsteuerbaren Schiffsmachines übertragen. Hierdurch werden die umzusteuern den Abschlußorgane vermindert, so daß man an jedem Zylinder nur das Lufteinlaß- und das Brennstoffventil umzusteuern hat. Gewöhnlich werden diese Schiffsmachines mit 4 Zylindern ausgeführt, so daß ein zuverlässiges Anlaufen gewährleistet und ein gleichmäßiges Drehmoment erzielt wird. Die erste derartige umsteuerbare Diesel-Schiffsmachine konnten Gebrüder Sulzer in der Abteilung für See- und Flußtransportwesen 1906 in Mailand ausstellen.

Die Vorteile der Dieselmachine würden sich naturgemäß auch bemerkbar machen, wenn es gelingen sollte, sie so konstruktiv umzugestalten, daß sie in geeigneter Weise sich dem Lokomotivbetrieb anpassen könnte. Auch nach dieser Richtung hin arbeitet bereits die Firma seit 1905, wie sich aus den Patentschriften ergibt. Die Schwierigkeit der Aufgabe und der Wunsch, nur mit einer nach jeder Richtung hin durchgearbeiteten Konstruktion an die Öffentlichkeit zu treten, hat bisher von einer Veröffentlichung der erzielten Ergebnisse Abstand nehmen lassen.

6. Schiffbau und Schiffsmachines.

Aus der Entwicklung der Dampfmaschine und der Dieselmachine ging bereits hervor, daß Gebrüder Sulzer sich auch mit den technischen Aufgaben des Verkehrs beschäftigt haben. Schon in den 60er Jahren trat die Aufgabe an die Firma heran, nicht nur Schiffsmachines, sondern auch ganze eiserne Schiffe, zunächst nur für die Schweizerseen, zu liefern. Bei den kleinen, sehr bescheiden ausgestatteten Schiffen der damaligen Zeit war es nicht allzu schwierig, im Rahmen der andern Fabrikationsgebiete auch hier und da einen derartigen Schiffskörper herzustellen. Mit dem Größerwerden der Firma entwickelte sich, entsprechend den allgemein gestiegenen Ansprüchen, auch diese Abteilung. Die Schiffskörper werden in Winterthur zusammengebaut, dann auseinandergenommen und die bearbeiteten

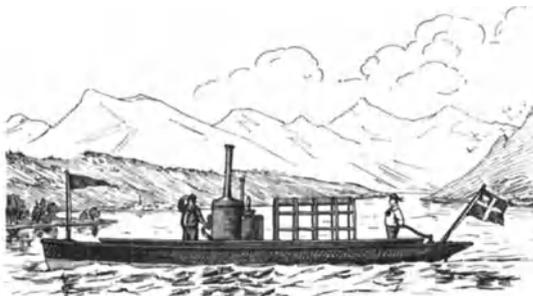


Fig. 52. Kleiner Schraubendampfer um 1876.

Bleche und Winkel an den See geschafft, den das Schiff befahren soll, wo in der Werft der betreffenden Schiffsgesellschaft nachher der endgültige Zusammenbau erfolgt.



Fig. 53. Dampfschiff „La Suisse“.

Bei der Gründung von Ludwigshafen hatte man besonders daran gedacht, hier auf eigener Werft den Schiffbau gegebenenfalls noch weiter ausdehnen zu können. Wenn wir die Fig. 52, die einen kleinen Schraubendampfer von Gebrüder Sulzer aus den 70er Jahren darstellt, mit der Fig. 53, die uns den von der Firma 1909 gebauten Genferseedampfer „La Suisse“ zeigt, vergleichen, so sehen wir hierbei schon die gewaltige Entwicklung auf diesem Arbeitsgebiet.

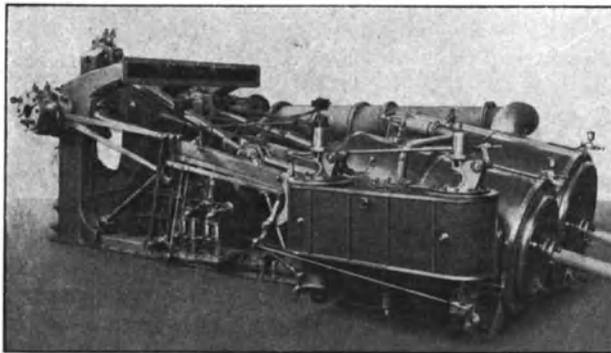


Fig. 54. Schiffs-Verbundmaschine.

Das Schiffchen in der ersten Figur war 10 m lang und hatte eine Maschinenleistung von etwa 10 PS. „La Suisse“ hat eine Gesamtlänge von 76 m und kann 1500 Reisende aufnehmen. Die normale Maschinenleistung bei 10,5 at Überdruck beträgt 1100 PS. Die Verbundmaschine mit Ventilsteuerung am Hochdruck- und Schiebersteuerung am Niederdruckzylinder hatte bei den Abnahmeversuchen einen Kohlenverbrauch von nur 0,6 kg für 1 PS-st aufzuweisen. Eine neuzeitige schrägliegende Verbundmaschine mit Ventilsteuerung zeigt Fig. 54.



Fig. 55. Hafenschlepper mit Dieselmachine.

Die erste Dieselmachine für Schiffszwecke baute die Firma 1904 auf einen Lastdampfer des Genfer Sees ein. Hier handelte es sich aber noch um eine normale Viertaktmaschine von 45 PS mit elektrischer Umsteuerung. Seit dem Jahre 1906 bauen Gebrüder Sulzer aber direkt umsteuerbare Zweitakt-Dieselmachines, die für Hafenschlepper, Flußboote, Personenboote usw. Verwendung finden. Die Fig. 55 zeigt einen solchen kleinen Hafenschlepper „Fortschritt“. Jedenfalls hat auch dieses Gebiet noch eine große Entwicklung vor sich.

B. Allgemeiner Maschinenbau.

1. Die Zentrifugalpumpen.

Ein besonders kennzeichnendes Merkmal für die Entwicklung des Maschinenbaues ist die Steigerung der Geschwindigkeit. Der „Schnellbetrieb“ ist heute die Losung. Höchst interessant ist es, zu beobachten, wie gerade im Laufe des letzten halben Jahrhunderts der relative Wert des Begriffes „schnell“ sich verschoben hat. Für die größeren Geschwindigkeiten waren von vornherein Maschinen mit umlaufender Bewegung natürlich geeigneter als Maschinen mit hin und her gehender Bewegung. Und so sehen wir denn gerade diese Maschinengattung in den letzten Jahrzehnten einen ungeahnten Aufschwung nehmen. Allen voran ging hier die Elektrotechnik. Zum Antrieb durch Elektromotoren eigneten sich die Maschinen mit umlaufender Bewegung natürlich am besten und deshalb förderte die Einführung der Elektromotoren ihrerseits wieder die Verwendung von Maschinen, die sich unmittelbar mit dem Elektromotor kuppeln ließen. Es ist bezeichnend für den fortschrittlichen Charakter der Firma, daß sie auch gerade diese Gruppe der Maschinen frühzeitig in ihr Arbeitsgebiet hineingezogen und an ihrer weiteren Entwicklung bedeutsam mitgearbeitet hat. In die Gruppe dieser Maschinen, die wir in ihrem Entwicklungsgang innerhalb der Firma an dieser Stelle behandeln wollen, gehören die Zentrifugalpumpen, die Ventilatoren und die Turbokompressoren.

Zentrifugalpumpen in der allgemein gebräuchlichen Anordnung und Ausführung hat die Firma schon in den 60er Jahren gebaut. In einem Prospekt vom Jahre 1873 empfiehlt die Firma derartige Zentrifugalpumpen für große Wassermengen bis auf 15 m Förderhöhe. Auch damals konnte sie schon darauf hinweisen, daß eine große Reihe eigener Versuche hiermit gemacht wurden, durch die eine zweckmäßige Konstruktion festgelegt werden konnte. Nur wenig änderte sich an diesen Pumpen im Laufe der 70er und 80er Jahre. Erst Anfang der 90er Jahre fing man wieder an, sich eingehender mit den Zentrifugalpumpen zu beschäftigen, um eine zum Antrieb durch Elektromotoren geeignete Pumpe zu erhalten. Man versuchte Zentrifugalpumpen mit mehreren Flügelrädern zu bauen. Eine solche dreistufige Pumpe, die 1894 für die erste Anlage zur hydraulischen Kraftaufspeicherung gebaut wurde, zeigt die Fig. 56. Leitapparate sind hier noch nicht vorhanden. Die besonderen feststehenden Kanäle führen das Wasser jedem Laufrade zu. Die Saugleitung ist unten, die Druckleitung oben angeordnet, während bei den heutigen stehenden Hochdruckzentrifugalpumpen der Firma die Anordnung der Leitung umgekehrt ist, so daß das Wasser die Pumpe in der Richtung von oben nach unten durchfließen kann. Der nächste Schritt zur heutigen Hochdruckzentrifugalpumpe geschah auf Grund weiterer Versuche im Jahre 1896. Aus den Fig. 57 und 58, die in der Schweizerischen Patentschrift vom 4. Juni 1897 wiedergegeben sind, ersieht man, daß hier das Flügelrad der Pumpe von einem konzentrisch angeordneten

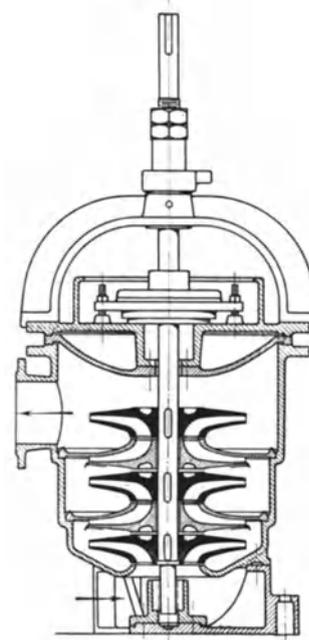


Fig. 56. Dreistufige Zentrifugalpumpe 1894.

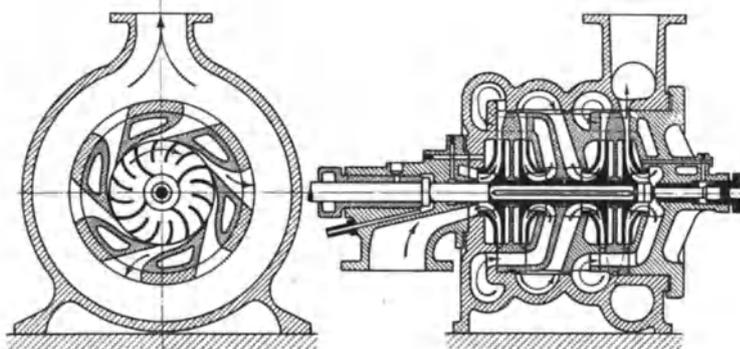


Fig. 57 und 58. Zentrifugalpumpe mit Leitapparat 1896.

Leitapparat mit allmählich nach außen sich erweiternden Leitkanälen umgeben ist. Die durch das Flügelrad gehende Flüssigkeit muß also zuerst die Kanäle der Leit-

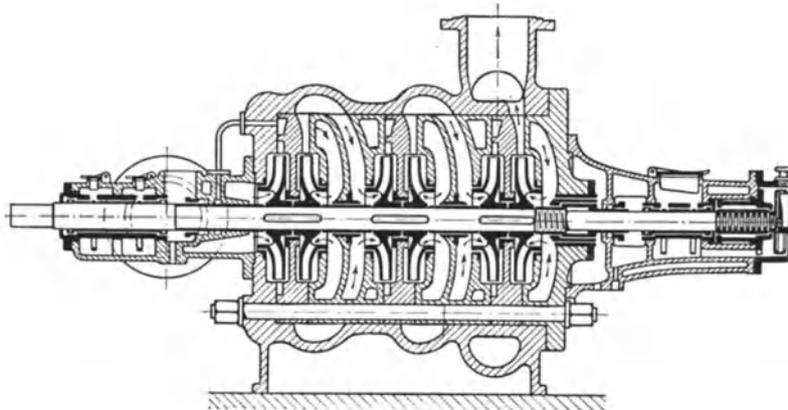


Fig. 59. Hochdruck-Zentrifugalpumpe. II. Ausführung.

apparate durchströmen, bevor sie in den Druckraum der Pumpe gelangt. Die erste solcher Pumpen konnte schon auf der Ausstellung in Genf 1896 gezeigt werden.

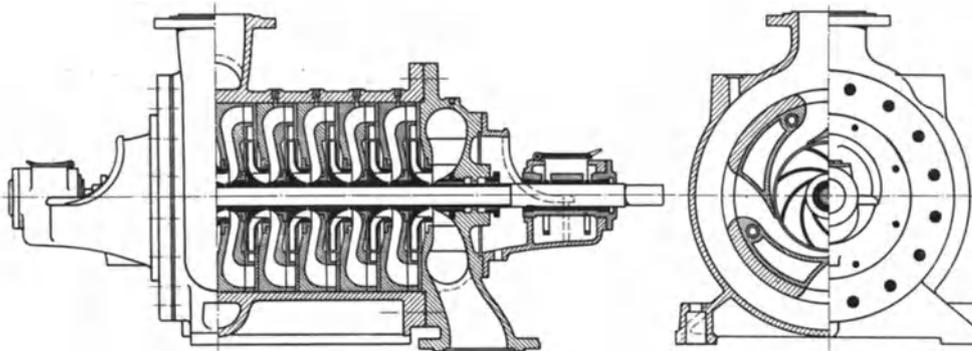


Fig. 60 und 61. Hochdruck-Zentrifugalpumpe 1910.

Man übertrug also hier auf die Zentrifugalpumpen die Erfahrungen mit den Wasserturbinen, und so sind auch die Hochdruckzentrifugalpumpen der Firma umgekehrte Reaktionsturbinen. Im Laufe der Jahre hat sich natürlich auch die Konstruktion

weiter geändert. Der ersten Ausführung folgte die in der Fig. 59 dargestellte zweite Ausführung der Hochdruckzentrifugalpumpen, während die Fig. 60 und 61 die heutige Form darstellt. Während die Flügelräder früher paarweise symmetrisch zueinander angeordnet waren, um den Axialdruck zum größten Teil aufzuheben, werden heute die Flügelräder der meisten Pumpen alle mit dem Einlauf von der gleichen Seite ausgeführt, wodurch die Wasserführung wesentlich vereinfacht ist. Der Axialdruck wird durch eine Entlastungsscheibe aufgenommen.

Durch diese Verbesserungen der Zentrifugalpumpen, wodurch der Wirkungsgrad bis auf 80 und mehr vom Hundert sich steigern ließ und die erreichbare Förderhöhe auf viele Hunderte von Metern erhöht wurde, war naturgemäß das Anwendungsgebiet der Zentrifugalpumpe sehr erweitert worden. Sie traten nunmehr mit den seit Jahrzehnten aufs beste bewährten Kolbenpumpen in schärfsten Wettbewerb, und wenn sie auch heute den Wirkungsgrad der Kolbenpumpen noch nicht erreichen können, so ist das allein doch nicht ausschlaggebend für die Anwendung. Der geringe Preis — sie kostet nur etwa ein Drittel der Kolbenpumpe —, ihr geringer Raumbedarf, die Möglichkeit, sie in einfachster Weise durch Elektromotoren oder Dampfturbinen anzutreiben, die einfache Wartung, alles das spielt oft eine mindestens ebenso große Rolle wie der Nutzeffekt und entscheidet in vielen Fällen zugunsten der umlaufenden Pumpe.

Eins der größten Absatzgebiete für Pumpen bietet der Bergbau. Die Firma, die dies erkannte, suchte deshalb ihre neuen Zentrifugalpumpen von Anfang an auch als Wasserhaltungsmaschinen der Bergwerke einzuführen. Die erste große Wasserhaltungsanlage mit Hochdruckzentrifugalpumpen wurde von Gebrüder Sulzer 1898/99 für die Silbergruben Horcajo in Spanien ausgeführt. Hier hatte man noch mehrere Pumpen im Schacht übereinander angeordnet, von denen die eine der andern das Wasser zuhob. Bei späteren Ausführungen gelang es, mit Zentrifugalpumpen von einer Sohle aus das Wasser zu fördern. Die großen Vorteile dieser Anlagen zogen das Interesse des Bergbaues in großem Maße auf sich und förderten die Einführung. Sehr große Anlagen sind bisher bereits mit Hochdruckzentrifugalpumpen ausgeführt worden. So wurde 1908 von der Firma eine Pumpe geliefert, die in einem Gehäuse 6 cbm minutlich gegen eine gesamte Widerstandshöhe von 73,4 at zu fördern hatte.

Führte sich so die Zentrifugalpumpe als Hauptwasserhaltungsmaschine neben der Kolbenpumpe in den Bergbau immer mehr ein, so wurde sie noch viel schneller als Abteufpumpe allgemein angenommen. Man benutzt hierzu senkrecht angeordnete Zentrifugalpumpen, die mit einem Elektromotor direkt gekuppelt sind. Die Fig. 62 zeigt die Gesamtanordnung. Diese freihängende Pumpe arbeitet ruhig und stoßfrei und gestattet große Wassergeschwindigkeiten in den Steigleitungen. Die erste Abteufpumpe wurde 1902 in Düsseldorf ausgestellt.

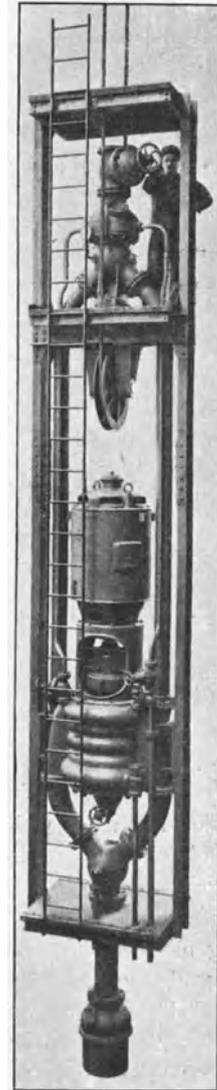


Fig. 62. Abteufpumpe.

Der Saugraum liegt oben, der Druckraum unten. Dadurch wird der Druck nach unten aufgehoben und man hat die Möglichkeit, eindringende Luft oben abzufangen, bevor sie in die Pumpe gelangt. Dadurch lassen sich Betriebsstörungen vermeiden, was gerade bei Abteufpumpen von größter Wichtigkeit ist.

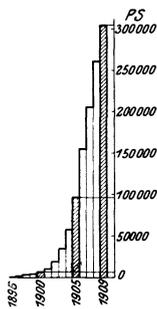
Neben dem Antrieb durch Elektromotoren kommt für große Anlagen heute auch die Dampfturbine in Frage. Neben dem Bergbau bieten die Wasserwerke der Städte ein zweites großes Absatzgebiet auch für die Zentrifugalpumpen. Schon 1897 haben Gebrüder Sulzer für das Genfer Wasserwerk eine Zentrifugalpumpe, von einem Elektromotor von 1000 PS angetrieben, gebaut. Es waren hier 22,5 cbm Wasser minutlich auf 140 m zu fördern. Zu den besonders ausgedehnten Wasserversorgungsanlagen mit Hochdruckzentrifugalpumpen gehört das Wasserwerk der Stadt Mailand, das 10 einzelne Pumpstationen umfaßt, ferner das Wasserwerk der Stadt Lyon mit einem gesamten Kraftbedarf von über 4000 PS.

Sehr interessante Verwendungsarten der Zentrifugalpumpen finden wir dann

ferner bei den Kraftaufspeicherungsanlagen. Die erste derartige Anlage wurde von der Firma für eine Weberei in Creva-Luino (Italien) 1894 ausgeführt. Die Zentrifugalpumpe dieser Anlage haben wir bereits in der Fig. 56 kennen gelernt. Das Wesentliche dieser Anlage besteht darin, daß die Turbine in der Zeit, wo sie für Betriebszwecke nicht Verwendung findet, mittels der Zentrifugalpumpe Wasser hebt, das dann während der Betriebsstunden zur Vergrößerung der Leistung herangezogen wird.

Welch große Bedeutung gerade der Bau von Hochdruckzentrifugalpumpen innerhalb der Firma erlangt hat, ergibt sich daraus, daß bis zum April 1910 bereits derartige Pumpen einschließlich der Abteufpumpen von über 320 000 PS Kraftbedarf geliefert wurden, Fig. 63. Die größte bis dahin ausgeführte Pumpe entsprach einer Leistung von 4000 PS mit einem Flügelrad. Hierbei war ein Nutzeffekt von 80 vH gewährleistet.

Fig. 63. Gesamter Kraftbedarf in PS der von 1896 an gelieferten Hochdruckzentrifugalpumpen.



Nachdem man bei den Hochdruckzentrifugalpumpen gesehen hatte, was sich durch eine zweckmäßige Konstruktion erreichen ließ, wandte man sich auch der weiteren Entwicklung der Niederdruckzentrifugalpumpen zu, und es gelang auch hier, sie so umzugestalten, daß sie mit wesentlich günstigeren Wirkungsgraden arbeiteten als bisher. Bei den kleineren Zentrifugalpumpen unterscheidet die Firma zwischen Pumpen mit konzentrischem Gehäuse und solchen mit Spiralgehäuse, welche letztere besonders für Anlagen, bei denen es auf günstige Wirkungsgrade ankommt, benutzt werden. Hiermit hat man bei ganz großen Pumpen Wirkungsgrade von 84 vH erreicht.

Zu den Anlagen, die hier als besonders bemerkenswert zu erwähnen sind, sind vor allem die großen Bewässerungsanlagen Ägyptens zu rechnen, wo Gebrüder Sulzer seit 1892 nicht weniger als 7 große Anlagen geschaffen haben, die in einem zwölfstündigen Arbeitstage rund 1 Mill. cbm Wasser den Ländereien am Nil zuführen und hierzu eine Arbeitsleistung von rund 7000 PS gebrauchen.

Im Anschluß an diese Darstellung der Zentrifugalpumpen ist zu erwähnen, daß von der Firma in engster Verbindung mit dem Bau von Kolbenmaschinen schon seit Jahrzehnten auch Kolbenmaschinen für Wasser- und Luftförderung, also Pumpen und Kompressoren mit hin und her gehender Bewegung gebaut wurden. Der Bau von Kolbenpumpen reicht bis zum Jahre 1853 zurück. Besonders für

die Wasserwerke von Städten sind eine große Zahl von vollständigen Anlagen mit Dampfmaschinen und Pumpen geliefert worden, so u. a. für die Wasserwerke der Städte Bonn, Straßburg, Köln, Düsseldorf, Kairo usw. Meistens handelt es sich hier um Verbundventilmaschinen, die mit den Pumpen unmittelbar gekuppelt sind. Die Plunger der Pumpen sind auf die verlängerte Kolbenstange der Hoch- und Niederdruckseite aufgesetzt. Auch Kolbenkompressoren für Luft und Gas sind in den 90er Jahren von der Firma vielfach ausgeführt worden, meist für größere Anlagen in ähnlicher Anordnung wie die Kolbenpumpen für die Wasserwerke.

2. Die Ventilatoren und Turbokompressoren.

Neben den Zentrifugalpumpen gehören auch die Ventilatoren und die Turbokompressoren zu der großen Gruppe der neuzeitlichen Turbomaschinen. Der Verwendungszweck der Ventilatoren ist außerordentlich groß und Gebrüder Sulzer haben auf fast allen Gebieten ihre Ventilatoren angewandt und sie nach Möglichkeit den verschiedenen Ansprüchen anzupassen versucht. Schon in den 60er Jahren sind kleine Ventilatoren von der Firma ausgeführt worden. Im Laufe der Jahre hat sich dann dieses Arbeitsgebiet sehr erweitert. In der Hauptsache kann hier zwischen Ventilationsanlagen unterschieden werden, bei denen der Hauptzweck die Förderung von Luft oder Gas ist, und denen, bei welchen Luft nur als Mittel benutzt wird, um andere Stoffe, wie Staub, Späne oder andere kleine Körperchen mitzureißen. Natürlich lassen sich auch beide Arbeitsarten vereinigen. Aus dieser Unterscheidung ergeben sich die Hauptanwendungsgebiete. Da sich die Firma auf allen Gebieten nicht nur auf die Lieferung fertiger Maschinen beschränkt hat, sondern in ausgedehnter zivilingenieurartiger Tätigkeit vollständige Gesamtanlagen errichtet hat, so kommen natürlich auch in diesen die Sulzer-Ventilatoren zu ausgedehnter Verwendung. Es gehören hierher die Anlagen für Raumlüftung, Heizung, Luftbefeuchtung und Kühlung, dann ferner die Anlagen, um Rauch, heiße Gase und Luft, Hochofengase bei Gasmaschinenanlagen usw. zu fördern. Ferner gehören hierhin die Anlagen zur Erzeugung von künstlichem Zug. Ein wichtiges, von der Firma seit Jahrzehnten gepflegtes Gebiet sind die Anlagen, um heiße Luftströme bei Textilanlagen zu fördern. Hierhin gehören die Gewebe-, Spann- und Trockenmaschinen, die Garntrockenmaschinen, die Sengmaschinen usw. Ferner werden Ventilatoren benutzt zum Trocknen von Teigwaren, zur Erhöhung des Trockeneffektes bei Getreide, Dörrobst u. a. m. Führen wir ferner noch die Anlagen für Schmiedefeuer, Kuppelöfen, Staubabsaugungsanlagen und schließlich die große, sehr wichtige Gruppe von Anlagen für Gruben- und Tunnelventilation hinzu, so ergibt sich schon aus dieser Aufzählung, wie ausgedehnt dieses Arbeitsgebiet innerhalb der Firma ist.

Früher kam es hauptsächlich darauf an, möglichst große Luftmengen zu fördern und man kümmerte sich wenig um den Druckunterschied zwischen angesaugter und abgeführter Luft. Heute verlangt man für bestimmte Luftförderungsanlagen die Erzeugung eines großen Druckunterschiedes. Man kann deshalb heute auch nach dieser Richtung hin zwei Arten von Luftfördervorrichtungen unterscheiden, die einen arbeiten auf Menge, die andern auf Druck. Natürlich kann man diese Arten in entsprechender Weise vereinigen, so daß man allen Ansprüchen gerecht werden kann. Ferner kann man in konstruktiver Hinsicht unterscheiden zwischen Luftbewegungsvorrichtungen, welche die Luft einblasen, und solchen,

welche Luft ansaugen, und ferner solchen, die Luft ansaugen und zugleich die angesaugte und gegebenenfalls hierauf zu komprimierende Luftmenge ausblasen.

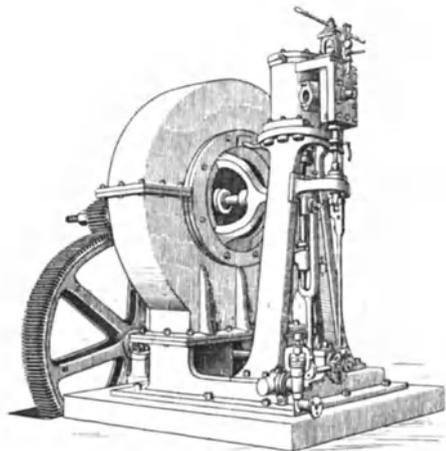


Fig. 64. Ventilator mit Kolbendampfmaschine um 1872.

Bau derselben im großen aufzunehmen. Schon die ältere Bauart dieser Maschinen beruhte auf dem Prinzip der Sulzerschen Hochdruckzentrifugalpumpen mit Leitapparat. Die Luft trat in axialer Richtung ein und durchströmte nacheinander eine Anzahl Flügelräder. Aus dem letzten Flügelrad strömte die Luft einer Kühlvorrichtung zu,

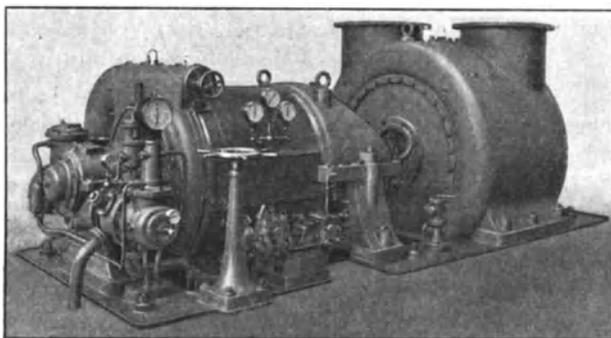


Fig. 65. Abdampf-Turbokompressor, 400 PS, 1909.

um nach Abschleudern des mitgerissenen Wassers in einem noch darauf folgenden Flügelrad in die Druckrichtung einzutreten. Eine derartige Ausführung stammt aus dem Jahre 1901 und hat für Tunnelventilation vorübergehend Verwendung gefunden. Besonders wertvoll für die Entwicklung der Ventilationsanlagen wurde die Möglichkeit, die schnelllaufenden Ventilatoren unmittelbar durch Elektromotoren oder Dampfturbinen anzutreiben. Die Fig. 64 und 65 zeigen zwei Anlagen, die ohne weitere Erklärungen den großen Unterschied zwischen alter und neuer Zeit erkennen lassen. Bei der einen handelt es sich um eine Ventilatoranlage der Firma aus dem Anfang der 70er Jahre, wo durch eine Kolbendampfmaschine mit einem großen Zahnradvorgelege der Ventilator angetrieben wird. Die zweite Abbildung zeigt einen Turbokompressor, unmittelbar angetrieben durch eine Abdampfturbine von 400 PS.

Ohne daß es möglich wäre, im Rahmen dieser geschichtlichen Betrachtung auf die Beschreibung einzelner Anlagen einzugehen sei hervorgehoben, daß die Firma schon bei Anlagen in den 80er Jahren, die sie für Tunnelbauten erstellte (z. B. Arlberg-Tunnel 1882), nach dem Prinzip der jetzigen Turbokompressoren mehrere Flügelräder hintereinander geschaltet hat. Die heute gebräuchlichen Ventilatoren der Firma lassen sich unterscheiden in die Gruppe der Saug- und Druckzentrifugalventilatoren und in die Gruppe der Schraubenventilatoren.

Auf die früheren Ausführungen gestützt, hat man dann später eingehende Versuche mit Turbokompressoren angestellt. Die Ergebnisse führten dazu, den

um nach Abschleudern des mitgerissenen Wassers in einem noch darauf folgenden Flügelrad in die Druckrichtung einzutreten. Eine derartige Ausführung stammt aus dem Jahre 1901 und hat für Tunnelventilation vorübergehend Verwendung gefunden.

Besonders wertvoll für die Entwicklung der Ventilationsanlagen wurde die Möglichkeit, die schnell-

3. Eis- und Kälteerzeugungsmaschinen.

In den letzten Jahrzehnten hat die Technik ein neues großes Arbeitsgebiet, das sich mit der Eis- und Kälteerzeugung befaßt, geschaffen. Während man schon seit alters her unsere Räume künstlich erwärmte, ist es erst in neuerer Zeit gelungen, mit Hilfe von Kälteerzeugungsmaschinen planmäßig große Kühlanlagen zu schaffen, durch die es möglich ist, jede gewünschte Temperatur den Räumen zu geben. Welch große wirtschaftliche Bedeutung derartige Anlagen für die Nahrungs- und Genußmittelindustrie haben müssen, liegt auf der Hand. Während man sich früher notdürftig mit natürlichem Eis zu helfen suchte, kann man heute durch Anwendung künstlicher Kälte reine und trockene Luft herstellen.

Durch Verwendung von Kunsteis statt des Natureises kann man die Nachteile vermeiden, die in der Verunreinigung des Natureises begründet sind. Auf diesem Wege ist es möglich geworden, z. B. allen Anforderungen entsprechende Fleischkühlräume zu schaffen. Bahnbrechend auf diesem Gebiete arbeitete als Forscher und Konstrukteur gleich bedeutend C. Linde. Durch die freundschaftlichen Beziehungen der Firma zu ihm, die bis in den Anfang der 70er Jahre zurückreichen, wurden Gebrüder Sulzer veranlaßt, auch den Bau der Lindeschen Eismaschinen aufzunehmen. Schon 1877 wurden die ersten Versuche in Winterthur mit dieser Eismaschine gemacht. Die Kälteerzeugung beruht hierbei auf der Verdampfung von flüssigem Ammoniak bei niedrigen Temperaturen. Die Maschine kann als Kompressionskaldampfmaschine bezeichnet werden und besteht in der Hauptsache aus einem schmiedeeisernen Röhrenapparat, dem Verdampfer, in dem Ammoniak verdampft wird, wobei der Umgebung Wärme entzogen wird. Ferner gehört dazu der Kompressor, eine Saug- und Druckpumpe, die die Ammoniakdämpfe ansaugt und den aus dem Verdampfer abgesaugten Dampf nach Bedarf komprimiert. Es gehört dann hierzu noch der Kondensator, ein ebenfalls schmiedeeiserner Röhrenapparat, der den im Kompressor auf höheren Druck und höhere Temperatur gebrachten Dampf aufnimmt und ihn unter Einwirkung des Kühlwassers verflüssigt. Unter eigenem Überdruck wird die Flüssigkeit dann in den Verdampfer zurückgebracht, um so im Kreislauf in jeder Stunde einige Male Kälte zu erzeugen. Die Verbindungsleitungen und die Regulierstation vervollständigen die Anlage. Während die Grundlage der Arbeitsweise beibehalten wurde, änderten sich naturgemäß die Konstruktionsformen mit den weiteren Fortschritten des gesamten Maschinenbaues. Vergleicht man z. B. die Kompressorgestelle von Anlagen, die zeitlich weiter auseinander liegen, so ergibt sich auch hier zuerst ein einseitiges Gestell mit Rundführung, während es später ebenso wie bei den Dampfmaschinen zu einem in eleganten Formen ausgeführten Bajonetttrahmen übergeht. Abgesehen von der Schwierigkeit, alle Maschinenteile leicht zugänglich zu machen, erforderten die Stopfbüchsen und Dichtungen besondere Aufmerksamkeit der Konstrukteure.

Die Bestellungen für die Eismaschinen gingen zum Teil ein von der in Wiesbaden gegründeten Linde-Gesellschaft, zum Teil wurden sie von der Firma selbst eingeholt.

Die größten Produktionen von Eismaschinenanlagen finden wir in den 80er und 90er Jahren. Nachdem dann die größeren Städte die für sie erforderlichen Anlagen errichtet hatten, trat eine gewisse Sättigung ein. Verbesserungen in der Konstruktion und Steigerung in den Bedürfnissen sorgen aber auch hier dafür, daß die Entwicklung nicht unterbrochen wird.

4. Tunnelbohrung und Bohrmaschinen.

Gebrüder Sulzer sind von jeher nicht nur als Maschinenproduzenten, sondern auch als Zivilingenieure tätig gewesen. Zu den größten Aufgaben auf diesem Gebiete gehören ohne Zweifel die Tunnelanlagen, sind sie doch gerade bei der Herstellung und Durchführung des größten Tunnels der Welt, des Simplontunnels, an führender Stelle mitbeteiligt gewesen. Die ersten Arbeiten auf dem Gebiete lassen sich auf Sulzer - Hirzel zurückführen, dessen geologische Untersuchungen zu dem Bohrversuch bei Rheinfeldern führten. Mit sachverständigem Interesse verfolgte er damals schon die Fortschritte des Gotthardtunnels, dessen Maschineneinrichtungen ihn viel beschäftigten. Die Maschinen, die damals den Tunnelbauern zur Verfügung standen, waren noch nach jeder Richtung hin unvollkommen. Die Gesteinbohrmaschine arbeitete mit Luftbetrieb und mit stoßender Angriffsweise des Meißelbohrers. Bei dem geringen Wirkungsgrade der gesamten Anlage erforderte sie großen Kraftbedarf. Die stoßende Arbeitsweise verursachte zahlreiche Maschinenbrüche, die Leistungsfähigkeit war begrenzt und der große Lärm während der Arbeit, die gesundheitsschädliche Staubentwicklung waren weitere sehr unangenehme Zugaben. Diese Übelstände veranlaßten den berühmten Ingenieur und Tunnelbauer Alfred Brandt, sich mit der Aufgabe, eine allen Ansprüchen möglichst gerecht werdende Bohrmaschine zu schaffen, zu beschäftigen.

Brandt fand die Lösung dieser Aufgabe in der von ihm herrührenden hydraulischen Drehbohrmaschine, auf deren Konstruktion er im Jahre 1877 ein Patent erhielt. Statt Preßluft wird hier Druckwasser verwendet und die Maschine arbeitet mit gleichmäßiger Drehbewegung unter steter Einpressung des Bohrers in das Gestein. Gebrüder Sulzer, die die weittragende Bedeutung dieses Erfindungsgedankens erkannten, erwarben schon 1876 das alleinige Ausführungsrecht der neuen Bohrmaschine. Unter eifriger Mitarbeit der Ingenieure der Firma hat dann in den Werkstätten von Winterthur die Brandtsche Bohrmaschine die Ausgestaltung erfahren, die sie heute noch als die bei weitem leistungsfähigste Maschine erscheinen läßt.

Gemäß der vorher erwähnten Wirkungsweise der Maschine sind zwei Organe erforderlich, von denen das eine, mit Differentialkolben ausgerüstet, den Hohlbohrer aus zähem Stahl mit scharfen gehärteten Zähnen gegen das Gestein vorzuschieben hat, während das zweite Organ ein zweizylindriger Druckwassermotor, der auf den Vorschubzylinder aufgeschraubt ist, die drehende Bewegung des Bohrers herorzubringen hat. Die Bohrmaschine ist auf einer Spannsäule, die ihrerseits wieder auf einem Bohrwagen angebracht ist, angeordnet. Der durchschnittliche Druck, mit dem die Maschine arbeitet, schwankt je nach der Härte des Gesteins zwischen 30 und 100 at. Die Betriebskraft für eine Maschine liegt dementsprechend zwischen 11 und 27 PS. Die Leistung von zwei Bohrmaschinen, die benutzt werden, wenn es darauf ankommt, regelmäßige größere tägliche Fortschritte zu erzielen, richtet sich naturgemäß nach der Härte des Gesteines und schwankt bei 6 bis 7 qm Bohrlochquerschnitt etwa zwischen 10 und 4 m pro Tag.

Die Ausführung dieser Bohrmaschine durch Gebrüder Sulzer führt e naturgemäß auch dazu, ganze Tunnelbauten zu unternehmen. Hieran beteiligte sich vor allem Hirzel-Gysi, der schon an dem Rheinfeldener Bohrversuch eifrig teilgenommen hatte. — Hirzel, am 1. März 1834 geboren, trat 1867 ins Geschäft ein und beteiligte sich dann in den 70er Jahren als Chef der Abteilung für Allgemeinen Maschinenbau vor allem an der Konstruktion und Ausbildung der Brandtschen Maschine. Schon 1877

konnte man am Sonnsteintunnel im Salzkammergut die Brandtsche Bohrmaschine praktisch erproben. In etwas verbesserter Form trat sie dann 1879 bei einem Kehrtunnel der Gotthardbahn in erfolgreichen Wettbewerb mit der Luftbohrmaschine und im Jahre 1880 konnte sie am Arlbergtunnel zeigen, daß sie den bisher bekannten Luftbohrmaschinen bei weitem überlegen war. Denselben Erfolg hatte sie 1881 bei dem 3,3 km langen Brandleitetunnel der Eisenbahndirektion Magdeburg. Die großen Erfahrungen, die man bei allen diesen Arbeiten gewonnen hatte, führten Gebrüder Sulzer dazu, 1890 der Jura-Simplonbahn ihre Vorschläge für die Durchführung des Simplon vorzulegen, die angenommen wurden. Die für diesen Zweck gegründete Baugesellschaft bestand aus den Ingenieuren Brandt und Brandau sowie Locher & Co., Gebrüder Sulzer und der Bank in Winterthur. Die Firma übernahm es, alle mechanisch technischen Aufgaben, d. h. die Bohrung, die Transportangelegenheiten, Kühlung, Ventilation usw. durchzuführen. Auch finanziell beteiligte sich die Firma in großem Maße. Winterthur wurde der Sitz der Gesellschaft. Die Arbeit wurde in Angriff genommen und nach Überwindung ausnehmend großer Schwierigkeiten, auf die man von Anfang an nicht hatte rechnen können, glücklich zu Ende geführt. Damit hat die Firma in sehr erheblichem Maße Anteil genommen an der Schöpfung eines der größten Ingenieurbauwerke aller Zeiten¹⁾. Besonders beteiligte sich von seiten der Firma an der Durchführung dieser Arbeiten der Nationalrat Ed. Sulzer-Ziegler, der nicht nur an der juristischen und finanziellen Leitung des großen Unternehmens teilnahm, sondern auch technisch in hervorragender Weise mit der Durchführung der von Gebrüder Sulzer übernommenen Arbeiten sich beschäftigte. Sulzer-Ziegler und der in Kassel lebende Zivilingenieur Brandau sind auch die einzigen, die heute noch auf Grund eigener persönlicher Erfahrung von der großen Arbeit erzählen können, die sie von führender Stelle aus geleitet haben. Hirzel, der 1897 starb, und Brandt, der 1899 dahin schied, war es nicht vergönnt, ihr Werk vollendet zu sehen. Oberst Locher, der bis zum Schluß an allen Arbeiten hervorragenden Anteil hatte, starb im Juni 1910. Erwähnt sei, daß natürlich auch im Bergbau die Brandtsche Bohrmaschine Verwendung gefunden hat. Das verbrauchte Preßwasser wird hier von den Wasserhaltungsmaschinen zutage gefördert. Um aber auch in Gruben, welche noch keine Wasserhaltungsmaschinen besitzen, in einfacher Weise das Wasser zu fördern, hat die Firma eine Zeitlang auch kleine hydraulische Wasserfördermaschinen gebaut. Zu einer größeren Bedeutung aber haben es derartige Anlagen nicht gebracht.

5. Geschütz- und Geschosßfabrikation.

Die ungewöhnliche Vielseitigkeit der Firma wird dadurch gekennzeichnet, daß sie auch auf diesem Gebiete mitgearbeitet hat. Heinrich Sulzer hatte in den 50er Jahren in England Gelegenheit, die Fabrikation gezogener Kanonen nach der Bauart Armstrong kennen zu lernen, da er an der Konstruktion der Werkzeugmaschinen für die Kanonenfabrik von Woolwich selbst beteiligt war. Er studierte die Frage in England eingehend. Seine Stellung hierzu kommt in einem Briefe, der mit Skizzen reich versehen war, zum Ausdruck. Es heißt darin: „Patriotismus und Ehrgeiz könnten mich der Sache geneigt machen, aber viel Vorsicht, viel Geistesarbeit und viel Geld ist dazu nötig. Die Hauptfrage ist: Können wir es machen, ohne dem Geschäfte zu schaden? Wenn ich heimkomme, können wir

¹⁾ Über die Durchführung des Simplontunnels s. Schweizerische Bauzeitung Bd. 38 und 39 sowie 47, ferner Z. d. V. d. Ing. 1904; Glückauf 1903 usw.

weiter darüber reden, und ich würde auch aus diesem Grunde gerne in die Artillerie eintreten. Ich will womöglich noch einmal ins Arsenal Woolwich gehen, um das Bleipressen anzusehen.“ 1860 nach Hause zurückgekehrt, diente Sulzer-Steiner bei der Artillerie, was ihm die Möglichkeit bot, praktische Erfahrungen zu sammeln. Zunächst handelte es sich darum, Geschosse für die 1862 in der Schweiz eingeführten ersten gezogenen Feldgeschütze zu liefern. Sulzer-Hirzel stellte selbst weitgehende Versuche an, die schließlich zu brauchbaren Ergebnissen führten. Von der Zeit an waren Gebrüder Sulzer mehrfach an den Geschütz- und Munitionslieferungen an die schweizerische Artillerie beteiligt und haben auch einige Male aus dem Auslande Aufträge erhalten. So haben Sulzer auch die ersten eisernen Lafetten 1862/63 für die Schweiz geliefert. Bei der darauffolgenden Einführung der Hinterladergeschütze finden wir sie ebenfalls beteiligt. In Winterthur wurden die Stahlrohre, wozu die roh vorgearbeiteten Blöcke aus Westfalen bezogen wurden, bearbeitet. Erst als man anfangs der 80er Jahre dazu überging, Ringgeschütze von Krupp einzuführen, verzichtete die Firma darauf, die zur Herstellung solcher Geschütze erforderlichen umfangreichen und kostspieligen Einrichtungen zu schaffen. Dagegen traf die Firma die Einrichtungen, um gepreßte Stahlgeschosse anzufertigen. In neuerer Zeit hat sie mehrfach große Lieferungen von Schrapnellhülsen und auch Granaten ausgeführt.

Als man in den 60er Jahren dazu überging, auch die Handfeuerwaffen als Hinterlader auszuführen, wurden auch Gebrüder Sulzer aufgefordert, sich an der Umänderung zu beteiligen. Trotz mehrfacher Bedenken, die gegen die Aufnahme einer dem eigentlichen Arbeitsgebiet so fernliegenden Fabrikation vorlagen, beteiligte sich die Firma schließlich doch daran. Man erkannte, daß nur, wenn es gelang, durchaus geeignete Spezialmaschinen hierfür zu schaffen, die Aufgabe mit einigem Gewinn durchzuführen war. Charles Brown und Siewerdt, der spätere verdienstvolle Direktor der Werkzeugmaschinenfabrik Oerlikon, standen als Konstrukteure ersten Ranges Gebrüder Sulzer zur Verfügung. Ihnen gelang es in kurzer Zeit, eine ganze Anzahl für die neuen Arbeiten geeigneter Werkzeugmaschinen zu schaffen. Dadurch war es Gebrüder Sulzer möglich, so vorteilhaft zu arbeiten, daß sie auch Bestellungen anderer Lieferanten, die mit der von ihnen bevorzugten Handarbeit nicht weiter kamen, übernehmen konnten. Mehr als das Doppelte des ihnen zugedachten Auftrages konnten sie so zu ihrem und der Schweiz Vorteil ausführen. Bei der Neubeschaffung der Hinterladergewehre sollte eine große Zahl von kleinen Geschäften berücksichtigt werden, so daß es für die Firma nicht vorteilhaft erschien, sich an diesen kleinen Aufträgen zu beteiligen. Man gab deshalb die Gewehrfabrikation in Winterthur vollständig auf. Nur die Fabrikation von gepreßten Stahlgeschossen erinnert noch an die umfassenden Arbeiten auf diesem Gebiete.

6. Verschiedenes.

Das Bild von der vielseitigen Ingenieurertätigkeit der Firma würde nicht vollständig sein, wenn man nicht wenigstens auch auf die Gebiete hinweisen wollte, die, ohne in ihrem Umfang sich mit den bisher behandelten Abteilungen messen zu können, doch auch ihrerseits dazu beigetragen haben, dem Namen Sulzer in den hierfür in Frage kommenden Abnehmerkreisen einen guten Ruf zu sichern. Blättert man die alten Prospekte durch, die, mit guten Zeichnungen versehen, ganz kurze sachliche Angaben über die einzelnen Maschinen enthalten, so staunt man über

die Mannigfaltigkeit und über die gute konstruktive Durchbildung der schon in den 60er und 70er Jahren ausgeführten Maschinen. Neben den bereits früher erwähnten Maschinen finden wir hier Baumwollpressen und andere hydraulische Packpressen, Bleirohrpressen, Ölpresen usw. Das Gebiet der Holzbearbeitungsmaschinen ist vertreten durch vorzüglich durchgebildete Bandsägen, Hobelmaschinen, Kreissägen, Gattersägen. Interessant ist eine aus dem Jahre 1877 stammende vielseitige Holzbearbeitungsmaschine, die den Namen „Mechanischer Schreiner“ führte. Die kleine Maschine gestattete kleine Gegenstände zu fräsen, bohren, hobeln, nuten und mit Keilen zu versehen. Auf dem Gebiet der Hebezeuge wurden schon 1870 einfache Windwerke verschiedenster Bauart, ferner kleine Drehkrane für Fabrikzwecke ausgeführt. Früher wurde schon erwähnt, wie vielseitig Charles Brown sich an der Konstruktion von Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung beteiligt hat. Hier begnügte man sich aber meistens damit, die mannigfachsten Werkzeugmaschinen für den eigenen Betrieb herzustellen.

Der Bau von Werkzeugmaschinen und Hebezeugen ist, abgesehen von einigen Spezialmaschinen für den eigenen Betrieb, ganz aufgegeben worden. Geblieben aber ist die Abteilung für Textilmaschinen. Die engen Beziehungen zur Textilindustrie — lieferte doch die Gießerei von Anfang an Guß für die umliegenden Textilfabriken — führten sehr bald dazu, als man den Maschinenbau aufgenommen hatte, nun auch für die Textilfabrikation selbst verschiedenartige Maschinen zu bauen. Vor allem kamen hier Maschinen für die Bleicherei und Färberei in Frage. Schon in den 60er Jahren hatte man bemerkenswerte Konstruktionen geschaffen, wodurch auch auf diesem Gebiete sich die Firma bald einen Namen verschaffte. Allerdings fiel die Herstellung derartiger Einrichtungen doch aus dem großen Arbeitsgebiet der Firma heraus und deshalb hat man wohl zu keiner Zeit besonderen Wert auf die Vergrößerung dieser Abteilung gelegt. Dagegen hat man den Kundenkreis, den man hatte, sich erhalten, ihn langsam hier und da auch erweitert und diese ganze Arbeit mehr vom Standpunkt des Ingenieurs als von dem des Fabrikanten aus betrieben. Zum Ausgleich der Fabrikation in schlechten Zeiten bot auch diese Abteilung der Firma oft erhebliche Vorteile. Von den Maschinen und Apparaten, die heute noch gebaut werden, sind in erster Linie zu nennen die Bleichkessel und die Apparate zum Bleichen und Kochen von Textilfasern mit kreisenden Flüssigkeiten, Auslaugekessel, ferner Apparate zum Dämpfen, Nuancieren und Avivieren von Tüchern und Garnen, Gewebespann- und Trockenmaschinen eigener Bauart, Garnwasch- und Trockenmaschinen, Hydroextraktoren usw.

Ein kennzeichnendes Beispiel, wie die Firma durch ihre Zivilingenieur Tätigkeit zu Arbeitsgebieten kam, die man in dem nach außen hin bekannten Rahmen der Firma kaum vermuten sollte, bietet die Abteilung von Apparaten zur Herstellung kondensierter Milch. Die Fabrikation von kondensierter Milch ist in der Schweiz besonders zu Hause. Die Firma hatte zunächst für diese Industrie mannigfache Anlagen, Kraftmaschinen, Heizungen u. dgl. zu liefern. Man wußte in der Schweiz, wie intensiv in Winterthur die verschiedenartigsten technischen Aufgaben durchgearbeitet wurden und so lag es nahe, die Firma zu bitten, auch auf dem neuen Gebiet zu arbeiten. So sind die ersten großen Anlagen für die Herstellung kondensierter Milch in Winterthur entstanden, und zwar die erste Ausführung 1874 für die Anglo-Swiss-Condensed-Milk Company in Cham, 1876 für Henry Nestlé usw. Zunächst führte man die Anlagen für die Schweiz aus, dann aber auch für die ausländischen Fabriken der gleichen Gesellschaften. Dadurch wurden wieder andere aus-

wärtige Kunden herangezogen. Natürlich fielen hierbei auch den anderen Abteilungen der Firma oft bedeutende Aufträge zu. Durch diese Beziehungen kamen weiter auch Aufträge z. B. von Schokoladefabriken, für die in Winterthur eine große Zahl technischer Fragen eingehend erörtert wurden, woraus sich dann die hierfür geeigneten Konstruktionen von Maschinen und Apparaten ergaben. Da die aus Kupfer auszuführenden Vakuumapparate für derartige Anlagen viel gebraucht wurden, wurde den Werkstätten in Winterthur eine besondere Kupferschmiede angegliedert.

C. Die Heizungen.

Die Firma war als Eisengießerei begründet worden. Die Gießerei war deshalb auch lange Zeit die Hauptsache. Maschinenguß der verschiedensten Art ging aus der kleinen Werkstatt hervor und je nach Wunsch wurden auch schon die Stücke bearbeitet und für die Zusammensetzung der ganzen Maschine fertiggestellt. Die

Tatkraft der Besitzer drängte aber weiter. Ein neues Fachgebiet wollten sie aufnehmen und es technisch und kaufmännisch weiter entwickeln. Und sie wählten sich als erstes damals das noch recht unbekannt und bescheidene Gebiet der Zentralheizung.

Neben der Gießerei entstand nun eine Heizungsabteilung. 1841 wurde für das Gymnasium in Winterthur die erste Zentralheizung ausgeführt. Es war eine Dampfheizung, bei der man Dampf mit 0,3 at Spannung

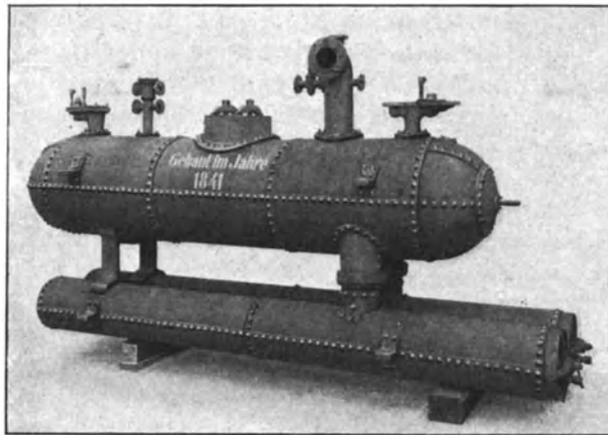


Fig. 66. Erster von Gebr. Sulzer erbauter Dampfkessel 1841.

benutzte. Der Dampf wurde in einem Bouilleurkessel erzeugt, wie er von Woolf, dann von Edwards ausgeführt, lange Zeit besonders unter dem Namen französischer Kessel bekannt war, Fig. 66. Als Brennstoff bei dieser ersten Heizung diente noch das Holz. Das Heizungsschema zeigt Fig. 68. Der Dampf strömte in weiten schmiedeeisernen genieteten Röhren mit etwas Steigung nach den verschiedenen Abteilungen des Gebäudes. Das Kondenswasser floß in den gleichen Röhren zum Kessel zurück. Als Heizkörper dienten hier wie bei den späteren Anlagen, deren Schema sich aus Fig. 67 und 69 ergibt, teils wagerechte oder senkrechte schmiedeeiserne Röhren, die an ihren Enden kleine Entlüftungshähne *a* hatten. Von hier aus wurde die Luft in einer Kupferrohrleitung in den Kesselraum geführt. Sie endete hier in einen Hahn *c*, mit dem man den nachströmenden Dampf absperren konnte. Diese Dampfheizung setzte man, je nachdem wie die Witterung war — längere oder kürzere Zeit — bevor man die Räume benutzen wollte, in Betrieb und hielt sie während der Benutzung etwa 2 bis 6 Stunden im Gange. Bis 1851 wurden etwa 50 derartiger Anlagen, meist für Fabriken, hergestellt.

Die Heizungsanlagen an sich wurden verbessert durch Einführung von Abschlußventilen *f*, Fig. 69 und 70, wodurch man z. B. die einzelnen Stockwerke in hochgebauten Spinnereien und Webereien abtrennen konnte.

Gerade für diese Betriebe hatte man anfangs vielfach auch die uralte Feuerluft-
heizung zu benutzen versucht, die im wesentlichen darin besteht, daß man die Luft
in einem gußeisernen Luftheizungssofen erwärmt, um sie dann in Kanälen den zu
erwärmenden Räumen zuzuführen. Viel Freude aber hat man mit dieser Art
Heizung nicht erlebt. Bei der Textilindustrie kam neben anderen Nachteilen noch
die Eigenschaft zur Wirkung, daß die durch ihre Erwärmung trocken gewordene
Luft die Verarbeitung der Baumwolle sehr erschwerte. Es gelang daher der Firma
besonders in solchen Betrieben ihre Dampfheizungen einzuführen. Ein Nachteil war
noch die Rückleitung des Kondenswassers in den Heizröhren, die große Abschluß-
ventile nötig machte, die nur in beschränktem Umfange benutzt werden konnten.

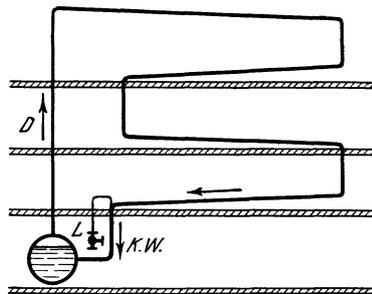


Fig. 67.

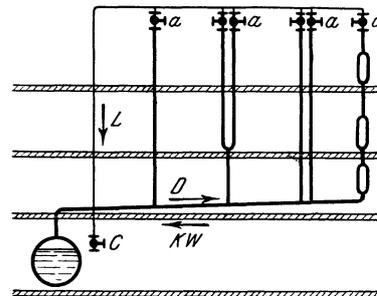


Fig. 68.

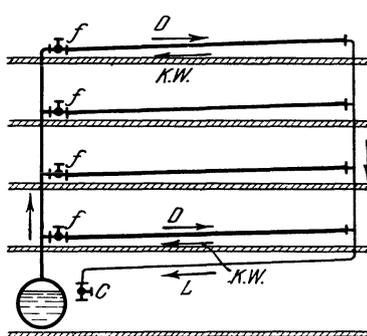


Fig. 69.

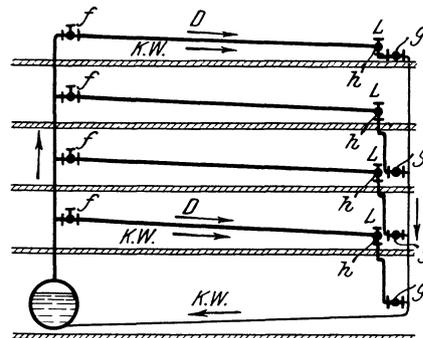


Fig. 70.

Fig. 67 bis 70. Schematische Darstellungen von Heizungsanlagen.

Man mußte der Dampfzuströmung in der betreffenden Abteilung entweder den
vollen Querschnitt freigeben oder sie gänzlich absperren, weil sonst bei nur teilweise
geöffneten Ventilen der Dampf unter starkem Geräusch das Kondenswasser am
Rückfluß hinderte. Es war deshalb ein wesentlicher Fortschritt, als man das Kon-
denswasser getrennt ableitete, wobei man Rückschlagventile *g* für die absper-
rbaren Abteilungen anbrachte. An die Stelle der Entlüftungshähne traten dann
auch bald selbsttätige Entlüftungsventile *h*, deren Wirkung auf der ungleichen
Wärmeausdehnung zweier verschiedener Metalle beruhte. Wenn der Dampf sie
erwärmte, schlossen sie sich; beim Erkalten öffneten sie sich wieder und ließen die
Luft austreten. Durch diese Verbesserungen wurde es möglich, auch höhere Dampf-
spannungen anzuwenden. Man kam zu den Mitteldruckdampfheizungen von 1,5
bis 2 at, die in Fabriken, öffentlichen Gebäuden und auch größeren Wohnhäusern

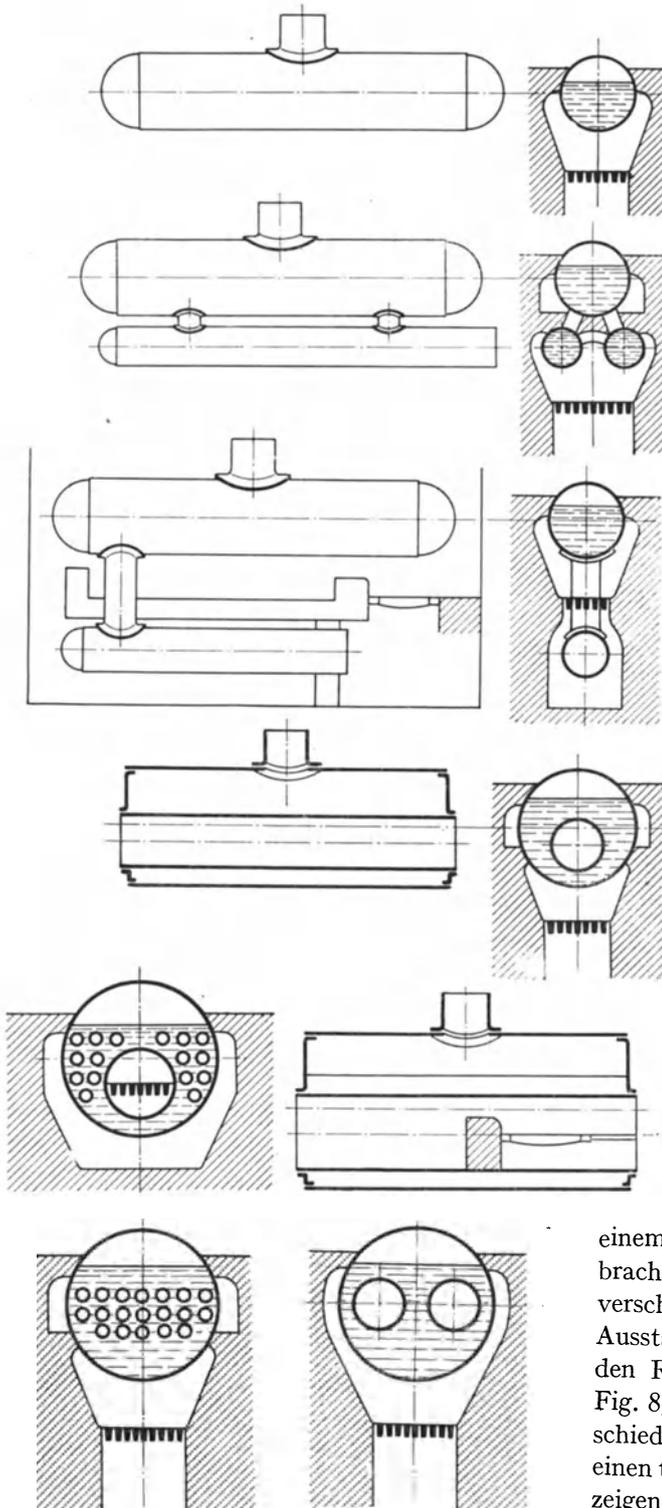


Fig. 71 bis 82. Bauarten von Heizkesseln

Eingang fanden. Bis zum Jahre 1866 hatte die Firma bereits mehr als 500 solcher Anlagen ausgeführt.

Eine Anzahl verschiedener Verbesserungen lassen sich auch bereits während der ersten Entwicklungsperiode feststellen. Die Fig. 71 bis 82 zeigen ein Schema der verschiedenen Bauarten von Dampfkesseln, die hierbei nach und nach Verwendung fanden. Zunächst wurde noch vielfach der einfache Walzenkessel mit Unterfeuerung angewendet. Gleichlaufend finden wir den Bouilleurkessel, dann den Rauchröhrenkessel und schließlich den Siederrohrkessel. Alle diese Bauarten waren noch mit Unterfeuerung versehen.

Mit dem Jahr 1866 beginnt ein neuer Abschnitt in der Heizungsgeschichte der Firma durch Einführung der Dampfwasserheizung, Bauart Gebrüder Sulzer, die auf der Pariser Weltausstellung mit der goldenen Medaille ausgezeichnet wurde. Der Dampf umspült hier mit Wasser gefüllte Röhren, Kammern usw., die in einem sog. Wasserofen untergebracht sind, der als Heizkörper in verschiedenen äußeren Formen und Ausstattungen in den zu beheizenden Räumen aufgestellt ist. Die Fig. 83 und 84 zeigen zwei verschiedene Konstruktionen. Bei der einen tritt der Dampf, wie die Pfeile zeigen, in die vom Wasser umströmten Röhren *a* und aus diesen

in die ringförmigen Räume *b*. Das Kondenswasser, das bei *c* überfließt, wird bei *d* abgeführt. Bei dem andern Ofen enthält der mittlere Zylinder *g* mehrere dünne von Dampf durchströmte Röhren, die die eigentliche Heizquelle bilden. Bei Herstellung dieser Heizungen wurde eingedenk des altväterischen Kachelofens mit seiner großen nicht allzusehr erwärmten Heizfläche möglichste Aufrechterhaltung einer wohltuenden Wärmeabgabe angestrebt. Andererseits hatte man aber auch die rasche Anheizmöglichkeit der Dampfheizung als Vorteil erkannt und versuchte alles das in der neuen durch Dampf beheizten, zum großen Teil mit Wasser gefüllten Ofenkonstruktion zu vereinigen. Der einmal erwärmte Wasserinhalt vermochte noch lang nach Abstellung des Dampfes gleichmäßige Wärme abzugeben. Außer hierin sah man noch Vorteile in der Ausschaltbarkeit jedes einzelnen Heizkörpers und in der Möglichkeit, diese Heizungen mit Ventilation unmittelbar zu verwenden. Die Heizkörper selbst fanden sehr willige Aufnahme und Verbreitung in ganz Europa. Gleichzeitig begann man auch die Dampferzeuger mit innerer Feuerung zu versehen und statt Holz Steinkohlen zu verwenden. Hierbei wurde der Dampf von rund 1,5 at in einem Hauptrohr bis oben hin zu einem

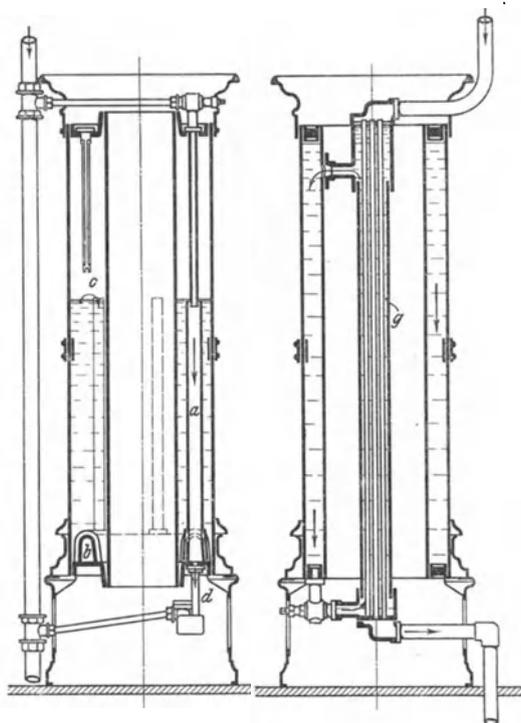


Fig. 83 und 84. Wasserofen, Bauart Sulzer 1866.

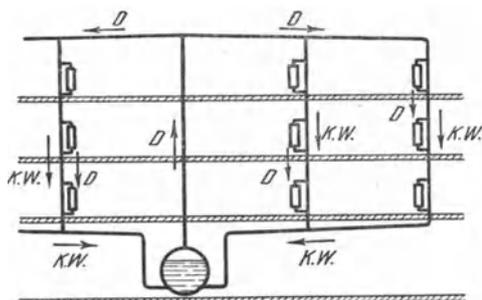


Fig. 85. Heizanlage.

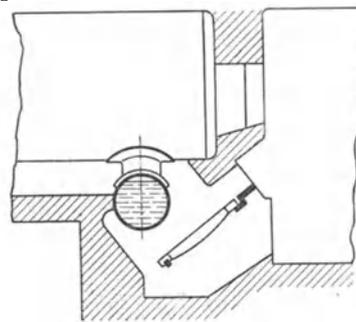


Fig. 86. Schrägrost von ten Brink.

Verteilungsrohrnetz geführt, von wo aus er, Fig. 85, fallend den verschiedenen Heizkörpern, die ihr Kondenswasser an die gleiche Leitung abgaben, zugeführt wurde, und zwar derart, daß jeder einzelne Heizkörper ausgeschaltet werden konnte.

Die Verwendung der Steinkohle hatte infolge starker Rußbildung zunächst viele Gegner. Man versuchte deshalb alle möglichen Rauchverbrennungsvorrichtungen und

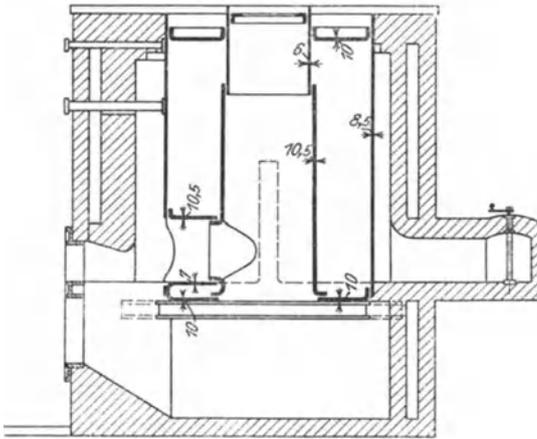


Fig. 87. Heizdampfkessel, Bauart Bechem und Post, Mitte 80er Jahre.

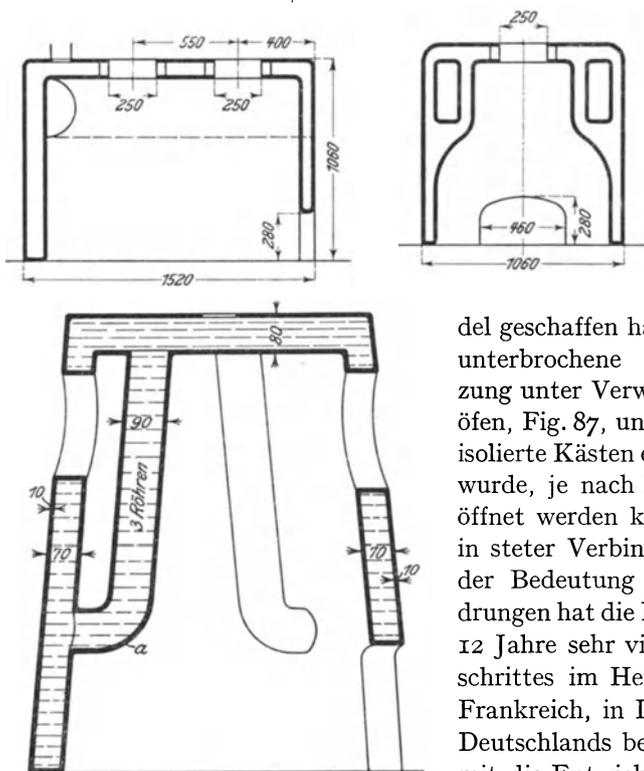


Fig. 88 bis 90. Geschweißte Heizkessel.

behielt dann als eine der besten die von ten Brink, Fig. 86, bis zum Jahre 1884 bei. Später ging man zu der heute allgemein gebräuchlichen, fast ganz rauchlosen Koksfeuerung über.

1869 konnte man in der Irrenanstalt Königsfelden die erste Dampf-
luftheizung mit Ventilation ausführen, bei der die Luft nicht an feuerberührten Flächen, sondern indirekt mittels Dampf erwärmt und nicht durch ihren natürlichen Auftrieb, sondern mit Hilfe von Ventilatoren in Bewegung gesetzt wurde. Neben dieser Luftheizung hatte die Anlage noch eine normale Dampf-
heizung. Außer Dampf-, Dampf-

wasser- und Warmluftheizungen wurden auch damals schon Warmwasserheizungen ausgeführt. Kennzeichnend für diese gegenüber den heutigen Anlagen war, daß

sie nicht dauernd, sondern nur stundenweise, zuweilen auch für den ganzen Tag betrieben wurden, um nachts aber immer wieder abgestellt zu werden. Hier waren es die Hagener Ingenieure Bechem und Post, die anfangs der 80er Jahre in bedeutsamer Weise Wandel

geschaffen haben. Sie bauten die erste ununterbrochene Niederdruckdampfzentralheizung unter Verwendung von Koksfeueröfen, Fig. 87, und bauten die Heizkörper in gut isolierte Kästen ein, deren Deckel, wenn geheizt wurde, je nach Bedarf mehr oder weniger geöffnet werden konnten. Der Heizkörper blieb in steter Verbindung mit der Heizquelle. Von der Bedeutung dieser Verbesserungen durchdrungen hat die Firma Gebrüder Sulzer während 12 Jahre sehr viel zur Verbreitung dieses Fortschrittes im Heizungsfache in der Schweiz, in Frankreich, in Italien und einem großen Teile Deutschlands beigetragen. Natürlich war hiermit die Entwicklung noch nicht abgeschlossen.

Besonders klagte man über die erschwerte Reinigung der Rippenheizkörper und über die unvollkommene Regulierung der Zimmertemperatur. Man ging deshalb wieder zu der Ventilregulierung und den sichtbaren Heizkörpern für Niederdruckdampf und Warmwasser über, behielt aber die Dauer-

feuerung mit Koks, sowie die an den Dauerbrandkesseln zum erstenmal zur Anwendung gekommene selbsttätige Druck- bzw. Zugregulierung bei. Als Kessel für diese Warmwasserheizungen benutzte man anfangs unter der Bezeichnung Monarch, Independent, Paxton, Climax sehr kunstreich geschweißte Kessel englischer Herkunft, von denen die Fig. 88 bis 90 eine Vorstellung geben. Neben den guten Eigenschaften, die diese Kessel unstreitig besaßen, machte sich aber doch die Schwierigkeit bei einer Reparatur bemerkbar, so daß die Firma zur Fabrikation genieteteter Kessel überging, Fig. 91 und 92. Auch diese Öfen waren für Dauerbrand mit Koks eingerichtet, wurden zuerst stets stehend, später für größere Anlagen auch wagerecht in die Ummauerung eingebaut. Die Rauchkanäle wurden durch Mauerwerk gebildet. Der Raumbedarf und die Anlagekosten waren dementsprechend ziemlich beträchtlich. Dies führte zur Einführung der gußeisernen Gliederkessel. Zunächst verwandte man den Strebelschen Gegenstromkessel, von dem man in den Jahren

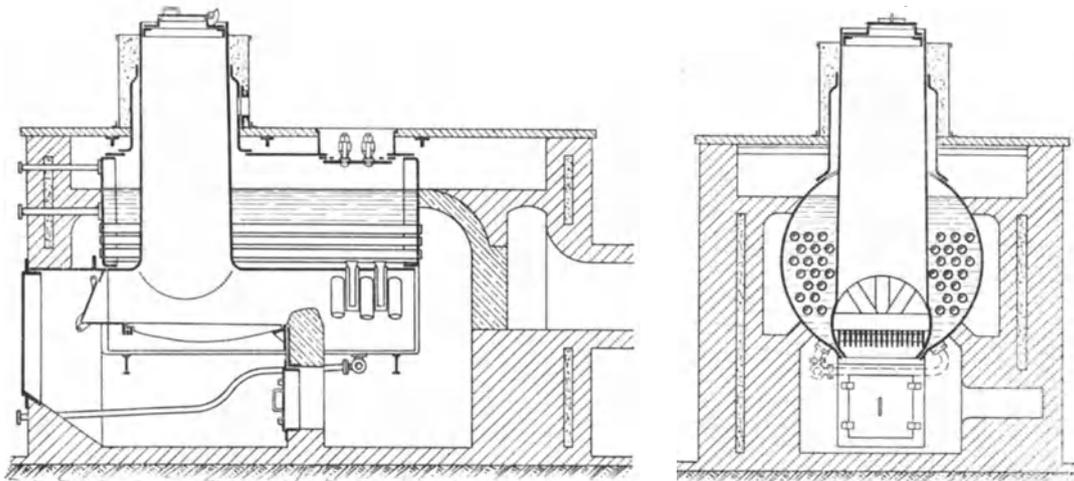


Fig. 91 und 92. Heizkessel (aus Schmiedeeisen).

1897 bis 1900 über 800 Stück bezog. Die hiermit gewonnenen Erfahrungen führten dann zu einer eigenen Konstruktion, die in dem 1900 von der Firma zuerst hergestellten Gliederkessel G. S. M. Gestalt fanden, Fig. 93 bis 95. Dieser Kessel besteht aus einer Anzahl hufeisenförmiger Glieder, die in entsprechender Weise zusammengefügt, die Feuerung umfassen. Die gewählte Form nimmt auf die Ausdehnung und Zusammenziehung des Eisens Rücksicht und verhindert nach Möglichkeit die durch Materialspannung entstehenden Brüche. Bei dem Heizkessel für die Niederdruckdampfheizung ist diesem Kessel noch ein ebenfalls gußeiserner Oberkessel, dessen oberer Teil als Dampfsammler dient, zugefügt. Die Kessel werden in neun Größen mit 4 bis 12 Gliedern und einer Heizfläche von 4,1 bis 13,7 qm entsprechend stündlichen Leistungen von 31 000 bis 103 000 WE gebaut. Bis Ende 1907 konnten bereits 4760 solcher Kessel in Betrieb genommen werden. Neben diesen gußeisernen Kesseln werden für größere Leistungen auch wagerechte Kessel aus schmiedbarem Eisen hergestellt, die Heizflächen von 14 bis 45 qm bzw. stündliche Leistungen in WE von 112 000 bis 360 000 ergeben.

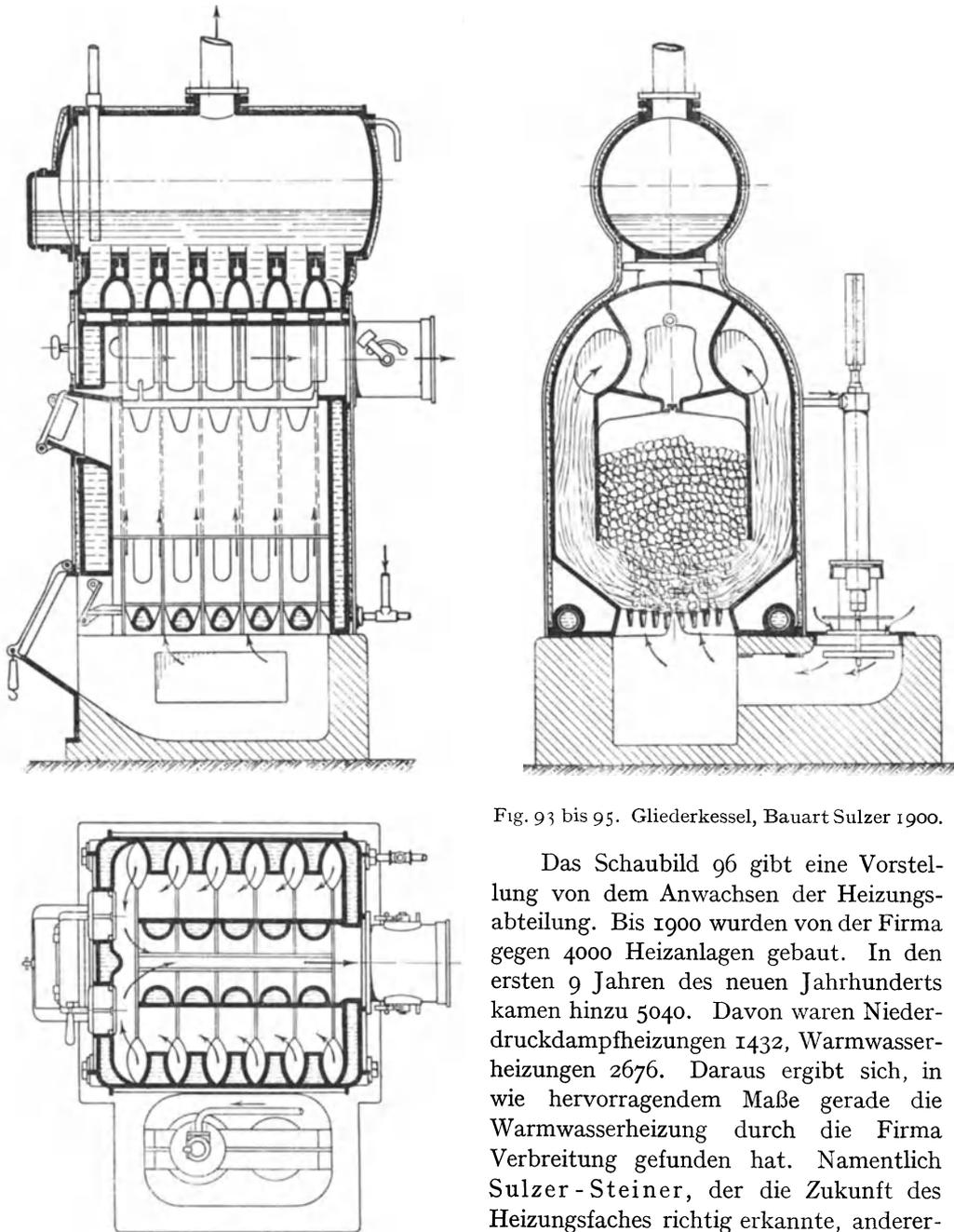


Fig. 93 bis 95. Gliederkessel, Bauart Sulzer 1900.

Das Schaubild 96 gibt eine Vorstellung von dem Anwachsen der Heizungsabteilung. Bis 1900 wurden von der Firma gegen 4000 Heizanlagen gebaut. In den ersten 9 Jahren des neuen Jahrhunderts kamen hinzu 5040. Davon waren Niederdruckdampfheizungen 1432, Warmwasserheizungen 2676. Daraus ergibt sich, in wie hervorragendem Maße gerade die Warmwasserheizung durch die Firma Verbreitung gefunden hat. Namentlich Sulzer-Steiner, der die Zukunft des Heizungsfaches richtig erkannte, andererseits aber auch die demselben noch an-

haftenden Schwächen sah, bemühte sich viel um seine wissenschaftliche Ausgestaltung. An Stelle des früheren unsicheren Erratens und ängstlichen Zweifels trat mit den Jahren die sichere Berechnung; die frühere Abschätzung des Wärmebedarfs der Räume nach dem Inhalt machte schon im Jahre 1878 der noch heute gebräuchlichen genauen Transmissionsberechnung Platz. So wurden auch schon

frühzeitig die großen Vorteile der Warmwasserheizung gegenüber allen anderen Heizungsarten da erkannt, wo die Anpassungsmöglichkeit an die wechselnden Witterungsverhältnisse hervortritt, weil das Wasser als Wärmeträger schon mit einer Temperatur von etwa 30° C eine gewisse Heizwirkung in der ganzen Heizanlage hervorbringt. Durch entsprechendes Einstellen des Regulators kann man diese Wirkung jedem Bedürfnis anpassen. Ein Ventil ermöglicht ferner die Wärmeabgabe jedes einzelnen Heizkörpers zu regulieren bzw. aufzuheben. Dazu kommt noch eine äußerst einfache Bedienung und die vielfach als sehr angenehm empfundene milde Erwärmung der Heizfläche. Bei den Warmwasserheizungen ist man mit der Temperatur des Wassers ebenso wie bei den Dampfheizungen mit dem Dampfdruck gegen früher heruntergegangen. Von einer guten Warm-

wasserheizung verlangt man heute, daß das Wasser mit 30° C noch gut umläuft.

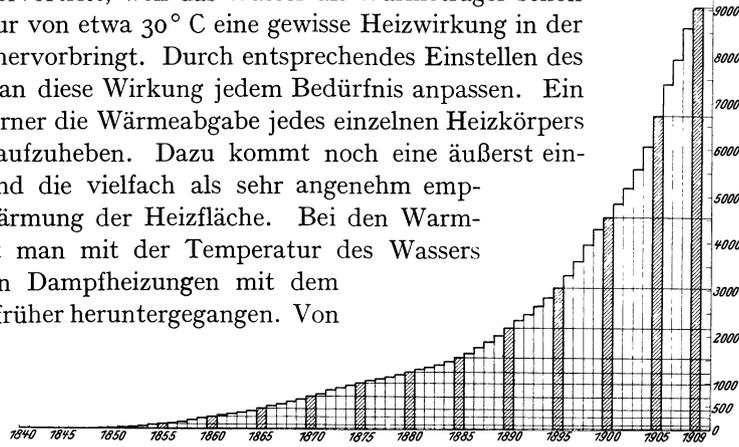


Fig. 96. Gesamtzahl der bis 1909 gelieferten Heizanlagen. (Die Höhe der Stufen gibt die Anzahl pro Jahr.)

Eine Neuerung, die insbesondere bei den großen Warmwasserheizungen der Firma in letzter Zeit ausgeführt wird, besteht in der Einschaltung von elektrisch angetriebenen Zentrifugalpumpen in das Rohrnetz. Nicht minder als die Bauart der gußeisernen Gliederkessel hat sodann zu den großen Erfolgen die in den 90er Jahren eingeführte neue Form der Zimmerheizkörper, die man als Radiatoren bezeichnete, beigetragen. Die Reinigung wurde dadurch sehr erleichtert. Die Herstellung dieser neuen Heizkörper setzte aber wiederum ganz besondere Leistungen der Gießerei voraus. Nur mit einer bis ins Kleinste durchdachten und für Massenherstellung auf das beste neu eingerichteten Eisengießerei ließ sich dem großen Wettbewerb auf diesem Gebiet die Spitze bieten. Die Gesamtproduktion dieses neuen Fabrikationszweiges hat heute bereits anderthalb Millionen Stück überschritten, Fig. 97.

Bei den Niederdruckdampfheizungen hatte man, wie erwähnt, zuerst gewöhnlich mit 0,3 at gearbeitet. Später ging man auf 1,5 bis 2 at hinauf, dann wieder auf 0,25 at hinunter und jetzt arbeitet man allgemein bei den Normalheizungsanlagen, abgesehen von Fernheizungen, mit 0,1 at. Die jetzigen Heizungen sind gewöhnlich mit selbsttätiger Zentralentlüftung versehen. Diese Niederdruckdampfheizungen werden vorzugsweise in Räumen mit vorübergehender Benutzung, bei besonders ausgedehnten Bauten und in Verbindung mit Lüftungsanlagen verwendet. In erster Linie sind sie geeignet für große Bauanlagen, die von einer Zentralfeuerstelle aus versorgt werden. Von diesen sog. Fernheizungen, von denen die Firma die erste bereits im Jahre 1869 ausgeführt hatte, wird heute noch z. B. für ausgedehnte Fabrikanlagen Gebrauch gemacht. Für Fernheizungen mit großen Entfernungen ging man zu Hochdruck über, d. h. der Dampf wird dem Kessel mit einer Spannung bis zu 12 at entnommen und den einzelnen

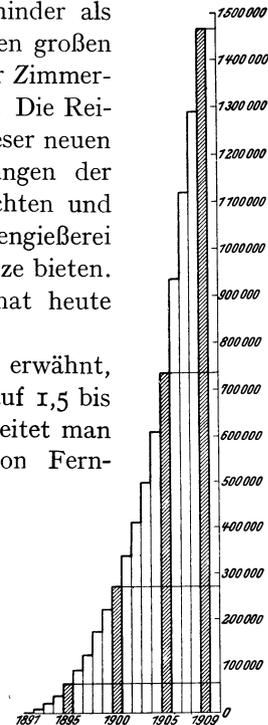


Fig. 97. Gesamtzahl der hergestellten Radiatoren.

Gebäuden meist durch in begehbare Kanäle verlegte gut isolierte Rohrleitungen zugeleitet und erst beim Eintritt in die Häuser durch selbsttätig wirkende Apparate auf 0,1 at vermindert.

Ein wirkliches Bild von dem Entwicklungsgang, welchen die heiztechnische Abteilung der Firma, deren Geschichte wir hier zu behandeln haben, in den fast 70 Jahren ihrer Tätigkeit durchgemacht hat, gibt namentlich ein Vergleich der kleinen veralteten Heizungen zu Beginn des vorigen Jahrhunderts mit den jetzigen modernen großen Fernheizwerken. In Eglfing bei München wurde beispielsweise eine große Fernheizanlage von Gebrüder Sulzer ausgeführt. Einige große Leistungen stellen auch dar die Fernheizung des im Pavillonsystem gebauten Ludwigshafener Krankenhauses, die Beheizung des Ulmer Münsters und des Bundeshauses in Bern, sowie eine Reihe von Theatern, Spitälern und Hotels mit Winterbetrieb, worunter das Grand Hotel St. Moritz im Engadin noch besondere Beachtung verdient.

Hier, 1800 m ü. d. M., wo während der Wintermonate in eleganten Räumen die verwöhntesten Menschen aller fünf Erdteile sich zu treffen pflegen, konnte gezeigt werden, was die Heizungstechnik heute zu leisten vermag. Die Selbstverständlichkeit, mit der von diesem Publikum auch diese Leistung der Technik entgegengenommen wird, ist nicht die geringste, wenn auch von dieser Seite aus unbewußte Anerkennung, die der Leistungsfähigkeit der Technik gezollt wird. Die ganze Heizung im Grand Hotel St. Moritz besteht aus einer Niederdruckdampfheizung und einer Warmwasserheizung. Mit der letzteren werden ausschließlich die Fremdenzimmer erwärmt. Das Hotel hat 12 übereinanderliegende geheizte Stockwerke ohne das Fundamentgeschoß. Der höchste Wärmebedarf beläuft sich auf nicht weniger als 2,3 Mill. WE die Stunde (s. Gesundheitsingenieur vom 1. Juli 1905 und Schweizerische Bauzeitung Bd. 47 Nr. 10 S. 115).

In der Heizungsabteilung werden auch noch Warmwasserbereitungsanlagen, Dampfküchen, Dampfdesinfektionsapparate, Luftbefeuchtungsanlagen für Textilfabriken, Entnebelungsanlagen, Anlagen für Staubabsaugung usw. erstellt. Sehr interessant sind die Kochanlagen. Wir finden hier Kochkessel von 50 bis 300 l Inhalt, die, in Gußeisen ausgeführt, ein Gewicht von 240 bis 800 kg haben. Küchen mit 6, 8 oder noch mehr nebeneinander oder in Kreisen angeordneten Kesseln haben allerdings sehr wenig Vergleichspunkte mehr mit der kleinen Familienküche. Man sieht, wie sehr auch hier der zentralisierte mit Maschinen aller Art ausgestattete Großbetrieb sich ein Feld erobert hat.

IV. Innere und äußere Organisation der Firma.

1. Werkstätten, Gießerei, allgemeine Einrichtungen.

Für die Ausführung der in den vorhergehenden Kapiteln erwähnten mannigfaltigen verschiedenen Maschinen und Apparaten stehen naturgemäß ausgedehnte Werkstätten zur Verfügung. Die Entwicklung der Werkstatteinrichtungen hier im einzelnen zu verfolgen, ist nicht durchführbar. Über die räumliche Entwicklung seit dem Jahre 1834 gibt der Plan, Fig. 98, genügend Auskunft. Ebenso läßt die Fig. 99 erkennen, wie sich die 1881 ins Leben gerufenen Werkstätten in Ludwigshafen vergrößert haben. Die bebaute Fläche beträgt heute für Winterthur und Ludwigshafen zusammen 101 000 qm, davon kommen auf Winterthur allein rund 70 000 qm. Fig. 100 gibt die Gesamtansicht. Sehr interessant müßte es sein, wenn es möglich wäre, die maschinellen Einrichtungen, wie sie sich im Laufe der

Jahrzehnte fortgebildet haben, näher zu verfolgen. Dazu würde es aber notwendig sein, u. a. so weitgehend auf die Entwicklung des Werkzeugmaschinenbaues einzugehen, daß die Durchführung dieses Gedankens vollständig aus dem Rahmen der vorliegenden Arbeit herausfallen müßte. Das umfassende Material, das auch für die Beurteilung dieser Entwicklung mir vorgelegen hat, läßt deutlich erkennen, wie man von Anfang an auf die Benutzung sorgfältig durchgearbeiteter Werkzeugmaschinen großen Wert gelegt hat. Es wurde schon vorher erwähnt, wie gerade in den 50er und 60er Jahren eine Menge wertvoller Werkzeugmaschinen und Spezial-

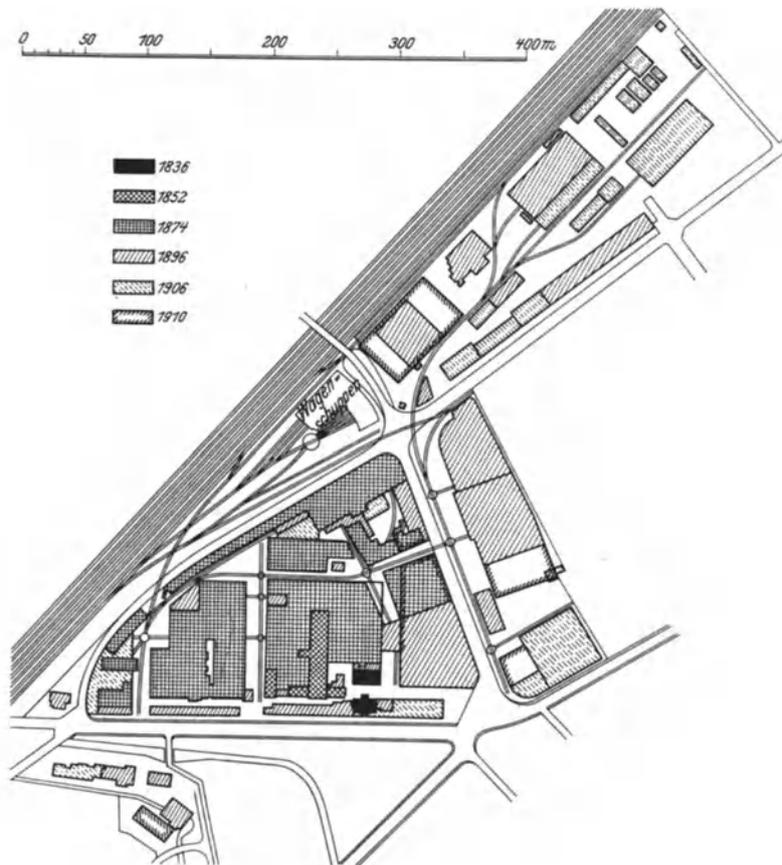


Fig. 98. Räumliche Entwicklung der Fabrik in Winterthur.

maschinen geschaffen wurden, die der Firma ein großes Übergewicht gegenüber den Fabriken gaben, die zu der Zeit noch mangelhaft eingerichtet waren. Das große Ansehen, das sich die Sulzerschen Fabrikate durch ihre genaue Durchführung erwarben, ist in erster Linie hierauf zurückzuführen. Einige solcher Spezialmaschinen sind auch bis in die letzte Zeit gebaut worden, freilich nur für den eigenen Bedarf, so u. a. eine Kolbenringschleifmaschine, Bauart Sulzer.

Besonders bemerkenswert ist die Entwicklung der Gießerei, sind doch die ganzen Anlagen aus einer kleinen Metallgießerei hervorgegangen, heißt doch heute noch in Winterthur die ganze Fabrik kurz „die Gießerei“. Während sonst vielfach in den Maschinenfabriken die Gießerei etwas als Nebensache behandelt worden ist,

hat man sie in Winterthur als Hauptarbeitsgebiet hervorragend gepflegt. Das kommt u. a. auch dadurch schon zum Ausdruck, daß man bis heute der Gießerei eine von den anderen Abteilungen völlig getrennte eigene Organisation gegeben hat. Seit Jahrzehnten steht an der Spitze der Gießerei der Seniorchef der Firma, Sulzer-Großmann. Unermüdlich hat er dafür gesorgt, als erster Fachmann des Gießereiwesens die Gießerei nach jeder Richtung hin auf der Höhe zu erhalten. Während man sich sonst oft damit begnügt hat, in mehr handwerksmäßiger Weise den Betrieb so fortzuführen, wie man ihn früher gekannt hat und die Gießerei oft untergeordneten Fachleuten überlassen hat, sorgte man in Winterthur dafür, die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung von vornherein auch stets der prak-

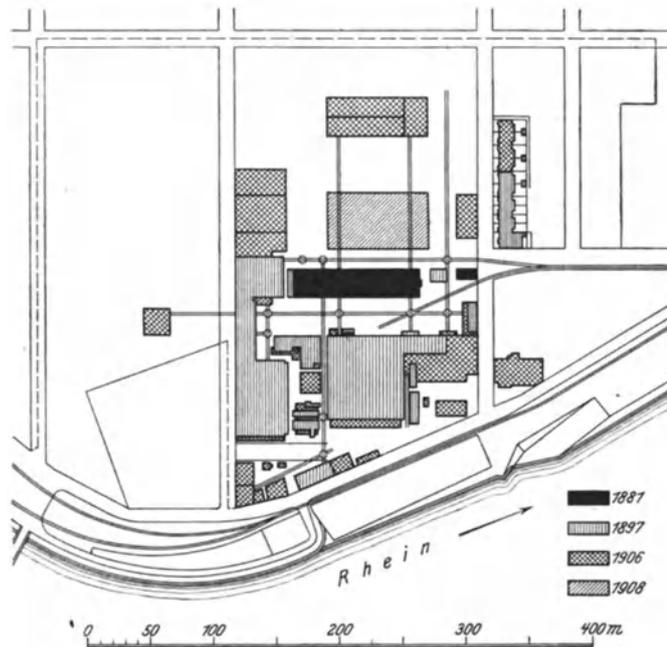


Fig. 99. Raumliche Entwicklung der Fabrik in Ludwigshafen.

tischen Ausführung nutzbar zu machen. Ebenso wie in anderen Abteilungen ging man auch hier oft eigene Wege und suchte durch langdauernde wissenschaftliche Versuche sich die Grundlage für weitere Fortschritte zu verschaffen. Diese Bestrebungen in wissenschaftlicher Beziehung führten dazu, im Frühjahr 1900 ein eigenes chemisches Laboratorium einzurichten. Hier werden alle gelieferten Roheisensorten, Kohlen usw. geprüft. Ferner werden zur Kontrolle des Gießereibetriebes die verschiedenen Gußeisenmischungen, Schlackenproben usw. untersucht. Für die Werkstätten werden auch andere Baustoffe, wie Nickelstahl, Rotguß, Farben, Schmiermittel, Fette, Öle usw. geprüft.

Was die Einrichtungen der Gießerei anbelangt, so sind sie naturgemäß auch im Laufe der Jahrzehnte stets weiter entwickelt worden. Heute bedecken die Gießereianlagen in Winterthur und Ludwigshafen zusammen rund 28500 qm Grundfläche und beschäftigen rund 1400 Arbeiter. Bei einer Produktion von 20 000 t Gußwaren im Jahre gehören sie zu den größten Gießereien Europas. Die heutigen Gießereianlagen in Winterthur lassen sich in vier selbständige Betriebe teilen, in die Großgießerei, die Metallgießerei, die Kleingießerei und in die neue Radiatoren-gießerei. Als vor 75 Jahren der Vater der ersten Gebrüder Sulzer das traurige Ende seines Geschäftes vor sich zu sehen glaubte, da er sich nicht denken konnte, daß der von seinen Söhnen gegen seinen Willen errichtete erste Kuppelofen sich wirklich bezahlt machen könne, war die Entwicklung nicht vorauszusehen, die wir heute überblicken können.

tischen Ausführung nutzbar zu machen. Ebenso wie in anderen Abteilungen ging man auch hier oft eigene Wege und suchte durch langdauernde wissenschaftliche Versuche sich die Grundlage für weitere Fortschritte zu verschaffen. Diese Bestrebungen in wissenschaftlicher Beziehung führten dazu, im Frühjahr 1900 ein eigenes chemisches Laboratorium einzurichten. Hier werden alle gelieferten Roheisensorten, Kohlen usw. geprüft. Ferner werden zur Kontrolle des Gießereibetriebes die verschiedenen Gußeisenmischungen, Schlackenproben usw. untersucht. Für die Werkstätten werden auch andere Baustoffe, wie Nickelstahl, Rotguß, Farben, Schmiermittel, Fette, Öle usw. geprüft.

Aus dem ersten kleinen Kuppelofen sind heute für die Großgießerei allein 5 große Öfen geworden mit einer Höhe der Schmelzsäule von 4,5 m und einer stündlichen Normalleistung von 5 bis 9 t. 46 Krane, deren Tragkraft zwischen 1 und 25 t liegt, vermitteln den Verkehr allein in der Großgießerei. Hieraus ergibt sich auch, welcher wesentlicher Bestandteil die Transporteinrichtungen für die neuzeitige Fabrikation geworden ist. Die Sandaufbereitung, die Trockenkammern, die Ventilations-



Fig. 100. Ansichten der Fabriken in Winterthur und Ludwigshafen 1907.

anlagen usw. können hier nur erwähnt werden. Die Kleingießerei entstammt in ihrer ursprünglichen Ausführung dem Jahre 1873, 1894 wurde sie umgebaut und erweitert. Heute nimmt sie einen Flächenraum von 6300 qm ein. Hier finden wir auch in großem Umfange die verschiedenartigsten Formmaschinen tätig, die von einer hydraulischen und pneumatischen Anlage mit Energie versorgt werden. 5 Kuppelöfen mit Vorherd, meist eigener Bauart, deren Leistungsfähigkeit zwischen 3 und 6 t stündlich liegt, liefern hier das Eisen. Zeitlich am weitesten zurück läßt sich die Metallgießerei verfolgen. Die heutige Anlage, die in mehreren Stockwerken untergebracht ist, stammt aus dem Jahre 1907/08. Sie nimmt einen Flächenraum von 900 qm ein. Von diesem Betrieb vollständig getrennt ist die Radiatorengießerei, die 1905 auf einem Flächenraum von 2800 qm ausgeführt wurde und inzwischen noch eine weitere Vergrößerung erfahren hat.

Ein Bild von der Entwicklung der Gießerei ergibt sich aus dem Schaubild Fig. 101, das die steigenden Produktionen erkennen läßt. Aus dem ältesten Gießereibuch, das bis zum Jahre 1837 zurückreicht, läßt sich auch die Produktionsentwicklung an Gußeisen und Metallguß vom Jahre 1837 bis 1851 noch feststellen. Danach wurden 1837 an Roheisen 4110, an Metall 178 Ztr. verschmolzen, während im Jahre 1851 die entsprechenden Zahlen 12 382 und 256 Ztr. waren. Man ersieht, wie bescheiden der Anfang hier war, wenn man diese Zahlen mit den heutigen vergleicht¹⁾.

¹⁾ Da es hier nicht möglich ist, auf die heutige technische Ausgestaltung der gesamten Gießerei an Hand von Figuren näher einzugehen, sei besonders verwiesen auf den Aufsatz „Die Gießereianlagen der Maschinenfabrik Gebrüder Sulzer“ in „Stahl und Eisen“ 1909 Nr. 27. Die Anlagen werden hier an Hand von vielen Zeichnungen und Abbildungen ausführlich beschrieben.

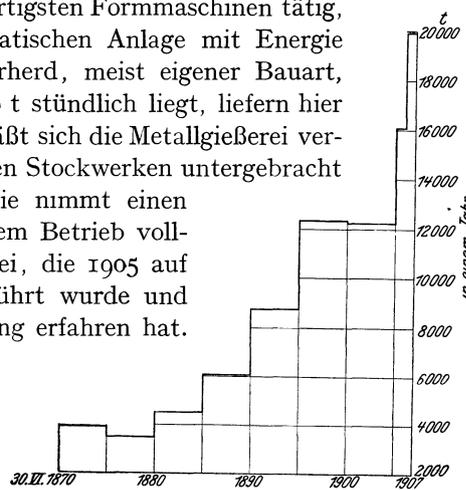


Fig. 101. Jährliche Produktion der Gießereien in t.

Einen wichtigen Einfluß auf die Ausgestaltung der gesamten Fabrikeinrichtungen hat überall die Elektrotechnik ausgeübt. Das läßt sich auch bei Gebrüder Sulzer verfolgen. Zunächst diente hier der elektrische Strom wie überall der elektrischen Beleuchtung. Schon 1878 wurden 2 kleine Dynamos, wovon jede zur Speisung einer Bogenlampe ausreichte, aufgestellt. 1894 wurde die erste elektrische Kraftzentrale gebaut. Sie lieferte Drehstrom von 190 Volt Spannung und brauchte rund 250 PS. Sie diente zum Antrieb von Hebezeugen und Ventilatoren. Den ersten 28 Elektromotoren, die damals aufgestellt wurden, folgten bald weitere. Schon im nächsten Jahre, 1895, wurde eine zweite Kraftzentrale gebaut. Heute werden die gesamten Werkstätten in Winterthur durch drei elektrische Zentralen und drei Unterstationen von zusammen 2200 PS mit Licht und Kraft versorgt. Daß der Schwachstrom in Form von Signalanlagen und einer telephonischen Anlage von 148 Stationen ausgedehnte Verwendung findet, sei hier der Vollständigkeit wegen nur erwähnt.

Zusammenfassend sei hervorgehoben, daß die Entwicklung gekennzeichnet wird durch die stetig steigende Benutzung von Maschinen, die besonders auch gegenüber der früheren Zeit auf dem Gebiete des Materialtransportes zum Ausdruck kommt. Ferner zeigt sich das Streben nach größerer Zentralisierung der einzelnen Kraftbetriebe.

2. Angestellte und Arbeiter.

Jede Produktion ist von zwei Hauptfaktoren abhängig, von denen der eine in der Vorzüglichkeit der gesamten Fabrikeinrichtungen, der andere in der Güte des mit diesen Einrichtungen arbeitenden Menschenmaterials liegt. Es ist von jeher ein verhängnisvoller Fehler gewesen, wenn Fabrikleitungen die Bedeutung des zweiten Faktors zu gering eingesetzt haben. Bei Gebrüder Sulzer ist man sich von Anfang an bewußt gewesen, in wie hohem Maße der Erfolg der Fabrikate von der Tüchtigkeit des Arbeiterstammes abhängig ist. Der heutige Großbetrieb ist, wie die vorigen Ausführungen zeigen, aus einem ganz kleinen handwerksmäßigen Betriebe herausgewachsen. Die ersten Gebrüder Sulzer waren ihre eigenen besten Arbeiter und bis heute wird auf das vertrauensvolle Zusammenarbeiten zwischen den Inhabern des Geschäftes und den Beamten und Arbeitern der größte Wert gelegt. Es ist deshalb hier am Platze, noch einen kurzen Überblick über die Einrichtungen zu geben, durch die die Firma den von ihr erkannten Pflichten in sozialer Beziehung nachzukommen sucht. Hierbei ist hervorzuheben, daß im Gegensatz zu den deutschen Einrichtungen gesetzlich sehr wenige Vorschriften nach dieser Richtung hin vom Staat aus gemacht werden und daß somit die meisten dieser Veranstaltungen auf die persönliche Initiative der leitenden Männer zurückzuführen sind.

Über das Anwachsen der Arbeiterzahlen gibt Fig. 102 Auskunft. Heute beschäftigen Gebrüder Sulzer in Winterthur und Ludwigshafen zusammen rund 5500 Beamte und Arbeiter, davon kommen auf Winterthur allein 4000. Von den Arbeitern (die das 20. Jahr zurückgelegt haben) sind als gelernte Arbeiter zu bezeichnen rund 2000. Hinzu kommen die ungelerten Arbeiter, rund 220 Arbeiter unter 20 Jahren und rund 340 Lehrlinge. Da es bei der Firma üblich ist, beim Eintritt ihrer Beamten die Ausbildungsart festzustellen, so lassen sich auch hierüber einige Zahlen geben. Von den 330 Angestellten der Zeichenbureaus (technische und kaufmännische Korrespondenzbureaus, Verwaltungs- und Betriebs-

bureaus sind hierbei nicht mitgerechnet) haben auf einer technischen Hochschule ihre Ausbildung genossen 40, auf sonstigen technischen Schulen 110. Die übrigen haben ihre Ausbildung innerhalb der Firma als Zeichner oder sonst wie sich erworben. Auf dem Konstruktionsbureau unterscheidet man bei Gebrüder Sulzer Ingenieure, Techniker, Zeichner, Kopisten und Zeichenlehrlinge, wobei man unter Kopisten die Zeichner versteht, die ihre Tätigkeit als Zeichner beibehalten wollen, während die als Zeichner eingestellten Beamten häufig durch Besuch von technischen Mittelschulen sich noch weiter als Techniker auszubilden suchen. Die Lehrzeit der Lehrlinge beträgt 4 Jahre. Bemerkenswert ist ferner, daß im Werkstattbetrieb vorzugsweise Beamte, die sich in der eigenen Werkstätte emporgearbeitet haben, zur Leitung und als Meister herangezogen werden. Das hat seinen Grund darin, daß man gerade hierfür ausgedehnte praktische Erfahrungen als unentbehrlich ansieht, demgegenüber technische schulmäßige Ausbildung nicht in erster Linie notwendig ist. Gerade für die Stellung als Werkmeister innerhalb des Fabrikbetriebes kommt es vor allem auf die Persönlichkeit an, denn der betreffende Meister hat hier nicht nur mit toten Maschinen, sondern mit lebenden Menschen umzugehen.

Von größter Bedeutung für die Entwicklung der Fabrik sind, wie vorher schon erwähnt, die Arbeiterverhältnisse. Der Schweizer Arbeiter mit seiner nüchternen Lebensauffassung, seinem Sinn für Ordnung und Genauigkeit mußte die Entwicklung der Fabrik günstig beeinflussen¹⁾.

Die Leistungen der Firma für die Arbeiter sind in der Schweiz in viel geringerem Maße durch gesetzliche Vorschriften geregelt als in Deutschland. Was hier die Firma getan hat, entspringt dem Verantwortlichkeitsgefühl sowie der Überlegung, daß es für die gemeinsame Arbeit vorteilhaft sei, die Lebensbedingungen aller Mitarbeiter so günstig als möglich zu gestalten, und der heranwachsenden Generation das Fortkommen nach Möglichkeit zu erleichtern. Zu der ersten Gruppe gehören im wesentlichen gesundheitliche Einrichtungen, die Wohnungsfragen, Unterstützungskassen, Lebensversicherungen usw. Der zweiten Auf-

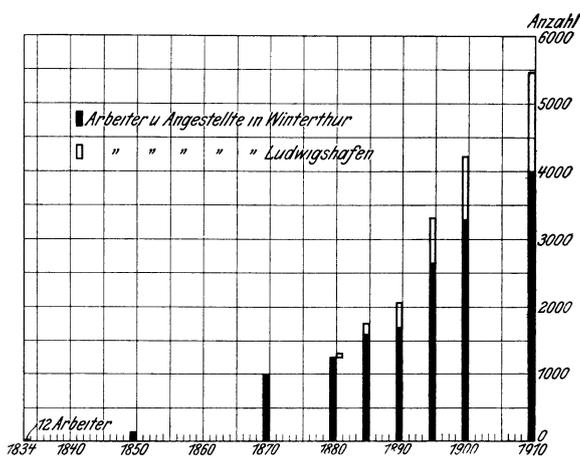


Fig. 102. Anzahl der Arbeiter und Beamten in den einzelnen Jahren von 1834 bis 1910.

¹⁾ Diese günstigen Arbeitsverhältnisse, die auf gegenseitiger Schätzung der Arbeit in jeder Form begründet liegt, werden naturgemäß schwieriger, seitdem die immer größer werdende Arbeiterzahl es notwendig macht, auch Ausländer in steigendem Maße zu verwenden. Diese Durchsetzung des heimischen Arbeiterstammes mit Elementen, die ihre Grundanschauungen in ganz anderen Lebensverhältnissen gewonnen haben, gab bereits Anlaß zu Unzufriedenheiten. Je mehr durch das Eindringen fremder Elemente die Einheit des eingesessenen Arbeiterstammes gestört wird, um so schwieriger wird die Behandlung der großen Arbeitermassen werden. Die Heranbildung und Erhaltung eines brauchbaren Arbeiterstammes fand von Anfang an Beachtung bei den Begründern der Firma. Eine große Zahl von Einrichtungen und Bestimmungen suchte nach dieser Richtung hin zu wirken.

gabe dient in erster Linie die Lehrlingsausbildung in der eigenen Fortbildungsschule.

Übergehen wir die heute schon glücklicherweise selbstverständlich gewordenen hygienischen Einrichtungen innerhalb der Fabrikgebäude, zu denen auch ausgedehnte Badeeinrichtungen zu rechnen sind, so wäre zu erwähnen ein Arbeiterhaus, das einen Speisesaal, der etwa 350 Personen faßt, enthält, sowie ein Lesezimmer, das 1100 Bücher und 41 Tagesblätter und Zeitschriften aufweist. Die Bücher werden den Arbeitern auch nach Hause entliehen.

Von größter Bedeutung ist die Wohnungsfrage. Hier lagen die Verhältnisse in Winterthur nun an und für sich wesentlich günstiger wie in den Industriezentren unserer Großstädte. Der Schweizer stellt auch an und für sich größere Ansprüche an die Behaglichkeit der Wohnung, die er in Winterthur und vor allem auch in den umliegenden Ortschaften findet. Trotzdem aber sah bei der immer wachsenden Arbeiterzahl die Firma sich veranlaßt, einzugreifen, indem sie sich am Bau von neueren und gesunden Arbeiterwohnungen beteiligte. Wie auch anderswo hat die Firma mit diesen Bestrebungen nicht immer das nötige Verständnis bei den Arbeitern gefunden. Die Arbeiter fürchteten in dieser Art der Unterstützung einen Zwang; sie möchten nach jeder Richtung hin eine Abhängigkeit außerhalb ihrer Tätigkeit in der Fabrik vermeiden. Gebrüder Sulzer haben deshalb versucht, den gleichen Zweck auf einem andern Wege zu erreichen, indem sie eine Einrichtung geschaffen haben, woraus an Arbeiter und Angestellte Vorschüsse zur Beschaffung eigener Heimwesen gewährt werden. Diese Vorschüsse werden zum Teil gegen Schuldbriefe auf die zu bauenden Häuser oder gegen Verschreibung der Lebensversicherungspolice bei entsprechenden Lohnabzügen gewährt. Von weiteren Einrichtungen der Firma für ihre Arbeiter ist zu nennen der Unterstützungsfond, der jährlich neu ergänzt wird. Die von den Arbeitern selbst verwaltete Krankenkasse wurde im Jahre 1845 gegründet. An die in Verbindung mit dieser Krankenkasse ins Leben gerufene Kurversorgung, durch die es erholungsbedürftigen Angestellten und Arbeitern ermöglicht wird, ihre Erholung in Kur- und Badeorten für ein sehr geringes Entgelt zu suchen, leistet die Firma jährliche Beiträge.

Zu erwähnen wäre schließlich, daß jeder Arbeiter, der 10 Jahre bei der Firma beschäftigt gewesen ist, das Recht auf eine Woche bezahlter Ferien hat.

Sehr bemerkenswert sind auch die Einrichtungen, durch die es die Firma ihren Angestellten und Arbeitern ermöglicht, vorteilhafte Lebensversicherungen abzuschließen. Schon 1871 ist man an diese Frage herangetreten, weil man in diesem Mittel die Möglichkeit sah, ohne einen Zwang auf den Arbeiter nach irgendeiner Richtung auszuüben, ihm doch die Sorge für sein Alter und für seine Angehörigen zu erleichtern. Die Firma vermittelt die Lebensversicherung mit der Schweizerischen Lebensversicherungs- und Rentenanstalt in Zürich. Die Firma zahlt die Prämie im voraus ein und zieht den Versicherten die Summe im Laufe des betreffenden Jahres am Zahltag in kleinen Beträgen ab. Gebrüder Sulzer leisten ferner Beiträge zu den Prämien, und zwar den Versicherten, welche 5 Jahre ununterbrochen gearbeitet haben, $\frac{1}{3}$ der Prämie, denen, die 10 Jahre tätig gewesen sind, $\frac{1}{2}$ der Prämie und Versicherten, die 15 Jahre und mehr bei der Firma beschäftigt gewesen sind, $\frac{2}{3}$ der Prämie. Diese Beiträge werden nur geleistet für Versicherungssummen, die nicht über 4000 Fr. betragen. Natürlich steht es jedermann frei, sich höher zu versichern, nur erhält er für den Überschuß keinen Beitrag. Solange der Arbeiter bei Gebrüder Sulzer beschäftigt ist, wird die Police von der Firma

aufbewahrt und der Versicherte kann nicht darüber verfügen. Tritt ein Versicherter im Laufe des Geschäftsjahres aus, so hat er nur die von der Firma für das laufende Jahr vorausbezahlten Prämien zu entrichten, um in den ungestörten Besitz seiner Police zu kommen.

Seit 1892 besteht auch ein für die Altersversorgung bestimmter sog. Alters- und Invalidenfond, der, aus den Schenkungen der Firmainhaber errichtet, heute die Summe von 1,5 Mill. Fr. enthält. Er dient dazu, Arbeitern und gegebenenfalls auch Angestellten, die im Dienste der Firma alt und arbeitsunfähig geworden sind, jährliche Renten auszusetzen.

Alle diese vorher aufgeführten Maßnahmen würden nicht ausreichen zu dem angestrebten vertrauensvollen Zusammenarbeiten aller Beteiligten, wenn sie nicht getragen würden durch das auf das persönliche Verstehen der verschiedenen Lebensbedürfnisse aufgebaute gegenseitige Vertrauen. Dieses Sichkennenlernen und Verstehen wird aber in der Schweiz gerade auf das beste unterstützt durch den für alle Stände obligatorischen Schulbesuch der gleichen Schule. Ihre Kindheit verleben die Söhne der Arbeiter mit den Söhnen der Fabrikanten gemeinsam auf der gleichen Schulbank. Das bringt die Möglichkeit persönlichen Verhältnisses naturgemäß viel näher und nicht minder wie dieser gemeinsame Schulbesuch wirkt die ausgedehnte Tätigkeit in der Schweizer Militärorganisation, bei der auch alle daran beteiligten Kreise ohne Unterschied der Stände in wechselseitige Beziehungen zueinander treten. Wenn man alle diese Umstände berücksichtigt, dann versteht man, wie die allgemein übliche Anrede an die Arbeiter von seiten der Firma, wie sie in den Anschlägen innerhalb der Fabrik zu sehen ist, „An unsere Mitarbeiter“ lautet.

Um die Fortbildung der heranwachsenden Arbeitergeneration haben sich Gebrüder Sulzer von jeher gekümmert, hat doch Sulzer-Hirzel selbst, als er aus Paris zurückkehrte und mit seinem Bruder gemeinsam das Geschäft begründete, bei all seiner großen Arbeit noch viele Jahre Zeit gefunden, den technischen Zeichenunterricht an der Winterthurer Gewerbeschule zu geben. Mit Genugtuung würde es gewiß der Begründer der Firma begrüßt haben, daß nunmehr in neuester Zeit die Firma dazu übergegangen ist, für ihre Lehrlinge eine eigene Fortbildungsschule zu schaffen. Diese Fortbildungsschule ist für alle Lehrlinge von Gebrüder Sulzer obligatorisch. Der Unterricht wird in 3 Jahreskursen gegeben. Im ersten Jahr wird angewandtes Rechnen, Flächen- und Körperberechnen und Skizzieren erteilt. Im zweiten Jahr kommt hinzu Materiallehre, Physik und Maschinzeichnen. Im dritten Jahre wird Mechanik und Deutsch gelehrt. Die Klassen sind in vier Abteilungen geteilt, die jede höchstens 30 Schüler umfaßt. Bei Bildung der Klassen wird auf die Vorbildung und Fähigkeit und auf den Beruf Rücksicht genommen, so daß möglichst Schlosserlehrlinge, Gießlerlehrlinge usw. zusammenbleiben. Sehr bemerkenswert ist der Anschauungsunterricht, der im dritten Jahreskurs erteilt wird und darin besteht, daß die Lehrlinge sämtlicher Abteilungen, also auch die Zeichenlehrlinge, an den arbeitsfreien Sonnabendnachmittagen die anderen Abteilungen unter Zuziehung der betreffenden Meister besuchen und hier mit den Arbeiten eingehend vertraut gemacht werden. Die Unterrichtszeit liegt wöchentlich früh zwischen $\frac{1}{2}7$ und $\frac{1}{2}8$ Uhr, 11 und 12 Uhr und am Sonnabend nachmittag zwischen 2 und 4 Uhr. Für die innerhalb der Arbeitsstunden fallenden Unterrichtsstunden erhalten die Lehrlinge ihren normalen Lohn. Schreib- und Zeichenmaterialien erhalten die Schüler kostenfrei. Am Schlusse eines jeden halben Jahres er-

hält der Schüler ein Zeugnis. Die so erhaltenen Noten werden im Lehrzeugnis am Schlusse der Lehrzeit mit berücksichtigt. 15 Lehrer stehen für den Unterricht zur Verfügung, wovon 7 Angestellte der Firma sind. Sehr bemerkenswert ist, daß die Firma außer den Lehrlingen für die Werkstätten auch sog. Verwaltungslehrlinge ausbildet, die später als niedere und mittlere Beamte in den Verwaltungsbureaus und in den Kalkulationsabteilungen Verwendung finden. Gerade für die Kalkulation ist es ja in hohem Maße wünschenswert, daß die Betreffenden auch eine gewisse Einsicht in die gesamte Fabrikation erhalten haben.

Naturgemäß beschäftigt sich die Firma auch mit der Ausbildung von Ingenieuren und Technikern insofern, als sie einer Zahl von Volontären Gelegenheit zur praktischen Arbeit gibt. Die Lehrzeit des Volontärs bei Gebrüder Sulzer ist auf 2 Jahre festgesetzt, von denen in der Regel 6 Monate in der Gießerei, 1 Monat in der Schmiede, 3 Monate in der Dreherei und 14 Monate in der Schlosserei zuzubringen sind. Der Volontär hat beim Eintritt 1000 Fr. zu zahlen, die dem Arbeiterunterstützungsfond des Geschäftes zufließen. Mit Recht wird streng darauf gesehen, daß sich der Volontär der Fabrikordnung unterstellt und die Arbeitszeit genau innehält.

3. Die geschäftliche Organisation.

Um die Leistungen zu ermöglichen, über die bisher berichtet wurde, bedurfte es einer ständig fortschreitenden Entwicklung der Gesamtorganisation. Gleich einem lebenden Organismus muß auch eine Firma sich rechtzeitig und ausreichend den sich ständig verändernden Daseinsbedingungen anpassen, wenn sie lebensfähig bleiben will. Dieses Wachsen und Sichanpassen ist besonders deshalb reizvoll zu beobachten, weil hier die verschiedenartigsten Faktoren in ihrer wechselseitigen Beeinflussung berücksichtigt werden müssen. Klare Voraussicht, schnelle Entschlußfähigkeit, sichere Urteilskraft sind hier die notwendigen Eigenschaften der Führer, von denen die Weiterbildung entscheidend beeinflußt wird. Der Wert der Persönlichkeit tritt hier besonders ausschlaggebend in die Erscheinung. Wie richtig man dies von Anfang an von der Firma erkannt hat, geht bereits aus den früheren Darlegungen über den Lebensgang der führenden Männer hervor. Die Personenfrage steht auch heute im Vordergrund. Der rechte Mann am rechten Platz, das ist die Voraussetzung jeden Erfolges. Man hat sich deshalb bei Gebrüder Sulzer mit Recht von jedem bloßen Schematismus, wo man die Personen nach den Schubkästen des Organisationssystems zuschneiden möchte, was man so oft mit Organisation verwechselt, fern gehalten, und vielmehr umgekehrt die geschäftliche Organisation nach den Männern einzurichten gesucht, die man zur Verfügung hatte. Man weiß ferner, daß die Freude an der Arbeit eine der wesentlichsten Bedingungen am Erfolg ist und daß diese Lust an der Arbeit nur dann auf die Dauer möglich ist, wenn man unter eigener Verantwortung nach Möglichkeit frei bestimmend schaffen kann. Nur so allein kann gerade dem Tüchtigsten seine Tätigkeit zur eigenen Arbeit werden. Damit aber wächst der Angestellte aus dem bloßen ausführenden Beamten hinaus, er wird zum wertvollen Mitarbeiter, zum Teilhaber an den Geschicken des Geschäftes.

Suchen wir uns zunächst ein Bild zu machen von der inneren Organisation, wie sie heute besteht. Die Firma stellt heute eine offene Handelsgesellschaft dar. Die heutigen acht Inhaber der Firma teilen sich in die Leitung der Firma, deren Verwaltung in 15 Abteilungen gegliedert ist. Neben den 4 Abteilungen, die sich un-

mittelbar mit der Konstruktion und dem Verkehr mit der Kundschaft zu befassen haben, das sind die Abteilungen für Dampfkraftmaschinen, einschließlich Dampfkessel, für Verbrennungskraftmaschinen, für allgemeinen Maschinenbau und für Heizung, stehen die Abteilungen der allgemeinen Verwaltung, die kaufmännische Abteilung, Kasse, das Privatbureau, Materialverwaltung, Kalkulation, Versand und weiterhin das Bureau für rechtliche und Organisationsfragen, das Patentbureau einschließlich des Bureaus für literarische Fragen sowie für Personalangelegenheiten und das statistische Bureau. Alle Teilhaber sind koordinierte Direktoren mit gleichen Rechten und Pflichten. Selbstverständlich hat ein erfolgreiches Zusammenarbeiten so vieler Gleichberechtigter ein hohes Maß von Verträglichkeit und die Fähigkeit, eigene Wünsche zum Besten des Ganzen zurückstellen zu können, zur Voraussetzung. Großen Wert legt man darauf, daß jeder Teil des Arbeitsgebietes durch Verantwortlichkeit eines einzelnen gleichsam gedeckt wird. Jedem der Inhaber ist deshalb ein Gebiet zur besonderen Bearbeitung zugewiesen, innerhalb dessen er auch bis zu einer gewissen Höhe geldlich frei verfügen kann. Alle Wochen findet eine Konferenz statt, die bei mindestens drei Anwesenden Bestimmungen treffen kann. Auch dies läßt sich nur durchführen bei dem hohen persönlichen Vertrauen, das die einzelnen Teilhaber zueinander haben.

Die äußere Organisation der Firma ist naturgemäß mit der Entwicklung des Geschäftes aus einem kleinen handwerksmäßigen Betriebe zu einem die gesamte Welt umspannenden Geschäft gewachsen. Die Schweiz ist zu klein, um großen Betrieben genügenden Absatz im eigenen Lande zu gewähren. Man war deshalb bei Gebrüder Sulzer schon frühzeitig auf den Export angewiesen. Große Schwierigkeiten, unter denen vor allem die Zollverhältnisse zu nennen sind, waren hierbei zu überwinden. Man war sich klar, daß nur durch die hervorragende Güte der Erzeugnisse sich der Weltmarkt erobern ließ. Die erste Etappe auf diesem Eroberungszuge machte die Abteilung Heizung. In welchem großen Umfange sich dann später vor allem die Sulzerschen Dampfmaschinen im Auslande verbreitet haben, ist bekannt. Heute legen Sulzersche Erzeugnisse in allen Ländern der Erde Zeugnis ab für die Leistungsfähigkeit der Schweizer Firma.

Die Organisation, die alle diese mannigfach verschiedenen geschäftlichen Beziehungen zu entwickeln hatte, ist natürlich nicht mit einem Male geschaffen worden, sondern hat sich im Laufe der Jahrzehnte unter Berücksichtigung der jeweilig vorliegenden Verhältnisse verschiedenartig entwickelt. Überall da, wo sich die geschäftlichen Beziehungen lebhafter gestalteten, wurden Bureaus gegründet. Neben Deutschland und der Schweiz hat man sich von jeher eingehend um Italien gekümmert. Seit Mitte der 60er Jahre war die Firma in Turin vertreten. 1887 wurde ein Bureau in Mailand, 1898 in Paris, 1904 in Kairo und Alexandrien, 1905 in London, 1909 in Tokio gegründet.

Der Bedeutung Deutschlands als Absatzgebiet für Gebrüder Sulzer wurde man gerecht durch Anlage einer eigenen Fabrik in Ludwigshafen (Rhein) im Jahre 1881. Zunächst hatte man beabsichtigt, Ludwigshafen nur als ausführende Fabrik einzurichten, sie hat sich aber immer mehr zur selbständigen Fabrik entwickelt. Wenn auch heute noch die Konstruktionsarbeiten in Winterthur ausgeführt werden, so besitzt doch Ludwigshafen eigene technische Anlagenbureaus. In der Heizungsabteilung hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, Ludwigshafen für Akquisition, Disposition der Anlagen usw. von Winterthur vollständig zu trennen, auch die Pumpenabteilung hat sich im Laufe der Jahre fast selbständig gemacht. Fabri-

ziert werden in Ludwigshafen außer den Dampfmaschinen und Heizungen auch Dieselmotoren, Zentrifugalpumpen und Ventilatoren. Eine Kesselschmiede hat Ludwigshafen nicht, dagegen wurde eine Groß- und Kleingießerei und eine eigene Versuchsstation für die verschiedenen Abteilungen eingerichtet. Ursprünglich war der Plan, in Ludwigshafen, dessen Grundstücke unmittelbar am Rhein liegen, den Schiffbau im Großen aufzunehmen. Diese Absicht ist bisher noch nicht zur Ausführung gekommen. Vielleicht bietet der jetzt aufgenommene Bau von Schiffsdieselmotoren die Veranlassung, auf diese Absicht zurückzukommen. Die Organisation in Ludwigshafen gleicht im großen und ganzen der in Winterthur.

Abgesehen von den der Firma unmittelbar unterstellten Bureaus sind noch eine große Zahl von anderen Vertretungen vorhanden, die aber nicht unter dem Namen der Firma gehen. Für Rußland, Spanien und Portugal, wovon Rußland besonders durch die Bemühungen Züblins große Bedeutung für die Firma erlangt hat, arbeiten Gebrüder Sulzer seit Jahren mit dem Hause John M. Sumner & Co., das in diesen Ländern eine große Zahl Bureaus und Zweigniederlassungen hat. Als wichtiges Absatzgebiet kommt dann Argentinien hinzu, wo die Firma seit Anfang der 80er Jahre vertreten ist, sowie Ägypten, dessen große von Gebrüder Sulzer ausgeführte Bewässerungsanlagen bereits erwähnt wurden. Auch Japan, Südafrika und Mexiko haben eine ausgedehnte geschäftliche Bearbeitung erfahren. Grundsätzlich sucht man hierbei für alle weit abliegenden Länder Anschluß an große gut eingeführte Geschäftshäuser.

An dieser Stelle ist auch noch zu erwähnen, daß die Firma durch Lizenzabgabe auf ihre wichtigsten Konstruktionen sich wertvolle Beziehungen zu maßgebenden Firmen anderer Länder erworben hat. Zu nennen wäre hier die Maschinenfabrik Augsburg, die 1872 das Recht auf Ausführung Sulzerscher Ventildampfmaschinen erworben hatte, dann Carels Frères in Gent, mit denen 1873 ein Abkommen getroffen wurde, das, trotzdem schon längst die Patente abgelaufen waren, bis vor wenigen Jahren noch in Kraft war. In den 70er Jahren trat man dann weiterhin mit den französischen Firmen Satre & Averly in Lyon für Südfrankreich und L. A. Quillaq & Cie. in Anzin für Nordfrankreich, dann mit der österreichischen Firma Friedrich Wanniek & Co. in Brünn, der jetzigen Ersten Brünnener Maschinenfabriks-Gesellschaft in Verbindung. Mit der letzteren besteht das Abkommen, soweit Maschinen mit Sulzerventilsteuerung in Frage kommen, noch heute. Ende der 80er Jahre schloß man dann auch noch mit der englischen Firma Bryan, Donkin in London ein entsprechendes Abkommen. So sehen wir, wie durch die Jahrzehnte langen freundschaftlichen Beziehungen der einzelnen Teilhaber und Leiter der Firma verstärkt, eine großzügig angelegte Organisation alle Länder umfaßt, die für den Absatz der Firma irgendwie in Frage kommen.

V. Zusammenfassung und Schluß.

Wir stehen am Ende der geschichtlichen Betrachtung, die uns mit dem Werdegang der Firma bekannt machte. Wir haben gesehen, wie durch die Intelligenz und die unermüdete Willenskraft der Begründer aus dem kleinen handwerksmäßigen Betriebe das Geschäft emporgewachsen ist, wie es dank der gleichen Tatkraft der beiden folgenden Generationen zu dem Weltgeschäft emporgewachsen ist, das heute eine der ersten Stellen in der Welt einnimmt. Was die Erzeugnisse der Firma für die Weiterentwicklung der gesamten Technik bedeuten, davon legen die überall arbeitenden Maschinen und Apparate Zeugnis ab.

Kennzeichnend für die gesamte Entwicklung ist der stetige Fortschritt seit dem Bestehen der Firma. Würde es möglich sein, die Resultierende alle der einzelnen Fortschritte auf den verschiedenen Gebieten in konstruktiver und finanzieller Hinsicht zu ziehen, so würde man erstaunt sein über die Stetigkeit der Kurve. Sensationelle Überraschungen, die Erscheinungen einer plötzlich einsetzenden rapiden Entwicklung fehlen in der Geschichte der Firma. Was aber für den, der tiefer eindringen kann in den Entwicklungsgang der Firma, einen besonderen Reiz gibt, das sind die Persönlichkeitswerte, die von Anfang an bis heute überall in dem gesamten Wirken der Firma so stark zum Ausdruck kommen. Die große Wertschätzung der schaffenden Arbeit in jeder Form von den an der Spitze stehenden Leitern an bis zum geringsten Arbeiter ist das alle Mitarbeitende umschließende gemeinsame Band. Sulzer-Hirzel, der Begründer der Firma, schrieb 1876 an seinen jüngsten Sohn: „Mit dem festen Grundsatz, alles aufs beste zu besorgen, hat unser Geschäft sich einen seltenen guten Namen weithin verschafft.“ Darin liegt eins der wichtigsten Geheimnisse des Erfolges: die Zuverlässigkeit der Arbeit.

Wenn es gelingt, die Grundsätze, die von den ersten Gebrüder Sulzer in ihren Gesprächen und Briefen in oft sprichwörtlich klingender Form festgelegt wurden, die immer wieder den Wert der persönlichen Arbeit, das vertrauensvolle zuverlässige Arbeiten unter gegenseitiger Achtung zum Inhalt haben, dauernd zu erhalten, dann wird auch gewiß die weitere Entwicklung der Firma in den nächsten Jahrzehnten der entsprechen, die hier so eingehend für die verflossenen 75 Jahre geschildert werden konnte.

Die Geschichte der Gutehoffnungshütte in Oberhausen (Rheinland).

Zur Erinnerung an das 100jährige Bestehen.

Von

Dr. J. Reichert, Duisburg-Ruhrort.

Das bedeutendste Gebiet der deutschen Eisenindustrie, das niederrheinisch-westfälische, ist zugleich eines der jüngsten. Während in anderen deutschen Eisenindustriebezirken wie im Siegerland, an der Lahn und in Oberschlesien bereits vor vielen Jahrhunderten das Eisengewerbe betrieben wurde, reichen die Anfänge der niederrheinisch-westfälischen Eisenindustrie bis 1730, dem Gründungsjahr der St. Michels-Eisenhütte in Bocholt, zurück. In kurzer Zeit kamen eine Reihe weiterer Hüttenwerke hinzu. Sie lagen meist in der Nähe der Eisensteingruben, ließen Eisenerz auf Fuhren heranbringen, verwendeten zur Beschickung des Hochofens Holzkohlen, verfeinerten das Roheisen im Frischfeuer und schmiedeten es im Hammerwerk. Die Triebkraft gaben Wasserläufe.

Zwischen dieser Zeit und der Gegenwart liegen einundeinhalb Jahrhundert voller Ereignisse in der Technik der Eisenindustrie, im Verbrauch der Eisenerzeugnisse und in der Gestaltung der wirtschaftspolitischen Verhältnisse.

In der Technik der Eisenerzeugung ist im Laufe der Zeit bei der Beschickung der Hochofens an die Stelle von Holzkohle der Steinkohlenkoks getreten. Zur Beschleunigung der Verbrennung führte man früher dem Hochofen kalte Luft zu, heute jagt man mit Riesenmaschinen heißen Wind hindurch. In der Verfeinerung des Roheisens wich das Frischfeuer dem Puddeln, dem Bessemer-, Siemens-Martin- und Thomasverfahren, der Elektrostahlerzeugung. Das an die Wasserkraft gebundene Hammerwerk machte dem Dampfhammer, der hydraulischen Schmiedepresse und dem durch Dampf und Elektrizität angetriebenen Walzwerk Platz. Diese Entwicklung führte vom handwerksmäßigen Kleinbetrieb zum arbeitsteiligen Großbetrieb.

Dem Eisenverbrauch eröffnete sich mit der Erfindung der Dampfmaschine und Lokomotive ein neues weites Feld. Der Maschinen-, Eisenbahn- und Schiffsbau verschlingt die größten Eisenmengen. So ermöglichte das Eisen die Vervielfältigung und Ausdehnung der Verkehrswege und erleichterte den Handelsverkehr, der seinerseits wieder die Eisenindustrie beeinflusste. Diese Entwicklung war der Lage der Eisenindustrie nicht durchweg günstig. Denn die seit Mitte des vorigen Jahrhunderts gewaltig steigende Nachfrage rief sowohl eine rasche und starke Vermehrung und Vergrößerung der Eisenhüttenwerke als auch einen wachsenden und

verschärften Wettbewerb hervor. Dieser Nachteil wurde erst überwunden, als die Umkehr der deutschen Handelspolitik vom Freihandel zum Schutzzoll die Eisenindustrie mit einem Zoll vor ausländischem Wettbewerb schützte, dem Zusammenschluß und der Gesundung zuführte. Seitdem hat Deutschland die französische und englische Industrie überflügelt und ist heute nach den Vereinigten Staaten das wichtigste eisenerzeugende Land.

In Deutschland selbst steht der rheinisch-westfälische Industriebezirk allen anderen Gebieten voran. Dem war nicht immer so. Anfänglich hatten die Eisenhütten um ihre Versorgung mit Holzkohlen und Eisenerz zu kämpfen. Später hielt sie der englische und belgische Wettbewerb lange Zeit in ihrer technischen vervollkommnung zurück. Aus diesen Fesseln befreite sie erst der Ausbau des Eisenbahnnetzes, die Verwendung von Steinkohlenkoks an Stelle von Holzkohlen, die Entwicklung des Ruhrkohlenbergbaus und die Zufuhr von Eisenerzen über die Rheinwasserstraße. Der Umschwung vollzog sich in den 50er Jahren des vorigen Jahrhunderts und war von einer starken Vermehrung der Hüttenanlagen in Rheinland-Westfalen begleitet. Damals entstanden die Borbecker Hütte zu Borbeck, die Niederrheinische Hütte zu Duisburg, die Hochdahler Hütte zu Hochdahl, die Gräfl. Stolbergsche Hütte (Heinrichshütte) zu Hattingen, die Hüttenanlagen der A.-G. Phönix zu Laar bei Ruhrort und Kupferdreh, die Johannishütte zu Duisburg und die Vulkanhütte zu Duisburg. Im Jahre 1854 wurden allein in Rheinland-Westfalen 23 Hochöfen, meist von Aktiengesellschaften, gebaut. Diese Gesellschaften verfügten über ein Aktienkapital von 27 184 000 Taler, während sich das Kapital aller übrigen Eisenhüttenwerks-Aktiengesellschaften in Preußen damals auf 6 384 000 Taler belief¹⁾. Die große Vermehrung der Hüttenanlagen hatte eine gewaltige Steigerung der Eisenerzeugung und darauffolgend im Jahre 1857 eine tiefgehende Krisis in der Eisenindustrie zur Folge. Ruhigere Bahnen schlug die Entwicklung der niederrheinisch-westfälischen Eisenindustrie erst nach einer zweiten Krise der 70er Jahre ein.

Die Geschichte der Eisenindustrie, auch die des niederrheinisch-westfälischen Bezirks ist in ihren großen Wandlungen dargestellt. Die Schilderung der Schicksale einzelner Werke ist jedoch dahinter zurückgeblieben. Um so dankbarer ist das vor kurzem aus Anlaß des 100 jährigen Bestehens der Gutehoffnungshütte in Oberhausen (Rheinland) erschienene Werk „Die Geschichte der Gutehoffnungshütte“, verfaßt von dem ehemaligen Syndikus der Handelskammer Duisburg, nunmehr Direktor der Gutehoffnungshütte, Dr. Arnold Woltmann, zu begrüßen. Dieses Werk bietet in lebensvoller, klarer und knapper Schreibweise einen interessanten Einblick in den Entwicklungsgang einer weltbekannten Unternehmung, die von den ersten niederrheinischen Eisenhütten ausgeht und heute mit an der Spitze der Eisenindustrie der Welt steht²⁾.

I. Die Vorgeschichte.

Die Vorgeschichte der Gutehoffnungshütte reicht bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts zurück. Damals stießen bei dem Dorfe Sterkrade, auf dem rechten Ufer des Niederrheins gelegen, drei deutsche Landesfürstentümer zusammen: das preußische Herzogtum Cleve, östlich davon das dem Erzbischof von Köln gehörige Vest Recklinghausen und südlich das Gebiet der Fürstabtissin von Essen. Jeder dieser

1) Dr. L. Beck, Geschichte des Eisens.

2) Über die Werke der Gutehoffnungshütte s. a. Frölich, Z. d. V. d. Ing. 1902.

Kleinststaaten suchte seine politische und wirtschaftliche Unabhängigkeit gegenüber dem „Ausland“ zu bewahren. Die Folge davon war die Gründung dreier Eisenhütten bei Sterkrade, einer kölnischen, einer preußischen und einer essendischen.

Der Domherr zu Münster Freiherr Franz v. d. Wenge zum Dieck wurde um 1740 aufmerksam auf Eisensteinvorkommen in der Gegend von Osterfeld und Buer im damaligen Vest Recklinghausen, das dem Erzbischof von Köln gehörte. Er bekam 1741 die Erlaubnis zum Suchen und Graben von Eisenstein im Vest Recklinghausen und 1743 auch einen Schürfschein für das angrenzende preußische Herzogtum Cleve. Als v. d. Wenge auch hier Erze fand, die als Zusatz zu den im Kölnischen gefundenen ein brauchbares Eisen ergaben, beschloß er den Bau einer Eisenhütte, und zwar im Kölnischen. Die Genehmigung wurde 1753 erteilt. Dafür aber bereitete ihm nun die Eifersucht der preußischen Behörden Schwierigkeiten, indem sie sein Gesuch um Belehrung mit Eisenstein bei Holten im Clevischen ablehnten und die Annahme des Gesuchs von der Bedingung abhängig machten, daß die neue Schmelzhütte in ihrem Lande, im Clevischen, angelegt werde. Darauf ging v. d. Wenge nicht ein; so blieben weitere Verhandlungen erfolglos. Außerdem stieß er, als er eine Stelle am Sterkrader Bach oberhalb Sterkrade zum Hüttenplatz wählte, auf den Widerstand der Äbtissin des Klosters Sterkrade, die bei dem Gebrauch des Wassers für die Eisenhütte um ihre Mühlen und die Forellenzucht bangte. Ihr Einspruch wurde zwar von der Behörde zurückgewiesen, aber der Bau der Hütte wurde bis 1757 verzögert und die Fertigstellung erst 1758 möglich. Die Hütte, die St. Antony- oder Gottesgnadenhütte getauft wurde, umfaßte einen Ofen, Gießereianlagen und ein Magazin zur Lagerung von Holzkohlen und Gußwaren. Sie war nach der im Jahre 1730 gegründeten St. Michel-Eisenhütte in Bocholt die zweite Eisenhütte in Niederrheinland.

Der Hochofen ging nur während einer bestimmten Zeit des Jahres, der Kampagne, deren Dauer sich nach dem Erz- und Holzkohlenvorrat richtete und 20 bis 30 Wochen betrug. Eisenerz war in genügenden Mengen vorhanden, dagegen war man aus Mangel an Holzkohlen manchmal gezwungen, den Hochofen auszublase. Die Erzeugnisse der Hütte gingen meist nach Holland und wurden von einer Delfter Firma über Ruhrort und Alsum verfrachtet. Nach etwa zehnjährigem Bestehen wurde der Hütte eine Hammerschmiede angegliedert. Von der Wenge glaubte, den Hüttenbetrieb angestellten Hüttenmeistern überlassen zu können. Allein er machte mit der Unzuverlässigkeit oder Unfähigkeit der Hüttenmeister schlechte Erfahrungen. Bis in die 70er Jahre des 18. Jahrhunderts hinein konnten an den Besitzer keine Überschüsse abgeführt werden. Daher entschloß er sich zur Verpachtung. Allein auch die Pächter erfüllten ihre Verpflichtung nicht, blieben für 5½ Jahre den Pachtzins schuldig und verließen die Hütte schließlich im schlechtesten Zustand. Trotzdem wurde die Hütte 1779 weiter verpachtet, und zwar an einen Hüttenmeister aus dem Siegerland Namens Eberhard Pfandhöfer. Er war bis 1781 alleiniger Pächter. Da ihm aber das zum Betrieb erforderliche Kapital fehlte, schloß er sich mit drei Unternehmern in einer Gesellschaft zusammen, trat indes bereits 1783 aus der Pachtgesellschaft aus und übernahm die Leitung der Gutehoffnungshütte in Sterkrade. Obwohl v. d. Wenge auch weiterhin an der Hütte wenig Freude hatte, blieb er bei der Verpachtung. Im Jahre 1788 ging mit seinem Tode die Hütte in den Besitz seiner Erben, der Freiherrn v. Hövel über.

Die früheren Bemühungen des Freiherrn v. d. Wenge um Belehrung mit dem clevischen Eisenstein bei Holten nahm im Jahre 1771 eine Gewerkschaft auf. Als

diese jedoch mit dem Berliner Kabinett über die geforderten Bergfreiheiten zu keiner Einigung kam, und das Kloster Sterkrade der Anlage einer Eisenhütte erneut Widerstand entgegensetzte, ließ die Gewerkschaft von ihrem Plane ab. Demgegenüber vermochte Pfandhöfer, der Pächter der von der preußischen Behörde bisher scheinbar angesehenen Antonyhütte, von derselben Behörde eine Reihe von Vorteilen zu erringen. Er legte 1780 auf das Eisenerzvorkommen zwischen Rhein, Ruhr und Lippe unter dem Namen „Gute Hoffnung“ Mutung ein, in der Absicht, dort eine Eisenhütte zu erbauen. Er erhielt die Konzession zum Bau der Hütte, dazu sechs Freijahre, Zollfreiheit für die Rohstoffe und das Recht, „die erforderlichen Holzkohlen aus dem Märkischen auf eigenen oder fremden Schiffen die Ruhr hinunter zu fahren.“

Gleich erfreuliche Erfolge erzielte Pfandhöfer bei seinen Verhandlungen mit der Abtei Sterkrade. Diese zog nicht nur ihre Einsprüche gegen die Anlage einer Eisenhütte zurück, sondern übernahm sogar ein Viertel an den zur Anlage und Betrieb der Hütte erforderlichen Kosten. Die Beteiligung der Abtei, die an günstige Bedingungen geknüpft war, kam Pfandhöfer, dessen Geldmittel beschränkt waren, sehr gelegen. Außerdem streckte ihm die Witwe Friedrich Jodokus Krupp geb. Ascherfeld in Essen zum Bau der Hütte große Mittel vor. Die Anlage umfaßte einen Hochofen und einen Windofen nebst den dazu gehörigen Gebäuden für Formerei, Kohlen usw., einen Ofen zum Tempern und eine Schleifmühle zum Schleifen von Platten. (Auf Anregung der preußischen Regierung machte Pfandhöfer in Anerkennung der großen Begünstigungen Versuche, mit „abgeschwefelter Kohle“ den Hochofen zu beschicken. Die Versuche führten zwar zu keinem Ergebnis. Aber von ihrer Weiterführung wurde die Verlängerung der Zoll- und Zehentfreiheiten 1788 abhängig gemacht.)

Eine dritte Eisenhütte wurde in der damaligen Gemeinde Lippern, in nächster Nähe der bestehenden Hütten, im Gebiet der Fürstäbtissin zu Essen angelegt. Durch Erzfunde des Pächters der Antonyhütte wurde die fürstliche Hofkammer in Essen 1783 auf den in ihrem Hochstift vorhandenen Eisenstein aufmerksam. Als sechs Jahre später wiederholt Eisenerzlager entdeckt wurden, erörterte sie den Gedanken der Verarbeitung dieser Erze auf einer inländischen Hütte. Über die bei dem Projektieren entstandenen Bedenken kam sie jedoch nicht hinaus. Daher entschloß sie sich dazu, von einer Eigenunternehmung, welche die fürstliche Kasse in Geldverlegenheiten bringen konnte, abzusehen, den Bau und Betrieb einer Hütte dem privaten Unternehmungsgeist zu überlassen und sich an den Kosten lediglich zu beteiligen. Der Arenbergische Hütteninspektor Werner interessierte sich dafür, ließ mit den anstehenden Eisenerzen Schmelzversuche machen, bildete, nachdem sich die Erze als brauchbar erwiesen hatten, eine Gesellschaft und erhielt von der Fürstäbtissin unter großer Privilegierung die Genehmigung zur Anlage von Hütten und Hämmern. Im Jahre 1790 führte die Äbtissin ihre lang gehegte Absicht, sich an dem Unternehmen zu beteiligen, aus, erwarb aber bis 1794 sämtliche Anteile. Die Hütte hieß Neu-Essen.

Von den drei innerhalb weniger Jahrzehnte in nächster Nachbarschaft entstandenen Hütten war allein die Anlage der Antonyhütte wirtschaftlich begründet. Die Entstehung der Gutehoffnungshütte war die Folge der preußischen Eifersucht gegen die in nächster Nähe im Kölnischen liegende Antonyhütte und die Hütte Neu-Essen war dazu bestimmt, die Ausfuhr des im Essendischen gefundenen Eisenerzes nach der kölnischen Hütte zu verhindern. Bei den vorhandenen Rohstoffen, Eisen-

erz und Holzkohlen, war wohl der Bestand einer Hütte gesichert; vielleicht konnten sich auch zwei halten, aber für drei reichten die Rohstoffe nicht aus.

Die unwirtschaftliche Entwicklung führte zu der Erkenntnis, daß nur eine Vereinigung der Hütten eine Besserung herbeiführen könne. Wurden z. B. die Antony- und die Gutehoffnungshütte in einer Hand vereinigt, so war bei der Herstellung von Geschützmunition, einem Hauptgegenstand des Betriebes dieser Hütten, auf technische und kaufmännische Vorteile zu rechnen; die starke Nachfrage nach Munition, die infolge der Kriege nach Ausbruch der französischen Revolution hervorgerufen worden war, konnte ausgenutzt werden. Der gegenseitige Wettbewerb ließ sich jedoch nur dann ganz ausschließen, wenn alle drei Hütten in eine Hand kamen. In dieser Richtung wirkten auch die Schwierigkeiten, die sich die Hütten dadurch bereiteten, daß sie tüchtige Meister einander entzogen. Zwischen der Antony und der Gutehoffnungshütte bildete außerdem der Sterkrader Bach, dessen Wasser beide als Betriebskraft benutzten, einen Gegenstand fortwährenden Streites, da die Antonyhütte als Oberliegerin gerne das Wasser aufhielt und damit die Gutehoffnungshütte der Betriebskraft beraubte.

Sowohl Pfandhöfer, der Besitzer der Gutehoffnungshütte, als auch Julius Gottlob Jacobi, Hütteninspektor der Fürststäbtissin auf Neu-Essen, strebten nach einer Vereinigung mit der Antonyhütte, und zwar in Gestalt der Pachtung. Dazu waren nach den gemachten Erfahrungen die Erben des Freiherrn v. d. Wenge nicht geneigt; sie wollten die Hütte verkaufen. Die zu dem Zweck mit Jacobi und Pfandhöfer geführten Verhandlungen kamen 1793 zum Abschluß. Mit 6000 Reichstaler erhielt Jacobi den Zuschlag; Pfandhöfers Gebot wurde „wegen Mangels der auf der Stelle zu erlegenden Gelder“ ausgeschlagen. Nun hatte Pfandhöfer die Hütte bereits in Besitz genommen, Arbeiter geworben und Eisenerz anfahren lassen. Er behauptete, ebenfalls mit dem Beauftragten der Erben v. d. Wenge einen rechtsgültigen Kaufvertrag abgeschlossen zu haben und zeigte keine Lust, von der Hütte zu weichen. Da ließ ihn die Fürststäbtissin durch ihren Obersthofmeister mit einer Anzahl Bewaffneter, denen Pfandhöfer mit seinen wenigen Leuten nicht gewachsen war, vertreiben. Daraufhin erhob er den Prozeß und wußte selbst den damaligen Oberkammerpräsidenten Freiherrn v. Stein in Hamm für seine Sache zu interessieren, indem er erklärte, dem preußischen Staate sei im Kriegsfall viel daran gelegen, „am Niederrhein Eisenhütten zu besitzen, welche gezwungen werden könnten, nur für Preußen Munition zu liefern.“ Die Prozesse waren an den verschiedenen Landesgerichten in Cleve, Essen und Dorsten anhängig gemacht. Die Klage ging um den Besitz und um einen beträchtlichen entgangenen Gewinn. Die Verhandlungen endeten im Jahre 1795 durch Vergleich, wonach die Antonyhütte zwar der Fürststäbtissin zugesprochen, aber auf 6 Jahre, bis 1801, gegen 300 Reichstaler jährliche Pacht Pfandhöfer überlassen wurde. Die Fürststäbtissin machte den Vorbehalt, „den zum Gebrauch ihrer Eisenhütte Neu-Essen zum Einsatz nötigen kölnischen Eisenstein in dem zur St. Antonyhütte gehörigen Bergwerk auf ihre Kosten graben und hernehmen zu lassen“, Pfandhöfer erhielt für den Fall, daß die Hütte verkauft werden sollte, das Vorkaufsrecht. Außerdem wurde bestimmt, daß zwischen den drei Hütten „wechselseitige Freundschaft und Einverständnis“ bestehen solle.

Auch als Pächter der Antonyhütte kam Pfandhöfer aus Geldverlegenheiten nicht heraus. Die Gutehoffnungshütte soll bereits 1793 in einem derartigen Zustand gewesen sein, daß niemand mehr 50 Reichstaler darauf leihen wollte. Der Haupt-

gläubiger Krupp beabsichtigte daher, die Gutehoffnungshütte zum Verkauf zu bringen, die anderen Gläubiger abzufinden und den Betrieb selbst zu übernehmen.

Pfandhöfer brach nach zwei Pachtjahren zusammen. Die darnach auf der Anthonyütte beschlagnahmten Waren, nämlich 28 600 Pfd. verschiedene Platten, 10 700 Pfd. Gewichtsteine, 487 Töpfe, große, mittlere und kleine, 8 Öfen, 21 Stück Feuerpfannen, ca. 5000 Pfd. Frachteisen, 200 Faß Eisenstein und 2 Faß Kalkstein wurden 1798 durch das Gericht zu Dorsten in Osterfeld zugunsten der Gläubiger versteigert. Die Hütte kam nun in Besitz der Fürstättissin, welche die Hütte der Leitung des Betriebsinspektors Jacobi der Hütte Neu-Essen unterstellte. Kurze Zeit darauf wurde die Hütte Neu-Essen außer Betrieb gesetzt, da die Anthonyütte für den Bezug der Kohlen und des Eisensteins günstiger lag, und da infolge des französischen Verbots der Einfuhr fremder Eisengußwaren in die linksrheinischen Länder der Absatz zurückging.

Auch auf der Gutehoffnungshütte hatte Pfandhöfer bald abgewirtschaftet. Die Schulden betragen schließlich 21 983 Reichstaler, eine Summe, die fast ganz von der Witwe Krupp in Essen vorgeschossen war. Als die Hütte 1800 versteigert wurde, kam sie für 12 000 Reichstaler Berliner Courant in den Besitz der Hauptgläubigerin Krupp.

In der politischen Zugehörigkeit der Hütten und damit in ihren wirtschaftlichen Verhältnissen traten nach dem Frieden von Luneville Veränderungen ein. Damals mußte das Deutsche Reich das linke Rheinufer an Frankreich abtreten. Für den Gebietsverlust auf der linken Rheinseite wurden die weltlichen Fürsten mit den geistlichen Gütern rechts des Rheins entschädigt. Dem König von Preußen fiel so das Fürstentum Essen zu, das kurkölnische Vest Recklinghausen kam an das Haus Arenberg. Damit erhob sich die Frage, ob die beiden Eisenhütten, die jetzt im Arenbergischen liegende Anthonyütte und die zu Preußen gekommene Hütte Neu-Essen von der Fürstättissin als Landesherrin oder als Privatperson betrieben waren und ob sie daher nunmehr dem preußischen Fiskus gehörten oder nicht. Der Chef der Hauptorganisationskommission für die neuerworbenen Länder Graf v. d. Schulenburg-Kehnert hielt einerseits wegen der schwierigen Konkurrenz benachbarter und entlegener Hütten im Siegenschen, am Oberrhein und in Holland den Besitz der Hütten nicht für wertvoll. Daher legte die preußische Verwaltung der Frage keine Bedeutung bei und ließ der Fürstättissin das Eigentum an den Hütten. Diese aber hatte kein Interesse, die Hütten weiter zu betreiben und bot daher die Hütten der preußischen Verwaltung zum Kauf an. Zur Untersuchung der wirtschaftlichen Lage der Hütten wurde eine Kommission eingesetzt, die zu einem eigenartigen Ergebnis kam. Sie wiederriet den Ankauf aus folgenden Gründen:

„Weil die Anthonyütte — die Hütte Neu-Essen liege still — seit ein paar Jahren sehr starken Absatz gehabt habe, so könne man vermuten, daß die Fürstättissin hohe Forderungen stellen werde. Dieser starke Absatz sei aber als ein sehr prekärer Vorteil anzusehen, denn er rühre nur daher, daß der beteiligte Jacobi sehr erfinderisch sei, modische Formen zu Öfen und anderen Gußwaren sich zu verschaffen und zu verkaufen. Der so begründete Absatz würde aufhören, wenn andere benachbarte Hütten einen ebenso gewandten und geistreichen Herren an ihrer Spitze hätten, oder die Anthonyütte den Jacobi verlöre. Weiter müsse man in Zukunft darauf sehen, daß die Essener Forsten nicht wie bisher verbraucht würden. Mit Rücksicht auf die Schonung der Forsten werde es nicht möglich sein, die Hütte so lange nacheinander als bisher im Betriebe zu halten.“

Infolge dieses Gutachtens sah die preußische Verwaltung von der Erwerbung ab.

Der Übergang des Fürstentums Essen in preußischen Besitz hatte für die Antonyhütte nachteilige Folgen. Solange die Fürstäbtissin ihre Selbstherrlichkeit besaß, durfte sie das für die Antonyhütte erforderliche Holz zu dem in der Gründungsurkunde der Hütte Neu-Essen festgesetzten Preise beziehen und ebenso den Eisenstein abfahren. Dies wurde, da die Antonyhütte im Arenbergischen, also im Ausland lag, von der preußischen Verwaltung verboten.

Damit wurden die Bemühungen, durch Vereinigung beider Hütten und durch Stilllegung der Hütte Neu-Essen die wirtschaftlichen Bedingungen der Antonyhütte zu verbessern, erfolglos. Infolgedessen dachte die Fürstäbtissin erneut ihre Hütten zu verkaufen und bot sie wiederholt, aber vergeblich, dem Besitzer der Gutehoffnungshütte, der Witwe Krupp, an. Erst 1805 fand Gottlob Jacobi Käufer. Jacobi war verheiratet mit Johanna Sophie Haniel aus Ruhrort, Tochter von Jakob Wilhelm Haniel und Schwester der Brüder Franz und Gerhard Haniel. Diese beiden kauften zusammen mit Gottlob Jacobi von der Fürstäbtissin die von ihr besessenen drei Viertel Anteile der Antonyhütte und der Hütte Neu-Essen. Letztere wurde mit 10 000 Talern, erstere mit 46 000 Talern bewertet.

Die langerstrebte Vereinigung der drei Hütten kam schließlich zustande, als die „Compagnie“ 1808 auch die Gutehoffnungshütte erwarb. Der Kauf wurde durch Vermittlung von Heinrich Huysen in Essen, dessen Schwester Christine Friderike seit 1806 mit Franz Haniel und dessen Schwester Henriette seit 1807 mit Gerhard Haniel verheiratet war, abgeschlossen. Der Kaufpreis betrug 37 800 Taler. Heinrich Huysen trat im gleichen Jahre als vierter Gesellschafter in die Compagnie ein. Der Gesellschaftsvertrag wurde zunächst mündlich abgeschlossen und am 5. April 1810 vor dem Notar in Essen schriftlich beurkundet. Von diesem Tage an besteht die Hüttengewerkschaft und Handlung Jacobi, Haniel & Huysen.

Über den Betrieb der drei Hütten bis zu diesem Zeitpunkt ist an Originalakten nur wenig erhalten geblieben. Am besten unterrichten die über den Betrieb der Gutehoffnungshütte überkommenen und im Kruppschen Archiv liegenden Akten.

Die Erzeugnisse der drei Hütten bestanden in Gußwaren. Stabeisen wurde auf der Antonyhütte, und zwar nur während eines Jahres, von Mai 1767 bis Mai 1768 in einer Menge von 39 944 Pfd. hergestellt. Die wirtschaftlichen und technischen Verhältnisse der drei Hütten waren gleich oder doch ähnlich. Die Erze, Sumpfund Rasenerze, wurden in der Nähe der Hütten gegraben. Sie lagen 3 Zoll bis 3 Fuß unter der Erde, teils in großen Stücken, welche vor der Beschickung zerschlagen wurden, teils in kleineren Brocken, die man Bohnen- oder Wascherze nannte, weil sie von dem anhängenden Sande durch Wasser gereinigt wurde. Die Antonyhütte beschäftigte um 1800 16 Erzgräber. Das Anfahren der Erze besorgten Bauern. Der Verbrauch an Eisenerz während der Kampagne betrug auf der Gutehoffnungshütte

	täglich	insgesamt
1801/02 auf	17 ¹ / ₄ Faß	2922 Faß,
1802/03 „	16 ³ / ₄ „	3361 „
1803/04 „	16 ³ / ₄ „	2118 ¹ / ₂ „

Das Faß wog 400 Pfd. und kostete je nach der Entfernung an Gräber- und Fuhrlohn 16 bis 30 Stüber.

Teurer war die Holzkohle. Das Faß wog hier 250 Pfd. und kostete bei harten Kohlen aus Buchen und Eichenholz auf der Antonyhütte 1³/₄ bis 1¹¹/₁₂ Reichs-

taler, bei weichen Kohlen aus Nadelholz $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{2}{3}$ Reichstaler. Für die Gewinnung von Holzkohle waren auf der Antonyhütte 32 Kohlenbrenner und Holzreuder tätig. Der Holzkohlenverbrauch stellte sich auf der Gutehoffnungshütte während der Kampagne¹⁾

	täglich	insgesamt
1801 auf	$14\frac{3}{4}$ Faß	2455 Faß
1802 „ 14 „	„	2821 „
1803 „ $18\frac{1}{4}$ „	„	$2330\frac{3}{4}$ „

Am Hochofen arbeiteten auf der Antonyhütte 4 Mann, und zwar der Hüttenmeister, der Unter- oder Kleinschmelzer und 2 Aufgeber, die sich in Schichten von 8 Stunden ablösten. Im ganzen zählte sie 80 Arbeiter. Die Roheisenerzeugung betrug 1802 auf der Antonyhütte 602 593 Pfd., auf der Gutehoffnungshütte weniger, nämlich

1801/02 353 411 Pfd., 1802/03 420 195 Pfd., 1803/04 402 110 Pfd.

Zur Gutmachung des Brucheisens und zur Verbesserung des Gußeisens durch Umschmelzen hatte die Antonyhütte bereits vor 1800 einen Kuppelofen. Die Erzeugnisse waren sehr mannigfaltig. Die Gutehoffnungshütte lieferte an

Ballästen: große Gewichtsteine ohne Ringe und mit Ringen von 10 bis 100 Pfd., kleine Gewichtsteine ohne und mit Ringen von 1 bis 10 Pfd.;

offenem Sandguß: Fenstergewichte, Uhrgewichte, Brandruten, Rösterstäbe, Röster, Unterlagen, Streichbolzen, Schmirgelpfannen, Essener Platten, Fourneauxplatten, Kolckplatten, runde Platten, Bogplatten;

verdecktem Sandguß: Zahltöpfe, Kesseltöpfe, Achterplatttöpfe, Marmittöpfe, Absatztöpfe, große Kesseltöpfe, Brattöpfe, Kohlbecken, Comfoiren, Schmiedeformen, Fenstergewichte, halbe Ofendeckel;

Lehmguß: Antiköfen, Öfen mit Bildwerk, Quintöfen, Pyramidöfen, Absatzöfen, Pottöfen, Urnen, runde Fourneaux, Wasserpumpen, Mörser, Reibschalen, Brustbilder;

verschiedene Gußwaren: Walzen, Hämmer, Kugeln, Pinnen, Bügeleisen und Wagenbüchsen.

Als Besonderheit wurde sowohl auf der Antonyhütte wie auf der Gutehoffnungshütte der Munitionsguß betrieben.

Im Absatz spielte die Ausfuhr über den Rhein eine Rolle. Nach dem Hauptbuch der Gutehoffnungshütte wurden 1800 bis 1808 für 72 626 clevische Taler Waren verkauft. Davon wurden durch Vermittlung niederländischer Häuser für 34 541 Taler im Ausland abgesetzt.

Die weitere Entwicklung zerfällt in zwei Abschnitte. Bis in die 50er Jahre verliert die eigene Roheisenerzeugung der Hütten an Bedeutung und der Betrieb wird in zunehmendem Maße vom Bezug fremden Roheisens abhängig. Seit 1855 verfolgt dies Unternehmen andere Bahnen: die eigene Roheisenerzeugung wird dem Bedarf entsprechend gesteigert, der Besitz an Erzfeldern erweitert und Kohlenfelder erworben. Die veränderten wirtschaftlichen Grundlagen geben dem Hüttenbetrieb ihr Gepräge.

1) Die Kampagne dauerte auf der Gutehoffnungshütte.

1801/02 vom	16. August	bis	25. Januar,
1802/03 „	5. Oktober	„	22. April,
1803/04 „	25. Oktober	„	27. Februar.

II. Von 1810 bis 1855.

I. Roheisenerzeugung.

Die Vergangenheit hatte die engen Grenzen gezeigt, die der Herstellung von Holzkohlenroheisen am rechten Niederrhein gezogen waren. Daher steigerte die Hütten-gewerkschaft und Handlung bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts die Roheisenerzeugung nicht in dem Maße, wie sie ihren sonstigen Arbeitskreis ausdehnte. Von dem reinen Hochofenwerk mit Gießerei führte die Entwicklung in wenigen Jahrzehnten fast zum reinen Verarbeitungsbetrieb, der das erforderliche Roheisen größtenteils kaufte.

Auf Gutehoffnungshütte und Antonyhütte war anfänglich je ein Hochofen in Betrieb¹⁾.

¹⁾ Profile der Hochöfen von Antonyhütte 1812/13 und 1814.

Das Tagebuch von Gottlieb Julius Jacobi enthält interessante Ausführungen über die Hochöfen:

„Sowohl Gestell, Rast und Schacht waren alles rund gebaut, und es waren 2 Diesen und Formen angebracht, welche gerade gegeneinander und horizontal bliesen. Die Diesen hatten 2 1/4" Öffnung, die Form aber nur 2" weit und hing vorne im Rüssel.“

Die Aufzeichnungen schildern weiter das Anblasen des Ofens von 1814:

„Das vorstehende Gestell und Ofen wurde, nachdem es 8 Tage angewärmt war, am 29. August 1814 6 Uhr abends abgefüllt, wozu 32 Faß Kohlen aufgingen. An Eisenstein wurden auf dem vollen Ofen von Kohlen geworfen 3 Tröge — der Trog Erz wog 65 Pfund —

Mittwoch bis abends 6 Uhr	4, 5, 3, 4 Tröge,
Donnerstag	5, 3, 4, 5, 6, 3 „
Freitag	4, 5, 6, 4, 5 „
Samstag	6, 7, 5, 6, 7, 8, 5, 6, 7 „

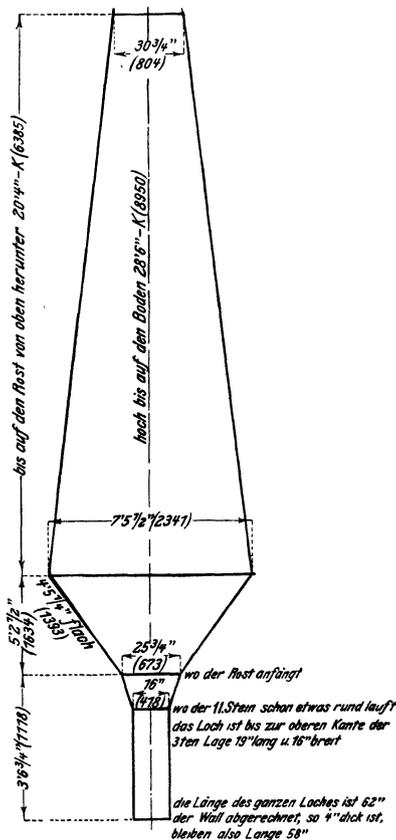
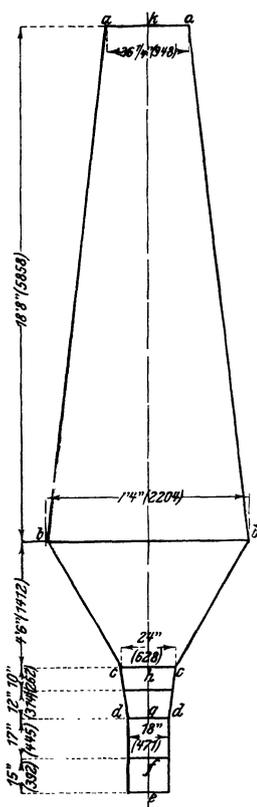
Samstag morgens am 3. September um 6 Uhr wurden, weil der Steinsch nachts um 10 Uhr angekommen war, die kupfernen Formen angelegt, welches bis 1 1/2 8 Uhr währte, wo dann sogleich das Gebläse angelassen wurde. Vom Füllen an, nämlich von Montag abend 6 Uhr bis Freytag abend 10 Uhr, wo der Stein an der Form sich zeigte, waren 4 x 24 Stunden und 4 Stunden, und noch 9 1/2 Stunden stand der Ofen mit dem Ertz an der Form, bevor geblasen wurde.

Am Sonntag, den 4. Sept. morgens 10 Uhr wurden 253 Pfund Rosterstäbe herausgetragen.

Das Eisen war ziemlich warm, es flog schon Kies in der Hütte herum, die Schlacken waren aber noch knorrig im Loch und unterm Tümpel, hinten aber schon sehr weich und flüssig.

Am 4., Sonntag, abends um 6 Uhr wurden abermals zirka 600 Pfund Rosterstäbe herausgetragen, das Eisen war schon weit wärmer, der Kies war häufiger und reicher geworden.

Vom 3. abends bis zum 4.



Der Ofen der Antonyhütte wurde 1820 stillgelegt und die Anlage für eine Papierfabrik umgeändert. Die mit der Papierherstellung gemachten Erfahrungen ließen schon 1827 die Aufgabe des Betriebs ratsam erscheinen. Darauf wurde die Antonyhütte in ein Hochofenwerk zurückverwandelt.

Die Hochöfen wurden auch weiterhin ausschließlich mit heimischen Rasenerzen beschickt. Gefördert wurden

1810.	33 133 Ztr.	1840.	44 032 Ztr.
1820.	56 070 „	1850.	32 161 „
1830.	125 405 „		

Fremde Erze, und zwar Lahnerze, wurden 1815 zum erstenmal verhüttet. Als sich die Probeverhüttungen bewährten, bezog man wachsende Mengen oberländischen Eisenerzes:

1815.	201 Ztr.	1845.	12 483 Ztr.
1825.	482 „	1855.	76 655 „
1835.	11 555 „		

Im Hochofenbetrieb trat 1830 durch Inbetriebnahme eines zweiten Ofens auf der Gutehoffnungshütte und durch Ausdehnung des Betriebs auf das ganze Jahr eine bedeutungsvolle Änderung ein. Die Frage der Erzversorgung wurde wichtiger. Daher suchte man in der weiteren Umgebung nach Eisenstein. Als die angestellten Bohrversuche indes ohne Ergebnis blieben, fürchtete man, im Fall der Erschöpfung der heimischen Gruben auf die Zufuhr oberländischen Eisensteins angewiesen zu sein. Daher entschloß man sich zwecks Sicherstellung der Erzversorgung bereits 1838 zur Erwerbung von Gerechtsamen im Oberland. Erzgruben wurden gekauft an der Lahn um Weyer und Wetzlar, an der Dill, an der Wied bei Waldbreitbach, im Rheingau bei Johannisberg, in Langehain bei Biebrich, in Meckenheim bei Rheinbach (linksrheinisch) und bei Steinbach. Von den Gruben wurde das Erz mit Pferden zu Lagerplätzen an der Lahn und am Rhein gefahren, auf der Lahn nach Oberlahnstein verschifft und von dort, ebenso wie das in Neuwied, Vallendar und Biebrich angesammelte Erz auf den nach Ruhrort zurückfahrenden Kohlenschiffen der Firmen Franz und Gerhard Haniel weiterbefördert. Von Ruhrort aus ging das Erz mit Pferdefuhren zu den Hochöfen.

Obwohl so die Frage der Erzversorgung gelöst war und durch den Bau eines Stabeisen- und Schienenwalzwerks sich der Roheisenbedarf stark erhöhte, legte

abends wurde an Ertz geworfen und Gichten 15 Stück geblasen 8, 6, 7, 8, 9, 6, 7, 8, 9, 6, 7, 8, 9, 6, 7 Tröge.

Montag den 5. September 1814.

„Um 11 Uhr morgens wurden abermals Rosterstäbe, zirka 800 Pfund, herausgetragen, das Eisen war wieder etwas wärmer; diese Kampagne nicht so gut wie die vorige, denn es konnten wegen Mangel an Wasser nicht mehr denn 15, 16 bis höchstens 18 Gichten geblasen werden. Das Eisen war übrigens zum Vergießen gut, aber nicht hinlänglich warm genug.“

Über das Gebläse bringt das Tagebuch noch folgende Bemerkung:

„Die Doppelbläser hier auf Antonyhütte haben Diameter 54" Kölnisch und 45" Höhe; nach Abzug der Kolbendicke hat jeder Zylinder 35" Hub und do." Druck.“

Über den Ofen von 1815 finden sich noch folgende Mitteilungen:

„Das Gestell von 1815 wurde auf dieselbe Manier, wie das von der vorigen Kampagne eingesetzt — doch fanden folgende Abänderungen statt:

a) es wurde nur mit einer Form geblasen,

b) der Zacken unter der Form wurde 1 Zoll ins Feuer geruckt — und

c) der Durchmesser von c bis c, wo das Gestell aufhört, ist 24" Rheinl. und läuft etwas rundlich bis d an. Der Rast war derselbe geblieben, wie der von voriger Kampagne.“

man 1843 die Antonyhütte als Hochofenwerk endgültig still. Diese Maßnahme findet ihre Erklärung daher nur darin, daß die Deckung des Bedarfs an Holzkohlen ganz außerordentliche Schwierigkeiten bereitete und daß die stets fortgeführten Versuche der Verwendung von Steinkohle an Stelle von Holzkohle kein brauchbares Ergebnis zeitigten. Zu den Versuchen, die Holzkohle durch Steinkohlenkoks zu ersetzen, nötigte sowohl der Preis als auch der verfügbare Vorrat an Holzkohle. Gegen Preistreiberien schützte man sich in den 40er Jahren gemeinsam mit der Friedrich-Wilhelm-Hütte in Mülheim, der Gewerkschaft Prinz Rudolf bei Dülmen und der Hütte in Lünen, in dem die Werke die Holzkohlenreviere, innerhalb derer die Nachbarn keinen Wettbewerb beim Einkauf machen durften, abgrenzten; aber dadurch konnte man der stetigen Abnahme an Holzkohlen keinen Einhalt tun. So kam man 1842 zu der Ansicht: „Größere Quantitäten gutes Roheisen auf Gutehoffnungshütte zu erzeugen, ist unmöglich, da das Brennholz nicht vorhanden ist und bei unseren Steinkohlen ein schlechteres Produkt erzielt wurde als belgisches und englisches Eisen.“ Trotzdem wurden die Versuche der Verwendung von Steinkohlenkoks fortgesetzt. Bis 1855 gelang indes die Gewinnung von Roheisen nur bei Verwendung einer Mischung von Holzkohlen und Steinkohlen in kleinen Hochofen.

Die Produktionsmenge ist nur von wenigen Jahren bekannt geblieben. Für die Jahre 1839, 1840 und 1841 ist die Roheisenerzeugung aus Rasenerz auf 4 754 000 Pfd. = 1 584 666 Pfd. für das Jahr, aus oberländischem Eisenstein auf 5 236 000 Pfd. = 1 765 333 Pfd. für das Jahr anzunehmen. Hierfür wurden in den drei Jahren verbraucht 22 689 t Rasenerz und 11 038 t oberländischer Eisenstein. Das Roheisen fand vornehmlich in der Gießerei Verwendung, während der kleinere Teil als Masseln bei der Stabeisen- und Blechfabrikation verarbeitet wurde.

2. Roheisenverarbeitung.

a. Gießerei.

Schon im 18. Jahrhundert ging auf der Gutehoffnungshütte und auf der Antonyhütte das aus Rasenerz gewonnene Roheisen vor seiner Verarbeitung zu Gießereizwecken durch Kuppelöfen. Seit 1812 beschickte man die Öfen auch mit mittelh rheinischen Masseln, seit 1833 mit englischem und schottischem Gießereiroheisen. Im Verbrauch von Roheisen fühlte man sich von der Eigenproduktion so unabhängig, daß man wegen der Frachtersparnis 1834 in Köln ein Grundstück kaufte, um dort eine Gießerei anzulegen und mit rheinischem Roheisen zu betreiben. Diese Absicht wurde — aus unbekanntem Gründen — bald wieder aufgegeben. Der Bezug an Roheisen betrug 1842 über 28 000 Ztr.

Die Gießerei der Gutehoffnungshütte deckte mit ihren Kuppelöfen und Flammöfen, aus denen schwere Maschinenteile und Walzen gegossen werden konnten, vornehmlich den Bedarf der dortigen Maschinenwerkstätte. Die Gießereierzeugnisse der Antonyhütte wurden weiterhin verkauft. Hauptsächlich wurden Sandröhren, Krümmlinge, Wasserkessel, Lehmwaren, Platten, Kugeln, Granaten und Schrapnells gegossen. Artilleriemunition wurde an die preußische Heeresverwaltung und an die Bundesfestungen Luxemburg, Landau, Rastatt und Mainz geliefert. Bei preußischen Lieferungen mußten alte Munition und Kanonen als Zahlung genommen werden. Die Gießereierzeugnisse der Gutehoffnungshütte stellten sich 1852 auf 47 065 Ztr., die der Antonyhütte auf 15 648 Ztr.

b. Hammer Neu-Essen.

Auf der noch vor Ablauf des 18. Jahrhunderts stillgelegten Hütte Neu-Essen wurde eine zeitlang eine Gießerei zur Herstellung von Potterie und Munition betrieben, aber bereits 1821 wieder eingestellt. Wichtig dagegen wurde der Ausbau der Hütte zu einem Hammerwerk mit Frischfeuer, Schmiede- und Reckhammer. Diese Einrichtung bedeutete die erste Vergrößerung des Arbeitskreises des Unternehmens und die Notwendigkeit des Bezugs von Hammermasseln. Die neue Anlage besaß Wasser als Triebkraft und kam 1812 in Betrieb. Roheisenmasseln wurden vom Mittelrhein und von der Lahn, Schrott und Altmaterial von den Alteisenhändlern der Umgebung bezogen. Gewöhnlich war nur ein Frischfeuer in Betrieb. Die Produktion beschränkte sich bis 1816 auf Stabeisen, das größtenteils von der Maschinenfabrik in Sterkrade verbraucht wurde. Seitdem wurden auch Brammen hergestellt.



Fig. 1. Hammer Neu-Essen 1835

(Von 1827 bis 1833 machte hier Friedrich Krupp Versuche, Gußstahl zu schmieden und zu recken.) Später wurde der Betrieb dem Fortschritt der Technik entsprechend geändert, indem beim Verfrischen statt kalten Windes warmer gebraucht, dem Holzkohlenroheisen auch Puddelroheisen und der Holzkohle Koks beigegeben wurde. Der Frischereibetrieb mußte dem Puddeln weichen, das Hammerwerk war dem Wettbewerb der Walzwerke nicht gewachsen. Daher wurde 1858 der Hammer Neu-Essen stillgelegt und nunmehr die Herstellung feuerfester Steine, zu der man bereits 1835 übergegangen war, allein betrieben.

Die Erzeugung des Hammers an Stabeisen und Brammen bezifferte sich

1812 auf	670 Ztr.	1842 auf	3030 Ztr.
1822 „	1453 „	1852 „	2631 „
1832 „	4550 „		

Die Brammen wurden seit 1828 in einem Blechwalzwerk, das bei Schloß Oberhausen errichtet worden war, zu Kesselblechen und später zu Schiffsblechen verarbeitet.

c. Puddel-, Schweiß- und Walzwerk.

Die in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts auf der Gutehoffnungshütte herrschende Betriebsweise war von der englischen Eisenindustrie längst aufgegeben worden. Dort hatte man gelernt, bei der Erzverhüttung statt Holzkohle Steinkohlenkoks zu verwenden, das Roheisen mit Steinkohle im Puddelofen zu Stahl zu verarbeiten und an die Stelle der Hammerwerke Schweiß- und Walzwerke zu setzen. Diese Neuerungen bedeuteten Verbilligung und Durchbrechung der im Holzkohlenmangel liegenden Beschränkung der Eisenerzeugung. Die Folge davon war die Ausdehnung des Absatzkreises englischer Erzeugnisse auf Kosten der heimischen. Das hatten die Hütten selbst verspürt. Während sie ihre Gußwaren, Stabeisen und Bleche lange Zeit in großen Mengen in Holland absetzen konnten, wurden sie im 19. Jahrhundert durch die billigeren englischen Erzeugnisse verdrängt.

Solange die Gutehoffnungshütte nicht zu der vervollkommenen englischen Betriebsweise übergang, war sie den englischen Werken gegenüber nicht wettbe-



Fig. 2. Walzwerk Oberhausen mit Muhle 1835.

werbsfähig. Die langjährigen Versuche der Hütten, bei der Beschickung des Hochofens die Holzkohle durch Steinkohlenkoks zu ersetzen, führten zu keinem befriedigendem Ergebnis. Um wenigstens einigermaßen dem englischen Wettbewerb nahezukommen, wurde 1835 bei Oberhausen an der Emscher neben dem Blechwalzwerk ein Puddelwerk und ein Stabeisenwalzwerk gebaut, sowie das alte Blechwalzwerk umgebaut und erweitert.

Im Puddelwerk kam sowohl englisches als auch deutsches Roheisen zur Verarbeitung. Das heimische Roheisen bestand aus Holzkohlen oder gemischtem Holzkohlen- und Koksroheisen und wurde in den Jahren 1839/40 bezogen von der Stachelauerhütte bei Olpe, Gebr. Lossen auf Concordiahütte, der Hohensteinerhütte bei Koblenz, der Saynerhütte, von Gebr. Grisar auf Nievernerhütte, von Buderus Söhne (Christianshütte), von der Friedrich-Wilhelmshütte bei Neuwindgassen, vom Holzappeler Hüttencomptoir usw. Gleich dem oberländischen Erz nahm das Roheisen seinen Weg über Ruhrort nach Oberhausen. Der so entstandene Verkehr mit Pferdefuhrwerken zwischen Oberhausen und Ruhrort wird 1840 folgendermaßen beschrieben:

„Wir halten nur 3 bis 4 zweiradige Gespanne als Notaushilfe, um damit Roheisen und Erz von Ruhrort, Steinkohlen von Essen oder Mülheim oder Holzkohlen

aus diversen Walddistrikten anzufahren. Die rohen Eisenerze, die wir verschmelzen, werden in den Brüchen und Wiesen hier, in der Nähe bei Wesel, im Vest Recklinghausen usw. gegraben und von den kleinen Bauern und Köttern der betreffenden Gegend zur Zeit angefahren, wo sie keine Beschäftigung auf dem Acker haben. Seit den letzten Jahren beziehen wir auch sehr viel Eisenstein aus dem Nassauischen, wie auch Roheisen. Diese Materialien kommen zu Wasser nach Ruhrort und werden, da es große Quantitäten sind, durch die Ackersleute hierher gefahren und zur Zeit, wo die Ruhr nicht fahrbar ist, auch durch Meidericher Pferdetreiber. Gewöhnliche Gewerbsfuhrleute können wir dazu nicht engagieren, da die Quantitäten zu groß sind und nur temporär zu laden ist.“

Luxemburgisches Holzkohlenroheisen wurde 1847 zum erstenmal auf der Hütte verbraucht. Bald darauf traten an Stelle der oberländischen Hüttenwerke als Lieferanten von Roheisen die Borbecker Hochöfen von Détilleux & Co., 1853 das Hüttenwerk Eintracht in Hochdahl und 1855 die Niederrheinische Hütte in Duisburg.

Anfang der 40er Jahre verfügte die Hütte über 10 Puddelöfen, 1846 arbeitete



Fig. 3. Walzwerk Oberhausen 1855.

man mit 46. Im Jahre 1847 wurden auf den Walzwerken der Hütte 22 553 Ztr. Bleche und 195 276 Ztr. Stabeisen und Schienen ausgewalzt.

Es betrug die Herstellung von

	Schienen	Stabeisen	Bleche
1852. . . .	101 714 Ztr.	57 904 Ztr.	37 172 Ztr.
1853. . . .	135 072 „	96 919 „	?
1854. . . .	230 193 Ztr.		52 454 „
1855. . . .	248 802 „		55 147 „

3. Beziehungen der Hütte zum Eisenbahnwesen.

Mit dem Eisenbahnwesen kam die Hütte durch Beteiligung an der im Jahre 1836 genehmigten Düsseldorf—Elberfelder Bahn zum erstenmal in Berührung. Bald stand man mit der Rheinischen Bahn Köln, der Köln—Düsseldorfer, der Rhein—Weser, der München—Augsburger, der Taunus-, der Leipzig—Dresdener, der Berlin—Frankfurter und der Magdeburg—Köthen—Halle—Leipziger Bahn sowie mit der großherzoglich badischen Eisenbahndirektion wegen Lieferung von Achsen, Achsenhaltern, Schienenstühlen, Wagenrädern, Drehscheiben, Wagenbüchsen in Verhandlung. Schienen konnte die Hütte in den 30er Jahren noch nicht walzen. Nachdem sich aber der Ausbau des Eisenbahnnetzes voraussehen ließ, errichteten Jacobi,

Haniel & Huysen nach dem Vorbild der Anlage von Gebr. Hoesch in Düren ein Schienenwalzwerk und nahmen es Ende 1842 in Betrieb.

An eine Schienenlieferung wagte sich die Hütte zum erstenmal gemeinsam mit Gebr. Hoesch in Düren heran, mit denen Jacobi, Haniel & Huysen ein freundschaftliches Verhältnis verband. Es handelte sich um 40 000 Ztr. Schienen, die zu 8 Gulden 22 Kreuzer für 50 kg frei Knielingen bei Karlsruhe zu liefern waren. Die Hütte hatte 20 000 Ztr. übernommen, konnte aber infolge der beschränkten Leistungsfähigkeit ihres Walzwerks der Verpflichtung nicht nachkommen. Mit Zustimmung der badischen Oberdirektion lieferte sie daher schließlich nur 4000 Ztr. und übergab die übrigen 16 000 Ztr. einer Frankfurter Firma, die mit englischen Schienen handelte. Daraufhin ging man an einen Umbau und Vergrößerung des Schienenwalzwerks. Es wurde eine Antriebsmaschine von 85 PS aufgestellt. Auf dem neuen Walzwerk vollzog sich die Herstellung der Schienen folgendermaßen:

„Die Schienen werden aus gutem gepuddelten Eisen in der Art angefertigt, daß die Puddelluppen erst gehämmert, dann in Stäben ausgewalzt und zerschnitten werden. Die zerschnittenen Stücke werden nun zu Paketen von erforderlicher Schwere zerlegt und aus dem Schweißofen zu Schienen ausgewalzt. Ein Teil der die Pakete bildenden Stücke wird vorab besonders abgeschweißt.“

Nun wurde die Hütte in kurzer Folge von der Düsseldorf—Elberfelder, der Köln—Mindener, der Bergisch—Märkischen und von der pfälzischen Ludwigsbahn beschäftigt. Bei letzterer Bahn waren außer der Hütte mit $\frac{3}{5}$ Los die Gebr. Hoesch mit 1 Los, Gebr. Kraemer mit 1 Los, Gebr. Stumm mit $\frac{2}{5}$ Los und Michels & Co. mit 1 Los beteiligt. Seitdem nahm die Hütte unter den Schienenwalzwerken eine angesehene Stellung ein.

Ohne Erfolg blieben dagegen die Bemühungen in der Sterkrader Maschinenfabrik, den Bau von Lokomotiven einzuführen. Man beschränkte sich dann darauf, an Lokomotiv- und Waggonfabriken Bleche, Radsätze und sonstige Eisenteile zu liefern.

4. Die Zollpolitischen Kämpfe in den 40er Jahren. Anfänge der wirtschaftlichen Vereinigungen.

Gestützt auf die vervollkommnete Technik, entwickelte sich die englische Eisenindustrie im Laufe der ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts zu einer bedeutenden Ausfuhrindustrie. Als 1839/40 die Ausfuhr nach Nordamerika stockte, suchte die englische Industrie ihre Erzeugnisse anderswo unterzubringen und warf sie größtenteils auf den deutschen Markt, wo mit dem beginnenden Eisenbahnbau der Eisenbedarf größer geworden war. Die Eisenausfuhr nach Deutschland erschien um so vorteilhafter, als Roheisen zollfrei einging und auf Stabeisen nur ein geringer Zoll lastete. Dem so begünstigten Ansturm der englischen Eisenindustrie war die deutsche nicht gewachsen. Die Preise fielen ganz erheblich und die deutsche Eisenindustrie geriet in eine Notlage. Eine Besserung versprach man sich nur von der Einführung eines Schutzzolls. Als bald erhoben die Hochofenwerke diese Forderung, stießen aber bei den Puddel- und Walzwerken auf lebhaften Widerspruch. Die weiterverarbeitenden Betriebe verbrauchten nämlich ausländisches Roheisen in großen Mengen und wollten daher, um wettbewerbsfähig zu bleiben, sich ihren Rohstoff nicht verteuern lassen, „zumal doch keine Aussicht bestehe, daß Deutschland jemals in der Lage sei, genügend Roheisen selbst zu erzeugen.“ Dagegen suchten sich die Puddel- und Walzwerke den bestehenden Stabeisenzoll von 1 Taler für den

Zentner natürlich zu erhalten, eine Forderung, gegen welche sich die „Eisenwarenfabrikanten“, die ihrerseits Stabeisen und Bleche möglichst billig kaufen wollten, aussprachen. So uneinig die Eisenindustriellen waren, so einträchtig strebten die Verbraucher, Eisenbahnunternehmungen, Kaufleute und Freihändler von Grundsatz nach dem einen Ziel, wenigstens eine Erhöhung der Zölle zu verhindern.

Der damalige Direktor der Gutehoffnungshütte Lueg erkannte die Schwäche der Stellung der Eisenindustrie und suchte einen Interessenausgleich. Allein die Uneinigkeit war nicht zu überwinden. So fand auf der Generalkonferenz der Zollvereinsstaaten im Jahre 1842 ein Antrag auf Einführung eines Roheisenzolls und Erhöhung des Stabeisenzolls seine Ablehnung. Im folgenden Jahre hatten jedoch die Puddel- und Walzwerke, zu denen sich die Gutehoffnungshütte rechnete, die Genugtuung, daß der Zoll auf Stabeisen erhöht wurde. Nachdem aber Belgien im Handelsvertrag vom Jahre 1844 eine 50 prozentige Ermäßigung zugestanden erhielt, wurde die vorgenommene Erhöhung in ihrer Wirkung wesentlich beeinträchtigt.

Über die Lage der Gutehoffnungshütte gegenüber dem englischen und belgischen Wettbewerb zur damaligen Zeit enthält der Briefwechsel der Hütte bemerkenswerte Einzelheiten. Für den Hochofen-, den Gießerei- und Hammerbetrieb waren vom Mittelrhein, von der Mosel und aus dem Siegerland gute deutsche Arbeiter zu erhalten. Für die Puddel- und Walzwerke, für den Schiffbau mußte man englische und belgische Meister gewinnen. Auch die Arbeitsmittel: Werkzeuge und Maschinen, Drehbänke und Walzen, Stahl- und Maschinenteile lieferte größtenteils England. Dazu kam, daß die belgischen und englischen Werke durch den Zufluß billigeren Kapitals gegenüber den deutschen großen Vorteil hatten. Auf Kapital, Technik und Erfahrung gestützt, konnte England trotz der Transportkosten und der Zölle so billig nach Deutschland liefern, daß es hier die Preise bestimmte.

Unter diesen Umständen hoffte man, daß auf die Einführung der Zölle bald ihre Erhöhung folgen werde. Die Forderung, den Roheisenzoll zu erhöhen, erhoben denn auch die Hochofenwerke, sobald sich in den Jahren 1848/50 die Lage wieder verschlechterte. Die weiterverarbeitende Industrie beabsichtigte, dagegen vorzugehen. Die Gutehoffnungshütte lehnte es ab, sich an dem Vorgehen zu beteiligen, und zwar — nach einem Brief an Ed. Schmidt-Nachrod — aus folgendem Grunde:

„Erstens ist nicht zu befürchten, daß ein höherer Zoll auf Roheisen eingeführt wird.

Zweitens halten wir es für nachteilig, eine feindliche Stellung zu den Roh-eisenproduzenten zu nehmen, wodurch diese zu neuen Angriffen gereizt und den Freihändlern Waffen in die Hände geliefert werden. Unser Bemühen war darauf gerichtet, das Prinzip des Schutzes der nationalen Arbeit aufrecht zu erhalten, und wenn es auf das Spezielle ankam, die bestehenden Sätze in betreff des Eisens vorläufig unverändert zu lassen. Wir fürchten, daß Anträge auf geringeren Eisen-zoll oder die Beweisführung, daß dieser Zoll selbst in unnatürlicher Zeit genügend schütze, leicht die Ansicht beim Staatsministerium hervorrufen können, alle Eisen-zölle dürften ermäßigt werden. Wir glauben, daß unsere Sache durch Zwiespalt unter uns selbst, d. h. unter Roheisen- und Stabeisenfabrikanten, nur gefährdet werden kann; nur in den vereinbarten Bestrebungen können wir stark sein. Trachten wir nach dieser Vereinigung.“

So zeitigte der Kampf um die Eisenzölle auch die Erkenntnis, daß eine Verständigung der Eisenindustriellen not tue. Einen starken Feind erblickte man

insbesondere im Freihandel. Als daher Oberbergrat Böcking 1846 der Hütte Papiere zugehen ließ, welche die Förderung und Wahrung der Industrieinteressen betrafen, ging man auf seine Vorschläge ein und schrieb an Hoesch in Düren folgenden Brief:

„Wir sind ganz der Ansicht, daß wir vereint nach Kräften dahin wirken müssen, daß die Freihandelsideen bekämpft werden. Die jetzige und vorjährige Teuerung, die in allen Zeitungen so weitläufig besprochen wird, sollte freilich den Leuten die Augen darüber öffnen, daß nur die Fabrikindustrie in allen Zeiten eine Ressource der arbeitenden Klasse ist. Was kann jetzt der Grundbesitzer und Kaufmann tun und was tun sie? Der Neid und die Unkunde lassen verschweigen, was namentlich in solchen Zeiten die Industrie leistet und zu leisten vermag. Es liegt also an uns, unsern eigenen Interessen das Wort zu reden und reden zu lassen, und namentlich ist jetzt der rechte Zeitpunkt dafür da. Wir müssen die kleinen Geldopfer durchaus nicht scheuen und legen eine Subskriptionsliste für drei Jahre bindend bei und zeichneten darauf 60 Reichstaler. Wir bitten Sie, ebenfalls zu zeichnen, und dann die Liste mit Anlagen Herren Michels & Co. und allen anderen Eisenwerksbesitzern Ihrer Gegend zur Teilnahme an der dreijährigen Subskription einzusenden. Wir erklären uns bereit, die einzelnen Beträge zu empfangen und dann das Ganze Herrn Oberbergrat Böcking einzusenden. Wir halten dafür, daß die erste Zahlung für 1847 gleich pränumerando bezahlt werden müßte, um zu zeigen, daß es ernstlich gemeint sei.“

Man brachte 500 Taler zusammen und hat damit wohl einen Journalisten unterstützt, der aufklärende Artikel an weitverbreitete Zeitungen lieferte. Zum gleichen Zweck beteiligte sich die Gutehoffnungshütte an der Gründung der konstitutionellen Zeitung in Berlin mit 125 Talern, wurde Mitglied des Rheinisch-Westfälischen Gewerbevereins in Elberfeld und arbeitete mit dem Ausschuß des Allgemeinen deutschen Vereins in Frankfurt „zum Schutze der nationalen Arbeit“ zusammen. Als 1852 neue Angriffe auf die Eisenzölle erfolgten, berieten Piepenstock & Co., Michels & Co., Hoesch, Gutehoffnungshütte und Dr. Hammacher über die Gründung eines Vereines. Bald darauf wurde in Düsseldorf ein Eisen- und Bergwerksverein gegründet, der im gleichen Jahr in Halle zum „Zollvereinsländischen Eisenhütten- und Bergwerksvereine“ erweitert wurde. In dem Aufruf zur Gründungsversammlung hieß es: „Nie war es nötiger, sich um die Erhaltung der normalen Eisenschutzzölle zu bemühen, als heute, wo der bisherige Zollverein in Frage steht, und wo Hannoversche Anträge auf Ermäßigung der bestehenden Zölle vorliegen, wo von gewichtiger Seite schon Anträge befürwortet werden, den Roheisenzoll auf 5 oder 7 $\frac{1}{2}$ Sgr., Stabeisen auf 1 Reichstaler und Blech auf 2 Reichstaler herabzusetzen.“ Die Bestrebungen zielten also auf die Erhaltung der bestehenden Eisenzölle.

Die Krisis der 40er Jahre beruhte sowohl auf der starken Einfuhr ausländischen Eisens als auch auf dem Wettbewerb der deutschen Werke. Infolgedessen wurde bereits damals der Plan einer allumfassenden Produktionseinschränkung¹⁾ erörtert

1) Der Gutehoffnungshütte wurde im Dezember 1841 von Remy & Co. zur Bekämpfung der Krisis folgender Vorschlag gemacht:

Es möchte eine Konferenz unter den Eisenfabrikanten gehalten und bestimmt werden, daß wir sämtlich die Produktion des Stabeisens vermindern nach dem Beispiel der englischen Fabrikanten, damit durch zu große Produktion die Preise nicht zu sehr gedrückt werden.

Dazu bemerkt die Gutehoffnungshütte:

„Das wäre sehr gut, wenn es nur ausführbar wäre. Wir betreiben von 10 Puddelöfen nur

und bald darnach Preisvereinbarungen getroffen. Dies wurde um so nötiger, als durch den Zollverein innerhalb Deutschlands die Zollschranken fielen, Eisenbahnen und Schifffahrt den Absatz auf größere Entfernungen ermöglichten und damit auch entlegenere Produktionsgebiete in gegenseitigen Wettbewerb traten. Die Preisvereinbarungen führte man auf schriftlichem Wege oder in mündlicher Verhandlung herbei. Solche Vereinbarungen bestanden 1845 für Gußwaren mit der Friedrich-Wilhelmshütte in Mühlheim, mit Wehrenbold & Co. in Lünen und der Isselburger Hütte, für Stabeisen und Bleche mit Ed. Schmidt - Nachrodt, Kamp in Wetter und Piepenstock in Hörde, für sonstiges Walzeisen gleichfalls mit Piepenstock und mit Hoesch in Düren. Diese Vereinigungen standen auch mit Werken an der Mosel und an der Saar in Beziehung. Festere Vereinigungen bildeten sich vornehmlich für die Lieferung von Schienen an die Eisenbahngesellschaften, weil hier die Aufträge so groß waren, daß sich mehrere Werke darein teilen mußten. So kam es in den 50er Jahren zu einer Schienengemeinschaft mit dem Sitz in Düsseldorf.

III. Von 1855 bis 1910.

1. Roheisenerzeugung.

Seit der Mitte der 50er Jahre wurde darauf Bedacht genommen, die Roheisenerzeugung auf einer solchen Höhe zu halten, daß die Verarbeitungsbetriebe ihren ganzen Bedarf in selbsterzeugtem Roheisen decken konnten. Das war erst möglich, seitdem Ruhrkoks bei der Hochofenbeschickung Verwendung fand. Hierin waren in der niederrheinischen Eisenindustrie die Friedrich-Wilhelmshütte in Mühlheim 1849 und Détilieux & Co. in Berge-Borbeck 1850 vorangegangen. Als es den beiden Werken gelang, brauchbares Koksroheisen zu gewinnen, übernahmen bis 1854 auch andere niederrheinische Hüttenwerke die Betriebsweise. Die Gutehoffnungshütte blies 1855 den ersten Kokshochofen an. Vorher hatte sie sich durch Verarbeitung von Koksroheisenproben der Borbecker Hochöfen und der Friedrich-Wilhelmshütte von seiner Brauchbarkeit überzeugt. Bis 1863 baute die Gutehoffnungshütte sechs Kokshochöfen. Dazu kamen in den Jahren 1868 bis 1872 vier weitere Öfen, und seit 1907 die Eisenhütte Oberhausen II, die bis heute zwei Hochöfen zählt.

Die Höhe der Roheisengewinnung schwankte; sie betrug

1860	25 222 t	1890/91	233 263 t
1870	90 377 t	1900/01	370 548 t
1880/81.	123 501 t	1908/09	509 690 t

Die Erzeugung war bis 1872 auf Puddel- und Gießereiseisen beschränkt. 1872 kam Bessemer-, 1873 Spiegeleisen, 1879 Ferromangan-, 1882 Thomaseisen, 1886

4 und wurden uns selbst auf 3 beschränken, wenn andere Fabrikanten es im nämlichen Verhältnis taten. Es käme darauf an, was unser Nachbar Piepenstock dazu sagte.“

Einige Wochen später fugte die Gutehoffnungshütte hinzu

„Eine Vereinigung unter den großen Walzwerken wegen Beschränkung der Produktion wird schwerlich zustande zu bringen sein und schwerlich wird Wort gehalten werden. Wir könnten eine Ausnahme in Anspruch nehmen, da wir reichlich das Produkt von 2 Puddelöfen selbst verbrauchen, indessen würden wir doch beitreten. Die neuen Werke wurden ein Hindernis sein. Vielleicht wäre es besser, die Preise zu fixieren. Aber alles ist palliativ. Unser Wohl und Bestreben hängt an der Erhöhung des Zolls.“

Der Vorschlag von Remy & Co. auf Einschränkung der deutschen Stabeisenproduktion war unbrauchbar, denn die Ursache der Krisis lag nicht in einer deutschen, sondern in einer englischen Überproduktion.

Hämatite- und 1904 Stahleisen dazu. Die Herstellung von Bessemereisen wurde 1891, von Puddeleisen 1898 aufgegeben.

Die Roheisenerzeugung ging über den Eigenbedarf der damaligen Verarbeitungsbetriebe, des Puddelwerks und der Gießerei so weit hinaus, daß

1863 von 42 000 t selbsterzeugtem Roheisen 14 000 t,

1870 von 90 000 t selbsterzeugtem Roheisen 39 000 t

verkauft wurden. Der Verkauf an Roheisen sank in den 70er Jahren nach Inbetriebsetzung des Walzwerks Neu-Oberhausen wieder. Damals wurde Puddel- und Gießereiroheisen abgegeben. Seitdem findet ein erheblicher Verkauf von Roheisen nur

in Zeiten schleppenden Wirtschaftsganges statt, so in den Jahren 1878/79, 1885/86, 1892/93 und 1902.

In der jüngsten Tiefkonjunktur seit 1907 ist der Roheisenverkauf von keiner Bedeutung gewesen, da die Gewinnung hinter dem Eigenbedarf zurückblieb.

Der Ausbau der Eisenhütte Oberhausen II läßt wieder eine Zunahme des Roheisenverkaufs erwarten.

Neben dem Roheisenverkauf wurde nach 1855 ein Roheisenzukauf zur Verbesserung und als Beimischung zu dem selbsterblasenen Roheisen beim Puddel- und Gießereibetrieb erforderlich. Zukauf kommt heute, nach Stilllegung der Gießerei auf der Antony-Hütte, nach Einführung des Thomasverfahrens, nach Aufgabe des Puddelbetriebs und nach der Ausdehnung der Roheisengewinnung auf Spiegel-, Ferromangan-, Hämatit- und Stahleisen nur dann in beträchtlichem Maße vor, wenn in Zeiten gesteigerter wirtschaftlicher Tätigkeit die Leistungsfähigkeit der Anlagen nicht genügt, um den Bedarf der Verarbeitungsbetriebe zu decken. So war der Zukauf in den Jahren 1896 bis 1900 und 1905 bis 1908 besonders groß. Er betrug 1899/1900 rund

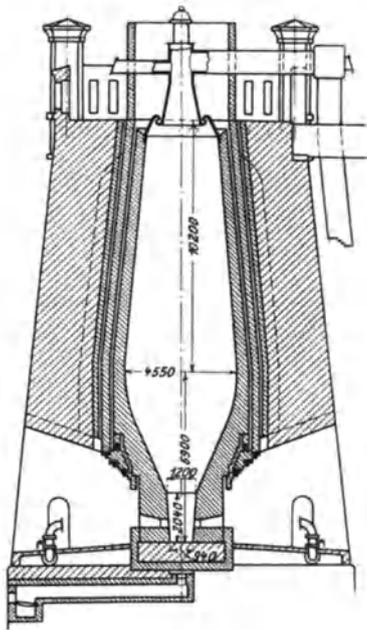


Fig. 4. Hochofen im Jahre 1855.

38000 und 1906/07 rund 80600 t. Heute wird im allgemeinen die Eigenherzeugung selbst verbraucht. Ankauf und Verkauf gleichen lediglich wirtschaftliche Schwankungen aus.

2. Roheisenverarbeitung.

Bis zum Jahre 1872 beruhte die Verarbeitung auf dem Puddelwerk. Der Steigerung der Roheisengewinnung entsprechend wurde daher die Zahl der Puddelöfen im Jahre 1863 um 24 auf 60 vermehrt. Mit der Inbetriebnahme des Walzwerkes Neu-Oberhausen wurde das Puddelwerk neuerdings um 34 Öfen vergrößert. Daraus geht hervor, wie sehr man den Wettbewerb der Stahlwerke unterschätzte. Bereits in den 70er Jahren wurde Puddeleisen durch Bessemerstahl verdrängt, 1876 wurden die letzten eisernen Schienen hergestellt. Seitdem verlor der Puddelbetrieb an Bedeutung, obwohl es gelang, die Selbstkosten bis zur Mitte der 80er Jahre ganz bedeutend herabzusetzen. Im Jahre 1902/03 wurden die letzten Rohluppen hergestellt. Die Erzeugung an Rohluppen betrug

1872/73 rund 60 900 t,	1888/89 rund 49 900 t,
1875/76 „ 27 200 t,	1893/94 „ 18 100 t,
1879/80 „ 44 300 t,	1899/00 „ 12 400 t,
1885/86 „ 28 400 t,	1902/03 „ 2 900 t.

Auf Walzwerk Neu-Oberhausen wurde 1872 ein Bessemerstahlwerk in Betrieb genommen und anfänglich mit 2, später mit 4 Konvertern geblasen. Bis Ende der 70er Jahre war die Entwicklung der Rohstahlherstellung durch das Darniederliegen der Eisenindustrie hintangehalten. Im Jahre 1881/82 erreichte die Bessemerstahlerzeugung, die auf die Verhüttung der teuren, phosphorarmen Erze angewiesen war, mit 83 200 t ihren Höhepunkt. Die Selbstkosten waren viel höher als bei Thomasroheisen, das gerade aus den billigeren phosphorreichen Erzen gewonnen wird. Die Selbstkosten berechneten sich nämlich bei

	Bessemerroheisen	Thomasroheisen
1882/83 auf	64,73 M.	44,58 M.
1890/91 auf	58,51 M.	47,80 M.

Das Bessemerverfahren wurde daher 1892 vollständig aufgegeben, nachdem es bereits seit 1887 ohne Bedeutung war. An seine Stelle rückte das Thomasverfahren, das 1882 eingeführt worden war. Die Thomasstahlerzeugung stieg von 1882 an bis 1900 ohne Unterbrechung von 18 200 t auf 276 700 t, seitdem unter Schwankungen bis zum Jahre 1906 auf 342 800 t und ist neuerdings auf 316 700 t zurückgegangen.

Zugleich ist die Herstellung von Siemens-Martinstahl von Wichtigkeit geworden. Der erste Ofen ist 1878/79 in Betrieb genommen worden. Die Erzeugung blieb bis in die 90er Jahre in engen Grenzen, wurde aber seitdem beträchtlich gesteigert. Sie betrug

1889/90	20 100 t,	1906/07	162 600 t,
1899/00	64 600 t,	1908/09	155 100 t.

Demnach wurde in den letzten Jahren etwa halb so viel Martinstahl wie Thomasstahl erzeugt.

Der Eigenbedarf an Rohstahl war nach dem Wirtschaftsgang Schwankungen unterworfen. Ein Verkauf von Rohluppen läßt sich bereits in den 60er Jahren feststellen. In den 70er Jahren konnte die gesamte Erzeugung von den Walzwerken verarbeitet werden. Von 1880 an bis 1896 wird Halbzeug in steigenden Mengen verkauft, nämlich 109 300 t gegenüber 11 000 t im Jahre 1880. Neuerdings wird das Bestreben erkennbar, die Stahlerzeugung in den Grenzen des Eigenbedarfs zu halten. So ging die Verkaufsmenge unter Schwanken bis 33 400 t im Jahre 1908/09 zurück.

Die Erzeugung des Walzwerks Oberhausen bezifferte sich

1855 auf 15 200 t,	1894/95 auf 190 000 t,
1874/75 „ 48 000 t,	1904/05 „ 341 000 t,
1884/85 „ 92 000 t,	1908/09 „ 394 000 t,

davon entfielen auf Eisenbahnmaterialien 131 200 t.

Die Herstellung von Gußwaren wurde nach 1855 an zwei Stellen betrieben, auf der alten Gutehoffnungshütte und auf der Anthonyhütte. Letztere stellte hauptsächlich Munitions- und Röhrenguß her, und zwar 1855 21 746 Ztr. und 1860 19 213 Ztr., die Gießerei der Gutehoffnungshütte dagegen mehr, nämlich 1855 37 700 Ztr., vornehmlich Maschinenguß.

Die Anthonyhütte wurde 1876 stillgelegt, weil sie mangels eines Bahnanschlusses während der Krisenzeit zu teuer arbeitete.

Die Gießerei der Gutehoffnungshütte erzeugte

1877/78	4 800 t,	1897/98	21 400 t,
1887/88	10 300 t,	1907/08	40 000 t.

3. Der wirtschaftliche Niedergang der 70er Jahre.

Unter dem Schutz des im Jahre 1844 eingeführten Zolls auf Roheisen und Eisenerzeugnisse entwickelte sich die deutsche Eisenindustrie erfreulich. Der Zoll begünstigte den Übergang vom Holzkohlenhochofen zum Kokshochofen, Puddel- und Walzwerk, stärkte die deutsche Eisenindustrie im Kampf mit dem englischen und belgischen Wettbewerb und ermöglichte es ihr in den 60er Jahren sogar wachsende Mengen auszuführen. Diese Entwicklung blieb zwar von Rückschlägen nicht verschont, aber die Lage besserte sich zusehends bis in die 70er Jahre hinein. Die Gutehoffnungshütte hatte von 1867 bis 1872/73 ihre Roheisenerzeugung von 54 768 t auf 99 996 t gesteigert und in dieser Zeit das Walzwerk Neu-Oberhausen angelegt.

Diese Blütezeit der deutschen Eisenindustrie versank unter der Herrschaft der freihändlerischen Anschauungen. Nachdem bereits 1865, 1868 und 1870 die Eisenzölle ermäßigt waren, wurde der Zoll für Roheisen im Jahre 1873 aufgehoben, für Eisen-, Stahlwaren, Maschinen usw. weiter herabgesetzt, mit der Bestimmung, daß auch dieser Zoll am 1. Januar 1877 wegfallen sollte. Ein Zoll blieb lediglich für hochwertige Kleineisenwaren bestehen.

Gegen diese Maßnahmen sprachen sich wohl einzelne Eisenindustrielle, darunter auch die Gutehoffnungshütte aus, aber zu einer einmütigen Stellungnahme kam es auch diesmal nicht. Dies wurde erst anders, als der Blütezeit zugleich mit der Aufhebung der Eisenzölle ein lang andauernder Niedergang folgte. Die Preise der Eisenerzeugnisse fielen so gewaltig, daß die Tonne

	1873/74	1877/78
Stahlschienen	303,30 M.	147,45 M.
Stab- und Formeisen	279,76 „	142,84 „
Eisenblech	325,89 „	202,51 „

kostete.

Wie stark dieser Preissturz auf die wichtigsten Betriebe der Gutehoffnungshütte, auf den Kohlenbergbau, die Roheisenerzeugung und Verarbeitung, auf die Maschinenfabrik, sowie auf die Zahl und das Einkommen der Arbeiterschaft einwirkte, geht aus nebenstehender Zusammenstellung hervor.

War auch dieser Rückgang nicht durch die Aufhebung des Roheisenzolls verursacht, so hatte er doch nicht nur die bei industriellen Krisen wiederkehrenden Erscheinungen, Verminderung der Erzeugung und des Gewinns, im Gefolge, sondern er beraubte die Unternehmer nach der Aufhebung des Zolles auch des Vertrauens auf die Zukunft und ließ befürchten, daß die ausländische Eisenindustrie, die nach allgemeiner Anschauung sich niedrigerer Gestehungskosten erfreute, der deutschen Eisenindustrie im Inland neuerdings scharfen Wettbewerb bereiten werde. Die drohende Gefahr konnte nur durch Wiedereinführung der Eisenzölle beseitigt werden. Diese Ansicht hat namens der Hütte 1878 Hugo Haniel, der damalige Vorsitzende des Aufsichtsrats, in der Reichsenquete für die Eisenindustrie vertreten. Er erwartete davon nicht nur eine Besserung der Lage der Eisenindustrie, sondern auch der in enger Beziehung zu ihr stehenden Gewerbezweige, insbesondere einen vorteilhaften Einfluß auf den Bergbau und die Lage der Arbeiter.

	1872/73	1873/74	1874/75	1875/76	1876/77	1877/78
1. Die Zahl der Beamten und Arbeiter	8 455	7 651	6 498	6 287	5 775	5 750
2. Der Versand fertiger Waren in Mark	20 952 066	20 604 504	15 927 702	12 930 174	10 921 483	11 815 019
3. Die Kohlenförderung ¹⁾ in Tonnen	241 119	281 747	325 802	340 269	358 053	358 946
4. Die Erzförderung in Tonnen	201 713	136 150	89 464	91 383	90 570	60 366
5. Die Roheisenerzeugung in Tonnen	99 996	94 458	92 842	74 422	77 082	90 865
6. Die Ausgabe an Gehältern und Löhnen in Mark	8 744 168	8 225 866	7 280 637	5 851 759	5 200 615	4 645 592
7. Der Reingewinn in Mark	1 787 178	450 000	—	—	—	—
Der Verlust „ „	—	—	1 488 654	1 146 521	1 130 488	886 624

Die Umkehr der deutschen Handelspolitik mit der Wiedereinführung von Eisenzöllen hat segensreich gewirkt. Der Schutzzoll ist für die spätere Entwicklung die Grundlage geworden, auf der sich die Organisation der Erzeugung und des Absatzes, aber auch die Arbeiterversicherung aufbaute.

4. Die Eisenerzversorgung.

Die Errichtung der neuen Hochöfen in den Jahren 1853 bis 1863 forderte von neuem eine Lösung der Frage der Eisenerzversorgung. So beschritt man denselben Weg, der bereits in den 40er Jahren zur Erwerbung von mitteldeutschen Grubenfeldern geführt hatte, kaufte Gruben an der Lahn, im Siegerland und am Mittelrhein hinzu und begann auf den Distriktsfeldern „Verbrüderung“ an der Lippe und „Gottesgnaden“ (östlich der Antonyhütte) Rasenerz zu graben. Im Jahre 1856 erwarb man Erzfelder bei Anrath (in der Nähe von Krefeld) und 1858 im Holländischen Rasenerz-Berechtsame in Limburg, Gelderland und Over-Yssel.

Inzwischen richtete man das Augenmerk auch auf die Förderung von Kohleneisenstein, der gegen Ende der 40er Jahre beim Abteufen von Kohlenschächten als Ablagerung zwischen den Kohlenflözen entdeckt wurde. Vom Oberbergamt bekam die Hütte 1854 einen Fahrschein für die im Distriktsfeld der Hütte Neu-Essen belegenen Kohlenzechen, der die Befugnis zur Untersuchung der von diesen Zechen erschlossenen Eisensteinlager erteilte. Das Recht, das sich auf eine Genehmigungsurkunde der Gesellschaft Werner & Co., der Rechtsvorgängerin von Jacobi, Haniel & Huysen, vom Jahre 1791 gründete und auf das im Hochstift Essen vorhandene Eisenerzvorkommen erstreckte, wurde zwar von den Gewerken der Kohlengruben bestritten, aber vom Oberbergamt anerkannt. Kohleneisenstein wurde in den Jahren 1856 und 1857 gefunden in dem Felde der Zechen Gottvertraut (später Neu-Essen VI), Himmelfürster Erbstollen (Neu-Essen I), Ludwig (Neu-Essen II), Lehmkuhl (Neu-Essen III), Kapellenbank (Neu-Essen IV) und Heimannsfeld (Neu-Essen V).

¹⁾ Wenn der Kohlenbergbau im Gegensatz zu den übrigen Betrieben steigende Förderziffern zeigt, so ist dabei zu berücksichtigen, daß selbst durch die steigende Förderung der Bedarf der Hütte noch nicht gedeckt wurde. In der Tat war die Zukunft des eigenen Kohlenbergbaus in dieser Zeit besonders bedroht.

An das Kohleneisensteinvorkommen knüpfte man große Erwartungen. Als bald begann man auf Neu-Essen I, II, IV und VI mit der Förderung. Sobald sich Neu-Essen II und IV als die ergiebigsten Gruben zeigten, wurden dieselben mit Tiefbauanlagen ausgestattet.

Die eigenen Felder machten die Hütte bis in die 70er Jahre hinein in ihrer Versorgung vom Erzmarkte fast unabhängig. Im Jahre 1872, als die Roheisenerzeugung auf 99 996 t gestiegen war (19 134 t im Jahre 1859), wurden 214 064 t Erz verbraucht, von denen 201 713 t die eigenen Gruben geliefert hatten.

Das Kohleneisensteinvorkommen war von Sachverständigen auf 10 487 670 t ungerösteten und 7 018 000 t gerösteten Eisenstein geschätzt worden. Daher wurde auf eine lange und steigende Ergiebigkeit gerechnet. Allein schon 1869 ging die Fördermenge zurück. Mitte der 80er Jahre wurde der Abbau eingestellt und 1903 wurde der ganze Betrieb aufgegeben.

Die gleiche Entwicklung nahm der Abbau auf andern Gruben. Die Förderstellen von Rasenerz in Deutschland wurden von 1864 bis 1878 aufgegeben. Den Ausfall suchte man durch Vergrößerung der Förderung in Holland und durch Neuerwerb von Rasenerzfeldern in Hannover und Mitteldeutschland auszugleichen. Auch der mitteldeutsche Erzbergbau hatte in seiner Ergiebigkeit bald nachgelassen. So war die Hütte immer weniger imstande, ihren Eisenerzbedarf aus eigenen Gruben zu decken. Im Jahre 1872/73 betrug die Förderung 93 vH des Verbrauchs, 1890/91 aber nur 25 vH. Daher mußten in zunehmendem Maße Erze zugekauft werden. Für den Erzbezug kam vor allem Spanien in Frage. 1872 langten die ersten Sendungen an, 1884/85 erreichten sie bereits die Größe der Eigenförderung. Der geringe Phosphorgehalt der spanischen Erze machte sie für den Bessemerprozeß geeignet. Als aber 1882 das Thomasverfahren eingeführt wurde, war man im Bezug nicht mehr auf phosphorarme Erze angewiesen. Man konnte nunmehr auch Minette aus Lothringen und Luxemburg verhütten. Damit beginnt in der Erzversorgung der Hütte der dritte Abschnitt, wo mitteldeutsche Erze und Kohleneisenstein verschwinden, Rasenerz stark zurücktritt, ausländische Erze in steigenden Mengen herangezogen werden, die Eigenförderung nach dem Südwesten Deutschlands verlegt wird und eine wichtige Stellung einnimmt.

Nach dem Frankfurter Frieden ließ die Hütte gemeinsam mit der A.-G. Phoenix in Ruhrort in Deutsch-Lothringen sowie in Luxemburg schürfen und erwarb einen gemeinsamen Besitz von rund 3500 ha. Weiterhin kaufte die Hütte eine selbständige Gerechtsame, die den Namen „Sterkrade - Anschluß“ erhielt.

Beim Bezug der Minette, die gegenüber den ausländischen Erzen einen geringen Eisengehalt (30 bis 34 vH) hat, spielte die Frage der Beförderung eine große Rolle. Die damaligen Eisenbahnfrachtsätze hätten den Bezug unwirtschaftlich gemacht. Daher konnte nur die Ermäßigung der Eisenbahnfracht oder die Herstellung eines Wasserweges durch Kanalisierung der Mosel den Bezug verbilligen. Der Wasserweg, für dessen Bau die Hütte eifrig eingetreten ist, ist nicht zustande gekommen. Dagegen wurden die Eisenbahntarife herabgesetzt, so daß die Gruben in Förderung genommen wurden und ein dauernder Bezug einsetzen konnte. Als 1893 die Eisenbahnfrachtsätze durch einen Ausnahmetarif eine weitere Ermäßigung erfuhren, wurde gemeinsam mit der A.-G. Phoenix der Abbau auf der Grube Steinberg bei Rümelingen und Karl Lueg bei Fentsch in Lothringen sowie selbständig auf Sterkrade-Anschluß aufgenommen. Da die zweite Tarifiermäßigung zur Folge hatte, daß es bei der Tariflage der eigenen Gruben vorteilhafter war, die eigene

Förderung zu verkaufen und fremde Minette dafür zu kaufen, forderte man eine weitere Ermäßigung, die im Jahre 1899 gewährt wurde.

Von diesen Tarifmaßnahmen begünstigt, nahm der Erzbergbau eine günstige Entwicklung. Dennoch übertrifft der Zukauf fremder Erze bei weitem die Eigenförderung. Von dem Gesamtverbrauch der Hütte in Höhe von 932 000 t im Jahre 1908/09 entfielen auf die Eigenförderung 425 000 t, und zwar auf Minette 408 400 t und auf Rasenerz 16 300 t. In Wirklichkeit ist das Übergewicht fremder Erze bedeutend höher, weil der Eisengehalt dieser Erze bis über 60 vH den der Minette mit 30 bis 34 vH weit hinter sich läßt.

Die gekauften Erze kommen vor allem aus dem Ausland, und zwar aus Spanien, Schweden, Griechenland, Rußland, Italien, der Türkei und Nordafrika. Die Einfuhr betrug 1908/09 aus Schweden 231 438 t, Spanien 131 836 t und aus den anderen fremden Ländern 97 568 t.

Berücksichtigt man, daß der Eisengehalt der ausländischen Erze durchweg höher als bei den inländischen ist, so läßt sich sagen, daß zwei Fünftel des erblasenen Roheisens aus inländischen und drei Fünftel aus ausländischen Erzen stammen.

5. Kalkstein- und Dolomitversorgung.

Bis in die 50er Jahre hinein wurde der für den Holzkohlenhochofenbetrieb erforderliche Kalkstein gekauft. Im Jahre 1857, als mit der Neuanlage der Kokshochöfen eine wesentliche Zunahme des Verbrauchs zu erwarten war, suchte man sich in der Versorgung mit Kalkstein unabhängig zu machen und kaufte Kalksteinbrüche bei Dornap unter dem Namen Hanielsfeld. Wenige Jahre später erwarb man gemeinsam mit der Firma Friedr. Krupp den Kalksteinbruch Wiel in den Gemeinden Meyersberg und Hasselbeck sowie 1887 den Kalksteinbruch Linderhausen in der gleichnamigen Gemeinde. Die der Hütte gehörigen Brüche umfassen über 48 ha.

Zur Deckung des beim Stahlwerkbetrieb notwendigen Dolomits kaufte die Hütte in den 90er Jahren den Dolomitbruch Lüntenbeck bei Elberfeld in Größe von über 9 ha.

6. Steinkohlenversorgung und -bergbau.

Während man bei der Versorgung mit Eisenerz auf eigenen Grubenbesitz von vornherein großen Wert legte, wurde trotz beträchtlichen und steigenden Verbrauchs bis in die 50er Jahre alle Kohle gekauft. Koks wurde bei Verhüttungsversuchen auf dem Hammer Neu-Essen und auf der Gießerei gebraucht. Im Jahre 1844 standen auf der Anthonyütte zwei Koksöfen, die den täglichen Bedarf von 11 t Kokskohle nach belgischer Art in Koks verwandelten. Vordem betrieb man längere Zeit auf der Zeche Sälzer & Neuack, heute im Besitz der Firma Krupp, zwei Koksöfen. Im zweiten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts findet in den Geschäftsbüchern häufig „Brennerlohn für Coax“ Erwähnung. Daher wird angenommen, daß damals der „Coax“ in derselben Weise wie Holzkohle in Meilern hergestellt wurde.

Bereits vor den 50er Jahren stieß man beim Bezug von Kohlen auf Unannehmlichkeiten. Die Sendungen trafen nicht mit der erforderlichen Regelmäßigkeit ein und der Bezug von den östlicher liegenden Zechen verteuerte sich sehr. So kam man auf den Gedanken, Kohlenfelder zu erwerben. Man legte auf in der Nähe der Hütte gelegene Felder Mutung ein und begann 1854 mit dem Abteufen des

Schachtes I, 1855 mit dem Abteufen des Schachtes II der Zeche Oberhausen. Zwei Jahre später wurden die ersten Kohlen gefördert.

Aus Rücksicht auf die verbrauchenden Betriebe wurden die Kohlenfelder vornehmlich in der Umgebung von Oberhausen und Sterkrade ausgebaut. Im Jahre 1873 wurde der Schacht Osterfeld angelegt, dessen Ausbau es ermöglichte, daß die Hütte in ihrem Kohlenverbrauch vom Bezug fremder Kohle immer unabhängiger wurde. Die Erreichung dieses Ziels schien nicht zu allen Zeiten, besonders nicht in den siebziger Jahren, vorteilhaft. Damals verkauften die Zechen bei dem bestehenden freien Wettbewerb ihre Kohlen unter dem Selbstkostenpreis, so daß die reinen Hütten sich niedrigerer Gesteungskosten erfreuten und ihre Erzeugnisse billiger an den Markt bringen konnten als die gemischten Werke. Bei dem langen Anhalten der Krisis entstand daher bei den gemischten Werken das Bestreben, die Kohlenförderung einzuschränken oder gar aufzugeben. Diese Absicht wurde auch von der Gutehoffnungshütte verfolgt, als der Schacht Osterfeld große Aufwendungen erforderte. Wie man aber 1876 einen Teil des Bergwerkbesitzes verkaufen wollte, stand man doch davon ab, da der gesunkene Verkaufswert der Zechen bei der Veräußerung einen Verlust nach sich gezogen hätte. So blieb die Hütte auch nach der Krise der 70er Jahre ein gemischtes Werk, aber die Erfahrungen rieten von einem weiteren Ausbau der Bergwerksanlagen ab. Erst als mit der Gründung des Rheinisch - Westfälischen Kohlensyndikats im Jahre 1893 die Wiederkehr wirtschaftlicher Ergebnisse erwartet werden konnten, ging die Hütte in den Jahren 1895, 1897 und 1898 dazu über, die drei Zechen Hugo, Sterkrade und Vondern aufzuschließen.

Die bei Oberhausen und Sterkrade verliehenen Felder, 83,8 qkm umfassend, sind 1898 im konsolidierten Steinkohlenbergwerk Oberhausen vereinigt worden, das 1904 in zwei selbständige Felder, Oberhausen mit 38,3 qkm und Neu-Oberhausen mit 45,5 qkm geteilt wurden.

Kohlenbergbau betrieb die Hütte außerdem im Zusammenhang mit der Kohleneisensteinförderung, der in Wechsellagerung mit den Kohlenflözen vorkam, so daß Kohle und Eisenstein gemeinsam gefördert werden mußten. Da die Benutzung der Förderanlagen zwischen den Kohlengewerkschaften und den Erzbauberechtigten auf Schwierigkeiten stieß, wurde Neu-Essen II durch Aufkauf der Kuxe der Gewerkschaft Ludwig bei Rellinghausen 1864 von der Hütte erworben und 1874 das Flöz Kappellenbänkchen von der Erzzeche Neu-Essen IV gepachtet. Bereits im folgenden Jahr wurde hier der Abbau eingestellt, da die Selbstkosten der Förderung die Verkaufspreise der Kohlen überstiegen. Die auf Neu-Essen IV geförderten Kohlen waren Anthrazitkohlen und wurden deswegen sowie wegen ihrer Entfernung von der Hütte nicht verbraucht.

Beim Vergleich der Kohlenförderung der Hütte mit dem Kohlenverbrauch lassen sich drei Abschnitte unterscheiden. 1. In der Zeit bis 1872 ist die Hütte vornehmlich auf den Kauf von Kohlen angewiesen. Die Fördermenge aus eigenen Zechen steigt seit 1858 jährlich, so daß diese 1872 die Hälfte des Bedarfs deckt. Verkauft werden nur Kohlen, die sich zum Verbrauch auf den Werken nicht eignen. 2. Von 1872 bis 1904 steigt die Eigenförderung derart, daß überwiegend eigene Kohlen (1904: 1 233 634 t) verbraucht, fremde aber in abnehmendem Maße (37 912 t) zugekauft werden. Außerdem werden wachsende Mengen für den Verkauf frei. 3. Von 1905 an ist der Zukauf an Kohlen bedeutungslos. Die Förderung aus eigenen Zechen übertrifft den Eigenbedarf derart, daß die Menge der verkauften Kohlen der Menge

des Selbstverbrauchs beinahe gleichkommt. Im Jahre 1908/09 betrug die Eigenförderung 3 011 000 t. Davon entfielen auf den Verbrauch der eigenen Werke 1 538 000 t und 1 466 000 t wurden an Fremde abgesetzt.

So hat sich der Kohlenbergbau über das ursprüngliche Ziel, der Selbstversorgung des Brennstoffbedarfs, hinaus entwickelt und wird infolge des steigenden Absatzes für die wirtschaftlichen Gesamtergebnisse der Hütte immer wichtiger.

Die Koksgewinnung wurde dem wachsenden Bedarf folgend gesteigert. In dessen ist zur Deckung des Bedarfs häufig Zukauf, der im Jahre 1881/82 einmal 46 000 t erreichte, notwendig geworden. Seit Ende der 80er Jahre wird so viel Koks erzeugt, daß kleinere Mengen für den Absatz an Fremde frei werden. Im Jahre 1908/09 belief sich die Koksgewinnung auf 703 000 t. Davon wurden 686 000 t in eigenen Werken verbraucht. Ein Zukauf kam im genannten Geschäftsjahr nicht vor.

Zur Brikettherstellung ist die Gutehoffnungshütte im Jahre 1907/08 übergegangen. Die Erzeugung betrug 1908/09 83 000 t.

Zur Gewinnung von Nebenprodukten, Ammoniak und Teer, sind auf dem Schacht Osterfeld 1896/97 und auf den Schächten Vondern und Sterkrade 1906/07 Anlagen getroffen worden. Die Gewinnung von Ammoniaksalz betrug 1908/09 3638 t, von Teer 9576 t.

Außerdem werden auf den Zechen Oberhausen, Osterfeld und Hugo sowie auf dem Gelände des Hafens Walsum Ziegelsteine gebrannt. Im Jahre 1907/08 wurden über 26 000 000 Stück hergestellt.

7. Die Maschinen- und Brückenbauanstalt in Sterkrade.

Mit dem Maschinenbau kam die Gutehoffnungshütte durch Franz Dinnendahl¹⁾ zur Zeit der Einführung der Dampfmaschinen im Ruhrkohlenbergbau in Berührung. Als Dinnendahl 1806 für die Zeche Sälzer & Neuack die Herstellung einer 15 zölligen Fördermaschine übernahm, gab er die dafür notwendigen größeren Gußstücke der Gutehoffnungshütte zur Ausführung. Ihre Herstellung bereitete manche Schwierigkeiten. So mußte der Zylinder fünfmal gegossen und aus drei Teilen zusammengesetzt werden, da der Schmelzofen das zu einem solch großen Stück erforderliche Eisen auf einmal nicht liefern konnte. Dinnendahl blieb mit der Hütte auch nach ihrem Übergang an Jacobi, Haniel & Huyssen in Geschäftsverbindung. Die Anfertigung von Maschinenteilen (Zylindern, Kolben, Röhren, Maschinenrädern, Pumpen) wurde beibehalten. Im Jahre 1819 wurde die erste Dampfmaschine selbst gebaut. Es war eine doppelt wirkende Gebläsemaschine für den eigenen Gebrauch. Im Jahre 1820 machte man „den Bergwerks-, Hütten-, Hammer- und Fabrikenbesitzern“ öffentlich bekannt, daß man Dampf- und Gebläsemaschinen jeder Dimension, nicht allein für Berg- und Hütten- und Hammerwerke, sondern auch für Spinnereien, Woll-, Öl- und Mahlmühlen, sowie für andere Gewerbe verfertige. Die Leitung der Maschinenfabrik wurde in die Hände des Königlichen Maschineninspektors Merker gelegt, der nach englischem Vorbild und unter Anleitung englischer Konstrukteure arbeiten ließ. Über 43 in den Jahren 1826/36 hergestellte Maschinen ist noch ein Verzeichnis vorhanden, welches den Besteller, den Zweck der Maschine, Pferdestärke, Hübe pro Minute, Bauart, Gewicht und Preis enthält.

¹⁾ Zeitschr. d. V. d. Ing. 1903, S. 585.

So wurde z. B. 1835 eine Dampfmaschine für das Dampfschiff „Kronprinz von Preußen“, das den Oberrhein befuhr, geliefert. Es war eine schrägliegende Verbundmaschine von 80 PS, die erste in Deutschland gebaute Verbundmaschine, deren Konstruktion auf Roentgen zurückzuführen ist¹⁾. Die Maschine wog 83 247 Pfd. Schiff und Maschine kosteten zusammen 60 000 Taler. Aufträge von Schiffsmaschinen wurden seit 1828 von der Schiffswerft in Ruhrort zugeführt.

In der Hauptsache verlegte sich der Maschinenbau jedoch auf die Herstellung von Wasserhaltungs- und Fördermaschinen für Steinkohlenbergwerke. In diesem Zweig errang sich die Hütte weithin einen guten Ruf, so daß sie selbst für Schlesien noch vor dem Ausbau des Eisenbahnnetzes Bestellungen ausführte. Dazu kam der Bau von Gebläsemaschinen, Walzenzug- und Walzenwerkmaschinen sowie der Bau von Betriebsdampfmaschinen für Maschinenfabriken, Spinnereien und Webereien. Darüber hinaus bemühte man sich auch um die Herstellung von Mahlmühlen, Ölmühlen, Holzschneidemühlen usw. Zeitweise befaßte man sich, wie bereits erwähnt, mit dem Bau von Lokomotiven und Eisenbahnwagen.

Sei 1838 gliederte man eine Kesselschmiede an, um die zugehörigen Kessel selbst mitliefern zu können. Im Jahre 1852 übernahm man, gleichfalls von England, die Einrichtung einer Hammerschmiede mit Dampfhammer. Später stellte man selbst solche Hämmer sowie Schmiedestücke aller Art und als Besonderheiten Schiffswellen, Steven und Anker her.

Zum Bau von Wasserwerken, der anfänglich von englischen Firmen übernommen worden war, ging die Gutehoffnungshütte in den 70er Jahren über und stellte seitdem zahlreiche Anlagen her. Ihren Arbeitskreis hat die Maschinenbauanstalt in neuester Zeit weiter ausgedehnt durch die Herstellung von Großgasmaschinen, Dampfturbinen, Turbokompressoren und Turbogebläsen. Bei aller Vergrößerung des Arbeitsgebiets ist die Anstalt jedoch dem Bau von Hütten- und Bergwerksmaschinen treu geblieben und hat ihn infolge eigener Erfahrung zu großer Blüte gebracht.

Im Jahre 1864 wurde die Maschinenbauanstalt durch eine Brückenbauanstalt erweitert. Bereits 1842 war man, allerdings vergebens, um die Vergebung der Kettenbrücke in Mülheim an der Ruhr eingekommen. Später baute man erst kleinere Brücken über die Lippe bei Wesel und über den alten Rhein bei Griethausen. Aus der neuen Werkstätte ging als die erste die Brücke über die Weser in einer Länge von 237 m und 831 t Gewicht hervor. Es folgten eine große Anzahl von Brücken sowohl für das Inland wie für den Rhein, die Weser, die Elbe und die Weichsel als auch für das Ausland. Dazu kamen Schwimmdocks, Mastenkrane, Riesendrehkrane, Schleusentore, Hellinge, Ladebühnen, Bahnhofshallen, Markthallen, Lagerhäuser und vollständige Schachtanlagen.

8. Die Schiffbauwerft in Ruhrort.

Im Jahre 1825 wurde die Preußisch-Rheinische Dampfschiffahrtsgesellschaft in Köln gegründet. Die mit dieser Gesellschaft angeknüpften Geschäftsbeziehungen führten Jacobi, Haniel & Huyssen zur Errichtung einer Schiffbau- und Reparaturwerft auf der „Insel“ im Ruhrorter Hafen.

Mit der Unternehmung gedachte man der Sterkrader Maschinenfabrik einen be-

¹⁾ Zeichnungen und Beschreibung dieser sowie einer oszillierenden Verbundmaschine aus dem Jahre 1845 siehe Matschoß, Die Entwicklung der Dampfmaschine, Bd. I, S. 693. Berlin 1908.

deutenden Abnehmer in Maschinen und Maschinenteilen zuzuführen. Die Werft kam 1829 in Betrieb. Sie war nach englischen Plänen angelegt und Engländer waren die ersten Konstrukteure und Schiffszimmerleute. Im Jahre 1831 kam das erste selbstgebaute Dampfschiff, die „Stadt Koblenz“ zur Ablieferung. Das Schiff diente sowohl dem Personen- als auch dem Güterverkehr und kostete 60 000 Taler. Die Maschine hatte 90 PS.

Bis in die 40er Jahre hinein wurden die Schiffskörper aus Holz gebaut. Seitdem wurde zum Schiffsbau in wachsendem Maße Eisen verwendet. An dieser bedeutungsvollen Neuerung nahmen Jacobi, Haniel & Huyssen naturgemäß großes Interesse.

Die 40er Jahre sind für den Schiffbau weiterhin dadurch wichtig geworden, daß man begann, Spezialschiffe für die besonderen Schifffahrtzwecke zu bauen, als Personendampfer, Schleppdampfer und Schleppkähne.

Aus den hierüber gepflogenen Verhandlungen bieten zwei Briefe Interesse:

Jacobi, Haniel & Huyssen am 8. April 1840 an Kamphausen in Köln:

„Anliegend übersenden wir Ihnen Zeichnung von einem eisernen, mit Tannenbrettern bedeckten Fahrzeuge von 115' Decklänge, 22' breit und 5³/₄' mittlerer Tiefe oder Höhe Rh. Maß.

Dieses Schiff wird leer zirka 10'' hinabgehen und mit 71 Lastgut beladen 3' tief gehen. Bei 80 Last Ladung wird dasselbe 3¹/₄' tief gehen. Die Eisenplatten an dem Schiffe werden 1/8'' dick werden, und wird dasselbe mit den Kappen von Eckeisen und sonstigen eisernen und hölzernen Verstrebungen stabil genug. Vorne und hinten haben wir einen festverdeckten Raum für den Steuermann usw. projiziert.

Auf der übrigen Länge denken wir alle 15' eine hölzerne Kreuzverstrebung anzubringen, die das bewegliche Verdeck trägt. Dem Be- und Entladen werden diese Strebeposten nicht hinderlich sein. Das fertige Fahrzeug berechnet sich auf 8000 Taler, ohne alle Utensilien darauf, selbst ohne Anker, und bei dem Preise werden wir nichts verdienen; dennoch wünschen wir, daß Sie uns ein Fahrzeug bestellen, weil diese Fahrzeuge unsern Eisenabsatz im allgemeinen fördern werden. Sie werden finden, daß die Form des Schiffes viel besser zum Fortgang ist als bei den gewöhnlichen Lastschiffen, die zum Schleppen sehr ungeeignet sind. Wir würden die Form noch etwas schärfer machen, wenn der vorgeschriebene geringe Tiefgang es nicht verböte.“

Jacobi, Haniel & Huyssen am 2. Dezember 1840 an Oppenheim in Köln:

„... es würde praktischer sein, zwei Schiffe, jedes mit 150—160 Pferde Maschinenkraft, zu bauen, als eins von 300 Pferdekräften, weil ein so großes Schiff in Bemannung, Brennmaterial und Anlage die doppelten Kosten erfordert und vielleicht nicht immer so viel Schiffe als nötig zum Schleppen da sind. Ein Schiff mit 150—160 Pferdekräften ist besser zu behandeln, und doch wird man damit 250—300 Last in geeigneten Schiffen schleppen können. Genau können wir das nicht bestimmen. Das Schiff selbst würde am besten aus Eisen gebaut und 20—21' breit und 180' lang. Die Maschine würden wir in einer sehr vorteilhaften Konstruktion bauen. Dieselben werden teurer als die in den Passagierbooten; dann würden zwei Dampfkessel statt einem angewendet und so eingerichtet, daß sie Ruhrfettgries statt Stückkohlen brauchen könnten, was etwa einhalb soviel kostet. In jeder Stunde Fahrzeit wurde man etwa 18 Zentner brauchen. Das Schiff erhielt Raum für die Matrosen, Steuermann und Kapitän, sonst keine Kajüte und Möblierung. Es blieb also noch Raum für Güter zu laden übrig. Die Kosten eines solchen Schiffes kommen mit Ausrüstung zum Dienst und den üblichen Reservestücken auf 80 000 Taler. In neun Monaten könnten wir eins, in zwölf Monaten zwei solcher Schiffe liefern.“

Die ersten eisernen Rheinschleppkähne in der Größe von 3000 Ztr. Tragfähigkeit wurden 1843, der erste „Remorqueur“ (Schleppdampfer) 1844 fertig. Letzterer

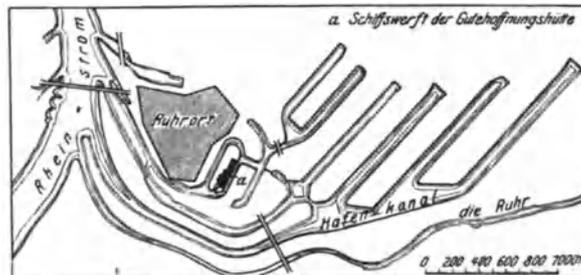


Fig. 5. Lage der Schiffbauwerft im Ruhrorter Hafen.

besaß auch Raum für Güter und Passagiere. Er maß 170 Fuß in der Länge, 20 in der Breite und tauchte mit Wasser im Kessel und Kohlen an Bord $3\frac{1}{4}$ Fuß tief ein. „An Schnelligkeit wird er“, so heißt es in einem Schreiben aus dem Oktober 1844, „keinem Boot auf dem Rhein nachstehen, und eine Kraft von 200—240 Pferden ausüben, bei einem Kohlenverbrauch von zirka acht Pfund pro Stunde und Pferdekraft. Die Dicke des Eisens am Rumpfe ist $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{8}$ — $\frac{1}{2}$ Zoll, der Dampfdruck 12 bis 15 Pfd. pro Quadratzoll über der Atmosphäre. Der Diameter des Zylinders ist 48 Zoll, der von den Rädern 16 Fuß, 6 Zoll. Die Schaufeln sind 11 Fuß lang und 20 Zoll breit. 28—30 Kolbenschläge werden die Maschinen pro Minute machen. Der Preis beträgt 70 000 Taler.“

Die Werft gewann großes Ansehen weit über das Rheinstromgebiet hinaus und stand bereits in den 50er Jahren mit Donau-, Elbe- und Weserschiffahrtsunternehmungen in Geschäftsverbindung. Die Beziehungen wurden zu manchen Unternehmungen infolge von Beteiligungen enger und reger. Wohl die bedeutendsten Abnehmer waren aber die Reederfirmen Gerhard und Franz Haniel in Ruhrort.

In den 50er Jahren versuchte man auch mit der preußischen Marineverwaltung ins Geschäft zu kommen und erbot sich zum Bau eiserner Kanonenboote. Die Bemühungen blieben jedoch, gleichwie auch später, ergebnislos.

Bis zum Jahre 1899, der Stilllegung der Werft, wurden gebaut:

32 Personengüter- und Personendampfschiffe	2 Tauerdampfschiffe,
24 Radschlepper	1 Trajekt-dampfschiff,
5 Schraubendampfer,	32 kleinere Schiffe,
92 eiserne Schleppkähne,	1 Taucherschacht,
5 Güterdampfschiffe,	1 Schwimmkrahnen,
4 Rhein-Seeschiffe,	1 Elevatorschiff,
	2 Eisschuten.

Die Außerbetriebsetzung der Werft war eine Folge des scharfen holländischen Wettbewerbs.

Fast seit ihrem Bestehen wurde die Ruhrorter Schiffbauwerft dadurch benachteiligt, daß beinahe alle zum Schiffbau verwendeten Eisenartikel bei ihrer Einfuhr vom Ausland Zölle zu tragen hatten, während das fertige Schiff oder in alte Schiffe neu eingebaute Maschinen zollfrei über die Grenze kamen, und zwar unabhängig davon, ob der Schiffseigner In- oder Ausländer war. Diesen Vorteil bei der Einfuhr wußte besonders der englische und belgische Wettbewerb auszunutzen. Daher erhob man deutscherseits die Forderung auf einen Schutzzoll und bereits 1841 wurden Jacobi, Haniel & Huysen gemeinsam mit mehreren Blech- und Maschinenfabrikanten dahin vorstellig, „das im Ausland aus Eisenblech gefertigte Schiff oder Dampfschiff mit all seinen Maschinen und Ausrüstungsteilen nach seinem Totalgewicht, welches nach der Einsenkung leicht ermittelt werden kann, beim Eingang mit 6 Reichstalern per Zentner zu besteuern.“ Der Antrag blieb ohne Erfolg, wohl aus dem Grunde, weil dem Zollverein ein freier Verkehr auf dem Rhein bei solcher Ausdehnung der Schutzzollpolitik nicht mehr möglich erschien und ihm ein möglichst freier Verkehr auf dem Rhein wichtiger als alle anderen Interessen erschien. Einen starken Stoß erlitt die Unternehmung durch das Aufblühen der holländischen Werften und durch den Übergang Deutschlands zum Schutzzoll. Da die Einfuhr fertiger Schiffe frei blieb, bot sich auch für Holland die Möglichkeit des Absatzes im Rheingebiet. Der Wettbewerb mit den Deutschen wurde

ihm um so leichter, als es über billige Arbeitskräfte verfügte und infolge der gegenseitigen Konkurrenz deutschen, englischen und belgischen Eisens bei der Einfuhr nach Holland das wichtigste Baumaterial billig erstehen konnte. Die deutsche Eisenindustrie vermochte in Holland daher nur bei der Annahme der niedrigen Auslandspreise Absatz zu finden. So kam es, daß eine große Anzahl der in Holland gebauten Schiffe aus deutschem Eisen bestand, daß die holländischen Werften aber wegen ihrer Billigkeit auch von deutscher Seite große Aufträge erhielten. Der wachsende Wettbewerb zwang, die Schiffbauwerft nach 70jährigem Bestehen außer Betrieb zu setzen.

9. Der Hafen in Walsum.

Der Rheinstrom ist für die gesamte niederrheinisch-westfälische Eisenindustrie von großer Wichtigkeit, da der Bezug der Rohstoffe und der Versand der Erzeugnisse über die Wasserstraße sich erheblich billiger als auf der Eisenbahn gestaltet. Diesen Vorteil konnten die unmittelbar am Rheinufer gelegenen Werke, wie die A.-G. Phönix in Laar, die Rheinischen Stahlwerke in Meiderich, die Gewerkschaft Deutscher Kaiser in Bruckhausen und die am Duisburger Rheinufer gelegenen Hochofenwerke, welche über eigene Umschlagsvorrichtungen verfügten und auf den Weitertransport durch die Eisenbahn nicht angewiesen waren, besser ausnutzen als die Gutehoffnungshütte, die Friedrich-Wilhelmhütte in Mülheim an der Ruhr, die A.-G. Friedr. Krupp, der Bochumer Verein, das Eisen- und Stahlwerk Hoesch in Dortmund, der Hörder Verein, die Dortmunder Union usw., welche abseits von der Wasserstraße gelegen, die Rheinhäfen Duisburg, Ruhrort und Hochfeld nur durch Vermittlung der Eisenbahnen erreichen. Denn die unmittelbar an der Wasserstraße gelegenen Werke sparen die Eisenbahnfracht vom Wasser zur Hütte, verfügen selbständig über die eigenen Verladeeinrichtungen und eigenen Anschlußbahnen, können für den Umschlag besonders geeignete Spezialeisenbahnwagen verwenden usw. Das waren die Gründe, welche 1896 die Firma Friedr. Krupp veranlaßten, auf dem linken Rheinufer bei Rheinhausen ein Hochofen-, Stahl- und Walzwerk mit eigenem Hafen zu erbauen.

Die Gutehoffnungshütte glaubte diese Vorteile entbehren zu können, solange der Eigenbesitz großer Kohlenzechen den Besitz eines eigenen Hafens aufwog. Als jedoch am Rheinufer gelegene Werke Kohlenfelder erwarben, bestand für die Gutehoffnungshütte die Gefahr, an Konkurrenzfähigkeit den anderen Hüttenwerken gegenüber zu verlieren. So wurde die Anlage eines eigenen Hafens notwendig.

Für den Hafenbau erwog man drei verschiedene Pläne: 1. den Anschluß der Werke an den Rhein-Dortmundkanal in Oberhausen, 2. die Anlage eines Stichkanals vom Rhein bei Ruhrort nach Oberhausen, 3. die Anlage eines eigenen Hafens am Rhein und die Verbindung dieses Hafens mit den Betrieben in Oberhausen und Sterkrade durch eine eigene Bahn.

Der erste Plan zerschlug sich durch Ablehnung der Mittellandkanalvorlage im Jahre 1899. Das zweite Projekt, das sehr kostspielig geworden wäre, wurde aufgegeben, als die Regierung seine Annahme von dem Schicksal der Vorlage über den Dortmund-Rheinkanal abhängig machte. Daraufhin betrieb man die Anlage eines eigenen Hafens und einer Verbindungsbahn. Die Genehmigung hierzu wurde erst Ende 1902 erteilt. Die Bauarbeiten beanspruchten die Zeit vom Sommer 1903 bis Frühjahr 1905.

Der Hafen liegt am Rhein, oberhalb des Dorfes Walsum, etwa 9 Stromkilometer unterhalb Duisburg-Ruhrort. Er ist hochwasserfrei, besteht aus einem Stromkai und einem Hafenbecken und umfaßt einen Erz- und einen Kohlenlagerplatz. Hafen und Verbindungsbahn kosteten zusammen etwa 4 300 000 Mark, von denen 1 300 000 Mark auf die Verbindungsbahn entfallen. Der Hafenverkehr betrug im vierten Betriebsjahr 1908/09 rund 1 557 000 t. Am Umschlag sind vor allem Steinkohle und -koks, Eisenerz, Eisen und Schrot, beteiligt.

10. Finanzen und Beteiligung.

Die Hüttengewerkschaft Jacobi, Haniel & Huysen verfügte anfänglich über ein Kapital von 93 800 Taler clevisch = 78 167 Taler preußisch, eine Summe, die sich im Jahre 1818, nachdem der von der Witwe Krupp gestundete Kaufschilling auch für die Gutehoffnungshütte abbezahlt war, als schuldenfreies Gesellschaftsvermögen darstellte. Daran waren die vier Gesellschafter Jacobi, Gerhard Haniel, Franz Haniel und Huysen gleichmäßig beteiligt. Jeder hatte an die Gesellschaftskasse einen Anspruch auf 1000 Taler jährliche Zinsen und, „insofern es dem Geschäfte nicht nachteilig sein würde“, auch Anspruch auf erhöhten Gewinn.

Die erste Dividende kam 1818 mit 13 790 Taler oder 17,7 vH zur Ausschüttung. In den 20er Jahren wurden Gewinne von 8 bis 20 vH verteilt. Dies ließ sich ermöglichen, solange die Gesellschaft den Kreis ihrer Unternehmungen nicht erweiterte. Als aber 1829 das Blechwalzwerk und die Ruhrorter Schiffswerft gebaut, die Maschinenfabrik in Sterkrade vergrößert und 1835 der Puddelbetrieb eingerichtet wurde, ergab sich die Notwendigkeit, die Dividenden zu verringern, von den Beteiligten Zubeußen zu fordern und sogar Dahrlehen aufzunehmen. Die Banken Gebr. Kersten, Elberfeld (später von der Heydt, Kersten & Söhne) und Abraham Schaaffhausen (später: A. Schaaffhausenscher Bankverein) leisteten in laufender Rechnung Vorschüsse, die bis 1839 auf 93 000 Taler anwuchsen. Daneben wurden gerne von Privaten ansehnliche Darlehen aufgenommen, da sie weniger Zinsen erforderten. Eine bedeutende Erleichterung der Schuldenlast brachten die 40er Jahre, obwohl auch diese Zeit große neue Mittel zur Einrichtung der Betriebe für die Herstellung von Eisenbahnbedarfsartikeln brauchten und die Krisis der deutschen Eisenindustrie zu überwinden hatten. Bis 1846 wurde die Dividende auf 16 000 Taler für das Jahr gehalten, 1847 und 1848, nach der wieder eingetretenen Besserung, konnten je 38 000 Taler verteilt werden. Zugleich wurden bis zu diesem Jahre die Bankvorschüsse vollständig getilgt. Diese günstige Entwicklung wurde durch die Revolution unterbrochen, setzte sich aber dann längere Zeit fort.

Als 1855 die wichtigen Fragen der Versorgung der Hütte mit eigenem Roh-eisen, Eisenerz und Kohlen sowie des Ausbaus der Verarbeitungsbetriebe ihre Lösung fanden, ordnete man die Finanzen neu. Man erhöhte das „Hüttenkapital“ auf 1 000 000 Taler und beschloß, das Kapital mit 4 vH zu verzinsen, eine Dividende aber nicht mehr auszuschütten. Die Geschäftszinsen ließ man größtenteils bei der Firma stehen und zusammen mit den wachsenden Zubeußen mit 5 vH verzinsen. Auf diese Weise sind die Kapitaleinlagen bedeutend angewachsen und man gab 1872, bei Umwandlung der offenen Handelsgesellschaft in eine Aktiengesellschaft, für den Besitz der Hütte 30 Millionen Mark Aktien aus. Daneben blieben 1 700 000 Mark als Kapitalschulden stehen. Diese Bewertung war viel zu günstig und schätzte besonders die noch nicht verritzten Kohlen- und Erzfelder zu hoch ein. Bald sah man ein, daß das hohe Aktienkapital angemessene Gewinne nur dann abwerfen

konnte, wenn es möglich war, den Betrieb auszudehnen und zugleich die Selbstkosten zu ermäßigen. Überdem trat 1873 die mit der Aufhebung des Roheisenzolls verknüpfte Krise ein. Darunter hatte die Gutehoffnungshütte besonders zu leiden, einmal, da das gerade fertig gestellte, kostspielige Stahl- und Walzwerk Neu-Oberhausen nicht ausgenutzt werden konnte, dann, weil eine in den Jahren 1873/75 in Höhe von 12 Millionen Mark aufgenommene Anleihe das Unternehmen belastete, ohne daß die aus diesen Mitteln geschaffenen Anlagen Erträge brachten, weiter deshalb, weil die Hütte als gemischtes Werk mit höheren Selbstkosten zu rechnen hatte als die reinen Werke, und schließlich aus dem Grunde, weil durch die Verdrängung des Eisens durch Stahl die Puddelbetriebsanlagen stark entwertet wurden. In den Jahren 1872/73 und 1873/74 wurde zwar eine Dividende von 5 bzw. 1 vH verteilt, aber von 1874/75 bis 1877/78 ergab sich ein buchmäßiger Verlust von 4 652 288 Mark. Daneben standen 3 Millionen Mark Bankschulden. Dies gab zur Neuordnung der Finanzen Anlaß. Das Aktienkapital wurde von 30 auf 6 Millionen Mark und die Buchwerte der Anlagen um 17 248 958 Mark herabgesetzt und der Rest zur Abschreibung des bisherigen Gesamtverlustes von 4 652 288 Mark verwendet. Eine weitere Erleichterung wurde dadurch geschaffen, daß die Obligationen in Aktien, und zwar in bevorrechtigte Aktien Litera B umgewandelt wurden. Dadurch verloren sie den unbedingten Anspruch auf Zinsgenuß, erhielten aber das Vorrecht auf 5 vH Dividende, während die anderen 6 Millionen Mark demnächst 4 vH und der etwa verbleibende Überschuß des Reingewinns zur Amortisation der Aktien B zum Kurse von 110 vH verwendet werden sollte. Die so erfolgte Neuordnung ist die Grundlage der jetzigen guten finanziellen Verhältnisse geworden.

In den 80er Jahren konnten die Aktien Litera B fast stets 5 vH erhalten, während die Litera A nur einmal 2 vH und zweimal 4 vH erhielten. Außerdem wurden die Bankvorschüsse abbezahlt. Die 90er Jahre waren derart günstig, daß man die Kapitalschulden, die 1890 noch 1 774 204 Mark betragen hatten, bis 1896 zurückbezahlte und 1897 wurden die ersten 1 500 000 Mark Aktien Litera B ausgelost. Vier Jahre später wären alle Aktien Litera B ausgelost gewesen und das Aktienkapital hätte nicht mehr 18, sondern 6 Millionen Mark betragen, wenn nicht für jeden zur Auslösung kommenden Betrag Aktien Litera B solche Litera A zum Kurse von 110 vH neu ausgegeben hätte. Mit anderen Worten, die Aktien Litera B wurden in solche Litera A umgewandelt, der für die Auslösung bestimmte Teil der Betriebsüberschüsse blieb dem Werk erhalten und wurde hier als Konto für außerordentliche Abschreibungen zur Schaffung einer Rücklage von 12 Millionen Mark verwendet. Auf diese Weise erreichte man, daß 1901 die gesetzlichen, satzungsgemäßen und besonderen Kapitalrücklagen die Summe von 23 500 000 Mark erreichten und somit das Aktienkapital weit übertrafen. Dies wurde nur dadurch ermöglicht, daß man bis 1898 4 oder 5 vH verteilte und erst 1899 dazu überging, 15 vH und von 1900 an 20 vH Dividende zu zahlen.

In neuerer Zeit wurden für die neuen Schachtanlagen in Vondern, Sterkrade und Hugo, für den Rheinhafen Walsum, für die Anschlußbahnen, für die Eisenhütten Oberhausen II und für Ausrüstung der Betriebsanlagen mehrmals neue Mittel notwendig. Das Aktienkapital wurde daher 1904 um 6 Millionen Mark erhöht und im gleichen Jahr eine Anleihe von 10 Millionen Mark bei den Aktionären aufgenommen, 1907 eine Anleihe von 16 Millionen Mark bewilligt und davon bis 1909 8 Millionen Mark ausgegeben. 1909 wurde das Aktienkapital auf 30 Millionen Mark erhöht.

Hinsichtlich des Verhältnisses der Gesellschafter zur Hüttengewerkschaft und Handlung waren von vornherein Bestimmungen über die Veräußerung von Anteilen getroffen, die dem Unternehmen bis zum heutigen Tag den Charakter einer Familienunternehmung erhielten. In der Beteiligung der einzelnen Gesellschafter trat durch den Tod Jacobis (im Jahre 1823) eine Änderung ein. Seine fünf Kinder teilten sich in seine Beteiligung von ein Viertel derart, daß jedes $\frac{1}{20}$ erhielt. Vier der Kinder verkauften ihre Anteile an die Gesellschaft. So waren 1849 nur noch 16 Anteile vorhanden, von denen

Gerhard Haniels Erben	$\frac{5}{16}$
Franz Haniel	$\frac{5}{16}$
Heinrich Huyssen	$\frac{5}{16}$
Friedrich Jacobi als letzter der Erben Gottlob Jacobis. . .	$\frac{1}{16}$

besaßen. Als Franz Haniel und Heinrich Huyssen 1868 bzw. 1870 starben, zersplitterten sich durch Erbgang und Heirat die Anteile derart, daß 47 Gesellschafter gezählt wurden, deren Anteile zwischen $\frac{5}{48}$ und $\frac{5}{1152}$ schwankten.

Es war vorauszusehen, daß auf gleiche Weise sich der Kreis der Gesellschafter erweitern und die Anteile sich noch weiter zersplittern würden, so daß schon die Berechnung der Anteile Schwierigkeiten bereiten mußte. Dazu kam, daß bei der Beteiligungsform die Anteile nicht so angemessen veräußert werden konnten, als dem tatsächlichen Werte entsprach. Außerdem verlangte die Verwaltung bei 47 Teilhabern andere Formen für die Vertretung der Besitzer und für die Befugnisse der Leiter, als sie durch eine offene Handelsgesellschaft (die seit 1862 an Stelle der Hüttengewerkschaft und Handlung getreten war), möglich waren. Dies gab mit den Anlaß zur Umwandlung der offenen Handelsgesellschaft Jacobi, Haniel & Huyssen in eine Aktiengesellschaft, die den Namen „Gutehoffnungshütte, Aktienverein für Bergbau und Hüttenbetrieb“ annahm. Die Aktien wurden nach dem Wunsche der Bezugsberechtigten entweder auf den Namen oder auf den Inhaber ausgestellt. Mehr konnte im Interesse der Teilbarkeit und Verwertbarkeit der Anteile nicht geschehen. Die Zulassung der Aktien zur Börse wurde nicht beantragt. So sind bis heute die Aktien mit geringen Ausnahmen im Besitz der Nachkommen der vier Gründer geblieben.

II. Die leitenden Männer.

Im Gesellschaftsvertrag vom 5. April 1810 wurde dem „Mitinteressenten“ Gottlob Jacobi die Direktion über die drei auf sein Betreiben verschmolzenen Hütten übertragen. Es wurde ihm verboten, aus der Gesellschaft auszutreten, sei es durch Veräußerung seines Anteils, sei es auf irgendeine andere Weise. Dies geschah, um den Mann, der nach 20jähriger Tätigkeit in der rheinisch-westfälischen Eisenindustrie allein von den Gesellschaftern die zum Hüttenbetrieb notwendigen Kenntnisse besaß, der Gesellschaft zu erhalten. Darüber hinaus band man noch sein Interesse an das Unternehmen dadurch, daß man ihm untersagte, sich persönlich heimlich oder öffentlich an einer anderen Hüttengewerkschaft zu beteiligen. Auf Zuwiderhandeln gegen diese Verbote stand der Verlust seines Anteils am Grundkapital der Gesellschaft.

Die anderen drei Gesellschafter hatten das Recht, bei Entscheidung wichtiger Angelegenheiten ihre Stimme abzugeben, zu beliebiger Zeit auf dem Handlungskontor zu erscheinen und die kaufmännischen Arbeiten zu überwachen. Zur Ver-

waltung der Hütten sollten stets nur vier „Hauptgewerke“ zugelassen werden, so daß im Todesfalle die Erben aus ihrer Mitte nur einen Vertreter, den sog. Repräsentanten, abordnen konnten. Wie Jacobi, so war es auch den Gebrüdern Haniel und Huyssen bei Verlust ihrer Anteile auf 10 Jahre untersagt, sich an einer anderen Hütte oder einem anderen Hammerwerk zu beteiligen.

Gottlob Jacobi, dessen Kräfte man für unersetzlich hielt, starb im Jahre 1823. An seine Stelle trat Wilhelm Lueg. Die hierfür notwendigen Kenntnisse hatte er, der ursprünglich als Hauslehrer in die Familie Jacobis gekommen war, dadurch gewonnen, daß er sich unter Jacobis Leitung lebhaft mit dem Eisenhüttenwesen beschäftigte und bereits zu dessen Lebzeiten auf der Hütte erst als Faktor, dann als Inspektor verwendet wurde. Da Lueg kein Teilhaber war, wurde er in seiner Geschäftsführung beschränkt. Das Mitaufsichtsrecht der Anteilseigner wurde in eine Mitdirektion umgewandelt, derart, daß die Beteiligten bzw. Repräsentanten abwechselnd je einen Monat in Sterkrade die Geschäfte führten. Dies währte bis zum Jahre 1873, als die Unternehmung in eine Aktiengesellschaft umgewandelt wurde. Bis dahin waren als Repräsentanten tätig außer den Gründern August Jacobi und Friedrich Jacobi, Hugo Haniel, Carl Haniel und Alfons Haniel sowie Friedrich Kesten (für den Stamm Huyssen). Nach Umwandlung der Gesellschaft gehörten dem Aufsichtsrat an: Hugo Haniel (1873/82), Alfons Haniel (1873/80), Friedrich Kesten (1873/83), Louis Haniel (1873/82), Hofrat Schultz (1873/74), Gustav Wiesner (1873/77), Franz Haniel (1873/82 und wiederum von 1888 an bis zum heutigen Tage), Heinrich Wiesner (1873/77), Max Berthold Haniel (1873/83), Paul Haniel (1874/75), Julius Liebrecht (1877/1895), E. J. Haniel (1878/88), Albert de Gruyter (1880/1900), Louis Liebrecht (1882/88 und wiederum 1895/1900), Theodor Böninger (1882/1908), August Haniel (seit 1883), Ewald Bongardt (1882/88), Philipp Mahler (1883/87 und wiederum 1888/1904), Theobald Haniel (1887/90), Hugo Haniel (1888/96), Eduard Carp (seit 1890), Richard Haniel (seit 1896), John von Haniel (seit 1900), Wilhelm Grevel (seit 1900), Carl Lueg (1904/05), Hugo Jacobi (seit 1905), Dr. Theodor Böninger (seit 1908) und Gottfried Ziegler (seit 1909).

Den ersten Vorstand der Aktiengesellschaft bildete Carl Lueg, ein Sohn des 1864 verstorbenen Wilhelm Lueg, Hugo Jacobi, ein Enkel Gottlob Jacobis, und Gottfried Ziegler. Diese Männer haben sich um die Entwicklung des Unternehmens hoch verdient gemacht. Carl Lueg trat 1904 aus und starb 1905. Sein Nachfolger war Regierungsrat a. D. Peter Scheidtweiler, der wegen Krankheit 1908 wieder ausschied. Hugo Jacobi und Gottfried Ziegler traten 1905 bzw. 1909 aus dem Vorstand aus und wurden in den Aufsichtsrat berufen.

Der gegenwärtige Vorstand setzt sich zusammen aus: Kommerzienrat Paul Reusch, Bergrat Heinrich Mehner, Wilhelm Häbich und Dr. Woltmann. Die Seele der Unternehmung ist Geheimer Kommerzienrat Franz Haniel, der bereits im Jahre 1873 dem Aufsichtsrat angehörte und seit langem den Vorsitz im Aufsichtsrat führt.

12. Arbeiterschaft.

Über die Zahl der Arbeiter reichen Angaben bis 1828 zurück. Damals wurden außer Kohlenbrennern und Holzhauern 279 Arbeiter gezählt, von denen etwa 200 auf dem Hochofenwerk, in der Gießerei und in der Maschinenfabrik der alten Gutehoffnungshütte beschäftigt waren.

Die Angliederung neuer Betriebe, wie der Schiffswerft in Ruhrort, der Ausbau der Maschinenfabrik, die Anlage des Puddel-, Stabeisen- und Schienenwalzwerks in Oberhausen, der Abbau eigener Erzfelder hatte eine solche Zunahme der Arbeiterschaft zur Folge, daß im Jahre 1843 ihre Zahl mit 2000 angegeben wird. Durch den Bau der Eisenhütte Oberhausen in den 50er Jahren, durch den Übergang zum Kohlenbergbau und Vergrößerung der eigenen Erzförderung erfuhr die Arbeiterzahl von neuem eine gewaltige Steigerung, so daß 1864 allein auf den Werken bei Oberhausen 2815 Beschäftigung fanden. Gleichzeitig sollen auf der alten Gutehoffnungshütte mit der Schiffswerft, auf der Antonyhütte, auf dem Hammer Neu-Essen, auf den Erzgruben und in den Kohleneisensteingruben mindestens 2000 Arbeiter beschäftigt gewesen sein. Im Jahre 1873, auf dem Höhepunkt der Konjunktur, wurden außer Beamten und Meistern 8305 Arbeiter gezählt.

Auch seitdem hat die Zahl der Arbeiter — mit Ausnahme weniger Jahre darniederliegender Konjunktur — weiterhin stark zugenommen. Am auffälligsten ist das Anwachsen der Arbeiterschaft seit 1901 mit 13 733 auf 22 274 im Jahre 1909, eine Erscheinung, die auf die Anlage der neuen Zechen zurückzuführen ist. Beträgt doch heute die Zahl der Arbeiter in den Kohlenzechen 12 003, in den Werken einschließlich der Hauptverwaltung 9878 und in den Erzgruben 393. An Arbeitslöhnen wurden gezahlt:

1873. . . . 8 744 000 Mk. 1909. . . . 33 156 000 Mk.

So entfallen im Durchschnitt aller Arbeiter auf den Mann an Jahreslohn

1873. 1 053 Mk. 1909. 1 507 Mk.

Wohnungen für ihre Beamten und Arbeiter mußte die Hütte bereits in den 40er Jahren beschaffen. Sie erwarb daher einzelne Häuser und baute 1844 die Kolonie „Eisenheim I“, 1859 „Herrenhäuser“ und 1897 „Eisenheim II“. Die neuen Zechen Hugo, Sterkrade und Vondern verlangten neuerdings die Errichtung von Beamten- und Arbeiterwohnhäusern. Daneben bestehen drei Kasernen, die Platz für 800 Arbeiter bieten.

Für die gesetzliche Arbeiterversicherung zahlte die Hütte im Jahre 1909 2 007 000 Mark und für die im Werk bestehenden Arbeiterpensions- und Unterstützungskassen freiwillig 380 000 Mark.

Aus Bessemers Selbstbiographie.¹⁾

Von

Otto Hönigsberg, Ingenieur der Südbahn, Wien.

(Nach einem am 18. März 1909 im Österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein gehaltenen Vortrag.)

An Bessemers Lebensgang ist die Tatsache überraschend, daß er — so wie später Thomas — bis zu seiner großen Erfindung der Eisenindustrie vollständig ferne gestanden hat. Auf die Frage, wie er trotzdem eine so mächtige Industrie von Grund auf zu ändern und eine ungeheure technische und wirtschaftliche Umwälzung fast ganz allein durchzuführen vermochte, gibt uns seine Selbstbiographie eine Antwort, die bisher nur wenig Beachtung gefunden hat.

Bessemers Name ist durch das Verfahren der Eisenerzeugung, das seinen Namen trägt, genügend bekannt. Bessemer der Mensch, der Ingenieur und der Erfinder ist aber dabei in Vergessenheit geraten. Und doch kann nicht leicht etwas interessanter und lehrreicher sein, als die fortschreitende Entwicklung dieses Mannes zu verfolgen: Wie er von kleinen Aufgaben ausgehend, seine Kräfte mit wachsendem Erfolg an immer schwierigeren Aufgaben versuchte, wie er durch die Erträge seiner Erfindungen in den Stand gesetzt wurde, in immer größerem Maßstabe zu arbeiten. Bis er endlich, mit allen Vorbedingungen für den Erfolg, als reifer Mann an die größte Aufgabe seines Lebens herantreten und eines Tages schlechtweg den Vorsatz fassen konnte, die Flußeisenerzeugung zu erfinden. Es war dies in seinem 41. Lebensjahre, bis dahin hatte er niemals mit der Erzeugung von Eisen und Stahl zu tun gehabt.

Viel verdankt Bessemer ohne Zweifel seinem Vater, einem Ingenieur von starker künstlerischer Veranlagung, der in Paris im Dienste des Münzamtens die Kopierdrehbank erfunden und für eine Verbesserung des Mikroskops im Alter von 26 Jahren zum Mitglied der französischen Akademie der Wissenschaften gewählt worden sein soll. Durch die große Revolution vertrieben, kehrte er in seine Heimat zurück und errichtete in dem kleinen englischen Dorf Charlton eine Schriftgießerei, welche durch die Schönheit der Typen, wie durch eine besondere Mischung des Letternmetalls bald einen bedeutenden Ruf erlangte.

In diesem Dorfe wurde Henry Bessemer am 13. Januar 1813 geboren.

¹⁾ Sir Henry Bessemer. An Autobiography. London. Offices of „Engineering“, 35 and 36 Bedford Street, Strand, W. C. 1905. Es ist ein großes Verdienst der Herausgeber der Zeitschrift Engineering, Bessemer zur Abfassung seiner Selbstbiographie veranlaßt und nach seinem Tode mit Unterstützung von Bessemers Sohn für die Herausgabe derselben Sorge getragen zu haben. Zu der Selbstbiographie bilden die Mitteilungen über Bessemer und die Entwicklungsgeschichte seiner Erfindung in L. Becks „Geschichte des Eisens“ — wiewohl früher erschienen — eine dem naturgemäß persönlichen Standpunkt Bessemers gegenüber wertvolle Ergänzung. — Das Bild Bessemers, S. 272, wurde nach einer Photographie hergestellt, die der Sohn Bessemers, Hr. A. Bessemer, freundlichst zur Verfügung stellte. Die folgenden Abbildungen sind nach den Figuren der Autobiographie gefertigt worden.

Nach Besuch der Volksschule bat er seinen Vater, ihn zu Hause Werkstättenarbeit erlernen zu lassen. Der alte Bessemer erfüllte den Wunsch seines Sohnes, kaufte ihm zu diesem Zwecke eine Drehbank und ließ ihm auch später vollkommen freie Hand, seinen Liebhabereien nachzugehen und nach eigener Phantasie Modelle von Maschinen anzufertigen.

Für die heute geltenden pädagogischen Anschauungen wäre es ja freilich ein Verbrechen, einen jungen Burschen aus sogenannter guter Familie ohne eigentliche Berufswahl und — *horribile dictu* — ohne systematische Bildung aufwachsen zu



Henry Bessemer, geb. 13. Jan. 1813, gest. 15. März 1898.

lassen. Für den Lebensgang des großen Erfinders scheint dieses Verfahren aber sehr zweckmäßig gewesen zu sein. Gewiß ist die Disziplinierung der Phantasie und Erfindungsgabe nicht hoch genug anzuschlagen, die in der körperlichen Verwirklichung jedes Gedankens in einem selbstverfertigten Modell liegt. Letternmetall, dem durch Gießen jede beliebige Form gegeben werden konnte, stand ihm immer zur Verfügung und er selbst schreibt der Vertrautheit mit der Behandlung flüssigen Metalls einen großen Einfluß auf seine künftige Erfindertätigkeit zu.

Als Bessemer 17 Jahre alt war, verlegte der Vater seine Schriftgießerei nach London. Auch dies war gewiß von großem Einfluß auf die Entwicklung des Erfinders und aus seinen in spätem Alter niedergeschriebenen Lebenserinnerungen hallt

noch der mächtige Eindruck nach, welchen das Leben und Treiben der Millionenstadt auf den in ländlicher Stille aufgewachsenen Jüngling gemacht hatte. Heute, wo die Errungenschaften der Technik nur wenige Teile der zivilisierten — und wohl auch schon der unzivilisierten — Länder unberührt gelassen haben, mag es schwer fallen, sich von der Stärke dieser Eindrücke auch nur entfernt eine Vorstellung zu machen. Die Glücklichen, welchen Schule und Großstadteindrücke noch etwas von der ursprünglichen Fähigkeit des Sehens gelassen haben, wie sie das Kind und der Wilde besitzt, sind ja heute nicht mehr so häufig und selten sind auch diejenigen, die sich einen Teil dieser Fähigkeit als Erwachsene zurückerobert haben. Gewiß kann aber keine Möglichkeit der heutigen Zeit dem gleich kommen, was damals ein zu selbständigem Denken erzogener Kopf von Dingen lernen konnte, die ihm zum erstenmal in urteilsfähigem Alter begegneten, und die noch nicht in der verwirrenden Fülle unseres Zeitalters vorhanden waren.

Der erste Anlaß zu eigener Arbeit, der sich Bessemer bei seinen Wanderungen durch London bot, waren Gipsabgüsse, die er um wenig Geld von herumziehenden Italienern kaufte. Hier konnte er seine von Kindheit an geübte Fertigkeit anwenden, die Gipsabgüsse durch Metallguß vervielfältigen und — noch vor der Erfindung der Galvanoplastik — diese geringen Metall-Legierungen durch elektrischen Strom mit Kupfer überziehen, ja sogar nach einem besonderen Verfahren galvanisch patinieren. Zu einer besonderen Vollkommenheit brachte er durch eine Reihe sinnreicher technischer Kunstgriffe den Abguß von Naturgegenständen, z. B. Pflanzen, die sich nicht leicht im natürlichen Zustand erhalten lassen.

Ein weiterer Erfolg bestand darin, leichtflüssige und doch harte Legierungen herzustellen, die als Stempel zum Prägen von Kartons und Bucheinbänden mit Reliefs dienen konnten und mit denen er bereits einige Geschäfte mit Kunsthandlungen machte. Diese Legierungen waren so leichtflüssig, daß man damit von einer Prägung in Papier einen Abguß machen und mit diesem Abguß die Prägung von neuem herstellen konnte. Die damaligen englischen Stempel, die auf Kaufverträge und andere derartige Dokumente aufgeklebt werden mußten, waren einfach in Papier eingepreßt, in der Art wie die sogenannten Hochdruckstempel, die man auch heute noch in Ämtern findet. Damals wurden Fälschungen derartiger Stempel entdeckt, insbesondere Wiederverwendung von alten Dokumenten abgelöster Stempel, und der Schade wurde in einem einzigen Jahr auf hunderttausend Pfund Sterling geschätzt. Wäre Bessemers Gießverfahren bekannt geworden, so hätte jeder derartige Fälschungen mit Leichtigkeit ausführen können.

Bessemer stellte einige gefälschte Stempel her, begab sich damit zum Direktor des Stempelamts und überzeugte diesen durch den Augenschein, daß derartige Fälschungen von echten Stempeln überhaupt nicht zu unterscheiden waren. Hieran knüpfte er den Vorschlag, ein neues Verfahren einzuführen, das darin bestand, das Stempelbild durch Perforieren mittels einer zusammengesetzten Stanze herzustellen. Sein Vorschlag wurde schließlich angenommen und ihm der Posten eines Stempelaufsehers mit 800 £ Jahresgehalt angeboten. Da kam er selbst, oder vielmehr seine Braut, der er von der Sache erzählte, auf den Gedanken, daß sich derselbe Zweck eigentlich noch einfacher durch Stempelprägeformen mit auswechselbaren Teilen für das jeweilige Tagesdatum erreichen ließe. Damit trug jeder Stempel das Datum des Rechtsgeschäftes, für welches er verwendet wurde, und es war jede Wiederverwendung unmöglich gemacht. Diese Art von Stempeln wurde endgültig eingeführt, Bessemer selbst aber war nicht mehr dazu nötig und wurde von dem Stempelamt, an das er sich wieder und wieder vergeblich wandte, um den Lohn seiner Erfindung gebracht. Damals war er ein 20jähriger unerfahrener Bursche, der gar nicht wußte, daß man auf Erfindungen ein Patent nehmen könnte, und der auch einem Staatsamt gegenüber an eine solche Vorsichtsmaßregel gar nicht gedacht hätte. Erst 45 Jahre später, als er bereits ein angesehener und reicher Mann war, erzählte er, nachdem ihn die englische Regierung wieder einmal gärgert hatte — sie hatte ihm die Zustimmung zur Annahme der französischen Ehrenlegion verweigert — in der Times den längst vergessenen Vorfall und erhielt darauf auf Vorschlag von Lord Beaconsfield in Anerkennung seiner damaligen Verdienste um den Staat den Adelstitel.

Die schönen Erzeugnisse seiner Gießkunst, die er verschiedenen Museen geschenkt hatte und die dort ausgestellt waren, hatten inzwischen die Aufmerksamkeit auf ihn gelenkt. So wendete sich ein Samtfabrikant an ihn, er möge ein

Verfahren ersinnen, bei dem die Pressung im Samt eine dauernde bliebe. Bessemer hatte bald gefunden, daß eine ganz bestimmte Temperatur notwendig war, um die Samtfäserchen in bildsamen Zustand zu versetzen und er fand auch ein einfaches Verfahren, diese Temperaturen an den gemusterten Walzen für die Pressung genau zu bestimmen, durch Stängelchen aus verschiedenen Legierungen, welche um je 10 Grad verschiedene Schmelzpunkte hatten — ein Temperaturmessungsverfahren, das ja auch heute noch in Anwendung ist. Eine Zeitlang führte er das Pressen von Samt gegen Bezahlung selbst aus und fand so wieder eine Zeitlang ein Einkommen aus einer Erfindung.

Ebenso wurde sein späterer Geschäftsteilhaber Young auf ihn aufmerksam und engagierte ihn gegen ein hohes Honorar zur Konstruktion einer Setzmaschine, die Young erfunden hatte. Von Bessemer selbst stammt die Erfindung einer Letterngießmaschine, welche bereits mit allen Hilfsmitteln der heutigen Zeit, mit Absaugung der Luft aus den Formen, mit Einpressen flüssigen Bleis durch eine Pumpe, arbeitete, aber ebenso wie die Setzmaschine wegen Widerstandes der Arbeiter keinen Eingang finden konnte.

Auch die heutige Art der Bleistiftherstellung durch Pressen von Graphitstaub — an Stelle des Zersägens der massiven Graphitblöcke — stammt von Bessemer, der sich nicht mit allen seinen Erfindungen befassen konnte, und dieses Patent um einige hundert Pfund verkaufte.

Es ist so gut wie unmöglich, sämtliche Erfindungen Bessemers aufzuzählen. Er hat im Laufe seines Lebens gegen 120 Patente genommen und, wie er selbst erzählt, hierfür allein an Gebühren mehr als 200 000 Mark bezahlt. Man hat, wenn man Bessemers Lebensgeschichte verfolgt, den Eindruck, daß es fast nichts gibt, was er nicht schon erfunden hätte, alles in fertiger ausführbarer Form und in vielen Fällen nur deshalb erfolglos, weil es seiner Zeit zu weit voraus war. Kennzeichnend hierfür ist die von ihm erfundene durchlaufende Bremse für Eisenbahnzüge, nach ganz ähnlichen Grundsätzen wie die heute angewendeten, nur mit Druckwasser statt Luft.

Trotz aller dieser Erfindungen und trotz des großen Ansehens, welches er bereits in Fachkreisen genoß, lebte Bessemer doch noch immer gewissermaßen aus der Hand in den Mund. Er hatte schon lange geheiratet, bei seiner Wohnung Versuchsanlagen errichtet, noch immer wartete er aber auf die große Erfindung, die allein hinreichen würde, ihm seinen Lebensunterhalt zu erwerben und das Jagen nach beständig neuen Erwerbsquellen entbehrlich zu machen.

Diese lange herbeigewünschte Erfindung, die ihm ein stattliches Vermögen einbrachte und die ihn eigentlich erst in den Stand setzte, Versuche in so großem Maßstabe zu machen, wie es für die Erfindung des Bessemer-Verfahrens nötig war, fand er durch einen geringfügigen Zufall.

Sein Vater hatte in Holland Vorliebe für das Tulpenzüchten gewonnen und seine Schwester hatte die verschiedenen Tulpenarten in einem schönen Album säuberlich abgemalt. Für dieses Album wollte sie eine schöne Aufschrift, die ihr der Bruder machen sollte. Bessemer fand, daß für das schöne Album nur eine Aufschrift in Goldfarbe würdig genug sei, er ging zu einem Farbenhändler und war nicht wenig erstaunt, wie er für eine Unze Bronzestaub, aus welchem die Farbe bestand, einen Schilling bezahlen mußte, mehr als das Zweihundertfache dessen, was damals Bronze im rohen Zustand kostete. Das waren die Kosten der Handarbeit, die, wie Bessemer nach langem Suchen in alten Büchern fand, darin bestand,

Goldschlägerhäutchen mit dickem Gummi arabicum, das später ausgewaschen wurde, in Mörsern zu zerreiben — eine alte Industrie, die ihren Sitz hauptsächlich in Fürth in Bayern hatte. Ein hoher Gewinn stand dem in Aussicht, der dasselbe Produkt durch Maschinenarbeit herstellen konnte.

Nach einigen mißlungenen Versuchen lernte er durch mikroskopische Beobachtung, daß der Goldglanz nur dann entstand, wenn das Bronzepulver aus kleinen, flachen, spiegelnden Blättchen bestand. Er trennte von der massiven Bronze kleine Splitter ab und ließ diese eingeölt zwischen Walzen so lange hin- und hergehen, bis sie plattgedrückt und in winzige Blättchen zerrieben war. Der so erhaltene Bronzestaub wurde noch in einem Windstrom aneinander blank gescheuert und dann ebenfalls durch Wind der Größe nach gesichtet.

Diese Erfindung konnte durch Patente nicht wirksam geschützt werden, weil sich an einem auf gleiche Weise erzeugten Bronzepulver Ursprung und Herstellungsweise nicht mehr hätte nachweisen lassen und Bessemer entschloß sich deshalb zur Geheimhaltung.

Sein Klient Young gab das Geld für die erste Einrichtung, die drei Brüder seiner Frau übernahmen den Betrieb. Bessemer konstruierte alle Maschinen als selbsttätige und mit besonderen Hebevorrichtungen, um bei Montierung und Betrieb ohne Hilfsarbeiter auszukommen. Jede Maschine wurde in mehreren Teilen konstruiert und jeder Teil in einer anderen Maschinenfabrik bestellt, um das Geheimnis zu wahren. Die fertigen Maschinen wurden sorgfältig versperrt in fensterlosen, nur durch Oberlicht beleuchteten Räumen aufgestellt und die Verbindung mit dem Raum für die Dampfmaschine, für welche ein Wärter notwendig war, beschränkte sich auf ein kleines Loch für die Antriebswelle.

Man kann die Leistung nicht genug bewundern, diese Maschinen, die ersten ihrer Art, für einen vollständig neuartigen technologischen Prozeß bestimmt, ohne vorherige Proben, auf dem Papier derart durchzubilden, daß sie, von 5 oder 6 verschiedenen Fabriken ohne Kenntnis ihrer Wirkungsweise geliefert, beim ersten Zusammenbau richtig arbeiteten, mit Kräften, die gar nicht so klein waren, denn die Antriebsmaschine hatte 24 Pferdekkräfte. Bessemer bekennt auch, daß er, obwohl ihn das Selbstvertrauen nie verließ, sich bewußt war, welche Riesenaufgabe er übernommen, und daß sich mit der Inbetriebsetzung an einem einzigen Tage entscheiden mußte, ob ein großes Kapital vergeudet und sein fachlicher Ruf erschüttert, oder ob sein Glück für die Zukunft gemacht war. Die Riesenaufgabe gelang und der Mann, dem sie gelungen, konnte sich nach der Bewährung seiner Kräfte und nach der erfolgreichen Schulung seiner Fähigkeiten durch die gelungene Lösung an jede Aufgabe wagen, mochte sie noch so groß sein.

Das Geheimnis der Goldfarberzeugung durch Maschinen, welches Bessemer durch so ungewöhnliche Maßnahmen gegen Entdeckung geschützt hatte, blieb tatsächlich durch volle 35 Jahre gewahrt und Bessemer knüpft hieran national-ökonomische Betrachtungen, welcher Schade der Allgemeinheit in diesem Falle durch die offenkundige Unzulänglichkeit des Patentschutzes erwuchs. Das reiche Einkommen, das ihm diese Fabrikation abwarf, ermöglichte die Vergrößerung seiner Versuchsanlagen und die Verwendung großer Summen auf neue Versuche.

Durch eine Preisausschreibung veranlaßt, beschäftigte sich Bessemer auch mit der Aufgabe, beim Zuckerrohr eine vollkommenere Auspressung des Saftes zu erreichen als mit den bis dahin üblichen Walzen, zwischen welchen das Zuckerrohr ausgequetscht wurde. Er ging der Sache in der ihm eigenen systematischen Weise

auf den Grund, ließ sich Zuckerrohr aus den Kolonien kommen und beobachtete, daß der bereits ausgequetschte Teil des Zuckerrohres vermöge seiner hohen Elastizität sich beim Austritt aus den Walzen wieder ausdehnte und einen Teil des eben ausgepreßten Saftes wieder aufsaugte. Das Zuckerrohr mußte, um dies zu vermeiden, in kurze Stücke zerschnitten werden und Bessemer konstruierte eine Presse, welche abwechselnd nach der einen und nach der andern Seite einen Druck ausübte, während in der Zwischenzeit die Zuckerrohrabschnitte von oben in die beiden Preßzylinder herabfielen. Dasselbe Prinzip hat Bessemer später dazu benutzt, um aus Braunkohle gepreßte Briketts herzustellen. Seine Zuckerrohrpresse wurde mit dem ersten Preis ausgezeichnet.

Ein Problem, mit welchem sich Bessemer viel beschäftigte, war die Erzeugung

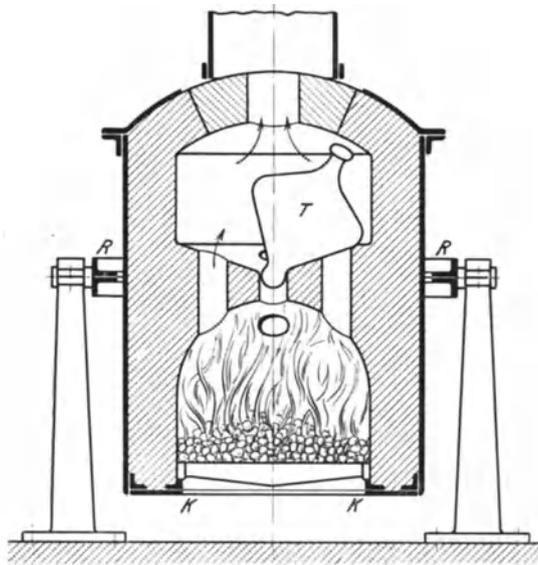


Fig. 1.

Bessemer's Ofen zur Erzeugung von optischem Glas.

von Glas und zwar zunächst von Glas für optische Zwecke. Es ist bezeichnend für seine Arbeitsweise, daß er zunächst die Vermeidung von Ungleichmäßigkeiten und Streifenbildungen an zähen Flüssigkeiten studierte. Er überzeugte sich, daß dickflüssiges Öl durch Bewegen des Gefäßes vollkommen gleichmäßig verteilt werden kann, während beim Umrühren unter allen Umständen Luft in die Flüssigkeit gebracht wird. Er baute also einen Ofen, in welchem der Tiegel für das Schmelzen des Glases in langsamer Bewegung erhalten wurde, und es ist interessant, hier bereits eine Aufhängung in waagrechten Zapfen zu finden, wie sie später durch die sogenannte Bessemerbirne bei der Stahl-

erzeugung eine so außerordentliche Verbreitung gefunden hat.

Der Ofen, Fig. 1, ist mit dem Ringe *R* in zwei zueinander senkrechten Achsen aufgehängt und wird am unteren Ende bei *K* durch einen nicht eingezeichneten Kurbelmechanismus im Kreise geschwenkt. Hierbei rollt der doppelkegelförmige Tiegel *T*, in welchen die Bestandteile des Glases eingetragen sind, im Kreise auf dem kegelförmigen Boden der oberen Kammer, so daß eine gleichmäßige Mischung der schmelzenden Bestandteile und eine gleichmäßige schlierenfreie Beschaffenheit des geschmolzenen Glases erreicht wird.

Der nächste Fortschritt war nun die Erbauung eines Flammofens, in welchem das Glas in offener großer Wanne anstatt in gedeckten kleinen Tiegeln der Wirkung der Flamme ausgesetzt wurde. Dieser Ofen war mit einer Anzahl von zweckmäßigen Einrichtungen, besonders mit einer Einrichtung zum Auswalzen des abfließenden Glases zu Spiegelglas ausgerüstet, Fig. 2. Nach Ausheben eines Verschlusses bei *V* wird der links gezeichnete Support *S* mittels Zahnrad und Zahnstange in den Ofen hineingeschoben und ein nicht eingezeichneter Schieber bei *T* vor der Ausfluß-

öffnung der Wanne aufgezogen. Das flüssige Glas strömt zwischen die wassergekühlten rotierenden Walzen und wird zu einer Platte ausgewalzt. Das letztere Verfahren, welches Bessemer später auch bei Flußeisen versuchte¹⁾, wurde für 6000 Pfund an eine große Glasfabrik verkauft, um Raum und Zeit für weitere Erfindungen zu gewinnen.

Sehr interessant ist auch ein nicht zur Ausführung gekommenes Projekt für eine große Glasfabrik, mit vollständig neuartigen und doch bis ins einzelne durchgearbeiteten Einrichtungen, und es ist wieder bemerkenswert, daß ein großer Teil dieser wunderbaren mechanischen Einrichtungen, welche in einer für die damalige Zeit unerhörten Vollkommenheit Menschenarbeit durch Maschinenarbeit ersetzen sollten, ganz ähnlich denjenigen sind, mit welchen Bessemer später seine Stahlwerksanlagen ausrüstete.

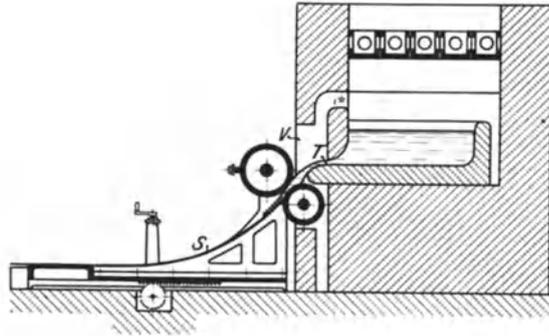


Fig. 2. Bessemers Verfahren zum Walzen von Glasplatten.

Von besonderem Interesse ist Bessemers Beschäftigung mit dem Artilleriewesen, welche ihm den Anstoß zu seiner größten Erfindung, der Flußeisenerzeugung, gab. Während des Krimkrieges war das Bedürfnis nach längeren Geschossen und besserer Führung derselben im Geschützrohr hervorgetreten, da die englische Artillerie damals keine gezogenen Geschütze besaß. Bessemer suchte die Wirkung der gezogenen Geschütze auch bei glatten Geschützrohren dadurch zu erreichen, daß er im Geschöß Kanäle anbrachte, durch welche ein Teil der Pulvergase in der Richtung der Rohrachse ein-, dagegen in der Richtung des Umfangs austreten konnte, Fig. 3. Durch dieses tangential austreten hochgespannter Gase wurde das Geschöß in entgegengesetzter Richtung gedreht, genau so wie bei der primitiven Dampfturbine des Hero von Alexandria oder bei dem in den Lehrbüchern der Physik so vielfach beschriebenen Segnérschen Wasserrad. Die beiden radialen Öffnungen in der Mitte wurden mit feuchtem Pulver festgestampft, das durch feuerwerksartiges Abbrennen die Drehung des Geschosses erkennen ließ.

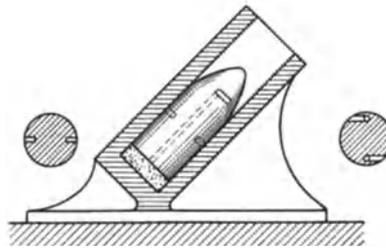


Fig. 3. Versuchsmörser mit umlaufendem Geschöß.

Ein Antrag Bessemers, Geschosse, die er auf seine Kosten herstellen wollte, zu erproben, wurde von der englischen Militärverwaltung, über deren ablehnendes Verhalten er sich auch bei späteren Anlässen bitter beklagt, rundweg abgewiesen. Um sich von der Verwendbarkeit seiner Erfindung zu überzeugen, war er darauf angewiesen, sich selbst einen Mörser mit steiler Flugbahn herzu-

¹⁾ In der Selbstbiographie findet sich hiervon keine Erwähnung, dagegen berichtete Bessemer in einem nicht lange vor seinem Tode vor dem Iron and Steel Institute gehaltenen Vortrage, in welchem er auch Stücke von solchem direkt aus dem flüssigen Zustande gewalzten Flußeisen zeigte, ausführlich über diese älteren, in mancher Hinsicht bemerkenswerten Versuche.

stellen, der die Geschosse noch innerhalb seines Grundstücks niederfallen ließ. Bald darauf lernte er in Paris in einer Gesellschaft einen Verwandten Napoleons III. kennen und zeigte ihm ein kleines Modell seiner Erfindung, welches er bei sich trug. Der Prinz berichtete dem Kaiser davon und dieser ermächtigte Bessemer, auf dem Schießplatz von Vincennes Versuche anzustellen.

Nach Abschluß der Versuche blieb Bessemer mit den Offizieren am Lagerfeuer bei einer Bowle Punsch beisammen und Major Minié, der Leiter der Versuche ließ hierbei die Bemerkung fallen: „Die Versuche seien soweit sehr befriedigend verlaufen, aber er halte es nicht für recht geheuer, diese Geschosse aus gußeisernen Kanonen abzufeuern. Der Kern der Frage sei eigentlich der: Können Geschütze hergestellt werden, die für so schwere Geschosse hinreichend widerstandsfähig sind.“

„Diese einfache Bemerkung“, sagt Bessemer, „war der Funke, welcher eine der größten industriellen Umwälzungen des 19. Jahrhunderts entzündete.“

„Ich erinnere mich sehr gut“, sagt er weiter, „wie ich auf der einsamen Rückfahrt nach Paris, in der kalten Dezembernacht bei mir beschloß, wenn irgend möglich, die glücklich begonnene Aufgabe zu Ende zu führen und eine bessere Gattung von Gußeisen zu finden, welche der schweren Beanspruchung durch das größere Gewicht meiner Geschosse gewachsen wäre.“

„In diesem Augenblick“, fährt er fort, „hatte ich noch nicht die geringste Ahnung, in welcher Weise diese neue wichtige Aufgabe gelöst werden könnte, aber die bloße Tatsache, daß hier eine Erfindung von großer Bedeutung zu machen war, genügte, um mich aufzustacheln.“

„Es war mir wie der Aufschrei der Meute, wenn sie das Wild spürt, wie das Gefühl des Reiters im Wettrennen vor den letzten Meilen der Rennbahn. Ich hatte klaren Weg vor mir. Hatte ich Erfolg, so hatte ich Reichtum und Ruhm gewonnen. Mißlang es, so hatte ich nur meine Zeit und Arbeit verloren.“

„Mein Ziel war“, heißt es an einer späteren Stelle, „ein Metall zu erzeugen von ähnlichen Eigenschaften wie Schmiedeeisen und Stahl, das sich aber dabei in flüssigem Zustand in Formen oder Blöcke gießen lassen sollte.“

Wir wissen allerdings, wie wir es in Becks Geschichte des Eisens in so anziehender Weise geschildert finden, daß zu dieser Zeit Krupp bereits imstande war, durch Zusammengießen des Inhaltes einer großen Anzahl von Tiegeln Geschütze aus hochwertigem Gußstahl zu erzeugen und daß, wie später Napoleon III. an den Arbeiten Bessemers, schon viel früher Kaiser Wilhelm an den erfolgreichen Bestrebungen Krupps zur Herstellung von Geschützen aus Stahl lebhaftes Interesse genommen hatte. Soweit es sich indessen um die allgemeine technische Entwicklung handelte, konnte aber naturgemäß ein so teures Qualitätsprodukt wie der Tiegelgußstahl das Schweißisen nicht verdrängen.

Die Erzeugung von Schweißisen durch Puddeln ist bekanntlich eine langwierige, anstrengende und dementsprechend auch kostspielige Arbeit. Das Roheisen muß in geringen Mengen eingeschmolzen und mit langen Haken und Stangen Luft und Schlacke hineingerührt werden, um den im Roheisen enthaltenen Kohlenstoff zu verbrennen und das kohlenstoffärmere schiedbare Eisen zu erzeugen. Wie dann mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt die Masse immer dickflüssiger wird, bis sie zuletzt die bekannte Blumenkohlstruktur annimmt, wie sie in große Kugeln geballt und als feuriger Schwamm aus dem Ofen herausgezogen, wie schließlich unter dem Dampfhammer die prasselnde Schlacke ausgequetscht

wird — alles das ist auch heute noch zu sehen, denn ganz ist dieses alte Verfahren noch nicht durch die Erfindungen Bessemers und Martins verdrängt worden.

Wenn man bedenkt, daß das auf so umständliche Weise gewonnene Stück nur ein Element ist, aus dem erst durch Paketieren und wiederholtes Ausschmieden größere Stücke hergestellt werden können, daß dieses Material eine begrenzte Festigkeit hat und seine faserige Struktur wohl in manchen Fällen ein Vorzug, in anderen aber ein Nachteil ist; wenn man weiter bedenkt, wie ein Material von höherer Festigkeit, der Zementstahl, in der Regel nur durch langdauerndes Ausglühen von Schweiß Eisen in Holzkohlenpulver erhalten werden konnte und daraus erst durch Umschmelzen in Tiegeln das beste Material der alten Zeit, der Gußstahl, — dann begreift man, daß Bessemer von seiner Erfindung, noch bevor er sie gemacht hatte, eine Umwälzung der gesamten Eisenerzeugung erwartete.

Ungemein charakteristisch für die Anschauungen und die Arbeitsweise Bessemers ist folgende Bemerkung:

„Meine Kenntnis der Metallurgie des Eisens war zu dieser Zeit sehr beschränkt und bestand nur in solchen Tatsachen, wie sie ein Ingenieur in der Gießerei oder Schmiede notwendigerweise beobachten muß. Das war aber in einer Hinsicht ein Vorteil für mich, denn ich hatte nichts zu verlernen.“

„Ich war aufnahmefähig für jede neue Wahrnehmung, ohne daß ich gegen die Voreingenommenheit zu kämpfen gehabt hätte, welcher unfehlbar mehr oder weniger jeder unterworfen ist, der sein Leben lang in der Routine einer berufsmäßigen Arbeit steht.“

Wie großes Gewicht Bessemer auf diesen Umstand legt, geht daraus hervor, daß er denselben Gedanken an mehreren Stellen wiederholt. So sagt er beinahe noch nachdrücklicher von seiner erfolgreichen Bewerbung um den Zuckerrohrpreis:

„Wie oft kam es mir zum Bewußtsein und wie oft habe ich es auch ausgesprochen, daß ich einen ungeheuren Vorteil vor anderen dadurch hatte, daß sich bei mir nicht durch langgewohnte Berufstätigkeit schon bestimmte Gedankenrichtungen eingewurzelt hatten, die mich beeinflussen und verwirren konnten; daß ich nicht die leider so allgemein verbreitete Neigung hatte, alles, was besteht, deshalb auch schon für gut zu halten. Dadurch konnte ich in voller Unbefangenheit jeder Frage scharf ins Gesicht sehen, konnte in jedem Punkt das Für und Wider ohne Vorurteil und ohne vorgefaßte Ansichten gegeneinander abwägen und schreckte nötigenfalls auch nicht davor zurück, eine ganz neue Richtung einzuschlagen.“

Sofort nach seiner Rückkunft nach London machte sich Bessemer an die Arbeit. Am 22. Dezember 1854 waren die Schießversuche gewesen und schon am 10. Januar 1855 — kaum 3 Wochen nachher — meldete er sein erstes Patent auf „Verbesserungen in der Erzeugung von Eisen und Stahl“ an¹⁾.

Sein Ausgangspunkt waren die Versuche Réaumur's und die späteren Versuche des berühmten englischen Ingenieurs Fairbairn, der durch Einschmelzen von Roheisen mit Schmiedeeisenabfall im Kuppelofen höherwertiges Gußeisen erzeugen wollte, wobei jedoch aus dem Brennstoff wieder Kohlenstoff und Verunreinigungen aufgenommen wurden. Bessemer wendete, um die unmittelbare Berührung mit

¹⁾ An dieser Stelle findet sich noch der Ausdruck „Eisen und Stahl“, später versteht Bessemer unter Eisen in der Regel nur Schweiß Eisen und unter Stahl alles auf flüssigem Wege gewonnene Material, auch das nicht härtbare Material, das wir als Flußeisen bezeichnen und das im englischen Sprachgebrauch als „mild steel“, weicher Stahl, bezeichnet wird.

dem Brennstoff zu vermeiden, einen Flammofen an, in dem zuerst das Roheisen allein geschmolzen und dann die Schmiedeeisenabfälle zugesetzt wurden. Hierzu war eine besonders hohe Temperatur erforderlich und Bessemer erreichte dies durch eine sehr große Rostbreite und Einziehung des Ofenquerschnittes zunächst bei der Feuerbrücke und dann noch weiter bis zum Fuchs, Fig. 4 bis 6. Hierbei blieb trotz unablässiger Verbesserung der Konstruktion der Übelstand, daß die Feuergase noch viel unverbranntes Gas enthielten, welches ebenfalls kohlenig auf das Metall einwirkte. Bessemer griff deshalb zu dem damals noch neuen Hilfsmittel der Zuführung von Oberluft. Aus der hohlen Feuerbrücke strömte durch eine Anzahl von Öffnungen Luft in breiten Strahlen in den Flammofenraum, Fig. 4 und 6, so daß nicht nur der Überschuß an brennbarem Gas verbrannt, sondern darüber hinaus noch eine entkohlende Wirkung auf das Metall ausgeübt wurde. Diese entkohlende Wirkung konnte durch Regulierung der Luftströmung in beliebigen Grenzen gehalten werden.

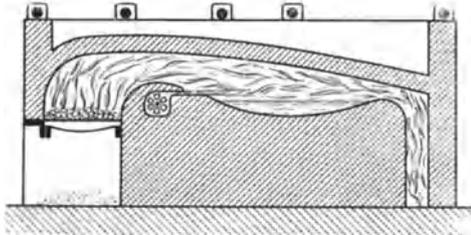


Fig. 4.

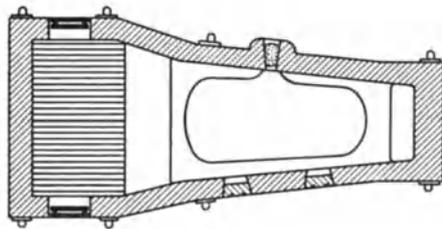


Fig. 5.

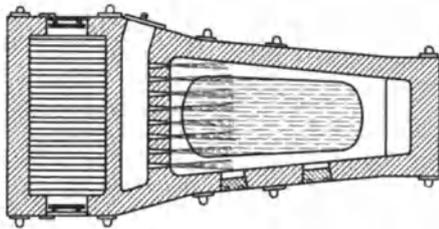


Fig. 6.

Fig. 4 bis 6. Flammofen zur Erzeugung von schmiedbarem Eisen.

Aus dem stahlartigen Material, welches Bessemer in diesem Flammofen erzielt, stellte er ein kleines gegossenes Kanonenmodell her. Er brachte es Napoleon nach Paris und fand dafür soviel Interesse, daß die Aufstellung eines gleichen Ofens nach seinen Angaben in der französischen Geschützgießerei in La Ruelle angeordnet wurde.

Dieser erste Schritt auf dem Gebiete der Stahlerzeugung wurde Bessemer sehr wesentlich dadurch erleichtert, daß er bereits bei der Glaserzeugung den Flammofen verwendet und vervollkommen hatte. Es ist wohl merkwürdig, daß auch die Brüder William und Friedrich Siemens, auf deren Flammofenkonstruktion ein so großer Teil der heutigen Stahlerzeugung beruht, sich sowohl mit Stahl- wie mit Glaserzeugung beschäftigt haben — der jüngere Bruder Friedrich hat bekanntlich die noch heute in Deutschland und Österreich nach ihm benannten Glasfabriken gegründet.

Interessant ist auch, daß Bessemer, wie er selbst hervorhebt, mit seinem ersten Versuch, dem Einschmelzen von Roheisen mit Schmiedeeisenabfällen im Flammofen, einen Weg eingeschlagen hat, der nicht zu dem nach ihm benannten, sondern zu dem Siemens-Martin-Verfahren führt, welches seitdem das Bessemer-Verfahren stark verdrängt hat. Er habe, sagt er, sich seitdem oft gedacht, ob er nicht unklug gehandelt habe, von dem Flammofenprozeß abzugehen, bevor er alle Entwicklungsmöglichkeiten der Flammofenkonstruktion zur Erzielung höherer Temperaturen erschöpft hatte, wie die Vergrößerung des Ofens und ein ihm bereits

damals patentiertes weiteres Hilfsmittel, das Einpressen von Luft unter dem Rost — Unterwindfeuerung würden wir heute sagen. Beim Siemensschen Ofen ist diese Aufgabe bekanntlich durch die Wärmespeicher zur Vorwärmung von Luft und Gas gelöst.

William Siemens erzählt in einem seiner Vorträge, daß er seine Versuche zur Vervollkommnung des Flammofens nur wenige Häuser weit von Bessemer und ungefähr zur gleichen Zeit ausgeführt und daß es ungefähr ebenso lange wie bei Bessemer — etwa 7 Jahre — gedauert habe, bis seine Erfindung vollständig ausgereift gewesen sei.

Die neue Richtung, die Bessemer dann einschlug, wurde ihm durch einen sogenannten Zufall gegeben. Beim Einschmelzen des Roheisens sah er am Rande einige Eisenstücke liegen, welche noch nicht geschmolzen waren. Er verstärkte die Luftzufuhr, um sie zum Schmelzen zu bringen — vergeblich! Nun versuchte er sie mit einer Eisenstange in das bereits geschmolzene Eisen hineinzustoßen — da zeigte sich zu seiner großen Überraschung, daß diese Eisenstücke hohl waren, Fig. 7.

Dies war eine Erleuchtung für Bessemer. Die Oberflächenschichte dieser hohlen Stücke war durch die entkohlende Wirkung des Luftstroms in schmiedbares Eisen umgewandelt, hatte dadurch einen höheren Schmelzpunkt angenommen und war infolgedessen fest geblieben; die inneren Teile, welche dem Luftstrom nicht ausgesetzt waren, waren Roheisen geblieben, daher bei der herrschenden Temperatur geschmolzen und ausgeflossen. Es war also möglich, bloß durch die Wirkung eines Luftstroms Roheisen in schmiedbares Eisen umzuwandeln.

Den so sichtbar gewordenen Weg verfolgte Bessemer in seiner ungestümen Art sofort weiter. Er füllte einen Tiegel mit 10 Pfund geschmolzenen Roheisens, setzte luftdicht ein einzölliges Gasrohr ein, brachte dieses durch einen Kautschukschlauch mit einem Gebläse in Verbindung, Fig. 8; nach einer halben Stunde sah er zu seiner Genugtuung das Roheisen in schmiedbares Eisen umgewandelt. Er ging nun einen Schritt weiter und versuchte, ob bei der Verbrennung des im Roheisen enthaltenen Kohlenstoffs durch die eingeblasene Luft hinreichende Wärme erzeugt werde, um das Metall auch ohne Zuführung äußerer Wärme und trotz der Erhöhung des Schmelzpunktes infolge der Entkohlung flüssig zu erhalten.

Das neue Versuchsgefäß war zylindrisch, mit einer oberen Öffnung zum Entweichen von Gasen und Funken. Es enthielt 7 Zentner geschmolzenes Roheisen, in welches durch 6 in Kreise angebrachte Düsen Luft von etwa 1 at Überdruck eingeblasen wurde. Der Prozeß verlief zuerst ganz ruhig, wie dies Bessemer erwartet hatte, aber nur bis zu dem Augenblick, in welchem das Silicium des Roheisens verbrannt war und nun der Kohlenstoff an die Reihe kam. Dann trat der Funkenregen und die mächtige Flamme auf, die jedem, der einmal ein Eisenwerk mit Bessemerbetrieb gesehen hat, unvergeßlich sind. Nachdem diesmal die

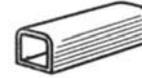


Fig. 7. Hohles Stück schmiedbaren Eisens (aus Roheisen durch Entkohlung der Oberfläche und Ausschmelzen der Innenteile entstanden).

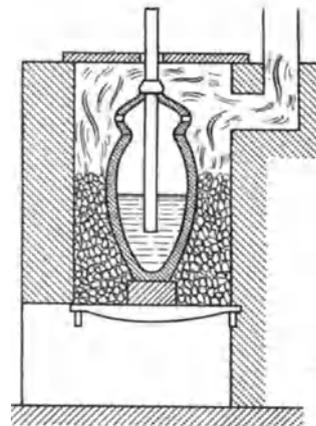


Fig. 8. Tiegel mit Rohr zum Einblasen von Luft.

Feuersgefahr glücklich überstanden war, hängte Bessemer beim nächsten Versuch über dem Gefäß eine gußeiserne Platte auf, die aber in kurzem geschmolzen war und in das Gefäß herabfiel. Auf diese Weise war eine Durchführung des Prozesses einfach unmöglich. Alle Versuche, durch Verkleinerung der Düsen, Verringerung ihrer Anzahl, Herabsetzung des Gebläsedrucks eine weniger stürmische Reaktion zu erzielen, waren vergeblich. Der Prozeß war nur dann möglich, gab nur dann ein hinreichend flüssiges Metall, wenn diese stürmische Reaktion erfolgte.

Der erste Ausweg, den Bessemer traf, war die Anordnung einer oberen Kammer mit geschlossener Decke und seitlichen Öffnungen, welche den ersten Anprall der Eruption aufzunehmen hatte und außerdem zur Vorwärmung fester Zusätze dienen sollte; zugleich baute er auch schon eine Gußpfanne mit senkrechtem, nach oben

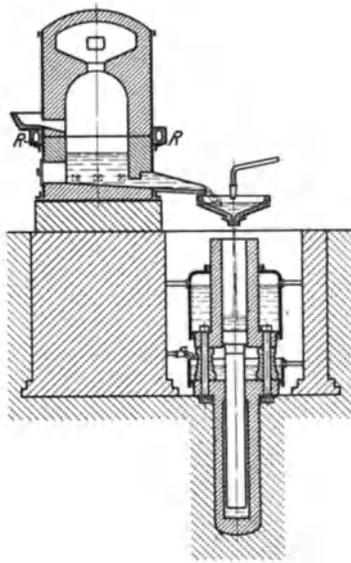


Fig. 9. Fester Konverter mit Gußpfanne und Gußform mit hydraulischer Ausstoßung des Gußblocks.

zu lüftenden Stopfen, aus welcher das flüssige Metall in die Gußform hinabfiel, sowie einen hydraulisch betätigten Stempel, welcher den Boden der Gußform bildete und den gegossenen Block, sobald er erstarrt war, nach oben herauszudrücken hatte, Fig. 9. Die Luft wurde vom Ring *R* aus durch 6 unterhalb liegende, punktiert eingezeichnete Düsen eingeblasen.

Alle Übelstände wurden schließlich vermieden durch die charakteristische Bessemerbirne, welche die Windzuführung im Boden hat, um Schildzapfen gekippt werden kann und in gekipptem Zustand den Boden freiläßt, so daß in dieser Lage der Wind abgestellt werden kann, ohne daß das flüssige Eisen in die Windzuführungsöffnungen fließt. Die Fig. 10 bis 16 lassen die Ausführungsform deutlich erkennen.

„Ich erinnere mich sehr gut,“ erzählt Bessemer weiter, „mit welcher Unruhe ich das Erblasen der ersten Charge von 7 Zentnern erwartete.“ Er hatte zum Besorgen des Kuppelofens und zum Einschmelzen der Charge einen Schmelzmeister bestellt.

Als alles zum Abstich fertig war, fragte der Mann: „Wohin sollen wir das Eisen ablassen?“ und Bessemer erwiderte: „Ich wünsche, daß Sie das Eisen in das Gefäß dort laufen lassen, ich werde dann kalte Luft durchblasen, um es heiß zu machen.“ Auf dieses zugespitzte Paradoxon — es liegt eine begreifliche Erfindereitelkeit darin, das Unwahrscheinliche, das durch die Erfindung zur Wirklichkeit gemacht wird, besonders hervorzuheben — meinte der Mann in mitleidig verächtlichem Ton über solche Unwissenheit: „Es wird bald alles ein Klumpen sein.“

Das Blasen ging in dem Gefäß mit der oberen Kammer ohne Anstand vor sich, und nun kam die Frage: Wird der Gußblock genügend schwinden und wird die kalte Gußform sich genügend ausdehnen, daß der Gußblock ausgestoßen werden kann?

„Es ist mir unmöglich,“ sagt Bessemer, „auch nur eine entfernte Vorstellung von den Empfindungen zu geben, mit welchem ich die rotglühende Masse, von dem hydraulischen Stempel gehoben, langsam aus der Gußform aufsteigen sah, den ersten großen gegossenen Block aus schmiedbarem Eisen, welchen ein mensch-

liches Auge erblickt hatte. Das war kein bloßer Laboratoriumsversuch mehr. In einer kompakten Masse war so viel Eisen beisammen, als zwei Puddler mit ihren zwei Gehilfen durch angestrengte Arbeit von vielen Stunden unter Aufwand großer Mengen von Brennstoff erzeugen konnten.“

„Ich hatte jetzt“, fährt Bessemer fort, „den unwiderlegbaren Beweis vor mir, daß geschmolzenes Roheisen innerhalb einer halben Stunde auf eine bis dahin unerreichte Temperatur gebracht und ihm sein Kohlenstoff- und Siliziumgehalt entzogen werden konnte, ohne einen anderen Brennstoff als den, welcher im Eisen selbst enthalten war, und ohne jede geschulte Arbeit. Was das bedeutete, mit welcher vollständigen Umwälzung dies die Eisenerzeugung der ganzen Welt bedrohte, stand mir klar vor Augen, als ich regungslos auf den glühenden Gußblock starrte.“ Wie aber sich überzeugen, daß das Metall wirklich schmiedbares Eisen war? Bessemer nahm eine Axt und hieb in die Kanten des Blocks. Die Schneide drang tief in das weiche Eisen ein, ohne es abbrechen, und damit war der Beweis erbracht, daß es kein Gußeisen war.

Trotz allem traute Bessemer seinem Urteil allein nicht und lud den angesehenen Ingenieur George Rennie ein, das Verfahren anzusehen. Rennie war von der Bedeutung der Erfindung sofort sehr eingenommen und Bessemer, der ganz richtig sie erst vollständig ausbilden wollte, bis auch die Möglichkeit eines kommerziellen Erfolges gegeben wäre, ließ sich von ihm überreden, der die Woche darauf stattfindenden Versammlung der British Association Mitteilung von seiner Erfindung zu machen.

Die British Association for the Advancement of Science, Englische Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaft, läßt sich am ehesten mit der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte vergleichen. Gleich dieser tagt sie jedes Jahr an einem andern Ort, unterscheidet sich aber dadurch, daß von altersher die technischen Wissenschaften in ihr nicht nur dem Namen nach, sondern wirklich vertreten sind.

Im Jahre 1855 fand die Versammlung am 13. August in dem englischen Städtchen Cheltenham statt. Bessemer, der seiner Mitteilung den Titel: „Die Herstellung von Schmiedeeisen und Stahl ohne Feuer“ gegeben hatte, war bereits den Tag früher dort eingetroffen und saß morgens im Hotel mit einem Bekannten beim Frühstück, als ein wälischer Eisengewerke eintrat und zu Bessemers Bekanntem sagte: „Sie müssen mit mir in eine der Sektionen kommen, es wird dort einen

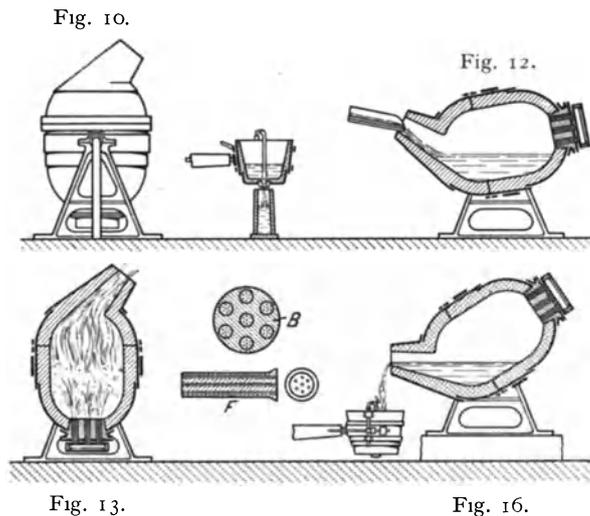


Fig. 10 bis 16. Erste Ausführung der Bessemerbirne (beweglicher „Konverter“).

Fig. 10 und 13. Stellung der Birne beim Einblasen der Luft. Fig. 12. Stellung beim Einfüllen des flüssigen Roheisens und der Zusätze. Fig. 16. Entleeren in die Gußpfanne. Fig. 11. Gußpfanne und Gußform (Kokille). Fig. 14 (B). Boden der Birne mit 7 eingestampften „Ferien“. Fig. 15 (F). Ferrie mit 7 Lufteinströmöffnungen.

Hauptspaß geben. Da ist Ihnen wirklich und wahrhaftig ein Kerl aus London gekommen, der über Erzeugung von Schmiedeeisen ohne Feuer sprechen will.“ — „Da gehen wir beide gerade hin“, sagte Bessemers Bekannter, und der andere ging ahnungslos mit ihnen.

Bessemers Vortrag wurde zuerst von den anwesenden Eisenhüttenleuten spöttisch aufgenommen, als man aber sah, daß es sich um eine wohlbegründete Tatsache handle — Bessemer hatte auch einige Proben des neuen Materials mitgebracht — änderte sich die Stimmung und am Schluß war ungeheurer Beifall.

Der erste, der sich zur Diskussion erhob, war der berühmte Ingenieur James Nasmyth, der Erfinder des Dampfhammers. Er hob begeistert den Wert von Bessemers Erfindung hervor, die zu so ungeheuren technischen und kommerziellen Folgen führen müsse, daß ihre volle Wirkung auf das Eisenhüttenwesen, ja auf die gesamte Technik Englands gar nicht zu ermessen sei.

„Ich will“, fuhr er dann fort, „in keiner Weise die Priorität des Gedankens oder der Ausführung in Anspruch nehmen, aber ich muß mich doch daran erinnern, daß ich vor einigen Jahren ein Patent auf Einführung von Dampf in das Eisen beim Puddelprozeß genommen habe. Das kann als ein erster Schritt auf diesem Wege bezeichnet werden. Aber Herr Bessemer hat mich meilenweit überholt und, ich erkläre es unumwunden, mir bleibt nichts anderes übrig, als von hier nach Hause zu gehen und mein wertloses Patent zu zerreißen.“

Der zweite Sprecher war Mr. Budd, mit welchem Bessemer das Intermezzo im Hotel gehabt hatte. Er bot Bessemer die kostenlose Benützung seines Eisenwerkes für weitere Versuche an, und Bessemer meint, daß das wohl eine ausreichende Sühne für seinen derben Spaß gewesen sei.

Beim Weggehen ließ sich Bessemer der Times-Berichterstatter vorstellen, der sich durch die spöttische Haltung der Fachleute während des ersten Teils des Vortrages hatte abhalten lassen, ausführliche Notizen zu machen. Er bat Bessemer um das Manuskript, welches am folgenden Tage, dem 14. August 1855, wörtlich in der Times abgedruckt wurde.

Der Vortrag in Cheltenham, zu dem sich Bessemer gegen sein eigenes Gefühl von Rennie hatte bestimmen lassen, und noch mehr die Veröffentlichung dieses Vortrages in der Times riefen eine ungeheure Aufregung hervor und stürzten Bessemer in einen Wirbel, der der ruhigen Entwicklung seiner Erfindung sehr schädlich war. Dieses grelle Licht der Öffentlichkeit hatte wohl den Vorteil, daß ihm durch Vergabung von Lizenzen die Geldmittel zuströmten, deren er zur Ausgestaltung des Verfahrens bedurfte. Andererseits hatte er damit alle diejenigen, die gleiche Ziele anstrebten, auf seine Spur gebracht und dadurch eine Reihe von Patentstreitigkeiten und andere Kämpfe zu bestehen.

Von ganz besonderem Interesse ist der Plan, den Bessemer gemeinsam mit seinem Freund und Teilhaber Longdon aufgestellt hatte, um seine Erfindung in der Eisenindustrie durchzusetzen. Er wollte in jedem eisenerzeugenden Bezirk einen Gewerke durch besondere Vorteile an seiner Erfindung interessieren. Dieser eine sollte den übrigen Werken als Vorbild dienen und zugleich selbst ein Interesse an der Aufrechterhaltung der Bessemerschen Patente haben. Einen Anteil an seinen Patenten wollte Bessemer aber doch nicht aus der Hand geben, und so kam er auf den Ausweg, von dem ersten Lizenzerwerber in jedem Bezirk die Vorauszahlung der Lizenzgebühr — 10 sh = M. 10,— pro Tonne — für einen Teil seiner Jahreserzeugung zu verlangen und ihm für diese einmalige Zahlung dagegen das

Recht einräumen, daß er für diesen Teil seiner Erzeugung weiterhin nur einen Anerkennungszius — 1 farthing = 2 Pfennige pro Tonne — und erst für den anderen Teil seiner Erzeugung fortlaufend die volle Lizenzgebühr zu zahlen hatte.

Wenige Wochen nach dem Cheltenhamer Vortrag hatte Bessemer auf diese Weise bereits 27 000 Pfund = M. 540 000,— an Lizenzgebühren erhalten.

Mittlerweile hatten alle Anlagen, die für die Ausführung des Bessemerprozesses errichtet worden waren, versagt. Das Eisen, mit welchem Bessemer seine Versuche gemacht hatte, hatte er von seiner Gießerei kommen lassen, und diese bezog, wie auch andere Londoner Gießereien, ein sehr phosphorarmes Eisen aus Blaenavon. Erst jetzt stellte sich heraus, wie schwer solches Eisen in größeren Mengen erhältlich war. Ein anderer wesentlicher Umstand, der Bessemers erste Versuche günstig beeinflußt hatte, kam ihm erst viel später zum Bewußtsein, als Thomas und Gilchrist im Jahre 1878 gezeigt hatten, daß bei basischer Ausfütterung der Birne oder des Ofens der Phosphor verbrannt wird und in die Schlacke geht. Bessemer hatte bei seinen Versuchen noch feuerfesten Ton als Futter genommen, seine Lizenzträger verwendeten dagegen durchwegs kieselhaltige Ausfütterung und behielten dadurch den ganzen Phosphor im Eisen.

Der Mißerfolg machte ebensolches Aufsehen wie der ursprüngliche Erfolg, und die Presse wie die Öffentlichkeit überhaupt äußerte sich in scharfen Urteilen über Bessemer und sein Verfahren. Die Eisenwerke, die Lizenzen von Bessemer erworben und ihr Vertrauen in seine Erfindung durch Zahlung großer Summen ausgedrückt hatten, ergaben sich ohne Widerstand in das scheinbar Unabwendbare.

„Meinerseits“, sagt Bessemer, „verlor ich, so bestürzt ich auch auf den ersten Ansturm war, keinen Augenblick das feste Vertrauen, daß alles wieder gut werden müsse. Ich hatte einen zu tiefen Einblick in das Prinzip, auf welchem die ganze Theorie aufgebaut war, als daß ich an seiner Richtigkeit hätte zweifeln können. Mich in der Presse zu verteidigen, wäre zwecklos gewesen, ich entschloß mich nach langer und sorgfältiger Überlegung zu der einzigen Rechtfertigung, die mir übrig blieb, zur Fortsetzung der Versuche, bis aus der wissenschaftlich begründeten Erfindung auch ein industrieller Erfolg geworden wäre. Allerdings war ich durch die abgeschlossenen Lizenzverträge in den Besitz großer Summen gelangt, die ich von rechtswegen mein Eigen nennen konnte, denn sie waren ebensogut Einsatz bei einer Spekulation gewesen, wie die Kosten, welche ich selbst aufgewendet hatte. Ich wollte es aber nicht dabei bewenden lassen.“

„Dabei hatte ich Pflichten gegen mich selbst und meine Familie. Ich hatte zwei Jahre wertvoller Zeit, viele anstrengende Arbeit und viel Geld auf diese Erfindung verwendet, und ein Teil des Ertrages gehörte nach Recht und Billigkeit meiner Familie. Nachdem ich die Gefahren, die mächtige Gegnerschaft, gegen welche ich zu kämpfen hatte, nach allen Richtungen überlegt hatte, kam ich zu dem Schlusse, daß es meine Pflicht war, für meine Frau die Summe von 10 000 Pfund zu deponieren, so daß ich durch die weitere Verfolgung meiner Erfindung und durch Patentprozesse nicht vollständig ruiniert werden konnte. Danach blieben mir noch 12 000 Pfund, welche ich nötigenfalls auf die Vervollkommnung meines Verfahrens ausgeben konnte. Mein Teilhaber Longdon, der unbegrenztes Vertrauen zu mir hatte, teilte mir seinen Entschluß mit, bis zum Ende mit mir zu halten und seinen Teil der Kosten zu tragen.“

Als erstes versicherte sich Bessemer der Dienste eines tüchtigen Chemikers, Professor Henry, der die Aufgabe hatte, die wichtigsten englischen Roheisensorten

sowie bei den Versuchen jedes der verwendeten Materialien und das Endprodukt zu analysieren. Das Resultat aller Analysen und Versuche war ein ungünstiges, das englische Roheisen erwies sich als zu phosphorreich. Viele Monate Arbeit und viele Tausende Versuchskosten waren vergebens aufgewendet, und selbst die nächsten Freunde und Angehörigen Bessemers drängten in ihn, von seinen vergeblichen Beginnen zu lassen. Er sah ein, daß die ganze Sache von einer anderen Seite angepackt werden müsse. Es war notwendig, für den Bessemerprozeß eigenes, phosphorärmeres Roheisen zu erzeugen. Inzwischen kam es darauf an, solches reines Roheisen zu nehmen wo es zu finden war, und Bessemer ließ für die Versuche bestes Holzkohlenroheisen aus Schweden kommen. Solches Roheisen stellte sich in London auf den achten Teil des Preises, der für Tiegelstahl gezahlt wurde, es war also ganz gut möglich, aus diesem Rohmaterial Stahl mit wesentlich geringeren Erzeugungskosten herzustellen. Der Versuch gelang vollständig, und die Durchführbarkeit von Bessemers Erfindung war auf das glänzendste bewiesen. Trotzdem fand sich kein Eisenwerk mehr, welches das Verfahren anwenden wollte. Es war noch in zu frischer Erinnerung, wie die ungeheuren Erwartungen, die Bessemers Vortrag hervorgerufen hatte,

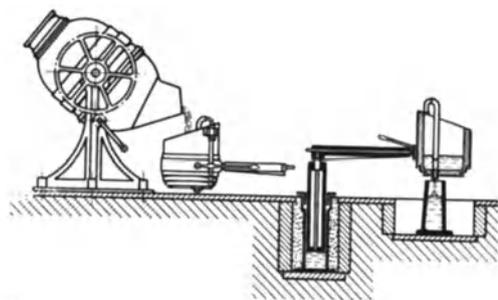


Fig. 17. Erste Anlage im Stahlwerk Bessemer & Co. in Sheffield.

enttäuscht worden waren. Jedes der Sheffielder Stahlwerke, an welche sich Bessemer wendete, wollte sich nur unter der Bedingung auf die Sache einlassen, daß ihm das Alleinausführungsrecht für England zugestanden würde. Bessemer blieb, wenn er sein Verfahren verwirklicht sehen wollte, nichts anderes übrig, als selbst ein Stahlwerk zu errichten, und er tat das gemeinsam mit seinem Schwager

Allen und seinem Kompagnon Longdon in Sheffield selbst. Fig. 17 zeigt die erste Anlage, bei der die Birne noch von Hand bewegt wird, aber schon ein drehbarer hydraulischer Gießkran vorhanden ist. Fig. 18 veranschaulicht die darauf folgende, den heutigen schon ganz ähnliche Anlage. Dieses Unternehmen hatte keinen Anteil am Patentbesitz, es hatte nur keine Lizenzgebühren zu zahlen, als Äquivalent dafür, daß den anderen Lizenznehmern das Verfahren dort gezeigt und gelehrt wurde. Später traten auch die Inhaber der bekannten Maschinenfabrik Galloway in Manchester, nachdem sie sich durch Benützung von Bessemerstahl für ihre Werkzeuge von dem Wert desselben überzeugt hatten, als Teilhaber in dieses heute noch bestehende Werk Bessemer & Co. ein.

Bessemer erzählt, wie sie in Sheffield Metall mit $1\frac{1}{2}$, mit 1 und mit $\frac{1}{2}$ vH Kohlenstoff, sowie, wie er angibt, reines Eisen herstellten. Diese vier Sorten wurden durch Ausfließenlassen in Wasser granuliert, und es konnte durch Mischen der auf diese Weise erhaltenen kleinen Körner in abgewogenen Mengen und durch Umschmelzen dieser Mischung in Tiegeln Werkzeugstahl von jedem gewünschten Kohlenstoffgehalt hergestellt werden.

Mit einigem Stolz führt Bessemer auch den geschäftlichen Erfolg des Sheffielder Werks an. In 14 Betriebsjahren hatte es das 57fache des Anlagekapitals getragen und wurde nach diesen 14 Jahren, als es in den Alleinbesitz von Bessemers Schwager Allen überging, um das 24fache des Anlagekapitals verkauft. Jeder der

Teilhaber hatte somit in dieser Zeit im ganzen das 81fache seines Kapitals erhalten, entsprechend einer jährlichen Verzinsung von fast 600 vH.

Nachdem auf diese Weise die Durchführbarkeit des Bessemerverfahrens für hochwertiges schwedisches Roheisen technisch und wirtschaftlich gelöst war, ging Bessemer noch während des Baues seiner Sheffielder Werke an die größere Aufgabe, sich inländisches Roheisen von hinreichend geringem Phosphorgehalt zu verschaffen, um auch mit diesem den Bessemerprozeß erfolgreich durchführen zu können. Durch seine zahlreichen Analysen war es ihm gelungen, unter den englischen Eisenerzen eine Anzahl phosphorarmer ausfindig zu machen. Besonders ein Eisenwerk war im Besitz phosphorfreier Roteisensteinlager, während das von ihm aus diesem Erz erzeugte Roheisen einen hohen Phosphorgehalt hatte. Bessemer setzte sich mit den Direktoren des Werks in Verbindung und stellte ihnen in Aussicht, daß er

und seine Lizenznehmer große Mengen Roheisen abnehmen würden, wenn dieses ebenso phosphorfrei erzeugt würde, wie das Erz vor dem Einschmelzen war. Er machte sich ferner anheischig, die Ursache der Verunreinigung ausfindig zu machen, wenn man ihm in alles Einblick gewähren wolle. Dies wurde zugestanden, er besichtigte die Erze und Zuschläge, nahm Proben für chemische Analysen, konnte aber keine Materialien entdecken, welche als die Ursache des Phosphorgehaltes angesehen werden konnten, bis er beim Weggehen zufällig auf einen Schlackenhaufen stieß. Es

stellte sich heraus, daß man Erzstaub nach Staffordshire schickte, wo er als Zuschlag für die Puddelöfen diente, und daß dann die mit Eisen angereicherte Schlacke wieder als Flußmittel für die Hochöfen zurückgeschickt wurde. Nun war die Sache aufgeklärt. Während das phosphorreiche Staffordshirer Eisen beim Puddelprozeß gereinigt wurde, brachte man es auf diese Weise zuwege, das reinste Erz, das England besaß, mit Phosphor zu verunreinigen. Bessemer nahm von allem Proben mit, ließ durch seinen Chemiker, Professor Henry, Analysen machen und eine neue Hochofenbeschickung mit einem unschädlichen Flußmittel berechnen. Er machte nun dem Eisenwerk das Angebot, 100 Tonnen Roheisen nach seiner Vorschrift zu erblasen, welche er, wie immer sie ausfallen würden, übernehmen werde. Das Angebot wurde angenommen. Bessemer ließ in die Gußformen ein großes B machen, und das war die erste Lieferung von Bessemer-Roheisen, wie es seitdem auf dem Eisenmarkt eine so große Rolle gespielt hat.

Damit war die letzte grundsätzliche Schwierigkeit beseitigt, und das Bessemerverfahren brach sich unaufhaltsam Bahn. Endgültig entscheidend für den Erfolg war die Londoner Weltausstellung 1862, auf welcher Bessemer eine Menge der verschiedensten Gegenstände, vom Rasiermesser bis zur Kanone, alle aus seinem

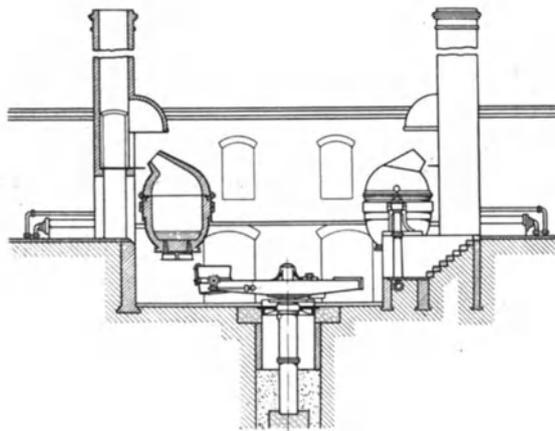


Fig. 18. Verbesserte Anlage im Stahlwerk Bessemer & Co. Zwei hydraulisch drehbare Birnen und Gießkran. Die halbrunde Gießgrube und ein hydraulischer Kran zum Ein- und Ausheben der Gußformen liegen vorne.

Stahl angefertigt, ausgestellt hatte. Die Fig. 19 bis 23 zeigen einige der besonders bewunderten Proben. Der Erfolg der Ausstellung kommt am deutlichsten darin zum Ausdruck, daß der Maschinenfabrikant Platt, Mitbesitzer der

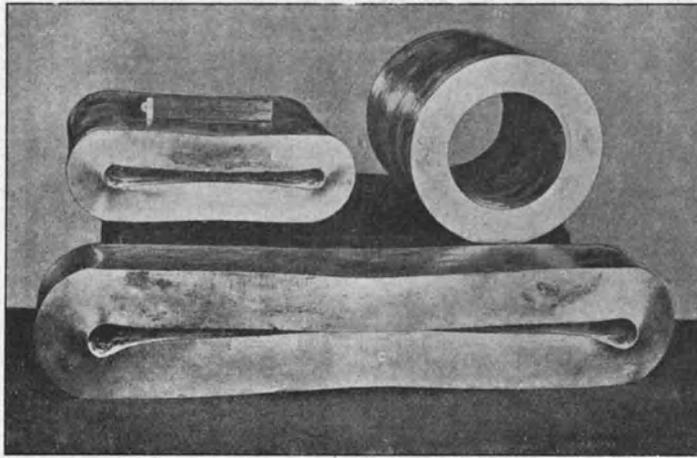


Fig. 19. Geschützrohre aus weichem Bessemerstahl, unter dem Dampfhammer flachgeschlagen.

Bohrung der oberen Rohre $4\frac{1}{2}$ Zoll, Wandstärke $\frac{3}{4}$ Zoll engl. Ausgestellt auf der Weltausstellung in London 1862, später im South Kensington Museum, gegenwärtig im Besitz des Iron and Steel Institute.

am Patent. Mit einiger Genugtuung führt Bessemer an, daß dieser Viertelanteil sich im Lauf der Jahre auf über M. 5 200 000,— belief.

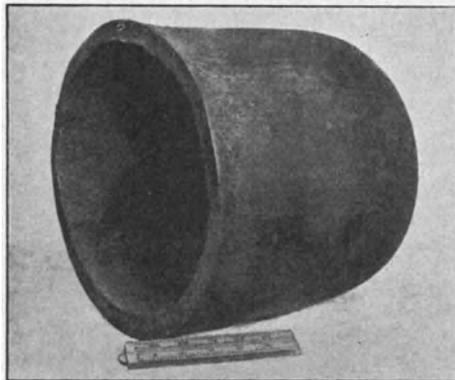


Fig. 20. Bessemer-Kesselblech durch Ziehpressen in Topfform gebracht.

Dicke $\frac{3}{4}$ Zoll, Durchmesser 11 Zoll engl., Durchmesser der zur Herstellung verwendeten Blechscheibe 27 Zoll engl. Ausgestellt bei einem Vortrag Bessemers vor der Institution of Mechanical Engineers in Sheffield 1861.

Die Ebbw Vale Werke waren ihm sehr gut bekannt. Der Hauptbesitzer der Werke, Brown, hatte ihm bald nach dem Bekanntwerden der Erfindung 50 000 Pfund für das englische Patent geboten und war auf die glatte Ablehnung Bessemers

bekannt. Der Erfolg der Ausstellung kommt am deutlichsten darin zum Ausdruck, daß der Maschinenfabrikant Platt, Mitbesitzer der bekannten Maschinenfabrik Mather & Platt in Oldham, zusammen mit neun Geschäftsfreunden einen Anteil am Bessemerpatent zu erwerben wünschte. Da Bessemer die freie Verfügung über sein Patent nicht aus der Hand geben wollte, erklärten sie sich auch damit einverstanden, solange er selbst den halben Anteil an seinen Patenten besitze, und erwarben für M. 1 000 000,—

einen Viertelanteil

Für die Schwierigkeiten, welche sich bei der Behauptung der Patente Bessemers ergaben, und für die Art, in welcher er solcher geschäftlicher Schwierigkeiten Herr wurde, ist eine Episode, recht bezeichnend, die er am Schlusse seiner Lebenserinnerungen erzählt.

Auf einer Geschäftsreise hörte er eines Tages seinen Namen nennen: „Ich bin doch neugierig, was dieser Teufels-Bessemer dazu sagen wird“, sagte einer von zwei jungen Leuten, die ihm im Wagen gegenüber saßen. Aus weiteren Bruchstücken des Gespräches und aus dem Ort, an welchem die unvorsichtigen jungen Leute ausstiegen, kombinierte er, daß es sich um die Umwandlung der Ebbw Vale Eisenwerke in eine Aktiengesellschaft handle.

im höchsten Zorn mit den Worten weggegangen: „Ich werde Sie die Sache noch anders ansehen lehren.“

Später, gelegentlich eines Vortrages in der Institution of Civil Engineers, erzählte Brown selbst, wie sehr er sich für den Bessemerprozeß interessiere und daß er bereits mehr als 7000 Pfund für Versuche ausgegeben habe. Eine Lizenz hatte er von Bessemer aber nicht erworben, dagegen hatte teils das Werk, teils dessen Direktor Parry Patente genommen, durch die mit sehr komplizierten Abweichungen vom Bessemerverfahren ebenfalls durch Einblasen von Luft Stahl erzeugt werden sollte.

Bessemers Entschluß war sofort gefaßt. Er fuhr noch in der Nacht nach London

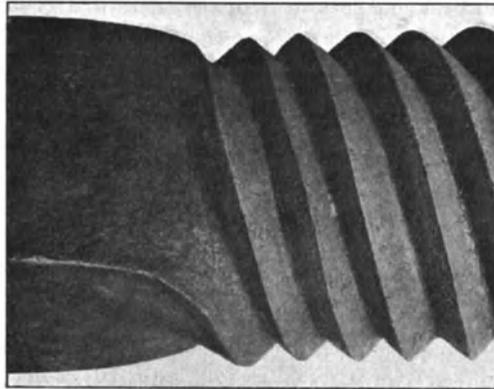


Fig. 21. Bessemer-Quadratstahl, kalt verdreht. Ausgestellt beim Vortrag in Sheffield 1861.

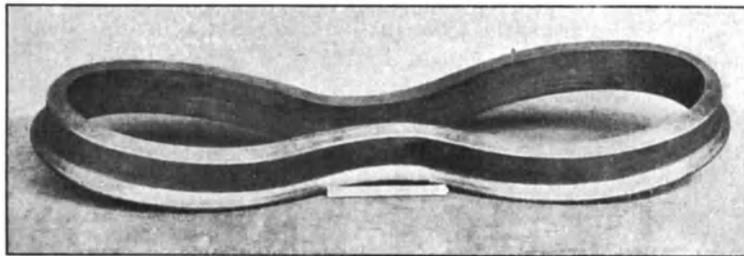


Fig. 22. Lokomotivradreifen aus Bessemerstahl, unter dem Dampfhammer bis zur Berührung zusammengeschlagen. Unten ein Maßstab von 1 Fuß engl. Länge. Ausgestellt im South Kensington Museum.

zurück und trat am nächsten Morgen bei dem Bankier der Ebbw Vale Werke, der vergebliche Versuche machte zu leugnen, mit den Worten ein, daß die Aktiengesellschaft nicht ohne seine Zustimmung gegründet werden könne und dürfe.

„Das müßte erst noch bewiesen werden“, entgegnete der Bankier. „Gewiß“, sagte Bessemer darauf, „wenn Sie einmal Ihre Aktiengesellschaft gegründet haben und über mehrere Millionen Aktienkapital verfügen, habe ich als Einzelner einen schweren Stand und kann mich vielleicht in jahrelangen Patentprozessen zugrunde richten, bevor ich mein Recht finde. Soweit brauche ich es aber nicht kommen zu lassen. Ich kann von hier direkt zu meinem Advokaten gehen und gegen jedes der Ebbw Vale Patente eine Einspruchsklage ausfertigen lassen. Inzwischen lasse ich Tausende von roten



Fig. 23. Gefäße aus Bessemerblechscheiben von 11 Zoll engl. Durchmesser und $\frac{1}{16}$ Zoll engl. Stärke durch Drucken auf der Drehbank hergestellt.

Die Vase links hat $4\frac{1}{2}$ Zoll Höhe und $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Ausgestellt auf der Weltausstellung in London 1862

und blauen Zetteln drucken, des Inhalts, daß ich, Henry Bessemer, gegen die Ausübung Ihrer Patente gerichtlichen Einspruch erhebe, daß ich Ihnen bisher keine Lizenz auf die Ausübung meines Patenten gegeben habe und sie Ihnen auch überhaupt nicht geben werde. In einigen Stunden kann jedes Haus in der City mit solchen Zetteln beklebt sein. Ich kann auch, wie in Wahlzeiten, Wagen durch die Stadt fahren lassen mit Plakaten, auf denen das gleiche steht, so daß jeder Geschäftsmann in der City davon Kenntnis erhalten muß. Dann können Sie ja sehen, wie Sie Ihre Aktien an den Mann bringen.“

„Die Schweißeisenerzeugung hat ausgespielt, wenigstens soweit es sich um Schienen handelt. Ihre Gesellschaft muß zur Stahlerzeugung übergehen, oder sie kann ihre Werke zusperren, und es ist schon allerhöchste Zeit. Mein Verfahren hat große Anlagen mit ganzen Reihen von Puddelöfen wertlos gemacht, und Ihre alten, schwachen Walzwerke, die für Schweißisen gut genug waren, haben heute den Wert von altem Eisen. Wenn Ihre Auftraggeber von Ihnen in ruhiger, geschäftlicher Weise über den Sachverhalt aufgeklärt werden, werden sie wahrscheinlich geneigt sein, einen Vergleich zu schließen. Sprechen Sie mit ihnen und geben Sie mir dann Bescheid. Aber beim ersten Schritt, den Sie in der Öffentlichkeit unternehmen, bin ich auf dem Posten.“

Zwei Tage nachher war ein Übereinkommen geschlossen, bei dem Bessemer seinem Feind goldene Brücken gebaut hatte. Von 40 000 Pfund, die das Werk inzwischen für Versuche ausgegeben hatte, wurden 25 000 Pfund auf die Lizenzgebühren in Anrechnung gebracht, Bessemer verzichtete also so lange auf Lizenzgebühren, bis dieser Betrag erreicht war. Dafür enthielt der Vertrag die Anerkennung, „daß Bessemers Patente neu und nützlich, daß sie in den Patentschriften genügend beschrieben waren und allen gesetzlichen Anforderungen entsprachen“. Damit begaben sich die Besitzer der gegnerischen Patente für die Zukunft jeder Möglichkeit, die Bessemerschen Patente anzufechten.

Außerdem bezahlte Bessemer für ein im persönlichen Besitze des Direktors Parr y befindliches Patent 5000 Pfund in bar. „Nicht daß diese Patente“, fügt er in seiner trockenen Art hinzu, „das Papier wert gewesen wären, auf dem sie geschrieben waren, aber so lange sie zu Recht bestanden, waren sie Waffen gegen mich und konnten dazu benützt werden, mich durch jahrelange Patentstreitigkeiten lahmzulegen.“

Ein heikles Kapitel in Bessemers Leben ist sein Verhältnis zu Robert Mushet. Bessemer hatte sein Verfahren ursprünglich so gedacht und durchgeführt, daß der Wind in dem Augenblick abgestellt wird, in welchem das Eisen die gewünschte Beschaffenheit erreicht hat, daß die Entkohlung also bei Erreichung des gewünschten Kohlenstoffgehaltes unterbrochen wird. Mushet hatte dagegen bald nach dem Bekanntwerden von Bessemers Erfindung ein Patent darauf genommen, dem Eisen, nach Durchführung des Verfahrens bis zur vollständigen Entkohlung, die als Spiegeleisen bekannte Mangan-Kohlenstoff-Eisenverbindung zuzusetzen. Dieser gleichzeitige Zusatz von Kohlenstoff und Mangan, um durch letzteres den bei der vollständigen Entkohlung auftretenden überschüssigen Sauerstoff zu beseitigen, bildet bekanntlich das seitdem allgemein verwendete Verfahren der Rückkohlung.

Man kann es gewiß sehr gut begreifen, daß Bessemer, der eine weltbewegende Erfindung gemacht und sie gegen die Ungunst der Verhältnisse und gegen die Feindschaft der Menschen unter verzweifelten Anstrengungen durchzusetzen wußte, sich mit allen Kräften dagegen wehrte, daß andere sich seiner Erfindung bemächtigten,

um sie weiterzuentwickeln. Er durfte sicher sein, alles was nötig war, selbst zu finden und auszubilden, wenn ihm nur Zeit und Ruhe dazu gelassen war, und er mußte daher die vorgreifenden Schritte anderer als Eingriff in seine Rechte empfinden.

Bessemer beruft sich darauf, daß der Grundsatz der Rückkohlung sowohl wie auch der des Zusatzes anderer Metalle zum Zweck der Verbesserung bereits in seinem Patent enthalten sei, daß die Erzeugung von hochwertigem Tiegelstahl aus gewöhnlichem englischem Eisen seit jeher nur auf dem Zusatz von Mangan beruhe, daß er auch selbst schon nach den allerersten ungünstigen Erfahrungen mit englischem Eisen sich um die Erzeugung von Ferromangan zum Zweck des Zusatzes bemüht und den Gasgehalt vollständig entkohlten, flüssigen Eisens im Vakuum untersucht habe. Sein Standpunkt ist der, daß das Mushetsche Patent nichts Neues enthalte und auch der gleichzeitige Zusatz von Kohlenstoff und Mangan jedem freistehen müsse.

Wie sehr sich Bessemer im Recht fühlte, beweist sein Verhalten gegen das Angebot Mushets, ihm das Spiegeleisenpatent gegen einen nur nominellen Anerkennungspreis zu verkaufen. Bessemer lehnte das ab, erklärte sich aber bereit, seinem Gegner selbst alle Beweise für eine Patentverletzungsklage zu liefern. Er sei bereit, in Gegenwart von Mushets Vertreter Stahl mit Spiegeleisenzusatz zu erzeugen und ebenfalls in dessen Gegenwart an einen Kunden zu verkaufen.

Nach dem Patentrecht und nach seinem berechtigten Ehrgeiz, die eigene Erfindung auch allein durchzuführen, mag Bessemer im Recht gewesen sein. Immerhin bleibt die Tatsache, daß in den 70er Jahren die goldene Bessemermedaille, die Bessemer selbst dem Iron and Steel Institute gestiftet hatte, Mushet für seine Verdienste um die Vervollkommnung des Bessemerprozesses verliehen und in Bessemers Gegenwart überreicht wurde. Es liegt viel Tragik darin, daß Robert Mushet, der sich wie sein Vater sein Leben lang um die Vervollkommnung der Stahlerzeugung bemüht hatte, an dessen Namen sich die Verbesserung des Werkzeugstahls und die Einführung der Spezialstähle knüpft, seine Patente aus Mangel an Mitteln verfallen lassen und im Alter von Bessemer eine Jahresrente annehmen mußte.

In dem halben Jahrhundert, das seit der Einführung von Bessemers Erfindung vergangen ist, hat sich viel geändert. Die Thomassche Verbesserung durch basische Ausfütterung der Birne hat fast allgemeine Anwendung gefunden, und selbst in Amerika, wo noch vorwiegend nach dem ursprünglichen Bessemerverfahren gearbeitet wird, scheint die Erschöpfung der phosphorarmen Erzlager eine Änderung erforderlich zu machen. Immer mehr gewinnt die Erzeugung von Eisen und Stahl im Flammofen durch das Siemens-Martin-Verfahren an Umfang, immer deutlicher läßt sich auch schon die Verfeinerung im elektrischen Ofen bei weitestgehender Unabhängigkeit vom Rohmaterial als nächste Stufe erkennen. Der eigentlich entscheidende Schritt, der Übergang zur Flußeisenerzeugung und die damit verbundene Umwälzung der gesamten Technik wird aber wohl immer mit Bessemers Namen verknüpft bleiben.

Im Jahre 1869 zog sich Bessemer von den Geschäften zurück und widmete sich ganz seiner Familie, der künstlerischen Ausschmückung seines Landsitzes Denmark Hill und seinen Liebhabereien. Nur einmal faßte ihn noch die Erfinderleidenschaft, als er nach einer stürmischen Fahrt über den Kanal, einer Reise, die er immer schlecht vertragen hatte, ein Schiff mit einem beweglich gelagerten Salon kon-

struierte, welcher durch hydraulische Steuerung jeweilig mittels Libelle horizontal eingestellt werden konnte und dadurch vor der Seekrankheit bewahren sollte. Das Schiff hatte viele interessante Einzelheiten, so auch bereits ein durch eine Dampfturbine angetriebenes Schwungrad, das durch die bekannte Eigenschaft der Erhaltung der Schwingungsebene dem beweglichen Salon Stabilität geben sollte, derselbe Gedanke, der dem vor einigen Jahren erfundenen Schlicksches Schiffskreisel und der Brennanschen Einschienenbahn zugrunde liegt. Infolge seiner großen Abmessungen erlitt der Dampfer aber bei der Hafeneinfahrt Schiffbruch, und Bessemer gab, nachdem er viel Geld in die Sache hineingesteckt hatte, weitere Bemühungen auf. Mehr Erfolg hatte er mit einer neuartigen, mechanischen Diamantschleiferei, die er seinem Enkel einrichtete, mit dem Bau einer Sternwarte,

eines großen astronomischen Fernrohres, eines Ofens mit Hohlspiegel zur Ausnützung der Sonnenwärme und anderen Dingen mehr.

Im Jahre 1898 starb er im 85. Lebensjahre nach fast 30-jähriger Zurückgezogenheit.

Bessemers Leben gibt uns ein Bild von Leistungen, wie sie nur durch das Zusammentreffen einer überragenden Begabung mit günstigen Umständen für die Entwicklung dieser Begabung möglich waren. Seine Begabung war die unerläßliche Voraussetzung für solche Leistungen, trotzdem sollte aber nicht unterschätzt werden, einen wie großen Anteil an Bessemers Leistungen auch die freie ungehinderte Entwicklung seiner Fähigkeiten hatte.

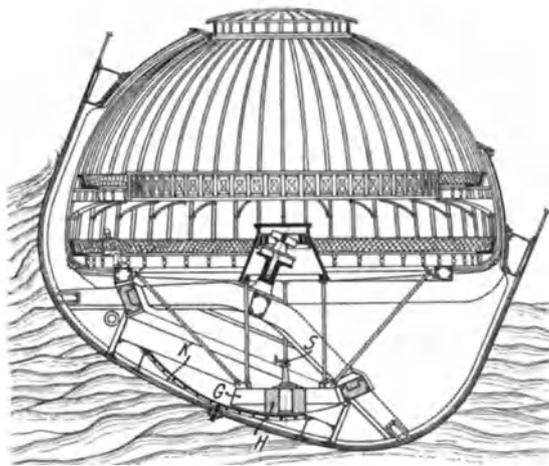


Fig. 24.

Dampfer mit beweglich gelagertem runden Salon.

Erstes Projekt, dargestellt bei Rollen des Schiffes. Unten ein Gegengewicht *G* mit einem Holzfutter *H*, welches auf der Kugelfläche *K* läuft und gegen diese mittels der Schraube *S* angedrückt werden kann, um die Bewegung des Salons ganz oder teilweise abzubremmen.

Der Einzelne und die Gesamtheit sind sich noch immer viel zu wenig bewußt, wie wichtig es ist, daß jede Begabung an den richtigen Platz gelangt. Ein gewisses Maß von Fähigkeiten ist wohl in jedem Menschen vorhanden und dem entspricht auch für jeden Menschen ein ganz bestimmtes Tätigkeitsgebiet, auf dem er Nützliches zu leisten vermag, Nützlicheres als er selbst und andere in der Regel zu glauben geneigt sind.

Unsere Zustände sind dem Durchringen des Einzelnen viel weniger günstig, als diejenigen der englisch sprechenden Länder. Erziehung und Unterricht mag dort wohl mangelhafter sein, für die Ausbildung und Entdeckung angeborener Fähigkeiten sind die Vorbedingungen aber offenbar weit günstiger. Trotz der hohen Entwicklung unseres Volksbildungswesens kann man sich schwer vorstellen, daß auch bei uns ein Buchbinderlehrling wie Faraday den Weg zum richtunggebenden Physiker zu finden vermöchte, ganz abgesehen von der ungezählten Menge der kleinen Begabungen, für die in ihrer Art ganz das Gleiche gilt.

Seit Bessemers Erfindung ist das einst führende England von Amerika, im letzten Dezennium auch von Deutschland überflügelt worden und sucht mit

Hochschulen und Versuchsanstalten dem Zeichen zu folgen, in dem Deutschland gesiegt hat. Die Wurzeln der englischen Kraft sind aber heute die gleichen, wie zu Bessemers Zeiten. Der englische Industrielle und Eisengewerke, der hartnäckig persönlichen Besitz und persönliches Interesse an der Fabrikation wahrt, der englische Erfinder und Forscher, der seine eigenen, oft weit von der breiten Heerstraße abweichenden Wege geht, vielleicht ist wieder unter ihnen der neue Bessemer, dem die Lösung der großen Aufgabe der nächsten Zukunft, die Massenerzeugung von Qualitätsmaterial, vorbehalten ist.

Zur Geschichte der Photographie.

Von

Dr. Gotthelf Leimbach, Göttingen.

Die im folgenden beabsichtigte Schilderung der Entwicklung der photographischen Verfahren wird keineswegs eine erschöpfende sein. Im Laufe der Zeit ist auf diesem Gebiete unglaublich viel gearbeitet worden, darunter auch sehr viel der Erwähnung Wertes. Prof. Dr. J. M. Eder¹⁾ in Wien hat die Riesearbeit auf sich genommen und durchgeführt, das gesamte, überaus zerstreute Material zu sammeln. Schon allein der historische Teil des von ihm herausgegebenen „Ausführlichen Handbuches“ enthält eine solche Fülle von Material, daß es dem Laien kaum möglich ist, das Wichtigste herauszufinden. Ich bin daher der Überzeugung, daß bei einem großen Teil der gebildeten Welt eine die wichtigsten Fortschritte berührende Darstellung der Entwicklung der Photographie und kurze Skizze ihrer Grundlagen auf Interesse stoßen wird.

Ausgehend von der Entwicklung der Vorstellung über die Natur des Lichtes, soll in dieser Darstellung von der chemischen Wirkung des Lichtes auf organische und unorganische Körper, die Grundlage aller photographischen Verfahren, die Rede sein. Ausführlich werden wir uns sodann mit Niepce und Daguerre, den Erfindern der ersten praktisch brauchbaren Methoden zu befassen haben. Daran wird sich die Schilderung der Entwicklung des Negativ- und Positivverfahrens schließen. Ein großer Abschnitt wird den verschiedenen Methoden der jetzt zu hoher Blüte kommenden Farbenphotographie gewidmet werden, während ein kurzer Überblick über die Anwendungen der Photographie den Beschluß bilden soll. — Die Literaturangaben sind dem Ederschen Handbuche zum größeren Teile entnommen.

Die Entwicklung der Vorstellung über die Natur des Lichtes.

Den auf hoher Kulturstufe stehenden alten Griechen verdanken wir unter vielem anderem auch die ersten Gesetze des in der ganzen Schöpfung so wichtigen Lichtes, an deren Formulierung sie sich versuchten, sobald sie die Möglichkeit einer solchen eingesehen hatten.

Den Philosophen des Altertums gab das Licht schon sehr früh Veranlassung zur Entwicklung von Vorstellungen und Theorien über seine Natur, deren richtige Erkenntnis die Grundlage für eine Chemie des Lichtes, die spätere Photochemie, bilden mußte. Die Auffassung Platos, Epikurs und Hipparchs von dem Lichte und dem Sehen konnte für die Entdeckung photochemischer Vorgänge nicht günstig

¹⁾ J. M. Eder, Ausführliches Handbuch der Photographie, dem auch die Abbildungen dieses Aufsatzes entnommen sind.

sein, da nach ihr das Sehen als ein Ausströmen der Lichtstrahlen aus dem Auge erklärt und so in Analogie mit dem Tastsinn gebracht wurde. Empedokles hielt das Licht für etwas Körperliches, während Aristoteles dem Lichte jede Masse absprach und es als Bewegung des Mittels zwischen Auge und Objekt auffaßte. Diese beiden Theorien finden wir zwei Jahrtausende später von neuem vor, ein Beweis dafür, wie weit Aristoteles, der mit seiner Auffassung recht behalten sollte, seiner Zeit vorausseilte.

Das Mittelalter, insbesondere die Alchymisten mit ihren verworrenen Ansichten förderten die Erkenntnis nicht. Man beobachtete zwar an mehreren Stellen einen Einfluß des Lichtes, schrieb diesen aber lediglich der gleichzeitig auftretenden Wärme zu. So benutzte man die Wärmewirkungen der Sonne z. B. zu der in südlichen Ländern vielfach angewandten Sonnendestillation, ohne noch andere Kräfte in ihren Strahlen zu vermuten. Photochemische Wirkungen des Sonnenlichtes sind nicht einmal von bedeutenden Gelehrten wie Porta, dem Erfinder der Camera obscura, von Kepler, Huyghens, Newton u. v. a. richtig erkannt worden.

Eine der ersten neuen Theorien finden wir 1764 bei dem Osnabrücker Apotheker Jos. Fr. Meyer¹⁾. Er erhielt Schwärzungen von Silber- und Quecksilbersalzen einmal durch Kalkwasser, dann aber auch durch Sonnenlicht — zwei im übrigen ganz verschiedene Effekte — und erklärte den des Kalkwassers so, daß dieses „reine Feuertheilchen“ enthalte. Dem Lichte wurde also von neuem Materie zugeschrieben. Nach der Anschauung Scheeles²⁾ (1777) kommt die Überführung von Silberoxyd und Quecksilberoxyd in Metall durch das Licht so zustande, daß Phlogiston aufgenommen wird. Als Phlogiston wurde nach dem Philosophen Stahl (1660—1734), das den brennbaren Körpern Gemeinsame bezeichnet, das ihnen Entzündbarkeit und Brennbarkeit verleiht. Der Anschauung Scheeles schloß sich auch Priestley bei seinen Versuchen über die Rötung der Salpetersäure an und schrieb dem Licht Gehalt an Phlogiston zu. Opoix erklärte 1777 die Bleichwirkung für eine Wirkung des Lichtes und nicht der Luft, wie man bis dahin vermutete; nach seiner Ansicht verlieren die bleichenden Körper Phlogiston. Zwanzig Jahre später bestritt Rumford überhaupt jede Lichtwirkung und stellte sie lediglich der Wärmewirkung gleich, glücklicherweise ohne der Entwicklung der Photochemie durch diesen Irrtum zu schaden.

Besonders interessant ist der Streit Newtons und Huyghens um die Natur des Lichtes, der schon Ende des 18. Jahrhunderts eingesetzt hatte. Während Newton dem Lichte Materie zuschrieb und es so erklärte, daß jede Lichtquelle leuchtende Teilchen aussende (Emissionstheorie), wollte Huyghens das Licht als Schwingungen eines hypothetischen Äthers aufgefaßt wissen (Undulationstheorie). Gerade die photochemischen Wirkungen des Lichtes glaubte man als Beweis für die Richtigkeit der Newtonschen Theorien anführen zu können. Das 19. Jahrhundert fördert die Erkenntnis wesentlich. Jetzt drängen sich die Entdeckungen. 1800 untersuchte Herschel die ungleiche Verteilung der Wärme im Sonnenspektrum und gab dadurch zu zahlreichen neuen Arbeiten Veranlassung. So folgte 1801 bereits Ritters Entdeckung der unsichtbaren ultravioletten Strahlen mit

1) Jos. Fr. Meyer, Chymische Versuche zur näheren Erkenntnis des ungelöschten Kalches, der elastischen elektrischen Materie, des allerreinsten Feuerwesens und der ursprünglichen allgemeinen Säure. Hannover-Leipzig 1764.

2) Scheele, Aëris atque ignis examen chemicum. Upsala et Lipsia 1777.

Hilfe von Chlorsilberpapier. 1802 finden wir zum erstenmal bei Wollaston die Bezeichnung chemische Strahlen für die jenseits des Violett liegenden brechbarsten Strahlen des Spektrums. Beide Forscher fanden aber chemische Wirkungen, wenn auch anderer Art, im roten und ultraroten Teile des Spektrums, was Link¹⁾ 1808 zu der wörtlichen Erklärung veranlaßte: „Der Ausdruck ‚chemische Strahlen‘ paßt also nicht ganz für die an den violetten liegenden, da die an den roten liegenden (Strahlen) ebenfalls und auf eine völlig ähnliche Art chemisch einwirken.“ Link ahnte damit voraus, was erst in letzter Zeit experimentell untersucht und erklärt ist. Mitte des 19. Jahrhunderts war man jedoch noch der Ansicht, daß chemische Wirkungen lediglich von dem blauen, violetten und ultravioletten Teile des Spektrums ausgingen. 1811 folgte die Erweiterung der Huyghensschen Theorie durch Young, und 1815 verhalfen ihr Fresnel und Arago auf mathematisch-physikalischem Wege zum endgültigen Siege. Unbegreiflich ist es daher, wie der Jenenser Professor Suckow²⁾ 1832 noch in einem Werke über die chemischen Wirkungen des Lichtes die Einteilung des Stoffes nach der Phlogistontheorie vollziehen konnte.

Photochemische Wirkungen sind sowohl bei organischen Stoffen wie bei unorganischen entdeckt worden und für die Photographie von Bedeutung geworden. Wenn die wichtigsten Verfahren auch anorganische Stoffe verwenden, so sollen doch der Vollständigkeit halber im folgenden auch die chemischen Wirkungen auf organische Stoffe Erwähnung finden, da sie zum Teil für photographische Zwecke von Wert geworden sind.

Die chemische Wirkung des Lichtes auf organische Körper.

Der Einfluß des Sonnenlichtes auf die Materie und deren Veränderung durch dasselbe ist wohl zuerst an den Pflanzen bemerkt worden. Aristoteles schreibt in seinem — ihm zugeschriebenen — Buche „Über die Farben“ folgendes: Diejenigen Teile der Pflanzen aber, in denen die Feuchtigkeit nicht mit den Sonnenstrahlen gemischt wird, bleiben weiß . . . Ferner: deswegen auch an den Pflanzen alles, was über der Erde steht, zuerst grün ist, unter der Erde aber Stengel, Wurzel und Keime die weiße Farbe haben . . . Endlich eine dritte Angabe: Stark aber färben sich die Teile der Früchte, welche gegen die Sonne und Wärme stehen. Den Einfluß der Sonnenstrahlen auf die Hautfarbe kannte er, denn er schrieb die schwarze Farbe der Neger der großen Intensität der Sonnenstrahlen in jenen Ländern zu. Die Bleichwirkung war schon den alten Ägyptern und Indern bekannt, aber erst 1688 wurden von Mariotte angestellte systematische Untersuchungen veröffentlicht. — Über die Lichtunbeständigkeit von Farben ist auch schon vor Christus geschrieben worden. Merkwürdig ist es jedoch, daß man lange Zeit hindurch nicht erkannt hat, daß die Mitwirkung der Sonne bei der Purpurfärberei wesentlich ist. Zu den vielen Angaben über die Purpurschnecke und die Färberei von Aristoteles, Vitruvius, Plinius u. a. ist darüber nichts zu finden. Die älteste Angabe stammt aus dem 10. Jahrhundert, wurde früher einer Kaisertochter Eudoxia zugeschrieben und lautet dahin, „daß der Glanz des Purpurs erst durch das Sonnenlicht zu höchster Vollkommenheit gebracht werde“.

Die Wirkung des Lichtes bei der Entstehung der verschiedenen Farbtöne des Purpurs stellten zuerst Cole und Réaumur im 17. Jahrhundert fest und

¹⁾ Hrch. Fr. Link und Pl. Heinrich, Über die Natur des Lichtes. St. Petersburg 1808.

²⁾ Dr. Gustav Suckow, Die chemischen Wirkungen des Lichtes. Darmstadt 1832.

betonten, daß die Wirkung durch Ablendung des Lichtes jederzeit unterbrochen werden könnte. Réaumur¹⁾ bestritt auch, daß die Wirkung der Wärme zuzuschreiben sei, da er in der Nähe eines sehr starken Feuers nur schwache Effekte zu erzielen vermochte. Auf Grund dieser Beobachtungen fand Duhamel du Monceau²⁾ 1736, daß die Rötung des Purpurs unter blauem Papier weit stärker geschieht, wie unter rotem. Wir haben hier die erste Angabe über eine verschieden starke photochemische Wirkung verschiedenfarbigen Lichtes. — Die Kenntnis von der Lichtbeständigkeit der Malerfarben wurde im Laufe der Jahrhunderte natürlich auch erweitert. Michelangelo führt unbeständige Farben in seiner Aufzählung brauchbarer Malerfarben schon nicht mehr an, und spätere Forscher haben sich mit gleichem Interesse vielfach die Untersuchung der Farben usw. auf ihre Lichtbeständigkeit angelegen sein lassen.

Jahrhunderte hindurch schob man die grüne Färbung der Pflanzen auf Einwirkung der Luft, bis 1686 Ray sie lediglich dem Lichte zuerkannte. Priestly entdeckte 1775 die Sauerstoffausatmung grüner Pflanzenteile, aber erst 1776 wurde die Notwendigkeit des Lichtes hierbei durch Ingenhouß erkannt. Das Jahr 1782 brachte eine Entdeckung, die für die Entwicklung der Photographie von Bedeutung werden sollte. Hagemann³⁾ entdeckte die Lichtempfindlichkeit der Harze und erklärte die Blaufärbung des Guajacgummis durch das Licht durch Phlogistonaufnahme. Diese Entdeckung bildete für Senebier⁴⁾ den Anlaß zu ausführlichen Untersuchungen, deren Resultat die Entdeckung der Lichtempfindlichkeit zahlreicher Harze und Hölzer war. Für Niepce bildete der Hagemannsche Fund die Grundlage seines epochemachenden Asphaltverfahrens, von dem noch ausführlicher gesprochen werden wird. — Auf weitere Einzelheiten, so interessant sie auch sind, einzugehen, verbietet das gesteckte Ziel, dem wir uns mit der Beschreibung der Wirkung des Lichtes auf unorganische Körper jetzt sehr nähern werden.

Einwirkung des Lichtes auf unorganische Körper.

Die ersten Beobachtungen reichen hier nur bis ins Mittelalter zurück. Den Alchymisten müssen lichtempfindliche Goldsalze bekannt gewesen sein, da man häufiger in ihren Werken Warnungen findet, goldhaltige Gemenge der Luft oder gar dem Sonnenlichte auszusetzen. Im 13. Jahrhundert findet sich die erste Angabe über Veränderung einer Silbersalzlösung, und zwar bei Albertus Magnus⁵⁾. Er schreibt von der salpetersauren Silberlösung, daß sie die Haut des Menschen mit schwarzer, schwer zu entfernender Farbe färbe. Er beobachtete also diesen rein photochemischen Vorgang, ohne für ihn eine Erklärung zu finden. 1658 schreibt der Alchymist Glauber⁶⁾, daß eine salpetersaure Silberlösung „nicht allein alle harte Hölzter dem Ebenholz gleich, sondern auch das Beltzwerk und Gefeder kohlschwarz ferbe“. Albertus Magnus und Glauber übersahen den Einfluß des Lichtes vollständig; Boyle glaubte 1660, daß die Luft die Ursache für die Schwärzung bilde. Die Gelehrten, die sich in der Folgezeit mit dem Studium des Lichtes

1) Réaumur, Histoire de l'Academie Royal des Sciences. Paris 1711, S. 6.

2) Duhamel du Monceau, desgl. Paris 1736, S. 49.

3) Crells, Neueste Entdeckungen in der Chemie. 1782, V, 70.

4) Senebier, desgl. 1783, XI, 211.

5) Kopp, Geschichte der Chemie. IV, S. 203.

6) Glauber, Opera chymica. 1658, S. 190.

speziell beschäftigten, machten über seine chemischen Wirkungen sehr wenig Angaben. Die wenigen bekannten photochemischen Reaktionen mögen wohl kein besonderes Interesse gefunden haben, bzw. konnte man ihre Wichtigkeit noch nicht genügend beurteilen.

Das 18. Jahrhundert sollte darin schon Wandel schaffen. 1725 erfand der russische Feldmarschall Bestuscheff eine Eisentinktur — ein Arzneimittel —, bei der er eine Lichtreaktion beobachtete; ihm ist sonach die Entdeckung der Lichtempfindlichkeit der Eisensalze zuzusprechen. Von großer Bedeutung für die Geschichte der Photographie wurde das Jahr 1727. Der deutsche — Hallenser — Arzt Johann Heinrich Schulze¹⁾ befaßte sich damit, Balduinschen Leuchtstein herzustellen, wobei es zunächst galt, salpetersauren Kalk zu gewinnen. Er untersuchte bei dieser Gelegenheit den Einfluß eines Silbernitratzusatzes zu der Salpetersäure. Zufällig goß er die etwas Silber enthaltende Säure am hell erleuchteten Fenster auf Kreide (kohlensauren Kalk) und bemerkte dabei, daß die dem Lichte zugewandte Oberfläche sich schwärzte, während die abgewandte Seite unverändert blieb. Natürlich verfolgte er diese Erscheinung weiter und wies — das müssen wir ihm hoch anrechnen — unzweideutig nach, daß das Licht die Schwärzung hervorbringe und die Wärme ohne Einfluß sei. Seinen Freunden führte er die merkwürdige Tatsache in der Form vor, daß er Schablonen, die Worte oder ganze Sätze enthielten, auf dem Glase befestigte. Nach Einwirkung des Lichtes erhielt er so dunkle Schrift auf hellem Grunde, die durch Schütteln der Substanz wieder zum Verschwinden gebracht werden konnte. Die Anwendung der Lichtempfindlichkeit der Silbersalze in dieser Form ist das erste photographische Verfahren, das leider lange Zeit unbeachtet blieb, und Schulze — ein Deutscher — muß als Vater der Photographie bezeichnet werden. — In das erste Drittel des 18. Jahrhunderts fällt auch die Entdeckung der Lichtempfindlichkeit der Quecksilbersalze durch den Berliner Professor Neumann, der angab, daß das versüßte Quecksilber (Calomel) in den Sonnenstrahlen dunkelfarbig wird. Auch diese Entdeckung wurde nicht weiter verfolgt. 1737 teilte Hellot der französischen Akademie Beobachtungen über eine neue sympathetische Tinte mit, die aus Chlorgold- bzw. Silbernitratlösung bestand. Schrift, in einer verschlossenen Büchse aufbewahrt, konnte nach Monaten noch durch Belichtung sichtbar gemacht werden. Hellot verdanken wir auch die Angabe, daß ein mit Silbernitrat imprägniertes Papier im Dunkeln lange Zeit weiß bleibt, belichtetes aber auch unter Lichtabschluß zersetzt wird und dunkelt. 1757 veröffentlichte der Physiker Beccarius²⁾ sorgfältige Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes auf Chlorsilber, die mit denen Schulzes methodisch übereinstimmen; die Entdeckung der Lichtempfindlichkeit des Chlorsilbers müssen wir ihm billigerweise zusprechen. 1761 erschien ein Werk „Gyphantie oder die Erdbeschreibung“ von Tiphaine de la Roche, der in Jules Verneschem Sinne aus den Beobachtungen Schulzes und der Entdeckung Beccarius Nutzen zog und die Möglichkeit, photographische Bilder zu erzeugen, originell entwickelte. Wie das so zu gehen pflegt, machte das Werk viel von sich reden, bis man die Quellen selbst, aus denen geschöpft war, entdeckt hatte. Mit der Verwirklichung der Ideen des Tiphaine hatte es zunächst noch gute Weile. Wohl aber finden wir in den 60er Jahren des 18. Jahrhunderts eine technische Ver-

¹⁾ Schulze, Acta phisico-medica Academiae Cesareae Leopoldino-Carolinae. 1727, I, 528.

²⁾ Beccarius et Bonzius, De Bononensi Scientiarum et Artium Institutio atque Academia Commentarii. 1757, IV, S. 74.

wendung des Silbernitrats zur Herstellung von Zeichnungen auf Bein, Marmor und weißem Achat, die der Sonne ausgesetzt nach und nach rot, braun und endlich schwarz werden. Eine weitere Verwendung fand das Silbernitrat als Schönheitsmittel. Das Schwarzfärben leise ergrauter oder häßlicher roter Haare war schon damals bei dem weiblichen Geschlecht sehr beliebt. Prof. Wallerius hätte sonst wohl kaum ein Rezept veröffentlicht. Hooper erfand 1775 ein Verfahren, auf Glas mit Sonnenlicht zu schreiben, das sich jedoch im wesentlichen mit dem Schulzeschen Verfahren deckte. Prof. Tobern Olof Bergmann in Upsala entdeckte 1776 die Lichtempfindlichkeit der oxalsauren Metallsalze. Er teilte mit, daß sowohl oxalsaures Quecksilber wie Silber — übrigens auch schwefelsaures Silber — an der Sonne schwarz wird.

Bedeutungsvoll für die Entwicklung der Photochemie wurde das Jahr 1777, durch die Versuche des schwedischen Chemikers Scheele, der die Photochemie des Sonnenspektrums begründete. Er versuchte, wie schon früher gesagt, den Nachweis zu erbringen, daß das Licht Phlogiston enthalte; seiner Arbeit fehlte es dabei nicht an bemerkenswerter Systematik. Scheele verdanken wir auch die ersten Angaben über die Photochemie des Chlorsilbers, das er in Form von Chlorsilberpapier benutzte. Lassen wir ihn selber sprechen: „Ich präzipitierte eine Silberauflösung mit Salmiak . . . Das weiße, getrocknete Präzipitat färbte sich an der Sonne oberflächlich schwarz . . . Darauf goß ich von dem kaustischen Ammoniakspiritus auf dieses, dem Ansehen nach schwarze Pulver und setzte es in Digestion. Dieses Menstruum löste sehr viel von dem Hornsilber auf, doch blieb ein zartes schwarzes Pulver zurück. Dieses gewaschene Pulver wurde von einer reinen Salpetersäure größtenteils aufgelöst . . . Also ist die Schwärze, welche das Chlorsilber vom Lichte erhält, reduziertes Silber . . .“ Scheele erkannte damit schon das verschiedene Verhalten des belichteten geschwärzten und des unveränderten Chlorsilbers gegen Ammoniak und schuf damit die Möglichkeit einer Fixierung des Chlorsilberbildes, die bedauerlicherweise Jahrzehnte lang noch unbeachtet blieb. Er ließ ferner das Sonnenspektrum auf Chlorsilberpapier wirken und bemerkte, daß die Schwärzung im Violett weit schneller erfolgte, wie in den übrigen Farben. Als Erklärung gab er an, daß der Silberkalk das Phlogiston von dem violetten Lichte eher wie von dem der übrigen Farben scheidet. Die Phlogistontheorie veranlaßte ihn zu der Auffassung, daß das Licht vom Chlorsilber und nicht das Chlorsilber vom Lichte zerlegt wird. 1782 veröffentlichte Wenzel¹⁾ eine große Zahl von Löslichkeitsbestimmungen, u. a. auch die von Silbernitrat in Weingeist, von Wert für das spätere Collodiumverfahren.

Einen weiteren Schritt vorwärts bedeuteten die Versuche Senebiers²⁾. Zunächst nenne ich quantitative Angaben über die Färbung von Chlorsilber durch die verschiedenen Farben des Sonnenspektrums. Er fand, daß das Chlorsilber

von violetterm	Lichte innerhalb	15 Sekunden
„ blauem	„ „	29 „
„ grünem	„ „	37 „
„ gelbem	„ „	5 ¹ / ₂ Minuten
„ orangefarbenem	„ „	12 „
„ rotem	„ „	20 „

gefärbt werde. Auch bemerkte er eine qualitativ verschiedene Färbung des Chlor-

¹⁾ Wenzel, Lehre von der Verwandtschaft der Körper. 1782.

²⁾ Senebier, Deutsche Ausgabe (Physikalisch-chemische Abhandlungen über den Einfluß des Sonnenlichtes). III, S. 94.

silbers bei Anwendung verschiedenfarbigen Lichtes und wurde somit zum Vorarbeiter Seebecks, auf den ich noch zu sprechen komme.

1785 machte Berthollet¹⁾ die wichtige Entdeckung, daß Chlorwasser durch Licht zersetzt wird. Saussure regte 1790²⁾ auf Grund der Beobachtung, Berthollets die Konstruktion des ersten chemischen Photometers an, da er fand, daß die Quantität des entwickelten Gases der Intensität des Lichtes proportional ist. Durch Versuche auf einigen Gipfeln der Alpen wurde die große Intensität des Sonnenlichtes daselbst nachgewiesen. 1792 trat Vasalli³⁾ mit seinen Untersuchungen über das Chlorsilber an die Öffentlichkeit. Er zeigte als erster einwandfrei, daß nicht nur dem Sonnenlichte, sondern auch dem anderer Lichtquellen, wie Lampen, Kerzen, Gestirne usf. chemische Kräfte innewohnen. Den Nachweis brachte er durch Färbung von Chlorsilberpapier bei diesen Lichtquellen. 1798 endlich entdeckte Vauquelin⁴⁾ das Chrom, die Chromsäure und die Lichtempfindlichkeit der chromsauren Salze.

Eine Fülle von Entdeckungen hat uns das 18. Jahrhundert beschert, eine praktische Anwendung zu einem photographischen Verfahren hat keine außer der Schulzeschen Entdeckung erfahren; so treten wir in das 19. Jahrhundert ein. Von der wichtigen Untersuchung Herschels⁵⁾ 1800 über die ungleiche Wärmeverteilung im Sonnenspektrum ist eingangs schon gesprochen. Ebenso von der Aufindung der ultravioletten Strahlen des Sonnenspektrums durch Ritter⁶⁾ 1801; sie erfolgte ebenfalls mit Hilfe von Chlorsilberpapier. Wollaston, der mit der Einteilung der Lichtstrahlen durch Ritter in oxydierende und reduzierende — zur Erklärung der verschiedenen Wirkung — nicht einverstanden war, setzte die Versuche Ritters fort.

Einen Fortschritt für die Photographie bedeutete die 1802 bekanntgegebene Methode von T. Wedgewood⁷⁾, „Gemälde auf Glas zu kopieren und Profile auf Silbernitrat durch die Wirkung des Lichtes zu machen“. Wedgewood tränkte Papier oder Leder mit einer Silbernitratlösung, wonach es sich am Lichte rasch schwärzte, wie er folgendermaßen beschrieb: „Wenn der Schatten einer Figur auf die präparierte Fläche geworfen wird, so bleiben die gedeckten Stellen weiß, während die anderen Teile sich schnell schwärzen.“ Er kopierte Glasgemälde und bemerkte dabei, daß das durch rote, gelbe und grüne Gläser gegangene Licht viel schwächer als das durch blaue hindurchgegangene wirkt. Das Lichtbild konnte „weder durch bloßes Wasser noch durch Seifenwasser“ entfernt werden. „Die holzigen Fasern der Blätter und die Flügel der Insekten können auf diese Weise sehr genau abgebildet werden.“ Die Bilder zu fixieren gelang Wedgewood nicht; sie mußten im Dunkeln aufbewahrt werden. Ich möchte des Interesses halber darauf hinweisen, daß Wedgewood ursprünglich von der Absicht ausgegangen war, die Bilder der Camera obscura festzuhalten; er fand aber das Bild zu lichtschwach, um in einer mäßigen Zeit eine Wirkung auf das Silbernitrat hervorbringen. Davy, der die Methode Wedgewoods veröffentlichte, setzte die Versuche fort. Es gelang ihm, Bilder kleiner Gegenstände mit Hilfe des Sonnenmikro-

1) Berthollet, Lichtenbergs Magazin. IV, S. 2, 40.

2) Saussure, Crelles Chemische Annalen. 1796, I, 356.

3) Vasalli, Crelles Chemische Annalen. 1795, II, S. 80.

4) Vauquelin, Annales de Chimie. 1798, XXV, S. 21 und ibid. 70, S. 70.

5) Gilberts Annalen. VII, S. 137.

6) Desgl. VII, S. 527. XII, S. 409.

7) Wedgewood, deutsch, Gilberts Annalen. 1803, XIII, S. 113.

skopes zu kopieren. Auch fand er die größere Empfindlichkeit des Chlorsilbers im Vergleich zum Silbernitrat bald heraus. Seine Resultate veranlaßten ihn zu dem Versprechen, Versuche über das Fixieren der Lichtbilder anzustellen, um die Methode für praktische Zwecke verwerten zu können, allein dieses Versprechen hat er nicht gehalten. Offenbar war ihm die Arbeit Scheeles¹⁾ völlig entgangen, die den einen Weg klar vorzeichnete. Daß Davy, ein anerkannt tüchtiger Physiker, die Sache aufgab, schreckte wohl die Zeitgenossen ab, sich an der Lösung einer so schwierigen Aufgabe zu versuchen. So blieb es denn wiederum bei einem Anlauf, photochemische Wirkungen praktisch zur Bilderzeugung zu verwerten, und die nächsten Jahre brachten nur die Erweiterung der Kenntnis solcher Wirkungen.

Bei ausführlichen Untersuchungen über die Zersetzung von Metallchloriden in alkalischen und ätherischen Lösungen durch das Licht wies Gehlen 1804 zuerst auf die Lichtempfindlichkeit der Uran-, Kupfer- und Platinverbindungen hin. Gay-Lussac und Thenard²⁾ veröffentlichten 1809 die ersten Versuche über die Beschleunigung der Vereinigung von Chlor und Wasserstoff durch das Licht, die später zur Konstruktion des Chlorknallgas-Photometers durch Bunsen führten. Goethe nahm 1810 als Anhang zu seiner Geschichte der Farbenlehre eine Abhandlung von Seebeck „Über die Wirkung farbiger Beleuchtung“ auf, deren Fortsetzung die für die Geschichte der Photographie bedeutsame Arbeit „von der chemischen Aktion des Lichtes und der farbigen Beleuchtung“ bildete. Seebeck beschreibt darin, daß er auf Chlorsilberpapier bei 15 bis 20 Minuten Belichtungsdauer ein Spektrum in seinen natürlichen Farben erhalten konnte. Die violette Färbung erstreckte sich in das unsichtbare ultraviolette Gebiet hinein und auch über das Rot hinaus war eine rosenrote oder hortensienrote Farbe wahrzunehmen. Vorher belichtetes Chlorsilber verändert sich im Blau und Violett in gleicher Weise, dagegen tritt im Gelb und Rot eine Aufhellung auf. Auch mit verschiedenfarbigen Gläsern konnte er verschiedene Nuancierung erhalten. Seebeck fand also als erster die Fähigkeit des Chlorsilbers, unter gewissen Bedingungen alle natürlichen Farben anzunehmen. Vor allem aber verdanken wir ihm die Kenntnis von der chemischen Wirkung der infraroten Strahlen, die damals wenig Beachtung fand. — 1819 wies er³⁾ darauf hin, daß die Wärmeverteilung im prismatischen Spektrum, wie auch die chemischen Wirkungen von der Glassorte des Prismas abhängig seien. Fischer gab 1814 eine Schrift „Über die Wirkung des Lichtes auf Hornsilber“ heraus, die außer einem umfassenden historischen Rückblick auch zahlreiche eigene Versuche enthielt. Im gleichen Jahre wurde das von Courtois kurz vorher entdeckte Jod von dem schon genannten Davy⁴⁾ genauer untersucht, was zur Entdeckung des für die spätere Photographie wichtigen Jodsilbers führte. Daß man das Jodsilber zunächst links liegen ließ, erklärt sich aus der geringeren Lichtempfindlichkeit desselben im Vergleich mit der des Chlorsilbers.

Die vielen einzelnen Entdeckungen und Arbeiten, von denen ich nur im Blick auf das Ziel die wichtigsten herausgegriffen habe, erhöhten das Interesse für die photochemischen Wirkungen des Lichtes, die Literatur nahm rasch zu, ohne daß jedoch fürs erste eine neue praktische Methode der Bilderzeugung erfunden wurde.

1) Neues allgemeines Journal der Chemie, Bd. 3, S. 566.

2) Gilberts Annalen. 1810, 35, 8.

3) Seebeck, Über die ungleiche Erregung der Wärme im prismatischen Sonnenbilde. Schweiggers Journ. f. Physik und Chemie. 1824, Bd. 40, S. 146.

4) Davy, Schweiggers Journal f. Chemie und Physik. 1814, XI, 68.

Wohl aber sind die Forschungsergebnisse der nächsten Jahre von großer Wichtigkeit geworden. Es folgte 1819 die Entdeckung der unterschwefligsauren Salze, der Hyposulfite, durch Herschel¹⁾. Trotz seiner Bemerkung, daß „das gefällte Chlorsilber in allem flüssigen Hyposulfit löslich ist“ und daß das Natriumhyposulfit das Chlorsilber in besonders großen Mengen zu lösen vermag, wurde diese höchst wichtige Entdeckung von keinem der damaligen Photochemiker beachtet und zur Fixierung von Chlorsilberbildern angewandt. Erst als Herschel zwanzig Jahre später von den photographischen Methoden Daguerres und den Versuchen Talbots hörte, machte er den letzteren auf seine alte Entdeckung aufmerksam. Talbot, der ihren Wert erkannte, machte sofort die Welt mit dem neuen Fixierverfahren bekannt. — 1826 folgte die Entdeckung des Brom durch Balard; das bald dargestellte Bromsilber erwies sich als lichtbeständiger wie das Chlorsilber und geriet daher wie einst das Jodsilber für längere Zeit in Vergessenheit. Wetzlar²⁾ fand u. a. die Lichtbeständigkeit einer Lösung von Chlorsilber in Kochsalz, die deshalb interessiert, weil Daguerre die Löslichkeit des Chlorsilbers in Kochsalz zur Fixierung seiner Bilder benutzte. Eine ganze Reihe von lichtempfindlichen Silber- und Quecksilbersalzen fand man in den nächsten Jahren, auf die einzugehen zu weit führen würde. 1828 beschrieb Döbereiner³⁾ die Lichtempfindlichkeit des Platinchlorids. 1831 entdeckte derselbe Forscher die Lichtempfindlichkeit des oxalsauren Eisenoxyds, das für den Patindruck von Bedeutung werden sollte. — Dazu kam die Herstellung der Pyrogallussäure durch Braconnot, die aus Silbernitratlösungen rascher metallisches Silber reduziert, wie die Gallussäure. 1832 erschien Suckows schon erwähntes Werk „Über die chemischen Wirkungen des Lichtes“. Ich nenne ihn an dieser Stelle nochmals, weil wir ihm die Entdeckung der Lichtempfindlichkeit der Chromate, insbesondere des Kaliumbichromates, verdanken. 1833 beschrieb Liebig⁴⁾ ein „Verfahren, um Zeichnungen oder Flecken von sogenannter unverlöschlicher Tinte (salpetersaures Silberoxyd) aus Zeugen zu bringen“. Er würde auch, wie Eder sagt, die Aufgabe, unzersetztes Chlorsilber aus einem Lichtbilde restlos zu entfernen, sofort zu lösen vermocht haben. Leider fehlte aber ein Lichtbild bis dahin!

Mehr als hundert Jahre waren seit der Schulzeschen Entdeckung vergangen, und noch immer war trotz der vielen Wege, die inzwischen erschlossen waren, das wichtige Problem, das Bild der Camera obscura festzuhalten, ungelöst. So fanden denn die Arbeiten Niepces und Daguerres, die auf die erste Lösung hinausliefen, verdientermaßen berechtigtes Aufsehen⁵⁾.

Niepce und Daguerre.

Nicéphore Niepce, 1765 geboren, schlug die militärische Laufbahn ein, die er mit 36 Jahren krankheitshalber verließ, um sich mit seinem Bruder Claude dem Ausbau einiger Erfindungen zu widmen. So interessierte ihn die von Seneffelder 1802 erfundene Lithographie und er widmete sich diesem und anderen graphischen Verfahren. Überlieferte Mitteilungen seines Sohnes beweisen, daß er schon in den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts Platten nach einem eigenen Verfahren

1) Herschel, The Edinburghs Philosophical Journal. 1819, I, S. 8 und 396.

2) Schweiggers Journal f. Chemie und Physik. 1827, 51, 371.

3) Desgl. 1828, 54. 414 und 416.

4) Schweigers Journ. 1831, 62, 455.

5) Annalen der Pharmacie. V, 290.

firmiste und hinter durchscheinenden Zeichnungen dem Lichte aussetzte. 1816 schrieb er seinem Bruder Claude, daß er Bilder bloß mittels Sonnenlichtes erhalten habe, und schickte ihm die ersten heliographischen Platten, die er zu ätzen und somit zur Vervielfältigung zu verwenden hoffte. — Die Erfindung der Heliographie, eines später ausgedehnten graphischen Verfahrens, fällt also in das Jahr 1816.

Niepce hatte auch an den photochemischen Arbeiten der damaligen Zeit Interesse gefunden. Hier war es vor allem die von Hagemann 1782 entdeckte Lichtempfindlichkeit des Guajacharzes und die anschließenden Forschungen Sene-



Nicéphore Niépce, geb. 1765, gest. 1833.

biers, die ihn zu weiteren Studien anregten, bei denen er Asphalt als lichtempfindliche Substanz verwandte. 1822 erregte Niepce durch ein Porträt Pius VII., auf Glas reproduziert, allgemeine Verwunderung und 1824 schrieb er, daß es ihm gelungen sei, die Umrisse einer Ansicht in der Camera obscura abzubilden. Von diesen allerersten Bildern sind noch einige in französischen Museen erhalten. Der Zufall führte ihn nun mit Daguerre zusammen. Niepce beauftragte einen Verwandten, für ihn bei den Optikern Chevalier in Paris eine Camera obscura zu kaufen. Dieser zeigte bei dieser Gelegenheit den Chevaliers Proben der Heliographie, was Charles Chevalier veranlaßte, zu erzählen, daß ein Maler Daguerre in

Paris ebenfalls sich mit dem Problem beschäftige, die Bilder der Camera obscura festzuhalten. Chevalier machte seinerseits auch Daguerre auf Niepce aufmerksam und riet ihm, sich mit Niepce in Verbindung zu setzen, was Daguerre nach längerem Besinnen 1826 tat. — Niepce hatte inzwischen ein Porträt auf Zinn hergestellt, und zwar mit einer Lösung von Asphalt in Dippels animalischem Öle, das fixiert und geätzt wurde. 1827 suchte Niepce Daguerre in Paris auf und bewunderte die von diesem auf phosphoreszierenden Substanzen erhaltenen Bilder der Camera obscura. Im selben Jahre erzielte Niepce auch Lichtbilder auf Silberplatten; bei denen der Gegensatz zwischen metallischem Silber und einer bräunlichen Schicht die Bildwirkung hervorbrachte. — Diese Bilder bezeichnete Daguerre jedoch später im Gegensatz zu den seinigen ausdrücklich als Asphaltbilder.

Wenden wir uns nun Daguerre zu. 1787 zu Cormeilles-en-Parisis geboren, wurde er erst Steuerbeamter, widmete sich dann der Malerei, wo er es durch Beleuchtungseffekte — sein Diorama erlangte Berühmtheit — zu großem Ansehen brachte und Mittel zur Ausführung photographischer Versuche erwarb. Er verbesserte zunächst die Camera obscura dadurch, daß er die von Wollaston 1812 eingeführte periskopische Linse der Camera einfügte, die ihm Chevalier lieferte. 1829 kam eine Vereinigung zwischen ihm und Niepce zustande, nachdem bis dahin die Besorgnis, zu viel von den eigenen Erfindungen preiszugeben, den Verkehr zwischen beiden erschwert hatte. Dem abgeschlossenen Verträge ist zu entnehmen, daß Niepce die heliographische Asphaltmethode bereits völlig ausgearbeitet hatte. Auch setzte Niepce 1829 schon Silberplatten Joddämpfen aus, und zwar zu dem Zwecke, durch Schwärzung des Silbers die Schatten eines Asphaltbildes besser wiederzugeben; die Lichter bildeten die durch den im Lichte unlöslich gewordenen Asphalt geschützten Stellen. Zur Herstellung von Ansichten mittels der Camera waren damals noch tagelange Belichtungen erforderlich. 1831 schrieb Daguerre¹⁾ an Niepce, daß das Licht auf Jodsilberplatten einwirke, und forderte ihn auf, diese lichtempfindliche Schicht weiterhin zu benutzen. Niepce sollte jedoch die Vollendung seiner Erfindung nicht mehr erleben. 1833 starb er und sein Sohn Isidore übernahm die Rechte und Pflichten des Vaters. 1837 zeigte ihm Daguerre Lichtbilder, die unter Anwendung von Jod und Quecksilber erhalten waren. Ganz neu war hier die Hervorrufung des latenten Lichtbildes mit Quecksilber, die Daguerre einem eigentümlichen Zufalle verdankte. Jodsilberplatten gaben bei sehr langer Belichtung ein sichtbares Bild, bei kurzer jedoch nicht. Daguerre legte nun eines Tages eine Anzahl zu kurz belichteter Platten in einen alten Schrank. Als er einige Wochen später eine Platte herausnahm, fand er zu seinem Erstaunen ein Bild darauf. Natürlich vermutete er sofort, daß irgend etwas von den Chemikalien, die der Schrank barg, das Bild erzeugt habe. Er nahm darauf eine Substanz nach der anderen heraus, erhielt aber nach wie vor Bilder, bis er eine Schale mit Quecksilber, die er bisher nicht beachtet hatte, als Ursache entdeckte. Da das Quecksilber schon bei gewöhnlicher Temperatur verdampft, so schloß er, daß diese Dämpfe das Bild hervorriefen. Ein Versuch ergab die Richtigkeit des Schlusses, eine Entdeckung von großer Bedeutung war gemacht! Mit der Hervorrufung des Lichtbildes war ein großer Schritt vorwärts getan, dessen Wichtigkeit sich Daguerre wohl bewußt war. Ein neuer Vertrag mit Isidore Niepce sicherte

1) Daguerre, Historique et description des procédés du Daguerriotype. 1839.

Daguerre bereits 1837 das Recht zu, die neue Methode mit seinem Namen zu benennen. Darauf wandten sich beide an Kapitalisten und Kunstliebhaber, um die Daguerreotypie im großen einzuführen; sie hatten jedoch bei diesen Bemühungen ebenso wenig Erfolg, wie mit einer Subskription. Man versuchte nun, den bekannten Physiker Arago zu gewinnen, um mit dessen Hilfe die französische Regierung zu interessieren. Zum Glück für beide und für die Sache selbst brachte Arago dem neuen Prozesse volles Verständnis entgegen und teilte am 7. Januar 1839 der Akademie die Erfindung mit. Durch Vermittlung von Arago und anderen einflußreichen Personen kam am 14. Juni 1839 ein Vertrag mit dem Minister des Inneren Duchâtel zustande. Diesem Vertrage zufolge gingen die heliographischen Methoden Daguerres und Niepces in den Besitz der Regierung über, die ihrerseits Daguerre eine lebenslängliche Rente von 6000 Frs. und Niepce eine solche von 4000 Frs. aussetzte. Zur Prüfung des erforderlichen Gesetzentwurfes wurde eine Kommission eingesetzt, der Arago als Referent angehörte. Aus seinem Bericht vor der Deputiertenkammer sei folgendes angeführt, das besonderes Interesse finden dürfte: Die neue Methode von Daguerre erfordert nur noch den 60- bis 80sten Teil der früheren Belichtungszeit. Daß dieselbe dadurch sich weite Anwendungsgebiete erobert wird, ist klar. In erster Linie dürfte sie der Archäologie von großem Werte sein, die zur Abzeichnung der Millionen von Hieroglyphen in Ägypten allein Scharen von Zeichnern auf Jahre hinaus brauchen würde. Über den Wert der Photographie für die Kunst habe man den berühmten Maler Delaroche befragt. Er rühmt die vollendete Wiedergabe aller Einzelheiten, die Genauigkeit aller Formen, die dem Maler für Studiensammlungen von unschätzbarem



Daguerre, geb. 1787, gest. 1852.
(Nach einer Daguerreotypie vom Jahre 1848.)

Werte sind; die er auf anderem Wege zwar unter großem Aufwand von Mühe und Zeit, nie aber in gleicher Vollendung erhalten kann, so groß auch sein Talent sein mag. Darum werde die Photographie jedoch nicht Malern und Kupferstechern Schaden bringen. Leider, so fährt Arago fort, ist es Daguerre nicht gelungen, sich des Papiers als Unterlage für das Lichtbild, statt der versilberten Kupferplatten zu bedienen. Die mit Chlorsilber getränkten Papiere sind viel zu unempfindlich. Mit den Jodsilberplatten dagegen sind bei trübem Wetter schon in 10—12 Minuten, im Sommer schon mit halber Zeit Ansichten aufzunehmen. Die Empfindlichkeit der Platten ist so groß, daß es in kurzer Zeit gelingen wird, Mondkarten herzustellen und andere astronomische Arbeiten auszuführen. Von besonderer Bedeutung dürfte die neue Erfindung für die Photometrie werden, zumal da man darauf verzichten kann, daß zwei Lichtquellen, die man vergleichen will, gleichzeitig leuchten. Die Photographie wird den Physiker in den Stand setzen,

absolute Intensitäten von Lichtquellen durch Vergleich ihrer Wirkung auf die Platte zu messen — ein Problem, mit dem ich mich zuerst beschäftigt habe —. Auch die Beobachtung Daguerres, daß die Wirkung des Sonnenlichtes zugleich weit vom Mittag entfernten Stunden des Abends und des Morgens eine verschiedene ist, dürfte noch von großer Bedeutung werden, da die offenbar vorliegende verschiedene Absorption von großem Einfluß auf andere Dinge sein kann. Hervorgehoben sei endlich noch Aragos Ausspruch: „Frankreich hat diese Erfindung adoptiert und ist stolz darauf, sie der ganzen Welt als ein Geschenk zu übergeben.“

Mit der gleichen Wärme sprach Gay - Lussac vor der Pairskammer. Er hob u. a. hervor, daß — ohne die Erfindung beeinträchtigen zu wollen — die Palette des Malers Daguerre nicht sehr reich an Farben sei; Schwarz und Weiß bilden dieselbe allein. Das Bild mit den natürlichen und abwechselnden Farben wird lange Zeit, vielleicht auf immer, eine unbeantwortete Herausforderung an den menschlichen Scharfsinn bleiben. Die Daguerresche Erfindung eröffnet aber auch mit diesen unüberschreitbaren Grenzen eine Reihe von Möglichkeiten. Das Verfahren, das nur wenig Zeit und etwa 400 Frs. an Kosten für die Geräte erfordert, ist von jedermann leicht auszuführen. — Nachdem das Gesetz in beiden Kammern angenommen war, teilte Arago dem jubelnden Publikum in der Akademiesitzung vom 19. August 1839 die genaue Beschreibung der Prozesse Niepces und Daguerres mit.

Um Meinungsverschiedenheiten zu vermeiden, wem von beiden Männern das Hauptverdienst zuzusprechen ist, wiederhole ich kurz ihre Leistungen. Niepce erzeugte als erster Photographien in der Camera, fixierte die Asphaltbilder mit geeigneten Ölen und ist auch der unzweifelhafte Erfinder der Heliographie. Daguerre dagegen gelang es nach vollem Einblick in die Ideen und Versuche Niepces, seine eigene Methode so zu verbessern, daß er in kurzer Zeit brauchbare Bilder erhielt. Sein Hauptverdienst besteht aber darin, daß er das Jodsilber als lichtempfindliche Substanz, in der Camera obscura verwandete, daß er ferner die Entwicklung des kaum sichtbaren Bildes mittels Quecksilberdampfes entdeckte und endlich dieses Bild in einer Kochsalzlösung zu fixieren vermochte. Beide Männer haben von einander gelernt; wäre jeder seinen Weg für sich gegangen, so wäre die Photographie sicher erst viel später Allgemeingut der Menschheit geworden. Billigerweise danke man beiden und ehre sie beide!

Die Entwicklung des Negativverfahrens.

Die Daguerreotypie trat einen raschen Siegeslauf durch alle Länder an. Man bestaunte das Erreichte, man hoffte auf weitere Fortschritte, die ja noch wünschenswert waren. War es doch zunächst nur möglich, Landschaftsaufnahmen oder dergl. zu machen, bei denen man die Belichtungszeit genügend lange wählen konnte. Die durch Verwendung von Natriumthiosulfat (Herschel 1819) verbesserte Fixierung und die durch einen von Fizeau¹⁾ 1840 angegebenen Vergoldungsprozeß gesteigerte Wirkung und Haltbarkeit der Daguerrotypien waren nur kleine Fortschritte. Das nächste erstrebenswerte Ziel bildete die Porträtaufnahme, um die man sich besonders in Amerika bemühte; wohl in der richtigen Erkenntnis, daß damit viel zu verdienen sei. Eine solche gelang W. Draper 1839 schon in New York bei halbstündiger Belichtung im vollen Sonnenlichte. Auch Morse, der Er-

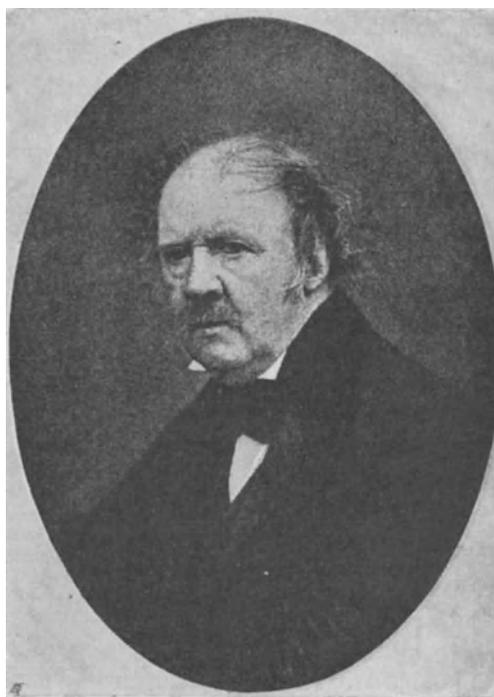
¹⁾ Compt. rend. 1840.

finder des Telegraphen, interessierte sich lebhaft für dies Problem und eröffnete mit Draper zusammen auf dem Dache der Universität ein Porträtatelier, wo man sich für 5 Dollar endlos von der lieben Sonne bescheinen lassen durfte. Erwähnt sei hier jedoch, daß Draper auch schon Mondaufnahmen gelangen.

Die Porträtphotographie bedurfte einschneidender Verbesserungen, sollte sie allgemein Anwendung finden. Zwei Wege konnten zum Ziele führen. Der eine wurde durch Petzval durch die Konstruktion des nach ihm benannten lichtstarken Porträtobjektives beschritten. Der andere verlangte die Steigerung der Empfindlichkeit der Aufnahmeplatten, um die sich Goddard, Kratochwila und zwei Brüder Natterer mit Erfolg bemühten. Der Engländer Goddard¹⁾ und der Wiener Kratochwila²⁾ entdeckten unabhängig von einander, daß die Lichtempfindlichkeit der Daguerreotypplatten durch Anwendung eines Brom-Jod-Gemisches sehr gesteigert wird. Dem letzteren glückten mit einem Petzvalobjektiv schon Aufnahmen in wenigen Sekunden, die den Beifall Liebigs und Wöhlers fanden. Johann und Josef Natterer in Wien erreichten mit einem Jodchlorgemisch eine solche Empfindlichkeit, daß sie 1841 bereits in weniger als 1 Sekunde Lichtbilder erzeugen konnten. Auch gelangen den Brüdern Natterer Reproduktionen von Kupferstichen bei dem schwachen Lichte von Öllampen mit beispielsweise 35 Minuten Belichtungszeit.

Zwei weitere Verbesserungen waren erforderlich, um der Daguerreotypie ein größeres Anwendungsgebiet zu erschließen. Auf die eine und deren Bedeutung hatte schon Arago hingewiesen, nämlich auf den Ersatz der Kupferplatten durch Papier als Träger der lichtempfindlichen Schicht. Die zweite galt der Beseitigung des großen Nachteiles, daß die Daguerreotypie nur ein einziges Bild lieferte, das auf keine Weise vervielfältigt werden konnte. Damit war z. B. das Verfahren für graphische Zwecke noch unbrauchbar.

Beide Verbesserungen gelangen dem schon genannten William Henry Fox Talbot, einem reichen Privatgelehrten, der schon 1823/24 auf einer Reise nach Italien — allerdings ohne nennenswerten Erfolg — versucht hatte, die Camera obscura zum Zeichnen von Landschaften zu benutzen. Unabhängig von Niepce und Daguerre verfolgte er die Absicht, die Bilder der Camera obscura chemisch zu fixieren. Er versuchte es mit Silbernitrat- und Chlorsilberpapier und teilte be-



William Henry Fox Talbot,
geb. 1800, gest. 1877.

1) Werge, The evolution of Photogr. 1890, S. 79.

2) Wiener Zeitung vom 19. Januar 1841, S. 139.

reits 1839 der Kgl. Gesellschaft in London¹⁾ und der französischen Akademie seine Resultate mit, die er mit einer Kochsalz- oder Jodkaliumlösung als Fixiermittel erhalten hatte. Auch mit Bromsilberpapier arbeitete Talbot²⁾ 1839 schon, konnte aber auf keine Weise die Lichtempfindlichkeit des Daguerreschen Verfahrens mit Hervorrufung des Bildes durch Quecksilberdämpfe erreichen. Dadurch, daß er jede neue Einzelheit sich durch Patente schützen ließ, hinderte er auch den Ausbau seiner Verfahren durch andere. Erst 1852 ließ er auf dringenden Rat seine Rechte fallen und gab seine Erfindungen wenigstens soweit frei, als sie nicht zu Erwerbszwecken verwandt werden sollten. Auf die auch dem Zufall zu verdankende Förderung der Arbeiten Talbots will ich kurz eingehen.

Um einige photographische Blätter auf ihre Empfindlichkeit zu prüfen, ließ er sie nur kurze Zeit in der Camera und legte eines, das kaum eine Bildspur aufwies, beiseite. Nach einiger Zeit sah er ein vollständig ausgeführtes negatives Bild auf diesem Papier! Wie war es entstanden? Das mit Silbernitrat bestrichene Papier war mit Jodkalium und endlich mit Gallosilbernitrat, einer wässrigen Lösung von Silbernitrat mit Zusatz von Gallus- und Essigsäure, behandelt. Ein kaum sichtbares Bild wurde durch Bestreichen mit diesem Gallosilbernitrat zum sichtbaren entwickelt. — Die Entwicklung eines Jodsilberbildes durch Gallussäure bildete ein Analogon zu der Quecksilberentwicklung Daguerres. Der Hauptvorteil war jedoch der, daß von dem erhaltenen negativen Bilde, das alle dunklen Teile des aufgenommenen Gegenstandes hell zeigte — und umgekehrt — nun positive Abdrücke in beliebiger Zahl auf Chlorsilberpapier gemacht werden konnten. Talbot gab dem Verfahren wegen seiner Schönheit den Namen „Kalotypie“³⁾. Später nannte man es dem Entdecker zu Ehren Talbotypie. Erwähnt sei hier noch, daß Talbot bald das erste mit photographischen Papierbildern illustrierte Werk herausgab und 1843 sein Verfahren zur Herstellung von Vergrößerungen verwandte. Seine Versuche, Photographien in natürlichen Farben herzustellen, blieben erfolglos.

Die neue Entwicklungsmethode erregte naturgemäß großes Interesse, das sich im eifrigen Studium wässriger Lösungen äußerte und bald zu einer neuen wichtigen Entdeckung führte. 1840 fand Robert Hunts, daß Eisenvitriol geeignet sei, Lichtbilder auf Jod, Brom- und Chlorsilber zu entwickeln. Der neue Entwickler sollte bei dem später entdeckten Kollodiumverfahren noch eine große Rolle spielen. Die Gallussäureentwicklung wurde durch Blanquard-Evrard⁴⁾ insofern verbessert, als er die Behandlung mit Gallussäure hinter die Belichtung verlegte, während die Talbotypien die Entwicklungssubstanz schon vor der Belichtung in der Schicht trugen. Die Jodbromsilberbilder ohne Gallussäure waren empfindlicher und gestatteten kürzere Belichtungszeiten, wenn die Gallussäure erst nach der Belichtung angewandt wurde. Das umgestaltete Verfahren wurde nunmehr zur Herstellung großer Auflagen von Silberkopien benutzt. — Einen noch rapideren Entwickler fanden endlich unabhängig von einander Regnault⁵⁾ und Liebig⁶⁾ 1851 in der Pyrogallussäure; für die praktische Photographie insofern

1) Talbot, London, R. J. E. Taylor. 1839. Separatabdruck.

2) Ders. Compt. rend. 1839, 8. S. 409.

3) Dinglers, Polytechn. Journ., Bd. 81, S. 356 und 363.

4) Blanquard-Evrard, Traité de Photographie sur papier. Paris 1851.

5) Regnault, La Lumière. Februar 1851, S. 3.

6) Liebig, Dinglers Polytechn. Journ., Bd. 123, S. 158.

von besonderer Bedeutung, als die Belichtungszeit abermals erheblich abgekürzt werden konnte und ein neuer Weg zu weiteren Fortschritten damit erschlossen war.

Nach dieser Abschweifung auf die Geschichte der Entwickler wenden wir uns dem Negativverfahren wieder zu. Die Einführung des leicht transparent zu machenden Papiers als Schichtträger stellte die nicht zu vervielfältigenden Kupferplatten Daguerres natürlich in den Schatten. Immerhin störte die Papierstruktur auch bei großer Feinheit noch empfindlich, so daß ein völlig transparentes Material entschieden erstrebt werden mußte. Dem Vetter Nicéphore Niepces, einem Offizier der Munizipalgarde, Niepce de Saint - Victor¹⁾ gelang 1847 die Herstellung von Glasnegativen. Sein Verfahren, das bald vielfach variiert wurde, bestand darin, eine kleisterartige Schicht mit Jodsalz zu vermischen, sie auf Glas aufzutragen und durch Baden in Silbernitrat in Jodsilber umzusetzen. Dann erfolgte die Belichtung und Entwicklung mit Gallussäure. — Eiweiß und Gelatine versuchte man schon damals als Lichtträger zu verwenden; Erfolge wurden jedoch nur mit Eiweiß erzielt und zumeist für Diapositive ausgenutzt.

Als Bildträger wurde 1850 zum ersten Male durch Gustave le Gray²⁾ eine ätherische Lösung von Kollodiumwolle empfohlen. Mit seinen unklaren Vorschriften war jedoch nicht eher etwas anzufangen, als bis Fred. Scott Archer³⁾ 1851 das neue „nasse“ Kollodiumverfahren der Praxis zugänglich machte. Die erste größere praktische Anwendung fand das Verfahren durch Bingham, der in demselben Jahre, von der englischen Regierung beauftragt, in Paris in kurzer Zeit 2500 Aufnahmen von Industrieartikeln machte und damit alle Photographen veranlaßte, das Daguerresche Verfahren sofort aufzugeben. — Archer gelang übrigens auch noch das für Reproduktionszwecke wichtige Ablösen der Kollodiumhäutchen mittels einer Guttaperchalösung. — Das sogenannte nasse Kollodiumverfahren ist mit wenigen Worten folgendes: Der Kollodiumlösung werden Jod- und Bromsalze in alkoholischer Lösung zugesetzt und mit diesem „jodierten und bromierten Kollodium“ gut gereinigte Glasplatten übergossen. Die mit dem Schichtträger versehene Platte wird nunmehr in einer Silbernitratlösung gebadet und dadurch die Haloidsalze der Kollodiumschicht in Silberhaloide überführt. Die „Sensibilisierung“ ist damit vollzogen, die Platte wird noch naß belichtet und mit dem gerade bei diesem Verfahren sehr gut arbeitenden Eisenentwickler entwickelt. Durch Zusatz von Silbernitrat kann eine Verstärkung erreicht werden. — Trotz der Schwierigkeit des Verfahrens, das eine erhebliche manuelle Geschicklichkeit erforderte, war es bis in die achtziger Jahre außerordentlich verbreitet. Für die erreichten Fortschritte spricht, daß schon 1862 auf der Londoner Weltausstellung allerlei Momentbilder anzutreffen waren.

Die Präparation einer jeden einzelnen Platte unmittelbar vor der Aufnahme machte die Verwendung des Verfahrens für die Landschaftsphotographie besonders schwierig, da zumeist ein Karren zum Transport der erforderlichen Dunkelkammer und Geräte nötig war. Kein Wunder, daß mit aller Energie eine Methode gesucht wurde, die trockene Platten lieferte.

Eingeflochten sei hier, daß es zunächst noch gelang, direkte positive Bilder in der Kamera auf verschiedenen Wegen herzustellen. Die sogenannte „Ferrotypie“ fand die meiste Anwendung. Auf einer schwarz lackierten Eisenplatte erscheint

1) Compt. rend. 1847, Bd. 25, S. 586, Bd. 26, S. 637.

2) Le Gray, Traité nouveau des procédés sur papier et verre. II. Aufl. 1852—53, S. 90.

3) The Liverpool and Manchester photogr. Journ. 1857, S. 121.

ein sehr dünnes Kollodiumnegativ im auffallenden Lichte positiv. Derartige oder ähnliche Bilder dürften dem Leser aus früheren Jahren sicher noch von Schützenfesten, Jahrmärkten und dergl. bekannt sein. Aber selbst die „Schnellphotographie“ bedient sich heute anderer Methoden.

Dem Franzosen Taupenot¹⁾ gelang es 1855, die Kollodiumplatten mit Eiweiß zu überziehen. Nach einem zweiten Silbernitratbade hielten sie sich mehrere Wochen. Trotz dieses Vorteils konnte das Verfahren den gewöhnlichen Kollodiumprozeß nicht verdrängen. Einer der ersten Deutschen, der gute Ergebnisse mit dem Taupenotverfahren erzielte, war der Altmeister der Photographie, Prof. Herm. Krone²⁾ in Dresden. — Im Gegensatz zu dem Eiweißüberzuge Taupenots verwandte der Engländer Hill-Norris einen Gelatineüberzug als Schutz für die Kollodiumplatten. Hill-Norris gebührt das Verdienst, die Rolle der Schutzmittel für die Kollodiumschicht richtig erkannt und seine „Trockenplatten“ auch fabrikmäßig hergestellt zu haben. — Eine dritte Methode, Kollodiumplatten zu trocknen und dabei lichtempfindlich zu halten, bestand nach Major Rusell (1861) darin, die sorgfältig sensibilisierten Platten zu waschen und in einer Lösung von Tannin zu baden. Auch mit diesen Tannintrockenplatten wurden brauchbare Ergebnisse erzielt.

Auf die vielen unwesentlichen Veränderungen und Verbesserungen dieser Verfahren einzugehen, würde zu weit führen. Zwei Fortschritte seien noch genannt: 1. die Entdeckung der alkalischen Pyrogallolentwicklung durch Wardley und 2. die Erfindung der „Kollodiumemulsion“, einer Vereinigung des Schichtträgers mit den Silbersalzen, die ein zweites Silberbad überflüssig machte, in der Idee von Gaudin herrührend. Die Ausarbeitung dieser Idee erfolgte 1864 und 1865 durch Sayce und Bolton in Liverpool. Da das Verfahren aber wenig empfindlich war, so fand es in den Porträtateliers keine Anwendung.

Die Bromsilbergelatine.

Nach vielen Versuchen gelangte man erst ziemlich spät zu der Erkenntnis, daß das Bromsilber zur Herstellung von Emulsionstrockenplatten geeigneter sei, wie das bisher benutzte Jodsilber, insbesondere bei Anwendung der chemischen Entwicklungsprozesse. Nachdem es gelungen war, die Silbersalze in einer Kollodiumlösung längere Zeit hindurch schwebend zu erhalten, oder wie man sagt, mit Bindemittel und Salz eine „Emulsion“ zu bilden, da wurden auch die Versuche mit Gelatine wieder aufgenommen. W. H. Harrison³⁾ gelang 1868 die erste Bromsilbergelatineemulsion, allerdings in so unvollkommener Form, daß das Hauptverdienst an ihrer Einführung unbedingt einem eifrigen Amateur, dem Arzt Dr. R. L. Maddox⁴⁾ zuzuschreiben ist. Die ersten vortrefflich gelungenen Bromsilbergelatinenegative überreichte Maddox dem Herausgeber des *British Journal of Photography* im September 1871. — Den neuen Weg gingen bald viele, und so häuften sich die Verbesserungen. Genannt seien hier die Steigerung der Empfindlichkeit durch längeres Erwärmen der Emulsion (Bennett) und durch Behandeln mit Ammoniak (Eder).

In den Handel kam die Bromsilbergelatineplatte 1873 durch Burgess. Eine

1) *Compt. rend.* 1855, Bd. 41, S. 383.

2) *S. Horns Phot. Journal.* 1856, Bd. 5, S. 46.

3) *Brit. Journ. of Phot.* 7. Januar 1868.

4) *Desgl.* 1871, Bd. 18, S. 422.

wohlgelungene Aufnahme des Papstes Leo XIII. mit einer Sekunde Belichtungszeit erregte allgemeines Erstaunen¹⁾.

Es gelang bald, das gesuchte Ideal — eine Trockenplatte von gleicher Empfindlichkeit wie die Kollodiumplatte — zu finden, ja diese noch erheblich zu übertreffen. Die Herstellung der Emulsion, d. h. des in der Gelatine fein verteilt suspendierten Bromsilbers ist ein ziemlich umständlicher Prozeß, dessen wesentliche Stufen aber doch aufgezählt werden sollen.

Einem Teil Gelatine wird Bromsalz, einem zweiten Silbernitrat zugesetzt, und die Mischung unter bestimmten Voraussetzungen vollzogen. Ein geringer Überschuß von Bromid verhindert nach Johnston die beim Kochen leicht auftretende Zersetzung des eventuell überschüssigen Silbernitrates, die einen Schleier zur Folge hat. Durch mehr oder weniger langes Kochen gibt man der Emulsion die gewünschte Empfindlichkeit, die auf das Zehnfache des Anfangswertes zu steigern ist. Die Emulsion wird dann von löslichen Salzen durch Auswaschen befreit, erhitzt, warm filtriert, um sie von mechanischen Verunreinigungen, wie Staub usw. zu befreien, und schließlich auf die sorgfältig gereinigten und vorpräparierten Glasplatten gegossen. Alle Manipulationen sind natürlich bei photographisch möglichst unwirksamem, rotem oder grünem Lichte auszuführen²⁾!

Anfänglich entwickelte man die Bromsilberplatten mit dem vom Kollodiumverfahren übernommenen Pyrogallolammoniakentwickler. Nachdem jedoch Carey Lea Ferrooxalat als gut brauchbare Entwicklungssubstanz gefunden hatte, gelang es Eder durch einen einfachen Eisenoxalatenwickler der Trockenplatte weitere Wege zu ebnen. Dieser leicht zu behandelnde Entwickler spielt noch heute als Normalentwickler für sensitometrische Vergleichsmessungen eine große Rolle. In den nächsten Jahren wurden eine ganze Reihe von Benzolderivaten als Entwickler entdeckt und deren Wirkung von vielen Seiten theoretisch untersucht. Der 1889 von Lainer empfohlene Zusatz von sauren Sulfiten war für die Einführung der vielen organischen Entwickler insofern von Nutzen, als der leicht auftretende Gelbschleier durch diese Zusätze verhindert werden konnte. Der Fixierprozeß blieb lange Zeit unverändert.

Zu der Bromsilbergelatineplatte trat nun bald noch die Chlorsilbergelatine-

¹⁾ Leo veranlaßte sie zu einem Gedichte (Phot. Archiv, Bd. 22, 1881, S. 120.), dessen deutsche Übersetzung hier folgt:

Die photographische Kunst.
Vom Sonnenspiegel hingehaucht
Erscheint ein glänzendes Bild, wie schön
Strahlt es die Stirn, das Augenlicht,
Des Mundes Anmut hold zurück!
O wunderbare Geistesmacht!
Ein neu' Gebilde der Natur,
Wie selbst Apelles' Meisterhand,
Es schöner nicht hervorgebracht!

²⁾ Ganz lehrreich ist an dieser Stelle der Vergleich der Empfindlichkeit der zwei andern Silberhaloide mit der willkürlich gleich 1 gesetzten des Chlorsilbers — nach Eder und Pizzighelli:

Chlorsilber ohne Entwicklung 1.
Chlorsilber mit chemischer Entwicklung 500.
Jodsilber mit physikalischer Entwicklung 10 000—12 500.
Bromsilber mit chemischer Entwicklung 50 000.

platte, insbesondere für Diapositive und endlich die Chlorbromsilbergelatine für den gleichen Zweck. Die beiden neuen Emulsionen sollten jedoch noch von hervorragender Bedeutung für den Positivprozeß werden, wie später gezeigt werden wird.

Der ersehnte Ersatz für die nasse Kollodiumplatte war gefunden und der Landschafts- und Reisephotographie zu hoher Blüte verholfen. Bald machte sich nun der Wunsch nach einem leichteren Material für den Schichtträger geltend, da das hohe Gewicht der Glasplatten auf der Reise schon lästig empfunden wurde. 1888 wurden die ersten „Films“ durch Eastman und Walker auf den Markt gebracht. Das Glas war durch leicht biegsame Zelluloidfolien ersetzt, die in größerer Länge 6—12 Aufnahmen fassen konnten. Die Films sind inzwischen von großer Bedeutung für die Kinematographie geworden. Die anfangs gebräuchlichen Rollfilms der Amateure hat man durch sinnreiche Flachfilmpackungen ersetzt und so das Photographieren auf Reisen besonders angenehm gestaltet.

Die Entwicklung des Positivverfahrens.

Im Gegensatz zu der Daguerreotypie lieferten der Kollodiumprozeß und die Trockenplatten sogenannte „negative“ Bilder. Den hellen Stellen — „Lichtern“ — des Objekts entsprechen Stellen tiefster Schwärzung durch Bildung metallischen Silbers. Umgekehrt vermögen die „Schatten“ des Objektes nicht wesentlich auf das Bromsilber wegen ihres geringen Lichtreichtums zu wirken. Das infolgedessen unbelichtete Bromsilber oder dergl. wird im Fixierbad gelöst, und den Schatten des Objektes entsprechen helle glasklare Stellen auf dem „Negativ“. Es handelt sich also darum, mit einer zweiten Operation das Negativ umzukehren, d. h. ein der wirklichen Helligkeitsverteilung entsprechendes „Positiv“ zu schaffen. — Der Weg war durch Verwendung von lichtempfindlichem Papier sofort gegeben. Belichtete man dies durch ein Negativ hindurch, so lieferten die dunklen Stellen des Negativs auf dem Papier „Lichter“ und umgekehrt. Gleichzeitig war damit eine beliebige Vervielfältigung des Bildes durch einen solchen „Kopier“-Prozeß zu erreichen.

Das Kopierverfahren reicht zurück bis auf Schulze (s. S. 298), da ein Negativ im wesentlichen nichts anderes als eine Schablone ist. Mit Silbersalzen imprägniertes Papier verwandten u. a. Scheele, Wedgwood und Davy. Talbot kopierte auf Chlorsilberpapier und fixierte nach Angaben von Herschel. Bei den erstgenannten Forschern erschien das Bild ohne Hervorrufung, die Talbot im Gegensatz dazu mit Gallussäure ausführte. Da Talbot 1839 auch das Bromsilberpapier als brauchbar ansprach, das vor der Hand allerdings keine praktische Verwendung fand, so können wir seine Arbeiten in Verbindung mit der Herschelschen Fixiermethode als Grundlage der modernen Kopierverfahren bezeichnen.

Das Ergebnis vieler Untersuchungen, die sich auf eine ganze Reihe von Jahren erstreckten, war, daß das Chlorid sich für den Positivprozeß am besten eignete. Weitere Versuche galten geeigneten Zusätzen — Citrate und Tartarate — und vor allem geeigneten Rohpapieren. Hardwich fand z. B. einen günstigen Einfluß von Silbercitrat auf die Farbe des Chlorsilberbildes und gab damit eine Methode der Tonung bekannt.

Einen großen Fortschritt stellte das 1850 von Blanquard-Evrard¹⁾ der französischen Akademie vorgelegte Positivverfahren dar, die Präparation von

¹⁾ Compt. rend. 1850, Bd. 30, S. 663.

lichtempfindlichem Papier mit Eiweiß, für das wohl Niepces Negativverfahren, das Stärke- und Eiweißschichten verwandte, die Veranlassung gegeben hatte. Im Gegensatz zu den direkt gesalzenen Silberpapieren ließ das „Albumin“-Papier Blanquart - Evrards das Bild nicht einsinken, sondern hob es plastisch hervor. Dazu kam eine Steigerung der Empfindlichkeit, die durch die Bildung einer lichtempfindlichen Eiweißverbindung, des Silberalbuminates, hervorgerufen wurde. Kein Wunder also, daß sich das Albuminpapier fast den ganzen direkten Kopierprozeß eroberte und sich bis in die neueste Zeit hielt. Die Herstellung des Albuminpapiers sei hier kurz skizziert. Das Eiweiß der Hühnereier wird nach Trennung vom Eigelb mit Wasser und dem Chlorierungssalz zu Schnee geschlagen, um die Zellmembranen zu zerstören. Den Schnee läßt man dann sich absetzen, wobei die Häutchen zu Boden sinken. Auf der klaren Lösung läßt man nun das Rohpapier schwimmen, trocknet es und sensibilisiert es durch Schwimmenlassen auf einer Silbernitratlösung. Das gebildete Chlorsilber und Silberalbuminat verleihen dem Papier die Lichtempfindlichkeit. Die anfänglich durch Zersetzung von Silbernitrat Spuren geringe Haltbarkeit des Papiers wurde im Laufe der Zeit wesentlich gesteigert. In neuester Zeit hat sich ein gebrauchsfertiges „Matt-Albumin“-Papier sehr eingeführt.

Außer dem Albumin wurde neben manchem anderen Stoffe auch Stärkekleister, der 1854 von deBrebisson¹⁾ vorgeschlagen war, als Bildträger benutzt. Von den Stärkesorten erwies sich Arrow-root- oder Marantastärke, aus der amerikanischen Pfeilwurzel (*Maranta arundinacea*) hergestellt, als besonders geeignet. Auch Stärke verhindert das Eindringen des Bildes in die Unebenheiten des Papiers. Diese Papiere kamen unter dem Namen „Arrow-root-Papier“ oder „Marantapapier“ in den Handel.

Salz-, Albumin- und Stärkepapiere wurden „getont“ und dann fixiert. Das Tönen mit Goldsalzen wurde 1850 schon von Le Gray eingeführt. Die meist saures Goldchlorid enthaltenden Bäder verminderten jedoch die Kraft der Bilder bedeutend, zumal bei Gegenwart freier Salzsäure. Man suchte daher nach weniger zerstörend wirkenden Bädern und fand sie in den neutralen und alkalischen Goldbädern (Waterhouse und Halifax). Die Haltbarkeit solcher Bäder wurde durch Zusatz von Rhodansalzen gewonnen.

Durch Anwendung einer Harzleimung suchte man die Poren des Papiers noch besser zu verstopfen, wie z. B. durch Arrow-root-Imprägnierung. Auch dieser Idee entsprangen verschiedene Methoden zur Herstellung von Kopierpapieren, auf die hier jedoch nur der Vollständigkeit halber hingewiesen sei.

Die bisher aufgeführten Papiere gehören alle der Klasse der sogenannten „Badepapiere“ an, die durch zwei getrennte Operationen gewonnen werden. Die erste umfaßt das Tränken des Rohpapiers mit Chloriden und gewissen Beimengungen. Die zweite das nach dem Trocknen erforderliche Sensibilisieren mittels Silbernitratbädern (Salzpapier, Albumin-, Arrow-root-, Harzpapier).

Die zweite Klasse der Silberpapiere umfaßt die sogenannten „Emulsionspapiere“, bei denen die lichtempfindliche Substanz in fertigem Zustande aufgetragen wird. Die Substanz selbst wird dabei durch Mischen von Chlorsalzen mit Silbernitrat bei Gegenwart eines verdichtenden Bindemittels als „Chlorsilberemulsion“ gewonnen. Dieser Klasse gehören die Celloidin-, Aristopapiere usw. an.

Das Bindemittel ist von grundsätzlicher Bedeutung für das Kopierverfahren.

1) Horns Phot. Journ., 1854. Bd. 2, S. 6 und 47.

Man benutzt 1. Kollodium als Bindemittel und Bildträger; es resultieren die „Chlorsilberkollodium-Auskopierpapiere“ oder kurz Celloidinpapiere. 2. Gelatine als Bindemittel, die „Chlorsilbergelatine-Auskopier-“ oder kurz „Aristopapiere“ liefert. 3. endlich Pflanzeneiweißsubstanzen, mit denen „Phosphalbinpapiere“ und „Protalbinpapiere“ hergestellt werden. Nach dieser Zusammenstellung soll auf die historische Entwicklung im einzelnen eingegangen werden.

Das Celloidinpapier. Nach einer Reihe von Vorversuchen anderer Forscher gelang es G. Warton Simpson¹⁾ 1865 ein Chlorsilber-Kollodiumverfahren zum Kopieren auf Glas, Malleinwand und Papier auszuarbeiten, das in der Idee schon von Gaudin angegeben war. Ende der sechziger Jahre führte sich das Chlorsilber-Kollodiumpapier in Deutschland ein, zuerst unter der Führung Obernetters in München, dem in den achtziger Jahren Liesegang in Düsseldorf folgte. Die fabrikmäßige Herstellung des genannten Papiers begann Dr. Kurz in Wernigerode um 1890; das Produkt kam unter dem noch heute gebräuchlichen Namen „Celloidinpapier“ in den Handel und fand großen Absatz. Inzwischen sind in Deutschland eine ganze Reihe von Fabriken entstanden. Neben dem glänzenden Papier hat sich das matte Celloidinpapier gut eingeführt, das außer rauhem Korn noch eine an Kollodium arme Chlorsilberemulsion besitzt. Die Herstellung der Emulsion geschieht durch Mischen von Kollodium mit einem Chlorid und Silbernitrat unter Zusatz von Zitronensäure, Weinsäure oder dergl. Überschüssiges Silbernitrat, -citrat oder ähnliche Salze verstärken die Intensität der Kopie, geben kräftige Schwärzen im Gegensatz zu überschüssigem, löslichem Chlorid, das weichere Bilder liefert. Der Einfluß verschiedener Chloride und auch der Rohpapiere ist gründlich studiert und hat zu vielen brauchbaren Emulsionsrezepten geführt. Zusätze von Chromsäure oder Ammoniumbichromat zur Emulsion lassen rotes chromsaures Silber entstehen, das den Kopien stärkere Kontraste verleiht. Das von Hrdliczka seit 1895 in den Handel gebrachte, silberchromathaltige Celloidinpapier, „Rembrandtpapier“ benannt, liefert auch von ganz flauen Negativen noch brauchbare Kopien.

Das Aristopapier. Chlorsilber mit gleichen Zusätzen, wie sie bei Herstellung des Celloidinpapiers verwandt werden, jedoch in Gelatine emulsiert, liefert das „Aristopapier“, ebenfalls ein vielfach gebrauchtes Auskopierpapier. Ein Gemisch von Chlorsilber und zitronensaurem Silber hatte Hardwich schon 1856 für den positiven Kopierprozeß auf Papier empfohlen. Im Gegensatz zu diesem Badepapier steht das von W. de W. Abney²⁾ 1882 veröffentlichte „Chlorocitratemulsionspapier“, der Vorläufer des inzwischen namentlich in bezug auf Haltbarkeit wesentlich verbesserten Aristopapiers. E. Obernetter gelang es in den Jahren 1883—1885 tadellose Papiere auf den Markt zu bringen, denen in späteren Jahren zahlreiche Konkurrenten in Deutschland und England erwachsen. Um Mitte Neunzig haben auch die rühmlichst bekannten Firmen Lumière und Eastman & Comp. die Fabrikation von Aristopapier aufgenommen.

Da Gelatine mit Silbernitrat sich bald zersetzt, so ist es erforderlich (nach Abney) organische Silbersalze in der Emulsion zu erzeugen. Citrate und Tartarate haben sich als besonders geeignet erwiesen. Die Herstellung der Emulsion des Aristopapiers ist bedeutend einfacher, wie z. B. die der Bromsilbergelatineemulsion,

1) Phot. News. 1865.

2) Phot. News. 1882, S. 300.

insbesondere weil das Digerieren der Mischung in Wärme und andere Manipulationen überflüssig sind. Dem Celloidinpapier gegenüber besitzt das „Aristo“ den Vorteil, daß zu seiner Fabrikation in Wasser lösliche Chloride verwandt werden, die billiger sind, wie die für die Celloidinemulsion erforderlichen in Äther oder Alkohol löslichen. Geringe Zusätze von Chromaten bewirken schon sehr kontrastreiche Kopien. Tönen und Fixieren geschieht in gleicher Weise wie beim Celloidinpapier. Die Empfindlichkeit ist zwei- bis dreimal so groß, wie die des gesilberten Albuminpapiers.

Die Pflanzeneiweißpapiere (Protalbin). Diese entstammen den Untersuchungen Dr. M. Jolles und Dr. Leon Lilienfeld¹⁾ in Wien 1897. Den beiden Forschern gelang mit Pflanzeneiweißstoffen (Nucleoproteïden) die Herstellung von Chlorsilberemulsionen ähnlich der Kollodiumemulsion, wobei die Eigenschaft der Proteïde, gegen Silbernitrat indifferent zu sein, von Wert war. Die „Phosphalbin“- oder „Protalbin“-Papiere sind Auskopierpapiere von rein weißem Aussehen, im Gegensatz zu dem in stärkeren Schichten gefärbten Albumin; außerdem ist ihre Schicht gegen mechanische Verletzungen widerstandsfähiger.

Neben den genannten Auskopierpapieren kommen für den Positivprozeß auch Bromsilber- und Chlorbromsilbergelatinepapiere in Anwendung. Diese Emulsionen, die zunächst für den Negativprozeß gebraucht wurden, verlangen jedoch Hervorrufung des Bildes, sind also durchweg Entwicklungspapiere. Das Bromsilber gelatinepapier ist sehr empfindlich und gestattet daher die Anwendung kürzester Belichtungszeiten, was besonders für Massenaufgaben von Kopien von größtem Werte ist. Die Bromsilberpostkartenindustrie hat, wie allgemein bekannt, eine riesige Ausdehnung angenommen. — Auch zur Herstellung von Vergrößerungen mit Hilfe von Negativen kleinen Formates ist das Bromsilberpapier sehr geeignet. Die fast unbegrenzte Haltbarkeit und leichte Handhabung lassen insbesondere die Amateure über die nicht sehr kräftigen Tiefen des Papiers hinwegsehen. Da die künstlerische Wirkung durch die Struktur des Papiers stark variiert werden kann, so sind die verschiedenartigsten Papiere vom feinsten Korn für detailreiche Wiedergabe bis zur rauhesten Oberfläche für Vergrößerungen und dergl. im Handel. Auch durch Färbung des Papiers kann man gute Wirkungen erzielen. Inzwischen hat man auch gelernt, Karton, Leinwand und Seide mit Bromsilberschichten zu versehen. Bilder auf Seide sind von besonderer Wirkung.

Zu den Bromsilberpapieren sind in jüngster Zeit noch Chlorbromsilbergelatinepapiere getreten. Mit dieser Emulsion, von Eder 1883 angegeben, lassen sich wesentlich wärmere Töne erzielen, wie mit reiner Bromsilbergelatine. Das erste Papier kam unter dem Namen „Alpha papier“ Ende der achtziger Jahre in England auf den Markt. Es folgte in den neunziger Jahren das amerikanische Veloxpapier, dann 1900 das Liesegangsche Tulapapier, ferner 1902 das jetzt sehr verbreitete Lenta-papier der „Neuen photographischen Gesellschaft“ in Steglitz bei Berlin. In den allerletzten Jahren brachten eine große Anzahl von Fabriken derartige Chlorbromsilbergelatinepapiere unter der Bezeichnung „Gaslichtpapiere“ in den Handel, die sich stets wachsender Beliebtheit erfreuen. Diese Papiere sind auch sämtlich Entwicklungspapiere, jedoch von bedeutend geringerer Empfindlichkeit, wie die reinen Bromsilberpapiere, und können daher bei gelbem Lichte oder gar stark gedämpftem Tageslicht verarbeitet werden. Die Belichtung kann man mit jeder Lichtquelle ausführen, wobei die Grenzen infolge der relativ geringen Empfindlich-

¹⁾ Phot. Corre p. 1897.

keit der Papiere ziemlich weite sind. Dazu lassen sich durch Tonung gute Effekte erzielen, zwei Eigenschaften, die die Papiere für die Mehrzahl der Amateure sehr wertvoll machen.

Die historische Entwicklung der Kopierverfahren ohne Silbersalze.

Die Lichtempfindlichkeit der Eisensalze, die Bestuscheff¹⁾ schon 1725 zur Herstellung seiner „Tinctura toniconervina“ ausgenutzt hatte, sollte nach der Entdeckung der Lichtempfindlichkeit des Ferrioxalates durch Döbereiner 1831 ebenfalls für den Positivprozeß bedeutungsvoll werden. Während die anorganischen Eisenoxysalze allein recht lichtbeständig sind, gehen sie bei Anwesenheit von

organischen Substanzen (Säuren, Papier und dergl.) im Licht leicht in Oxydsalze über bei gleichzeitiger Oxydation der organischen Substanzen.

Sir John Herschel²⁾ benutzte 1842 zuerst mit Erfolg die Lichtempfindlichkeit von Ferricitrat- und -tartratpapier zu Kopierzwecken. Vor allem verwandte er Ammoniumferricitrat, das, anfangs gelb, nach kurzer Belichtung durch Bestreichen mit einer Ferricyankaliumlösung auf den belichteten Stellen einen Niederschlag von Berlinerblau gibt. Man kann auch ein Gemisch der beiden Salzlösungen auf das Papier auftragen und erhält dann die gleiche blaue Färbung.

Die im Prinzip eben angegebene „Cyanotypie“ oder der photographische Blaudruck wurde für das Lichtpausverfahren von großem Werte. Jeder größere



Sir John Herschel, geb. 1792, gest. 1871.

technische Betrieb vervielfältigt heutzutage seine Konstruktionszeichnungen auf diesem oder einem ähnlichen photographischen Wege. Eine Unsumme von Arbeit, die die Vervielfältigung durch wiederholtes Durchzeichnen mit der Hand machen würde, ist durch die Entdeckung dieser photochemischen Reaktion, der Reduktion von Ferri- zu Ferrosalzen erspart.

Herschel bemerkte auch 1842, daß das im Lichte entstandene Ferrosalz aus Lösungen von Edelmetallsalzen (Silber, Gold) metallische Niederschläge ausscheidet. Auf dieser Entdeckung basierten die „Argentotypie“, bei der nach Le Gray 1852 Silbernitrat mit Ammoniumferricitrat gemischt wird, und die im wesentlichen gleiche „Kallotypie“ Nicols aus dem Jahre 1889, die mit ihren von

¹⁾ s. S. 298.

²⁾ Herschel, On the Action of the Solar Spectrum, Phil. Transact. 1842. Phot. Archiv. 1864, S. 467.

verschiedenen Seiten ausgeführten Verbesserungen leidlich gute schwarze Kopien lieferte. 1895 wurde das gleiche Prinzip von Arndt und Troost in Frankfurt a. M. zur Herstellung des „Sepia-Blitz-Lichtpausapapiers“ angewandt.

Der Vollständigkeit halber sei hier noch erwähnt, daß die verschiedene Reaktionsfähigkeit der Ferro- und Ferrisalze gegen Tannin, Gallussäure usw. zur Ausarbeitung des „Galluseisenkopierprozesses“ — Tintenprozeß —, von Poitevin¹⁾ 1859 angegeben, führte und mit diesem seit 1880 Galluseisenlichtpausen, die schwarze Linien auf weißem Grunde gaben, hergestellt wurden.

Wir kommen zurück auf die vorhin erwähnte Entdeckung Herschels bezüglich der Niederschlagsfähigkeit belichteter Ferrisalzstellen, weil diese speziell die photographischen Verfahren, die wir ja in erster Linie im Auge haben, um einen wichtigen Positivprozeß — „die Platinotypie“ — bereichern sollte.

Die Platinotypie wurde William Willis 1873 in England patentiert. Sie beruht auf der Eigenschaft des durch Licht zu Ferrooxalat reduzierten Ferrisalzes — oder seiner Doppelsalze —, aus Platinsalzlösungen metallisches Platin in Form von Platinschwarz abzuscheiden. Am besten eignen sich für diese Reduktion Platinchlorür oder Kaliumplatinchlorür. Da das Oxalat allein die Reduktion nur schwach durchführt, so werden die Kopien in Kaliumoxalatlösung oder dergl. eingetaucht, die intensive Reduktion herbeiführt. Gewissermaßen wird die Kopie also entwickelt. Man unterscheidet nun zwei Methoden des Platindruckes. Die eine ist der Platindruck mit der erwähnten Hervorrufung. Bei der anderen, dem Platindruck mit Selbstentwicklung ist die Entwicklungssubstanz bereits in der Schicht enthalten; sie wird der Eisenoxalatplatinmischung schon vor der Präparation des Papiers zugesetzt. Das Bild erscheint hier lediglich durch Baden in Wasser. — Immer ist aber der lichtempfindliche Bestandteil der Schicht das Eisensalz!

Ende Siebzig wurden in London mit dem genannten Verfahren, das der Erfinder Willis noch zu verbessern bemüht war, bereits sehr gute Kopien hergestellt, jedoch drang das neue Verfahren erst in die Öffentlichkeit, als die von der Wiener photographischen Gesellschaft 1882 preisgekrönte Schrift der österreichischen Offiziere G. Pizzighelli und Baron von Hübl „die Platinotypie“ erschien.

Den wissenschaftlichen Untersuchungen der beiden Forscher lag das Willis'sche Prinzip zu Grunde, der Platindruck mit heißer Kaliumoxalatentwicklung. Pizzighelli²⁾ fand dann 1887 die bereits genannte Reduktionssteigerung der Schicht durch Beimengung der Entwicklungssubstanz, die zu direktem Platin-Auskopierpapier führte. — Wissenschaft und Technik hielten nun gleichen Schritt. Für eingehende Erkenntnis und Ausarbeitung der Platinverfahren sorgten Lainer, Hübl u. a., während die englische Platinotype-Comp. in London die ersten Papiere in den Handel brachte, denen übrigens in Deutschland und Österreich bald gleichwertige Papiere zur Seite gestellt wurden. Wieder kam man mit Rohpapier verschiedener Struktur den Anforderungen der künstlerischen Photographie entgegen und lernte auch den schwarzen Ton der Kopien durch Präparation der Schicht oder durch Tonung zu verändern.

Mehrere Positivverfahren beruhen auf der Lichtempfindlichkeit chromsaurer Salze. Vauquelin hatte schon 1798 das Dunkeln eines chromsauren Silbersalzes bemerkt, und Suckow beobachtete 1832, daß chromsaure Salze auch bei Abwesenheit von Silber in Gegenwart organischer Substanzen lichtempfindlich sind.

1) Bulletin. d. l. Soc. Franç. Phot. 20. Mai 1859.

2) Phot. Korresp. 1887, 1888.

Das Silberchromat suchte Ponton¹⁾ 1839 zu photographischen Zwecken zu verwenden und fand dabei, daß mit Kaliumbichromat getränktes Papier durch Lichtstrahlen gefärbt wird. Eine auf solches Papier gelegte Zeichnung erscheint gelb auf dunkelorangefarbenem Grunde und läßt sich durch einfaches Auswaschen fixieren, da das gefärbte Salz im Wasser unlöslich wird. Becquerel (1840) und Hunt (1843) versuchten das Verfahren zu verbessern, jedoch ohne nennenswerten Erfolg.

Diesen erzielte erst der schon genannte Fox-Talbot²⁾ mit der Entdeckung der Lichtempfindlichkeit eines Gemisches von Kaliumbichromat und Gelatine. Er benutzte dieses anfangs zu einem Stahlätzverfahren, auf das ihm 1852 ein englisches Patent erteilt wurde. 1853 veröffentlichte er seine Entdeckung, daß Chromatgelatine im Lichte unlöslich wird. Der Vorgang ist dabei der, daß die Chromsäure der Doppelsalze (zumeist Kaliumbichromat) in Gegenwart organischer Substanzen durch das Licht zu Chromoxyd reduziert wird, das gerbend auf Gelatine, Eiweiß, Gummi usw. wirkt und diese Stoffe in Wasser unlöslich macht. — Eine mit einer solchen Chromatgelatineschicht versehene Stahlplatte, auf die ein Diapositiv kopiert wird, läßt sich nach dem Auswaschen mittels Platinchlorid ätzen. Die Variationsfähigkeit des Verfahrens für graphische Zwecke betonte Talbot bereits in seiner Patentschrift.

Die erste heliographische Methode, basierend auf der Talbotschen Entdeckung unter Zuhilfenahme der Galvanoplastik, wurde dem Wiener Pretsch bereits 1854 patentiert. — William Willis benutzte bei seinem Lichtpausverfahren (Positiv von Positiv), dem nach ihm benannten „Anilindruck“, die Reduktion der Chromsäure in der Weise, daß er das belichtete Papier den Dämpfen von Anilin aussetzte. An den Stellen, die Chromsäure enthielten, bildeten sich durch Oxydation des Anilins Anilinfarben.

Von einschneidender Bedeutung sollten der Pigment- — auch Kohleindruck genannt — und der Gummidruck besonders für die künstlerische Photographie werden. Beide verwenden, wie im einzelnen gezeigt werden soll, die Lichtempfindlichkeit der Chromsalze.

Der Franzose Alphons Louis Poitevin, mit dem Studium der Reaktionen der Chromate mit organischen Substanzen im Lichte beschäftigt, erfand 1855 die Grundlagen des „Lichtdruckes“ und des „Pigmentdruckes“. Nach seiner Patentbeschreibung wird eine Chromatgelatine — oder eine Chromatleimschicht — hergestellt, auf diese ein Bild kopiert und die angefeuchtete Schicht mit feiner Farbe versehen, die nur an den belichteten Stellen adhärirt. Das entstandene Bild kann nach Art der Lithographien auf verschiedene Unterlagen übertragen und zum Druck verwandt werden.

Photographische Kopien mit Druckerschwärze wurden von Poitevin 1885 in der Pariser Weltausstellung ausgestellt und erregten die Aufmerksamkeit des Herzogs Luynes zu Paris, der hier die Möglichkeit sah, billige unveränderliche Drucke auf photographischem Wege herzustellen, und die Lösung des Problems durch größere Preise anregte. Regnault wies in dem Programm dieser Preise 1856 vergleichend besonders auf die Unvergänglichkeit alter, mit Lampenschwarz gefertigter Manuskripte hin und gab damit schon einen Weg zur Lösung. — Von drei eingelaufenen Arbeiten wurden 1859 zwei berücksichtigt, jedoch nur mit sil-

1) Edinb. new philosoph. Journ. 1839, S. 169.

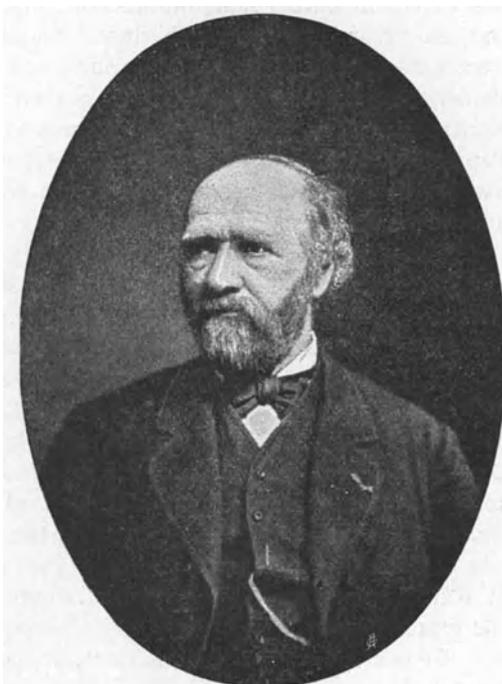
2) Dinglers Polytechn. Journ., Bd. 123, S. 296.

bernen Medaillen, während man Poitevin, dem geistigen Vater aller eingereichten Methoden, eine goldene Medaille zuerkannte. Garnier und Salmon hatten einen Einstaubprozeß mit Chromsalzen, Zucker, Eiweiß oder Gummi und Kohlepulver ausgearbeitet, während der Engländer John Pouncy vegetabilische Kohle, Gummiarabicum und Kaliumbichromat als Bildschicht verwandte, bezw. die Kohle durch lichtechte Pigmente ersetzte. Dies Verfahren war von Poitevin bereits angegeben. Nur die gute praktische Ausführung brachte Pouncy einen Teil des herzoglichen Preises und den Ruhm ein, als praktischer Gründer des Gummidruckes bezeichnet zu werden.

Das Verfahren blieb lange Zeit vergessen. Erst 1889 führte Artigue¹⁾ unter dem Namen „Charbon Velours“ ein Papier ein, welches dem Gummidruck ähnliche Ergebnisse liefert. Es wird auf einer Bichromatlösung sensibilisiert und in kaltem Wasser mit Sägemehl entwickelt. — Nach Erscheinen der Druckschrift „Sepia-Photo et Sanguine-Photo“ von Bouillé-Laderêzes, Paris 1894, wandte sich das Interesse wieder dem Gummidruck zu, für den vor allem der „Wiener Kamera-Klub“ lebhaft eintrat. Seitdem fand er große Verbreitung in der künstlerischen Photographie, wo es galt, mit Verzicht auf Bildeinzelheiten kraftvolle Wechselwirkungen zwischen Licht und Schatten zu erzielen.

Wir kehren zurück zu dem Poitevinschen Pigmentprozeß. Es gelang 1858 noch nicht, Halbtonbilder tadellos zu reproduzieren, man beschränkte sich anfangs auf die Kopierung von Strichzeichnungen. Den wahren Grund des Mißlingens erkannte Abbé Laborde²⁾ noch im selben Jahre. Er war folgender. Da die Pigmentgelatineschicht verhältnismäßig dick aufgetragen werden mußte, so wurden bei der Belichtung durch ein Negativ hindurch im günstigsten Falle nur die unter den durchsichtigsten Stellen des Negativs liegenden Teile der Schicht bis auf ihren Grund, das Papier, unlöslich. Die Halbtöne des Negativs bewirkten, daß die Pigmentschicht unter ihnen nur bis zu einer gewissen Tiefe unlöslich wurde. Entwickelte man eine solche Kopie, so verschonte das Wasser nur die tiefsten Stellen, die bis auf das Papier unlöslich geworden waren, dagegen unterspülte es die unter den Halbtönen nur zum Teil unlöslich gewordenen Stellen und schwemmte sie fort. Man erhielt also nur ein Bild ohne Halbtöne.

Auf Grund dieser Erklärung schlug J. C. Burnett³⁾ 1858 infolgedessen vor,



Alphonse Louis Poitevin, geb. 1819, gest. 1882.

1) Eders Jahrb. 1890, S. 338.

2) Bull. d. l. Soc. franç. de Phot. 1858, S. 213.

3) Burnett, Photographic Journal. 1858, V, S. 84.

das Papier von der Rückseite zu belichten, um so die ganze belichtete Pigmentschicht haftend zu erhalten. Da bei dieser Methode aber die Feinheit des Bildes durch die Papierstruktur verloren ging, so kam Fargier¹⁾ 1860 auf die Idee, die belichtete Chromatgelatineschicht auf eine andere Unterlage zu übertragen und damit das Oberflächenbild festzuhalten. Dies gelang ihm mittels einer Kollodiumschicht. Seine wesentlich verbesserten Resultate wurden 1862 von der Pariser photographischen Gesellschaft mit einem Preise bedacht.

Weitere Verbesserungen des Verfahrens gelangen 1864 dem Erfinder der elektrischen Glühlampe mit schleifenförmig gewundenem Kohlenfaden, Joseph Wilson Swan in New Castle. Einmal ließ er aus der Mischung von Gelatine, Farbstoff und Zucker das Bichromat fort, das sich in diesem Gemisch leicht zersetzt und das Papier in kurzer Zeit unbrauchbar macht. Dafür sensibilisierte er das Papier erst kurz vor dem Gebrauch durch Baden in Bichromatlösung. Sodann klebte Swan nach dem Kopieren die Bildschicht mittels Benzol-Kautschuklösung auf Papier oder dergl. In warmem Wasser entwickelt, blieb das Pigmentbild auf der Kautschukunterlage haften und konnte von dort wieder auf weißes gelatinirtes Papier übertragen werden. (Doppelter Übertragungsprozeß.) Da die Arbeitsstätte Swans durch Feuer zerstört wurde, so sind von seinen Originalpigmentdrucken nur wenige erhalten.

Die Fabrikation der Pigmentpapiere übernahm die englische „Autotype-Comp.“, von W. Bennyon Winsor, der das englische Patent Swans erworben hatte, gegründet. Das französische Patent erwarb Adolf Braun (Kunstverlag in Dornach), der sich in damaliger Zeit damit beschäftigte, Skizzen alter Meister aus dem Louvre möglichst farbengetreu zu reproduzieren. Swan machte ihn darauf aufmerksam, daß er mit seinem Pigmentdruckverfahren die Farben nicht nur nachahmen, sondern sogar denselben Farbstoff verwenden könnte. Braun, entzückt von einer nach der Swanschen Methode hergestellten Kopie, benutzte das Verfahren für seine später weltberühmten Reproduktionen alter Meister. — In Deutschland führte Franz Hanfstängl jun. den Pigmentdruck im großen für den Kunstverlag ein, wie er denn überhaupt alle photographischen Druckverfahren pflegte. Swan und Woodbury nutzten das Pigmentverfahren auch zur Gravierung von Kupferplatten für graphische Zwecke aus.

Zu nennen sind hier noch der „doppelte Übergangsprozeß“ von John Robert Johnson (1869) und die „biegsamen provisorischen Übertragungsschichten“ von John Robert Sawyer (1874). Marion hatte 1873 der Pariser photographischen Gesellschaft mitgeteilt, daß kopierte Pigmentpapiere beim Aufpressen auf anderes unbelichtetes Pigmentpapier das unlösliche Lichtbild gewissermaßen übertragen. Diese „Mariantypie“ bildete die Grundlage der von Thom. Manly²⁾ in London 1899 erfundenen „Ozotypie“. Der Kern dieses Verfahrens besteht darin, ein sichtbares Bild auf einem Chromatpapier auszukopieren und dann durch Aufquetschen auf ein Pigmentpapier in ein solches, und zwar ein seitenrichtiges zu verwandeln. Das Verfahren wird heute als „Ozobromdruck“ ausgeübt.

Nach Aufzählung aller der praktischen Erfolge, die auf dem Gebiete der Anwendungen von lichtempfindlichen Chromaten erzielt sind, ziemt es sich der 1878 preisgekrönten Ederschen³⁾ Arbeit „Über die Reaktionen der Chromsäure und der

1) Bull. de la Soc. franç. de Phot. 1860, S. 314.

2) Eders Jahrb. 1900, S. 50.

3) Phot. Korresp. 1878.

Chromate auf Gelatine, Gummi, Zucker und andere Substanzen organischen Ursprungs in ihren Beziehungen zur Chromatphotographie“ zu gedenken, die Klarheit in das Wesen der Dinge brachte und so einen schönen wissenschaftlichen Abschluß eines erfindungs- und entdeckungsreichen Zeitabschnittes bildete.

Die 1909 erfolgte Veröffentlichung¹⁾ des „Askadruckes“, eines trockenen Pigmentverfahrens, gab Veranlassung, sich der „Pfeffertypie“²⁾, die schon 1858 bekannt und 1881 patentiert wurde, zu erinnern. Ein mit einer aus Pfeffer, Harz, Benzol- und Kautschuklösung bestehenden Mischung präpariertes Papier wurde unter einem Positiv kopiert und das Bild durch Überstreuen mit Staubfarben, Bronzepulver und ähnlichem entwickelt. — Der „Askadruck“, von Josef Rieder erfunden und von der „Neuen photographischen Gesellschaft“ in Steglitz bei Berlin in den Handel gebracht, ist ein der Pfeffertypie ähnliches Verfahren, das seinen Namen den Hauptbestandteilen der lichtempfindlichen Schicht, Asphalt und Kautschuk, verdankt. Eine solche Schicht besitzt die Eigenschaft, die ihr eigene Klebrigkeit proportional der Belichtung zu verlieren. Es ist also bei dem ganzen Verfahren nur erforderlich, unter einem Diapositiv zu kopieren und das Bild durch Aufstreuen einer Mischung aus Farbe und Seesand zu entwickeln, wobei die nicht belichteten Stellen die Farbe festhalten. Es folgt noch eine sogenannte Fixierung durch weißen Sand, im wesentlichen eine Reinigung der Weißen. Die Empfindlichkeit des Papiers gleicht der des Celloidinpapiers. Die erzielten Bilder, namentlich größeren Formates, können ohne weiteres mit guten Pigmentdrucken konkurrieren. Die Einfachheit sichert dem Verfahren wohl eine Zukunft, zumal da es wohl noch verbesserungsfähig und vielfach anwendbar, z. B. zu keramischen Zwecken ist.

Die Farbenphotographie.

In den vorhergehenden Abschnitten ist die Entwicklung der Schwarzweißphotographie bis zu dem heutigen Stande ihrer Vollkommenheit verfolgt worden. Der sehnliche Wunsch jedes Wissenschaftlers und Photographen, die Farbenpracht der Natur im Bilde festzuhalten, und die Versuche hierzu sind nur gelegentlich flüchtig gestreift. Jetzt, wo in allerletzter Zeit die Lösung des farbenphotographischen Problems geglückt ist, ist es von besonderem Interesse, einen Rückblick auf den dornigen Weg zu tun, der Forscher und Praktiker nach langen Mühen zum Ziele geführt hat.

Die erste Beobachtung einer Entstehung der natürlichen Farben durch Lichtwirkung machte Senebier 1782 (s. S. 299) gelegentlich einer Untersuchung über die Färbung von Chlorsilber durch die verschiedenen Farben des Sonnenspektrums. 1810 beschrieb Seebeck (s. S. 301), wie er ein den natürlichen Farben ähnelndes Spektrum auf Chlorsilber erhalten konnte. Trotzdem Herschel 1840 diese Versuche Seebecks mit Erfolg wiederholte und erweiterte, war man von der Unmöglichkeit der Lösung des farbenphotographischen Problems so fest überzeugt, daß man die Resultate beider Forscher dem Zufall zuschob.

Alexander Edmund Becquerel³⁾, der in den Jahren 1847, 1848 und 1855 Untersuchungen über Photochromie, wie wir die Farbenwiedergabe mit Hilfe des Lichtes nennen wollen, veröffentlichte, gelang es auf einer violetten Schicht von Silbersubchlorid, die er auf einer polierten Silberplatte erzeugt hatte, Spektral-

1) Phot. Chronik. 1909, S. 46 und 88.

2) Wall, Phot. News. 1909, S. 589.

3) Pogg. Annalen, Bd. 77, S. 512.

farben zu erzeugen und auch festzuhalten, so lange man eine weitere Lichtwirkung vermied. Das Verfahren wurde in den Jahren von 1851—1866 durch Niepce de Saint Victor¹⁾ verbessert. Von der bereits damals erzielten guten Farbenwiedergabe zeugt ein in Eders Handbuch reproduziertes Exemplar, das sich, wie der Verfasser schreibt, unveränderter Lebhaftigkeit der Farben erfreut und zu den größten Seltenheiten gehört.

Poitevin erzeugte Photochromien auf Papier in Anlehnung an die Seebeck'schen Versuche, die durch Variation der Versuchsbedingungen zwar vielfach verbessert wurden, aber vorerst nicht zur Lösung des Problems führten. — Es bedurfte zunächst einer Erklärung des Zustandekommens der Seebeck'schen Farben, die den Weg zu weiteren Fortschritten vorzeichnen sollte. Die erste Theorie lieferte Dr. Wilhelm Zencker in einem 1868 erschienenen Lehrbuch der Photochromie, wo er die Ansicht aussprach, daß die Seebeck'schen Farben durch Interferenz des Lichtes an feinen Silberlamellen, die selbst durch stehende Lichtwellen erzeugt würden, zustande kämen. Stehende Wellen nahm auch Rayleigh 1887 als Ursache der Becquerelschen Resultate an.

1895 erklärte Prof. Dr. Otto Wiener²⁾ die bisher vorliegenden Erscheinungen restlos. Neben den Zenckerschen Lichtwellen wirken nach den Wienerschen „Studien über Farbenphotographie durch Körperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur“ bei der Becquerelschen Methode, sogenannte Körperfarben mit, die zur Erklärung der Seebeck'schen und Poitevinschen Papierbilder allein völlig ausreichen. — Die Heranziehung des alten Gesetzes, daß photochemische Wirkung nur dort stattfindet, wo Licht absorbiert wird — im Prinzip eine notwendige Folgerung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie — lieferte die Erklärung. Ein lichtempfindlicher roter Körper reflektiert rote Strahlen. Absorbiert er dagegen Strahlen irgend einer Farbe, so paßt er sich der Farbe an. Die angenommenen Färbungen bleiben zwar bei weiterer Belichtung bestehen, können aber z. B. bei dem besonders geeigneten Poitevinschen Silberchlorür nicht fixiert werden, da Fixiermittel die Farben zerstören.

Die Entwicklung der Farbenphotographie mit diesen skizzierten Grundlagen konnte daher in zwei Richtungen erfolgen; einmal mit Hilfe der genannten Körperfarben und sodann unter Benutzung der Zenckerschen stehenden Lichtwellen. Der erste Weg führte zu den heute unter dem Namen „Ausbleichverfahren“ bekannten Methoden, während der zweite die geniale „Lippmannsche Methode der Farbenphotographie“ zum Ziele hatte.

Die „Ausbleichverfahren“ beruhen auf der Eigenschaft organischer Stoffe, durch Licht irgend einer Farbe, das sie absorbieren, ausgebleicht zu werden. Diese Eigenschaft war bereits von Grotthus 1818 richtig erkannt, wie der folgende, auf Grund seiner Versuche aufgestellte Schluß beweist. Das farbige Licht sucht — nach Grotthus — diejenige Farbe der ihm ausgesetzten Körper zu zerstören, die seiner eigenen entgegengesetzt ist, und die zu erhalten, die ihm eigen oder analog ist. — Obgleich mit diesen Grundsätzen, sowie mit weiteren von R. Ed. Liesegang³⁾ erzielten wichtigen Ergebnissen die Schaffung eines neuen photographischen Verfahrens ermöglicht war, bedurfte es doch des Anstoßes durch Wieners Arbeit, um die Theorie in die Praxis umzusetzen.

1) Compt. rend. 1851, 52, 59ff.

2) Ann. d. Phys. 1895, Bd. 55.

3) Phot. Archiv 1893, Nr. 729 und 730.

Die ersten Fortschritte erzielte E. Vallot¹⁾ 1895, dem es gelang, eine Farbmischung aus drei Farben zu finden, die in weißem Lichte beinahe zu gleicher Zeit sich entfärbten und damit zur Herstellung farbiger Photographien geeignet waren. Das Verfahren scheiterte jedoch an zu großer Unempfindlichkeit. — 1898 nahm Karl Worel²⁾ in Graz die Vallotschen Versuche wieder auf. Er entdeckte zunächst in Kampfner und später in Anisöl hervorragende Sensibilisatoren. — Vielleicht vermag einer oder der andere der eifrigen Forscher auf diesem Gebiete, von denen R. Neuhauß, Jan Szczepanik, J. H. Smith und Fritz Limmer genannt seien, die große Kluft von dem von anderer Seite vorliegenden Farbnegativ zum Farbenpositiv zu überbrücken. Die Aussichten hierzu sind nicht ungünstig.

Als Gegensatz zum Ausbleichverfahren seien hier noch die „Katatypie“ Ostwalds und Gros' (1902)³⁾ und die „Pinakotypie“ E. Königs⁴⁾ erwähnt, die photochemische Oxydationsprozesse zur Erzeugung von Farbstoffen aus ihren Leukobasen benutzen. Diese Verfahren bedürfen jedoch zur praktischen Einführung noch weiterer Entwicklung.

Ich hatte darauf hingewiesen, daß ein zweiter Weg unter Benutzung der Zerniker'schen stehenden Lichtwellen uns der Lösung des farbenphotographischen Problems näher gebracht hat. Diesen äußerst mühsamen Weg ging Prof. Gabriel Lippmann⁵⁾ in Paris. 1891 berichtete er der Pariser Akademie der Wissenschaften über seine Interferenzchromie. Im wesentlichen wird bei seinem direkten Verfahren der Farbenphotographie eine Glasplatte mit einer möglichst feinkörnigen Schicht von Bromsilber versehen und gegen die getrocknete Schicht ein Quecksilberspiegel gepreßt, worauf die Platte zur Aufnahme bereit ist. Das durch das Objektiv der Kamera auffallende Licht bildet mit dem vom Quecksilberspiegel reflektierten stehende Wellen, die die Bromsilberschicht entwickelbar verändern. Es entstehen nämlich an den Wellenbäuchen, den Stellen stärkster Lichtwirkung, Silberlamellen, die selbst als Spiegel wirkend zu entsprechenden Interferenzen mit den dazu gehörigen Farben Veranlassung geben. — Eine erschöpfende Erklärung des Entstehens eines Bildes in natürlichen Farben mit Hilfe von Interferenzen würde über den Rahmen dieser geschichtlichen Darstellung hinausgehen.

Während Lippmann anfangs mit Taupenotschen Eiweißplatten gearbeitet hatte, verwandten die Brüder Lumière bereits 1892 Bromsilbergelatine, gleichzeitig und unabhängig von ihnen auch E. Valenta. 1893 gelang den beiden Lumières die erste Porträtaufnahme nach dem Lippmannverfahren, die Eder mit Recht besonderer Erwähnung für wert hielt, weil sie das erste photographische Bildnis eines menschlichen Antlitzes „in natürlichen Farben“ darstellte. Das Jahr 1900 brachte auf der Pariser Weltausstellung gute Lippmannaufnahmen von Lippmann selbst, Lumière und Neuhauß, wovon letzterem auch der mikrographische Nachweis der Lamellenbildung gelang. — Wenn man bedenkt, daß es sich bei der Lippmann'schen Methode um Abstände von Bruchteilen von Milliontel Millimetern handelt, so wird man sie als eine der größten Errungenschaften des menschlichen Geistes ansprechen dürfen, wenn sie auch hinsichtlich der praktischen Verwendbarkeit durch zwei, richtiger drei andere Methoden der Farbenphotographie übertroffen ist.

1) *Moniteur d. l. Phot.* 1895.

2) *Anz. d. kaiserl. Akad. d. Wiss. Wien*, 13. März 1902.

3) *Phot. Korresp.* 1903, S. 53, 98, 113.

4) *Desgl.* 1904, S. 521.

5) *Compt. rend.* 1891, Bd. 112, S. 274.

Die Grundlagen für die erste dieser weiteren Methoden bildeten die bis in das Mittelalter zurückreichenden Versuche mehrfarbiger Drucke und die Studien über die sogenannten drei Grundfarben, die zu dem unter dem Namen „Dreifarbendruck“ bekannten graphischen Verfahren geführt haben. Fußend auf Thomas Youngs Farbenempfindungstheorie faßte J. Clerk Maxwell¹⁾ den Gedanken der Farbenwiedergabe durch Anwendung von dreifarbigem Lichtfiltern. In einem Vortrage „Über die Theorie der Grundfarben“ in der Royal Institution in London besprach er am 17. Mai 1861 die Youngsche Theorie, nach der drei Grundfarben in ihrer Mischung alle Spektralfarben gaben. Es gelang Maxwell damals auch der Versuch gleichzeitiger Projektion dreier Diapositive, die hinter roten, grünen und blauen Lichtfiltern gewonnen waren und in ihrer Zusammenwirkung ein farbiges Bild ergaben. Maxwell fügte dabei hinzu, daß durch Auffindung photographischer Stoffe, welche für die weniger brechbaren Strahlen (Rot, Grün usw.) empfindlich wären, die Farbendarstellung bedeutend verbessert werden könnte.

Die von Maxwell erkannte doppelte Möglichkeit der Farbenwiedergabe auf subtraktivem und additivem Wege wurde von den verschiedensten Seiten aufgegriffen, eingehend studiert und praktisch verwertet. — Die weniger schwierige, subtraktive Methode verwandten gleichzeitig unabhängig von einander Ducos du Hauron und Charles Cros 1868—69 für den Dreifarbenruck. Bei diesem werden heute drei Teilpositive in der jeder der drei Filterfarben komplementären hergestellt. Die Vereinigung — bei Ducos du Hauron²⁾ Pigmentbilder — liefert das fertige farbiges Bild. — Subtraktiv heißt die Methode, weil die drei farbigen Schichten der Teilbilder von dem auffallenden oder durchfallenden weißen Lichte immer mehr wegnehmen. Weiß erscheinen daher die von jeder Farbe freien Stellen, schwarz die auf jedem Teilbild intensiv gefärbten.

Die zweite — additive — Methode ist die optische Synthese dreier Teilbilder. Bei dieser werden von den hinter Rot-, Grün- und Violettfiltern hergestellten Teilnegativen schwarz-weiße Diapositive angefertigt. Diese werden genau übereinander projiziert, wobei jedes der drei Diapositive mit dem seinem Filter entsprechenden monochromatischen Lichte beleuchtet wird. Schwarz erscheinen jetzt die Stellen stärksten Silber Niederschlages; der Eindruck „Weiß“ wird durch Addition der drei Filterfarben und ihre gleichzeitige Wirkung auf unser Auge erzeugt.

1888 wurden solche Dreifarbenprojektionsbilder zum ersten Male von Friedrich Eugen Jves³⁾ projiziert. Jves verdanken wir den Dreifarbenprojektionsapparat und dessen spätere Umbildung, das Chromoskop, das für direkte Okularbetrachtung eingerichtet ist. Der von Jves eingeschlagene Weg wurde von vielen mit Erfolg begangen. Die vollkommensten Dreifarbenphotographien nach dem Jvesschen Verfahren sind nebst Verbesserungen der Methode von Miethe in den letzten Jahren erzielt.

Sein Werk „Unter der Sonne Oberägyptens“⁴⁾, mit wahrhaft entzückenden Reproduktionen seiner unerreichten Farbaufnahmen geschmückt, dürfte als erstes seiner Art sicher einen Markstein in der Geschichte der Farbenphotographie bilden.

Eins darf aber nicht vergessen werden! Wie waren diese Teilbilderaufnahmen bei den für Rot und Grün so wenig empfindlichen photographischen Schichten

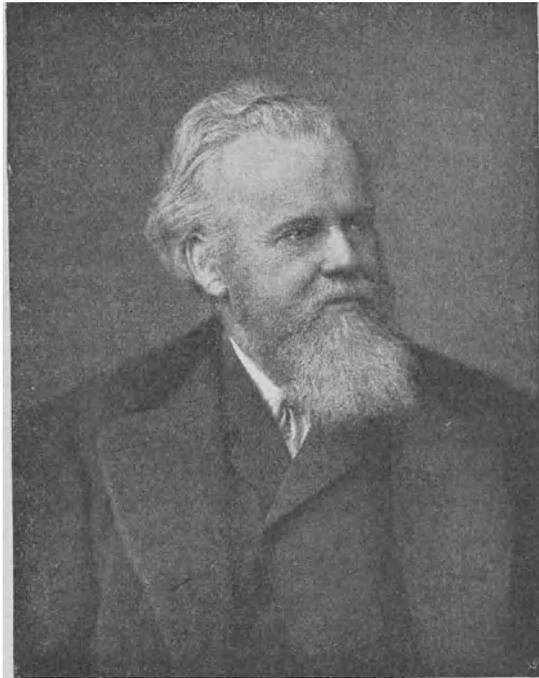
1) Brit. Journ. of. Phot. 1861, S. 270.

2) Phot. Archiv. 1878, S. 132.

3) Journ. of the Franklin Institute. 1889, S. 58.

4) Berlin 1909.

möglich geworden? Bei der Untersuchung der Wirkung des Sonnenspektrums auf die photographische Platte hatte man eine verschiedene Empfindlichkeit der Halogensilber für farbiges Licht beobachtet. Prof. H. W. Vogel¹⁾ war es aber vorbehalten, 1872 die Lichtempfindlichkeitssteigerung einer Platte gegen farbiges Licht durch Farbstoffzusätze zu entdecken. Diese Farbensensibilisatoren sind nicht nur für die farbentonrichtige (orthochromatische) Wiedergabe, sondern auch für die Dreifarbenphotographie von eminenter Bedeutung geworden! Vogels anfangs bezweifelten Resultate fanden durch die E. Becquerels²⁾ lebhafteste Bestätigung. — Die rege Tätigkeit der Wissenschaftler und Praktiker führte im Laufe der Jahre zur Entdeckung einer Menge hochwichtiger Sensibilisatoren, die zur Herstellung „orthochromatischer“ und „panchromatischer“ Platten Verwendung fanden, und von denen ich hier nur das Eosin (Atout und Clayton 1882), das Erythrosin (Eder 1884) und das Äthylrot (Miethe 1903) nennen will. Daß solche, praktisch gut brauchbare orthochromatischen Platten von dem Ideal, das sie ihrem Namen nach sind, noch weit entfernt sind, habe ich³⁾ 1909 gezeigt. Vogels wichtige Entdeckung war der additiven und subtraktiven Methode zu Hilfe gekommen. Die additive führte, wie schon gesagt, zu den Erfolgen der Jves-Miethe'schen Dreifarbenphotographie, die subtraktive zum Dreifarbendruck, aber keine erfüllte den Hauptwunsch des Wissenschaftlers und des Lichtbildners, wirkliche farbige Bilder in die Hand zu bekommen.



Prof. H. W. Vogel, geb. 1834, gest. 1898.

Die endgültige Lösung des Problems erfolgte zwar mit Hilfe der additiven Synthese, aber auf einem völlig anderen Wege. Ducos du Hauron hatte durch seine geschickt hergestellten Diapositive, die auf einer Platte Dreifarbenauszüge zu einem farbigen Bild vereinigt enthielten, die Möglichkeit der Herstellung von Naturfarbenbildern gegeben. Er schlug auch vor, die drei für die Aufnahme erforderlichen Filter auf einer Glasplatte zu vereinigen, sie mit feinen roten, grünen und blauen Streifen zu bedecken. Aber die technischen Schwierigkeiten, die sich der Fabrikation solcher „Raster“ entgegenstellten, waren damals (1868) noch zu groß.

Erst 1894 gelang es Joly⁴⁾ in Dublin, eine einigermaßen brauchbare Form her-

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1873, Bd. 6, S. 1305.

2) Compt. rend. 1874, Bd. 79, S. 183.

3) G. Leimbach, Zeitschr. f. wiss. Phot. 1909, Bd. 7, S. 157.

4) The Brit. Journ. Phot. Almanac. 1899, S. 659.

zustellen. In gleicher Weise wie beim Chromoskop ergaben die Silber Niederschläge „Schwarz“ und die nebeneinander liegenden Farbteilchen in ihrer Gesamtwirkung „Weiß“. Da diese Farbpartikelchen nur teilweise frei, teilweise aber mehr oder weniger bedeckt waren, um in ihrer Vereinigung die vielen erforderlichen Mischfarben zu geben, so kam es, daß die Rasterplatten Jolys wegen ihrer stark störenden, durch die relativ großen Farbstreifenbreiten hervorgerufenen Inhomogenität und wegen ihres viel zu hohen Preises keine praktische Bedeutung erlangten.

Ebenso erging es der Methode von Mac Donough¹⁾ 1892, der eine Glasplatte mit gefärbten Schellackkörnern bedeckte und diese dann anschnitzte. Hier haben wir aber den ersten Repräsentanten eines Dreifarbenkornrasters, das in hoher technischer Vollendung 1904 die Gebr. Lumière²⁾ in Lyon zum ersehnten Ziele führen sollte.

Das vom 26. Oktober 1904 datierte deutsche Reichspatent lautete: „Mit aus Elementarfiltern der verschiedenen Grundfarben zusammengesetztem Mehrfarbfilter versehene lichtempfindliche Platte zur Herstellung von Photographien in natürlichen Farben.“ Das Unerwartete geschah! Die immensen Schwierigkeiten der technischen Herstellung wurden überwunden, und 1907 erschien die „Autochromplatte“ auf dem Markt, die bedeutendste Neuerung auf photographischem Gebiete seit Jahrzehnten! Das im Gegensatz zu dem Jolyschen Linienraster aus gefärbten Stärkekörnern von etwa 0,01 mm Durchmesser hergestellte Kornraster ist ein Wunderding. Innig gemischt werden die sorgfältig ausgesuchten Stärkekörner auf die klebrige Schicht der Glasplatte aufgedrückt, ohne daß sich zwei auch nur teilweise überdecken, da sonst an diesen Stellen Mischfarben auf subtraktivem Wege entstehen würden. Die noch vorhandenen kleinen Zwischenräume zwischen den breitgedrückten Filterelementen werden durch ein feines Kohlepulver ausgefüllt, das kein Licht auf die Bromsilberschicht durchläßt, deren Korn noch feiner wie das des Rasters sein muß. Die geringe Empfindlichkeit solchen feinkörnigen Bromsilbers und die durch das Kohlepulver herabgesetzte Transparenz sind die einzigen Mängel der Autochromplatte, die noch zu beheben sind. Die Entwicklung einer Autochromaufnahme liefert ein Negativ in den der Natur komplementären Farben, da die gleichen Farben durch metallisches Silber abgedeckt sind, das von der Belichtung durch das betreffende Filter hindurch herrührt. Das Bild bedarf also einer Farbumkehr, die nicht durch Kopie auf eine zweite Autochromplatte, sondern rein chemisch bewirkt wird und äußerst reizvoll ist. Eine einzige Aufnahme genügt also, um ein farbiges Bild zu erhalten, dessen Farbentreue und die Einfachheit seiner Erreichung anfangs über die noch fehlende Möglichkeit der Übertragung und Vervielfältigung auf Papier hat hinwegsehen lassen. Jetzt ist man daran, auch dieses Problem zu lösen und man sieht der Veröffentlichung der durch die Zeitungen bereits als gelungen ausgegebenen Versuche Loundines mit Spannung entgegen.

Wir sind am Ende unseres Rückblicks. Von den allerersten Anfängen bis zu den modernsten Verfahren haben wir die Entwicklung der verschiedenen photographischen Prozesse verfolgt. Dabei ist noch so manches unberücksichtigt geblieben, was wesentlich zu den Erfolgen beigetragen hat, so z. B. die Entwicklung der photographischen Optik und die Vertiefung der Kenntnis photochemischer Vorgänge. Ich hoffe jedoch auch mit der unvollkommenen Skizze meinen Zweck

¹⁾ Eders Jahrb. 1896, S. 416.

²⁾ Eders Jahrb. ab 1904.

erreicht und bei dem Leser Interesse für die Geschichte der Photographie erweckt zu haben.

Wir haben die „Geschichte der Photographie“ in großen Zügen verfolgt und manches Verfahren als besonders wichtig hervorgehoben. Das berechtigt zu der Frage, ob die Photographie sich für Wissenschaft und Technik denn wirklich als wichtiges Hilfsmittel erwiesen hat, wie es Arago vorausgesagt hat. Ja, ganz gewiß! Eine kurze Aufzählung der wichtigsten Anwendungen wird den Leser davon überzeugen.

Die Physik und Chemie, die die Grundlagen für die Photographie geliefert haben, benutzen diese nun ihrerseits zu Untersuchungen, die ohne die ausgedehnte Anwendung photographischer Methoden undenkbar sind. Das große Gebiet der Spektroskopie veranschaulicht am deutlichsten, was die photographische Platte uns alles erschlossen hat; des Beispiels wegen seien hier nur die klassischen Arbeiten von Kayser und Runge genannt. Auch zur Fixierung physikalischer Vorgänge und Erscheinungen dient sie in reichem Maße; ich erinnere nur an Aufnahmen elektrischer Entladungen, künstlicher und natürlicher, und an den im Bilde festzuhaltenden Verlauf von Bewegungsvorgängen, den die Entwicklung der Kinetographie ermöglicht hat. — Auf dem Gebiete der Chemie stehen die spektralanalytischen Methoden an erster Stelle. Eine Reihe von Elementen ist durch Fixierung des Spektrums entdeckt worden; die modernen Meßmethoden verwenden nicht mehr die direkte Beobachtung, sondern das Photogramm. Von gleichem Werte sind die mikroanalytischen Methoden, die die Photographie zur Erforschung des weiten Gebietes der Metallographie, zu wichtigen Untersuchungen der Nahrungsmittelchemie u. a. verwendet.

Wichtig ist die Photographie ferner für die Gebiete der Mineralogie und Geologie, bei denen es in erster Linie auf die Fixierung eines flüchtigen Eindrucks ankommt. Sie setzt den Forscher in den Stand, in einem kurzen Augenblick eine Unmenge von Einzelheiten festzuhalten, deren Zeichnung Stunden erfordern würde, sowie vor allem schnell vorübergehende Erscheinungen, wie Eruptionen, Bergstürze u. a. aufzunehmen. Die Kristallographie bedient sich der Platte in reichem Maße; neuerdings sind sogar von den „flüssigen Kristallen“ kinematographische Mikroaufnahmen gemacht.

Über die Bedeutung der Photographie für die Botanik und Zoologie ist eigentlich kein Wort zu verlieren. Man kann sich heutzutage in Muße an herrlichen Lebensbildern der Tierwelt, an der Naturwahrheit prächtiger Pflanzenaufnahmen erfreuen und man wird sich gern überzeugen lassen, daß die Photographie einen wesentlichen Fortschritt im Vergleich mit den früheren zeichnerischen Methoden bedeutet. Die Mikrophotographie gibt hier Aufschluß über die Kleinlebewelt, sie dient nicht nur zur Illustration der betreffenden Fachwerke, sondern sie ist inzwischen zur Forschungsmethode ausgereift. In erster Linie zieht die Biologie und Anthropologie aus den Aufnahmen der Lebewesen in ihrer natürlichen Umgebung Nutzen; insbesondere wird die Photographie in natürlichen Farben diesen Gebieten noch von unschätzbarem Werte werden.

Auch die Vorgänge über unserer Erde, mit denen sich Meteorologie und Astronomie beschäftigen, sind und werden mit Hilfe der Platte eingehend erforscht. Das Studium der Wolken und der Gewitter ist in letzter Zeit wesentlich durch sie gefördert worden. Aufnahmen vom Freiballon aus haben dazu beigetragen. Welche Bedeutung die Photographie für die Astronomie erlangt hat, ist bekannt. Zwei

Eigenschaften der Platte sind für dieses Forschungsgebiet besonders wertvoll. Einmal ihre hohe Lichtempfindlichkeit und dann ihr Summationsvermögen, die sie befähigen, Lichteindrücke, die dem menschlichen Auge nicht mehr wahrnehmbar sind, festzuhalten. Auch ermöglicht eine Methode, aus der Schwärzung der Platte Schlüsse auf die Helligkeit der Sterne usw. zu ziehen.

Für pathologische Zwecke hat die Photographie als solche schon große Dienste geleistet, seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen aber einen ungeahnten Aufschwung genommen. Die Röntgenphotographie kommt in erster Linie der Chirurgie und Orthopädie zu gute. Wir wissen, daß z. B. Gipsverbände kein Hindernis bieten, den Heilverlauf eines Bruches zu verfolgen. Daneben erleichtert sie das Auffinden von Fremdkörpern, da sie Bilder liefert, in denen die Dichtigkeitsunterschiede der Stoffe zum Ausdruck kommen. Heutzutage profitiert auch die Diagnostik von der Röntgenphotographie, zumal nachdem es gelungen ist, röntgenkinematographische Aufnahmen innerer Organe zu machen. — Die Farbenphotographie — insbesondere für Hautleiden geeignet — und die Mikrophotographie tragen zur Vertiefung der Wissenschaft wesentlich bei.

Über die Verwendung der Photographie im Dienste der Rechtspflege, des Verkehrs, der Gemeinde- und Staatsverwaltung liest man am häufigsten in den Zeitschriften. Die Kriminalistik bedient sich in ausgiebiger Weise der Photographie zur objektiven Feststellung des Tatbestandes, zur Sicherstellung der örtlichen Verhältnisse, die in gleicher Weise später sich nicht darbieten würden. Bekannt sind ferner die großartig angelegten Verbrecheralben, sowie die Sammlungen von Fingerabdrücken, die beide für die Wiedererkennung von Personen höchst wichtig sind. Zur Erkennung von Urkundenfälschungen, Vergleichung von Handschriften und anderem ist die Photographie mit großem Erfolge herangezogen worden.

Mit wenigen Worten sei ferner der Photographie im Dienste der Presse gedacht. Mit welcher Schnelligkeit uns jetzt alle wichtigen Ereignisse nicht nur im Wort, sondern auch im Bild vorgeführt werden, davon legen die illustrierten Zeitschriften Zeugnis ab. Vielleicht gelingt es in absehbarer Zeit auch, die von Prof. Korn erfundene Fernphotographie zu verbilligen und so der Presse nutzbar zu machen.

Die Photographie ist auch für die Geisteswissenschaften von großer Bedeutung geworden. Einmal schafft sie das lange ersehnte, von subjektiver Stilisierung freie Bildmaterial für wissenschaftliche Werke, und dann findet sie auch für Forschungszwecke in diesen Gebieten Verwendung. Sie bedeutet für den Forscher in jedem Falle eine große Zeitersparnis, wenn es sich z. B. darum handelt, Kopien von irgend welchen Handschriften, Zeichnungen und Schriftstücken ältester Art herzustellen. Ja, sie setzt uns sogar in den Stand, Palimpseste, die bekanntlich zwei Handschriften übereinander enthalten, von denen die untere völlig unleserlich ist, zu entziffern, ohne die spätere Schrift beseitigen zu müssen.

Als letztes Anwendungsgebiet der Photographie seien die technischen Disziplinen genannt; insbesondere die Methoden der Photogrammetrie, die sich zur Aufgabe stellt, aus den auf bestimmte Weise gewonnenen Bildern Grund- und Aufrisse, Entfernungen usw. zu ermitteln. Für Terrainaufnahmen, Wolkenaufnahmen, zur Bestimmung von Flugbahnen bildet die photographische Meßkunst ein wichtiges Hilfsmittel.

Nochmaliger besonderer Erwähnung bedürfen die vielen graphischen Verfahren, die sich der Photographie bedienen und die gelegentlich wenigstens teilweise

erwähnt sind. Der riesige Aufschwung des Buchgewerbes ist entschieden zu einem großen Teile der Entwicklung der photographischen Verfahren zu danken.

Und nun zum Schluß ein paar Zahlen! An der Spitze der gesamten photographischen Industrie steht Deutschland mit über 400 Fabriken, 24 000 Arbeitern und einem Export von nahezu 50 Millionen Mark. Während noch vor kurzem die Photographie sich auf Reproduktionen und Illustrationen beschränkte, wimmeln die Städte jetzt von Kinematographentheatern, Lichtbildreklamen u. a.; und das alles rund 70 Jahre seit jenem denkwürdigen 19. August 1839, an dem Arago in einer öffentlichen Sitzung der französischen Akademie unter frenetischem Beifall die Erfindung Daguerres der Welt bekannt gab!

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN.

Im Dezember 1909 erschien:

Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie

Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure.
Herausgegeben von CONRAD MATSCHOSS.

ERSTER BAND 1909.

Preis broschiert M. 8.—; in Leinwand geb. M. 10.—.
Mit 247 Textfiguren und 5 Bildnissen.

INHALT: Die Maschinen des deutschen Berg- und Hüttenwesens vor 100 Jahren. Von C. Matschoß. — Henry Rossiter Worthington. Von O. H. Mueller. — Die geschichtliche Entwicklung der A. E.-G. in den ersten 25 Jahren ihres Bestehens. Von C. Matschoß. Adolf Knaudt und die fabrikmäßige Herstellung von Böden, Wellrohren und sonstigen Biechteilen für Dampfkessel. — Herons des Älteren Mechanik. Von Th. Beck. — Hat Watt sich zur Bemessung seiner Maschinenteile der Festigkeitslehre bedient? Von E. Meyer. — Die Entwicklung der Vakuumverdampfung. Von K. Thelen. — Die geschichtliche Entwicklung des Akkumulators. Von Edm. Hoppe. — Zur Geschichte der Holzbearbeitungsmaschinen. Von H. Fischer. — Herons des Älteren Automaten-theater. Von Th. Beck. — Mein Lebenslauf als Ingenieur und Geschäftsmann. Von Ernst Körting. — Das Museum der Gasmotorenfabrik Deutz. Von H. Neumann. — Die historische Entwicklung der deutschen Seekabelunternehmungen. Von R. Hennig. — Matthew Boulton. Zum hundertjährigen Todestage des Begründers der Dampfmaschinenindustrie. Von C. Matschoß. — Kurze Mitteilungen.

Die Entwicklung der Dampfmaschine

Eine Geschichte der ortsfesten Dampfmaschine und
der Lokomobile, der Schiffsmaschine und Lokomotive.

Im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure bearbeitet
von CONRAD MATSCHOSS

In Leinwand gebunden Preis M. 24.—; in Halbleder gebunden Preis M. 27.—.
ZWEI BÄNDE. — XXI und 1566 Seiten Lex.-8^o mit 1853 Textfiguren und 38 Bildnissen.

Aus einer Besprechung von Professor KAMMNERER
in der Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure:

. . . Alles in allem genommen gehört das Buch zu den wenigen Werken, die jeder Ingenieur, wenn nicht vollständig gelesen, so doch in den wichtigsten Abschnitten kennen gelernt haben sollte. Es bedeutet die Zusammenfassung einer gewaltigen Summe von Ingenieurarbeit in klarer Gliederung, knapper Darstellung und lebensvoller Schilderung. Es verliert sich nicht in Einzelheiten, bleibt immer großzügig und steuert weit über das Fach hinaus wirtschaftlich-sozialen und kulturellen Zielen zu. Darum sollten auch solche, die nicht dem Ingenieurberuf angehören, aber auf Allgemeinbildung, das will sagen: auf Kenntnis der Kulturgeschichte der Menschheit, Anspruch erheben, an dem Werk nicht ganz vorübergehen. Sollte es sich aber zeigen, daß die Ingenieurwelt selbst das Buch ungelesen läßt, dann wäre es ein Zeichen, daß die Mehrheit der Ingenieure noch im Spezialistentum befangen und unreif für die großen Aufgaben des öffentlichen Lebens wäre. Irgend einmal aber wird die Zeit kommen, in der solche Bücher gelesen werden und in der der Ingenieur nicht nur als Spezialist eingeschätzt werden wird.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN.

Geschichte der Dampfmaschine

Ihre kulturelle Bedeutung, technische Entwicklung
und ihre großen Männer.

von CONRAD MATSCHOSS, Ingenieur.

Mit 188 Abbildungen im Text, 2 Tafeln und 5 Bildnissen.
In Leinwand gebunden Preis M. 10.—.

Ingenieurtechnik im Altertum

von CURT MERCKEL.

Mit 261 Abbildungen und einer Karte. Elegant gebunden Preis M. 20.—.

Werner von Siemens Lebenserinnerungen

Dritte Auflage, dritter unveränderter Abdruck.

Mit dem Bildnis des Verfassers in Kupferätzung.
Preis M. 5.—; in Halbleder gebunden Preis M. 7.—.

Wohlfeile Volksausgabe. Achte Auflage.

Mit dem Bildnis des Verfassers in Kupferätzung.
In Leinwand gebunden Preis M. 2.—.

Lebendige Kräfte

Sieben Vorträge aus dem Gebiete der Technik

von MAX EYTH.

Zweite Auflage.

Mit Textabbildungen. Preis M. 4.—; in Leinwand geb. M. 5.—.

INHALT: Poesie und Technik. — Das Wasser im alten und neuen Ägypten. — Die Entwicklung des landwirtschaftlichen Maschinenwesens in Deutschland, England und Amerika. — Mathematik und Naturwissenschaft der Cheopspyramide. — Binnenschifffahrt und Landwirtschaft. — Ein Pharao im Jahrhundert des Dampfes. — Zur Philosophie des Erfindens.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.