

Biblioteka Główna i OINT
Politechniki Wrocławskiej



100100219261

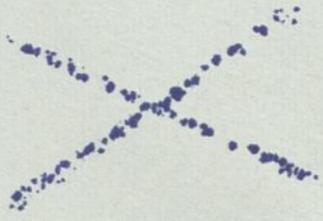
GESCHICHTE DES EISENS

R 858

M



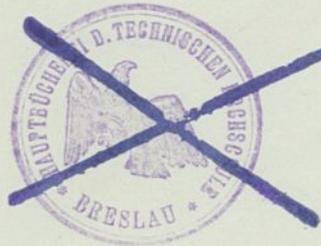
STATIONER
AND PRINTER



GESCHICHTE DES EISENS

IM
AUFTRAGE DES
VEREINS DEUTSCHER EISENHÜTTENLEUTE
GEMEINVERSTÄNDLICH DARGESTELLT
VON
DR. OTTO JOHANNSEN

MIT 221 ABBILDUNGEN



DÜSSELDORF 1924
VERLAG STAHL EISEN M. B. H.

1924. 1142.



351481 L11

NACHDRUCK
AUCH EINZELNER TEILE
VERBOTEN

*

COPYRIGHT 1924
BY VERLAG STAHLEISEN M. B. H.
DÜSSELDORF

VORWORT

Das vorliegende Buch verdankt seine Entstehung einer Anregung des Vorstandes des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. Allen denen, die mir beim Zustandekommen des Buches zur Seite gestanden haben, danke ich bestens. Insbesondere gilt mein Dank den Herren Dr.-Ing. O. Petersen, Dr. mont. e. h. O. Vogel und Dr.-Ing. C. Geiger, die sich der mühevollen Durchsicht der Handschrift unterzogen haben. Außerdem sei an dieser Stelle Herr H. Dickmann genannt, der alle Unterlagen für den bildlichen Teil zusammengestellt und mir damit einen großen Teil der Arbeit abgenommen hat. Gern gedenke ich auch der Hilfe, die mir meine Kollegen, Dipl.-Ing. A. Otten und Dipl.-Ing. A. Schwabe sowie der Praktikant F. Wurz bei der Ausarbeitung des Textes, der Reinschrift und beim Lesen der Korrekturen geleistet haben.

Möge dieser erste Versuch einer gemeinfaßlichen Darstellung der Geschichte des Eisens den Beifall der Leser finden. Daß manche Einzelheiten noch der Verbesserung bedürfen, ist mir wohl bekannt. Für Berichtigungen werde ich dankbar sein.

Völklingen, Herbst 1924

OTTO JOHANNSEN

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
Einleitung	1
I. DIE URGESCHICHTE	
Naturvölker:	
Australien	5
Amerika	5
Afrika	6
Asien	8
Die alten Kulturvölker:	
Ägypter	13
Semiten	13
Griechen	15
Römer	17
II. DAS MITTELALTER	
Die Frühzeit:	
Spanier	21
Gallier	21
Britannier	22
Germanen	22
Das spätere Mittelalter:	
Die wirtschaftlichen und technischen Grundlagen der Eisentechnik	25
Die mittelalterliche Eisentechnik	28
Kohlengewinnung	28
Erzgewinnung	30
Aufbereitung und Vorbereitung der Erze	32
Gebläse	32
Rennfeuer	33
Stücköfen	36
Stahlerzeugung	39
Hammerwerke	41
Herstellung und Verwendung der Bleche	43

	Seite
Herstellung und Verwendung des Drahtes	46
Klingenschmiede	49
Nagelschmiede	52
Grobschmiede	53
Die Schmiedekunst in der Feuerwaffentechnik	55
Der Eisenhandel im Mittelalter	57

III. DAS ZEITALTER DES HOLZKOHLENHOCHOFENS

Die Anfänge des hüttentechnischen Schrifttums	61
Die Gewinnung des Eisens im Hochofen	
Die Anfänge	62
Der Hochofenbau	66
Die Probierkunst	69
Der Hochofenbetrieb	70
Der Eisenguß	
Der mittelalterliche Bronzeguß	71
Die älteste Eisengußtechnik	75
Die Darstellung des Schmiedeisens durch Frischen	85
Stahlfabrikation	88
Wirtschaftliche und soziale Verhältnisse	88
Die weitere Entwicklung im Holzkohlenzeitalter	
Deutschland	91
Lothringen	95
Frankreich	96
Italien	99
Skandinavien	99
Rußland	102
Amerika	103
England	104

IV. DAS ZEITALTER DER STEINKOHLENTECHNIK

1. Abschnitt: Die Zeit des Puddeleisens

Die Begründung der Steinkohlentechnik durch England	
Die Erfindung der Dampfmaschine	109
Die Verbesserung der Gebläse	115
Die Erfindung des Gußstahls	117
Die Verwendung von Koks im Hochofen	119
Die Entwicklung der Eisengießerei in England	122
Die Erfindung des Puddelns	125
Die Fortschritte der englischen Steinkohlentechnik im 19. Jahrhundert bis zur Erfindung des Flußeisens	
Dampfmaschinenbau und Maschinenteknik	129
Roheisendarstellung	133
Darstellung des Schweißeisens	140
Die Einführung der englischen Technik und ihre Weiterentwicklung in Frankreich und Deutschland	145
Die Einführung der englischen Steinkohlentechnik in Belgien	159

2. Abschnitt: Das Zeitalter des Flußeisens

Die Entwicklung der Eisenhüttentechnik	
Einleitung	161
Wissenschaft	167
Kohle und Koks	170
Erze	175
Roheisenerzeugung	177
Hochofenschlacke	186
Gichtgase	187
Eisenguß	192
Schweißisenerzeugung	195
Bessemerverfahren	196
Thomasverfahren	197
Siemens-Martin-Verfahren	201
Edelstahlerzeugung	204
Stahlformguß	207
Die Bearbeitung des Flußeisens	209
Die Entwicklung der Eisenindustrie in den einzelnen Ländern nach der Erfindung des Flußeisens	
England	222
Amerika	224
Asien	228
Die Erzländer	229
Österreich, Ungarn, Rußland	229
Frankreich und Belgien	230
Deutschland	231
Alphabetisches Namen- und Sachverzeichnis	237

EINLEITUNG

WIE der Schiffer den durchlaufenen Weg kennen muß, um seinen Schiffsort zu bestimmen und um den Kurs zu wissen, den er zu steuern hat, so muß der Techniker die Vergangenheit seines Faches kennen, wenn er an der Erhöhung des stolzen Baues der modernen Technik mitarbeiten will. Geschichtliche Kenntnisse sind es, die der Jugend die Erfahrung und die Reife des Alters verleihen. Dem eisenhüttenmännischen Nachwuchs sei deshalb diese kurze Übersicht über die Geschichte seines Faches besonders gewidmet. Daneben aber wendet das Buch sich an alle Gebildeten. Wir sind in der Schule mit Einzelheiten aus der politischen Geschichte übersättigt worden. Eingehende Kenntnisse vom Leben großer und kleiner Fürsten, Feldherren und Staatsmänner gelten als unbedingt erforderlich für den, der zum Kreise der Gebildeten gehören will; von der Geschichte der Technik aber wissen die wenigsten etwas. Und doch hat kein Eroberer und kein Fürst mit so starker Hand in die Speichen des Weltenrades eingegriffen wie die Technik.

Nennen wir einige Beispiele: Die Erfindung des Schießpulvers hat erst den Ritterstand und dann die Freiheit der Städte vernichtet, sie hat es kleinen Scharen kühner Seeleute ermöglicht, ganze Erdteile zu bezwingen. Die Erfindung Johann Gutenbergs hat die Entwicklung der Wissenschaft und der Kirche in neue Bahnen gelenkt. Nicht die Ideen der Enzyklopädisten haben die französische Revolution herbeigeführt, denn sie waren nicht Ursache, sondern Wirkung des Zusammenbruchs. Der materielle Druck, der auf Frankreich lastete, seitdem England den Weltmarkt durch die Erfindung der Steinkohlentechnik und der Dampfmaschine beherrschte, hat Frankreich in die Revolution getrieben. Nichts hat mehr zur Schaffung großer Einheitsstaaten geführt als die Erleichterung des Verkehrs durch die Einführung der Eisenbahn. Und jetzt ist der Weltkrieg nur ein Krieg der Technik gewesen, und gesiegt haben die Völker, denen die reichsten technischen Mittel zur Verfügung standen.

Die Geschichte des Eisenhüttenwesens in vergangenen Jahrhunderten zu schreiben, war keine leichte Aufgabe. Da das technische Schrifttum erst mit der neueren Zeit seinen Anfang nimmt, mußte man versuchen, aus gelegentlichen Andeutungen alter Schriftsteller und aus oft nur zu spärlichen, rostzerfressenen Fundstücken das Bild der Eisentechnik in früheren Zeiten wieder herzustellen. Diesen Versuch hat ein erfahrener

Geschichtsforscher und praktischer Eisenhüttenmann, Dr. phil. Ludwig Beck¹⁾, mit Erfolg unternommen; seine Studien hat er in einer fünfbandigen Geschichte des Eisens²⁾ niedergelegt. Sein Werk dient der vorliegenden Arbeit als Richtschnur. Daneben ist aber auch das Ergebnis neuerer Studien berücksichtigt³⁾.

Die Geschichte des Eisens gliedert sich in folgende vier Abschnitte:

- I. Die Urgeschichte, bis etwa zur Zeit der Völkerwanderung. In diesem Zeitalter hatte das Eisen nur geringe Bedeutung.
- II. Das Mittelalter; es endet um das Jahr 1500 mit der völligen Umwälzung der Hüttentechnik durch die Erfindung des Hochofens.
- III. Die neuere Zeit, das Zeitalter des Holzkohlenhochofens, das in den verschiedenen Eisenländern zwischen 1750 und 1850 endet.
- IV. Das Zeitalter der Steinkohlentechnik, das wieder in das Zeitalter des Schweißeisens und das Zeitalter des Flußeisens zerfällt.

Die Grenzen dieser Perioden liegen bei den einzelnen Ländern zeitlich verschieden. Eine streng chronologische Ordnung ist deshalb bei der Geschichte des Eisens nicht durchführbar, und die zeitliche Einordnung muß überall hinter der sachlichen zurücktreten, um den Faden der Entwicklung verfolgen zu können.

Da die Eisentechnik zu allen Zeiten die politische und kulturelle Entwicklung beeinflusst hat oder von dieser beeinflusst worden ist, ist es kein Zufall, daß diese vier Abschnitte mit den Perioden der Weltgeschichte fast zusammenfallen.

¹⁾ Geboren 1841 zu Darmstadt als Sproß einer alten hessischen Offiziersfamilie, studierte in Heidelberg Chemie bei Bunsen und dann Hüttenkunde in Freiberg und Leoben, war 1864/65 Assistent bei Percy in London, seit 1869 Besitzer der Eisengießerei Rheinhütte bei Biebrich, starb daselbst 1918 als Dr.-Ing. e. h., Inhaber der Carl-Lueg-Denkünze, als Mensch und Forscher hochgeehrt von seinen Mitbürgern und Untergebenen.

²⁾ Erschienen bei Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig 1890—1903.

³⁾ Besonders wurden die neueren Jahrgänge der Zeitschrift „Stahl und Eisen“ und die seit 1909 alljährlich von Conrad Matschoss herausgegebenen „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie“ (Berlin: Julius Springer bzw. V.-d.-I.-Verlag) herangezogen.

NATURVÖLKER

I.

DIE URGESCHICHTE

NATURVÖLKER

DAS Eisen ist nicht immer das wichtigste und verbreitetste Metall und die Grundlage der Kultur gewesen. Auf der niedrigsten Stufe, in der sogenannten Steinzeit, benutzte der Mensch Werkzeuge und Waffen aus Stein und Stoffen, die ihm die Körper der Pflanzen und der Tiere darboten. Er lernte dann als erstes Metall das Gold kennen, das sich in gediegenem Zustand vorfand, und dessen schöner Glanz seinen kindlichen Sinn lockte. Anfänglich konnte der Urmensch nur die größeren Goldkörner durch Schmieden verarbeiten, und es dürfte lange Zeit gedauert haben, bis er lernte, den Goldstaub zusammenzuschmelzen und später auch in Formen zu vergießen.

Nach dem „goldenen Zeitalter“, über dem seit Hesiods, des griechischen Dichters, „Schöpfungsgeschichte“ ohne Grund ein romantischer Schimmer schwebt, lernte der Mensch die Gewinnung des aus seinen Erzen leicht reduzierbaren Kupfers. Auch die Verarbeitung des Kupfers erfolgte anfänglich nur mit dem Hammer, und es gelang erst in viel späterer Zeit Völkern höherer Kultur, das Kupfer durch Zusammenschmelzen mit dem nur an wenigen Punkten der Erde vorkommenden Zinn vergießbar zu machen. Zwar nehmen viele Altertumsforscher an, daß überall eine „Bronzezeit“ der „Eisenzeit“ vorangegangen ist, aber wegen der weiten Verbreitung der Eisenerze und wegen der leichten Gewinnung des Eisens ist diese Annahme technisch unwahrscheinlich. Allerdings fand die Bronze noch Jahrtausende hindurch neben dem Eisen eine viel weiter gehende Anwendung als heute, ja sie war das wichtigste Metall.

Die Urgeschichte der Metalle läßt sich am besten an den Naturvölkern studieren, die gegenüber den Kulturvölkern wie Versteinerungen aus den verschiedenen Entwicklungsstufen der Menschheit erscheinen.

Die Polynesier und Australneger lebten noch in der Steinzeit, als die Europäer zuerst mit ihnen in Berührung kamen.

Die Entdecker Amerikas fanden im Westen der Neuen Welt, besonders in Mexiko, Peru und Chile, eine hohe Kultur und eine kunstvolle Verwendung von Gold, Silber und Kupfer, aber sie sahen zu ihrem Erstaunen keine Eisengeräte oder doch nur wenige. Die Urbewohner Amerikas kannten auch den Blasebalg, die älteste Maschine des Hüttenmanns, nicht. Sie schmolzen das Silber mit natürlichem Zug in kleinen Öfen auf den Bergen und fachten das Feuer nur mit Blasrohren an. Es ist dem Techniker unverständlich, wie diese Völker ihre großartigen Tempel, Befestigungen, Straßen und Tunnel aus den härtesten Steinen, wie Grünstein, Porphyry, Basalt und Granit, ohne Eisen- und Stahlwerkzeuge erbauen konnten.

In Afrika tritt das Kupfer gegenüber dem Gold als Edelmetall und dem Eisen als Nutzmehall ganz zurück. Man findet in allen Teilen Afrikas Völker, die der Eisengewinnung kundig sind, besonders im Innern des Landes, wo die einheimische Technik noch nicht durch die europäische Einfuhr vernichtet worden ist, und zwar sind es oft Völker, die sonst auf der niedrigsten Kulturstufe stehen. Ethnologen behaupten sogar, daß die Wiege der Eisengewinnung in Afrika, und zwar in Äthiopien gestanden habe.

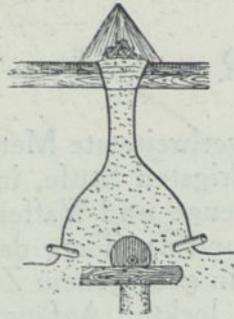


Abb. 1. Schmelzofen mit natürlichem Zug der Baja-Bogoto in Kamerun. Vorderansicht.

Nach G. Tessmann in Beitr. z. Gesch. d. Techn. u. Ind. Bd. 11 (1922), S. 99.

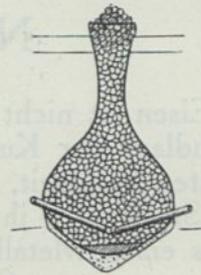


Abb. 2. Schmelzofen mit natürlichem Zug der Baja-Bogoto in Kamerun. Schnitt.

Nach G. Tessmann a. a. O., S. 99.

Die Darstellung des Eisens erfolgt bei den Afrikanern in kleinen Schachtöfen mit natürlichem Zug oder, was häufiger ist, mit Gebläsewind. Abb. 1 zeigt einen Zugofen der Bogoto in Kamerun. Der Ofen hat die Form einer Flasche, deren langer Hals als Kamin wirkt, und ist aus Lehmringen von 5 bis 6 cm Dicke erbaut. Die Mündung des Ofens ragt durch das Dach der Hütte hindurch und ist durch einen abnehmbaren Hut gegen Regen geschützt. Unten sind fünf kleine Öffnungen, in denen die etwa 50 cm langen und 2,5 cm weiten Tondüsen stecken. Vorn ist eine größere Öffnung, also eine Ofenbrust, ausgeschnitten, um das Feuer anzuzünden und nachher die erschmolzene Eisenluppe herauszuholen. Während des Schmelzens wird auch in die Brustöffnung eine Düse gelegt und diese ringsum mit Lehm verschmiert. Der Ofen wird vom Dach aus mit Holzkohle gefüllt, die in Gruben oder Meilern hergestellt wird, dann wird zerkleinerter Brauneisenstein aufgegeben (Abb. 2). Während des Schmelzens werden noch mehrmals Erz und Kohle nachgefüllt. Das leicht reduzierbare Erz wird im Ofen zum Teil zu Eisen reduziert, während der andere Teil des Eisens mit der Gangart eine eisenreiche Schlacke bildet. Nach etwa 20 Stunden wird ein Loch in die Öffnung unten im Ofen gestoßen, worauf flüssige Schlacke abfließt, dann wird die Öffnung erweitert und die erschmolzene, etwa kindskopfgroße Eisenluppe herausgezogen. Die mit Kohlen und Schlacke durch-

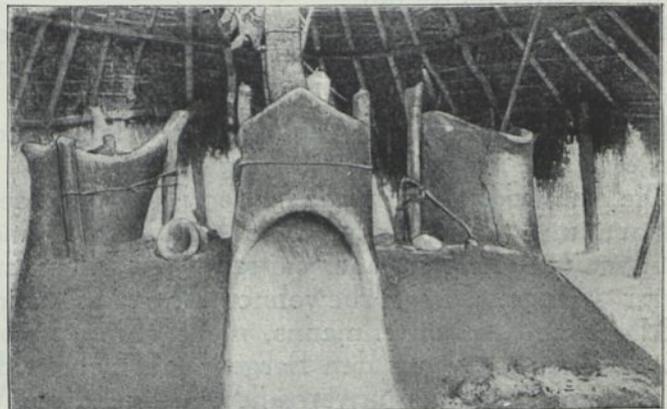


Abb. 3. Eisenschmelze der Süd-Baja.

Nach G. Tessmann a. a. O., S. 103.

setzte Luppe wird in einem Schmiedefeuer ausgeheizt und durch Hämmern gereinigt und verdichtet. Als Beispiel von Gebläseschachtöfen seien die Öfen der Süd-Baja in Kamerun erwähnt, weil man dort ganze Hochofenwerke im Urzustand findet. Vier aus Lehm gebaute Öfen von 1 m Höhe sind, halb in einen Erdhaufen eingelassen, rings um den Mittelpfeiler der Hütte aufgeführt (Abb. 3). Als Gebläse dienen für jeden Ofen drei tabakspfeifenähnliche Holzkörper, deren Mündung durch ein Fell verschlossen ist, das mit Hilfe eines Zugstocks auf und ab bewegt wird (Abb. 4). Der Bau eines solchen Ofens gilt nicht als so hohe technische Leistung wie der eines Zugofens bei den Bogoto. Der Künstler erhält für den Bau einer ganzen Hütte nur eine Ziege, während der Bau eines Ofens in einem fremden Dorfe bei den Bogoto mit fünf Ziegen bewertet wird, falls nicht etwa der Künstler die Tochter des neuen Hüttenbesitzers zur Frau erhält und dann nur die Hälfte des sonst für eine Frau üblichen Preises von zehn Ziegen zu bezahlen braucht. Das Schmelzen ist ein kleines Volksfest. Der Besitzer ladet sich die erforderlichen Hilfsarbeiter ein und bewirtet sie gut. Musikanten erhöhen die Freude. Lohn bekommen die Leute aber auch nicht. Die Öfen werden zu drei Viertel mit Kohle gefüllt, dann wird auf der Rückseite zerkleinertes Erz aufgegeben und das Feuer durch die Windform angezündet. Man bläst von abends 9 Uhr bis zum Tagesanbruch, öffnet dann die Ofenbrust und holt die Luppe heraus.



Abb. 4. Gebläse der Süd-Baja, vor der Schmelzhütte aufgestellt.
Nach G. Tessmann a. a. O., S. 102.

Da bei diesem primitiven Verfahren der Eisengewinnung viel Eisen verschlackt wird, sind nur reine Erze brauchbar. Hieran ist in Afrika kein Mangel. In Togo haben



Abb. 5. Waschen des Eisenerzes bei den Nord-Baja.
Nach G. Tessmann a. a. O., S. 107.

die Neger den Erzberg von Banjeli im Bassariland ausgebeutet, eine 200 m hohe, etwa 1 km lange Masse von reinstem Roteisenstein auf Quarzit. Allerdings haben sie nur das Geröll genommen, denn dem festen Gestein waren ihre Werkzeuge nicht gewachsen. Unreine Erze werden in Afrika überall durch Zerreiben und Waschen aufbereitet (Abb. 5).

Die Darstellung des Eisens wird als ein geheimnisvoller Vorgang angesehen, zu dessen günstigem Gelingen in den Hütten Zaubermittel angebracht sind. Auch unter dem Schmiedefeuer, das zum Ausschmieden der Luppe dient,



Abb. 6.
Assagay.
Stoßspeer
der Zulu
(Süd-Afrika).
Holzschaft, lan-
zettförmige, ein-
gesetzte Eisen-
spitze. Verbin-
dung mit Eisen-
u. Messingdraht
in gedrehtem
Streifenmuster
unwickelt.
Länge 1,135 m.
Museum für
Völkerkunde,
Berlin.

sind „Medizinen“ vergraben. Die Schmiedewerkzeuge sind meist sehr einfach; ein gespaltenes saftreiches Holz, das durch einen Ring zusammengehalten wird, ersetzt die Zange. Ein paar glatte Steine dienen als Amboß und Hammer. Letzterer hat oft keinen Stiel, sondern wird von Hand geschwungen, wobei die Wucht durch einen Wurfriemen, der um die Hand geschlungen ist, verstärkt wird.

Die Neger gebrauchen das Eisen als Geld, verarbeiten es zu phantastischen Idolen und Schmucksachen, besonders zu Armbändern, und verfertigen daraus Waffen, Haus- und Ackergeräte. Die Pfeilspitzen haben gewöhnlich einen vierkantigen Schaft, der auf den Kanten aufgehauen und mit Widerhaken und Spitzen versehen ist. Die Spitzen der Lanzen, z. B. diejenigen der berühmten Assagayen der Zulus (Abb. 6), sind noch kunstvoller und zeigen oft eingelegte Arbeit (Tauschierung). Hierzu schlägt man mit einem spitzen Werkzeug Punkte oder Rinnen in das Eisen und hämmert in diese dann Gold-, Silber- oder Kupferdraht ein. Trotz dieser beachtenswerten Fertigkeit in der Gewinnung und Verarbeitung des Eisens scheinen es die Neger nicht zu verstehen, absichtlich in ihren Öfen Stahl herzustellen; sie kennen aber die Unterschiede zwischen den verschiedenen Eisensorten und suchen aus den Luppen die stahlartigen Teile aus, um sie gesondert zu verarbeiten.

Auf höherer Stufe steht die Eisentechnik der Malayen auf Malakka und den Sundainseln. Auf Sumatra schmilzt man Erz in 2 bis 2,5 m hohen Öfen mit Hilfe hölzerner Kolben-gebläse. Diese bestehen aus ausgehöhlten Baumstämmen von 1,5 m Höhe und 30 cm Durchmesser. Die Kolben sind mit Vogelfedern gelidert. Der Antrieb erfolgt durch einen elastischen Arm oder durch Hebel mit Gegengewichten, ähnlich unseren Pumpenschwengeln. Das Erz ist ein Roteisenstein, der mehr oder weniger in Brauneisenstein umgewandelt ist. Es wird mit Holz aufgeschichtet einen Tag geröstet, dann in nußgroße Stücke zerbrochen und mit der zehnfachen Raummenge Kohle gemischt aufgegichtet, wobei die Beschickung auf der Ofengicht kegelförmig aufgehäuft wird. Die Schlacke wird alle 20 Minuten abgestochen. Zum Schluß wird die ungefähr 90 Pfund schwere Luppe aus einer Öffnung unten am Ofen mit hölzernen Zangen herausgezogen und zum Ausschmieden in zehn Teile zerlegt. Das erblasene Eisen ist stahlartig und dient dazu, die Nationalwaffe, den Kris, herzustellen. Die Klinge derselben ist gewöhnlich damasziert. Hierzu schweißt man Pakete aus verschiedenen Eisensorten zusammen und erzeugt durch kunstvolles Verdrehen und wiederholtes Doppeln und Paketieren der Stäbe einen Schweißstahl, der zur Klinge ausgeschmiedet wird. Die Figuren erscheinen nach dem Ätzen der Klinge mit Zitronensaft oder Eisenvitriol (Abb. 7). Die Japaner sollen zur Stahlgewinnung stark mit Stahl durchsetztes Eisen jahrelang in der Erde vergraben liegen lassen. Bei der Ungleichförmigkeit des Eisens der Naturvölker und der leichteren Oxydierbarkeit

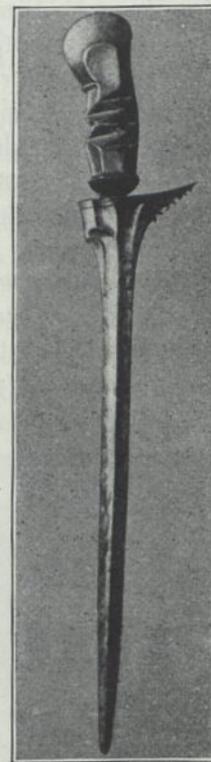


Abb. 7. Kris von der Insel Bali bei Java. Die Farbe ist schwärzlich mit grauer Wässerung, darin silberglänzende Linien, die Politur ist schwach glänzend. Länge der Klinge 43,5 cm. Museum für Völkerkunde, Berlin.

des weichen Eisens ist es möglich, daß auf diese Weise eine höher gekohlte Stahlmasse gewonnen wird. Die Japaner trieben das Gärben des Stahles bei der Herstellung ihrer berühmten Schwertklingen so weit, daß ein fertiges Schwert aus 4 Millionen Stahlschichten bestand. Beim Härten wurde die Klinge bis auf die Schneide 3 mm dick mit Lehm überzogen, so daß nur diese beim Eintauchen in Wasser gehärtet wurde. Die Klingen vererbten sich in der Kriegerkaste der Samurai vom Vater auf den Sohn; sie zu verkaufen galt als Schande. Der älteste unter den berühmten Klingenschmieden Japans, dessen Name erhalten ist, war Jukimitzu (um das Jahr 1000 n. Chr.). Ebenso hohen Ruhm hatte sein Sohn Masamune.

Die Gewinnung des Eisens bei den Japanern und Chinesen weicht von derjenigen der anderen außereuropäischen Völker sehr ab, weshalb sie später gesondert besprochen werden soll.

Die Turanier und Mongolen, die ältesten Völker Mittel- und Westasiens, haben metallurgische Kenntnisse aus ihrer Heimat am erzeichen Altai mitgebracht. Die Sage versetzt ihre Wiege in ein rings von eisernen Bergwänden eingeschlossenes Tal, aus dem sie sich mit Hilfe des Schmiedefeuers einen Ausweg gebahnt hätten. Ihre höchsten Götter waren die Götter der Schmiedekunst, die in den Sagen der späteren Völker, welche die Turanier aus deren Sitzen verdrängt hatten, als Fabelwesen weiter lebten und zu schätzhütenden Berggeistern, kunstfertigen Zwergen und tückischen Kobolden geworden sind. Auch die metallurgischen Anspielungen der finnischen Mythologie, die in der finnischen Nationalsage, der Kalewala, niedergelegt ist, sind dieser Wurzel entsprossen. Nach Herodot gab es im Lande der gefürchteten Skythen Eisen im Überfluß.

Die Burjäten und Kalmücken verstehen sich vortrefflich auf die Tauschierung mit Silber. Sie schlagen das Silber zu dünnem Blech aus, machen die zu belegenden Stellen mit einem Hammer rau, dessen Bahn wie eine Feile aufgehauen ist, schneiden das Silber nach Schablonen aus Birkenrinde zurecht und hämmern es vorsichtig in das erhitzte Eisen ein. Dann lassen sie das Stück im Feuer blau anlaufen, glätten es mit einem Polierhammer und reiben es schließlich mit einem Stück Holzkohle blank. Die Schmelzfeuer der Schmiedetartaren bestehen nur aus einer Höhlung im Boden der Schmiede von 15 cm Durchmesser mit einem darauf passenden Sturze, der sich nach oben trichterförmig verengt. Es werden darin 1,5 kg Erz eingeschmolzen, die eine Luppe von 0,5 kg liefern. Endlich gehören hierher wahrscheinlich auch die Zigeuner. Ihre Geschicklichkeit in der Metallbearbeitung ist bekannt. Die Zigeunerschmiede ziehen wandernd von Ort zu Ort, wobei sie ihr einfaches Handwerksgerät auf dem Rücken tragen.

Wir kommen nun zu den Naturvölkern Asiens, die uns verwandtschaftlich am nächsten stehen, den Indern. Im Rigweda, den Psalmen der alten Inder, die vor dem Jahre 1500 v. Chr. gedichtet sind, werden schon Gold, Silber, Kupfer und Eisen genannt. Aus dem Sanskritworte „Ayas“, mit dem Begriffe des Leuchtenden, sind wahrscheinlich alle indogermanischen Bezeichnungen für Eisen und Erz hervorgegangen. Das Wort hat sich gespalten in die Bezeichnung für Eisen (isen, eisarn, iron, järn, hierro, ferrum, fer) und für Erz (êren, ehern, auch bildlich „Ehre“).

Um 1500 v. Chr. drangen die Arier in das indische Gangestal vor. Der Eroberungskrieg wird im Mahabharata gefeiert. Wir erwähnen aus dessen schwülstigem Inhalt

nur den eisernen, goldgezierten, also wohl tauschierten Streitkolben des Helden Bima. In Indien erschlafften die Arier, und die Religiosität lähmte alles Streben, das weiter ging, als den einundzwanzig Höllen zu entgehen, von denen eine „das spitziige Eisen“, eine andere „der schwertgeblätterte Wald“ und eine dritte „die Grube der glühenden Kohlen“ heißt, und die dadurch an die Metalle und ihre Gewinnung erinnern. Heute findet man die ursprüngliche Eisengewinnung noch in Zentralindien, und zwar weniger bei den rein arischen Stämmen als unter den dunkelfarbigen Ureinwohnern, die diese Kunst wohl schon vor der arischen Einwanderung betrieben

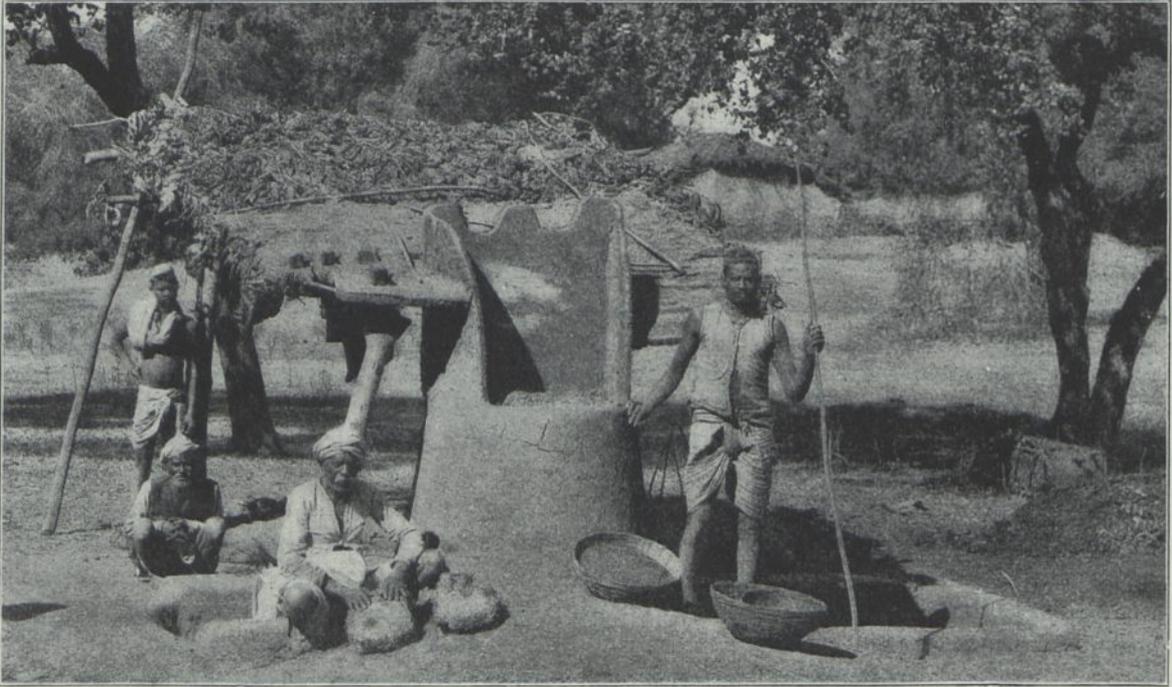


Abb. 8. Indischer Eisenschmelzofen.
Nach L. E. Begbie: A monograph on the iron and steel industry ... Nagpur (1908), Taf. 2.

haben. Die Technik unterscheidet sich wenig von derjenigen der Afrikaner. Man verschmelzt reinen Brauneisenstein oder gewaschenen Magneterzsand in Tonöfen von 1,25 m Höhe und 0,33 bis 0,50 m Weite, die eine Lupe von etwa 15 kg liefern. Als Bälge dienen Ziegen- oder Ochsenhäute, die mit Öl oder Butter geschmeidig gemacht worden sind. In den Hals der Haut kommt die Düse, und die hintere Öffnung wird mit zwei Bambusstäben eingefaßt, die einen Schlitz bilden, der als Ventil dient. Der Bläser sitzt zwischen zwei Bälgen, wobei er mit der Hand die Bambusstäbe festhält. Er öffnet zuerst den einen Schlitz und läßt die Luft eintreten, dann verschließt er die Klappe und drückt den gefüllten Sack mit seinem Körpergewicht zusammen. Abb. 8 zeigt einen solchen Ofen. Das Volk lebt dort nomadisierend als Eisenschmelzer und zeichnet sich durch Schmutz, Armut und Aberglauben aus. Die Mengen des an der Malabarküste erzeugten einheimischen Eisens betrug 1890 noch etwa 475 t im Werte von 57 000 Mark, d. h. 120 Mark je t. Da für 1 kg fertiges Eisen mindestens 12 kg Kohlen und 8 kg Erz nötig sind, ist dieser Preis nur durch die niedrigen Löhne der

Eingeborenen verständlich. Beispielsweise erhielt ein Ofenbauer für den Bau eines Schmelzofens, der drei Tage erfordert, nur 20 Pfg.

Während die bisher betrachteten Völker nur kleine Eisengeräte schmieden können, haben es die Bewohner Indiens zu einer erstaunlichen Kunstfertigkeit in der Herstellung großer Schmiedestücke gebracht. Im Tempelhof der Kuwat-ul-Islam-Moschee

bei Dili steht eine schmied-eiserne Säule von 400 mm Durchmesser und einer Gesamthöhe von 7,25 m, wovon 6,5 m über dem Erdboden hervorragten (Abb. 9). Die Säule hat ein Gewicht von etwa 6000 kg und trägt eine eingemeißelte Inschrift in der Guptasprache, die den Ruhm des Rajahs Dhawa verkündet, der im vierten Jahrhundert n. Chr. herrschte. Ursprünglich stand an der Stelle der Moschee ein Hindu-Tempel. Die Säule ist aus einzelnen Luppen fest zusammenschweißt, und zwar sicher nur mit Handhämmern, denn Wasserhämmer kennen die Inder nicht. Vermutlich hat man die Säule auf Wellbäumen gelagert, mit dem einen Ende in ein großes Schmiedefeuer gelegt und davor die neu anzuschweißende Lupe gebracht. Diese wurde dann durch Schlagen mit schweren Eisenrammen oberflächlich mit dem fertigen Stück verbunden. Man zog nun die Säule aus dem Feuer und hämmerte die Schweißstelle nach. Die „Kutub-Säule“ ist nicht das einzige große Schmiedestück, das sich in Indien erhalten hat. Im Süden des Landes, in Madras, finden sich in der sogenannten schwarzen Pagode zu Kanaruk, die um das Jahr 1250 erbaut ist, zwei schwere eiserne Torbalken. Der eine hat etwa 10,7 m Länge bei 20 cm Durchmesser, und der andere ist 7,8 m lang und 28 cm stark. Im 16. und 17. Jahrhundert sind in Indien auch Riesengeschütze geschmiedet worden, die zum Teil noch erhalten sind und über 30 000 kg wiegen.



Abb. 9. Kutub-Säule in Dili.

Nach R. Hadfield in Journ. of the Iron and Steel Inst. Bd. 85 (1912), Taf. 14.

Noch bewundernswürdiger sind die Leistungen der indischen Stahlschmiede. Der indische Stahl ist uralte. In Gräbern aus der Zeit um 600 v. Chr. hat man bereits Stahlwaffen gefunden. Der Grieche Ktesias, der als erster über Indien geschrieben hat, erzählt, daß Artaxerxes Memnon ihm ein indisches Schwert geschenkt habe. Alexander der Große erhielt von dem besiegten Inderkönig Porus als Hauptgeschenk einen Stahlkuchen von 15 kg Gewicht. Arrian erwähnt Aden als Stapelplatz für das indische Schmiedeisen und den indischen Rohstahl, den die alten *ferrum candidum* nannten. Auch der meiste Stahl, der über Damaskus gehandelt wurde und daher den Namen Damaszenerstahl (Damaststahl) erhalten hat, war indischer Herkunft. Im Mittelalter galt indisches Stahl als höchster Luxus, und der Kirchenvater Clemens von Alexandria sagt, man brauche nicht immer gleich indische Stahlmesser, wenn man Fleisch schneiden will. Auch heute noch achten die Inder ihre Stahlschwerter hoch. Aus den Figuren der Damaszierungen weissagen ihre Priester, und ihre Prunkschwerter gelten als glückverheißend.

Der indische Stahl, den die Eingeborenen Wutz nennen, ist ein Tiegelgußstahl. Er wird besonders in Kona Samandrum in Hyderabad und in Mysore hergestellt. In Hyderabad beschickte man den Tiegel mit einer Mischung aus Erz und Kohlepulver, nachdem man zuvor ein Stück Glas auf den Boden gelegt hatte, verschloß und lutierte den Tiegel gut und erhitzte ihn in einem Gebläseofen. Der erschmolzene Regulus („Kurs“) wog 0,75 kg. In Mysore geht man von fertigem Schmiedeisen aus. In kleine Tiegel von 0,33 l Inhalt setzt man ein keilförmiges Schmiedeisenstück mit den Stempeln und Blättern von Asklepias ein, einer Pflanze, die einen milchigen Saft enthält und für die Stahlfabrikation als Kohlungsmittel unentbehrlich sein soll. Die gutverschlossenen Tiegel werden zu 15 Stück in einen runden Gebläseofen so eingesetzt, daß sie ein frei im Feuerraum schwebendes Gewölbe bilden. Der mittlere Tiegel bleibt leer und kann herausgenommen werden, um Kohlen nachzugeben. Der „Kurs“ wird mit einer Schicht aus Brauneisenstein und Ton überzogen, vorsichtig im Feuer ausgeglüht und dadurch so weit entkohlt, daß er schmiedbar wird.

Die indischen Stahlklingen wurden bei Damaskus in einem starken Windstrom gehärtet. Hierzu waren bei der Schmiede, dem Nordwind entgegen, zwei Mauern in einer Schlucht im Winkel aufgeführt, um den Wind wie in einem Trichter zu fangen. Im Scheitelpunkt war eine durch eine Klappe verschlossene Öffnung, in die man die glühende Klinge legte.

Die Wutzstahlklingen zeigen nach dem Ätzen mit Eisenvitriol und Essig einen eigenartigen Damast, dessen unregelmäßige Figuren ihn von dem künstlichen Damast unterscheiden, der durch Zusammenschweißen verschiedener Stahlsorten entsteht. Die Theorie des Wutzstahles ist wissenschaftlich noch nicht ganz aufgeklärt.

Die Eisenindustrie in Hinterindien, Siam und Cochinchina ist nicht so interessant wie die indische und steht unter dem Einfluß der Nachbarländer. Von den Ariern in Vorderasien waren die Perser wegen ihrer guten Stahlschwerter berühmt, zu denen sie viel indischen Stahl verarbeiteten. In ihren heiligen Schriften, dem Zend-Avesta, werden Eisen und Stahl am meisten von allen Metallen erwähnt. Im ostiranischen Hochland hat sich bis in die Neuzeit eine blühende Eisenindustrie erhalten. Man schmelzt dort Eisen in einem Gebläseschachtofen ein und stellt so einen hochgekohlten Gußstahl her. Das Alter dieser Technik läßt sich allerdings nicht angeben.

Armenien ist ein klassisches Gebiet der Metallurgie. Das Land der Chalyber oder, wie es die Juden nannten, das Land Tubal, das mit Tyrus Handel trieb, hat bei den Griechen dem Stahl seinen Namen Chalybs gegeben, wie sich das Wort Kupfer von dem Namen der Insel Cypern herleitet. Nach Xenophon lebte bei den Chalybern alles von der Eisengewinnung.

DIE ALTEN KULTURVÖLKER

Wir kommen nun zu den Völkern, auf denen die heutige Kultur beruht. Das Land, in dem sich, begünstigt durch ein überaus fruchtbares Klima, zuerst ein höheres Leben entwickelte, war Ägypten. Von der Steinzeit dieses Landes wissen wir nichts, nur der Gebrauch von Steinmessern zu religiösen Zwecken erinnert daran. Im Anfang ihrer Geschichte kannten die Ägypter bereits die Metalle. Als ältester Metallgegenstand, der erhalten ist, gilt das kleine kupferne Zepter des Königs Snofru. Um 3000 v. Chr. wurde die Cheopspyramide aus Granitquadern erbaut. Schon Herodot nahm an, daß man hierzu Eisenwerkzeuge gebraucht hat, eine Vermutung, die durch den Fund eines Eisenmessers in den Fugen der Steinquadern der Cheopspyramide bestätigt ist. Vom Zeitalter der Pyramiden bis zum Sinken der ägyptischen Kultur um das Jahr 1000 v. Chr. beweisen zahllose Bauten, wie Obelisken, Statuen, Tempel und Paläste, das hohe technische Können dieses Volkes. Das Zunftwesen, die Erbllichkeit der Berufe und eine feste Regierungsgewalt, die demokratische Wirren nicht aufkommen ließ, förderten das Gewerbe. Den Handwerkern halfen, zumal bei untergeordneten Arbeiten, Sklaven, deren Arbeitskraft besonders in der jüngeren Zeit grausam ausgebeutet wurde, wie die Geschichte der Juden lehrt.

Über das Gewerbe Ägyptens geben die farbigen Wandgemälde in den Pyramiden und Tempeln Auskunft. Das Eisen ist hier stets blau gemalt. Man sieht den Fleischer mit einem blauen Wetzstahl an der Seite und die Bearbeitung von Holz und harten Bausteinen mit Werkzeugen aus blauer Farbe. Hiernach war den Ägyptern auch der Stahl bekannt. Die Ägypter haben das Eisen nicht selbst hergestellt, sie bezogen es von der Sinai-Halbinsel und aus den südlichen Bergländern, aus Nubien. Beide Eisensorten wurden durch besondere Wörter bezeichnet. Im allgemeinen heißt Metall Ba und Eisen Benipe, was wahrscheinlich Metall des Himmels bedeutet. Es wäre verkehrt, hieraus zu schließen, daß die Ägypter der Frühzeit Meteoreisen verarbeitet haben. Vermutlich verglichen sie die Farbe des Eisens oder des Stahles mit derjenigen des Himmels.

Auch die Assyrer waren mit dem Eisen schon im Anfang ihrer Geschichte bekannt. In ihren Tributlisten wird Eisen regelmäßig als letztes, also als gewöhnlichstes Metall, angeführt. Im Palaste des Königs Sargon zu Ninive, im heutigen Korsabad, der in den Jahren 712 bis 706 v. Chr. erbaut ist, hat man einen Eisenschatz von etwa 160 t Gewicht gefunden. Er besteht größtenteils aus Luppen, die an beiden Enden spitz zugeschmiedet sind. Es war dies in alter Zeit üblich, damit man die Luppen durch Ausschmieden im Feuer leicht auf ihre Güte prüfen konnte. Die Luppen sind an einem Ende durchbohrt, um sie auf einem Seil aufgereiht bequem befördern zu können (Abb. 10). Außerdem fanden sich in dem Schatz Ringe, Ketten und anderes Eisenzeug, darunter auch ein Sägeblatt.

Die Bewaffnung der Assyrier war reich. Berühmt waren ihre eisernen Streitwagen. Die technischen Leistungen der Assyrier darf man aber nicht zu hoch veranschlagen, da sie die unterjochten Völker für sich arbeiten ließen. Beispielsweise ist aus der Bibel bekannt, daß Nebukadnezar aus Jerusalem alle Zimmerleute und Schmiede mitnahm. Unter den Semiten in Palästina waren am regsamsten die Phönizier, die klugen Seeleute und listigen Händler. Da sie keine schriftlichen Überlieferungen und keine großen Bauwerke hinterlassen haben, kann man sie nur nach den Berichten anderer Völker beurteilen. Die Phönizier waren es, die den Zinnhandel beherrschten und die Bronze zu den entlegensten Völkern brachten. Die Hauptquelle des Reichtums der „königlichen Kaufleute“ von Tyrus waren die spanischen Silbergruben. Als Erzgießer leisteten die Phönizier Großes, wie der Guß des ehernen Meeres im salomonischen Tempel durch Hiram von Tyrus beweist. Das Eisen bezogen sie aus dem Osten vom Libanon oder aus dem Süden von den Philistern und vielleicht auch von den Ägyptern, mit denen sie eifrig Handel trieben. Daß sie den Stahl der Chalyber aufkauften, ist anzunehmen.

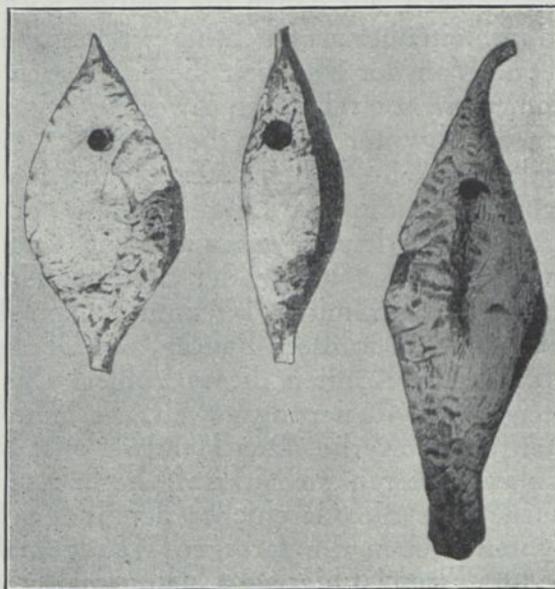


Abb. 10. Eisenluppen, gefunden in Ninive (Korsabad).
Nach V. Place: Niniveh et l'Assyrie. Paris 1867.

Die benachbarten Juden waren ein ackerbautreibendes Volk, das in der Eisentechnik wie in allen Handwerken nicht hervorragend war. In ihren Schriften werden aber Eisen und Stahl von der frühesten Zeit an erwähnt. Tubalkain, der in der fünften Generation nach Adam lebte, wird ein Meister in allerlei Eisenwerk genannt. Die Juden übernahmen die Eisentechnik wohl von den älteren Bewohnern des Landes, die beim Einfall der Juden bereits eine höhere Kultur hatten und in festen Städten wohnten. Diese kannten das Eisen, denn die Juden erbeuteten beim Falle Jerichos eiserne Gefäße. Von den Ureinwohnern übernahmen die Juden auch den Bergbau, der im Buche Hiob (28, Vers 1, 2 und 9) erwähnt wird: „Es hat das Silber seine Gänge und das Gold seinen Ort, da man es schmelzt. Eisen bricht man aus der Erde, und aus den Steinen schmelzt man das Kupfer. Fern von den Wohnungen bricht man den hinabhängenden Schacht, durch die Felsen werden Gänge gebrochen, und man erforscht das Dunkel und die Todesnacht.“ Manche Städtenamen deuten auf Hüttenwesen hin. So lagen im Gebiete von Asser, dem verheißen war, daß an seinen Schuhen Eisen und Erz sein sollten, Hamhad, die Stadt der Erze, Mischael, die Stadt der tiefen Gruben, und Beten, die Stadt der Schächte. Bekannt ist auch die Bergstadt Sarepta im phönizischen Gebiete. Erwähnen wir noch das „eiserne Bett“ des Riesenkönigs Og von Basan (5. Mos. 3, Vers 11), nach neueren Forschungen der Sarkophag des Königs, so haben wir genug Beispiele der Kenntnis des Eisens bei den Urvölkern Kanaans. Die Herstellung des Eisens wird im 5. Buch Mosis 4, Vers 20, zum Vergleich herangezogen: „Der Herr hat euch aus dem eisernen Ofen (Ägypten) geführt.“ Da ein Ofen aus Eisen nicht in Frage kommt, kann der Prophet nur an

einen Schmelzofen zur Eisengewinnung gedacht haben, als er den Ort der Qual versinnbildlichen wollte. Weitere Auskunft über die Metallurgie der Juden gibt die Stelle Jeremias 6, Vers 27 bis 29, wo es vom Abtreiben des Silbers heißt: „Ich habe dich zum Schmelzer gesetzt über mein Volk, das so hart ist, daß du ihr Wesen erfahren und prüfen sollst. Sie sind eitel verdorbenes Erz und Eisen. Der Blasebalg ist verbrannt, das Blei verschwindet, das Schmelzen ist umsonst, denn das Böse ist nicht davon geschieden.“ Vor allem aber ist hier die herrliche Stelle Jesaias 44, Vers 12, anzuführen: „Es schmiedet einer das Eisen in der Zange, arbeitet in der Glut und bereitet es mit Hämmern und arbeitet daran mit ganzer Kraft seines Armes; leidet auch Hunger, bis er nimmer kann, trinkt auch nicht Wasser, bis er matt wird.“

Die Kenntnis des Stahles geht aus Ezechiel 27, Vers 19, hervor. Dort wird dieser „gehärtetes Eisen“ genannt. Er kam durch phönizischen Handel aus Arabien, war also indischer Stahl. Außerdem kannten die Juden den Stahl aus dem Norden, den Stahl der Chalyber. Der Prophet Jeremias sagt 15, Vers 12: „Meinst du nicht, daß etwa ein Eisen sei, das könnte das Erz und Eisen von Mitternacht zerschlagen?“ Den Wetzstahl erwähnen die Sprüche Salomonis 27, Vers 17: „Man schärft das Eisen mit dem Eisen.“ In den Kämpfen gegen die Philister fürchteten diese einen Rachekrieg der besiegten Juden und führten deren Schmiede mit sich fort. „Es ward aber kein Schmied im ganzen Lande Israel gefunden, denn die Philister gedachten, die Hebräer möchten Schwert und Spieß machen. Und mußte ganz Israel hinabziehen zu den Philistern, wenn jemand hatte eine Pflugschar, Haue, Beil oder Sense zu schärfen. Da nun der Streitag kam, ward kein Schwert und Spieß gefunden in des ganzen Volkes Hand, das mit Saul und Jonathan war, nur Saul und sein Sohn hatten Waffen.“ (1. Samuel 13, Vers 19, 20 und 22.) Und doch endete diese Kriegszeit damit, daß sich das jüdische Königreich ganz Palästina unterwarf und den Höhepunkt seiner Blüte erreichte.

Die Araber treten zuerst in der Geschichte auf als das Hirtenvolk der Hyksos, das um das Jahr 1950 v. Chr. Ägypten unterjochte. Die Araber waren die Vermittler zwischen Indien und dem Westen und erwarben durch ihre kühnen Seefahrten die Reichtümer, die sich in der Erzählung von der Königin von Saba spiegeln. Die arabischen Schwerter, die wohl meist aus indischem Stahl bestanden, waren hochberühmt. Der Schwertkultus entwickelte sich in Arabien schon früh. Man braucht nur an die sieben Schwerter Muhammeds zu erinnern. Vermutlich wurde die mittelalterliche Schwertsage durch die Araber beeinflusst. Von den Semiten Kleinasiens waren die Lydier für die Entwicklung der europäischen Kultur von Bedeutung, weil sie unmittelbar Einfluß auf die Griechen hatten. Ihr Stahl war im Altertum berühmt.

Als die Griechen in die Geschichte eintraten, lebten sie noch in der „Kupferzeit“, denn in den homerischen Gesängen und in den Ausgrabungen von Troja und Mykenä überwiegt das Kupfer. Die griechische Kultur stand damals noch unter dem Einfluß der Semiten, besonders der Phönizier. Von diesen übernahmen sie ihren Schmiedegott Hephäst, der in der Sage wie ein richtiger Schmiedemeister, nervig von Hals, mit behaarter Brust, aber mit schwächlichen Beinen und hinkendem Gang, geschildert wird. Zu Homers Zeiten war aber auch schon das Eisen im allgemeinen Gebrauch, und Geräte und Waffen aus „blauschimmerndem Eisen“ werden oft erwähnt. Die interessanteste Stelle der Ilias (28, Vers 833 ff.) betrifft eine Rohluppe, die Achill den Diskuswerfern bei der Trauerfeier um seinen Freund Patroklos zum Kampfpfeil setzt:

Jetzo bracht der Pelid den rohgeformten Klumpen,
 Welchen vordem oft warf des Eetion mächtige Stärke,
 Aber jenen erschlug der mächtige Renner Achilleus
 Und entführte in Schiffen mit anderer Habe den Klumpen.
 Aufrecht stand der Pelid und redete vor den Argivern:
 „Hebt euch, wenn euch gefällt auch diesen Kampf zu versuchen,
 Wem in die Ferne auch reicht das Gebiet fruchttragender Äcker,
 Hieran hat er auf fünf umrollender Jahre Vollendung,
 Was er gebraucht. Denn es darf niemals aus Mangel an Eisen
 Hirt noch Pflüger zur Stadt gehen, denn er liefert ihm Eisen.“

Achilles setzte also als Kampfpfeil eine Luppe von einer Größe, daß sie den Eisenbedarf eines Landgutes für fünf Jahre deckte. Ihr Gewicht dürfte nicht über 20 kg betragen haben. Auch Stahl wird in den homerischen Gesängen mehrfach erwähnt. Seine Härte dient zum Vergleich bei der Blendung Polyphems durch Odysseus (Odyssee 9, Vers 931 ff.). Der hundert Jahre nach Homer, etwa um 800 v. Chr., lebende Hesiod nennt sein Zeitalter ausdrücklich das eiserne. Er erwähnt als erster Dichter die Herstellung des Eisens bei der kraftvollen Schilderung, als Zeus den Titanen Thyphoeus mit seinen Blitzen zerschmetterte und in den Abgrund warf (Theogonie 861 ff.):

„Weit brannte die mächtige Erde
 Von dem unendlichen Dampf und schmolz, wie glühendes Zinn schmilzt,
 Das von der Jünglinge Kunst im weitaufklaffenden Tiegel
 Heiß wird, oder wie Eisen, das härteste aller Metalle,
 In des Gebirges Waldtal von schimmerndem Feuer gebändigt
 Schmilzt in göttlicher Erde von kräftiger Hand des Hephästos.“

Die wichtigsten Eisengebiete Griechenlands waren Chalkis, Böotien und die Industriestadt Korinth. Auch Lacedämonien hatte Eisenerze. Der lakonische Stahl galt als der beste des Inlands, stand aber dem eingeführten Stahl der Chalyber und später dem spanischen nach. Die Spartaner trugen eiserne Ringe als Zeichen männlicher Freiheit. Bekannt ist auch ihr Eisengeld, das einen Zwangskurs hatte.

Im 6. und 5. Jahrhundert entwickelten sich die griechische Kunst und die griechische Technik zu solcher Höhe, daß sie die semitische Kultur weit überflügelten. Auch in Handel und Industrie waren die Griechen jetzt den Phöniziern gewachsen. Eine Quelle des Reichtums der Athener war der Silberbergbau in Laurium, der mit Hilfe einer Sklavenhorde von 3000 Mann betrieben wurde. Trotz der reichen Literatur der Griechen weiß man wenig von ihrer Eisentechnik. Die schmutzigen Hütten im einsamen Waldtal fesselten den hohen Geist der griechischen Philosophen und Dichter nicht. Zwei Vasenbilder zeigen die griechische Hüttentechnik. Abb. 11 stellt Hephäst dar, wie er die Waffen des Ares schmiedet. Zu beachten ist der durch seinen spitzen „Judenhut“ kenntliche Phönizier, den der jugendliche Balgtreter neckt. Zu erwähnen ist noch, daß die griechischen Schmiede vereinzelt bereits Steinkohlen benutzten.

Die Bewaffnung der Griechen bestand aus Panzer, Beinschienen, Schild und Helm. Als Angriffswaffen dienten Lanze und kurzes Schwert. Die Helme bestanden gewöhnlich aus Bronze. Der Stahlhelm Alexanders des Großen war eine Ausnahme.

Lange bevor die Römer zur Herrschaft über Italien gelangten, blühte dort das kunstreiche Volk der Etrusker. Ihre Leistungen in der Keramik und in der Malerei sind beachtens-

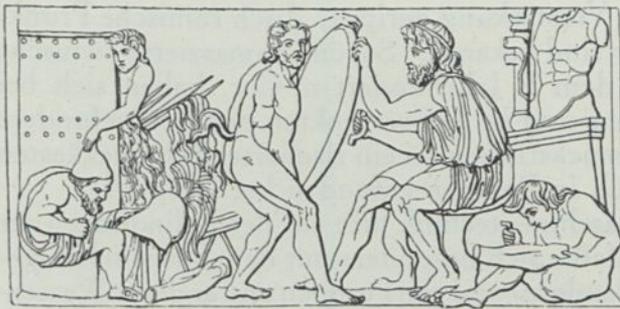


Abb. 11. Hephäst, die Waffen des Ares schmiedend.
Nach Ber. ü. d. Verh. d. Kgl. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig.
Philol.-Hist. Klasse. Bd. 13 (1861), Taf. 9.

Luppen auf dem gegenüberliegenden Festlande ausgeschmiedet, besonders bei Populonia. Der etruskische Name dieser Stadt, Populon, bedeutet Stadt der Metalle. Das Wappen Populonias, Schmiedezange und Hammer, findet sich auf alten Münzen (Abb. 12). Wenn die Etrusker auch im 3. Jahrhundert v. Chr. von den Römern unterjocht wurden, lebten sie doch fort in ihrer Kunst und in ihrer Technik, da beide von den Römern übernommen wurden.

Die Römer verdanken den Etruskern die Waffen, mit denen sie den Erdkreis unterworfen haben, besonders den kunstvollen Wurfspieß mit langer Eisenspitze, das Pilum (Abb. 13 und 14). Dieses wurde in Rom eingeführt, als der Etrusker Mastarna als Sergius Tullius um 578 v. Chr. den römischen Thron bestieg. Die Römer waren mit dem Eisen seit altersher vertraut. Dies beweisen die eisernen Fingerringe, welche die freien Römer trugen, bis in den Zeiten des Verfalls goldene Ringe das Abzeichen des römischen Bürgers wurden. Dies beweist auch die schwere Bedingung des ihnen von Porsenna im Jahre 507 v. Chr. aufgezwungenen Friedens, sich in Zukunft des Eisens nur zum Zwecke des Ackerbaues zu bedienen. An Eisen blieben sie aber lange so arm, daß sie über



Abb. 12. Münze der Stadt Populonia.
Kaiser-Friedrich-Museum,
Münzkabinett, Berlin.

den Metallreichtum der Gallier und über deren lange Eisenschwerter staunten, als diese im Jahre 387 v. Chr. Rom belagerten. In der späteren Zeit lieferten ihnen außer Elba ihre Provinzen Illyrien, Noricum (Steiermark), Pannonien, Gallien, Spanien und England die für ihre unaufhörlichen Kriegszüge notwendigen Eisenmengen. Am wichtigsten war der Bergbau in Noricum, der bis in die vorrömische Zeit zurückgeht. Julius Cäsar begann den Bau der Eisenstraße vom Erzberg zur Donau, auf der Maultiere die ausgeschmiedeten Luppen zu Tal trugen. Am Erzberg in Steiermark finden sich häufig Spuren der römischen Tätigkeit. In Spanien lieferten die kaiserlichen Fabriken von Bilbilis, Turiasso und Toletum (Toledo) vorzügliche Stahlklingen. Derartige Werke waren über das ganze Land zerstreut und befanden sich meistens dort, wo schon früher Eisenwerke waren, z. B. zu Mantua in Norditalien. Jede Fabrik hatte ihre Besonderheit in Waffen oder Ackergeräten.

Die Römer kannten Schuppen- und Ringelpanzer, deren Ringe einzeln genietet waren. Ihre Eisenhelme waren kunstvoll ge-

wert, noch größer waren sie in der Metalltechnik, besonders im Bronzeuß. Sie beuteten auf der Insel Elba, deren alter Name Äthalia „Land des Rußes“ bedeutet, die unerschöpflichen Eisengruben aus, von denen eine alte Bergmannssage erzählt, daß das Erz dauernd nachwächst. Zum Rohschmelzen genügten niedrige Herde, da das Erz rein und leicht reduzierbar war. Wegen des Waldmangels auf Elba wurden die

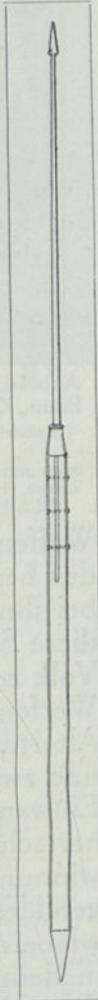


Abb. 13. Pilum.
Nach Alterthümer uns. heidnisch. Vorzeit.
Hrsg. v. L. Lindenschmit.
Bd. 1, Heft 11, Mainz 1864, Taf. 5.



Abb. 14. Römischer Soldat mit Pilum, Kurzschwert und Messer.
(Grabstein des R. Petilius Secundus aus Mailand.)

Nach Alterthümer unserer heidnischen Vorzeit. Hrsg. v. L. Lindenschmit. Bd. 1, Heft 11, Mainz 1864, Taf. 5.

Waffengewalt besiegt. Sie selbst waren nicht einmal fähig, die Technik, die sie bei den besiegten Völkern vorfanden, weiter auszubauen. Bergleute und Handwerker waren bei ihnen Sklaven, denen sie die Menschenrechte versagten. Kein Wunder, daß ihnen diese Sklavenhorden über den Kopf wuchsen und ihr eigenes der Arbeit entwöhntes Volk zum Pöbelhaufen herabsank.

Werfen wir einen Rückblick auf die Geschichte des Eisens bei den Naturvölkern und im Altertum, so finden wir überall, daß die Technik der Eisengewinnung bis in die Urzeit, und zwar gewöhnlich bis vor die Zeit der Einwanderung der später das Land beherrschenden Völker, zurückgeht. Die Gewinnung des Eisens erfolgte bei den hochgebildeten Griechen und Römern ebenso wie bei den Naturvölkern handwerksmäßig in kleinen Öfen oder Herden, die bei jeder Schmelzung nur einige Kilogramm Eisen lieferten. Das Eisen wurde zu Geräten und Waffen verwendet und oft kunstvoll verarbeitet. Größere Eisenarbeiten kamen dagegen selten vor. Der Stahl war, abgesehen vom indischen Stahl, ein Zufallserzeugnis, man verstand aber, ihn zu härten.

trieben und zur Verstärkung gerippt. Auch römische Prunkstücke aus Eisen sind bekannt. Schöne damaszierte römische Schwerter aus dem 3. Jahrhundert n. Chr. haben sich bei Nydam am Alsens und in drei versenkten Schiffen gefunden. Von reinen Schmuckstücken sei ein ziselierter Schmuckkasten erwähnt, der sich in Pompeji gefunden hat (Abb. 15).

Die römische Maschinenteknik fußt auf den Erfindungen der Griechen. Sie befaßte sich besonders mit dem Bau von Kriegsmaschinen (Schleudern) und von Pumpen und anderen Wasserhebemaschinen. In der Spätzeit benutzten die Römer auch die Tretmühle und das Wasserrad. Letzteres hatte sich aus dem schon den alten Ägyptern bekannten Schöpfrad entwickelt und trieb bei den Römern seit der Zeit Cäsars Kornmühlen und Sägemühlen zum Schneiden von Holz und Steinen. Auch in den Provinzen benutzten die Römer die Wasserräder, wie aus dem Moselgedicht des Ausonius hervorgeht, das die Steinsägerei an der Ruwer erwähnt. Die Römer kannten auch Flaschenzüge, Druckschrauben, Hebel und Wellbäume. Ihre Maschinenbaustoffe waren in erster Linie Holz und Bronze. Trotz der Höhe ihrer Kultur haben die Römer in der Technik der Eisengewinnung nicht wesentlich mehr geleistet als die älteren Völker Europas, geschweige denn die Asiaten übertroffen. Handels- und Industriestädte, wie Karthago und Korinth, haben sie nicht durch die Güte ihrer Erzeugnisse, sondern mit roher

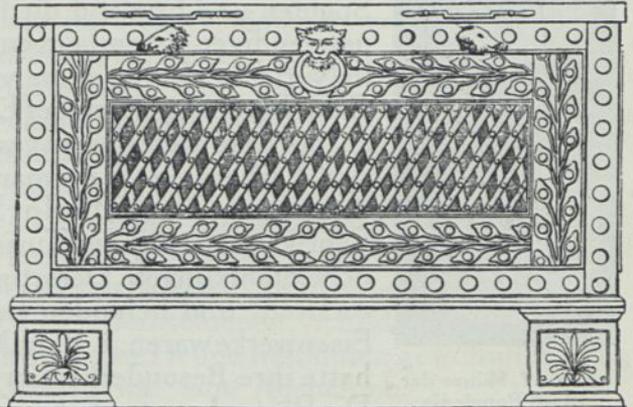


Abb. 15. Schmuckkästchen aus Eisen, gefunden in Pompeji.
Nach W. Gell: Pompejana. Vol. II, London 1835, S. 14.

II.
DAS MITTELALTER

DIE FRÜHZEIT

WIR kommen nun zu den Völkern, die mit ihren plumpen Eisenschwertern heimischer Herstellung die Kultur des Altertums zuerst einmal in Stücke schlugen, ehe sie auf deren Trümmern eine in sittlicher und technischer Hinsicht höhere Kultur aufbauten. Die Eisengewinnung litt durch die Kriege verhältnismäßig wenig. Über die Hütten in den einsamen Waldtälern brausten die Stürme der Völkerwanderung hinweg, denn Barbaren wie Römern war für ihre Kriege das Eisen der begehrteste Besitz.

Die Geschichte der einzelnen Länder beginnen wir mit Spanien, das im Altertum durch sein Eisen nicht minder berühmt war als durch sein Silber. Die Anfänge der Eisentechnik liegen wohl schon vor der Zeit der keltischen Einwanderung und sind auf die iberische Urbevölkerung zurückzuführen, die bis in die Neuzeit in ihren Pyrenäensitzen eine eigenartige Hüttentechnik besaß. Die spanischen Waffenfabriken der Kaiserzeit sind schon erwähnt worden. Diodor berichtet, die Spanier hätten ihren Stahl dadurch veredelt, daß sie die Rohluppen vergruben und verrosteten ließen, bis nur die festeren Teile zurückblieben, ein Verfahren, das uns schon bei den Japanern begegnet ist.

Als die Gallier in die römische Geschichte eintraten, waren sie schon ein eisenreiches Volk. Das schwere eiserne Hauschwert, das der übermütige Brennus nach der Einnahme Roms im Jahre 387 v. Chr. auf die Wagschale warf, als der Goldtribut abgewogen wurde, ist klassisch geworden. Auch Cäsar erwähnt die schweren gallischen Schwerter. Sie waren anfänglich der Schrecken der römischen Soldaten, aber für den Nahkampf ungeeignet und bogen sich leicht krumm. Nach den kräftigen Hieben, mit denen die Gallier Glieder und Köpfe abmähten, mußten die Klängen erst wieder unter dem Fuße geradegerichtet werden. Cäsar führt als Besonderheit der Gallier ihre eisernen Ankerketten an. Berühmt waren die Streitwagen der Gallier, deren Räder mit eisernen Radreifen versehen waren. Im Altertum galten die Gallier auch als Erfinder der Ringelpanzer. Am reichsten an Berg- und Hüttenwerken waren nach Cäsar die Bituriger (Berry), die ihre bergmännische Geschicklichkeit durch Unterminieren der Schanzen bei der Belagerung von Avaricum bewiesen. Ihnen waren nur die Petrocorier (Perigord) ebenbürtig. In Frankreich findet man große Schlackenhalde aus der Römerzeit. Dank dem reichen geschichtlich-technischen Interesse des Kaisers Napoleon III. ist Frankreich archäologisch gut durchforscht. Das wichtigste Fundgebiet ist Bibracte, die alte Hauptstadt der Aduer. Man deckte dort ein Arsenal mit den Resten von Eisen- und Bronzeschmelzöfen auf. In einer Schmelzhütte lag das Grab des Schmelzers, und unter dem Amboß ruhte die Asche des Schmiedes. Die Gallier kannten auch den Stahl und verstanden, ihn an Eisen anzuschweißen. Die zahlreich erhaltenen



Abb. 16.
Eisen-
schwert d.
Frühzeit a.
Hallstatt.
Nach E. F. v.
Sacken: Das
Grabfeld von
Hallstatt.
Wien 1868.
Taf. 5, Abb. 2.

gallischen Stahlschwerter und -messer sind durch Aufschweißen von Stahlplatten auf einen die Angel bildenden Eisenkern hergestellt.

Auch in England bestand schon vor dem römischen Einbruch eine Eisenindustrie. Die Römer bauten den Erzbergbau und die Eisengewinnung im Forest of Dean in Monmouthshire großartig aus. Man findet dort die Reste ausgedehnter Bergbauten und riesige Schlackenhalde, die zum Teil in der Neuzeit wieder verhüttet worden sind. Auch in Sussex gewannen die Römer Eisen.

Bei allen germanischen Völkern verliert sich die erste Anwendung des Eisens in die sagenhafte Urzeit, doch war auch bei ihnen der Gebrauch des Eisens spärlich und die Eisentechnik roh, so daß es den südländischen Händlern gelang, die eingeführte Bronze zur „großen Mode“ zu machen und damit das Bronzezeitalter zu begründen; ja, es ist nicht ausgeschlossen, daß einzelne nordische Stämme das Eisen überhaupt noch nicht kannten, als man ihnen die Bronze zuführte, wenn dies auch unwahrscheinlich ist, da man in den Museen nur bronzene Ziergeräte, wie Schwerter, Nadeln und Spangen, nie aber Hausgeräte, wie Beile und Holzäxte, aus Bronze findet. Die Bronze kam um 200 v. Chr. wieder aus der Mode, und von da an wurde das Eisen auch in den germanischen Ländern das herrschende Metall. Aus dieser Übergangszeit stammen die reichen Eisensfunde in den Schweizer Pfahlbauten, besonders in LaTène, und in Hallstatt in Oberösterreich (Abb. 16). Die metallographische Untersuchung vorgeschichtlicher Eisenswaffen hat ergeben, daß damals schon die Härtung des Stahls bekannt war. Auch hat man oberflächlich durch Einsatzhärtung verstärkte Geräte nachgewiesen.

Vorgeschichtliche Eisenschmelzöfen hat man in verschiedenen Gegenden gefunden. Im Berner Jura hat man Reste von Öfen entdeckt, die mit natürlichem Zug betrieben wurden, doch dürfte auch der Blasebalg schon früh bekannt gewesen sein. Näheres über die Eisenschmelzer der Frühzeit wissen wir nicht, denn schriftliche Denkmäler haben diese Völker nicht hinterlassen. Nur auf den vorgeschichtlichen Grabfeldern zeigen Grabbeigaben von Erzstücken und Eisenschlacken an, wo ein Eisenschmelzer seit 2000 Jahren von seiner Arbeit ausruht.

Sprache und Sagen der Germanen beweisen deren frühe Bekanntschaft mit dem Eisen, und das hohe Alter des Wortes Stahl (Stachel) spricht dafür, daß ihnen der Unterschied zwischen Eisen und Stahl schon früh aufgefallen ist. Die Kunst des Schmiedes, besonders des Waffenschmiedes, wurde hoch geachtet. Die Helden, wie Jung Siegfried, schämten sich nicht, selbst am Schmiedefeuer zu stehen. Der nordische Skalde Eigil baute sich auf Island seine Eisenhütte selbst und hob als kühner Taucher vom Meeresgrunde einen riesigen Steinblock, der ihm als Amboß diente, wie die Eigil-Skallagrimsage erzählt.

So alt wie der Glaube an Thor, ist die Sage von dessen zermalmendem Hammer, dem Symbol des Blitzes. Eines der ältesten Lieder der Edda, die Thrymskvida, schildert



Abb. 17.
German. Speereisen
mit Tauschierung.
Gefunden in einem Alemannengrabe bei Ulm.
Museum für Völkerkunde,
Berlin.

den Raub des Hammers durch den Riesen Drum, und wie der starke Thor in Freias Schwanenhemd gekleidet den Hammer durch List zurückgewinnt und den Riesen damit zerschmettert, eine mythologische Deutung des Frühlingsgewitters, das den Winterriesen vernichtet. Auch sonst spielte der Hammer im Leben der Germanen eine bedeutungsvolle Rolle und wird noch heute bei Versteigerungen als Symbol des Rechtes benutzt. In der christlichen Zeit hat jedoch gewöhnlich das Kreuz die Rolle des Hammers übernommen.

Eine andere alte Sage, die sich vom Norden bis nach Frankreich in mannigfacher Gestalt findet und ihre Heimat im Siegerland zu haben scheint, ist die Sage vom kunstfertigen Schmied Wieland (Wölunder), dem Albensohn, der mit seinen gelähmten Beinen an Hephäst erinnert. Die farbenreichste Darstellung dieser Sage findet sich in der Thidrekssage der Edda aus dem 13. Jahrhundert.

Ihr liegen die Erzählungen hansischer Kaufleute zugrunde, die im Norden Handel trieben. Der Höhepunkt der Erzählung ist die breite Schilderung von Wielands Wettkampf mit dem Hofschmied Amilias. Beide wetten, ob Wielands Schwert Amilias' Eisenrüstung durchschneidet. Wieland schmiedet ein Schwert und prüft, ob es auf dem Fluß treibende Wolle glatt durchschneidet. Die Schärfe des Schnittes genügt ihm nicht, er zerfeilt das Schwert, verknetet die Späne mit Mehl und Milch und gibt den Teig den Mastvögeln zu fressen. Aus deren Kot erschmelzt er sich in seiner Esse ein neues Schwert. Damit wiederholt er die Probe, aber das Schwert befriedigt ihn auch nicht, er zerfeilt es nochmals und läßt es wieder durch die Mastvögel hindurchwandern. Aus ihrem Kot schmiedet er nun den Mimung, die Krone aller Schwerter. Mimung durchschneidet die auf der sanften Flut gleitende Wolle, ohne sie in ihrem Lauf zu hemmen und ohne eine Spur zu hinterlassen. Am Tage des Wettkampfes stellt sich Wieland hinter Amilias, legt ihm das Schwert auf den Eisenhelm und

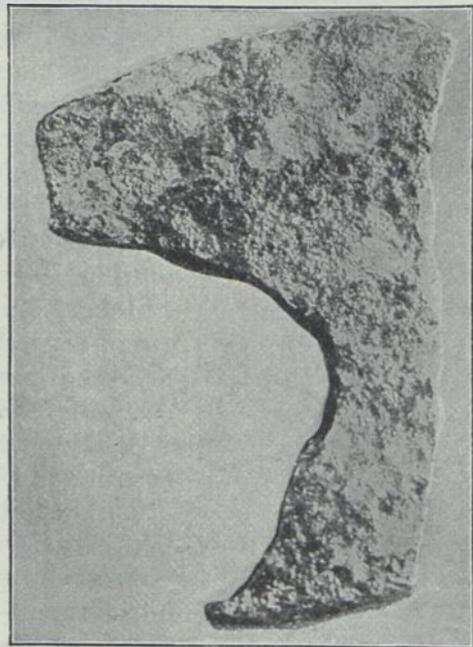


Abb. 18. Fränkische Streitaxt (Franziska).
8. Jahrhundert.
Staatl. Zeughaus, Berlin.

durchfährt mit sanftem Druck dessen Rüstung und Körper von oben nach unten, ohne daß Amilias mehr merkt, als wenn ihm kaltes Wasser am Leib niederrieselte. Als sich Amilias bewegt, fällt er in zwei Hälften auseinander. Wielands Verfahren wird auch von arabischen Schwertschmieden erzählt. Es ist anscheinend keine Einsatzhärtung durch stickstoffhaltige Stoffe, sondern beruht auf der verschiedenen Oxydierbarkeit von Stahl und weichem Eisen durch die Magensäure. Es ist also dem Verfahren der Japaner und Spanier verwandt.

Wieland trägt die Merkmale der Zwerge, die in der Sage als kunstfertige Bergleute und Schmiede geschildert werden. Milde Sitten und freundliches Wesen zeigen sie dem, der sie gut behandelt, ihren Feinden gegenüber aber sind sie neidisch und rachsüchtig. Man erkennt an diesen Zügen eine unterjochte Bevölkerung mit älterer Kultur, die von den Germanen in unwegsame Gegenden verdrängt worden ist.

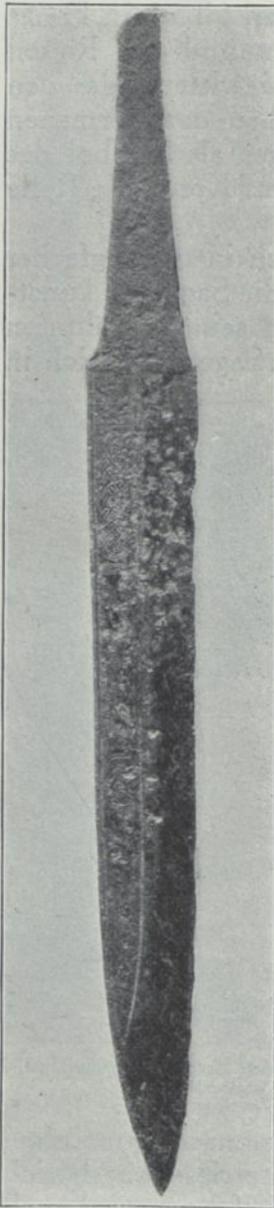


Abb. 19. Skramasachs.
8. Jahrhundert.
Staatl. Zeughaus, Berlin.

Das Bild, das die Römer von den Germanen entwerfen, ergänzt die Sage. Die Germanen hatten Eisenwaffen, doch waren diese spärlich. Panzer und Eisenhelm waren ihnen unbekannt. Die älteste Waffe war der Speer, der auch als Wurflanze diente (Abb. 17). Im Lanzenwerfen waren die Germanen sehr geschickt. Der Gotenkönig Totila gab vor der Schlacht bei Busta Gallorum gegen Narses eine Darstellung seiner Geschicklichkeit im Lanzenwerfen, um den Kampf zu verzögern. In prachtvoller Goldrüstung auf einem trefflichen Pferde zeigte er sich vor den Schlachtreihen in den schwierigsten Reitübungen. Er spielte mit seinem durch leuchtende Purpurbänder verzierten Speer so geschickt, daß dieses Schauspiel die feindlichen Zuschauer vom Morgen bis zum Mittag fesselte, bis die erwarteten Hilfstruppen angekommen waren.

Eine andere Nationalwaffe war das Kampfbeil, das auch als Wurfbeil benutzt wurde (Abb. 18). Da die Franken diese Waffen besonders liebten, wird sie Franziska genannt. Auch im Grabe des Frankenkönigs Childerich (gest. 481) fand sich eine Franziska. Bei den Longobarden erscheint die Axt in der schönen Sage von der Brautfahrt Autharis. Beim Abschied von seinen bajuwarischen Begleitern gibt sich der König durch einen gewaltigen Schlag in einen Baum zu erkennen: „Solche Hiebe schlägt Authari.“ Später kam die Wurfaxt bei den Angelsachsen in allgemeinen Gebrauch und spielte im Kampfe gegen die Normannen eine wichtige Rolle. Der Beilwurf erscheint in einer Verordnung des Königs Kanut als Längenmaß, ähnlich dem Hammerwurf in Deutschland. Am längsten hat sich das Beil als Ehrenwaffe der Bergleute erhalten und führt als solches noch den alten Namen Barte.

Wie die Franziska die Waffe der Franken, so war das Messer, der Sachs, die Waffe der Sachsen; es hat das fränkische Beil verdrängt,

als die Sachsen das herrschende germanische Volk wurden. Der Sachs kommt als kurzes Messer von 20 bis 35 cm Länge, als Langsachs von 40 bis 60 cm Länge und 4 cm Breite und endlich als das schwere Schlachtschwert Skramasachs von 6 bis 12 cm Breite und bis zu 75 cm Länge vor. Die meisten Skramasachs haben eine tiefe Blutrinne (Abb. 19). Das kurze Messer wurde im Kampfe geworfen. Wiederholt wird erwähnt, daß dem Helden eine Haarlocke durch die Schärfe des feindlichen Messers abgeschnitten wurde. Der Wurf wurde durch keine

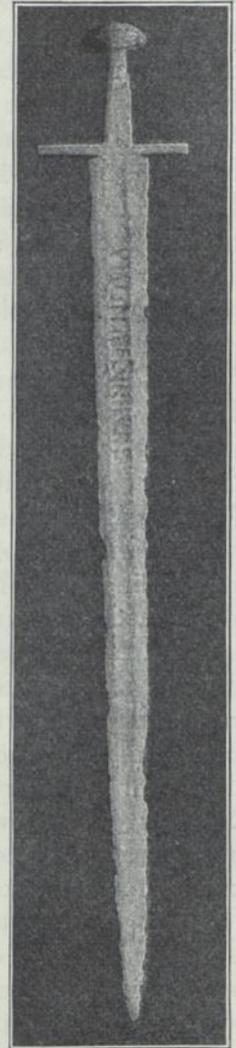


Abb. 20. Namens-
schwert mit auf-
geschweißter In-
schrift.
12. bis 13. Jahrhundert.
Staatl. Zeughaus, Berlin.

Schutzwaffe, sondern durch den Sprung gemieden. Das Messerwerfen ist wie der Schwerttanz ein alter Sport der Germanen. Das große Schlachtschwert war bei den starken Kriegerern noch lange beliebter als das zweischneidige Stahlschwert. Seine Vorzüge werden im Beowulflied bei der Schilderung des Kampfes mit dem Drachen voll patriotischen Stolzes gepriesen: Nægelin zerschellte am felsenfesten Haupte des Untiers, aber der „Walsachs“, das Kampfmesser, zerhieb den Wurm in zwei Stücke.

Als die Germanen die Überlegenheit des fremden Stahlschwertes kennen lernten, wurde dieses ihre Lieblingswaffe und der von den Dichtern besungene Stolz des Helden. Auch andere Völker haben einen Sagenkranz um ihre Schwerter gewoben, aber den höchsten Preis haben ihnen doch die Germanen zuerkannt. Wielands „Mimung“, Siegmunds „Gram“, der Regins Amboß spaltet, Siegfrieds „Balmung“, Beowulfs „Nægelin“, Rolands „Dürnhardt“, der die Bresche durch die Pyrenäenfelsen schlug, sind nicht Werkzeuge des Heldenruhms, sondern beseelte Kampfgenossen, denen nicht minder Ehre zukommt als den Helden selbst.

Nur ein Freier durfte das Schwert tragen, und anfänglich waren es nur die Fürsten, die diese seltene Waffe besaßen. Die Länge der Klingen betrug bis 90 cm. Von diesen mächtigen Schwertern erzählt eine grausige Sage, daß Karl der Große und Lothar II. nach ihrer Länge die besiegten Feinde maßen und niemand am Leben ließen, der länger als das Schwert war. Die besten Klingen waren, wie die indischen, damasziert. Eine solche schenkte Thrasumund, König der Vandalen, dem großen Ostgotenkönig Theoderich. In seinem Dankschreiben rühmte Theoderich besonders die mannigfachen Schattierungen der Klinge, die wie kräuselndes Gewürm das blanke Metall mit vielerlei Farben durchwoben. Vandalen und Longobarden waren als treffliche Waffenschmiede bekannt. Diese Kunst haben sie aber nicht aus ihrer Heimat mitgebracht, sondern in den alten Waffenfabriken des von ihnen beherrschten Spaniens und Norditaliens vorgefunden. Später blühte die Waffenschmiedekunst in den deutschen Städten, wie in Regensburg, wo Madelger der Sage nach Ganelons Sachs geschmiedet hat. Der Name des Schmiedes oder des Besitzers war bisweilen auf den Klingen zu lesen (Abb. 20).

Die anderen Eisenwaffen der Germanen stammen aus späterer Zeit. Der einfache Holzschild hatte nur einen metallenen Buckel und Griff. Die eisernen Schutzrüstungen übernahmen die Germanen von den besiegten Völkern. Als älteste Form der Helme tritt der Spangenhelm auf. Er war nur eine durch Eisenrippen verstärkte, mit Hornplatten bedeckte Haube.

DAS SPÄTERE MITTELALTER

DIE WIRTSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN GRUNDLAGEN DER EISENTECHNIK

Daß das Eisenhüttenwesen in den späteren Jahrhunderten, als auf die Stürme der Völkerwanderung ruhigere Zeiten und eine neue Weltordnung gefolgt waren, eine höhere Stufe einnahm als im Altertum, ist auf wirtschaftliche und technische Umwälzungen zurückzuführen. Auch bei den Germanen gab es Leibeigene wie bei den Römern. Da aber die sozialen und kulturellen Verhältnisse noch wenig unterschiedlich waren, bestand zwischen Herren und Leibeigenen kein solcher Abstand wie bei den Römern. Oft wurde auch dadurch ein Ausgleich herbeigeführt, daß die unterjochten

Völker eine höhere und ältere Kultur besaßen als die germanischen Sieger. Von Bedeutung war auch die Stellung der Kirche zur Leibeigenschaft. Diese behielt die Hörigkeit bei, behandelte aber ihre Leibeigenen so milde, daß diese schließlich nur durch Anerkennungsleistungen gebunden waren, und ihre Unfreiheit tatsächlich der Freiheit entsprach. Unter dem Krummstab war auch deshalb gut wohnen, weil dieser Schutz gewährte und vom Heerbann befreite, dem die Freien unterlagen. Viele Freien traten aus den gleichen Gründen in den Dienst Höherer, wodurch der Stand der Ministerialen aufkam. Die Kirche hob die soziale Stellung der Unfreien auch dadurch, daß sie bei der Wahl ihrer Geistlichen nicht auf Herkunft sah; ja Päpste, wie Lorenz II. (1124—1154) und der große Hadrian IV. (1154—1159), waren niederer Herkunft und leibeigen gewesen. Die Kirche befolgte damit die denkwürdigen Worte von Papst Alexander III.: „Da die Natur alle Menschen frei erschaffen hat, ist niemand von Natur der Sklaverei unterworfen.“

Noch wichtiger für die Hebung des Handwerkerstandes war die Befreiung der städtischen Einwohner von aller Hörigkeit. Wer sich in der Stadt niederließ und in ihren Mauern Handwerk trieb, war frei. Dieses Recht verbriefte Kaiser Heinrich V. im Jahre 1114 zuerst der Stadt Worms, und bald galt allgemein der Spruch: „Stadtluft macht frei.“ Die Kolonisation im Wendenlande hob die Freiheit der Bürger. Wer mit nach Ostland zog und sein Leben im Kampfe mit den Heiden wagte, war frei, mochte er leibeigen gewesen sein oder nicht. Im Wendenlande lagen deshalb auch die freiesten Städte. Diese hohe soziale Stellung der Handwerker spornte zu großen Leistungen an und förderte die Technik.

Eine mächtige Triebfeder war das Zunftwesen, das auf römische Anfänge zurückgeht, aber erst im Mittelalter zur höchsten Blüte gelangte, da der Korporationsgeist am tiefsten in den Germanen steckt. Nur Söhne aus ehrlicher Familie wurden als Lehrlinge angenommen. Wie der Knappe eine Ahnenprobe ablegen mußte, so mußte der Lehrling schwören, kein Wende und ehelich geboren zu sein. Oft fragten sogar die Zünfte nach dem Berufe des Vaters. Kein Kind eines Wächters, Musikanten, Barbiers, Müllers, Gerbers, Schäfers oder Zöllners konnte bis zum 16. Jahrhundert ein Schmied werden. So hielten sich die Zünfte zweifelhaftes Volk fern.

Im Hause des Meisters lebte der Lehrling dann in strenger Zucht und machte endlich sein Gesellenstück. Wenn dieses von der Zunft angenommen war, wurde er zum Gesellen befördert. Dann ging er auf die Wanderschaft und suchte Arbeit in einer fremden Stadt. Sein geistiger Horizont erweiterte sich, und sein Fachkönnen wurde vor einseitiger Ausbildung geschützt.kehrte er dann als gereifter Mann in die Heimat zurück, oder verpflanzte er seine heimischen Arbeitsverfahren in die Fremde, so mußte er, bevor er Meister werden konnte, erst ein Haus erwerben und eine ehrbare Jungfrau als Allerliebste bezeichnen, denn Heiraten und Meisterwerden gehörte zusammen „wie der Löffel zur Suppe“. Wenn alle diese Bedingungen erfüllt waren, bekam er von der Zunft das Meisterstück aufgegeben, das besonders bei einem Fremden nicht leicht gewesen sein mag, um den neuen Wettbewerber abzuschrecken. Kein Wunder, wenn man sich nachher zuraunte, der arme Prüfling habe sich dem Teufel verschrieben, und dieser habe für ihn in einer Nacht eine Arbeit vollendet, deren Herstellung durch Menschenkräfte unmöglich erschien. Hatte der junge Meister nun seine Werkstatt aufgetan, so arbeitete er unter Aufsicht der Zunft. Sein Arbeits-

gebiet war gegen die anderen Zünfte streng abgetrennt. Kein Hufschmied konnte einem Messerer, kein Rotgießer einem Zinngießer „ins Handwerk pfuschen“. Seine Arbeiten wurden von der Zunft beschaut und durften ohne Beschauzeichen nicht verkauft werden, um den Ruf der städtischen Ware nicht zu schädigen. Und schließlich sorgte die Zunft auch für sein Ergehen im Jenseits, denn sie hatte in einer Stadtkirche eine ihrem Zunft-heiligen geweihte Kapelle, in der ihr Vikar für die Seelen der verstorbenen Zunftgenossen Messen las. Der Schutzpatron der Schmiede war der heilige Eligius, der der Legende nach ein störrisches Pferd beschlug, indem er diesem einfach das Bein abschnitt und es ihm nach dem Beschlagen wieder ansetzte. So floß das Leben des Handwerkers in der Familie, in der Zunft und in der ummauerten Stadt dahin, zu deren freien Bürgern er sich mit Stolz zählte, und für die er sein Leben hingab. Eine beim Anblick der Masse unserer Zeit unverständliche Berufsfreudigkeit erfüllte ihn und spornte ihn an, seine Lehrmeister zu übertreffen, noch schlankere Türme zu erbauen, noch reiner tönende Glocken zu gießen, noch zierlicher in Holz zu schnitzen und das Eisen noch kunstvoller zu schmieden. Könnte unsere Sprache so viele Bilder aus dem Handwerkerleben enthalten, wenn nicht unsere Vorfahren ganz in ihrem Berufe aufgegangen wären?

Der große technische Fortschritt lag in der Anwendung der Wasserkraft. Die Mühlenbaukunst wurde, wie so viele andere Künste der Römer, von den germanischen Völkern übernommen. Besonders die Klöster legten Wassermühlen an. Beispielsweise erwähnt Gregor von Tours gegen Ende des 6. Jahrhunderts die Mühle, die ein

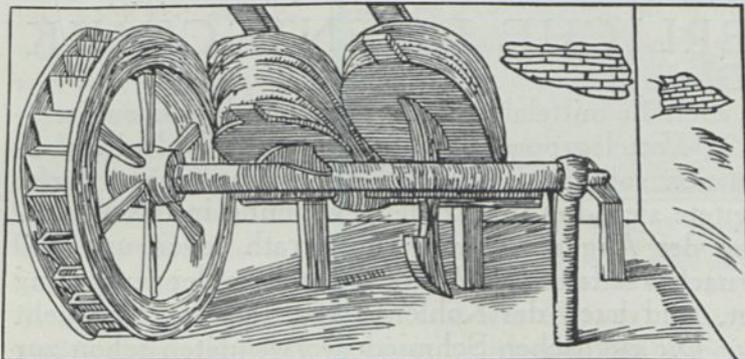


Abb. 22. Einfacher Balgantrieb aus dem 15. Jahrhundert.
Nach V. Biringuccio: *Pirotechnia*, Venetia 1540, S. 110 r.

Abt Ursus bei seinem Kloster in der Nähe von Dijon gebaut hatte. Besonderes Interesse für den Mühlenbau zeigte der Orden des heiligen Bernhard. Die Zisterzienser gingen von der Idee aus, daß nur bei harter fleißiger Arbeit ein gottgefälliger Lebenswandel möglich sei und sahen eine hohe Aufgabe darin, unwegsame Gegenden zu kultivieren. Besonders lockten sie die unzähligen Sümpfe in den Wäldern von Mitteleuropa, die vollständig herrenlos und unbewohnt waren. Mit der Aufopferung ihrer Gesundheit und ihres Lebens begannen die Zisterzienser diese in fruchtbares Ackerland zu verwandeln. An den zur Sammlung des Wassers angelegten Teichen bauten sie ihre Mühlen. Einem Zisterzienserbaumeister verdanken wir die erste Zeichnung einer Sägemühle mit selbsttätigem Vorschub des Werkstückes (Abb. 21). Gegenüber dieser verwickelten Maschine ist der Antrieb eines Blasebalges recht einfach.

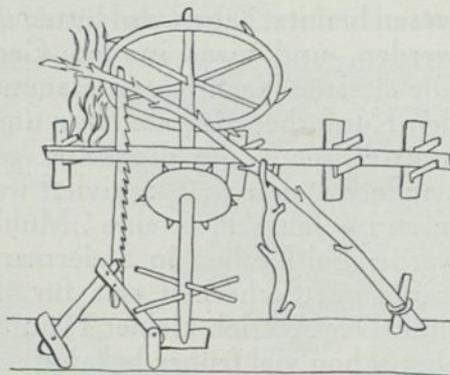


Abb. 21.
Sägemühle nach Villard de Honnecourt.
Nach Album de Villard de Honnecourt.
Publ. par I. B. A. Lassus, Paris 1858, Taf. 43.

Es genügt, eine Daumenwelle anzubringen, die das Unterbrett des Balges hochdrückt, worauf dieser durch sein Eigengewicht wieder herunterfällt (Abb. 22). Schwieriger ist der Antrieb von Hammer- oder Pochwerken durch eine Radwelle. Besonders das Hammerwerk erfordert wegen der auftretenden Massenkräfte gutes technisches Können. Es ist nicht erwiesen, aber wohl anzunehmen, daß schon die Römer die Wasserkraft im Hüttenwesen benutzt haben, da Hütten mit Wasserradantrieb schon früh im Mittelalter erwähnt werden, und zwar in den Gegenden, wo früher die Römer Metalle gewannen. Die ältesten Nachrichten stammen aus dem Ende des 12. Jahrhunderts und betreffen den Kupferbergbau am Harz und den Silberbergbau bei Trient. Auch „Eisenmühlen“ muß es schon um diese Zeit gegeben haben, denn in Skandinavien, also in einem Lande, das erst spät kultiviert worden ist, bauten die Zisterzienser von Soroe in Dänemark im Jahre 1197 eine „Mühle zur Gewinnung von Eisen aus Erz“. Pochwerke werden bei Leoben in Steiermark schon 1175 erwähnt, während eigentliche Hammerwerke mit Sicherheit erst für die zweite Hälfte des 13. Jahrhunderts nachweisbar sind. Der Antrieb kleiner Hämmer durch eine von Hand bewegte Daumenwelle war aber schon viel früher bekannt.

Auch in früherer Zeit hatten sich die Eisenschmiede oft in Tälern und in der Nähe von fließendem Wasser oder bei einer Quelle angesiedelt. In erster Linie war für die Anlage einer Schmiede aber die unmittelbare Nähe von Kohlen und Erz maßgebend. Nach der Einführung der „Radwerke“ wanderte die Eisenindustrie in die Flußtäler. Dadurch entstanden in den alten Bergrevieren neue Gemeinwesen, z. B. in Steiermark die Stadt Vordernberg.

Wie jede technische Neuerung eine geraume Zeit braucht, um das alte Verfahren zu verdrängen, so war es auch mit der Einführung des Wasserrades, und man blieb in den Kleinbetrieben, besonders auf den Höfen, wo die Bauern nebenbei Eisen gewannen, noch lange bei den alten „Trethütten“.

DIE MITTELALTERLICHE EISENTECHNIK KOHLENGEWINNUNG

Wie die griechischen verwendeten auch die mittelalterlichen Schmiede bisweilen Steinkohlen. Ihre Gewinnung reicht in Mitteleuropa weit zurück. Der Kohlenbergbau im industriereichen Hochstift Lüttich soll im Jahre 1198 begonnen haben, dürfte aber älter sein. Von dort aus breitete sich die Steinkohlegewinnung in das Wurmgebiet aus, wo die Kohlengruben der Augustiner von Klosterrath schon um 1100 erwähnt werden, und dann weiter nach Westfalen. 1302 wird die Steinkohlegewinnung in der Grafschaft Mark erwähnt, und auch der Kohlenbergbau an der Saar geht bis in das 14. Jahrhundert zurück. Die englischen Schmiede verwendeten schon zur Römerzeit Steinkohlen. Der Kohlenbergbau bei Newcastle-on-Tyne wird zuerst im Jahre 1234 erwähnt. Damals bestätigte König Heinrich III. ein Privileg, das König Johann den ehrlichen Leuten von Newcastle gegeben hatte, Kohlen und Steine auf dem Castle-Moore zu graben. Die Kohlen von Newcastle gingen zu Schiff nach London und wurden im Mittelalter auch bis nach Hamburg verfrachtet. In London war die Verwendung der „Seekohle“ bei den Handwerkern so verbreitet, daß der in London ansässige Adel im Jahre 1273 die erste der sich von nun an dauernd wiederholenden Beschwerden über die Belästigung Londons durch üblen Rauch und Geruch erhob.

Für die Gewinnung des Eisens waren nur Holzkohlen brauchbar. Wenn Europa damals auch so stark bewaldet war, daß Fachleute noch im 16. Jahrhundert den Holzvorrat für unerschöpflich hielten, so machte sich ein Holzmangel doch schon früh in den Gegenden bemerkbar, in denen eine starke Eisenindustrie bestand. Die Landesfürsten und die mächtigen Lehnsherren und Klöster, die sich in den Besitz des ehemals freien Waldes gesetzt hatten, sorgten deshalb schon früh für eine gesunde Holzwirtschaft. Eine der ältesten

Haubergsordnungen ist diejenige, welche die Nassauischen Grafen dem Siegerland gaben. Trotz dieser Maßnahmen konnte aber die Kohlenherzeugung dort nicht in dem Maße gesteigert werden, wie es die immer mehr wachsende Eisenindustrie verlangte, und man mußte die Erzeugung der Hütten und Hämmer schon früh, im 15. Jahrhundert, so einschränken, daß man die roheisenerzeugenden Hütten wie auch die weiterverarbeitenden Hammerwerke umschichtig arbeiten ließ, die Anlage neuer Werke verbot und jedem einzelnen Werk nur eine bestimmte Zeit zu blasen oder zu schmieden zubilligte. Die erlaubte Zeit wurde nach „Hüttentagen“ berechnet, und es wurde später üblich, diese Hüttentage durch Verkauf auf andere Besitzer und Werke zu übertragen.

Bei der Meilerverkohlung wurde das Holz in Scheiten um einen senkrechten Schacht, den sogenannten Quandelschacht, aufgehäuft, der durch eingerammte Stangen gebildet wurde. Der Meiler wurde außen dicht mit Lehm und Rasen bedeckt (Abb. 23), dann wurde das Holz unten durch die „Zündgasse“ angezündet und verbrannte nun langsam bei ungenügender Luftzufuhr. Die Kunst des Köhlers bestand darin, die Verbrennung durch stellenweises Abheben der Decke und rechtzeitiges Verschließen der Löcher so zu leiten, daß der ganze Holzstoß gleichmäßig verkohlt wurde, ohne teilweise zu Asche zu verbrennen. Wenn keine Dämpfe mehr aus der Decke ent-



Abb. 23. Herstellung eines Meilers.

1 Planieren der Bodenfläche; 2 Aufbauen des Meilers; 3 Bedecken des Meilers mit Rasen; 4 brennender Meiler; 5 ausgebrannter Meiler; 6 Abreißen des Meilers.

Nach Duhamel du Monceau: Art du charbonnier. Description des arts et métiers. Paris 1761.

wichen, wurde diese sorgfältig festgestampft und der untere Lufteintritt verschlossen. Nach dem Erkalten zog man das Holz auseinander und löschte es mit möglichst



Abb. 24. Grubenverkohlung.
Nach V. Biringuccio a. a. O., S. 63 r.

wenig Wasser ab. Es wurde dann schnell zur Hütte gefahren, da die Güte der Kohle beim Lagern infolge Wasseraufnahme leidet. Während der Meiler gleichmäßiges Scheitholz verlangt, eignet sich die Grubenverkohlung besonders zur Verarbeitung von Astholz. Die Einrichtung besteht aus einer Erdgrube, in der das Holz eingesetzt wird (Abb. 24). Das Anzünden erfolgt durch Einwerfen von Feuer in einen bis zum Boden reichenden Schacht.

Die Köhler in den einsamen Wäldern waren eine uns fremde Erscheinung. Es waren rohe, aber gutmütige Menschen, deren Hütten dem Wanderer eine willkommene Zufluchtstätte boten. Die Geschichte vom sächsischen Prinzenraub im Jahre 1455 erzählt von ihrer wackeren Gesinnung.

ERZGEWINNUNG

Da bei den Römern die Bergwerke in den eroberten Ländern dem Staate zufielen, kamen die Rechtsgelehrten des Mittelalters zu dem Irrtum, die Römer hätten das Bergregal gekannt, und erhoben dieses zu einem Begriff des römischen Rechtes. Mit der Entwicklung des Lehnswesens kam das Bergregal in die Hände der Fürsten und seit der Zeit Ludwigs des Frommen auch an die Kirche. Für die Ausbildung des Bergrechtes war der uralte Bergbau am Rammelsberg im Harz vorbildlich. Fast ebenso alt wie das Recht der „Waldherren“ (Silvani) des Harzes ist das um 1250 niedergeschriebene Bergrecht von Iglau in Böhmen. Der älteste Bergwerksvertrag ist derjenige des Erzbischofs von Trient vom Jahre 1185 mit den „Herren Gewerken der Silberer“. Die Urkunde ist in einem richtigen Küchenlatein geschrieben. Sie enthält viele deutsche Fachausdrücke, wie werchi (Gewerken), wassar (Wasser), xenkelochus (Senkloch), dorslagum (Durchschlag) und zeigt dadurch, daß die Gewerken Deutsche waren. Auf Grund des Bergregals gehörten alle wichtigen Eisenerzlager, z. B. diejenigen in Steiermark und Kärnten, dem Landesherrn. Die Abgabe für das Schürfrecht bestand gewöhnlich in dem zehnten Teil des gewonnenen Steines. Bei Kleinbetrieben wurde aber der Begriff des Bergregals infolge des



Abb. 25. Arbeiterinnen beim Ausklauben von Erzen.
16. Jahrhundert.
Nach G. Agricola: De re metallica libri XII. Basel 1556, S. 209.

geringen Wertes der Eisenerze nicht so scharf aufgefaßt wie bei Edelmetallen.

Die Gewinnung der zutage liegenden Eisenerze, z. B. des Raseneisensteins der norddeutschen Tiefebene, erfolgte nur durch Abgraben bis auf den Grundwasserspiegel. Eigenartig war die Gewinnung des Sumpferzes in Skandinavien. Die Bauern sondierten mit einem eisernen Spieß, wo Eisenerz unter dem Boden lag. Nach dem Abheben der dünnen Torf- oder Pflanzendecke lag das Erz frei. Es erneuerte sich ziemlich rasch, so daß man nach 30 Jahren an derselben Stelle wieder Erz gewinnen konnte.

In den flachen Seen Mittelschwedens gewann man das merkwürdige See-Erz. Wenn der See im Spätherbst eine tragfeste Eisdecke hatte, zog der Erzsucher aus und stieß mit einer langen Stange durch das Eis bis auf den Grund. Durch Erfahrung konnte er feststellen, ob Eisenerz vorhanden war. Die Fundstellen wurden mit Zweigen abgesteckt, dann wurden weiter soviel Plätze be-



Abb. 26. Scheidung der Erze mit dem Fäustel.
Nach G. Agricola a. a. O., S. 212.



Abb. 27. Erzwäsche.
Nach G. Agricola a. a. O., S. 213.

zeichnet, wie der Erzsucher im Winter auszubenten gedachte. Wenn die Eisdecke stark genug war, ging er mit seinen Gehilfen oder seiner Familie an die Arbeit. Er schlug ein Loch von einem Quadratmeter Größe in das Eis, ließ an einer Stange ein Sieb bis auf den Grund herab und kratzte das Erz mit einem Rechen in das Sieb. Das gewonnene Erz wurde mit einem Handsieb in dem Wasserloch durch Waschen vom Schlamm gereinigt. Bei genügenden Erzvorräten konnte ein Erzsucher mit Gehilfen am Tage 5 bis 10 t gewinnen.

Die bergmännische Gewinnung der Eisenerze war damals noch sehr einfach. Man gewann das Erz durch Stollenbau einfachster Art oder in kleinen Schächten, die selten über 10 m tief waren, da man das Wasser gewöhnlich nicht mehr bewältigen konnte. Allerdings waren im Mittelalter schon großartige Bergbauten

in Betrieb, diese gingen aber immer auf die wertvolleren Kupfer- und Silbererze. Der Erzberg in Steiermark, der Hüttenberg in Kärnten, der Stahlberg bei Müsen im Siegerland, der Bergbau in Schmalkalden sind Beispiele umfangreicher Eisenerzgewinnung des Mittelalters.

AUFBEREITUNG UND VORBEREITUNG DER ERZE

Da zu den alten Eisenerzgewinnungsverfahren nur reine und leicht reduzierbare Erze brauchbar waren, spielte die Aufbereitung und Vorbereitung der Eisenerze eine



Abb. 28. Füllen eines Röststadels.
16. Jahrhundert. Nach G. Agricola a. a. O., S. 215.

größere Rolle als heute. Das Scheiden erfolgte zuerst durch Ausklauben und Abschlagen der Gangart mit dem Fäustel (Abb. 25 und 26). Tonige und schlammige Erze wurden gewaschen (Abb. 27). Nicht nur Spaterze, sondern überhaupt die meisten Erze wurden durch Rösten aufbereitet. Das Rösten geschah in ummauerten „Stadeln“ mit Holzfeuer (Abb. 28). Darauf folgte oft noch ein Auslaugen schädlicher Bestandteile, wie Schwefel und Kupfer, durch Ablöschen des Stadels mit Wasser (Abb. 29). Oft überließ man die Erze jahrelang der Verwitterung im Freien. Dabei verwandelten sich die Spate in den leicht reduzierbaren Brauneisenstein; gleichzeitig oxydierten sich die Sulfide zu Sulfaten und wurden vom Regen ausgelugt. Da die kleinen Öfen eine gleichmäßige Beschickung verlangten, wurden die Erze vor dem Verhütten noch gepocht und gesiebt (Abb. 30). Wenn man Kalk beim Schmelzen zuschlug, benutzte man diesen nur in gebranntem Zustand.

GEBLÄSE

Bei der Einfachheit des Ofenbaues war das Gebläse das wichtigste Gerät des Schmelzers. Man benutzte große Spitzbälge mit hölzernen Deckeln und Zügen aus Pferde- oder Ochsenleder, das gut eingeschmiert wurde, damit es elastisch blieb. Das Leder war mit Riemen an den Deckeln befestigt, die von langköpfigen Balgnägeln gehalten wurden (Abb. 31). Ein mit Ziegenfell benageltes dünnes Brettchen diente als Luft-einlaßventil. Um die Windstärke zu regeln und um zu verhindern, daß die Bälge bei raschem „Wechseln“ platzten, hatte der obere Balgdeckel einige runde Löcher (Spundlöcher), die durch eingesteckte Zapfen verschließbar waren. Demselben Zwecke diente auch wohl ein Schieber. Am oberen Balgdeckel befand sich eine



Abb. 29. Auslaugen eines Röststadels.
16. Jahrhundert. Nach G. Agricola a. a. O., S. 214.

Verlängerung, der Balgsterzel, an den die Hebedaumen zur Betätigung des Balges angriffen. Wie man sieht, hatten die Bälge keine Windsammler und lieferten deshalb nur stoßweise Wind. Um einen gleichmäßigeren Windstrom zu erzielen, waren stets zwei Bälge vorhanden, die umschichtig atmeten und bliesen.

Der Antrieb der Bälge erfolgte von Hand mit Hilfe von Hebelarmen (Abb. 32) oder durch Tretmühlen, in denen Menschen oder Tiere gingen, gewöhnlich aber durch Wasserräder (Abb. 33). Der gleichzeitige Antrieb mehrerer Gebläse einer Hütte durch ein Wasserrad war eine beliebte Aufgabe des damaligen Maschinenbaues (Abb. 34). Da man die auftretenden Massenkräfte aber nicht zu meistern verstand, war es in der Praxis üblich, für jedes Gebläse ein Rad anzubringen.



Abb. 30. Erzpochwerk.
16. Jahrhundert. Nach G. Agricola a. a. O., S. 220.

RENNFEUER

Auch im Mittelalter wurde das Eisen entweder in Schmiedeherden oder in niedrigen Schachtöfen erblasen. Die Herde hießen in Deutschland „Rennfeuer“ nach dem

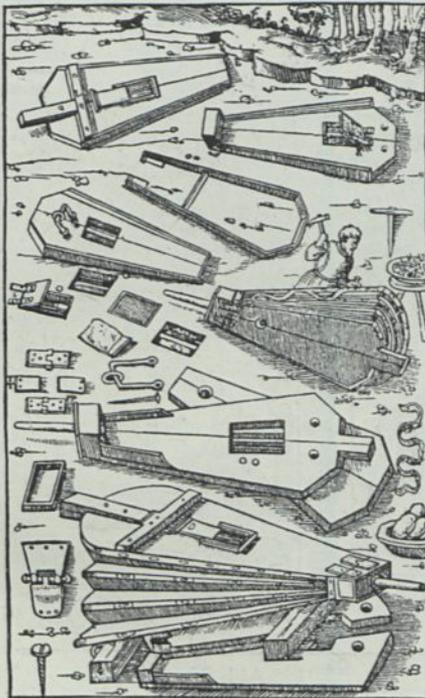


Abb. 31. Anfertigung eines Blasebalges.
Nach G. Agricola a. a. O., S. 296.

Worte „Rennen“ oder „Zerrennen“, das rinnen lassen, also verflüssigen bedeutet. Der Schmelzer hieß „Zerrenner“. Man nannte die Herde auch „Luppenfeuer“ nach ihrem Erzeugnis, der „Luppe“, eine Entstellung des lateinischen Wortes lupus (Wolf). Die Metallmassen wurden häufig mit Tiernamen wie Gans, Wolf, Sau, Saumon (franz. Salm) bezeichnet.

Die Rennfeuer wurden besonders bei reinen Erzen benutzt, sie sind einfacher im Bau, weshalb sie auch beim Kleinbetrieb und dort im Gebrauch waren, wo nur gelegentlich Eisen geschmolzen wurde, wie auf adligen Gütern. Die Rennwerke hießen im Mittelalter auch Waldschmieden, weil sie im Gegensatz zu den dörflichen und städtischen Schmieden einsam im Walde lagen. In mittelalterlichen Akten werden sie auch Iserschmieden genannt.

Abb. 35 zeigt ein Rennfeuer des 16. Jahrhunderts. Der Zerrenner steht, durch ein Tuch gegen das kohlenoxydreiche Gichtgas geschützt, vor dem Rennfeuer A und regelt den Wind durch Verstellen der „Schütze“ B, die das auf das Rad fließende Wasser drosselt. Die Schlacke fließt durch das „Lachthol“ C ab. Die

Arbeiter bei E treiben die Luppe D mit Holzhämmern zusammen, um die Schlacke auszuquetschen. Hierauf wird sie unter den Wasserhammer gebracht und mit einem Setzeisen in Kolben zerlegt, die dann in einem besonderen Feuer ausgeheizt und zu Stäben ausgeschmiedet werden.

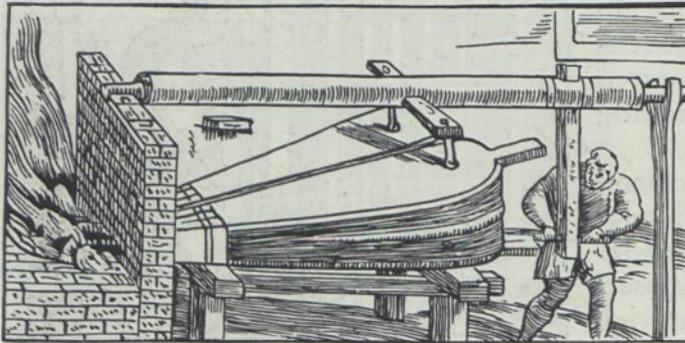


Abb. 32. Blasebalg mit Hebelbetrieb.
Um 1500.

Nach V. Biringuccio a. a. O., S. 111 r.

wogen 60 bis 70 kg. Der Kohlenverbrauch betrug je 1000 kg Erzeugung etwa 4400 kg trockene Kohlen, und das Ausbringen aus dem 25%igen Erz belief sich nur auf 12,5%. Die Korsikaschmiede war dadurch gekennzeichnet, daß das Erz vor dem Rennen erst in demselben Herd geröstet und in ein halbreduziertes Zwischenerzeugnis verwandelt wurde. Beim Rosten nahm man die Erzmenge für vier bis fünf Schmelzungen in Arbeit. Der Herd bestand nur aus einer Rückwand mit der Windform und einer rechtwinklig dazu stehenden niedrigen Mauer auf der „Arbeitsseite“ mit einer schmalen Eisenplatte, in der sich das Stichloch befand. Die anderen Wände des Schmelzfeuers wurden aus Erzbrocken aufgebaut (Abb.36). Herdboden und Wände wurden zuerst mit Gestübbe ausgeschlagen, dann teilte man den Herd durch eine hufeisenförmige Wand aus großen Kohlenstücken von Kastanienholz, das sehr harte Kohlen liefert, in einen äußeren und inneren Raum. Den äußeren Raum teilte man wieder durch zwei nach der Mitte zu verlaufende Mauern aus Holzkohlen und füllte ihn dann mit zerkleinertem Erz in Stück- und Pulverform. Wenn etwa 500 kg Erz eingetragen waren, wurden glühende Kohlen in den Innenraum geworfen und dieser dann mit Holzkohle gefüllt. Jetzt wurde vorsichtig angeblasen und nach drei Viertelstunden voller Wind gegeben, wobei man den inneren Tiegel andauernd mit Kohlen gefüllt hielt. Zum Schluß gab man gare Schlacke auf und riß dann den ganzen Bau zusammen. Die äußeren Erzstücke waren nur halb gesintert, während die halbreduzierte und verschlackte Füllung eine feste

ausgeschmiedet werden. Da sich die Rennfeuer bis in die Neuzeit erhalten haben, liegen eingehende Berichte über ihren Betrieb vor. Im 18. Jahrhundert waren die Rennfeuer noch weit verbreitet, z. B. in Steiermark und in Schlesien. Im 19. Jahrhundert finden wir sie noch auf Korsika und in den Pyrenäen. Auch in Amerika gab es noch einzelne „Bloomeries“ (Bloom = Luppe).

In Oberschlesien dauerte das Rennen sechs Stunden. Die Luppen

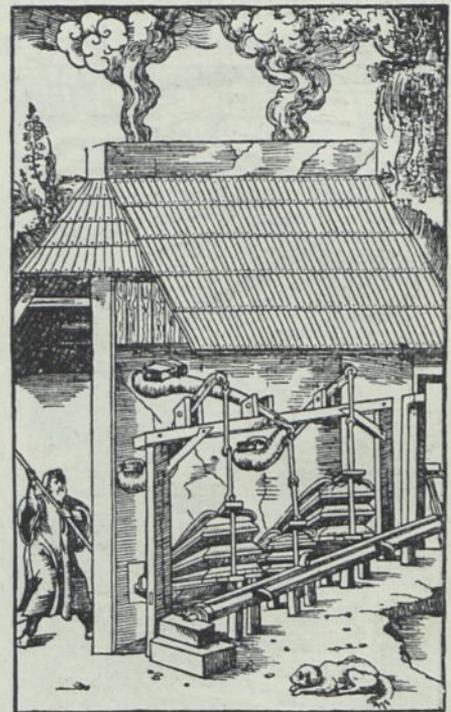


Abb. 33.

Antrieb eines Gebläses durch ein Wasserrad.
16. Jahrhundert. Nach G. Agricola a. a. O., S. 240.

Wand um den Kohlentiegel bildete. Beim Rösten durfte die Hitze nicht bis zum Schmelzpunkt der Erze steigen. Schwer reduzierbare und schwer schmelzbare Erze waren deshalb besser geeignet als leicht schmelzbare. Merkwürdigerweise blieben die den Tiegel bildenden Kastanienholzkohlenstücke bei dem Vorgang fast unverbrannt.

Die gebackenen Erze wurden mit dem Hammer zerklopft, dann wurden Kohlen, Erze und Schlacken in fünf Teile geteilt, der Herd neu mit Lösche hergerichtet und nun das Röstgut aufgegichtet und eingerennt, während gleichzeitig die Luppe der vorhergehenden Schmelzung ausgeheizt wurde. Die ganze Arbeit, bestehend aus der Röstung und der Aufbereitung der fünf Luppen, dauerte 24 Stunden. Dazu waren vier Arbeiter erforderlich, die sieben Tage in der Woche arbeiteten. Da die Werke aber nur sieben



Abb. 35. Rennfeuer.
16. Jahrhundert. Nach G. Agricola a. a. O., S. 339.

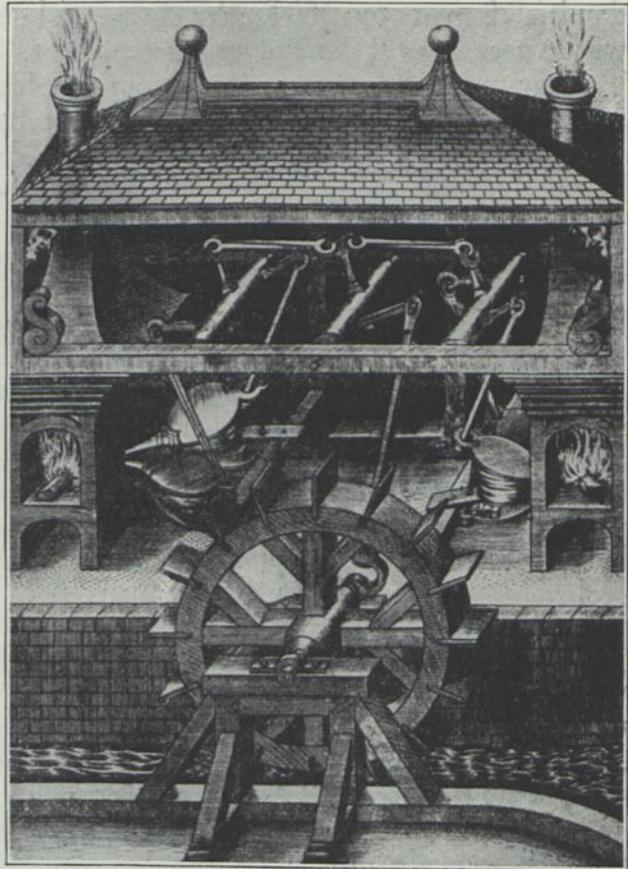


Abb. 34. Antrieb mehrerer Gebläse durch ein Wasserrad.
Nach A. Ramelli: Le diverse et artificiose Machine. o. O., 1588, S. 213.

Mo-
nate
in Be-
trieb
waren,
er-

zeugte ein Werk nur 26 t Stabeisen im Jahre. Der Kohlenverbrauch betrug 880%, das Ausbringen war dagegen gut und stellte sich auf 38,5%. Die Selbstkosten betrugen im Anfang des 19. Jahrhunderts je 1000 kg 400 Mark. Die Katalanschieden haben ihre Heimat in den Pyrenäen und wurden von den baskischen Schmelzern nach den angrenzenden französischen Ländern gebracht. Poröser Brauneisenstein wurde unmittelbar verschmolzen. Spate, dichte Brauneisensteine und Roteisensteine ließ man zuerst an der Luft verwittern, dann röstete man sie in weiten Öfen, die 20 bis 35 t Erz faßten, wobei man 6 Kubikmeter trockenes Holz verbrauchte. Das Schmelzfeuer (Abb. 37) war zur Abhaltung der Bodenfeuchtigkeit in einen kupfernen Kessel von etwa 1,75 m Länge und 0,75 m Höhe eingebaut und hatte eine Auskleidung von Eisenplatten. Die Windform hatte eine Neigung („Stechen“) von 40°. Die Arbeit begann

damit, daß man etwa 500 kg Erz abwog und unter dem Hammer zerklopfte. Das Pochgut wurde gesiebt und das Pulver angefeuchtet. Man füllte den Herd bis zum Formrüssel mit Holzkohle und teilte ihn dann durch ein quer

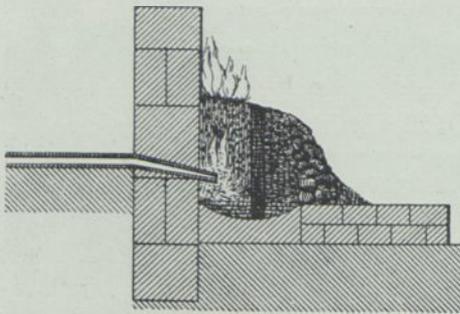


Abb. 36. Korsikaschmiede.

Nach T. de Coudray: Beschreibung der Eisen-Manipulation auf der Insel Corsika. Leipzig 1786, Taf. 2.

eingestelltes Blech. Auf der Formseite wurde weiter Holzkohle eingetragen, und diese wurde auf der Oberfläche festgeschlagen, damit der Wind nicht hindurch konnte. Auf der gegenüberliegenden „Gichtseite“ wurde nun das Erz eingesetzt, und gleichzeitig wurden auf der anderen Seite weiter Kohlen nachgefüllt, bis der Ofen voll war. In dem Maße, wie die Beschickung heruntersank, gab man auf der Gichtseite angefeuchteten Erzschlamm und auf der Formseite Kohlen nach. Nach sechs Stunden war die Luppe bis an das Formmaul gewachsen,

man hob sie mit einer eisernen Brechstange durch das Schlackenloch in die Höhe und zog sie mit Hilfe von Brechstangen und Haken aus dem Ofen, wobei alle Arbeiter halfen. Jede Schmelze lieferte 150 kg Stabeisen bei einem Verbrauch von 340 % Holzkohle und einem Ausbringen aus dem Erz von 31 %.

STÜCKÖFEN

Die Schachtöfen hießen im Mittelalter nach dem darin erblasenen „Stück“ oder „Wolf“ Stücköfen oder Wolfsöfen. Wir beginnen mit den einfachsten Stücköfen,

den uralten nordischen Bauernöfen. Diese hatten sich in manchen Gegenden bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts erhalten und sollen heute noch in Finnland benutzt werden. Ihre Geschichte reicht bis vor die Zeit der Kultivierung der nordischen Länder durch die Hansen zurück.

Wie Abb. 38 zeigt, waren die Öfen in eine Holzverzimierung eingebaut, und zwar wurden sie vielfach an einen Abhang angelehnt, so daß man sie nur von drei Seiten zu umfassen brauchte. Man legte zuerst den Bodenstein und

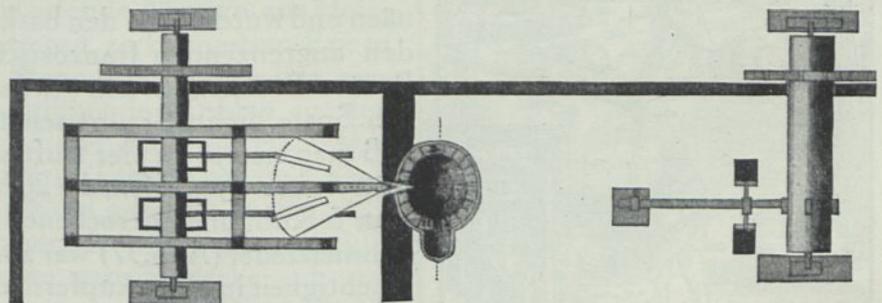
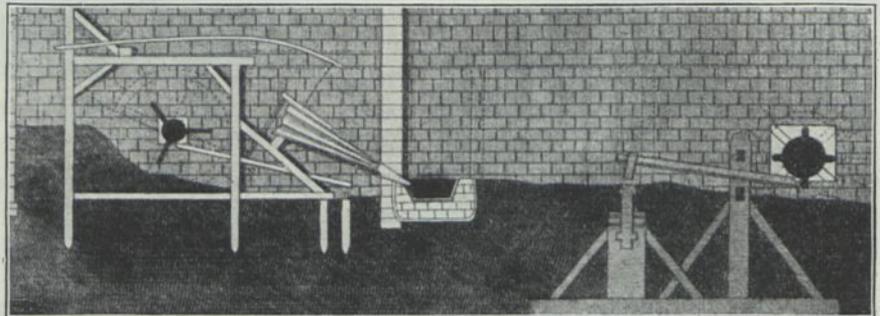


Abb. 37. Katalanschmiede. Schnitt und Grundriß.

Nach Courtivron et Bouchu: Art des forges . . . Description des arts et métiers. Paris 1761, Taf. 6.

nur von drei Seiten zu umfassen brauchte. Man legte zuerst den Bodenstein und

führte dann die Wände aus Stein und Lehm hoch. Die Form lag wagrecht, und zwar etwas über dem Bodenstein, auf den man beim Schmelzen noch einen losen Stein legte, der mit der Unterkante der Form abschnitt. Die Bälge der größeren Öfen wurden in späterer Zeit von Wasserrädern angetrieben, bei kleinen Öfen benutzte man Tretgebläse. Oft trat die Frau des Eisenschmelzers die Bälge und verdiente während der Arbeit durch Spinnen auch noch mit ihren Händen Geld.

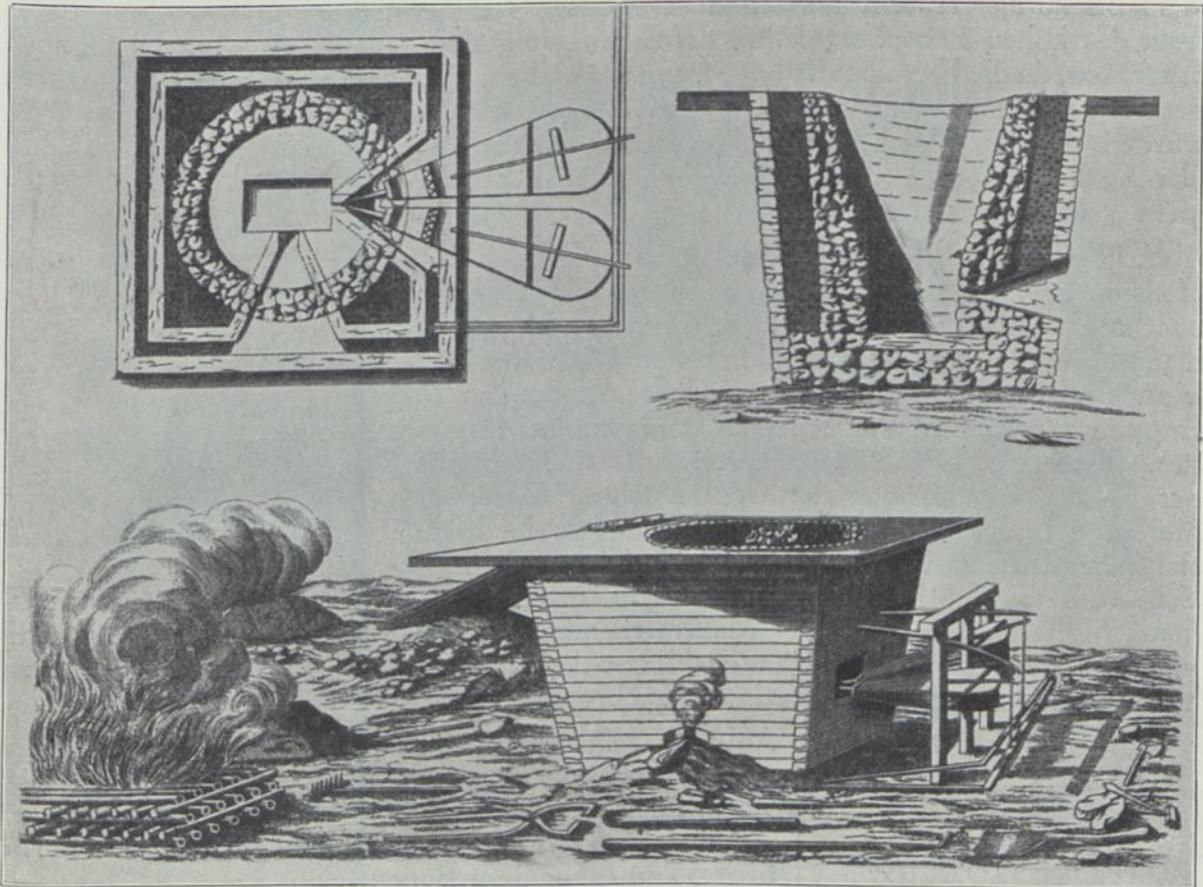


Abb. 38. Nordischer Bauernofen.

Nach E. Svedenborg: De Ferro. Dresden 1734, Taf. 8, 9, 10.

Eigenartig ist, daß man in diesen Öfen nur mit Holz arbeitete oder, richtiger gesagt, daß man die Verkohlung des Holzes in dem Ofen selbst vornahm und diesen gleichzeitig dadurch anwärmte. Man füllte den Ofen, indem man rings um die Wand herum Spaltholz legte und in der Mitte einen Quandelschacht freiließ. Über dem Ofen stapelte man das Holz noch etwa 1 m hoch auf und zündete es dann von oben an. Wenn das Holz genügend verkohlt war, drückte man die glühenden Kohlen nach der Mitte zusammen. Man gab nun an den Rändern Erz auf. Sobald dieses rot gebrannt war, schob man es in die Mitte und gab am Rande frisches Erz auf. Nun begann man zu blasen, die Beschickung sank in der Mitte zusammen, und man schob fortwährend

Erz und Kohlen nach. Zum Schlusse schaffte man die an den Wänden hängenden Erz- und Kohlenteile nach der Mitte und blies den Ofen aus. Die Luppe wurde mit einer Zange gefaßt, mit Holzschlegeln auf einem großen Stein verdichtet und mit einer Axt in zwei Stücke zerlegt. Inzwischen reinigte man den Ofen und begann sogleich eine neue Schmelzung. Drei Schmelzer konnten an einem Tag 5 bis 6 Luppen von je 15 bis 20 kg Gewicht herstellen. Das Eisen war trotz des hohen Phosphorgehaltes der Erze recht gut brauchbar, da die Fremdstoffe bei der niedrigen Temperatur der alten Öfen nur zum kleinsten Teil reduziert wurden. Es führte den Namen Osemund. Die Erklärung des Wortes ist trotz vieler Bemühungen bisher nicht gelungen.

Abb. 39 gibt das Bild eines mittelalterlichen Stückofens wieder, das zwar nicht ganz richtig, aber doch beachtenswert ist. Der Stückofen ist viereckig gemauert, wie es in der Frühzeit üblich war. Die „Ofenbrust“ ist geschlossen und wird zum Herausholen der Luppe aufgebrochen. Vor dem Ofen ist ein Schlackentümpel sichtbar. Die Bälge stehen auf der Rückseite der Mauer, an die sich der Ofen anlehnt. Unter diesem befindet sich ein in der Zeichnung nicht sichtbarer Abzug für die Bodenfeuchtigkeit. Die Erze werden in Körben aufgegichtet, nachdem sie auf dem „Möllerhauen“ (Moll = Maulwurf) gemischt (gattiert) sind. Die Luppe wird mit den vor dem Ofen liegenden Holzschlegeln verdichtet und dann unter dem Wasserhammer mit dem Setzeisen zerschroten.



Abb. 39. Stückofenbetrieb, 16. Jahrhundert. Nach G. Agricola a. a. O., S. 341.

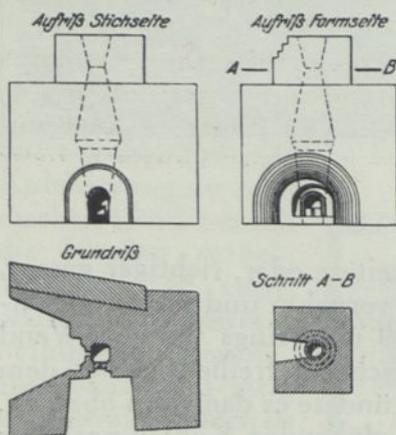


Abb. 40. Schmalkaldener Stückofen.

Nach J. C. Quantz: Praktische Abhandlung über die Eisen- und Stahlmanipulation in der Herrschaft Schmalkalden. Nürnberg 1799, Taf. 1.

Abb. 40 zeigt einen Schmalkaldener Stückofen mit der charakteristischen Doppelkegelgestalt; er ist 3,6 m hoch, seine Weite beträgt in der Mitte 1,25 m, am Boden 75 cm und an der Gicht 45 cm. Die Form liegt 35 cm über dem Boden.

Am längsten hat sich der Stückofenbetrieb in Steiermark erhalten, wo sich diese Technik am höchsten entwickelt hat. Die dortigen „Blauöfen“, d. h. Pla = Blasöfen, waren die größten Öfen des Mittelalters, sie waren 4 bis 6 m hoch, oben 50 bis 60 cm und unten 1,2 × 1,5 m weit. Die Bälge bliesen von der Brustseite in den Ofen (Abb. 41, 42) und mußten beim Ausziehen der Luppe entfernt werden. Die Öfen waren mit einem hohen Kamin überbaut. Außer Öfen mit diesem unten erweiterten Ofenprofil wurden auch solche mit Doppelkegelprofil nach der Art der Schmalkaldener

benutzt. Man verschmolz gerösteten Spat, den man vor dem Verhütten einige Jahre an der Luft reifen ließ. Eine Schmelzung dauerte 12 bis 18 Stunden und ergab ein „Maß“ (= Massa) von 300 bis 900 kg. Zum Herausziehen desselben rief man die ganze männliche Bevölkerung des Dorfes zur Hilfe. Auch schlug man Ketten um die Radwelle und hakte die Luppe daran fest. Dann schlugen sie zwei Arbeiter mit Beilen in der Mitte bis zur Hälfte durch, worauf man sie mit Keilen auseinander trieb. Inzwischen besserte man den Ofen aus, indem man Gestübbe auf den Boden festschlug, legte eine neue Windform ein, die nur aus einem durchbohrten Tonziegel bestand, und mauerte die Ofenbrust wieder zu. Die Arbeiter mußten jede

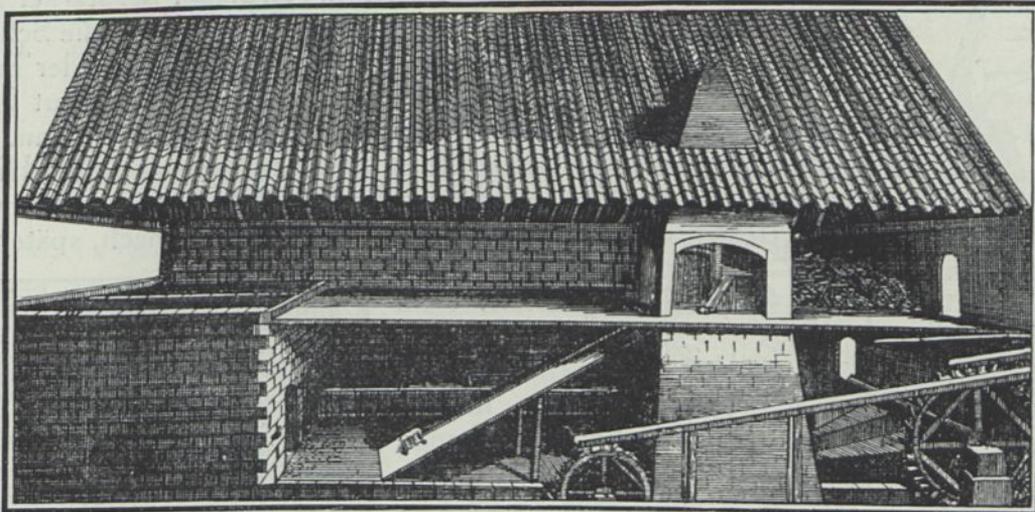


Abb. 41. Steirischer Stückofen. Ansicht.
Nach Courtivron et Bouchu a. a. O., Taf. 8.

Woche sieben „Stück“ machen, wobei die Öfen von Montag früh bis Samstag abend in Betrieb waren. Das Ausbringen betrug 39%, wobei eine Schlacke mit 30% Eisen entfiel. Der Kohlenverbrauch stellte sich auf etwa 250%.

Interessant ist die gleichzeitige Entstehung von hochgekohltem, flüssigem Eisen infolge der in den großen Stücköfen herrschenden hohen Temperatur. Es floß mit der Schlacke ab oder tropfte beim Verdichten der Luppe aus. Es führte in Steiermark den Namen Graglach (Lach = Schlacke). Die Erzeugung an Graglach betrug 30 bis 35% der Gesamterzeugung.

STAHLERZEUGUNG

Auch im Mittelalter wurde der Stahl in erster Linie unmittelbar aus dem Erz hergestellt („natürlicher Stahl“), indem man das Feuer heißer gehen ließ und vorsichtiger blies, um eine stärkere Reduktion und Kohlung zu erzielen. Das wichtigste Mittel war die Verwendung manganreicher „Stahlerze“, auf deren Vorkommen die Stahlfabrikation von Steiermark, Schmalkalden und Siegen beruht.

Wenn man in den nordischen Bauernöfen Stahl herstellen wollte, ließ man den Ofen erst drei bis vier Tage auf Eisen gehen, damit er gehörig durchgewärmt war. Zum Stahl-

schmelzen nahm man den auf dem Boden liegenden Stein fort, damit die Luppe nicht vom Winde getroffen und dadurch entkohlt wurde. Auch steckte man durch die Form eine Stange mit dickem Kopf, den sogenannten Formlöffel, um den Windstrom zu verteilen und ihm seine Schärfe zu nehmen. Beim Betriebe achtete man auf eine bessere Verkohlung des Holzes und gab leichtere Sätze. Ferner gab man reichlich Sand auf, um eine dünnflüssige Schlacke zu erzielen, die man dauernd über der Luppe stehen ließ. Beim Ausschmieden der Stahlluppe warf man trockenen Sand auf.

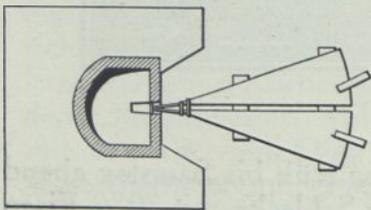
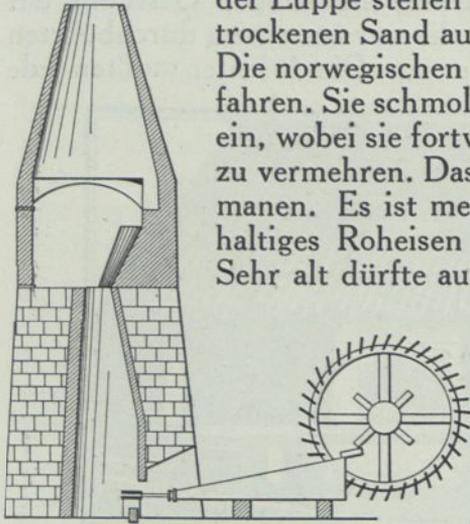


Abb. 42. Steirischer Stückofen.

Schnitt und Grundriß.

Nach Courtivron et Bouchu a. a. O., Taf. 8.

Die norwegischen Bauern benutzten ein indirektes Stahlerzeugungsverfahren. Sie schmolzen Osemundstangen im Herdfeuer bei starker Hitze ein, wobei sie fortwährend Sand auf das Feuer warfen, um die Schlacke zu vermehren. Das Verfahren erinnert an die Stahlbereitung der Turkomanen. Es ist merkwürdig, daß man im Herdfeuer ebensogut kohlehaltiges Roheisen entkohlen wie Schmiedeisen aufkohlen kann.

Sehr alt dürfte auch die Brescianer Stahlschmiede sein. Hierbei

schmolz man ein hochgekohltes Eisen, und zwar in früherer Zeit wahrscheinlich Graglach, später aber

das Roheisen der Hochöfen, im Herd möglichst gar ein und tauchte in das Bad glühende Eisenluppen von etwa 15 kg Gewicht. Die Luppen wurden dann unter dem

Hammer ausgeschmiedet. Das Bad wurde dauernd durch Zu-

satz von Roheisen ergänzt und war schließlich selbst so weit entkohlt, daß es zu einer Stahlstange ausgeschmiedet werden konnte. Abb. 43 zeigt eine Stahlhütte des Mittelalters. Der Schmelzer schreckt die glühenden Stahlstangen in Wasser ab, um sie nach dem Bruchaussehen zu sortieren.

Die als Einsatzhärtung bekannte oberflächliche Kohlung des Eisens, besonders durch stickstoffhaltige Stoffe, wurde im Mittelalter viel benutzt, beispielsweise zur Härtung der Feilen. Bei der Wahl der Härtemittel spielte viel Aberglauben mit. Von manchen Verfahren kann man sagen, daß man „nach unendlichen Rezepten das Widrige zusammengieß“.



Abb. 43. Mittelalterliche Stahlhütte.

Nach G. Agricola a. a. O., S. 343.

HAMMERWERKE

Das Ausschmieden der Luppen oder Luppenstücke („Deule“) erfolgte entweder auf den „Massenhütten“ oder in getrennt davon liegenden „Hämmern“. Diese Arbeitsteilung entsprach nicht nur dem mittelalterlichen Grundsatz, höchste Leistung durch

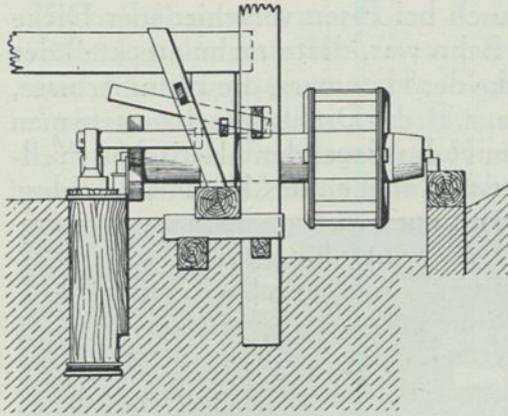


Abb. 44. Aufwerfhammer.

Nach C. J. B. Karsten: Eisenhüttenkunde, 3. Aufl. Atlas, Berlin 1841, Taf. 28.

Beschränkung des einzelnen auf ein enges Arbeitsgebiet zu erzielen, sondern war auch durch die Schwierigkeit der Kohlenbeschaffung und durch die schwachen Wasserkräfte, die man benutzte, geboten. Zum Verdichten der Luppen dienten Aufwerfhammer mit einem Bärgewicht von 500 bis 1600 kg (Abb. 44). Der Hammerstiel (Helm) bestand aus Eichenholz, das zu seiner Konservierung im Hammerteich schwimmend aufbewahrt wurde. Er war mit einem geschmiedeten oder in späterer Zeit auch mit einem gegossenen Ring mit zwei seitlichen Warzen in Hülsen gelagert, die im Hammergerüst saßen und herausgenommen wurden, wenn man einen Hammer mit anderer Bahn einlegen mußte. Auf halber Länge trug

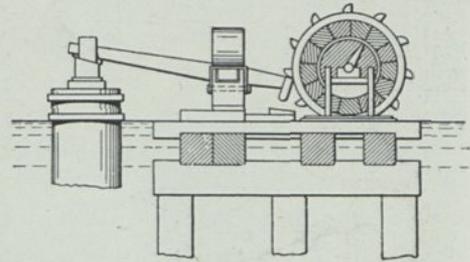


Abb. 45. Schwanzhammer.

Nach C. J. B. Karsten: Eisenhüttenkunde, 2. Aufl. 4. Teil, Berlin 1828, Taf. 2.

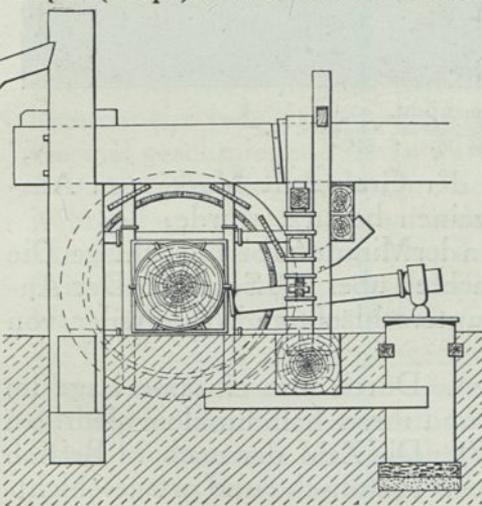


Abb. 46. Osemundhammer.

Nach C. J. B. Karsten: Eisenhüttenkunde, 3. Aufl. Atlas, Berlin 1841, Taf. 34.

der Helm einen eisernen Ring, unter den die Hebedaumen (Frösche) der parallel mit dem Helm liegenden Radwelle faßten. Diese warfen den Helm gegen den darüber angebrachten elastischen Prellbalken, den Reitel. Der Amboß war in einen mit Eisenbändern gefaßten Hammerstock eingelassen, der „Schabotte“ heißt. Das Wort ist wahrscheinlich eine Entstellung vom lateinischen Caput (Kopf). Die Schabotte ruhte auf einer Balkenlage, unter der sich gewöhnlich noch eine Steinpackung befand, und wurde auch durch eine Steinpackung gegen seitliches Ausweichen gesichert. Bei den Katalanfeuern dienten Granitblöcke von mehreren tausend Kilogramm als Amboß.

Die leichteren, raschschlagenden Hämmer, die zum Ausschmieden benutzt wurden, waren gewöhnlich als Schwanzhammer (Abb. 45) gebaut. Bei diesen war der Helm in der Mitte gelagert. Am Schwanzende trug er einen eisernen Ring, den die Frösche der Radwelle niederdrückten. Der Ring hatte unten eine Verstärkung, den Prellhammer, mit dem der Helm infolge des Schwunges gegen einen in den Boden eingelassenen Prellbock stieß. Beim Schlagen wurde das Gerüst in der Weise in Anspruch genommen, daß sich der Drehpunkt des

Hammerhelms nach oben hin zu bewegen versuchte. Dieser mußte deshalb durch eine schwere Balkenkonstruktion heruntergedrückt werden. Hierzu diente der über dem Hammerhelm liegende „Drambalken“, der in die „Dramsäulen“ eingezapft war. Zum Verdichten der Luppen benutzte man eine breite und zum Ausschmieden eine schmale Hammerbahn. Diese verlief quer zum Helm, um auch bei Eisen verschiedener Dicke parallele Oberflächen zu erzielen. Je schmaler die Bahn war, desto mehr „reckte“ der Hammer, desto mehr waren aber auch die Eindrücke des Hammers, die Hammerbisse, auf dem Eisen sichtbar. Zum Recken langer Stangen, z. B. der Drahtzaine, benutzte man Hämmer, die statt des Prellklotzes einen über dem Helm liegenden elastischen Prellbalken, den Reitel, hatten, gegen den der Helm beim Anheben des Hammers schlug.



Abb. 47. Altes Hammerwerk. Innenansicht.
 Rohstahlhammer in Milspe, im Besitz der Firma F. & M. Springorum, Schwelm i. W.
 Nach F. Springorum in „Stahl und Eisen“ 44 (1924), S. 844.

Abb. 46 zeigt einen solchen Hammer, wie er in der Grafschaft Mark zum Ausschmieden des schwedischen Osemunds zu Drahtzainen benutzt wurde. Schwere Schwanzhämmer wogen 300 kg und machten in der Minute 60 bis 120 Schläge. Die leichten Zainhämmer wogen nur 70 bis 80 kg und machten über 200 Schläge. Der Antrieb der leichten Hämmer erfolgte durch kleine unterschlächtige Wasserräder von 2 m Durchmesser.

Manche alten „Hammermühlen“ sind noch erhalten. Durch ihre einsame Lage im kühlen Grunde, mit ihren bemoosten Radstuben und ihren halbdunklen niedrigen Schmieden bieten sie ein malerisches Bild (Abb. 47). Die Zahl der noch in Betrieb befindlichen Hämmer geht leider immer mehr zurück. Technische und ortsgeschichtliche Vereine mögen dafür sorgen, daß wenigstens die heute noch vorhandenen unberührt erhalten bleiben.

HERSTELLUNG UND VERWENDUNG DER BLECHE

Im Altertum wurden die Bleche nur von Hand ausgeschmiedet. Die ersten „Blechhammermühlen“ stammen aus dem 14. Jahrhundert. Zum Blechschmieden brauchte man zwei Hämmer, einen Urwellhammer mit schmaler Bahn von 5 cm Breite bei 25 cm Länge und gewölbter Amboßfläche und einen Breithammer mit schwach gewölbter Bahn von 20×20 cm Fläche mit einem 35×35 cm großen Amboß.

Zuerst schlug man von den Eisenstangen Enden (Kölbchen) ab und breitete diese einseitig auf etwa 9 cm Breite aus. Diese sogenannten Urwellstürze wurden in der folgenden Schicht auf der anderen Seite ausgearbeitet und dann in der Mitte von Hand zusammengeschlagen. Sie hießen nun fertige Stürze. Man legte ein Paar Stürze aufeinander, erwärmte das Saumende und breitete die Stürze auf dieser Seite vorsichtig auf 15 bis 18 cm aus. Dann faßte man die Stürze von der anderen Seite und breitete sie auch auf dieser Seite aus, was man das „Gleichen“ nannte. Jetzt hatten die Stürze eine Länge von etwa 30 cm und eine gleichmäßige Breite von 15 bis 18 cm. Die Stürze wurden nun in den „Hahnenbrei“ getaucht, eine dünne, mit Kreide und Kohlenstaub verrührte Tonbrühe, um ein Zusammenschweißen zu verhindern, und zu je 50 Stück, einer „Zange“, aufeinandergelegt. Zum Ausglühen legte man den Stapel von vier Zangen, die „Zeche“, auf Brechstangen in den Schmiedeherd und überschüttete ihn ringsum mit Kohlen. Mittlerweile legte man den Breithammer ein. Jede Zange wurde drei- bis viermal geschmiedet. Hierzu waren zwei Arbeiter erforderlich, da der Pack fortwährend unter dem Hammer gedreht oder verschoben werden mußte, damit der Hammer alle Stellen gleichmäßig traf. Zur Erleichterung der Arbeit hatte der Amboß auf jeder Seite einen im Hammerstock befestigten Winkel, den „Knecht“, auf dem der Pack ruhte. Nach jedem Schmieden wurden die „Zangen“ auseinandergenommen, um zu sehen, ob die Bleche auch zusammengeschweißt waren, und anders geordnet, da sich die inneren Bleche mehr dehnten als die äußeren, weil sie länger warm blieben. Zum Schluß wurden die Bleche beschnitten und mit langsamen Hammerschlägen geebnet (abgerichtet). Darauf folgte noch ein Abrichten von Hand mit einem Holzhammer. Außer Sturzblech fertigte man noch das doppelt so starke Bodenblech und verschiedene Sorten Pfannenbleche an. Von letzteren war das Salzpfannenblech die schwerste Sorte. Die Blechschmiederei blühte besonders in der Oberpfalz.



Abb. 48. Kesselhaube, aus einem Stück getrieben.

14. Jahrhundert. Staatl. Zeughaus, Berlin.

Schon im Altertum verzinnete man fertige Stücke durch Eintauchen oder Bestreichen mit geschmolzenem Zinn. Die Erfindung des Weißblechs ist in das 14. Jahrhundert zu verlegen und scheint in Nürnberg oder in Wunsiedel im Fichtelgebirge gemacht worden zu sein. Später blühte diese Technik besonders in der Oberpfalz und in Sachsen. Das Zinn kam aus dem benachbarten Erzgebirge. Damit das Zinn gut haftete, wurden die Bleche zuerst gebeizt. Die Beize bestand aus zerschrotetem Roggen, der unter Zusatz von Sauerteig durch Stehenlassen in einem warmen Gewölbe in saure Gärung übergegangen war. Die Bleche wurden zuerst mit alter und dann mit frischer Beize behandelt. Die eisernen Zinnpfannen hatten 0,5 m Länge, 0,4 m Breite und 0,5 m Tiefe und waren in der späteren Zeit gegossen. Die Bleche wurden dreimal in das mit Talg bedeckte Zinnbad eingetaucht und kamen dann in den sogenannten Schwarzwischkasten, wo sie mit Sägespänen und alten Lumpen abgewischt wurden. Dann wurde die beim Abfließen des Zinns gebildete Tropfkante auf einer erhitzten Platte oder durch Eintauchen in eine Pfanne mit flüssigem Zinn abgeschmolzen und der Rand mit Moos abgewischt. Nach diesem „Abwerfen“ kamen die Bleche in den Trockenofen und dann in den Weißwischkasten, worin sie mit einem Gemenge von Schlämmkreide, Kleie und Werg geputzt und poliert wurden. Zum Schluß wurden sie nochmals abgewischt („überfahren“) und bundweise mit einem Holzschlegel auf dem „Klopfstock“ geklopft, um die Beulen auszugleichen. Die Weißbleche kamen in Fässer verpackt in den Handel.

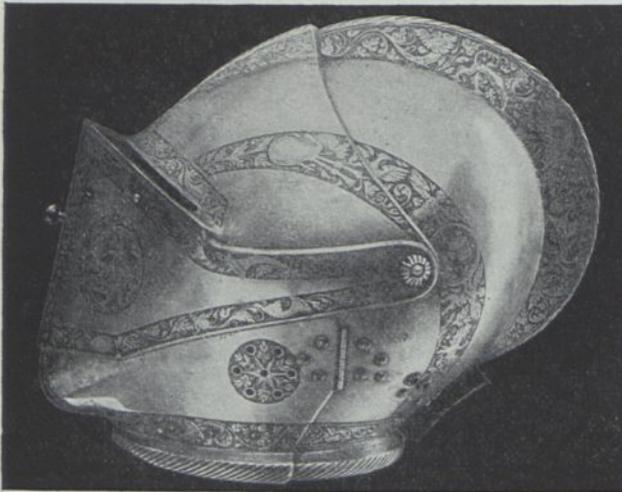


Abb. 49. Burgunderhelm.
Mitte des 16. Jahrhunderts. Staatl. Zeughaus, Berlin.

Außer zum Schmieden der Pfannen und Kessel diente das Blech auch zur Herstellung der Schutz Waffen. Hierzu benutzte man wahrscheinlich ein Blech, das aus abwechselnden Lagen Stahl und weichem Eisen zusammengeschweißt war. Berühmt waren die in Rottenmann aus Vordernberger Stahl hergestellten „Harnischblätter“. Die Helme wurden zuerst zusammengenietet, später wurde die Nietung immer mehr durch die festere Treibarbeit ersetzt. Schon im 14. Jahrhundert verstand man es, die schweren Kesselhauben aus einem Stück zu treiben (Abb. 48). Den Höhepunkt erreichte die Technik, als man im 15. Jahrhundert zu den leichteren, aus einem Stück getriebenen Visierhelmen überging. Abb. 49 zeigt einen sogenannten Burgunderhelm aus der Mitte des 16. Jahrhunderts. Damals wurden die blanken Rüstungen durch die getriebenen und schwarz geätzten verdrängt. Das Treiben erfolgte von Hand von innen heraus auf einer Bleiunterlage nach den auf der Rückseite eingeritzten Zeichnungen. Dann wurden die Darstellungen von der Vorderseite aus nachgehämmert, um die Umrisse herauszuarbeiten. Zum Schlusse folgte die Ätzung. Die Plattnerie entwickelte sich, als man in der Zeit der Kreuzzüge begann, die Schuppen- und Ringelpanzer durch angenietete Blechplatten zu verstärken. Daraus

entstanden die vollständigen Plattenrüstungen, deren anmutige Formen und herrliche Schmiedearbeiten immer beispiellos dastehen werden. Abb. 50 zeigt einen blanken Harnisch Nürnberger Arbeit aus der Zeit Kaiser Maximilians, der mit Helm nur 15 kg wiegt. Die Rüstung ist gotisch in der Ornamentierung, ganz geschlossen und an allen Beugstellen kunstvoll geschoben. Diese Eisen- schmiedearbeiten können sich mit den besten Arbeiten der damaligen Goldschmiede messen, in technischer Hinsicht aber sind sie ihnen überlegen, da die Bearbeitung der Stahl- bleche weit größere Fertigkeit verlangt als das Austreiben der dehnbaren Edelmetalle.

Die Plattnerie blühte besonders in den süddeutschen Städten. Mit Augsburg, Nürnberg und Ulm konnte nur noch Mailand wetteifern. Außer Anton Pfefferhäuser seien als berühmte Plattner erwähnt Desiderius Kolman, welcher aus der altberühmten Augsburger Plattnerfamilie Helm- schmied stammte, Wilhelm von Worms und Hans Grunewald in Nürnberg, Wilhelm Seusen- hofer in Innsbruck und Franz Großschädel in Landshut.

Der Fingerhüter



*Auß Messing mach ich Fingerhüt/
Blechweiß / werden im Feuer glüt/
Denn in das Eisen glenck getriebl/
Darnach löchlein darein gebiebl/
Gar mancherly art / eng vnd weit/
Für Schusser vnd Schneider bereit/
Für Seidensticker vnd Näterin/
Des Handwerks ich ein Meister bin.*

Abb. 51.

Der Fingerhüter bei der Arbeit.

Aus Jost Ammans Stände und Hand-
werker. Frankfurt a. M. 1568. Neudruck
München 1884.

die Hüte in einem Gesenk aus, während der Meister die kleinen Vertiefungen auf dem Amboß einschlägt.



Abb. 50. Harnisch Kaiser Maximilians.
Nach: Die Waffensammlung d. österr. Kaiserhauses
im K. K. Artillerie-Arsenal-Museum in Wien.

Herausgegeben von
Quirin Lechner, Wien 1866-1870, Taf. 1.

Berühmte Künstler, wie Albrecht Dürer, Hans Baldung-
Grien und die Burgkmair, zeichneten die Entwürfe zu den
Rüstungen und Ätzmalereien. Augsburger Rüstungen
gingen in die fernsten Länder und waren ein begehrter
Ausfuhrgegenstand.

Durch die Habsburger kam manche schöne Rüstung nach
Spanien; noch heute sieht man herrliche deutsche Arbeiten
in der Armeria Reale in Madrid. Philipp II. bezahlte bei-
spielsweise einmal an Desiderius Kolman für eine Rüstung
9000 Mark. Die Freude der damaligen Zeit an schönen
Rüstungen geht daraus hervor, daß Kaiser Karl V. seine
Rüstungen mitnahm, als er sich ins Kloster zurückzog.

Zum Schlusse sei noch ein alter Zweig der Blechverarbei-
tung erwähnt, die Fingerhutfabrikation. Abb. 51
zeigt den Fingerhüter bei der Arbeit. Der Gehilfe treibt

HERSTELLUNG UND VERWENDUNG DES DRAHTES

Die ersten Drähte wurden mit dem Hammer geschmiedet. So heißt es in der Bibel von der Anfertigung der hohenpriesterlichen Gewänder für Aaron (2. Mos. 39, Vers 3): „Er schlug das Gold und schnitt es in Fäden, daß man es künstlich wirken konnte unter die gelbe Seide.“ Als Hephäst das kunstreiche Netz um Ares und Aphrodite zu

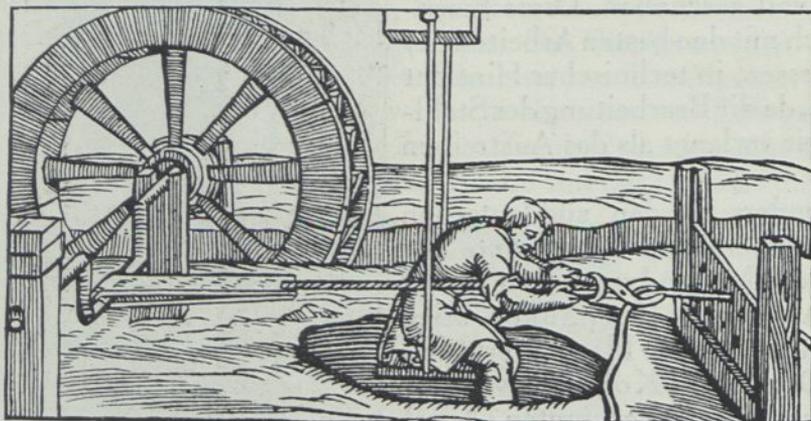


Abb. 52. Drahtzieher auf der Schiebebank in der Drahtmühle.
Um 1500. Nach V. Biringuccio a. a. O., S. 140 r.

schlingen gedachte, ging er zu seiner Esse, nahm Hammer und Amboß und schmiedete das Netz so fein wie Spinnewebe. Noch im 9. und 10. Jahrhundert ist nur von „Drahtschmieden“ die Rede, und erst nach Erfindung des Zieheisens sprach man von „Drahtziehern“. Die Drahtfabrikation entwickelte sich zuerst in Westfalen, besonders um Iserlohn, dem Sitze der „uralten und ehrwürdigen“ Panzererzunft, wo die Bauern, nur mit einem Zieheisen und wenig Werkzeug versehen, den Draht im Nebenerwerb herstellten. Der Zieher setzte sich auf eine Art Schaukel oder auf ein Brett, dessen eines Ende in einer Öse beweglich war, während das andere an einer unter dem Dach befindlichen Kette hing. Dann steckte er den mit Hammer und Feile zugespitzten Draht durch das Zieheisen, das in einer in den Boden eingelassenen Bank befestigt war, und faßte das durchgesteckte Ende mit der Zange. Nun stemmte er die Füße gegen die Bank und warf den Körper auf der Schaukel zurück. So zog er den Draht mit jedem Ruck 25 bis 30 cm vor, wobei er jedesmal mit der Zange nachgriff. Das Verfahren war mühsam und langwierig, aber durch die kurzen Züge riß der Draht nicht so leicht wie bei dem später üblichen Verfahren. Allerdings bekam er bei jedem Nachgreifen mit der Zange einen Zangenbiß. Die erste Anwendung der Wasserkraft zum Drahtziehen fällt in die erste Hälfte des 14. Jahrhunderts und wird einem Nürnberger Meister Rudolf zugeschrieben. Bereits im Jahre 1351 wird in Augsburg ein „Konrad Drahtmüller von der Drahtmühle“ erwähnt, und wenig später läßt sich die Drahtmühle auch für Nürnberg nachweisen, wo die Drahtzieherei in der späteren Zeit besonders blühte. Wie Abb. 52 zeigt, bestand der Fortschritt darin, daß

er zu seiner Esse, nahm Hammer und Amboß und schmiedete das Netz so fein wie Spinnewebe. Noch im 9. und 10. Jahrhundert ist nur von „Drahtschmieden“ die Rede, und erst nach Erfindung des Zieheisens sprach man von „Drahtziehern“. Die Drahtfabrikation entwickelte sich zuerst in Westfalen, besonders um Iserlohn, dem Sitze der

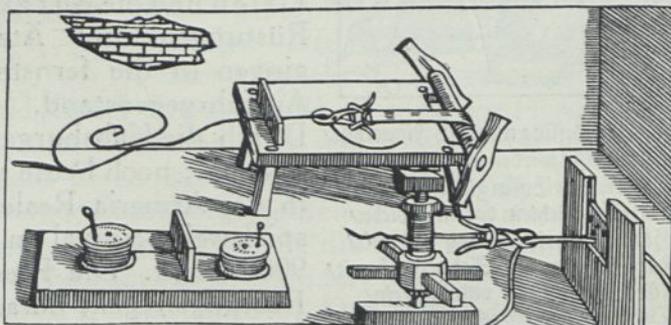


Abb. 53. Drahtziehbänke.
Nach V. Biringuccio a. a. O., S. 140 r.

das Rad dem Zieher die Arbeit abnahm, den Draht durch das Loch zu ziehen. Das Nachgreifen mit der Zange erfolgte nach wie vor von Hand.

Eine poetische Schilderung der Nürnberger Drahtmühlen gibt der berühmte Humanist Eobanus Hessus in seiner Urbs Norimbergia vom Jahre 1532. Er schildert, wie die Zangen „gleich Drachenköpfen vorschnellen und zurückweichen, dabei drängen sie sich eilig, in immer erneuten Angriffen kämpfend, wie wenn es sich beiderseits um das Leben und nicht um Eisen handle. So packen sie mit raschen Bissen das rohe Eisen, glätten es zu rundlichem Draht, der aus dem Schlangenmaul genommen in tausend Krümmungen gewunden wird. — Welcher Gott, welcher wunderbare Zufall hat uns diese Kunst gezeigt? Nicht war es ein Thrazier, nicht ein Kreter, noch Italer, der durch seinen Verstand es offenbarte und jene Kunst zu menschlicher Verwendung uns geschenkt hat, sondern ein Deutscher war es, ein Nürnberger.“

Ein Fortschritt waren die Schleppzüge, bei denen die Zangen mit einer Haspel gezogen wurden (Abb. 53). Der Zug war gleichmäßiger, und seine Länge konnte dem Werkstoff angepaßt werden. Schleppzüge waren besonders bei dünnem Draht in Anwendung, der längere Züge verträgt, ohne zu reißen. Die Drahtrollen (Abb. 53 links) endlich entsprechen unseren heutigen Ziehbänken und wurden, wenigstens für Messing- und Edelmetalldraht, schon im Mittelalter benutzt. In der Herstellung feiner Drahtsorten aus Gold und Silber waren Italien und Frankreich überlegen. Von dort kam diese Technik auch nach Nürnberg. Im Sauerland blieb die Drahtzieherei noch lange auf ihrer bäuerlichen Stufe stehen. Man kannte dort nur Grob- und Kleinzögerbänke und schickte den Mitteldraht

zum feineren Zuge von Altena nach Aachen. Aachen beherrschte lange Zeit den Markt mit Stahldraht, und erst im Anfang des 17. Jahrhunderts wurde das Ziehen des Kratzendrahtes durch Aachener Drahtzieher nach Iserlohn verpflanzt.

Das wichtigste Werkzeug des Drahtziehers ist das Zieheisen, das aus hochgekohltem Stahl bestehen muß. Zu seiner Herstellung bediente man sich in der Mark eines



Abb. 54. Panzerhemd.
13. Jahrhundert. Staatl. Zeughaus, Berlin.

eigentümlichen Verfahrens, durch das man lange vor der Erfindung der Gußstahlfabrikation eine Art Gußstahl erzeugte. Man schmiedete zuerst ein Eisenkästchen von 36 cm Länge, 9 cm Breite, 3 cm Randhöhe und 0,50 cm Wandstärke. In dieses Kästchen setzte man Stücke von sehr hartem, sogenanntem „wildem“ Stahl oder von weißem Roheisen ein und streute Borax darüber. Das möglichst dichtgefüllte Kästchen wurde mit Leinwand umwickelt, die in dickes Lehmwasser eingetaucht war, und dann im Schmiedefeuer so stark erhitzt, daß der Stahl oder das Roheisen flüssig wurde. Wenn der Inhalt des Kästchens vollständig durchweicht war, schmiedete man das Ganze auf doppelte Länge aus und ließ es sehr langsam erkalten. Beim

Der Nadler.



*Ich mach Nadel auß Eysendrat
Schneid die leng jeder gattung glatt/
Darnach ichs feyl / mach öhr vnd spitzn/
Alsdann hert ichs ins Feuers hijn/
Darnach sind sie feil / zu verkauffn/
Die Krämer holen sie mit hauffn/
Auch grobe Nadel neiffen hijn/
Die Ballenbinder vnd Beurvin.*

Abb. 55. Nadelwerkstatt.
Aus Jost Ammans Stände und Handwerker.
Frankfurt a. M. 1568. Neudruck München 1884.

Nadlerzunft wird in Nürnberg bereits im Jahre 1370 erwähnt. Zur Herstellung der Nähadeln schnitt man ein Stück Draht mit der Schere ab, spitzte es an einem Ende an und schlug es am anderen Ende flach. In das abgeplattete Ende wurde in der Längsrichtung ein Spalt eingehauen, den man dann vorn wieder zusammenschlug. Dieser Spalt diente zum Einklemmen des Fadens. Solche Nadeln hießen Glufen (Abb.55). Bis gegen Ende des 16. Jahrhunderts versorgten Nürnberg und Schwabach fast die ganze Welt mit Nadeln. Die ersten Nadeln, bei denen die Öhre in das abgeplattete Ende gebohrt und dann mit einer kleinen spitzen Feile, der Fitzfeile, länglich gefeilt waren, scheinen in den Niederlanden gemacht zu sein. 1520 kam die Fabrikation dieser „spanischen Nadeln“ von dort nach Aachen. Stahldraht wurde im Mittelalter auch zur Herstellung von Musikinstrumenten benutzt.

Durchschlagen des Ziehloches mit einem Dorn nahm man die Stahlseite nach unten und bildete den Ziehtrichter auf der oberen weicheren Eisenseite aus, so daß die besonders beanspruchte Stelle des Zieheisens dort lag, wo das Material am härtesten war. Heute geht man im Bergischen Land von steirischem Roheisen aus, schmelzt es oxydierend ein und erhält so einen kohlenstoffreichen Stahl, den man nach dem Durchschmieden glüht und sehr langsam erkalten läßt. Das Material zeigt überraschende Weichheit bei größter Verschleißfestigkeit. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß es aus körnigem Perlit besteht. Große Zementitkristalle begrenzen die Wände des Ziehloches und verleihen diesem seine Härte. Dieses Gefüge gestattet, die Ziehlöcher beliebig nachzustemmen.

Der Draht wurde im früheren Mittelalter besonders zur Herstellung der Panzerhemden benutzt (Abb.54). Die Ringelpanzerschmiede (Sarworchten, Salwirte) bildeten in vielen deutschen Städten, besonders in Köln und Nürnberg, eine große und angesehene Zunft, verschwanden aber im 15. Jahrhundert, als die Plattenrüstungen die alten Ringelpanzer verdrängten. Die Anfertigung der Ringelpanzer war eine mühsame und kunstreiche Arbeit, da alle Ringe genietet wurden. Hierzu wurden die Enden des auf passende Länge abgeschnittenen Drahtes flachgehämmert, gelocht und dann durch einen Niet verbunden.

Ferner diente der Draht zur Herstellung der Nadeln. Die

KLINGENSCHMIEDE

Auch im christlichen Mittelalter umschwebte ein geheimnisvoller Zauber die Schwerter und ihre Schmiede. Von den Klingenschmieden galt als sicher, daß sie mit Hilfe des Bösen Schwerter machen könnten, die alles überwinden. Um die Gefahr des bösen Zaubers zu bannen, ließ der gläubige Ritter seine Klinge durch den Priester weihen, und die Schmiedegesellen mußten im Meistereid schwören, keine Zauberei zu treiben. Die Klingenschmiede von Brescia und Mailand bewahrten ihren alten Ruf. In Oberdeutschland blühte Passau, wo man steirischen Stahl verarbeitete. Der dortigen Schmiedezunft soll der Sage nach das berühmte Wolfszeichen (Abb. 56) im Jahre 1349 ursprünglich verliehen sein; dies ist aber unmöglich, da sich das Wolfszeichen bereits auf einer Klinge des 13. Jahrhunderts findet.

Durch die italienischen Kriege des Kaisers Friedrich Barbarossa kam die Klingenfabrikation nach Solingen, das im Mittelalter ganz Nordeuropa mit Klingen versorgte. Da der Handel meist über Köln ging, hießen die Solinger Schwerter im Ausland gewöhnlich Kölner Schwerter. Die Güte der Solinger Klingen beruhte auf der strengen Prüfung der Ware, zu deren Durchführung jeder Meister sein Zeichen auf die Klingen schlagen mußte, sowie auf der streng durchgeführten Arbeitsteilung. Es gab drei privilegierte Bruderschaften: erstens die Schwertschmiede, zweitens die Härter und Schleifer und drittens die Schwertfeger und Reider. Der Schwertschmied stellte zuerst die schwarze Klinge her und übergab sie dann dem Härteschmied. Nun wurde sie auf einer der zahlreichen Schleifmühlen (Schleifkotten) geschliffen, die an der Wupper seit dem 13. Jahrhundert nachweisbar sind. Der Stein lief gegen die Klinge, wie es schon im frühen Mittelalter üblich war, als man noch von Hand schliff. Da die Klinge beim Schleifen ihre Härte einbüßte, wanderte sie zum Härter zurück und empfing die „blaue Härtung“. Dann wurde sie vom Schwertfeger poliert und endlich vom Reider mit Griff und Scheide versehen.

Zur Herstellung der Klingen waren Stäbe aus Eisen und Stahl erforderlich. Das Eisen kam aus der Mark oder dem Sauerland und der Stahl aus dem Siegerland. Um der Klinge die erforderliche Härte und Zähigkeit zu geben, legte man eine Eisenschiene zwischen zwei Stahlschienen und schweißte das Paket zusammen. Dieses reckte man unter dem Hammer auf die doppelte Länge aus, hieb es mit dem Schrotmeißel durch und legte die beiden Hälften aufeinander. Die in der Mitte liegende doppelte Lage Stahl bildete später die Schneide. Zur Bildung der Angel bog man einen Eisenstab U-förmig zusammen und packte die Schweißstahlschiene dazwischen. Beim Ausschmieden mußte mit großer Vorsicht verfahren werden. Vertiefungen, wie Blutrinnen u. dgl., wurden mit Gesenken gebildet. Die Kunst der Klingenschmiede, Härter und Schleifer war hoch angesehen und galt als Geheimnis, zu dessen Wahrung die Zunftgenossen den Verbleibungseid schwören mußten. Sie durften das Land nicht verlassen und die Kunst nur den eigenen Söhnen lehren.

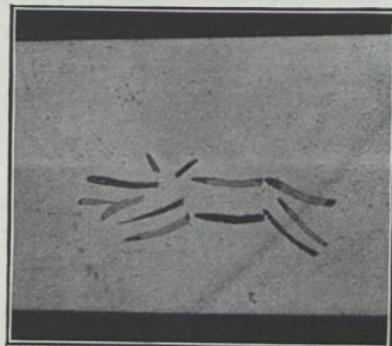


Abb. 56. Wolfszeichen auf einer Klinge des 14. Jahrhunderts.
Staatl. Zeughaus, Berlin.

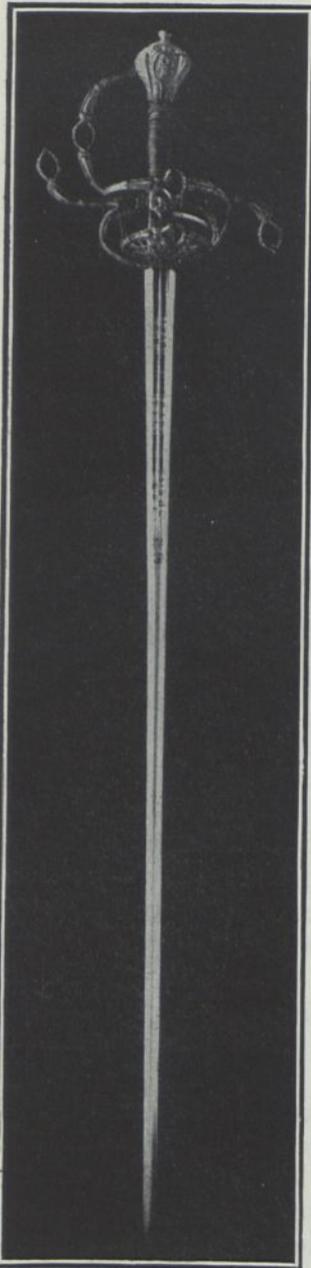


Abb. 58. Spanischer Stosßdegen.
Ende des 16. Jahrhunderts.
Staatl. Zeughaus, Berlin.

Das System der Fabrikzeichen entwickelte sich in Solingen zu einem förmlichen industriellen Wappenadel. Die Zeichen mußten wie unsere Gebrauchsmuster in besondere Zeichenrollen eingetragen werden. Vorher wurden sie an den Türen des Amtsgebäudes durch Anschlag bekanntgegeben und, erst wenn kein Einspruch erfolgte, an drei aufeinanderfolgenden Sonntagen in den Amtskirchen von Solingen, Wald und Gräfrath, später auch noch in Haan und Cronenberg „verkündet“. Die Zeichen konnten vererbt, verkauft oder verpfändet werden. So erwarb Peter Weyersberg 1774 für 4 Kronentaler das Klingenzeichen des Königskopfes (Abb. 57) von den Erben des berühmten Klingenschmiedes Johannes Wundes, der es 1584 in die Zeichenrolle hatte eintragen lassen. Dieses Zeichen ist neben dem Ritterhelm noch heute die Fabrikmarke der bekannten Solinger Schwertfabrik Weyersberg, Kirschbaum & Co.



Abb. 57.
Der Königskopf.
Klingenzeichen
des Johannes Wundes.
Nach R. Gronau:
Geschichte der Solinger
Klingenindustrie,
Stuttgart 1885, S. 28.

Die Schwertformen entwickelten sich im Mittelalter von den schlichten Klingen der Kreuzritter zu immer größerer Schönheit. Als dann mit der Entdeckung Amerikas die große Zeit Spaniens begann, und die spanischen Waffen in der Alten und Neuen Welt siegreich für die katholische Kirche kämpften, wurden die schweren Hauschwerter überall durch die leichten spanischen Stosßdegen (Abb. 58) verdrängt. Der alte Ruhm der Toledoklingen bekam neuen Glanz. Diese altspanische Kunst, welche die Mauren einst vom Untergang gerettet hatten, ging nun an die christlichen Herren des Landes über. Reduan, der Waffenschmied Boabdils, des letzten Maurenkönigs, ist wahrscheinlich identisch mit dem maurischen Schwertschmied Julian del Rey, der 1495 zum Christentum übertrat, wobei Ferdinand der Katholische sein Taufpate war. Unter den Habsburgern kamen aber auch deutsche Klingenschmiede nach Spanien, z. B. die Brüder Juan und Gil Alman. Die spanischen Klingen wurden aus hartem stahlartigem Eisen der Katalanschieden von Mondragon in Guipuzcoa hergestellt und wahrscheinlich oberflächlich durch Härtemittel verstäht. Gerade die Härte verlieh diesen Klingen ihren Ruf.

In demselben Maße, wie die Kunst der Schwertschmiede im 16. Jahrhundert durch die Einführung der stehenden Heere zurückging, für deren Ausrüstung Billigkeit und Massenherstellung ausschlaggebend waren, und in dem Maße, wie die Feuerwaffen Schwert und Lanze verdrängten, hob sich die Messerfabrikation. Im Mittelalter trug alles, Mann wie Frau, sein Messer bei sich. Das Auflegen besonderer Tischmesser wurde erst im 17. Jahrhundert üblich. Einen großen Aufschwung nahm die Messerfabrikation im 16. Jahrhundert durch den

Verkehr mit den neuentdeckten Weltteilen, denn Messer waren die begehrtesten Tauschartikel im Verkehr mit den Wilden. In Solingen unterschied man deshalb „Messengut“, das auf die Frankfurter, Leipziger und Braunschweiger Messen gebracht und auch nach den Niederlanden, Frankreich und Italien abgesetzt wurde, von dem billigen „Seegut“, das über Amsterdam ausgeführt wurde. Wegen der Ungleichmäßigkeit des mittelalterlichen Stahles pflegte der Messerschmied diesen vorher durch Gärben vorzubereiten. Dann schmiedete er sich ein Stück Stahl etwa 2,5 cm lang und 6 mm breit aus. Das Stück wurde auf einem Schraubstock zusammengerollt und ein dünnes Bandeisen in die Mitte gesteckt. Das Ganze wurde verschweißt und zur Klinge ausgeschmiedet, wobei man den Rücken auf der Seite ausbildete, wo die Enden des aufgerollten Stückes zusammenstießen. Nach dem Ausschmieden hieb der Messerschmied die rohe Klinge von der Eisenstange ab, wobei er ein Ende für die Angel stehen ließ. Dann wurde die Klinge erneut warm gemacht, in das Loch des sogenannten „Stammeisens“ gesteckt und die Scheibe oder der Absatz unter der Klinge gebildet, indem man einen hohlen Stempel auf die Angel setzte und auf diesen einige Hammerschläge gab.

Der Messerschmied fertigte auch die Gabeln und Scheren an. Im Mittelalter kannte man nur die großen zweizinkigen Küchengabeln zum Bratenwenden. Zu ihrer Herstellung schrotete man ein flaches Stück Stahl in der Mitte ein und bog die beiden Hälften T-förmig um, so daß sie mit dem „Stollen“ einen rechten Winkel bildeten. Die Enden wurden dann zu Zinken ausgeschmiedet und diese auf dem „Gabelrichter“ umgebogen.

Die Benutzung der Gabeln beim Essen kam am Ende des 15. Jahrhunderts in Italien auf, verbreitete sich aber nur langsam. In England aß man noch im Anfang des 17. Jahrhunderts mit dem Löffel oder mit den Fingern. Zur Herstellung mehrzinkiger Gabeln schmiedete man das vordere Ende eines Stahlstabes flach aus, hieb die Zinken mit einem Meißel aus, feilte sie rund und krümmte sie dann unter dem Hammer.

Im Mittelalter kannte man außer der unseren Schafscheren entsprechenden Scherenart auch schon die zwischenkligen Schneiderscheren. Durch seine Scheren war besonders Sheffield berühmt, dessen Stahlwarenfabrikation schon im Mittelalter eine gewisse Bedeutung hatte.

Die Sensenherstellung blühte in Steiermark und im bergisch-märkischen Lande. Steiermark war durch seine blauen Sensen berühmt. Man stellte diese aus Abfallstahl, „Mock“, und härterem Edelstahl her. Der Mock wurde zur Bildung des „Hams“ und des Rückens benutzt. Das Ausschmieden erfolgte zuerst unter einem Wasserhammer. Dann folgte ein Rohschleifen, worauf die Klinge unter einem schnellgehenden Hammer kalt überschmiedet wurde. Nun erhitze man sie auf Rotglut und warf sie glühend in einen Trog mit geschmolzenem Talg. Ein Arbeiter zog die Klinge sofort wieder heraus, strich das anhaftende Fett mit Kastanienrinde und in glühender Kohlenlösch ab und machte sie gleichmäßig über einer Schmiedeesse glühend. Nun lief er zu einem Trog mit kaltem, fließendem Wasser und schlug mit der flachen Klinge auf das Wasser, worauf er sie sofort wieder herauszog. Die Sense wurde dann im Feuer gelb angelassen, geschabt und schließlich blau angelassen.

In Cronenberg und Plettenberg stellte man weiße Sensen her, die schon im Jahre 1240 als Handelsartikel erwähnt werden. Man ging hier von einer Schiene weichen

Eisens aus, zerschrotete diese und spaltete die Stücke auf der Schmalseite. In diesen Spalt schweißte man dann den später die Schneide bildenden Stahl ein. Bekannt ist, welche Rolle die Kriegssensen in den Bauernkriegen gespielt haben. In der Regel waren es gewöhnliche Sensen, deren Ham geradegeschmiedet war. In Österreich war es den Schmieden bei Todesstrafe verboten, Sensen zu Waffen umzuändern.

NAGELSMIEDE

Zur Anfertigung der Nägel war gutes Eisen erforderlich, das sich anspitzen ließ, ohne unganzz zu werden. Die Eisenstange wurde in einem Schmiedefeuer erhitzt, das mitten

Der Nagler.



*Ein Nagelschmid bin ich genannt/
 Mach eysern Nagel mit der Hand/
 Allerley art auff mein Amboß/
 Kurz vnde Lang/Klein vnd auch Groß
 Bühnnege/ Schloßnege/ darzu
 Fahnege/ Schuhzweck/ ich machen thu/
 Halbnege/ pfeningnege starck/
 Sind man bey mir / an offnem Markt.*

Abb. 59. Nagelschmiede.
 Aus Jost Ammans Stände und Hand-
 werker. Frankfurt a. M. 1568. Neudruck
 München 1884.

in der Werkstatt stand, damit mehrere Schmiede bequem daran arbeiten konnten. Nun wurde das Ende der Stange auf dem Amboß zugespitzt und auf dem im Amboßstock befestigten Schrotmeißel abgehauen. Dann steckte man die abgehauene Spitze in eines der im Amboß angebrachten Löcher und schmiedete den Nagelkopf aus (Abb. 59).

Bei kleineren Nägeln diente zum Ausschmieden der Köpfe wohl auch ein besonderes Nageleisen, das im Amboßstock befestigt war. Um den fertigen Nagel leicht aus dem Nagelloch herausschlagen zu können, war unter dem Nageleisen eine Feder angebracht. Durch einen leichten Schlag auf diesen „Lüfter“ flog der Nagel heraus.

Eine Art Maschinenbetrieb wurde dadurch erzielt, daß man die leichten Blasebälge durch Treträder antrieb, in denen Hunde liefen. Derartige Antriebe waren noch bis vor kurzer Zeit in den Ardennen im Gebrauch, wo sich die ursprünglich in Lüttich heimische Nagelindustrie bis zuletzt erhalten hat (Abb. 60). Die wallonische Nagelindustrie erreichte ihre höchste Blüte in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts und beschäftigte damals 15 000 Leute.

Die größten Nägel waren die Schleusennägel von etwa 45 cm Länge, dann folgten die Schiffsnägel von 20 bis 25 cm Länge und die schon im Mittelalter zahlreichen Arten kleinerer Nägel bis zu den kleinsten Zwecken, von denen tausend Stück nur 200 g wogen.

Die Nagler teilten sich schon früh in Schwarz- und Weißnagelschmiede. Letztere stellten verzinnte Nägel her. Hierzu wurden die Nägel 24 Stunden in erwärmter essigsaurer Kupferlösung gebeizt, wobei man den Inhalt von Zeit zu Zeit umschüttelte. Dann wurden sie unter fortwährendem Umschütteln in einem eisernen Topf mit Talg und Zinn erhitzt und darauf mit heißer Seifensiederlauge vom anhaftenden Talg befreit. Zum Schluß wurden sie in einem Beutel mit feinen Sägespänen geschüttelt und dann getrocknet.

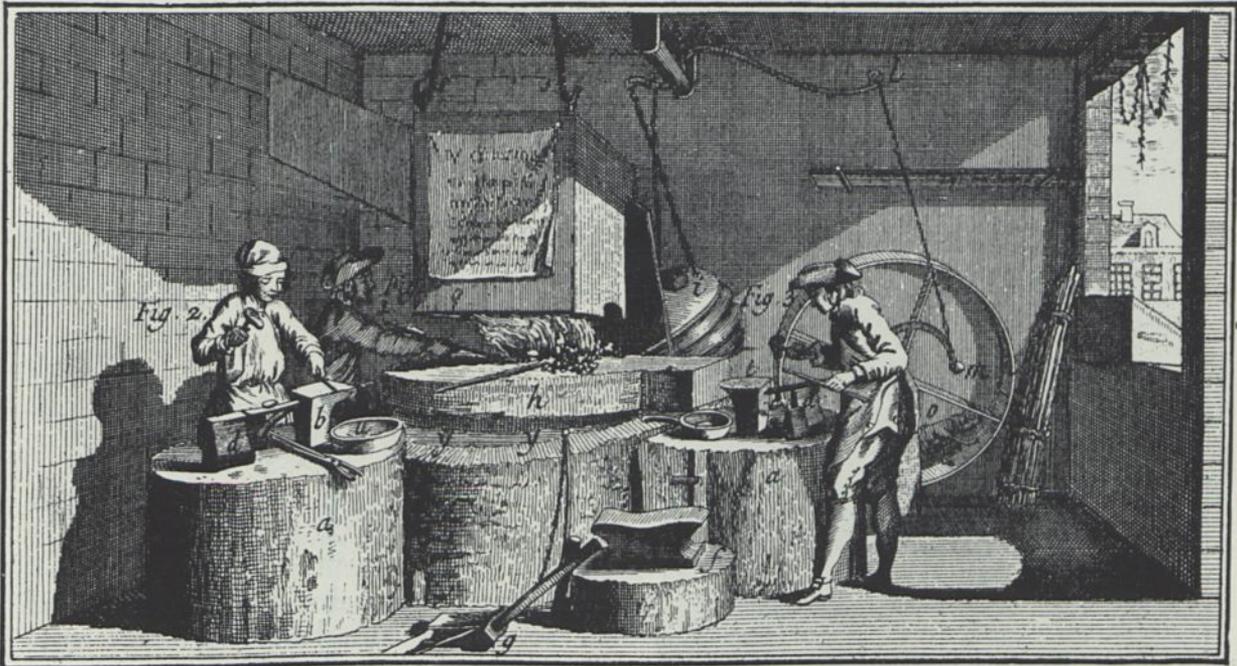


Abb. 60. Nagelschmiede mit Antrieb des Blasebalges durch einen Hund.
 Nach Encyclopédie méthodique. Planches Bd. 1. Paris 1783. Abt. Cloutier-Grossier, Taf. 1.

GROBSCHMIEDE

Zu den Grobschmiedearbeiten gehörte besonders der Hufbeschlag, denn die Hufeisen, die man im Altertum anscheinend nur gelegentlich benutzt hatte, waren im Mittelalter allgemein verbreitet. Alter Aberglaube knüpft sich an die Hufeisen, ein Beweis für das hohe Alter des Hufbeschlages. Das Pferd war bei den Germanen dem Wodan heilig. Deshalb bedeutet der Fund eines Hufeisens Glück, und ein Hufeisen schützt, an die Tür genagelt, gegen Zauberei. Das Meisterstück eines Hufschmiedes bestand in Coblenz darin, daß der Geselle ein Pferd beschlagen mußte, das man nur einige Male an ihm vorbeigeritten hatte. Das Eisen mußte in zwei Hitzen fertig sein. Großartiges leisteten die mittelalterlichen Schlosser. Sie verfertigten die schweren Schlösser der Geldtruhen, die gewöhnlich die ganze Unterseite des Deckels einnahmen, wie die kleinsten Vorhängeschlösser, die in einer Nuß Platz hatten. Zu den Schlossern gehörten auch die Uhrmacher, deren astronomische Uhren wir heute noch bewundern.

Es würde zu weit führen, die Arbeiten der Grobschmiede einzeln durchzusprechen; hier sei nur die für die mittelalterliche Seeschiffahrt wichtige Ankerschmiede erwähnt, weil die Anker die schwersten Schmiedestücke waren, die man im Mittelalter gewerbsmäßig herstellte. Die Ankerrute, die Arme und die Schaufeln (Flunken) wurden für sich aus einzelnen Teilen zusammengeschweißt, ausgeschmiedet und dann miteinander verschweißt. Alle Arbeiten wurden mit schweren Handhämmern ausgeführt, wobei die Stücke mit Kranen vom Feuer zum Amboß befördert wurden. Abb.61 zeigt eine Ankerschmiede in einer Hafenstadt. Man sieht im Vordergrund



Abb. 61. Ankerschmiede.

Nach Chr. Weigel: Abbildung der Gemein-Nützlichen Hauptstände... Regensburg 1698.

zu einem Rankenwerk, das die ganze Tür bedeckte. Später wurde es Mode, die Türen vollständig mit Blechen zu bedecken, die mit getriebenen und durchbrochenen Ornamenten und Maßwerk verziert waren. In den meisten mittelalterlichen Kirchen finden sich zum Abschluß des Chores und der Kapellengeschmiedete Gitter von ebenso schöner Gestaltung wie verwickelter Arbeit. Die Formen wurden im Laufe des Mittelalters immer reicher, dafür aber sank die Kunstfertigkeit der Herstellung herab. Während man anfangs die Blumen und Blätter aus einem Kolben ausschmiedete (Abb. 62), begnügte man sich später, sie aus Blechen zusammenzunieten. Auch ging man immer

das zusammengebundene Paket für die Anker- rute. Unzweifelhaft hat man schwere Schmiedestücke aber auch schon im Mittel- alter unter dem Wasserhammer geschmiedet, beispielsweise diese Hämmer selbst und ihre Ambosse. Von den Werkzeugmachern er- wähen wir die Feilen- hauer.

Das Hauen erfolgte von Hand, Vor- schläge

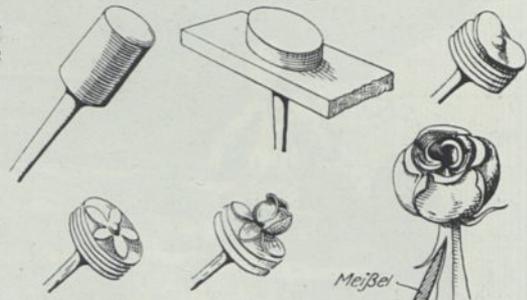


Abb. 62. Schmieden einer Rose aus dem Vollen. Nach M. Metzger: Die Kunstschlosserei, 2. Aufl. Lübeck o. J., S. 194/8.

zum Bau von Feilenhaumaschinen finden sich aber schon im Mittelalter. Die Kunst- schmiedearbeiten des Mittelalters können hier nur kurz erwähnt werden. Ihre genaue Beschreibung muß der Kunstgeschichte über- lassen bleiben. Mit den einfachsten mecha- nischen Mitteln haben die mittelalterlichen Schmiede Großartiges geleistet. Der Türbe- schlag entwickelte sich aus einfachen Bändern

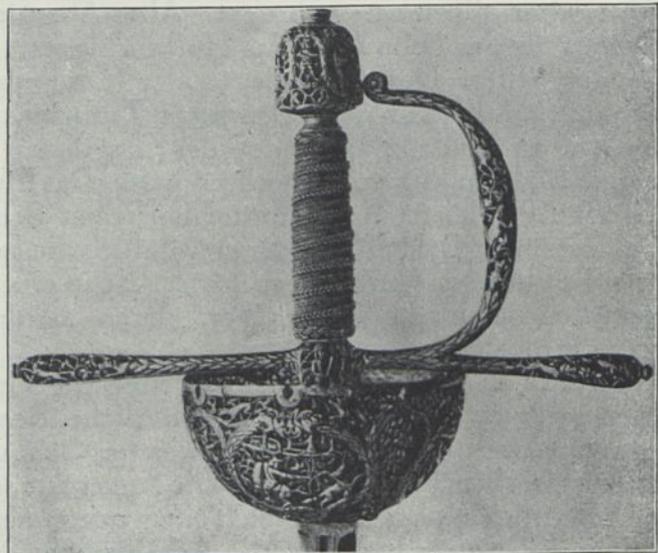


Abb. 63. Geschnittener Degengriff. Anfang des 17. Jahrhunderts. Nach Fr. Sommer in Mitt. a. d. Kaiser-Wilhelm- Institut für Eisenforschung. Bd. 5. (1924), S. 127.

mehr zur Verwendung kunstvoll verschlungener Drähte über. Es war der Stolz der alten Schmiede, ihre Arbeiten nur mit dem Hammer und möglichst ohne Feile und Schleifstein zu vollenden. Durch verblüffende Kunststücke suchten sie ihre Fertigkeit zu zeigen. Beispielsweise finden sich in den Küstenstädten Norddeutschlands Arbeiten, bei denen Tauverschlingungen in Eisen nachgebildet sind. Wie der Hammer das Hauptwerkzeug der Schmiede war, so war der Meißel das wichtigste Werkzeug der Eisen- und Stahlschneider. Diese fertigten die Münzstempel an und verzierten Türklopfer, Türringe und Degengriffe. Herrliches leisteten die Meister des 16. und 17. Jahrhunderts in dieser mühevollsten Verarbeitung des Eisens (Abb. 63).

DIE SCHMIEDEKUNST IN DER FEUERWAFFENTECHNIK¹⁾

Um das Jahr 1300 kam in Deutschland die Anwendung des Schießpulvers zum Schleudern von Geschossen auf und verdrängte langsam die bis dahin benutzten Wurfmaschinen. Die ersten Feuergeschütze waren kleine geschmiedete und mit Ringen verstärkte Handrohre (Abb. 64), die Bleikugeln schossen. Um 1375 kamen dann die Steinbüchsen auf, die bald gewaltige Abmessungen erreichten.

Die Steinbüchsen wurden aus Längsstäben, wie Fässer aus Dauben, zusammengesetzt. Zum Zusammenhalten dienten dicht nebeneinanderliegende Ringe. Die Herstellungsweise dieser Geschütze ist bis heute nicht ganz aufgeklärt. Anscheinend hat man zuerst die Dauben zurecht gebogen und vorläufig mit Eisenbändern und Keilen zusammengefügt, dann wurden die einzelnen Ringe nacheinander aufgeschrumpft, und endlich wurde das Geschütz im Feuer Stelle für Stelle nachgehämmert und nachgeschweißt.

Die als „faule Magd“ bekannte Steinbüchse im Historischen Museum zu Dresden ist 2,35 m lang und wiegt 1320 kg. Ihr Kaliber beträgt 35 cm. Noch größer ist die „Mons Meg“ in Edinburg, die angeblich aus dem Jahre 1455 stammt. Sie hat ein Kaliber von 48 cm und wiegt 6600 kg. Die größte in Europa erhaltene Steinbüchse ist die „tolle Grete“ von Gent, angeblich eine Arbeit des 14. Jahrhunderts (Abb. 65). Sie hat ein Kaliber von 64 cm und wiegt 16400 kg. Wie schon erwähnt, finden sich in Indien schmiedeiserne Steinbüchsen von über 35000 kg Gewicht, die wahrscheinlich von einem europäischen Büchsenmeister hergestellt worden sind, um den Glanz eines mohammedanischen Sultans zu verherrlichen. Ihr Kaliber wird noch von einem im Wiener Arsenal befindlichen mittelalterlichen Mörser übertroffen, der bei 2,50 m Länge das außerordentliche Kaliber von 88 cm hat (Abb. 66). Der Überlieferung nach wurde das Geschütz im 14. Jahrhundert zu Steyer geschmiedet und von der Stadt dem Kaiser geschenkt.

¹⁾ Wichtige Beiträge zur älteren Geschichte der Feuerwaffentechnik bringt die seit 1897 erscheinende „Zeitschrift für historische Waffenkunde“.

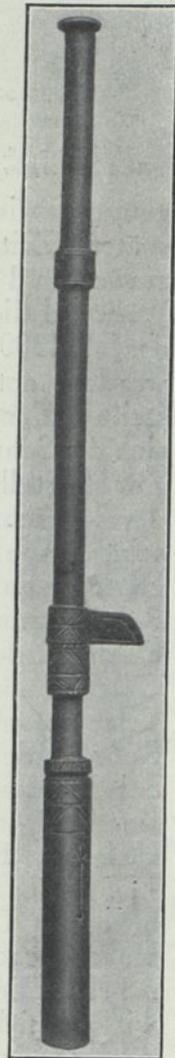


Abb. 64.
Geschmiedete
Hand-
feuerwaffe.
14. Jahrhundert.
Staatl. Zeughaus,
Berlin.

Im Mittelalter waren Hinterlader-Geschütze mit herausnehmbaren Pulverkammern sehr verbreitet (Abb.67). Die Kammern wurden fertig geladen vorrätig gehalten. Man legte zuerst die Kugel in den Lauf und befestigte dann die Pulverkammer mit

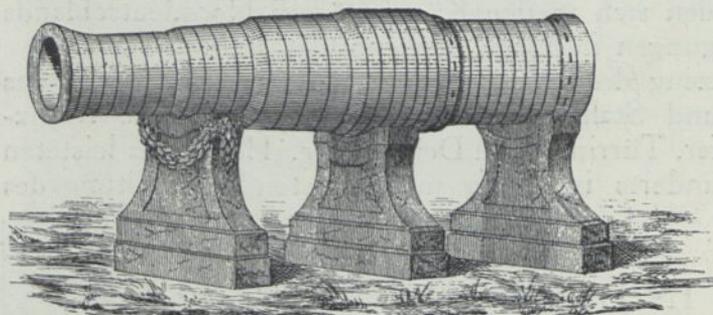


Abb. 65. Die „tolle Grete“ in Gent.

14. Jahrhundert. Kaliber 64 cm; äußere Rohrlänge 5,05 m; Gewicht 16400 kg.
Nach R. Pfister: Monstre-Geschütze der Vorzeit, Cassel und Leipzig 1870, Taf. 2.

Hilfe von Keilen am Rohr. Diese „Vögler“ feuerten rascher als die plumpen, langsam schießenden Steinbüchsen. Außerdem war ihre Bedienung ungefährlicher, weil man nicht vor das Rohr zu treten brauchte, sie erforderten weniger Platz zur Bedienung und eigneten sich deshalb für Türme und Schiffe. Ihre Durchschlagskraft war aber wie bei den heutigen Revolvern gering, weil die Pulvergase zum Teil unaus-

genutzt zwischen Kammer und Lauf entwichen. Die Bedeutung dieser auch in der späteren Zeit mit Vorliebe aus Eisen geschmiedeten Hinterlader ging deshalb allmählich zurück, und in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts spielten sie keine Rolle mehr.

Während die geschmiedeten Geschütze um das Jahr 1500 durch die gegossenen verdrängt wurden, entwickelte sich die Gewehrherstellung, denn bei Handfeuerwaffen bewährte sich das Schmiedeisen besser als die Bronze. Zur Herstellung eines Gewehrlaufes nahm der Rohrschmied eine passende Schiene und schärfte die beiden langen Kanten mit dem Hammer an. Dann wurde die Schiene zum Rohr zusammengeschlagen. Das aufgerollte Eisen wurde schweißwarm gemacht und im Gesenkamboß über einem Dorn streckenweise zusammengeschweißt. Das „rauhe“ Rohr wurde auf einer Bohrbank ausgebohrt, bei der das mit Wasser gekühlte Rohr in einen Schlitten eingespannt gegen den umlaufenden Bohrer verschoben wurde. Das Ziehen der Läufe war schon im Mittelalter bekannt. Die Einführung der stehenden Heere brachte großen Bedarf an Handrohren. Die Herstellung der Gewehre entwickelte sich besonders in Suhl in Thüringen.

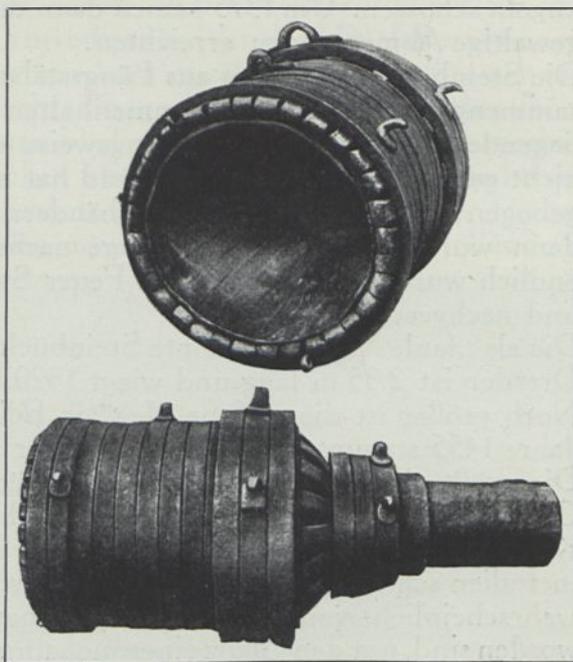


Abb. 66. Riesenmörser.
Oesterreichisches Heeresmuseum, Wien.

Andere wichtige Fabrikstätten waren Ferlach in Kärnten, Lüttich und in Italien Pistoja. Letzteres hat den Pistolen ihren Namen gegeben.

Gegen Ende des 14. Jahrhunderts erkannte man, daß kleine Kugeln aus den spezifisch schweren Metallen eine größere Wirkung haben als die plumpen Steinkugeln, da ihr Luftwiderstand geringer und ihre Durchschlagskraft und Treffsicherheit größer ist.

Eiserne Geschosse hatte man schon in den Hand- und Maschinenschleudern benutzt. Die Dalekarlier in Schweden waren im Mittelalter gefürchtet wegen der Gewandtheit, mit der sie glühende Eisenstücke schleuderten. Die ersten Eisengeschosse der Feuertgeschütze waren roh geschmiedete Klumpen. Diese „Klötze“ wurden später in Kugelformen mit Blei umgossen, um die Treffsicherheit zu erhöhen. Bald lernte man auch runde Eisenkugeln zu schmieden. Hierzu dienten Hämmer und Gesenke mit halbkugeligen Vertiefungen. Zum Schmieden der großen Kugeln verwendete man Wasserhämmer. Die Kugelschmiederei blühte besonders in Nürnberg. Im 16. Jahrhundert hatte der Nürnberger Kugelschmied Jakob Bühler den größten Ruf. Er verstand es, die Kugeln mit genau gleichem Gewicht und gleichem Durchmesser so rund zu schmieden, als wären sie von Holz gedreht.

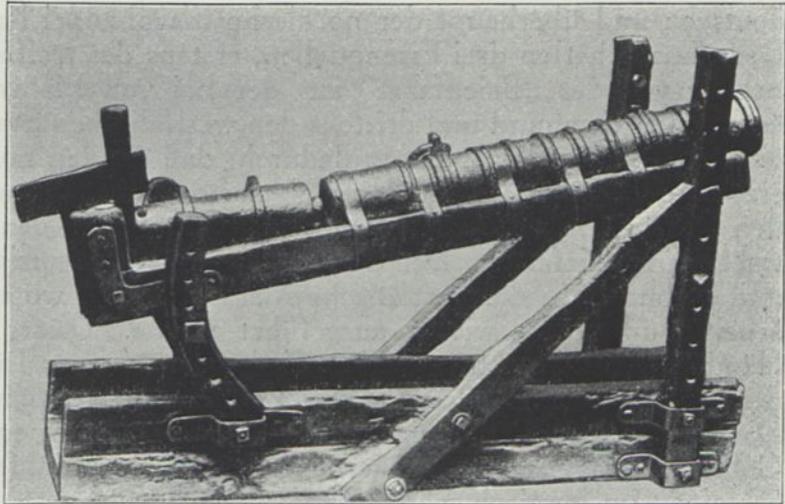


Abb. 67. Geschmiedeter Hinterlader mit Kammer (Vögler).
15. Jahrhundert. Staatl. Zeughaus, Berlin.

DER EISENHANDEL IM MITTELALTER

Im Mittelalter gab es überall kleine Rennfeuer, die den Eisenbedarf der Umgegend deckten, so daß der Handel mit gewöhnlichem Eisen örtlich beschränkt war. Anders lag der Fall bei Sorten von besonderer Güte, vornehmlich bei Stahl, sowie bei den Fertigerzeugnissen. Endlich gab es schon im Mittelalter einzelne Industriegegenden, deren verhältnismäßig umfangreiche Erzeugung einen großen Eisenhandel hervorrief.

Die wichtigsten Sitze der deutschen Eisenindustrie waren Steiermark und Kärnten. Eisen und Stahl gingen von dort südwärts nach Judenburg und St. Veit. Diese Plätze hatten ein Stapelrecht, d. h. die Ware mußte dort ausgeladen und zum Verkauf ausgestellt werden. Dann ging sie auf der alten Eisenstraße nach Aquileja, Venedig und weiter nach Italien und bis in die Türkei. Über Steier ging das steirische oder „ungarische“ Eisen nach Deutschland und weiter rheinabwärts als „Lymbriquestuff“ (Leoben-Brucker Ware) nach England. Auch in Tirol bestand eine blühende Eisenindustrie. Der Handel ging über Innsbruck. [Daher wurde das Tiroler Eisen in England als „Isebrokestuff“ bezeichnet.

Zwischen Donau und Main war das oberpfälzische Gebiet das wichtigste. Es war berühmt durch seine Bleche. Hier war Amberg die Eisenstadt. Der Harz und das durch seinen Stahl berühmte Schmalkalden versorgten Mitteldeutschland. Der nord-

deutsche und überhaupt der nordische Eisenhandel lag in den Händen der Hanse. Die Hansen hatten drei Eisenquellen, erstens das treffliche spanische Eisen, das ihre Schiffe von der „Baifahrt“ aus der Bai von Biscaya mitbrachten, zweitens den nordischen Osemund und drittens den westfälischen Stahl. Die Hansen beherrschten den Handel mit dem Norden dadurch, daß sie den nordischen Völkern ihre Naturerzeugnisse, wie Felle und Holz, abkauften, sowie ihr wichtigstes Industrieerzeugnis, den Osemund, in rohem Zustand übernahmen und den Völkern dafür eigene Fertigwaren zurücklieferten. Der Osemund wurde bei Danzig und Lübeck ausgeschmiedet und besonders in die westfälische Mark gebracht, wo er ausgestreckt, zu Draht verarbeitet und dann wieder ausgeführt wurde. Dieser Osemundhandel lag in den Händen der wendischen Städte, die, wie besonders Lübeck, ihre königliche Macht dem zähen Wagemut ihrer Patriziergeschlechter westfälischen Stammes verdankten. Das westfälische Eisen kam in erster Linie aus dem Siegerland und den angrenzenden Gebieten. Das Siegerland lieferte besonders rohen und fertigen Stahl, den die Klingenschmiede im bergisch-märkischen Lande verarbeiteten. Der Mittelpunkt des westfälischen Stahlhandels war Köln. Da dieses auch der Stapelplatz für das rheinabwärts kommende oberdeutsche Eisen war, wurde es die wichtigste Handelsstadt Deutschlands. Das Hauptabsatzgebiet Kölns war England. Die hansischen Kaufleute, die Osterlinge, hatten in London eine mit Mauern umgebene Niederlassung, die der Bedeutung des hansischen Stahlhandels entsprechend kurzweg der Stahlhof hieß. Die Engländer lieferten den Hansen dafür besonders Wolle, denn eine beachtenswerte Industrie besaß dieses damals noch in einfachen Verhältnissen lebende Volk nicht. Ihre Könige waren den Hansen verschuldet, und diese ermöglichten mit ihrem Gelde, den Österlingpfunden (Pound sterling), die Siege der Engländer in Frankreich.

Dadurch, daß die Hansen anderen Völkern Erzeugnisse höherer Kultur lieferten und mit ihnen in Verbindung traten, hoben sie diese auf eine höhere Kulturstufe. Das System des hansischen Handels mußte zusammenbrechen, wenn die von den Hansen beherrschten Völker erwachten. Und so sehen wir die Hansen dauernd in einem Kampfe um ihre Handelsvorrechte, in dem sie schließlich überall unterlagen.

Ein anderes wichtiges Eisenland war das Bistum Lüttich. Die Eisenindustrie der Wallonen dürfte schon auf die Römerzeit zurückgehen und hat zu allen Zeiten einen hervorragenden Platz eingenommen. Die Macht der „Corporation des fèvres“ in Lüttich beruhte nicht zum wenigsten darauf, daß diese alle Eisenarbeiter vom einfachen Schmied bis zum Gewerken umfaßte.

In Frankreich bestand bedeutende Eisenindustrie in der Normandie, deren Schmiede wohl aus nordischen Einwanderern hervorgegangen sind.

III.

DAS ZEITALTER
DES HOLZKOHLEN-
HOCHOFENS

DIE ANFÄNGE DES HÜTTENTECHNISCHEN SCHRIFTTUMS

DIE technischen Schriften des Altertums und der arabischen Alchimisten enthalten fast keine Angaben über die Metallgewinnung, aber das älteste technische Lehrbuch des Mittelalters, die „Anleitung zu verschiedenen Künsten“ des Mönches Theophilus, der um das Jahr 1200 am Hofe des kunstliebenden Bischofs Bernward von Hildesheim lebte, bringt bereits eingehende Angaben über den Metallguß. Die ununterbrochene Reihe technischer Werke beginnt mit der Erfindung des Schießpulvers. Um 1400 entstanden in Deutschland die „Kriegsbücher“, die bei der wachsenden Bedeutung der Pulvergeschütze zu „Feuerwerksbüchern“ wurden. Darin finden sich auch Angaben über den Metallguß und über allerlei „geheime Künste“, die im Kriege brauchbar sind, wie tragbare Brücken, Steigleitern usw. Außerdem bringen einzelne Bücher, je nach der Fähigkeit des Verfassers oder vielmehr des Abschreibers, alle möglichen technischen und bergmännischen Vorschriften und Lehren, ja sogar medizinische Rezepte und Entwürfe von Kunstwerken. Auf den ersten Blick versteht man nicht, was dieser mannigfache Inhalt der Feuerwerksbücher mit dem Artilleriewesen zu tun hat, aber man muß bedenken, daß der Büchsenmeister seinem Herrn ein Allerweltskünstler war. Er war eben der höhere Techniker der damaligen Zeit. Aus dem Stande der Büchsenmeister und der Mühlenbauer ist der heutige Ingenieur hervorgegangen. Das letzte Feuerwerksbuch hat der italienische Ingenieur Vannoccio Biringuccio, angeregt durch die deutschen Vorbilder, geschrieben. Sein zuerst im Jahre 1540 veröffentlichtes Werk umfaßt die ganze chemische und metallurgische Technik.

Auf Biringuccios „Pirotechnia“ fußt das erste Lehrbuch der Metallurgie, Agricolas „De re metallica libri XII“ (Zwölf Bücher über die Metallurgie), die 1556 von der berühmten Druckerei von Hieronymus Froben in Basel verlegt worden sind. Georg Bauer, latinisiert Agricola, wurde 1494 zu Glauchau in Sachsen geboren. Mit 24 Jahren war er Lehrer der griechischen Sprache in Zwickau; er gab diese Stelle aber nach vier Jahren auf und studierte einer Neigung folgend Medizin und Naturwissenschaften in Leipzig, Bologna und Padua. Mit dem Doktorhut zurückgekehrt, ließ er sich in der neugegründeten Bergstadt Joachimsthal in Böhmen als Arzt nieder. Unter dem mächtigen Eindruck, den das Leben und Treiben der industriereichen Stadt auf ihn machte, wandte er sich neben seinem Beruf mineralogischen und technischen Studien zu. Als erste Frucht erschien im Jahre 1529 unter dem Titel *Bermannus sive de re metallica* ein Zwiegespräch über Bergbau und Hüttenkunde,

zwei Gebiete, die bis dahin eines Gelehrten nicht würdig erachtet waren. Das lebhaft und anschaulich geschriebene Büchlein fand vielen Beifall und erntete sogar das Lob des großen Erasmus von Rotterdam. Als erste Schrift, die das Interesse der Gebildeten für die Technik fördern will und den Nutzen der Durchdringung von Wissenschaft und Erfahrung lehrt, wird es unvergessen bleiben.

1531 ging der nunmehr schon berühmte Agricola, wahrscheinlich auf Betreiben des Herzogs Moritz von Sachsen, als Stadtphysikus nach der Bergstadt Chemnitz. Hier veröffentlichte er zuerst mehrere geologische und mineralogische Schriften, die als die Grundlagen dieser Wissenschaften anzusehen sind. Sein reifstes und größtes Werk, die Metallurgie, erschien erst nach seinem Tode im Jahre 1555. Leider wurde dem als Gelehrten wie als Mensch gleich achtbaren Mann das Leben in Chemnitz durch die religiösen Streitereien der Reformationszeit verbittert. Die Stadt hielt zur Sache Luthers, während Agricola, abgestoßen von den Begleiterscheinungen der Reformation, treu zur alten Kirche stand. Seine Mitbürger verweigerten ihm sogar das Begräbnis, so daß seine Freunde ihn in der Stiftskirche zu Zeitz begraben mußten.

Agricolas Werk umfaßt Lagerstättenkunde, Bergbau, Metall- und Sudhüttenkunde und ist durch gute Holzschnitte erläutert, die Agricola auf eigene Kosten von namhaften Künstlern hatte anfertigen lassen. Mehrmals aufgelegt und übersetzt, darunter auch ins Deutsche, blieb es bis ins 18. Jahrhundert das wichtigste Werk über Bergbau und Hüttenkunde. Über die Gewinnung des Eisens sagt es allerdings nur wenig. Das neue Verfahren des Hochofenschmelzens ist darin überhaupt nicht erwähnt. Agricola beabsichtigte über den Eisenguß zu schreiben, doch ist er dazu leider nicht gekommen. Trotzdem ist das Werk auch für die Geschichte des Eisens von großem Wert, besonders wegen seiner genauen Beschreibung der Hüttenwerkeinrichtungen.

Ein eigenartiges Werk der Reformationszeit ist die Bergpostille des Joachimsthaler Pfarrers Johannes Mathesius. Der ebenso gelehrte wie tüchtige Kanzelredner hielt jedes Jahr eine Predigt über das Bergwesen, in der er, Technik und Theologie verbindend, die Gedanken seiner Bergleute von ihrem Berufe ausgehend auf die Ewigkeit lenkte.

DIE GEWINNUNG DES EISENS IM HOCHOFEN

DIE ANFÄNGE

Die Waffentechnik benötigte große Mengen Eisen zur Herstellung der Geschütze und Geschosse. Während man in Frankreich und Italien die geschmiedeten Geschütze noch bis ins 15. Jahrhundert beibehielt, begann man in Deutschland schon vor 1350 die Feuerwaffen aus Bronze zu gießen und behielt den Geschützguß dauernd bei. Da die Bronze aber teuer und schwer zu beschaffen war, versuchte man die Rohre aus Eisen zu gießen, und es gelang, wenigstens kleinere gußeiserne Geschütze herzustellen. Man erkannte auch bald, daß sich die eisernen Kugeln viel leichter gießen als schmieden lassen. Durch die Herstellung flüssigen, vergießbaren Eisens trat eine völlige Umwälzung in der Eisenindustrie ein. Der Übergang zur ununterbrochenen

Herstellung flüssigen Eisens im Hochofen scheint jedoch durch die Erfindung des Eisengusses nur gefördert, nicht aber herbeigeführt worden zu sein, denn man findet schon früh Hochofenwerke, die keine Gußwaren herstellten. Andererseits wieder kann die Erfindung der Hochöfen nicht den Eisenguß hervorgerufen haben, weil die alten Eisengießer auch ohne Hochofen und Hochofeneisen zu arbeiten verstanden. Es war den Eisenschmelzern gewiß schon lange aufgefallen, daß sie aus ihren Öfen das Metall mit vieler Arbeit herausholen mußten, während alle anderen Metalle in flüssigem Zustand mühelos aus dem Ofen abfließen. Schon im Mittelalter war in



Abb. 68. Chinesisches Hochofenwerk um 1900.
 Nach Fr. Lux in Stahl und Eisen 32 (1912), S. 1404.

Europa bekannt, daß das Eisen bei hoher Temperatur flüssig wird. Seit unbestimmter Zeit, wahrscheinlich aber seit Jahrtausenden, verstehen es die Chinesen, Gußeisen in kleinen Hochöfen mit Handgebläsen herzustellen, wobei sie die erforderliche hohe Temperatur durch Verwendung von Anthrazit oder Koks erzielen. Abb. 68 zeigt ein chinesisches Hochofenwerk. Der in einem Eisenkorb aus Ton erbaute Ofen ist nur etwa 2 m hoch, oben 1,2 m und unten etwa 50 cm weit. Zur Erleichterung des Abstechens ist er kippbar aufgehängt. Ein einfaches Kolbengebläse mit Klappenventilen erzeugt den erforderlichen Wind. Der Ofen liefert täglich etwa 500 kg Gießereisen mit hohem Silizium- und Schwefelgehalt. Der Kohlenverbrauch beträgt 100 %. Die Chinesen verstehen es auch Gußeisen in Tiegeln herzustellen. Die Tiegel werden mit einer Mischung von Erz und Kohle beschickt und in einen Gebläseofen eingesetzt,

der mit Steinkohlen geheizt wird. Den Wind liefert ein viereckiges Kolbengebläse aus Holz, eine sogenannte Windkiste. Jeder Tiegel ergibt etwa 30 kg Roheisen (Abb. 69). Der europäische Hochofenbetrieb ist im 14. Jahrhundert in Westdeutschland oder in



Abb. 69. Chinesischer Tiegelschmelzofen zur Erzeugung von Roheisen aus Erz.

Nach E. Kocher in Stahl und Eisen 41 (1921), S. 10.

den westlichen Nachbarländern erfunden worden. Als Ort der Erfindung hat man das Siegerland, die Eifel und das Lütticher Land angegeben, doch läßt sich vorläufig nichts beweisen. Da man aus Stahlerz am leichtesten ein hochgekohltes dünnflüssiges Roheisen erblasen kann, möchte man annehmen, daß die Erfindung in einer niederrheinischen Stahlhütte gemacht ist. Da aber auch am Oberrhein Hochöfen und Eisengießereien schon früh erwähnt werden, steht heute nur fest, daß der Hochofen im Stromgebiet des Rheines erfunden ist.

In Europa war die Möglichkeit zur Erzielung der hohen Temperatur, die zum Eisen-schmelzen erforderlich ist, durch die Erfindung der Wassergebläse gegeben. Wie wir gesehen haben, entfiel bereits beim Stückofenbetrieb in den großen Öfen ein Teil der Erzeugung als flüssiges Eisen. Auch die Japaner erhalten in ihren großen „Tatara“-Öfen neben einer aus Stahl und Eisen bestehenden Luppe etwa ein Drittel der Erzeugung als flüssiges Roheisen, das umgeschmolzen und vergossen wird. Die Tatara-Öfen (Abb. 70) sind nur 1,2 bis 2 m hoch und 0,8 bis 1,2 m breit, ihre Länge beträgt aber etwa 3 m. Auf jeder Seite blasen 18 bis 20 Düsen in den Ofen. Jede Düsenreihe wird von einem großen hölzernen Flügelgebläse mit Wind gespeist. Durch Erhöhung des Kohlensatzes, bessere Vorbereitung der Erze, schwaches Blasen oder Vergrößerung der Öfen gelang es, im Stückofen ausschließlich flüssiges Eisen zu erzielen. Wenn man z. B. in den Schmalkaldener Stücköfen das sogenannte Scheibeneisen, ein grelles Stahleisen, erblasen wollte, änderte man am Ofen nichts weiter, als daß man die Form 5 cm tiefer legte und weiter in den Ofen hineinragen ließ. Man gab kleinere Erzgichten und stach die Schlacke nur mit dem Eisen ab, um dieses vor der entkohlenden Wirkung des Windes zu schützen. Während des Schmelzens hielt man den Ofen gehäuft voll. Schlacke und Eisen liefen wie bei

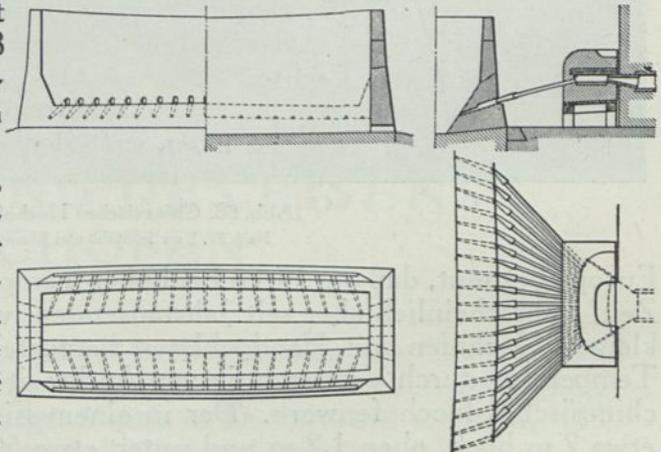


Abb. 70. Japanischer Tatara-Ofen.

Nach A. Ledebur in Stahl und Eisen 21 (1901), S. 846.

der Kupfergewinnung in einen Sumpf. Man goß Wasser auf die Schlacke und hob diese ab. Der Eisenkuchen wurde nach dem Erstarren herausgezogen und in Wasser abgeschreckt, damit er sich leichter zerschlagen ließ. Die Verwandtschaft mit dem Stückofenbetrieb geht auch daraus hervor, daß man vor dem Ausblasen des Ofens, wenn dieser zu weit ausgeschmolzen war, noch ein Stück machte, das gewöhnlich eine Vergünstigung des Schmelzers war. Die kleinen „Blauöfen“ von 4 m Höhe lieferten täglich 600 bis 700 kg Roheisen und verbrauchten dazu etwa 200 % Kohlen. Später baute man in Schmalkalden Öfen, die 7 m hoch waren und 1500 bis 1750 kg Eisen lieferten. Sehr früh, wenn nicht zuerst in Deutschland, ist das Siegerland zum Hochofenbetrieb übergegangen. Um die Mitte des 15. Jahrhunderts gingen im Siegerland schon 29 Hochofen auf Stahleisen und Gußwerk; Stücköfen waren nicht mehr in Betrieb. Wahrscheinlich kamen die Hochofen vom Siegerland nach Schmalkalden und von dort in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts nach Kärnten, von wo sie sich langsam weiter nach Steiermark verbreiteten. Die Kärntner „Floßöfen“ hatten wie die dortigen Stücköfen die Gestalt eines Doppelkegels, im Gegensatz zu letzteren besaßen sie zwei Gewölbe, das Abstich- oder Arbeitsgewölbe und rechtwinklig dazu das Blase- oder Formgewölbe (Abb. 71).

Frühe Nachrichten über Hochofenbetrieb liegen auch für das Gebiet des Brescianerstahles vor. In der Architettura des Filarete, einem technischen Roman aus der Mitte des 15. Jahrhunderts, wird der Betrieb anschaulich geschildert. Der Verfasser malt mit lebhaften Farben die in wilder Berglandschaft tief im Tal liegende Hütte mit ihren rohen Arbeitern. Mit fürchterlichem Brüllen blasen die mächtigen Bälge. Oben auf dem Ofen steht der Gichter, gespensterhaft von der Gichtflamme beleuchtet. Der nackte Schmelzer öffnet von Zeit zu Zeit das Stichloch, dann fließt das Eisen wie Glockenmetall heraus und wird in einem Sumpf aufgefangen.

In der Eifel wurde der Hochofenbetrieb zuerst im Schleidener Tal eingeführt. Dort bestand lange eine eigenartige Betriebsweise, auf die noch zurückzukommen ist. Den mit den Floßöfen erzielten technischen Fortschritt darf man nicht zu hoch einschätzen. Die Gewinnung des flüssigen Eisens war zwar leichter, einer Erhöhung der Erzeugung stand aber die Schwierigkeit der Kohlenbeschaffung entgegen. Der Vorteil, daß das Erzausbringen besser ist, weil infolge der starken Reduktionswirkung weniger Eisen in die Schlacke geht, war nicht ausschlaggebend, weil die Erze billig waren und nicht nur das Eisen, sondern auch die Verunreinigungen der Erze, insbesondere der Phosphor, stärker reduziert werden. Außerdem war es schwieriger, dieses hochgekohlte Roheisen in schmiedbares Eisen umzuwandeln, als die Luppen der Stücköfen auszuheizen. Daß die Führung eines Hochofens anfänglich nicht leicht war, zeigt eine kleine Geschichte aus dem 15. Jahrhundert, die den ersten Bericht über eine Betriebsstörung bei einem Hochofen darstellt. Der heilige Antonius, der von

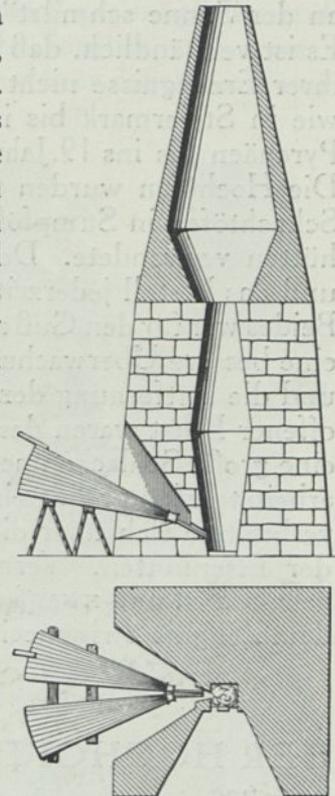


Abb. 71. Kärntner Floßofen.
Anfang des 18. Jahrhunderts.
Nach Courtivron et Bouchu
n. a. O., Taf. 9.

1459 bis 1464 Erzbischof von Florenz war, ging auf einer Besichtigungsreise in der Gegend von Pistoja in eine Hütte, um sich die neue Technik anzusehen. Die rohen Schmelzer verspotteten den Heiligen, aber die Strafe folgte auf dem Fuße. Das Eisen ließ sich von Stund' an trotz aller Anstrengung nicht mehr aus dem Ofen bringen. In seiner Not reiste der Meister dem Heiligen nach und bat ihn um Hilfe. Antoninus kehrte zurück und segnete den Ofen. Da schmolz das Eisen im Ofen, „wie das Eis an der Sonne schmilzt“, und alles war wieder gut.

Es ist verständlich, daß besonders die Bezirke mit reichen und reinen Erzen die Güte ihrer Erzeugnisse nicht durch die Einführung der Floßöfen gefährden wollten und, wie in Steiermark bis ins 18. Jahrhundert, beim Stückofenbetrieb oder, wie in den Pyrenäen bis ins 19. Jahrhundert, beim Rennfeuer blieben.

Die Hochöfen wurden wesentlich verbessert durch Umwandlung der geschlossenen Schachtöfen in Sumpfofen mit offener Brust, wie man sie seit alter Zeit in den Bleihütten verwendete. Der Vorherd gestattete, eine große Eisenmenge aufzuspeichern und das Metall jederzeit auch in kleinen Mengen aus dem Hochofen auszuschöpfen. Beides war für den Guß aus dem Hochofen wichtig. Der Vorherd ermöglichte außerdem eine bessere Überwachung des Ofenganges. Störungen ließen sich leichter beseitigen, und die Entfernung der zähflüssigen Schlacke war bequemer möglich. Hochöfen mit offener Brust waren deshalb auch für arme Erze brauchbar, ja man merkte bald, daß eine große Schlackenmenge die Bildung von grauem Gießereiroheisen begünstigt, und arbeitete oft nur mit einem Ausbringen von 20 %. Der Hochofen mit offener Brust verbreitete sich über die ganze Erde und blieb bis zum Jahre 1867 das Kennzeichen der Eisenhütten. Vermutlich ist diese Ofenbauart schon im 15. Jahrhundert aufgekomen, und zwar in Deutschland, wo die Kunst des Schachtofenschmelzens nach dem Zeugnis Biringuccios mehr blühte als in allen anderen Ländern der Christenheit.

DER HOCHOFENBAU

Abb.72 zeigt einen alten Holzkohlenhochofen. Der Ofen ruhte auf gewachsenem Fels oder auf einem Pfahlrost. Im Grundmauerwerk befanden sich Abzugskanäle für die Feuchtigkeit, die sich unter den alten Öfen sammelte, weil diese wegen der Wasserräder unmittelbar neben den Bächen tief im Grunde lagen (Abb.73). Die Kanäle verliefen meistens winkelig zueinander und hießen dann das Andreaskreuz. Auf dem Grundmauerwerk erhob sich der Ofen als quadratischer, nach oben verjüngter Turm. Das „Rauhgemäuer“ hatte einen viereckigen Schacht, es war aus gewöhnlichem Bruch- oder Backsteinmauerwerk aufgeführt und durch Maueranker oder Gebälk gesichert. Seine obere Fläche bildete die Gichtbühne zur Bedienung des Ofens. Das Rauhgemäuer hatte zwei mit Gewölben oder Gußeisenbalken abgedeckte Aussparungen auf der Arbeitsseite und auf der Formseite.

Innerhalb des Rauhgemäuers wurde der Ofen aus feuerfesten Steinen oder aus feuerfester Masse aufgeführt. Man zog zuerst vom Boden anfangend den Schacht hoch. Zur Bildung des Ofenprofils dienten bei eckigen Schächten Holzrahmen, deren Ecken durch Schnüre verbunden waren, bei runden Schächten benutzte man eine gleichzeitig als Leiter dienende Drehschablone (Abb.74). Die Dehnungsfuge zwischen

Rauhgemäuer und Schacht füllte man mit Mist aus. Dann legte man den Boden aus Quarzsteinen. Man nahm hierzu möglichst große Steine, bei deren Wahl man sehr vorsichtig war, und die man oft weither bezog. Beispielsweise benutzte man in Belgien nur die sogenannten Puddingsteine und im Siegerland Steine aus Steinbrüchen bei der kalten Eiche auf dem Paß zwischen Sieg und Dill, die noch heute die Gestellsteinbrüche heißen. Auf dem Bodenstein baute man das Gestell aus möglichst großen Quarzsteinen auf oder stampfte es aus Masse. Besondere Sorgfalt erforderte der Tümpelstein, der über dem Vorherd lag. An der Außenseite war er durch das Tümpel-

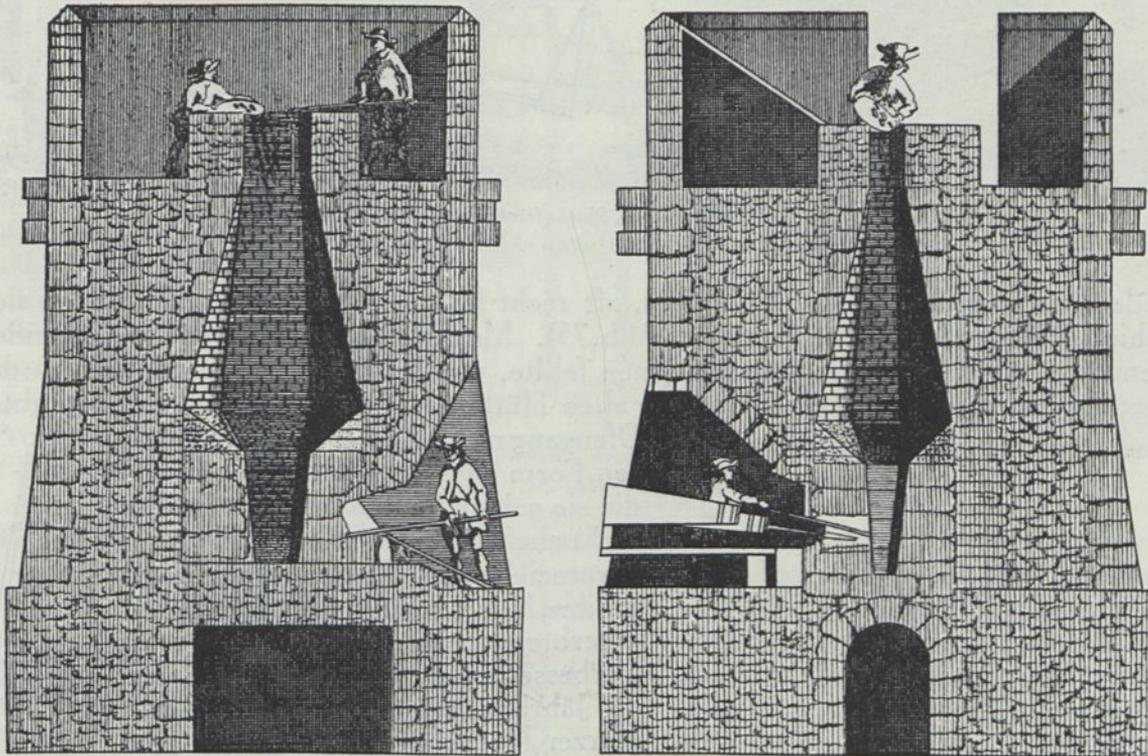


Abb. 72. Hochofen mit offener Brust (links Arbeitsseite, rechts Windseite).
Nach Courtivron et Bouchu a. a. O., Taf. 1.

eisen geschützt. Den Abschluß des Vorherdes bildete der Wallstein, dessen Oberkante und Außenseite gleichfalls mit Eisenplatten belegt waren. Zum Abstechen des Eisens hatte der Wallstein ein Abstichloch, oder es war auf der einen Seite zwischen Wallstein und Gestell ein von oben bis zum Boden reichender Schlitz gelassen, der mit Lehm zugestopft wurde, so daß man den Abstich höher oder tiefer legen konnte. Das Gestell erweiterte sich nach oben zur Rast, die man zur Schonung des Mauerwerks sehr flach baute. Der weiteste Teil des Ofens, wo Schacht und Rast zusammenstießen, hieß der Kohlensack. Die Gicht war mit einer niedrigen Brustwehr, dem Gichtkranz, umgeben. Die Öfen standen im Gegensatz zu unseren freistehenden Hochöfen unter Dach und waren wie die Stücköfen mit einem offenen Kamin überbaut.

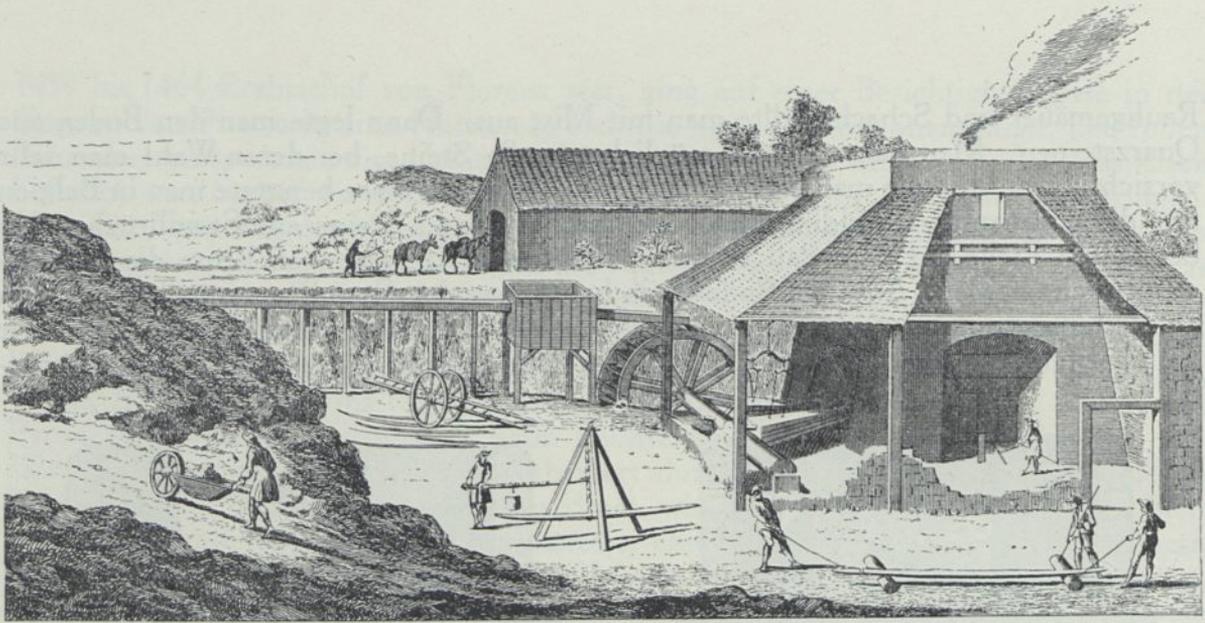


Abb. 73. Hochofenwerk.

18. Jahrhundert. Nach Courtivron et Bouchu a. a. O., Taf. 2.

Jede Gegend hatte ihr eigentümliches, oft recht bizarres Ofenprofil, z. B. finden sich schiefeckige und geneigte Gestelle (Abb. 75). Massengestelle, die man in Gegenden benutzte, wo es an brauchbaren Steinen fehlte, wie im Harz, hatten dagegen in der Regel einen runden Querschnitt. Die alten Hüttenleute glaubten, daß sich ein guter

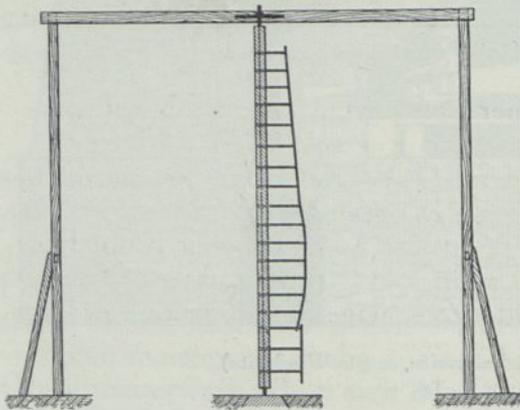


Abb. 74.

Leiterschablone zum Bau des Hochofenschachtes.
Ende des 18. Jahrhunderts.

Nach J. C. Garneij: Abb. vom Bau und Betrieb der Hochofen in Schweden. Übers. von Blumhof. Freiberg 1800, Taf. 9.

enge Gicht ermöglichte eine gleichmäßige Verteilung der Beschickung. Dieser ging in dem nach unten stark erweiterten Schacht leicht nieder und konnte im weiten Kohlensack bis zu ihrer vollständigen Reduktion verweilen. Die flache Rast führte zur Bildung toter Winkel, die das Mauerwerk vor Zerstörung schützten. Das enge Gestell war bei der leichten Verbrennlichkeit der Holzkohlen und bei dem schwachen Gebläse nötig, um ein gleichmäßiges Feuer zu erzielen. Dazu kamen die schon erwähnten Vorteile des Vorherdes.

Ofengang nur bei einer ganz besonderen Form des Gestells erzielen lasse, die sie geheimhielten und von der sie nicht abgingen. Die Öfen wurden von herumziehenden Ofenbauern erbaut, die ihre Kunst vom Vater auf den Sohn vererbten. Geringe Änderungen und Verbesserungen, wie gegen Ende des 16. Jahrhunderts die Erhöhung der Harzer Hochofen auf 7 m durch den Ofenbauer Hans Sien aus dem Vogtland, galten schon als großer technischer Fortschritt.

Die alte Bauweise der Hochofen hätte sich nicht so lange erhalten, wenn sie nicht zweckmäßig gewesen wäre. Die

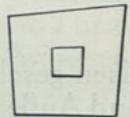
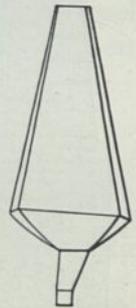


Abb. 75.

Siegerländer Hochofenprofil mit dem „langen Eck“.

Anfang des 19. Jahrhundert.

Nach C. J. B. Karsten a. a. O. Taf. 21.

Zum Betrieb der Hochöfen wurden die Erze durch Waschen, Pochen und Rösten ebenso sorgfältig vorbereitet wie beim Rennfeuerbetrieb. Kalk wurde nur in gebranntem Zustand verwendet.

DIE PROBIERKUNST

Im 16. Jahrhundert begann man die Eisenerze vor dem Verschmelzen zu probieren. Es ist überraschend, daß die dokimastische Chemie schon zu einer Zeit entwickelt war, in der man weder etwas von der Erhaltung der Masse noch von der Unumwandelbarkeit der chemischen Elemente durch die üblichen Verfahren wußte. Die Kunst des Probierens der Blei- und Silbererze und die Bestimmung des Edelmetallgehaltes in Legierungen und Erzen stand im 15. Jahrhundert auf sicheren Füßen. Die Probierer verschmolzen das zu untersuchende Gut in Tiegeln (Probirtüten) mit Blei (Abb. 76) und trieben das Blei auf Kupellen aus Asche in der Muffel ab. Die zurückbleibenden Edelmetallkörner wurden auf der Probierwage gewogen (Abb. 77). Handschriftliche Probiervorschriften sind schon aus dem 15. Jahrhundert⁹ erhalten. Seit Anfang des 16. Jahrhunderts liegen gedruckte Probierbücher

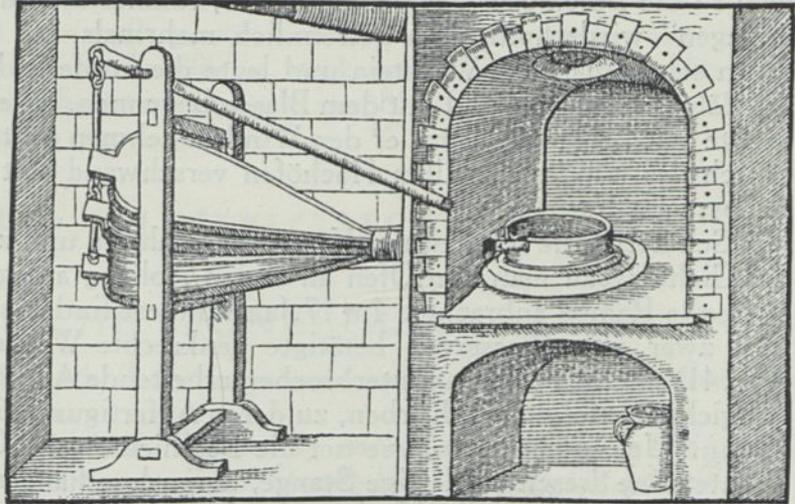


Abb. 76. Tiegelschmelzofen zum Probieren.
16. Jahrhundert. Nach G. Agricola a. a. O., S. 180.

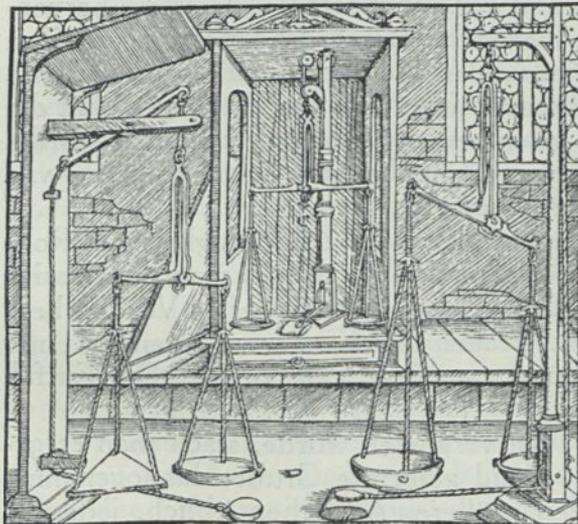


Abb. 77. Probierwagen.
16. Jahrhundert. Nach G. Agricola a. a. O., S. 207.

vor. Zum Probieren der Eisenerze wurde ein Probierzentner (3,75 g) gemischt mit Holzkohle, wenn nötig unter Zusatz schlackenbildender Zuschläge, in einem kleinen Tontiegel, der gewöhnlich noch mit Holzkohle ausgekleidet war, in der Schmiedeesse eingeschmolzen. Die Tiegel wurden mit Hilfe eines Stempels (Mönch) in einer Holzform (Nonne) gepreßt. Wie bei der chinesischen Eisendarstellung bildete sich ein kleiner Roheisenkönig unter einer Schlackenschicht. Die Schlacke wurde zerstoßen und die darin versprengten Eisenteilchen ausgelesen und gewogen. Am Aussehen der Schlacke ersah man gleichzeitig, wie das Erz zu möllern war, beispielsweise wieviel Kalk man zuschlagen mußte.

DER HOCHOFENBETRIEB

Beim Anblasen wurde der Hochofen, der noch keinen Wallstein hatte, mit Kohle gefüllt und angezündet. Wenn der Ofen im Gestell gut warm war, setzte man leichte Erzgichten, bis die geschmolzenen Massen vor der Form erschienen. Dann legte man etwas unterhalb des Tümpelsteines eine Eisenschiene über das Arbeitsgewölbe und darüber Eisenstangen, die man quer durch den Herd bis zur Formseite hindurchtrieb. Die Stangen wurden am herausragenden Ende mit Eisenmasseln beschwert. Nachdem so die Beschickung abgefangen war, räumte man den Herd aus. Dieses „Rostschlagen“ wiederholte man gewöhnlich mehrmals, bis der Ofen gut in Hitze war. Dann setzte man den Wallstein und legte die kupferne Windform ein. Nun wurden die Bälge eingehängt und mit dem Blasen begonnen. Die Form blieb offen. Der Ofen mußte gut „ziehen“, wenn er den Wind annehmen sollte. Das ohrenbetäubende Geräusch des Windes der alten Hochöfen verschwand erst mit der Einführung der geschlossenen Formen.

Die Schmelzstoffe wurden mit Karren angefahren, und zwar meistens unmittelbar auf die Gicht, wozu man den Ofen an einem Abhang anlegte oder eine zur Gichtbühne führende Rampe anbrachte. Im 17. Jahrhundert finden sich aber auch schon Aufzüge, und zwar vom Wasserrad betätigte senkrechte Winden oder Schrägaufzüge (vgl. Abb. 41). Es gab sogar ununterbrochen arbeitende Aufzüge mit Paternosterwerk. Das Aufgichten erfolgte mit Körben, zu deren Anfertigung die Hütten eigene Korbmacher hatten. Um zu erkennen, wie tief die Beschickung im Ofen gesunken war, hatte der Gichter eine dreschflegelartige Stange, deren lose hängender Kolben in den Ofen gesenkt wurde. Wenn die Massen um einen Meter gesunken waren, wurde neu aufgichtet.

Wenn der Ofen nach etwa 10 bis 14 Tagen in normalem Betrieb war, machte seine Führung im allgemeinen nicht die Schwierigkeiten, mit denen man bei den heutigen Riesenöfen zu kämpfen hat. Die Gichten gingen gewöhnlich leicht nieder. Der Meister richtete sich nach der Farbe der Gichtflamme und der unter dem Tümpelstein hervorschießenden Tümpelflamme und beobachtete die Schlacke und das Eisen. Zeigte ihm dann noch ein Blick in die Windform, daß diese „klar wie der Mond“ war, so hatte er im allgemeinen nichts zu befürchten. Er konnte sich ruhig ins Bett legen und die Schläge des Gichtglöckleins zählen, das bei jeder neuen Gicht angeschlagen wurde. Bei Ofenstörungen setzte man leichtere Gichten, gab mehr Kalk auf oder setzte viel Eisen. Auch Flußspat diente zum Abschmelzen von Ansätzen.

Da die saure Schlacke des Holzkohlenhochofens infolge ihrer Zähflüssigkeit viel Roh-eisen mitnahm, wurde sie in fließendem Wasser gepocht. Auch ließ man die flüssige Schlacke mitunter unmittelbar in Wasser fließen. Beispielsweise lief in Vordernberg die Schlacke sämtlicher Hochöfen in den Bach. Frauen und Kinder wuschen auf einer Schaufel die im Bachbett abgelagerten Eisenkörner aus der Schlacke aus. Der Entfall an „Waschwerk“ betrug oft über 30%.

Wenn das Eisen nicht unmittelbar aus dem Ofen vergossen wurde, stach man es gewöhnlich dreimal täglich in eine längliche, in Sand geformte Grube, das sogenannte Massbett, ab. Erst später wurde es bei den größeren Abstichen üblich, jedesmal mehrere Masseln zu gießen.

Die Ofenreisen waren im 15. Jahrhundert sehr kurz. Man blies den Ofen am Montag an und am Samstag wieder aus. Auch an Feiertagen unterbrach man den Betrieb. Im 16. Jahrhundert dauerten die Ofenreisen ein bis höchstens drei Monate. Jahrelange Ofenreisen, wie wir sie heute haben, waren noch im 18. Jahrhundert selten, weil die Gestelle der Holzkohlenhochöfen zu rasch wegschmolzen, und weil man die für den kohlenfressenden Hochofen erforderlichen Kohlen selten rasch genug herbeischaffen konnte. Im Winter unterbrach auch der Frost die Arbeit, wenn der Bach und das Rad eingefroren waren.

Die Hochöfen des 16. und 17. Jahrhunderts erzeugten täglich 800 bis 1600 kg Roheisen. Im Siegerland erhielt man z. B. gewöhnlich 1200 kg Roheisen bei etwa 40% Ausbringen und einem Verbrauch von 200% trockener Kohle. Die Hochöfen im Dillenburgerischen und im Harz lieferten dagegen nur 850 bis 1000 kg.

DER EISENGUSS

DER MITTELALTERLICHE BRONZEGUSS

Zum Verständnis der Eisengußtechnik ist es nötig, zuerst auf die Geschichte des älteren Bronzegusses einzugehen.

Schon im Altertum wurden verwickelte Gußstücke nach dem Wachsausschmelzverfahren hergestellt. Zur Anfertigung eines Standbildes machte man zuerst über einem System von Eisenstäben (Kerneisen) eine Nachbildung aus getrocknetem Lehm und schabte von der Oberfläche eine Schicht ab, deren Stärke der beabsichtigten Dicke des fertigen Bildes entsprach. Dann belegte man den Lehmkörper (Kern) mit Wachsplatten und glättete deren Oberfläche, so daß sie genau dem Urbild entsprach. Hierauf trug man einen Lehmmantel auf, der den äußeren Teil der Form bildete. Um den Kern in der richtigen Lage zu halten, wurden an verschiedenen Stellen Drähte von außen durch das Wachs hindurch in den Kern gesteckt. Die Form wurde nun durch Umwickeln mit Seilen oder Draht verstärkt und dann vorsichtig erwärmt. Das Wachs schmolz und wurde durch ein an passender Stelle angebrachtes Loch abgelassen. Dieses Loch diente später als Einguß für das geschmolzene Metall. An den Stellen der Form, aus denen die Luft nicht entweichen konnte, wurden Entlüftungen (Pfeifen) angebracht, die man in Wachs bildete.

Eine dankbare Aufgabe für die mittelalterlichen Bronzegießer war der Glockenguß, der im 5. Jahrhundert aufkam. Die Formen wurden mit der Drehschablone hergestellt. Zuerst baute man auf einer um eine wagerechte Achse drehbar gelagerten Holzspindel den Kern schichtenweise aus Lehm auf, wobei man zur Formgebung eine an den Lagern der Kerndrehbank befestigte Holzschablone benutzte, die nach dem inneren Umriß der Glocke gekrümmt war. Der Kern hatte an seinem dickeren Ende einen Ansatz, der zur Führung des Mantels diente. Der Kern wurde getrocknet und mit fein geriebener und geschlämmter Asche bepinselt, um das Anbacken der nun folgenden Lehmschicht zu verhindern. Diese wurde mit einer anderen der Oberfläche der Glocke entsprechenden Schablone abgestrichen und hieß das Hemd. Das Hemd

wurde wieder eingäschert und dann der Mantel (Rock) in Formlehm aufgetragen, den man sich durch Faulenlassen und tüchtiges Kneten und Schlagen mit dem „Bereisen“ (Abb. 78), meist unter Zusatz von Salz, Scherwolle oder Stroh zur Er-



Abb. 78. Lehmaufbereitung.
Nach G. Agricola a. a. O., S. 308.

höhung der Festigkeit, herstellte. Die Verzierungen der Glocke goß man in Gipsformen aus Wachs und klebte sie auf das Hemd. Inschriften wurden aus einzelnen Wachsbuchstaben zusammengesetzt. Dieses Verfahren hat wahrscheinlich die Erfindung der Buchdruckerkunst angeregt. Das Wachs schmolz beim Trocknen der Form aus. Wenn der Mantel durch Eisenschienen, Ringe und Drähte armiert war, hob man die ganze Form von den Lagerböcken ab und schlug die Spindel mit dem Kern und dem Hemd heraus. Durch weitere Schläge entfernte man auch die Spindel. Nun stellte man den Kern senkrecht auf und durchschnitt das Hemd auf zwei gegenüberliegenden Seiten, so daß es sich leicht ablösen ließ. Dann setzte man den Mantel auf den Kern und brachte darüber die Form der Glockenkrone an, die über ein Wachsmodell gebildet war. Große Glocken wurden auch stehend mit einer

um eine senkrechte Achse drehbaren Schablone geformt, wobei die Form stillstand. Dieses Verfahren wurde später allgemein angewandt (Abb. 79).

Anfänglich wurden die Glocken von den Mönchen gegossen, wie die ausführlichen Angaben des Mönches Theophilus über den Glockenguß beweisen. Schon früh entwickelte sich aber der Glockenguß zu einem Handwerk. Beispielsweise wird in Lübeck die Glockengießerstraße schon im Jahre 1250 erwähnt. In den Werkstätten der Glockengießer wurden aber nur die kleineren Glocken gegossen. Die größeren Glocken wurden an Ort und Stelle hergestellt. Hierzu zogen die Glockengießer von Ort zu Ort. Man findet deshalb ihre Namen auf den Glocken verschiedener Städte. Berühmte Meister waren der norddeutsche Glockengießer Hans Apengeter, der um 1350 wirkte, und der englische Meister Richard Tunnoc aus York um das Jahr 1400. Dieser Meister hat für die Kathedrale von York Glasfenster mit der Darstellung des Glockengusses gestiftet. Auch der größte mittelalterliche Glockengießer Gerhard Wou von Campen ist hier zu nennen. Er goß viele Glocken in den Niederlanden und in Norddeutschland, darunter im Jahre 1497 die 8000 kg schwere „Gloriosa“ des Erfurter Domes, die größte in Deutschland erhaltene Glocke des Mittelalters. Als man in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts in Deutschland begann, die Feuergeschütze aus

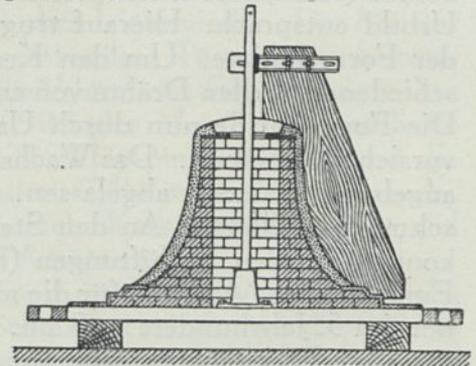


Abb. 79.
Formen einer Glocke mit Drehschablone.
Nach F. Wüst: Handbuch der Metallgießerei.
2. Aufl. Weimar 1897, S. 244.

Bronze zu gießen, wurden die Glockengießer zu Geschützgießern. Von Stadt zu Stadt und von Hof zu Hof reisend, gossen sie den Ratsherren und Fürsten Geschütze und lehrten sie den Gebrauch des Pulvers, indem sie bald hier, bald dort als Büchsenmeister auf längere Zeit in Dienst traten, oder sich zu einem Kriegszug anwerben ließen. Wie die alten Glockengießer nebenbei auch Geschütze gossen, so gossen später die Stückgießer nebenbei auch Glocken und Kunstwerke. Beispielsweise goß Gregor Löffler, der berühmte Geschützgießer Karls V., Figuren für das Grabmal Kaiser Maximilians in Innsbruck.

Die ersten Steinbüchsen gleichen den Glocken. Es ist deshalb anzunehmen, daß man sie wie Glocken gegossen hat, also mit dem Stoßboden nach oben und mit der Mündung nach unten. Mörser wurden immer umgekehrt gegossen. Als man den Lauf der Geschütze zur Verstärkung der Pulverwirkung und zur Erhöhung der Treffsicherheit verlängerte, erkannte man, daß beim umgekehrten Guß der am stärksten beanspruchte Teil des Geschützes, der Stoßboden, am schwächsten wird. Jetzt drehte

man die Form um und hing den Kern von oben in die Form ein. Dieses Verfahren erhielt sich mit geringen Abweichungen bis in die Neuzeit. Zuerst ließ sich der Büchsengießer ein Holzmodell herstellen, das in seiner Gestaltung dem Geschütz entsprach und an einem Ende das Modell für den verlorenen Kopf und am anderen einen Wulst hatte. An den beiden äußersten Enden war das Modell rund abgedreht, um es auf der Schablonierbank lagern zu können. Wie beim Glockenguß befestigte man nun eine Schablone vor dem Modell und brachte auf diesem in Lehm und Wachs die gewünschten Friese und Verzierungen an. Zur Formung der Schildzapfen befestigte man seitlich am Modell zwei nach außen hin schwach kegelförmig verdickte Holzklötze. — In Ermangelung eines Holzmodells machte man sich das Geschützmodell aus Lehm, wie es beim Glockenguß üblich war.

Das Modell wurde nun geäschert oder eingeölt, und dann wurde schichtenweise Formlehm aufgetragen. Die fertige Form wurde armiert, dann wurde das Modell durch kräftige Schläge herausgetrieben und der noch in der Form sitzende Lehm aus den Friesen usw. herausgeschnitten. Auch die Modelle für die Schildzapfen wurden herausgezogen und die Öffnungen mit Scheiben aus Lehm verschlossen. Zum Schluß wurde die Form stehend durch hineingeworfenes Holz oder auf einem kleinen Ofen, mit engem Loch zum Entweichen der Gase, gebrannt.

Der zweite Teil des Geschützes ist die Stoßbodenform, die genau in die Muffe am Ende des Mantels paßt. Ihre Anfertigung aus einer schablonierten Lehmscheibe war an sich einfach, konnte aber höchste Kunstfertigkeit erfordern, weil man den Stoßboden oft verzierte, indem man einen Griff in Form einer Traube anbrachte oder das

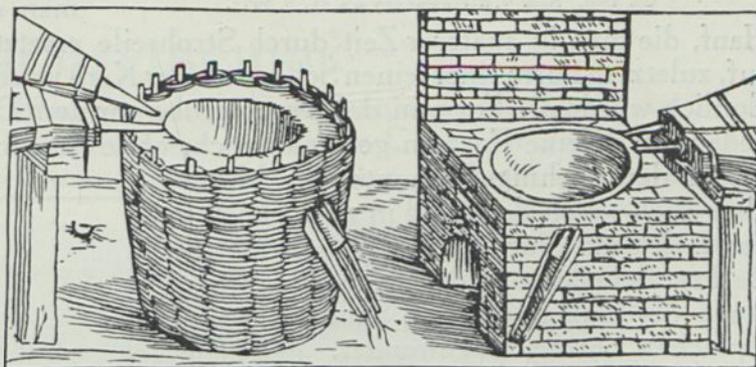


Abb. 80. Herd zum Bronzeschmelzen.

Um 1500. Nach V. Biringuccio a. a. O., S. 105 r.

Geschütz in einen Tierkopf enden ließ, der den Ring zum Richten des Rohres lose im Maul trug. Bei solchen Kunstwerken mußte man mit Wachsmodellen arbeiten. In späterer Zeit hatten die Geschütze im Schwerpunkt oft Henkel, die mit Vorliebe

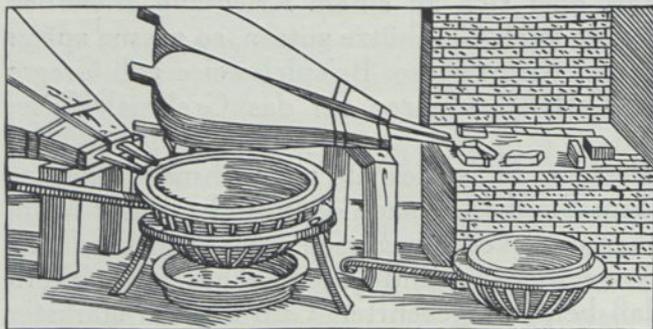


Abb. 81. Kelle zum Bronzeschmelzen.
Um 1500. Nach V. Biringuccio a. a. O., S. 105 r.

als Delphine ausgebildet waren. Man formte diese für sich in zwei Hälften über Metallmodellen und setzte die Formteile auf das Geschützmodell. Nun folgte als dritter Hauptteil des Geschützes der Kern. Diesen baute man auf einer eisernen Kernspindel auf, die am Ende einen Ansatz zum Herausschlagen hatte. Damit das Kerneisen leichter aus dem fertigen Gußstück herausging, umwickelte man es zuerst mit Bindfaden oder

Hanf, die man in späterer Zeit durch Strohseile ersetzte, und trug darauf den Lehm auf, zuletzt in Form einer feinen Schlichte. Der Kern wurde in einer Kohlenglut gebrannt. Endlich wurde die Form in der Dammgrube vor dem Ofen zusammengebaut und eingedämmt. Kleine Formen goß man auch, ohne sie einzudämmen. Außer dem Lehmguß kannte das Mittelalter auch schon den Guß in getrocknetem Sand, den man für kleine Gegenstände wie Becken, Schellen und dergleichen benutzte. Auch der Guß in grünem Sand wurde bei einfachen Formen angewendet.

Zum Einschmelzen der Bronze dienten im Mittelalter Gebläseschächte mit Holzkohlenfeuerung, die unseren Kuppelöfen entsprechen. Kleine Öfen baute man als einfache Herde, wobei man über den Rand blies und den Herd zum Zusammenhalten der Kohlen durch einige Steine erhöhte. Der Herd hatte unten ein Abstichloch. Zur Herstellung eines solchen Herdes benutzte man entweder eine Schmiedesse (Abb. 80 rechts), oder man kleidete einen Kessel mit Lehm aus. In Ermangelung eines solchen genügte auch ein großer Weidenkorb (Abb. 80 links). Eine noch einfachere, sehr beliebte Bauart des Herdes war die Kelle, ein kleiner tragbarer Herd ohne Abstichloch, den man unter das Gebläse setzte, nach dem Einschmelzen des Metalls zur Form trug und durch Kippen in diese entleerte (Abb. 81).

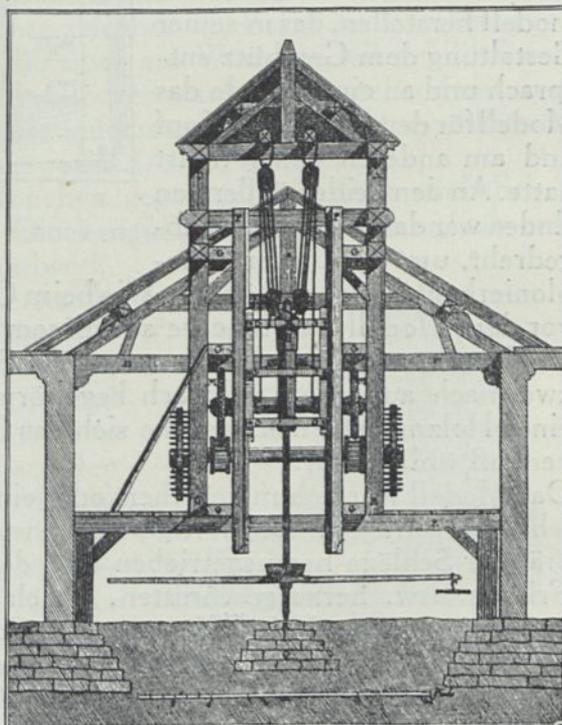


Abb. 82. Stehendes Bohrwerk
zum Ausbohren von Geschützen. 17. Jahrhundert.

Nach Encyclopédie méthodique.
Planches Bd. 1, Paris 1783. Abt. Fontes des canons, Taf. 17.

Große Stücke goß man aus richtigen Schachtofen. Man baute diese entweder aus Steinen oder aus Lehm in Flechtwerk auf, indem man Pfähle im Kreise herum in die Erde rammte und diese durch Weidengeflecht verband. Derartige behelfsmäßige „Essen“ waren dort am Platze, wo man nur wenige Stücke goß. Sie erreichten eine Höhe von 5 m. Zum Guß des großen Geschützes zur Belagerung Konstantinopels durch die Türken im Jahre 1452 schmolz der Ungar Orban in zwei gemauerten Essen 32 t Bronze in 72 Stunden ein.

Der Abstich der Schmelzöfen erfolgte durch Eindrücken eines Zapfens mit einer gebogenen Eisenstange. Das Metall floß durch eine mit Lehm beschmierte Holzrinne in die Form. Nach dem Erkalten legte man die Form frei, schlug den Formmantel ab, zog das Gußstück aus der Dammgrube und schlug die Kernspindel durch Schläge gegen den Ansatz heraus. Dann stach man den Kernlehm aus. Die Seelen der Geschütze wurden in den meisten Fällen nachgebohrt. Hierzu dienten liegende oder stehende Bohrwerke mit Göpel- oder Wasserradantrieb (Abb.82).

DIE ÄLTESTE EISENGUSSTECHNIK

Die Wiege der neuen Kunst des Eisengusses stand im Rheinland. Der erste urkundlich erwähnte Eisengießer ist der Büchsenmeister Merckeln Gast, der gegen Ende des 14. Jahrhunderts in einer Aufzeichnung über seine Künste gelegentlich einer Bewerbung bei der Stadt

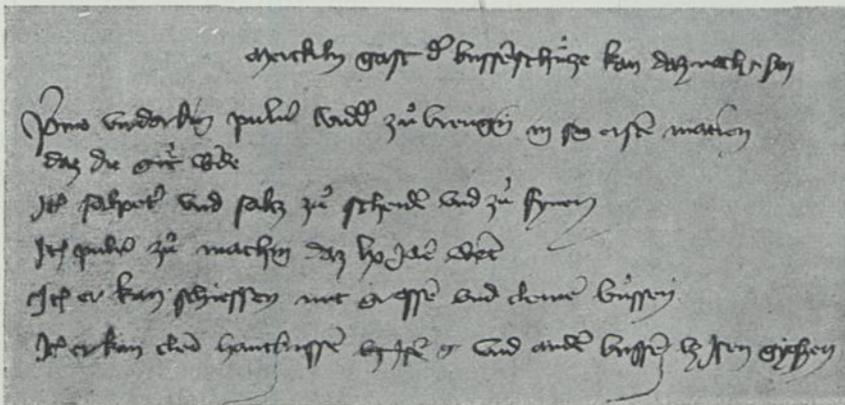


Abb. 83. Aufzeichnung über die Kenntnisse des Büchsenmachers Merckeln Gast. Ende des 14. Jahrhunderts. Stadtarchiv Frankfurt a. M.

Merckeln gast der bussenschütze kan daz nachgeschriben
 Primo virdorben pulver widder zu bringen in sin ersten materien
 daz die gut werde
 Item salpeter und salcz zu scheiden und zu fynen
 Item pulver zu machin daz 60 jare weret
 Item er kan schießen mit großen und cleinen bussen
 Item er kan clein handbussen ~~uz jaen~~ und andere bussen uz jsen gyeszen
 Nach B. Rathgen in Stahl und Eisen 40 (1920), S. 149.

Frankfurterklärte, daß er eiserne Geschütze gießen könnte (Abbild. 83). Die von den Büchsenmeistern beim Eisenschmelzen benutzte Technik entsprach derjenigen des Bronzegusses. Man schmolz Eisenschrott im „Glockengießerofen“ (Schachtofen) oder in der Kelle unter Zusatz von verflüssigendem Zinn und Spießglanz ein und vergoß die „Speise“ gut heiß. In der ersten

Hälfte des 15. Jahrhunderts kannte man aber auch schon den Guß aus dem Hochofen, den „Guß aus dem Erz“. Die Formtechnik wurde vom Bronzeuß übernommen und bietet nichts Bemerkenswertes, denn die gußeisernen Geschütze waren gewöhnlich klein und schmucklos. Allerdings wird schon um die Mitte des 15. Jahrhunderts ein gußeisernes Prunkgeschütz in Gestalt eines Löwen erwähnt, und ein Mörser des Siegerländer Meisters Hans Bender vom Jahre 1538 im Wiener Arsenal ist schön verziert (Abb.84).

Als Feld- und Belagerungsgeschütze standen die gußeisernen Rohre den bronzenen nach, dagegen wurden sie zur Bestückung von Burgen, Städten und Schiffen viel benutzt, wo es auf leichte Beweglichkeit nicht ankam und man deshalb schwerere Rohre verwenden konnte. Die Stadt Lübeck hatte beispielsweise im Anfang des 16. Jahrhunderts nur eiserne Geschütze auf ihren Wällen und Schiffen.

Ebenso alt wie der Geschützguß ist der Kugelguß. Da die gegossenen Bronzekugeln wegen ihres hohen Preises keine Bedeutung erlangten, ging man schon früh

zum Guß eiserner Kugeln über. Schon 1415 hatte die Stadt Freiburg im Breisgau einen Eisengießer, der auch für Straßburg Kugeln goß.

Die Kugeln wurden gewöhnlich in Gußschalen gegossen. Zur Herstellung derselben bettete man eine Kugel von der gewünschten Größe zur Hälfte in Erde ein und formte darüber in Gips eine halbkugelförmige Schale, die als Modell für den Guß der Kokillen diente. Hierzu benutzte man anfangs Bronze und später Gußeisen. Die Kokillenhälften hatten Zapfen, um sie beim Guß mit einer großen Zange zusammenzuhalten. Später versah man die Kokillen mit mehreren Vertiefungen, so daß man gleichzeitig mehrere Kugeln gießen konnte.

Im 16. Jahrhundert wurden die gegossenen Kugeln noch unter dem Wasserhammer überschmiedet. Derartige Kugeln waren den geschmiedeten an Rundung gleich, aber an Härte überlegen. Auch die gußeisernen Kugeln waren noch sehr wertvoll und wurden deshalb nach Beendigung der Kämpfe

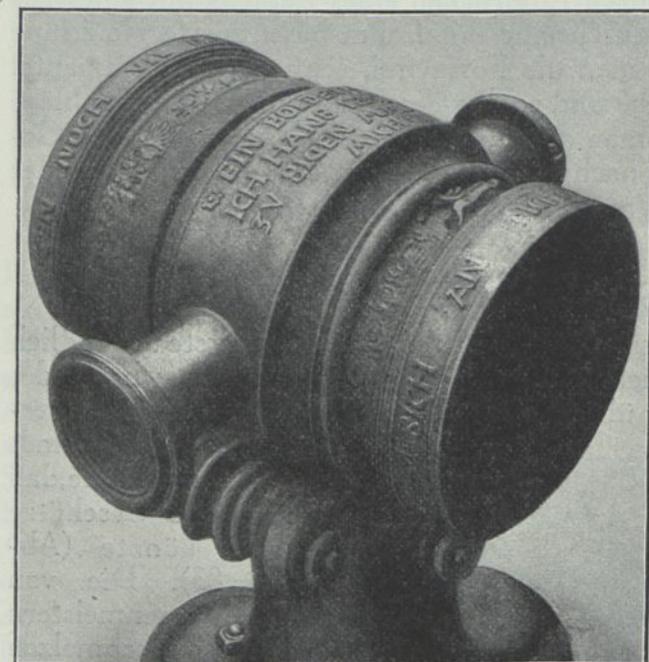


Abb. 84. Verzierter Mörser des Siegener Meisters Hans Bender aus dem Jahre 1538.

Kaliber 19 cm. Heeresmuseum Wien.

Nach O. Johannsen in Stahl und Eisen 39 (1919), S. 1464.

Auf dem Mündungsfries: Disteln stechen ser
Fals Zungen noch vil mer 1538

Auf dem Mittelfeld: Ein Bolder heis
ich Hans Pender
zv Sigen macht
mich

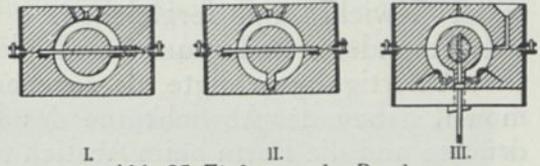
Auf dem Bodenfries: H P sich an dich dan strof mich

gesammelt. Beispielsweise mußten die Bürger der Stadt Reutlingen nach Eroberung ihrer Stadt durch Herzog Ulrich von Württemberg im Jahre 1506 alle Kugeln, die in ihre Stadt geworfen waren, aufladen und nach Stuttgart schaffen.

Gegenüber dem Guß durch Umschmelzen, zu dem man in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts Gußbruch und das leicht vergießbare Roheisen der Hochöfen verwandte, trat der Hochofenguß immer mehr hervor. Auch die eisernen Kugeln wurden nur zum kleinsten Teil durch Umschmelzen in den Arsenalen oder im Felde während des Krieges hergestellt, meistens aber von den Hochofenwerken bezogen. Die Fürsten legten Hochofenwerke ausschließlich zum Kugelguß an.

Den Eisenkugeln hielt kein Mauerwerk stand. Burgen, die mit ihren vier Meter starken Mauern und wegen ihrer unzugänglichen Lage auf Felshöhen im Mittel-

alter für uneinnehmbar galten, wie die Schlösser des Franz von Sickingen, des letzten Fehderitters, wurden in wenigen Tagen in Trümmer geschossen oder öffneten die Tore, wenn die ersten „eisernen Büchsensteine“ durch die Mauern fegten. Bei der Belagerung von Kufstein im Jahre 1605, bei der Kaiser Maximilian, der Freund und Förderer des Geschützwesens, selbst die Geschütze richtete, schlugen die Eisenkugeln durch den Hauptturm glatt hindurch in die hinter der Burg liegende Bergwand. Die Städte fürchteten sich vor den Eisenkugeln nicht und ließen ihre Erdwälle ruhig mit Kugeln pflastern. Doch auch ihre Herrlichkeit schwand dahin, als die Mörser Explosivgeschosse schleuderten, die hoch im Bogen über die Wälle flogen und im Innern der Stadt Verwüstung und Brand anrichteten. Die ersten Explosivgeschosse waren Handgranaten, die mit gepichteter Leinwand umhüllt waren. Seit 1400 goß



I. II. III.
Abb. 85. Einformen der Bomben.
16. bis 17. Jahrhundert.

Nach O. Johannsen in Zeitschr. f. hist. Waffenk. 8 (1918/20), S. 19.

- I. mit durchgehender Kernspindel, Brandloch seitlich;
- II. desgl., Brandloch unten;
- III. mit freistehendem Kern.



Abb. 86. Guß einer Kaminplatte.

Nach einem Gemälde von Léonard De France (1735—1805). (Musée de peinture, Lüttich.)
Nach Le livre d'or de l'exposition de Charleroi en 1911. Bd. 2, S. 228.

man Bronzehohlkugeln. Ihre Anfertigung erfolgte nach dem Wachs ausschmelzverfahren, das man um 1450 auch für den Guß der ersten eisernen Hohlkugeln benutzte. Aus dieser unvollkommenen Technik entwickelte sich langsam der später übliche Guß der Bomben im geteilten Sandkasten über einen Lehmkern (Abb. 85). In der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts diente der Eisenguß auch schon friedlichen

Zwecken, und zwar zuerst im Siegerland, wo sich der Eisenguß am frühesten zu einem wichtigen Erwerbszweig der Eisenhütten entwickelt hat. Man goß Röhren, die in ihrer Art den Läufen der Hinterladergeschütze entsprachen, ferner Glocken, Brat-
 roste, Gewichte und dergleichen.

Von besonderer Bedeutung wurde der Guß verzierter Ofen- und Kaminplatten. Ihre Anfertigung erfolgte als sogenannter offener Herdguß, indem man das Holzmodell neben der Abstichrinne des Hochofens lose in einem ebenen Sandbett abdrückte und die Form beim Abstich voll laufen ließ oder mit der Kelle füllte (Abb. 86). Wenn das vorhandene Modell nicht das gewünschte Größenmaß hatte, formte man den Rand der Platte mit Hilfe von Sandlinealen und drückte innerhalb der Form ein oder



Abb. 87. Gotische Kaminplatte mit der Jahreszahl 1497.

Am oberen Rande der Name „Poelit van der Aer“.

Vgl. E. Schrödter in Stahl und Eisen 34 (1914), S. 1075.
 Sammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.

mehrere Modelle oder Gegenstände ab. Im Gegensatz zu den oft sehr dicken Kaminplatten, die zur Verzierung und zum Schutze der Rückwand der Kamine dienten, mußten die Ofenplatten dünn und gleichmäßig gegossen werden, damit sie nicht durch die Hitze zersprangen.

Die gußeisernen Ofen- und Kaminplatten sind kunstgeschichtlich sehr wertvoll, weil sie Geschmack und Kunst-
 richtung des 15. bis 19. Jahrhunderts an den mannigfachsten Bei-

spielen zeigen. Viele Altertumsmuseen haben eine reiche Sammlung dieser Platten. Am bedeutendsten ist die Sammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute in dessen Geschäftshaus in Düsseldorf. Sie umfaßt über 1200 verschiedene Platten. Die ältesten Stücke dieser Sammlung sind spätgotisch, meist mit Darstellungen von Heiligen (Abb. 87). Dann folgen Renaissanceplatten, die in den evangelischen Ländern Szenen aus dem Alten Testament zeigen, für das die Reformation das Interesse neu erweckt hatte (Abb. 88). Biblische Darstellungen finden sich bis in die Neuzeit. Besonders beliebt war die Geschichte vom Ölkrug der Witwe zu Zarpas (Abb. 89) und in den Weinbaugegenden die Hochzeit zu Kana. Der Verein deutscher Eisenhüttenleute besitzt von der ersten Darstellung nicht weniger als 29 und von der zweiten sogar 34 verschiedene Platten.

Neben biblischen Darstellungen finden sich Wappen, die zumal in den außerdeutschen Ländern beliebt waren, sowie geschichtliche und allegorische Darstellungen und Szenen aus dem täglichen Leben. Abb. 90 zeigt eine deutsche Platte mit der Dar-

stellung des Hüttenwesens und Abb. 91 eine englische Kaminplatte aus dem Jahre 1636, worauf sich der Hüttenmeister mit seinem Hochofen und seinen Gießerwerkzeugen selbst dargestellt hat.

Während die gotischen Platten in ihren Darstellungen ziemlich plump sind, erreichte die Kunst der Holzschnitzer im 16. Jahrhundert eine große künstlerische Höhe. Sie



Abb. 88. Renaissance-Ofenplatte nach Modellen von Philipp Soldan. 16. Jahrhundert.

In der Mitte die Erschaffung der Eva, links als theologisches Gegenstück die Verkündigung Mariae, umgeben von den Attributen der Evangelisten. Die männlichen Figuren gehören zum Sagenkreise der 7 Helden, dazwischen die Römerin Lucretia als eine der 7 Heldinnen.
Sammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.

schnitten ihre Modelle aus Eichenholz oder aus einer leichter zu bearbeitenden Holzart, z. B. Birnbaum. Der beste Formschneider dieser Zeit war Philipp Soldan aus Frankenberg, der für die Eisenhütten des hessischen Zisterzienserklosters Haina arbeitete. Die Platte der Abb. 88 ist eine Arbeit dieses Meisters. Später ging die Kunst in Deutschland zurück. Man kopierte alte Modelle schlecht und arbeitete mit ausdruckslosen Flachreliefs.

Ähnlich wie Kaminplatten goß man die nur spärlich erhaltenen gußeisernen Grabplatten. Abb. 92 zeigt eine Grabplatte Siegerländer Arbeit im Kloster Marienstatt (Westerwald). Das gleiche Bild mit entsprechend geänderter Umschrift findet sich noch auf zwei weiteren Gräbern. Im Laufe des 16. Jahrhunderts wurden die Grabplatten durch die gußeisernen Grabkreuze verdrängt.

Wichtig war auch der Guß eiserner Feuerböcke. Man formte die Vorderseite im Herde ab, stellte den geschmiedeten oder für sich gegossenen Holzträger senkrecht in der Form auf und goß ihn ein (Abb. 93).

Die Eisengießer des 16. Jahrhunderts benutzten auch schon geschlossene Sandformen. Die hierzu dienenden Formkasten (Gußladen) bestanden aus Holz. Auf



Abb. 89. Ofenplatte mit der Darstellung der Geschichte vom Ölkrüglein der Witwe von Zarpas. 1670.

Inchrift auf dem Fries: Non est inopia timentibus deum. Psal. 55.

Inchrift unten: Gen Sarept gesant Elisa von Got als
sie litten gros Hungersnot ein wenig
Ohls und Mehls er fant. Davon speist
er das gantze Land. 1670.

Sammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.

diese Weise goß man die Eckleisten zum Zusammenfügen der eisernen Ofenplatten. Auch die Röhren wurden später liegend mit geteilten Modellen in Sand eingeformt; auf alten Röhren sieht man deshalb die Längsnaht.

Der Topfguß war für die alten Eisengießer die schwierigste Arbeit und gelang erst um das Jahr 1500. Die Chinesen waren allerdings schon viel früher Meister dieser Kunst. Sie benutzten das Wachsausschmelzverfahren und gossen ihre außerordentlich dünnwandigen Töpfe aus dem Kuppelofen, wobei die Formen vorher glühend gemacht wurden. Zum Schluß folgte ein mehrtägiges Ausglühen der Gußstücke. Die europäischen Eisengießer arbeiteten beim Topfguß wie beim Glockenguß mit einem Hemd aus Lehm, das nach dem Zerschneiden des Formmantels herausgenommen wurde.

Griffe und Füße wurden mit losen

Holzpflöcken geformt. Eine ebenso klare wie ausführliche Darstellung dieser Technik findet sich in dem französischen Werke „Description des arts et métiers“. Das erste Bild (Abb. 94) zeigt im oberen Teil eine Werkstatt, in der die Lehmformen für gußeiserne Fleischtöpfe hergestellt werden. Man sieht rechts im Vordergrund einen Arbeiter, der den erforderlichen Lehm mit den Füßen durchknetet. Links davon sind zwei Leute mit der Anfertigung der Lehmformen beschäftigt. An der linken Seitenwand bemerkt man die Trockenvorrichtung für die Lehmformen und an der rechten Seitenwand die fertigen Gußformen selbst.

Der untere Teil der Abbildung veranschaulicht die Herstellung einer Lehmform für einen Fleischtopf in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen. Die Form besteht in der Hauptsache aus einem Lehmkern und einem ebenfalls aus Lehm angefertigten Mantel. Kern und Mantel erhalten ihre Form durch besondere Schablonen. Zur



Abb. 90. Kaminplatte mit einer Darstellung des Hüttenwesens. 18. Jahrhundert.

Inscript: Ora et labora.

Links oben Holzkohlenbereitung und Erzförderung aus einem Schachte, in der Mitte Transport der Schmelzstoffe zum Hochofen, rechts unten der Hochofen während des Abstichs in das Masselbett, links unten die Frischhütte mit Frischherd und Aufwerfhammer.

Sammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.

Herstellung des Kernes umwickelt der Former zunächst eine konische Welle, an der eine Kurbel sitzt, mit einem Strohseil und gibt dem Seil durch Drehen der Kurbel so viele Windungen, bis der Strohseilkörper etwa die Form des gewünschten Kernes hat; hierauf bedeckt er den Strohseilkörper mit dem durchgekneteten Lehm, dessen Überschuß mit einer Schablone abgestreift wird. Der fertig abgedrehte Lehmkern wird getrocknet, sodann mit in Wasser aufgeschlämmter Kreide bestrichen und darauf nochmals getrocknet. Auf den so vorbehandelten Kern bringt man eine Lage von weniger fettem Lehm, deren Dicke der Wandstärke des zu gießenden Topfes entspricht und durch eine zweite Schablone bestimmt wird. Nach nochmaligem Trocknen bestreicht

man auch diese Lehm­schicht mit Kreidewasser. Der Mantel der Gußform wird in ähnlicher Weise mittels einer aufgelegten Lehm­schicht und einer dritten Schablone hergestellt. Der



Abb. 92. Gußeiserne Grabplatte im Kloster Marienstatt (Westerwald).

In­schrift: Anno 15 . . den . . Tag des . . ist in Got christlich abgescheiden der edle und ernveste Johan von Selbach (Seelbach) Marschalck zu Crutorf (Crottorf) der Sele Got genedig sei.

Die Platte ist zu Lebzeiten des um 1550 verstorbenen Ritters gegossen.

Nach O. Johanssen in Stahl u. Eisen 31 (1911), S.504, Taf.13.

können. Nun schneidet der Former den Mantel mit einem Messer längs der markierten Linie auf, zieht die beiden Mantelhälften ab, entfernt die zweite Lehmlage und setzt die Formen für die Füße an. Zum Schluß verschließt der Former das Loch, das die konische Welle in dem Kern hinterlassen hatte. Hierauf bringt er die beiden Mantel-

Former bezeichnet nunmehr auf dem Mantel die Stelle, wo die Füße und die Henkel angebracht werden sollen,

und markiert sodann eine Linie, nach der der Mantel später aufgeschnitten werden muß, um die zweite Lehm­schicht zu entfernen. Nachdem die Form getrocknet ist, setzt der Arbeiter die Formen für die Henkel an und läßt das Ganze trocknen. Mit einem kleinen Holzhammer schlägt er hierauf auf das dünne Ende der konischen Welle, so daß diese und auch das Strohseil aus der Form herausgezogen werden



Abb. 91. Kaminplatte des Richard Lennard, Iron Founder at Brede Fournes in Sussex. 1636.

Nach Ch. Dawson: Sussex Iron Work and Pottery. Sussex Archaeological Society's Collections Vol. 46 (1905), Taf. 8 f.

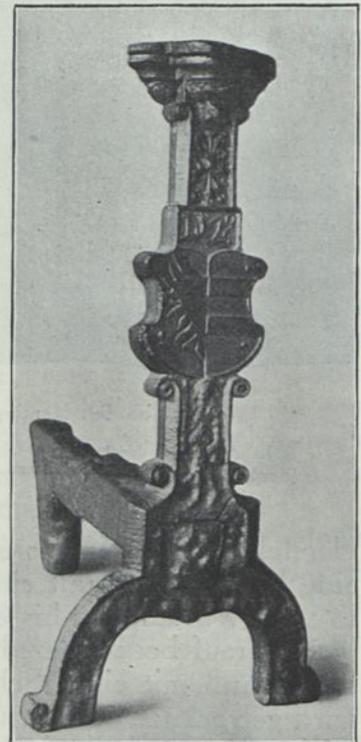


Abb. 93. Gußeiserner Feuerbock aus dem Jahre 1579.

Kunstgewerbe-Museum, Berlin.

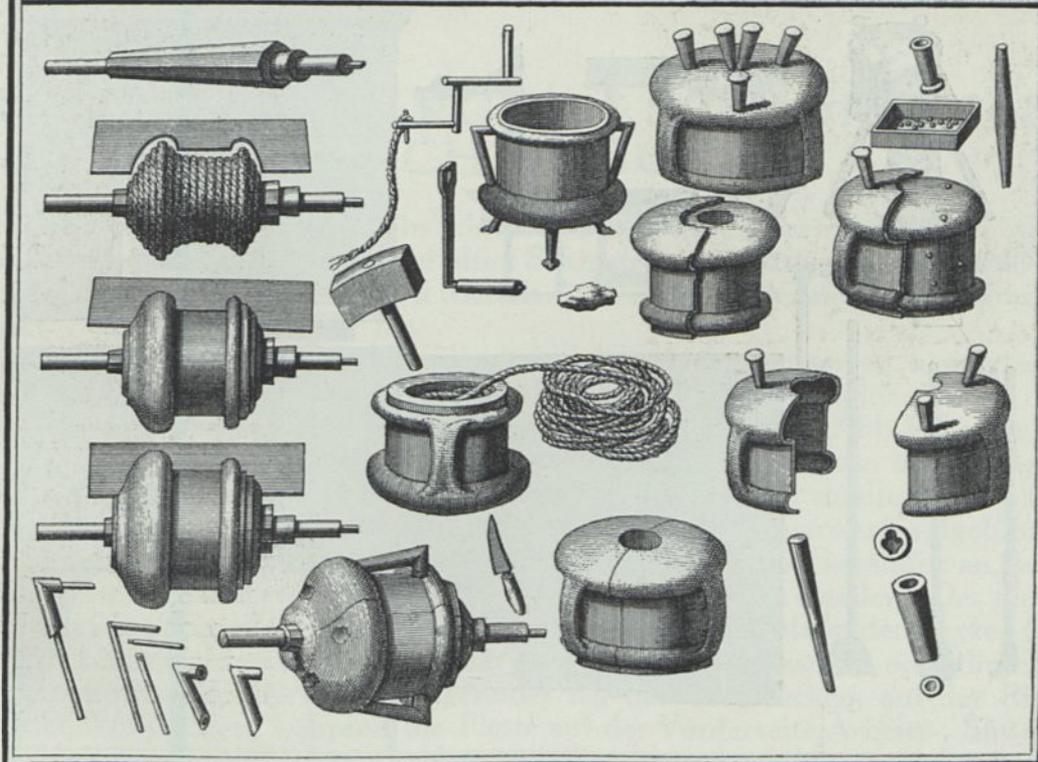
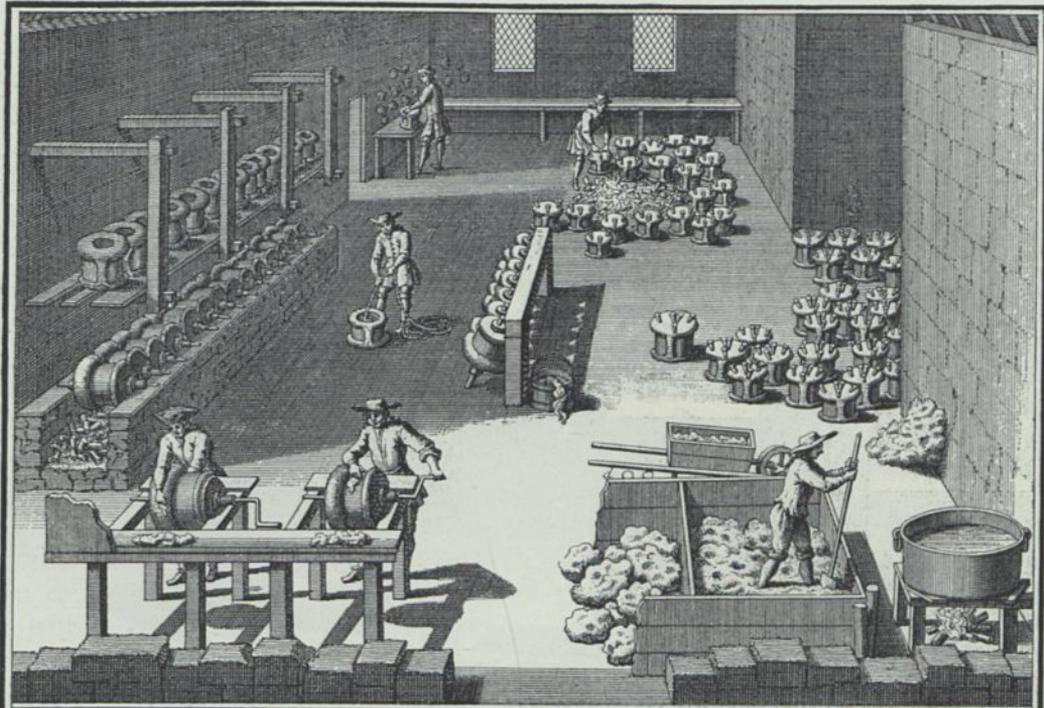


Abb. 94. Herstellung einer Topfform. I.
 Nach Courtivron et Bouchu a. a. O., Taf. 10.

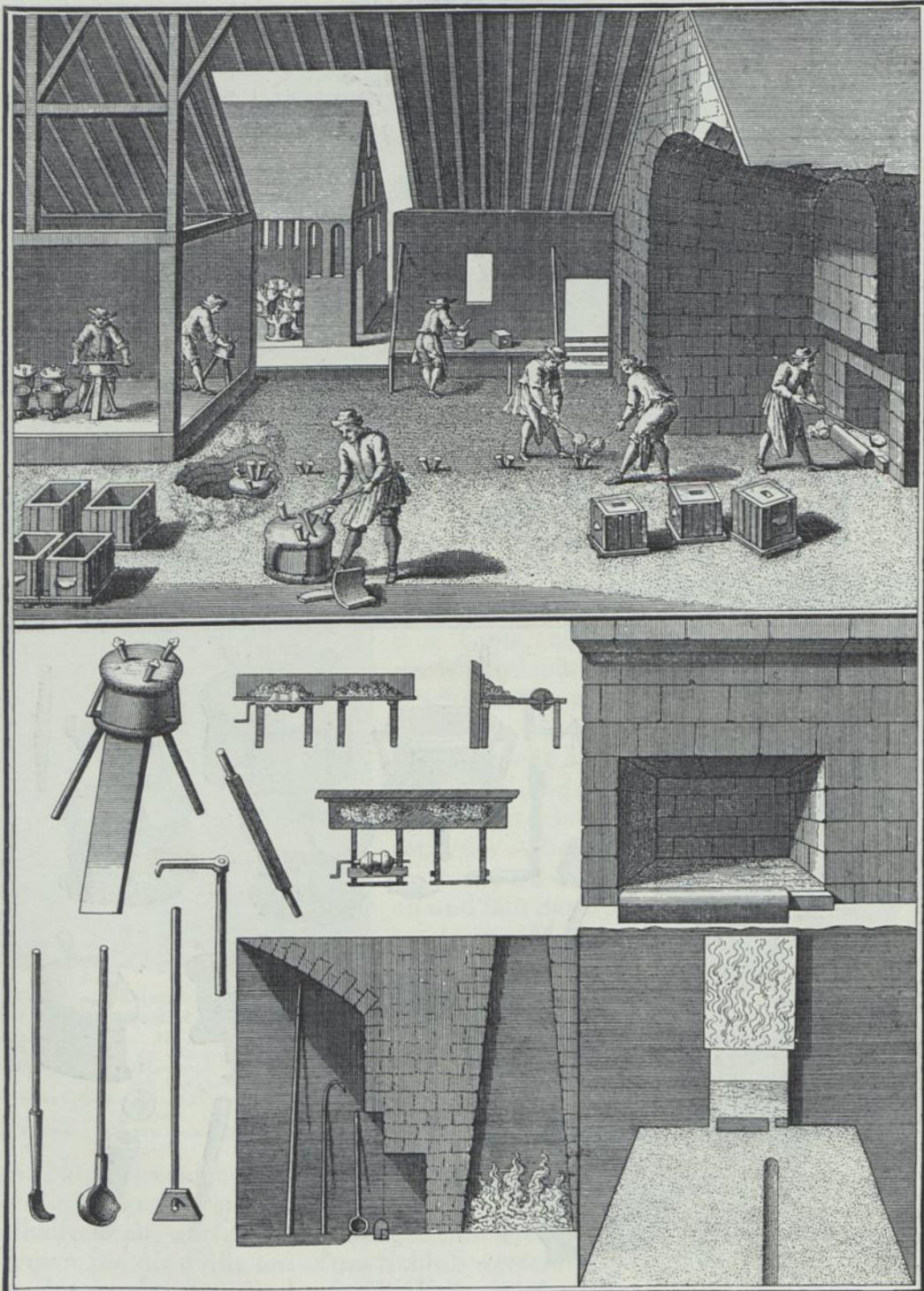


Abb. 95. Herstellung einer Topfform. II.
 Nach Courtivron et Bouchu a. a. O., Taf. 11.

hälften über den Kern und hält sie durch einige Bleikugeln, deren Durchmesser der Wandstärke des Topfes entspricht, überall in gleichem Abstand von dem Kern. Die Spalte, die von dem Messerschnitt herrührt, wird mit Lehm verschmiert, worauf man die schon vorher vorbereiteten Eingüsse ansetzt. Darauf läßt man das Ganze trocknen. Die getrockneten Formen werden in der Nähe des Schmelzofens in Sand eingebettet, dergestalt, daß nur die Eingüsse über die Hüttensohle hervorragten.

Im oberen Teil der Abb. 95 erblickt man rechts den Schmelzofen und davor einen Arbeiter, der im Begriffe ist, mit einer Schöpfkelle geschmolzenes Eisen herauszuholen. Links davon sieht man zwei Arbeiter, die das geschmolzene Eisen durch zwei Eingüsse in die im Sand eingebettete Lehmform gießen. Noch weiter links davon ist ein Arbeiter damit beschäftigt, die abgegossene Form zu zerschlagen. Auf der linken Seite des Bildes bemerkt man zwei Arbeiter, die die fertigen Töpfe putzen. Im Vordergrund links stehen einige leere Formkasten für den Sandguß, rechts im Vordergrund sind drei fertige Sandformen zum Abguß bereit, und im Hintergrund erblickt man einen Arbeiter, der mit der Herstellung einer Sandform beschäftigt ist.

Der untere Teil des Bildes zeigt rechts unten einen Querschnitt durch den Schmelzofen, links davon einen Längsschnitt durch denselben Ofen, und rechts darüber blickt man in den Raum, aus welchem der Gießer das geschmolzene Eisen ausschöpft. Links unten sieht man ein Schüreisen, einen Gießlöffel und einen Feuerhaken; darüber das Gestell, das zum Gußputzen dient, und in der Mitte drei Schnitte durch den Arbeitstisch, der zur Anfertigung der Lehmformen dient.

DIE DARSTELLUNG DES SCHMIEDEISENS DURCH FRISCHEN

Um das Roheisen der Hochöfen in schmiedbares Eisen zu verwandeln, benutzte man ein Verfahren, das nach Ansicht der alten Schmelzer eine Reinigung war und wie der entsprechende Vorgang bei anderen Metallen „Frischen“ genannt wurde (französisch „affiner“, englisch „to refine“).

Die ältesten Frischfeuer, wie man sie beispielsweise in Thüringen benutzte, waren sogenannte Löschfeuer. Sie bestanden aus einer Grube von Kohlenlösche, die man anfeuchtete und feststampfte, wenn das Feuer gemacht wurde (Abb. 96). Die eigentlichen Frischherde besaßen eine von zwei Seiten zugängliche Esse, über der sich der mit Funkenblechen versehene „Essenkorb“ erhob. Dieser war in ältester Zeit tatsächlich ein lehmbeleidetes Flechtwerk, später wurde er in Mauerwerk aufgeführt. Der Frischherd lehnte sich mit der Rückwand an die Wand des Gebäudes an, während auf der anderen geschlossenen Seite, der Formseite, die Bälge standen. Der Herd war, wenigstens in späterer Zeit, ringsum mit eisernen Platten eingefast, den Zacken (Taken) oder Abbrändern. Man unterschied vier Zacken, den Formzacken oder die Eßeisenplatte unter der Windform, ihr gegenüber lag der Gichtzacken, auf der Rückseite stand der Wolfszacken, während die Platte auf der Vorderseite Arbeits-, Sinter- oder Schlacken-zacken hieß. Sie hatte Löcher zum Abstechen der Schlacke. Auf dem Arbeitszacken lag gewöhnlich noch die Eßbank aus 50 mm starkem Eisen, um mit der Brech-

stange bequem im Herde arbeiten zu können. Auch der Windzacken trug meistens eine besondere Gichtplatte, auf die man die einzuschmelzenden Roheisengänse legte.

Theoretisch ist das Frischen eine Oxydation der Fremdstoffe des Eisens in einem mit überschüssigem Wind betriebenen Kohlenfeuer, also in einer kohlenensäure- und sauerstoffhaltigen Atmosphäre. Der Vorgang wird dadurch befördert, daß sich beim Frischen im Herde eine eisenoxydulreiche Schlacke (Frischfeuerschlacke) bildet, die gleichfalls oxydierend auf die im Eisen enthaltenen Fremdstoffe wirkt. Die Bildung dieser Schlacke wird durch oxydierende Zuschläge erleichtert. Praktisch entwickelte sich das Verfahren aus dem Ausheizen der unreinen und ungleichförmigen Luppen der Rennfeuer und Stücköfen. Der Unterschied besteht nur darin, daß

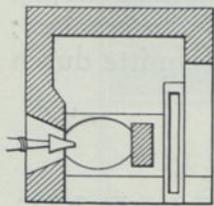
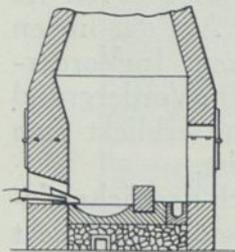


Abb. 96. Thüringer
Löschfeuer.
Um 1800.

Nach C. J. B. Karsten
a. a. O., Taf. 39.

das Roheisen der Hochöfen gleichmäßiger zusammengesetzt und reicher an Fremdstoffen ist. Außerdem geht das leicht schmelzende Hochofeneisen immer erst in den flüssigen Zustand über, bevor es sich in schmiedbares Eisen verwandelt. Das gefrischte Eisen hieß deshalb im Gegensatz zum Rennfeuereisen zweigeschmolzenes Eisen.

Die Frischverfahren änderten sich im Laufe der Jahrhunderte und wurden den örtlichen Verhältnissen, insbesondere der Beschaffenheit des Eisens, immer besser angepaßt. Es entstand eine Reihe verschiedener Verfahren, die sich durch ihre bis ins kleinste festgelegte Arbeitsweise und durch den Bau des Frischfeuers unterschieden. Das Studium der einzelnen Verfahren ist für den Forscher lehrreich, weil ihre Verbreitung die Wege anzeigt, auf denen sich die Technik weiter verpflanzt hat; ihre Beschreibung würde hier aber zu weit führen.

Im allgemeinen unterscheidet man zwei Arten von Frischverfahren, und zwar erstens die in Oberitalien, in der Eifel und im Siegerland gebräuchliche Einmalschmelzerei. Bei diesem Verfahren wird das Roheisen durch einmaliges Einschmelzen im Frischfeuer unmittelbar in schmiedbares Eisen verwandelt. Das Verfahren ist bei reinem

und niedrig gekohltem Roheisen anwendbar, wie es z. B. die Kärntner Floßöfen lieferten. Im Schleidener Tal (Eifel) frischte man das Roheisen im Hochofen selbst vor. Man nannte das Verfahren „Destillieren“, worunter man im Mittelalter auch andere Reinigungsverfahren außer derjenigen durch Verdampfung verstand. Wenn das Gestell mit Eisen gefüllt war, zog man die Schlacke möglichst gut ab und machte mit dem Formstecher unmittelbar über der Form aus Ton eine „Nase“ von etwa 5 cm Länge. Dadurch wurde der Windstrom nach unten auf das Eisenbad gelenkt. Man blies so stark wie möglich. Das Eisen fing an zu wallen und wurde heißer, während sich die Schlacke schwarz färbte. Nach ein bis vier Stunden stach man ab. Das Eisen war porös und fast silberweiß. Es ließ sich rasch frischen. Alle dreiviertel Stunden war eine Luppe von 30 bis 35 kg fertig.

Ein anderer Weg bestand darin, daß man das fertige Roheisen einem Oxydationsprozeß unterwarf. Bei der Salzburger Sinterarbeit pochte man graues Roheisen glühend unter einem schweren Hammer, wie festen Eisenstein, und löschte es mit Wasser ab. Der Roheisensand wurde mit Sinter gemengt und mit Wasser angefeuchtet im Frischerde auf einer hohen Kohlschicht aufgegichtet, wobei man das Feuer durch einen Steinrand schachtofenartig erhöhte. Man schmolz die Mischung langsam ein. Auf

dem Boden des Frischherdes bildete sich sofort eine schmiedbare Luppe, die noch den alten Namen „Renn“ trug. So erhielt man in dreieinhalb Stunden etwa 70 kg Stabeisen, wobei man aber etwa 200 kg Holzkohlen verbrauchte.

Ähnlich ist das in der Lombardei und in Südtirol als Mügla-Arbeit, in Kärnten als Brockenschmiede und in Frankreich als Bergamasker Schmiede bezeichnete Frischverfahren. Hierzu wurde das Roheisen in einem großen, mit Eisenplatten ausgesetzten und mit einer stark geneigten (stechenden) Form versehenen „Hartzerrenherd“ eingeschmolzen. Dann wurden die Kohlen bis auf das blanke Metallband abgeräumt, gare, d. h. eisenoxydreiche Zuschläge, wie Sinter, eingetragen und mittels einer Holzstange mit dem Eisen verrührt. Das Eisen wurde nun mit einer Art Schaufel auf ein Bett von gepochter Frischfeuerschlacke geschafft und mit letzterer nochmals verrührt. Nun wurde der Herd ausgebessert und das Gemisch aus gekörntem Roheisen und garen Zuschlägen nochmals im Herde zu einer gefritteten Masse zusammengebacken, die dann in einem kleinen Frischherde verarbeitet wurde.

Aus diesem Verfahren entwickelte sich im 17. Jahrhundert in Kärnten ein anderes Frischverfahren, bei dem das Eisen vorher einem Glühfrischprozeß unterworfen wurde. Hierzu ging man von Roheisen „blatteln“ aus, die man nach Schmalkaldener Sitte durch „Scheibenreißen“ aus einem Roheisensumpf herstellte. Die Blatteln von 10 bis 15 kg Gewicht und einer Dicke von nicht über 7 mm wurden in einem einfachen Herd, der über 5000 kg Blatteln faßte, senkrecht nebeneinander aufgestellt und mit Kohlen überschüttet. Nach etwa 30 Stunden waren die Blatteln genügend entkohlt („gebraten“) und ließen sich durch einmaliges Niederschmelzen leicht in schmiedbares Eisen verwandeln.

Bei der zweiten Art von Frischverfahren verzichtet man auf die sofortige Bildung von garem Schmiedeisen und arbeitet zuerst auf ein Zwischenerzeugnis hin, das sich auf dem Boden des Frischherdes sammelt, dann mit Brechstangen aufgebrochen, über die Form gehoben und nochmals vor dem Winde eingeschmolzen wird. Diese Verfahren hießen die Aufbrechschmiederei oder deutsche Frischarbeit. Hierzu ist auch graues und phosphorhaltiges Roheisen brauchbar, denn beim wiederholten Schmelzen geht der Phosphor bei der niedrigen Temperatur des Frischfeuers größtenteils in die Schlacke. Die Kunst der Aufbrechschmiede besteht darin, das Eisen beim ersten Niederschmelzen so weit zu entkohlen, daß es auf dem Boden des Frischfeuers nicht mehr in dünnflüssigem, sondern in teigigem Zustand ankommt. Diese Arbeit wurde bei der als Kaltfrischerei bezeichneten, besonders im Rheinland üblichen Technik dadurch erleichtert, daß man die Kohlen nach dem ersten Niederschmelzen abräumte und das im Herd befindliche Eisenbad mit Wasser abkühlte. Natürlich verlängerte man hierdurch die Arbeitsdauer und erhöhte den Kohlenverbrauch. Die Aufbrechschmiede kam von Deutschland nach Frankreich und wurde dort als Franche-Comté-Schmiede bezeichnet.

Bei den Frischverfahren ist weiter zu unterscheiden, ob das Anwärmen der Luppen während des Ausschmiedens im Frischfeuer oder in einem besonderen Reckherd erfolgt. Letzteres Verfahren heißt nach seiner Heimat die Wallonschmiede. Auch die Schleidener-Tal-Arbeit ist eine Wallonschmiede. Das Verfahren lieferte eine größere Erzeugung und war auch wegen der Arbeitsteilung vorteilhaft, denn die Frischer und Hammerschmiede konnten sich ihren Arbeiten ungestört widmen.

Das Eisen wurde beim Frischen um so reiner, je weniger Roheisen man in Arbeit nahm und je kleiner die Feuer waren. Durch die stärkere Oxydation in der kleinen Esse wurde aber auch der Abbrand erhöht. Ein sehr gleichmäßiges Erzeugnis erhielt man dadurch, daß man das vor der Windform niedertropfende Eisen unmittelbar auffing. Man nannte dieses Verfahren das Anlaufen. Hierzu hielt man einen Eisenstab unter fortwährendem Drehen unter die Form. Wenn der Anlauf eine bestimmte Stärke erreicht hatte, nahm man den Anlaufstab heraus und brachte ihn unter den Hammer. Der ausgeschmiedete Kolben wurde von der Stange abgehauen und diese wieder ins Feuer gebracht. So wurde der Osemund für die Drahtfabrikation in der westfälischen Mark und im angrenzenden Sauerland aus Siegerländer Roheisen hergestellt, als schwedisches Roheisen nicht mehr zu haben war. Auch bei der in Süddeutschland üblichen Schwabenschmiede, einer Abart des deutschen Aufbruchverfahrens, wurde beim Garschmelzen ein Anlauf genommen. Es war auch üblich, mit einem Stabe Teile der Luppe aus dem Boden herauszureißen. Man nannte dies den gezwungenen Anlauf oder das Judenfrischen. Auch dieses Anlaufeisen war von vorzüglicher Güte und diente zur Drahtfabrikation. Das Verfahren hatte aber den Nachteil, daß man die Güte der zurückbleibenden Luppe durch das Anlaufnehmen verringerte.

STAHLFABRIKATION

Während im Mittelalter der Stahl größtenteils unmittelbar aus den Erzen erzeugt wurde, ging man nach der Erfindung der Hochöfen immer mehr zur Bereitung des Stahles im Frischfeuer über. Die den Stahlfrischverfahren ähnliche Brescianer Schmiede ist bereits erwähnt worden. Aus ihr hat sich in späterer Zeit die Kärntner Rohstahlarbeit entwickelt, die mit Spiegeleisenblatteln arbeitete.

Bei der Siegener Rohstahlarbeit schmolz man zuerst Garschlacke und dann nach und nach das in Brocken zerschlagene Roheisen ein. Während des Niedergehens desselben wurden in dem verbleibenden Raum des Herdes die in zwei Schirbel zerschlagene Luppe („Schrei“) der vorhergehenden Schmelzung ausgeheizt. Die Entkohlung des Roheisens erfolgte nur durch die in etwa 10 cm Höhe über dem Eisen stehende Schlackenschicht. Nach etwa einer halben Stunde verwandelte sich das Eisenbad in eine teigförmige Masse, worauf mehr Roheisen eingesetzt wurde. In etwa acht Stunden wurden 150 bis 200 kg Stahl hergestellt, wobei 150% Holzkohlen verbraucht wurden und der Abbrand 25% betrug.

WIRTSCHAFTLICHE UND SOZIALE VERHÄLTNISSE

Im Kohlenverbrauch war das neue Verfahren dem alten unterlegen. Bei den reinen spanischen Erzen verbrauchte man in Hochofen und Frischfeuer zusammen angeblich doppelt soviel Kohlen wie in der Katalansmiede. Außerdem kostete der Bau eines Hochofens mit zwei Frischfeuern im 18. Jahrhundert 60 000 bis 80 000 Mark, während der Bau einer Katalansmiede mit zwei Feuern, mit der gleichen Erzeugung wie das Hochofenwerk, nur 8 000 Mark kostete. Dazu kam die Einfachheit der Arbeit und die Güte des Rennfeuer Eisens.

Aus dem 16. Jahrhundert sind von den Hütten des Harzes mehrere Betriebsabrechnungen erhalten. In der Clusinghütte wurde das Schmiedeisen unmittelbar aus Erz gewonnen. Die Erzeugungskosten für 1000 kg Rennfeuereisen setzten sich im Jahre 1590 wie folgt zusammen:

Eisenstein	8,82 Fuder	·	34,30	Mark
Kohlen	13,90	„	57,04	„
Löhne und Allgemeines		·	24,92	„
zus.			116,26	Mark.

Demgegenüber verbrauchte die Teichhütte, ein Hochofenwerk, je 1000 kg Frischfeuereisen:

im Hochofen:	Eisenstein	7,07 Fuder	·	30,03	Mark
	Kohlen	13,36	„	51,14	„
	Löhne und Allgemeines		·	11,24	„

ferner zum Verfrischen und Schmieden:

Kohlen	8,09 Fuder	·	40,11	Mark
Löhne		·	18,82	„
zus.			151,34	Mark.

Zum Zerrenneisen wurden demnach

an Eisenstein	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	15	%	mehr verbraucht als zum Frischeisen
„ Kohlen	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	37 ½	%	weniger „ „ „ „
„ Löhnen und Allgemeines	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	17	%	weniger „ „ „ „

Diese keineswegs glänzenden wirtschaftlichen Ergebnisse konnten den Sieg des neuen Verfahrens nicht aufhalten. Zugunsten des Hochofens sprach die Möglichkeit, das Eisen zu vergießen, die vorhandenen Erzvorräte zu schonen, ärmere Erze zu verwenden und endlich die Erzeugung zu steigern. So wurde der Hochofen der Mittelpunkt der ganzen Eisenindustrie.

Während die Hochfinanz des Mittelalters, wie die Fugger und Welser, die Kupfer- und Silbergewinnung beherrschten, gehörten die Eisenhütten entweder kleinen Unternehmern erbeigentümlich oder waren Eigentum der Landesherren, die sie an Hüttenleute verpachtet hatten, meist gegen einen Zins und eine Jahresabgabe an Gußwaren und Schmiedeisen. Der Wald war Eigentum der Landesherren. Ein gemütliches patriarchalisches Verhältnis verband die beruften Hütten- und Hammerarbeiter mit ihrem Meister, dessen liebste Zerstreung darin bestand, abends unter seinen Leuten auf der Bank am Hochofen und am Hammer zu sitzen. Wie einzelne Hüttenmeisterfamilien jahrhundertlang auf den Hütten eines Landes tätig gewesen sind, z. B. die Schölller in der Eifel von 1550 an 331 Jahre mit 29 Mitgliedern, so vererbte sich auch der Beruf des Schmelzers und Hammerschmieds vom Vater auf den Sohn. Dabei war die Arbeit schwer und die Arbeitszeit lang. Bei den Hammerschmieden begann die Schicht schon um 3 Uhr morgens und endete erst um 7 Uhr abends nach 16stündiger Dauer. Nur am Samstag machte man um 3 Uhr Schicht, damit die auswärtigen Arbeiter nach Hause wandern konnten. Die Löhne waren auch für die damalige Zeit niedrig. Gegessen, geraucht und getrunken wurde aber kräftig. Die Tagesmahlzeit der Siegerländer Hammerschmiede, die allerdings selbst Anteil an den Werken hatten, bestand nach dem ergötzlichen Bericht des Dichters Jung-Stilling „morgens aus einer

Biersuppe mit Rahm und ein paar Eiern, steif gebrockt mit gutem Roggenbrot, dazu einen fetten Pfannkuchen von Weizenmehl mit Speck und Eiern und darauf ein Butterbrot, auf welches die herrlichste, süßeste und schmackhafteste Butter fingerdick gestrichen war; des Mittags eine kraftvolle Fleischbrühe mit Weißbrot steif gebrockt, mit allerhand Kräutern und Gewürzen reichlich versehen, dabei eine große Schüssel des schönsten Gemüses auf die fetteste und beste Weise zubereitet, nebst einem mächtigen Stück Ochsenfleisch, das auf der Schüssel von Fettigkeit zitterte, und dann noch ein gutes Butterbrot zum Schluß. Des Abends endlich machte ein nußbraun gebratenes großes Kalbsviertel mit Salat und Eiern den Beschluß. Das fette und kostbare Siegensche Bier wurde dabei den ganzen Tag durchaus nicht gespart.“ Auch an Feiertagen und Festmahlzeiten fehlte es nicht, besonders am Schluß einer Hochofenreise wurde kräftig gefeiert, und wenn im Sommer kein Wasser da war und wenn im Winter Bach und Rad eingefroren waren, zog alles in den Wald, denn „gar lustig ist die Jägerei“, wie es im Liede vom „Jäger aus Kurpfalz“ heißt, dessen Urbild selbst ein Hüttenmann gewesen ist.

Schon früh gelang es einzelnen tüchtigen Gewerken zu Wohlstand zu kommen. Berühmt ist das Beispiel des steirischen Hammermeisters Peter Pögl am Thörl bei Aflenz. Dieser führte große Lieferungen von Geschützen, Hakenbüchsen und Kugeln für Kaiser Friedrich III. und die Stadt Wien aus. Nach seinem Tode im Jahre 1490 übernahm sein Sohn Sebald das Werk, baute es großartig aus und wurde der Krupp des für die Waffentechnik begeisterten Kaisers Maximilian. Die Bedeutung seiner Lieferungen geht aus einer Bestellung des Kaisers aus dem Jahre 1500 hervor, derzufolge Sebald Pögl den halben Jahresbedarf des Innsbrucker Zeughauses, bestehend aus 250 großen und 1000 kurzen Hakenbüchsen, 25 Haubitzen und 120 Kammerschlangen, zu liefern hatte. Im Jahre 1502 wurde ihm befohlen, 80 Knechte nur für die Dienste des Kaisers zu beschäftigen. Daneben arbeitete er für Wien und andere Städte, ja er lieferte um 1506 sogar für 1000 Gulden Geschütze an die Stadt Lübeck. Sebald Pögl wurde um 1505 in den Adelsstand erhoben. Er starb 1540. Seine Nachkommen verschwägerten sich mit den österreichischen Adelsgeschlechtern und wurden Freiherren, aber ihr Werk am Thörl ging zurück, da die geschmiedeten Geschütze und Kugeln durch den Bronze- und Eisenguß aus der Mode kamen.

An anderen Stellen entwickelten sich die Verhältnisse nicht so günstig. Durch Vererbung zersplitterten sich die Hütten- und Hammertage immer mehr, und die fetten Zeiten verschwanden. Trotzdem blieb das Leben auf den alten Hütten „am rauschenden Bergbach im grünenden Wald“ ein Idyll, und dieses Idyll hat schon im 16. Jahrhundert seinen Dichter gefunden. Der Humanist Nikolaus Bourbon der Ältere, ein Sohn des Hüttenmeisters zu Vendeuvre in der Champagne, hat in kunstvollen lateinischen Versen die Eisenhütte seines Vaters besungen. Trotz des großen Aufwands an klassischer Mythologie, der damals üblich war, ist das Gedicht noch heute lesbar, ja die poetische Schilderung des Lebens der Köhler im einsamen Walde wirkt auch auf den Menschen unserer Zeit erhebend. Daneben ist das Gedicht für die Geschichte des Hüttenwesens durch seine Einzelschilderungen wichtig. Viele der oben mitgeteilten Einzelheiten entstammen der „Ferraria“ des Nikolaus Bourbon¹⁾.

¹⁾ Eine deutsche Übersetzung in Hexametern hat Harald Schütz (Göttingen 1896) herausgegeben.

DIE WEITERE ENTWICKLUNG IM HOLZKOHLENZEITALTER

DEUTSCHLAND

Auf die Blüte des deutschen Handwerks im Mittelalter folgte seit den unglücklichen inneren Kämpfen der Reformationszeit, die mit dem völligen Zusammenbruch Deutschlands durch den Dreißigjährigen Krieg endeten, eine Zeit des Stillstandes und des Verfalls. So große Verdienste das Zunftwesen anfänglich für die Förderung des Handwerks hatte, so sehr hemmte es in der späteren Zeit den technischen und wirtschaftlichen Fortschritt. Aus dem wohlbegründeten Stolz des kunstfertigen Meisters wurde dünkelfhafte Anmaßung. Das Beschauen der Waren durch die Obrigkeit diente nur noch zur Unterdrückung von Neuerungen. Um über schlechte Geschäftszeiten hinwegzukommen, wußte man kein anderes Mittel als die Einschränkung der Erzeugung. Man muß die Lebensgeschichte der großen Künstler wie Albrecht Dürer, Peter Vischer und Desiderius Kolman lesen, um zu verstehen, wie die Zünfte den Tüchtigen das Leben verbittert und ihren Tatendrang gehemmt haben. Die Zünfte arteten immer mehr zu Cliques aus, deren einziger Zweck es war, den Söhnen und Schwieger- söhnen der Meister ein behagliches Dasein zu sichern. Dazu kam die unheilvolle politische Tätigkeit der Zünfte und Gesellenstuben, welche die für das Blühen des Gemeinwesens erforderliche scharfe Zucht untergruben. Wenn das Eisenhüttenwesen sich auch in diesen traurigen Zeiten langsam weiter entwickelte, so lag das vor allem daran, daß zum Kriegführen Eisen nötig war.

Im Anfang des 17. Jahrhunderts tauchten die hölzernen Blasebälge auf, und zwar zuerst im Harz. Bereits im Jahre 1550 hatte der Nürnberger Meister Hans Lob- singer in einem Verzeichnis seiner Künste, das er dem dortigen Rate einreichte, auch Blasebälge ohne Leder von Holz für Schmelz- öfen und Orgeln erwähnt. Die Holzbälge entsprachen in ihrer äußeren Form den Lederbälgen (Abb. 97). Sie bestanden aus einem um das Scharnier *f* beweg- lichen hölzernen Oberkasten *a* von der Form eines Kreissektors und einem feststehenden Bodenbrett *b*. Der wichtigste Teil war die

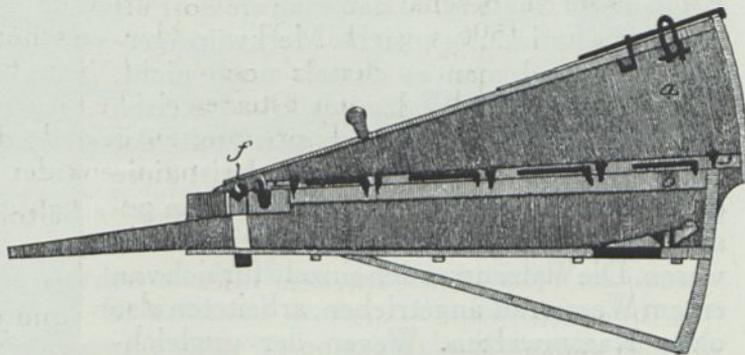


Abb. 97. Holzblasebalg.

18. Jahrh. Nach J. C. Garneij a. a. O., Taf. 13.

Abdichtung des Oberkastens gegen den Boden. Diese bestand aus Holzleisten, die durch Federn gegen die Wände gepreßt wurden. Die Holzbälge hatten den Vorzug, daß sie sich nicht so rasch abnutzten, nicht so leicht verbrannten und stärkeren Wind lieferten. Endlich waren sie bedeutend billiger. Am raschesten nutzten sich die Dichtungsleisten ab, doch diese konnten leicht erneuert werden.

Für die weiterverarbeitende Eisenindustrie war die Entstehung der Reckhämmer und Zainhämmer von Bedeutung. Diese schmiedeten das von den Hütten gelieferte



Des Eisens großes Stück muß klein,
 eh es der Werth vergrößert werden.
 Nicht anders künde Menschheit Erde
 zu Gottes Werkzäug tauglich seyn,
 bis ihn die Demüt klein gemacht,
 Paru Stoltz würd hier, und dort verlacht.

Abb. 98. Zainhammer. Um 1700.
 Nach Chr. Weigel: Abbildung der Gemein-Nützlichen
 Haupt-Stände . . . Regensburg 1698, S. 348.

Belgien und England, so daß man sie dort als heimische Erfindung ansieht. Merkwürdigerweise verstand man es damals noch nicht, durch Kanten des Walzgutes Quadrateisen auszuwalzen. Man begnügt sich mit der Streckung von Blechen und zerschnitt diese durch Schneidscheiben in Stäbe, die den geschmiedeten natürlich nicht gleichwertig waren. Die Walzen wurden einzeln für sich von einem Wasserrad angetrieben, arbeiteten also ohne Kammwalzen. Wegen der ungleichmäßigen Umdrehungsgeschwindigkeit der Räder war es nötig, Richtplatten vor und hinter den Walzen anzubringen. Unmittelbar hinter den Walzen standen die Schneidscheiben, deren Messer aus gutem Stahl hergestellt sein mußten. Die Platinen wurden in einem Glühofen angewärmt (Abb. 100). Werfen wir nun einen kurzen Blick auf die verschiedenen Eisenhüttenbezirke Deutsch-

grobe Eisen unter leichten Hämmern zu dünnen Drahtzainen, Stabeisen und Bandeisen aus (Abb. 98), das den städtischen Schmieden ihre Arbeit erleichterte, aber auch ihre Kunstfertigkeit beeinträchtigte.

Zu den alten Stahlherstellungsverfahren kam im 17. Jahrhundert die Zementstahlfabrikation, anscheinend eine deutsche Erfindung. Eisenstangen wurden in Tiegeln nach Art der Glashäfen mit Kohle eingesetzt und tagelang geglüht.

Das Messerschmieden wurde durch die Raffinierhämmer vereinfacht. Diese gärbten den Rohstahl und schmiedeten ihn zu Schienen aus, welche die Messerschmiede sofort zu Klingen verarbeiten konnten.

Ein großer Fortschritt in der Weiterverarbeitung des Eisens wurde durch die Einführung der Walz- und Schneidwerke erzielt. Walzwerke wurden zuerst in den Münzen zum Auswalzen der Platinen und dann zur Herstellung der Bleiplatten für Dächer und Orgelpfeifen benutzt (Abb. 99). Die Verwendung der Walzwerke im Eisenhüttenwesen ist eine deutsche Erfindung des 16. Jahrhunderts, die dem Hans Lobsinger zugeschrieben wird. Die Eisenwalzerei kam aber schon früh nach

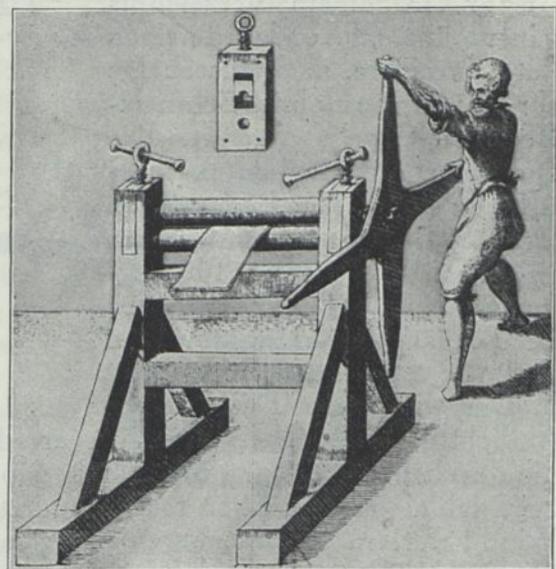


Abb. 99. Bleiwalzwerk.
 Nach Salomon de Caus: Les raisons des forces mouvantes . . .
 Francfort 1615. Livre III^e, S. 2 b.

lands, so finden wir die Eisen- und Stahlindustrie Steiermarks und Kärntens nach wie vor in Blüte. In Steiermark ging man im 18. Jahrhundert, dem Vorgange der Stadt Steyr folgend, langsam zum Floßofenbetrieb über. Im Jahre 1569 kam die österreichische Regierung wegen der vielfachen Klagen der Hüttenbesitzer über Absatzmangel auf den unglücklichen Gedanken, den Kaufleuten („Verlegern“) bestimmte Hämmer, diesen wieder bestimmte Hütten und letzteren endlich bestimmte Kohlwaldbezirke zu „widmen“. Dieses Monopolsystem hatte zur Folge, daß der eine den anderen

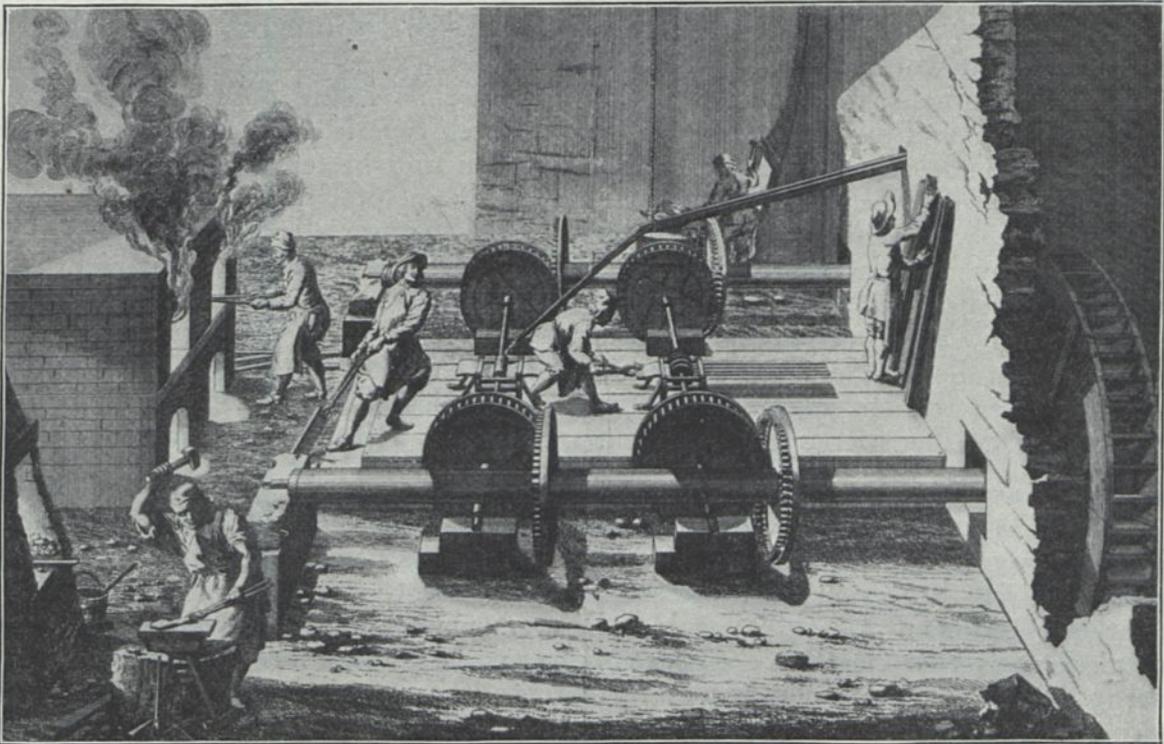


Abb. 100. Eisenschneidwerk bei Lüttich.
18. Jahrhundert. Nach E. Svedenborg a. a. O., Taf. 29.

drückte und betrog. Im Jahre 1583 wurden alle Verleger der Stadt Steyr zu einem Syndikat unter Staatsaufsicht vereinigt. Es entstand daraus 1625 die Innerberger Hauptgewerkschaft, die die ganze Eisenindustrie unter staatliche Kontrolle brachte und die Erzeugung auf die einzelnen Hütten verteilte. Dadurch war jedes Streben und jeder Fortschritt gehemmt, und die Gewerkschaft verteilte trotz des ihr zur Verfügung stehenden Erz- und Waldreichtums dauernd eine geringe Dividende. Joseph II. hob die „Widmung“ im Jahre 1781 auf und gab der Gewerkschaft die Selbstverwaltung. Die alten Gewerke konnten sich an die neue Technik nicht gewöhnen, und so kam ein Werk nach dem andern an vorwärtsstrebende Eisenhändler aus der Stadt Steyr. Ähnlich lagen die Verhältnisse in Kärnten, wo die Stadt St. Veit das Verlagsrecht hatte. Unter den Verlegerfamilien des Hüttenbergs spielten eine hervorragende Rolle die Rauscher und die Christallnig. Der reiche Gewerke Georg Baltasar Christallnig

wurde erst in den Freiherrn- und dann in den Grafenstand erhoben. Auch die Gewerkenfamilie Egger aus Leoben brachte es bis zum Grafentitel.

Ein anderer Eisenhüttenbezirk von dauernder Blüte war der Harz. Für den Oberharz bemühten sich besonders die tüchtigen Fürsten von Braunschweig, nachdem die Herzogin Elisabeth von Braunschweig, eine geborene Gräfin von Stolberg (gest. um 1520), die Eisenhütten von Grund und Gittelde wieder in Blüte gebracht hatte. Die Fürstin hatte das Interesse für das Bergwesen von ihrer Heimat mitgebracht. Der bedeutendste unter den Braunschweiger Fürsten war der Herzog Julius (1568 bis 1589). Er war als dritter Sohn Heinrichs des Jüngeren ursprünglich zum geistlichen Berufe bestimmt worden, zumal er kränklich war. Da er sich entgegen dem Willen seines streng katholischen Vaters offen zur lutherischen Lehre bekannte, mußte er eine traurige Jugend durchmachen. In dieser harten Schule groß geworden, wurde er nach dem Tode seines Vaters einer der tätigsten und besten deutschen Fürsten. Seinem Wahlspruch „aliis in servando consumor“ entsprach sein Leben. Wie es damals üblich war, kümmerte er sich als Landesvater um alle Einzelheiten seines Landes. Am meisten lag ihm das Berg- und Hüttenwesen am Herzen, das nicht nur die größte fiskalische Einnahmequelle war, sondern ihn auch persönlich fesselte. Zur Schonung der Wälder verbot er den Schmieden, Holzkohlen zu verwenden, und verwies sie auf die am Harz vorkommenden Mineralkohlen. Der Bergbau wurde verbessert, Stollen wurden angelegt und tüchtige Fachleute herangezogen. So ließ er sich für die Salzbergwerke den berühmten Johannes Rhenanus kommen.

Selbst mit der Verkokung oder, wie man damals sagte, Abschwefelung der Steinkohlen beschäftigte er sich. Neue Eisenhütten wurden angelegt und besonders Hochofenwerke gegründet. Gußeiserne Kanonen, Mörser und Kugeln wurden zum Verkauf im Großbetrieb hergestellt. Ein gutes Geschäft machte der Herzog mit aus Bleischlacke gegossenen Geschützkugeln. Er versuchte auch die alte Technik des Schmiedens eiserner Geschütze wieder aufleben zu lassen und ließ zu Gittelde riesige eiserne Schlangen nach einem neuen Verfahren schmieden, indem er sie über einem Dorn aus kleinen Stücken zusammenschweißen ließ. Einige dieser Rohre befinden sich im Berliner Zeughaus. Das größte wurde im Jahre 1578 zu Gittelde geschmiedet. Es war 10 m lang, wog 8000 kg und trug die Inschrift:

„Ich heiss der eisern wilde Mann
Mein Feind ich besiegen kann.
Heinrich Greber mich hat erdacht
Zacharias Schwicker mich hat gemacht
Aus 1085 Stücken.
Gott lass seiner Gnade mehr gelücken
Herzog Julius zu Braunschweig
Zu Gittel mich ließ schmieden
Aus zweygeschmeltztem Eisen
Meinesgleichen man kaum find.“

Herzog Julius war nicht nur ein guter Techniker, sondern auch ein guter Kaufmann. Er pflegte mit seinen Abnehmern große Abschlüsse zu tätigen und bevorzugte den

Tauschhandel. Alle Abrechnungen erfolgten in bestimmten Terminen. Auch die Besoldungen wurden halbjährlich genau bei Verfall ausgezahlt. Für seine Arbeiter sorgte er durch Anlage von Kantinen und Warenlagern, worin die Leute ihre Lebensbedürfnisse zu billigen Preisen einkaufen konnten. Diese „Komisse“ sollten ohne Nutzen arbeiten.

Auch im Fürstentum Sachsen hat die Blüte des Metallhüttenwesens die Eisengewinnung gefördert. Von den sächsischen Fürsten erwarb sich der Kurfürst August besondere Verdienste um die Hebung der Eisenindustrie des Landes. Ihm hat Georg Agricola sein Lehrbuch der Metallurgie gewidmet. Die sächsischen Hütten waren seit Anfang des 17. Jahrhunderts berühmt durch die Herstellung von Weißblech und scheinen sich hierzu schon früh der Walzwerke bedient zu haben. 80000 Menschen sollen dort mittelbar und unmittelbar mit dieser Industrie in Verbindung gestanden haben.

Diese kurzen Mitteilungen über die durch keine wesentliche Neuerungen bemerkenswerte spätere Zeit des Holzkohlenhochofenbetriebes in Deutschland mögen genügen.

In den meisten der zahlreichen deutschen Länder gab es damals Hochöfen. Sogar in der Mark Brandenburg, in Pommern und in Preußen gab es kleine Werke, die aus Rasenerz ein Roheisen mit über 4% Phosphor erbliesen, das ein sehr schlechtes Stabeisen lieferte und deshalb meist vergossen wurde. Oft war die Erz- und Kohlengrundlage der Hütten so unzureichend, daß man sich ihre Gründung nur durch das geringe Anlagekapital erklären kann, das zum Bau eines Hochofenwerkes oder zur Umwandlung einer bestehenden Kornmühle in eine Hütte erforderlich war. Viele dieser alten Hochofenwerke bestehen heute noch als Gießerei, Maschinenfabrik oder Walzwerk, andere haben sich auf veränderter Grundlage zu großen Hüttenwerken entwickelt. Beispielsweise erbliesen die zahlreichen Hüttenwerke an der Saar im 18. Jahrhundert ihr Roheisen aus den im dortigen Kohlenschiefer vorkommenden Erzinsprengungen und benutzten als Brennstoff das Holz der reichen Waldbestände der Gegend. Heute verarbeiten die Saarlöthinger Erze mit Hilfe der unter dem Saarwald liegenden Steinkohlen.

LOTHRINGEN

Die Bedeutung der alten Lothringer Eisenindustrie beruhte bis in den Anfang des 19. Jahrhunderts zum größten Teil auf dem Vorkommen eines Eisenerzes, das bei den französischen Bergingenieuren „Minerai de fer fort“ hieß. Es war dies ein Bohnerz mit einem Eisengehalt von 40 bis 50%, das fast phosphorfrei war. Seine bedeutendste Ablagerung war der 450 m hohe Erzberg bei Aumetz, auf dem es hart an der Oberfläche eine Schicht von mindestens 30 m Mächtigkeit bildete. Die Erze wurden in Villerupt und Oettingen verhüttet. Ein ähnliches Erz wurde in St. Pancré bei Longwy gewonnen. Außerdem wurde in Lothringen seit alter Zeit das oolithische Erz verhüttet, das die Bergleute wegen seines hohen Phosphorgehaltes geringschätzig „Minette“ (kleines Erz) nannten. Die wichtigsten Minettehütten waren Moyeuve im Ornetal und Hayingen im Fentschtal. Moyeuve war 1323 vom Grafen Eduard von Bar als erste Hütte des Landes, die die Wasserkraft ausnutzte, gegründet worden.

1627 pachtete der Metzzer Patrizier Peter Abraham Fabert das Werk, hatte aber verschiedene Schwierigkeiten. Insbesondere riß das Hochwasser mehrmals das Wehr in der Orne fort. Schon wollte er die Sache verloren geben, als sein Sohn, der junge Abraham Fabert, damals Artilleriekapitän des Königs von Frankreich, später ein berühmter Marschall, ihm zur Hilfe kam. Der junge Fabert übernahm die Leitung des Werkes, er erbaute ein höheres Steinwehr nach wissenschaftlichen Berechnungen, das jahrhundertlang genügte, und organisierte die Arbeit auf der Hütte und die Buchführung mit militärischer Pünktlichkeit. Als sich die alten Arbeiter der Ordnung nicht fügen wollten, lohnte er alle 400 Mann an einem Tage ab und zog Ersatz von auswärts heran. Dies half, die alten Arbeiter baten um Wiedereinstellung, die allen, außer den Rädelsführern, gewährt wurde. Im Dreißigjährigen Kriege verfiel das Werk, um erst unter Herzog Leopold wieder aufzublühen, der sich in den langen Jahren seiner Regierung (1697 bis 1727) der Eisenindustrie kräftig annahm, um den Wohlstand des zerrütteten Landes wieder zu heben.

Die Eisenhütte von Hayingen kam 1704 nach häufigem Wechsel ihrer Besitzer an Johann Martin von Wendel, einen ehemals österreichischen Offizier, der damit der Begründer der für die Geschichte der Lothringer Eisenindustrie so bedeutenden Gewerkefamilie de Wendel wurde. In der Revolutionszeit wurde die Witwe von Johann Martins Sohn Charles, bekannt als „la dame d'Hayance“, zwar aus ihrem Werk verdrängt, aber unter Napoleon wurden die de Wendel wieder in ihren Besitz eingesetzt. Die de Wendelschen Werke wurden das Arsenal Frankreichs, und ihnen wurde in langen Wagenreihen das Minerai fort von Aumetz zugeführt, um das Eisen herzustellen, mit dem Napoleon die Schlachtfelder Europas überschüttete. 1811 erwarb François de Wendel auch Moyeuve.

FRANKREICH

Am Ende des Mittelalters stand Frankreich von dem englischen Einfall befreit als geschlossenes Reich da. Aus den Reformationskämpfen ging es ungeschwächt hervor. Als Frankreich dann unter Ludwig XIV. die erste europäische Großmacht geworden war, ging die Regierung energisch an die Hebung der bis dahin vernachlässigten Eisenindustrie.

Die einheimische Arbeit wurde durch hohe Einfuhrzölle geschützt. Man folgte damit dem damals herrschenden Merkantilsystem, dessen Grundsatz war, alle Waren im Lande selbst herzustellen und sich wirtschaftlich vom Auslande unabhängig zu machen. Ferner wurde die Wissenschaft herangezogen, um die bestehenden Industrien zu erforschen und neue zu schaffen. Die im Jahre 1680 gegründete Pariser Akademie der Wissenschaften begann mit der Herausgabe einer groß angelegten Beschreibung der Künste und Handwerke. Die Bearbeitung übernahm der junge René-Antoine Ferchault de Réaumur, der 1683 zu La Rochelle geboren, wegen seiner hervorragenden mathematischen Abhandlungen schon mit 25 Jahren Mitglied der Akademie der Wissenschaften geworden war. Réaumur studierte die Industrien des Landes und stellte selbst Versuche an, die zur Schaffung neuer technischer Verfahren führten. Besonders beschäftigte er sich mit der damals noch geheim gehaltenen

Fabrikation von Zementstahl durch andauerndes Erhitzen von Schmiedeisenstücken in kohlehaltigen Stoffen. Réaumur untersuchte das Verfahren wissenschaftlich. Er ersetzte die bis dahin benutzten Tiegelglühöfen durch einen Kistenglühofen. Wie Abb.101 zeigt, bestand dieser aus einem Mauerviereck, in das Kammern a und b eingebaut waren, deren dünne Wände durch Platten aus feuerfestem Ton gebildet wurden. In den Kanälen zwischen den Kammern wurde der Brennstoff eingeschüttet. Blasebälge bliesen durch das Rohr B in den Aschenfall A und fachten das Feuer durch die Schlitzdüsen n an. 300 kg Eisenstäbe von nicht über 4,5 cm Breite und 7 mm Dicke ließen sich in diesem Ofen in 24 bis 36 Stunden in Stahl verwandeln. Der Kohlenverbrauch betrug sechs bis sieben Karren, d.h. etwa 500 bis 700 ‰. Die von Réaumur gegründeten Zementstahlfabriken arbeiteten aber mit geringem Erfolg, da das französische Eisen zur Stahlherstellung zu unrein war, und Frankreich blieb nach wie vor vom ausländischen Stahl abhängig. Auch die in der Revolutionszeit vom Wohlfahrtsausschuß unternommenen Versuche zur Gründung einer französischen Stahlindustrie hatten nur teilweise Erfolg. Réaumur beschäftigte sich weiter mit dem schmiedbaren Guß. Auch dieses Verfahren war damals schon bekannt und wurde in bescheidenem Maße benutzt. Réaumur probierte die verschiedenen Entkohlungsmittel durch, wobei er jedoch merkwürdigerweise nicht auf den Gedanken kam, Eisenerze in den Kreis seiner Untersuchungen zu ziehen. An die technische Verwertung des schmiedbaren Gusses im großen dachte man damals noch nicht.

Ebenso wichtig sind Réaumurs Versuche zur Erforschung und Verbesserung der Eisengußtechnik, die schon früh in Frankreich blühte. Ein Beweis des damaligen hohen Könnens der französischen Eisengießereien sind die beim Bau der großartigen Wasserkünste von Versailles (1681 bis 1688) verwendeten eisernen Flanschenröhren mit eingegossenen Schraubenlöchern. Réaumur baute sich auf seinem Gute eine kleine Eisengießerei mit einem Umschmelzschachtöfchen, wie es die herumziehenden Zigeunerschmiede benutzten. Diese Öfen bestanden aus einem mit Lehm ausgekleideten Topf, auf den ein eiserner Schacht gesetzt wurde, und entsprachen somit der im Mittelalter üblichen Schmelzkelle. Nach dem Einschmelzen wurde der Schacht umgestürzt und die Kelle in die Gußform entleert. Réaumur machte die Öfen kippbar, so daß der Schacht beim Gießen nicht mehr abgenommen zu werden brauchte (Abb.102). Auch um die wissenschaftliche Erforschung des Eisens erwarb sich Réaumur Verdienste. Er baute Maschinen zur Prüfung der Festigkeit des Eisens und studierte das Bruchgefüge unter dem Mikroskop. Daneben beschäftigte er sich auch mit anderen technischen Untersuchungen; ihm verdankt man beispielsweise die Entdeckung des opaken Glases (Réaumurs Porzellan). Am bekanntesten ist Réaumurs Name geworden

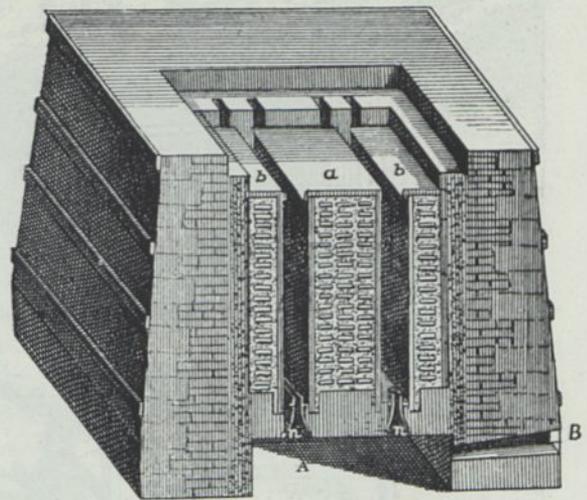


Abb. 101. Réaumurs Zementstahlöfen.
Nach R. A. F. Réaumur: L'Art de convertir le fer ...
Paris 1722, Taf. 3.

durch seine zweckmäßige Einteilung der Thermometer nach dem Gefrier- und Siedepunkt des Wassers. Beim Tode des großen Gelehrten im Jahre 1757 lagen seine Beschreibungen der Künste und Handwerke erst als unvollendete Studien vor. Um die Herausgabe der Handschrift erwarben sich nach seinem Tode der Marquis Gaspard de Courtivron, Etienne Bouchu und Henri Duhamel du Monceau Verdienste. Um das Jahr 1750 wurde die erste technische Hochschule für Ingenieurwesen, die Ecole des Ponts et Chaussées, in Paris gegründet. Um hierfür geeignete Lehrkräfte heranzuziehen, wurden begabte Schüler auf Staatskosten ins Ausland geschickt. Von

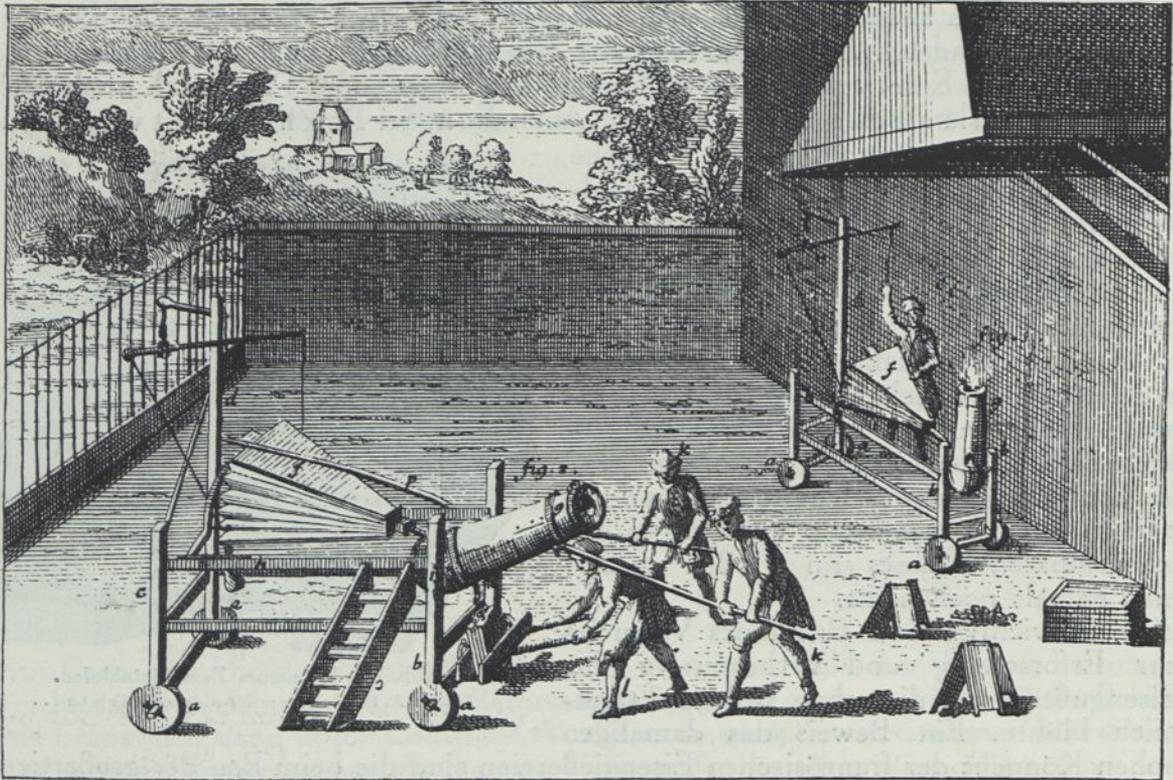


Abb. 102. Réaumur's kipbarer Kuppelofen.
Nach R. A. F. Réaumur a. a. O., Taf. 14.

größter Bedeutung waren die Reiseberichte von Gabriel Jars (1732 bis 1769), die nach dessen frühem Tode von seinem überlebenden Bruder herausgegeben wurden. Jars besuchte die Eisenhütten Steiermarks und Kärntens, studierte dann die Eisenhütten und Stahlhämmer in Tirol und reiste über Böhmen, Sachsen und den Harz nach Schweden und Norwegen. Die letzten Abschnitte seines Werkes behandeln besonders die englische Steinkohlentechnik.

Trotz seiner hervorragenden Theoretiker gelang es Frankreich nicht, sich im Eisenbezug vom Ausland unabhängig zu machen, geschweige denn in der Technik des Eisenhüttenwesens eine führende Rolle zu erreichen. Auch die eifrigen Bemühungen der Revolutionszeit und des Kaisers Napoleon blieben schließlich erfolglos.

ITALIEN

Der Waldmangel Italiens behinderte die Entwicklung der dortigen Eisenindustrie. Eine italienische Erfindung scheint das zuerst von Giambattista della Porta im Jahre 1589 erwähnte Wassertrommelgebläse zu sein (Abb. 103). Es besteht aus senkrechten Fallröhren (Tromben) F, die in das Flutgerinne eingebaut sind. Das Wasser fällt durch die Düsen I ein und reißt die durch H eingesaugte Luft mit. Die Fallröhren münden in die unter Wasser tauchenden Trommeln G, wo das Wasser auf die steinernen Pralltische M aufschlägt und dann in den Untergraben abfließt.

Der Wind sammelt sich sodann unter den Trommeln und wird von dort dem Ofen oder dem Feuer zugeführt.

Das Wassertrommelgebläse war dort am Platze, wo ein hohes Gefälle und reichlich Wasser zur Verfügung standen.

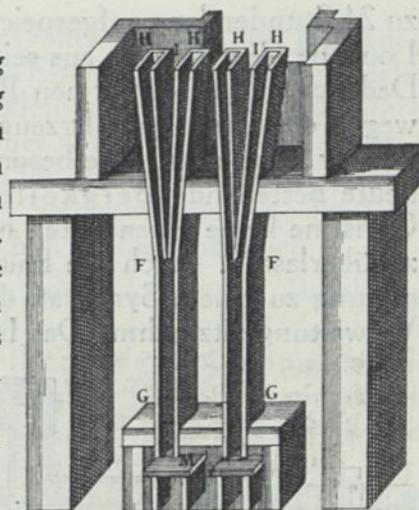


Abb. 103. Wassertrommelgebläse der Katalanfeuer in der Grafschaft Foix.

Nach Courtivron et Bouchu
a. a. O., Taf. 7.

SKANDINAVIEN

Unter den Königen aus dem Hause Wasa machte sich Schweden von der hansischen Vorherrschaft frei. Gustav Wasa verbot kurzerhand die Ausfuhr des rohen Osemunds und förderte den Bau von Hochöfen zur Verhüttung der Bergerze Mittelschwedens, die bis dahin fast gar nicht beachtet wurden, weil man alles Eisen aus Sumpf- und Seerzen herstellte. Während der König auf der einen Seite die deutschen Kaufleute aus dem Lande trieb, zog er auf der anderen Seite deutsche Eisenarbeiter nach Schweden. Karl IX. setzte die Politik seines Vaters fort. Er begünstigte die Einwanderung niederländischer Protestanten und Hugenotten. Es kamen viele wallonische Hüttenarbeiter ins Land, die neue technische Verfahren, insbesondere die Wallonschmiede, mitbrachten und den bis dahin sehr primitiven Bau und Betrieb der Hochöfen verbesserten.

Unter dem Nachfolger Karls IX., Gustav Adolf, erreichte Schweden nicht zum wenigsten dank seiner vielen gußeisernen Geschütze den Gipfel seiner Macht und wurde neben Frankreich die stärkste Großmacht. Auch Gustav Adolf holte tüchtige Berg- und Hüttenleute aus Deutschland, die unter anderen Neuerungen die hölzernen Blasebälge einführten. Unter seiner Regierung kam der Niederländer Louis de Geer nach Schweden, ein Mann, der für die Entwicklung der schwedischen Eisenindustrie bedeutungsvoll geworden ist. Wegen seiner Religion verfolgt, war Louis de Geer mit einem bedeutenden Vermögen nach Schweden ausgewandert, das er dem Staate vorstreckte. Hierfür gab ihm der König Gruben und Hütten bei Dannemora und Finspong, die er großartig ausbaute. Für den Geschützguß errichtete er in Finspong zwei gekuppelte Hochöfen oder, wie man in Schweden sagte, einen Hochofen mit zwei Schächten (Abb. 104). Zum Guß großer Geschütze wurde das Eisen in den Öfen bis

zu 24 Stunden lang aufgespeichert, dann wurden beide Öfen in die Form abgestochen. Louis de Geer brachte aus seiner Heimat die dort verbreitete Kleineisenindustrie mit. Dadurch gab er der armen Bevölkerung lohnenden Erwerb und begründete so eine wegen der Güte ihrer Erzeugnisse weltbekannte Industrie.

Gustav Adolf schuf eine besondere Behörde für das Berg- und Hüttenwesen, das noch heute bestehende Bergkollegium. Die Krone betrieb seit der Zeit der Königin Christine keine Eisenhütten mehr, um das Hüttenwesen der freien Arbeit des Volkes zu überlassen. Auch die Hüttenbesitzer selbst schlossen sich auf Anregung der Regierung zu einem Syndikat, der Bruks-Societät, zusammen, das in Stockholm seinen Verwaltungssitz nahm. Das Institut erhielt den Namen Eisenkontor (Jernkontoret).

Es hat nicht nur durch Regelung der Preise segensreich gewirkt und den Werken durch Vorschüsse über schlechte Zeiten hinweggeholfen, sondern sich auch durch Anstellung tüchtiger Aufsichtsbeamten und Fachlehrer und durch Unterstützung von Forschungen und Erfindungen große Verdienste um die Förderung des Hüttenwesens erworben. Das Jernkontoret blüht heute noch als leuchtendes Zeichen des Weitblickes der schwedischen Regierung und des Gemeinsinns der schwedischen Eisenhüttenleute. Man unterschied die großen Hüttenbesitzer (Brukspatronen) von den

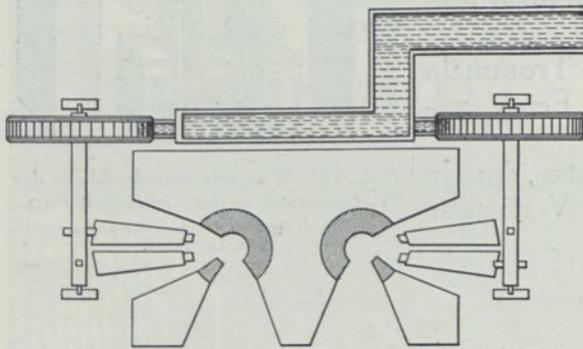


Abb. 104. Schwedischer Doppelhochofen. Grundriß.
17. Jahrhundert.

Nach J. C. Garnej a. a. O., Taf. 2.

kleinen Bergslagern, die auf ihren Bergmannshämman ihr Eisen selbst herstellten. Die Hüttenleute bildeten eine Zunft, das Masmästare Embetet. Der Staat bewahrte sich nur das Recht, die Industrie durch den Bergmeister zu beaufsichtigen. Diese weise Verwaltung gab der schwedischen Eisenindustrie eine Sicherheit und Stetigkeit der Entwicklung, wie sie in keinem Lande zu finden ist.

Im Jahre 1716 ernannte Karl XII. zum Beisitzer des Bergkollegiums einen Mann, der dank seiner genialen Begabung der Begründer der wissenschaftlichen Eisenhüttenkunde geworden ist. Emanuel Svedenborg (Svedberg) wurde 1688 zu Stockholm geboren und erwarb sich umfassende Kenntnisse, besonders in den Naturwissenschaften und in der Technik. Als Assessor des Bergkollegiums studierte er die Bergwerke Schwedens und bereiste in den Jahren 1721 und 1722 Deutschland. 1733 besuchte er die Berg- und Hüttenwerke Deutschlands zum zweiten Male. Als Frucht dieser Studien erschien 1734 sein Buch über das Eisen (de ferro), das erste und älteste Handbuch der Eisenhüttenkunde. Das Werk enthält eine systematische Darstellung des Eisenhüttenwesens der damaligen Zeit in Europa sowie eine Beschreibung der Eisenprobierkunst und der Eigenschaften der Eisenerze und Eisensorten. Svedenborg betätigte sich nebenbei auf fast allen anderen Gebieten der Wissenschaft. Seit 1745 widmete er sich theologischen Studien, die den Zweck hatten, die Natur Gottes und der Menschen auf Grund der Bibel und eigener Visionen zu erklären. Er ist in England gestorben, von wo man seine Überreste im Jahre 1910 feierlich in die Heimat übergeführt hat.

Svedenborgs Buch über das Eisen regte eine Fülle wertvoller Studien an. Besonders ist von Sven Rinman (1720 bis 1792) die „Geschichte des Eisens“, d.h. Naturgeschichte des Eisens, vom Jahre 1782 zu nennen. Rinman bekleidete die vom Jernkontoret geschaffene Stelle eines Oberhochofenmeisters, d.h. eines wissenschaftlichen Beraters der Hochofenwerke, dem ein Obermeister der Schmiede für die Stabeisenwerke gleichgestellt war. Seinem Nachfolger Johann Carl Garnej verdankt man eine im Jahre 1791 erschienene treffliche Studie über den schwedischen Hochofenbetrieb.

Svedenborgs Amtsgenosse im Bergkollegium war von nicht geringerer Begabung, er neigte aber mehr der praktischen Seite der Technik zu und wurde dadurch der Begründer des Hüttenmaschinenbaues. Christoph Polhem oder Polhammer wurde 1661 zu Wisby geboren als Enkel eines eingewanderten ungarischen Edelmannes. Als Autodidakt ging er 1686 nach Upsala, um Mathematik zu studieren. Dort erregte er Aufsehen, als er die große Uhr der Domkirche in Gang brachte, nachdem alle Uhrmacher Schwedens dies für unmöglich erklärt hatten. Nach Auslandsreisen trat er 1697 in den Dienst des Bergkollegiums und führte viele mechanische Verbesserungen in den Bergwerken und Hütten ein. Im Anfang des 18. Jahrhunderts legte er eine eigene Fabrik an, um neue Verfahren und Verbesserungen einzuführen. Mit 85 Jahren verfaßte er unter dem Titel „Patriotisches Testament“ eine Sammlung technischer Vorschläge zur Hebung der Industrie Schwedens. Er gibt darin die Gesichtspunkte an, nach denen die schwedische Industrie sich im 19. Jahrhundert entwickelt hat, nämlich Fertigerzeugnisse von hervorragender Güte herzustellen. Aus der großen Zahl seiner technischen Verbesserungen seien genannt Wasserhebemaschinen, Fördermaschinen, Hämmer, Gesenkschmieden, Stanzen, Scheren und besonders Walzwerke. Polhem ist unbestritten der Begründer der heutigen Walzwerke. Er beschreibt als erster den Walzenguß aus halbiertem Roheisen und die Einsatzhärtung der geschmiedeten Walzen. Auch Profilwalzen schlägt er vor, beispielsweise zur Herstellung von Schlüsseln. Mit manchen Vorschlägen ist Polhem seiner Zeit vorausgeeilt, und oft redet er bitter darüber, wie unzugänglich die bornierten Meister für Neuerungen sind, aber die Jugend, der sein „Patriotisches Testament“ gewidmet ist, hat seine Gedanken in Taten umgesetzt, so daß er nicht vergeblich geredet hat.

Von den Erzeugnissen der schwedischen Eisenindustrie sind die gußeisernen Geschütze und die Anker hervorzuheben. Erstere wurden, wie schon oben bemerkt, aus dem Hochofen gegossen, und zwar aus halbiertem Eisen. Die schwedischen Geschütze galten als die besten der Welt und wurden besonders nach Frankreich, Spanien, den Niederlanden und in die Kolonien geliefert. Ebenso berühmt waren die schwedischen Anker. Diese wurden auf den Hütten unter dem Wasserhammer geschmiedet, eine Technik, die als schwierig galt, weil die Schweißung der Rute bei den starken Schlägen leicht mißglückte. Die Güte des schwedischen Eisens erlaubte sogar, die Anker unmittelbar aus Luppen zusammenzuschweißen. Die Eisenausfuhr Schwedens betrug in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts 40000 bis 60000 Tonnen, wovon England allein 25000 Tonnen Stabeisen bezog.

Auch in Norwegen blühte die Eisenindustrie im 18. Jahrhundert. Das bedeutendste Werk war Laurvig, es hatte große Hochofen, die zum Teil Schmelzreisen von über zwei Jahren erzielten. Der größte Ofen hatte 10 m Höhe und lieferte 2600 kg Roheisen.

RUSSLAND

Auch Rußlands Stunde war gekommen. Peter der Große befahl im Jahre 1699 nach der Rückkehr von seiner westeuropäischen Reise die Gründung einer Eisenhütte und Gießerei zu Neviansk und stellte an ihre Spitze einen seiner Reisebegleiter, den Leibeigenen Nikita Demidoff, einen geschickten Gewehrschmied aus Tula. Damit war der Grundstein zum Bau der uralisch-sibirischen Eisenindustrie gelegt. Peter der Große war mit den Leistungen des Nikita Demidoff so zufrieden, daß er ihm das ganze Werk mit allen Ländereien und Wäldern gegen eine Jahresabgabe von 60 Tonnen Eisen schenkte. Auf dieser Grundlage beruht der spätere Reichtum der Fürsten Demidoff.

Peter der Große suchte nach seiner Rückkehr nach Rußland deutsche Handwerker und Fachleute, darunter Hüttenleute und Schmiede, an sich zu ziehen. Begünstigt durch reiche Erzvorkommen und die unendlichen Waldbestände, errang die junge Eisenindustrie bald eine hervorragende Stellung. 1712 wurde das Oberbergamt zu Katharinenburg gegründet, an dessen Spitze der ehemalige deutsche Artillerieoffizier Wilhelm von Henning trat. Er war der Gründer der dortigen Industrie, der berühmten Bergschule und der Stadt Katharinenburg selbst.

Die Gründung der Stadt St. Petersburg hob die Eisenindustrie, weil sie die bis dahin nur über Archangel mögliche Seeausfuhr erleichterte. Als Peter der Große starb, bestanden in Rußland bereits über 300 Hütten und Fabriken, von denen einzelne über 3000 Arbeiter beschäftigten. Nur der eiserne Wille des großen Kaisers hatte diese Leistung vollbracht, der in seinem Tatendrange es sich nicht hatte nehmen lassen, auf einer Hütte selbst einige Eisenstangen auszuschmieden.

Unter den Nachfolgern Peters entwickelte sich die russische Industrie weiter. Unter der Kaiserin Anna betrug die Eisenausfuhr nach England 1600 Tonnen. Generalbergdirektor war damals ein Herr von Schönberg aus Sachsen. Dieser erschloß das Erzlager im Gorablagodat an der Tura. Ein Eingeborener hatte es den Ansiedlern gezeigt und war dafür von den heidnischen Priestern den Göttern geopfert worden. Das Erz wurde in Haufen von 6000 Tonnen geröstet. Um diese Zeit vergrößerte Prokop Demidoff die Hochöfen, um die hohe Abgabe je Ofen an die Krone im Verhältnis des Mehrausbringens zu vermindern. Sein größter Ofen erreichte eine Höhe von 13,50 m und lieferte bis 14700 kg Eisen in 24 Stunden.

Unter Katharina II. (1762 bis 1796) erlebte die russische Eisenindustrie ihren größten Aufschwung. Am Ende ihrer Regierung hatte Rußland 2270 Fabriken mit 100000 Arbeitern und führte nach England jährlich 18000 Tonnen Eisen aus. Die höchste Gesamtausfuhr wurde im Jahre 1798 erreicht mit 57000 Tonnen.

Die uralische Eisenindustrie trägt ein eigenartiges Gepräge. Im Gegensatz zu den Verhältnissen in Westeuropa gehören die Wälder den Hütten. Der Grundbesitz der Demidoff dehnt sich zwischen dem 55. und 60. Breitengrad aus und beträgt 6380 km². Ihm kommt der Besitz der Schuwaloff am nächsten. Der Wald wird durch eine gute Forstwirtschaft gepflegt. Nadelholz wird alle 120, Laubholz alle 60 Jahre geschlagen, und zwar nur im Winter, da die Wälder im Sommer völlig unzugänglich sind. Der Holztransport zu den Hütten erfolgt auf Schlitten. Wo Wasser in der Nähe ist, wird das Holz im Frühjahr in die angeschwollenen Bäche geworfen und dann durch

Holzrechen wieder aufgefangen. Wegen der Transportschwierigkeiten ist eine Zentralisation der Industrie noch heute unmöglich, und man arbeitet wie in alter Zeit allgemein üblich mit einer Unzahl kleiner Werke. Durch den Reichtum an Erzen und Holz, die Güte des hergestellten Eisens und die durch Generationen vererbte Fachkenntnis der Arbeiter und Beamten hat die uralische Eisenindustrie dauernd geblüht und wird noch Jahrhunderte weiterblühen.

AMERIKA

Ogleich schon Walter Raleigh auf seiner Expedition nach Nord-Karolina im Jahre 1565 reiche Eisenerze gefunden hatte, und bald auch andere Lager entdeckt wurden, dauerte es doch lange, bis im Lande eine Eisenindustrie entstand. Das erste Unternehmen wurde 1619 am Falling Creek 12 km unterhalb Richmond (Virginien) gegründet, aber vor der Inbetriebsetzung von Indianern überfallen und gänzlich vernichtet. Der erste Hochofen kam 1645 zu Hammersmith (Massachusetts) in Betrieb, der zweite zu Blaintree, 16 km südlich Boston. Die älteste Familie von Hüttenleuten in Amerika sind die Leonards, sie waren mit der Eisenindustrie so verwachsen, daß das Wort ging: „Wo ein Eisenwerk ist, ist auch ein Leonard.“

Die an Erzen und Waldungen reiche amerikanische Eisenindustrie hätte sich rascher entfaltet, wenn sie nicht von England unterdrückt worden wäre. England wachte mit Eifersucht darüber, daß in den Kolonien keine Industrie aufkam, die der des Mutterlandes Wettbewerb machte. Durch das Navigationsgesetz von 1651 wurde den Kolonien nur der Handel mit dem Mutterlande gestattet. Als im Jahre 1719 die Nachricht nach England gelangte, daß in Amerika schon sechs Hochöfen und 19 Hämmer in Betrieb waren, erregte dies geradezu Bestürzung unter den englischen Hüttenbesitzern, und das Parlament verbot den Kolonien, Roheisen zu erzeugen und zu verarbeiten. Als der Holzkohlenmangel in England zunahm, suchte man das amerikanische Roheisen in die Hand zu bekommen und verbot nur die Eisenverarbeitung. So entwickelte sich die amerikanische Roheisenerzeugung unbeirrt weiter. In den zwanziger Jahren des 18. Jahrhunderts wurde auch das Fundament der später so gewaltigen Eisenindustrie Pennsylvaniens gelegt.

Aber Amerika ließ auch nicht nach mit der Gründung weiterer Unternehmungen zur Verarbeitung des Eisens. 1750 tat Lord Chatham den bekannten Ausspruch, „er werde nicht dulden, daß die Kolonisten auch nur einen Hufnagel für sich machten“. Zwar hob England den vexatorischen Einfuhrzoll auf Roheisen und Luppenstäbe aus den Kolonien auf, aber der Betrieb von Eisenwalz- und Schneidwerken, Blechhämmern und Stahlöfen wurde bei einer Strafe von 200 Pfund Sterling und sofortiger Stilllegung des Werkes verboten. Da ähnlich tyrannische Bestimmungen für die Wollmanufaktur erlassen wurden, war der Zorn der Kolonisten nicht mehr zurückzuhalten, und es kam zum Unabhängigkeitskriege mit England. George Washington, dessen Vater selbst ein Eisenwerk betrieb, wurde der erste Präsident des freien Amerika.

In der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts waren viele Deutsche in der amerikanischen Eisenindustrie zu finden. Wenn auch der kühne Solinger Unternehmer Peter Hasenclever keinen dauernden Erfolg erzielte, sind ihm doch andere gefolgt, die ihr Glück

mit mehr Erfolg versucht haben. Die Eisenindustrie Amerikas wuchs durch diesen Zuzug Deutscher weiter, obgleich England die Auswanderung gewerblicher Arbeiter nach Amerika verboten hatte. Im Gegenteil, Englands Schikanen führten nur dazu, daß sich die amerikanische Technik noch schneller entwickelte.

ENGLAND

Um das Jahr 1500 brachten Wallonen und Deutsche den Hochofenbetrieb nach Sussex. Da bei der neuen Industrie viel Geld zu verdienen war, stürzten sich die adligen Grundbesitzer, wie die Nevilles, mit Eifer darauf und ließen ihre alten Hochwälder im Hochofen verschwinden. Damit begann der Guß eiserner Geschütze, mit denen England sich seine Weltmachtstellung und die Herrschaft der Meere erobert hat. Deutsche Hüttenleute führten um 1565 im Forest of Dean und in anderen Gegenden die Kunst ein, den Draht mit Wasserkraft zu ziehen. Solinger Stahlschmiede verbesserten die Messerfabrikation in Sheffield und schufen die Stahlfabrikation in Durham und Northumberland. Deutsche Bergleute führten in den englischen Bergwerken die hölzernen Spurbahnen zur Beförderung der Hunde ein. Unter Heinrich VIII. war der Einfluß der deutschen Kaufleute noch groß, aber nach seinem Tode trat eine Änderung ein. Auf Betreiben der adligen Gewerke stellte der Master of Armonry 1591 vergleichende Versuche mit englischem und eingeführtem steirischem Eisen an. Diese ergaben, daß man auch in England gutes, dem deutschen gleichwertiges Eisen herstellen konnte. Im Jahre 1597 ließ die Königin Elisabeth den Stahlhof schließen und hob seine Vorrechte auf. Damit gab sie der Hanse den Todesstoß. Unter Elisabeth dehnte sich die Eisenindustrie mächtig aus.

Sussex führte eiserne Kanonen aus, so daß die Spanier mit englischen Kanonen gegen die Engländer kämpften. Da die Kriege mit Spanien die früher bedeutende Einfuhr spanischen Eisens lahmlegten, blühte die einheimische Eisenindustrie um so stärker, und auch in den anderen Hüttenbezirken des Landes entstanden Hochöfen.

Nur eine Sorge beunruhigte die Industrie immer mehr, die zunehmende Entwaldung. Die englischen Gewerke richteten deshalb ihre Blicke auf das waldreiche Irland. Nach der Niederwerfung des irischen Aufstandes unter Elisabeth wurden die Wälder abgeholzt, um Bauholz zu gewinnen und den Rebellen ihre Zufluchtstätte zu nehmen. Als man in Irland Eisenerze entdeckte, begannen die englischen Lords mit der Errichtung von Eisenhütten. Die Werke wurden des bequemen Transportes wegen an der Küste angelegt und verarbeiteten zum Teil auch über See von England herüber gebrachte Erze. Einer der größten Industriellen war der Graf von Cork in Munster, der über 100000 Pfund Sterling Reingewinn aus seinen Werken gezogen haben soll, damals ein Riesenvermögen. Sir Charles Coote, der Gouverneur von Dublin, hatte großartige Hütten bei Mountrath. Die Erze wurden von den Gruben in Booten von 40 Tonnen auf den Lough Allen zur Hütte geschafft, während das Eisen in kleinen Kähnen, den irischen Cots (Einbäumen), flußabwärts nach Waterford und von dort in den Seeschiffen nach London gebracht wurde. Sir Charles Coote hatte drei Werke und beschäftigte insgesamt 7500 Mann.

Im Jahre 1641 zerstörten die Rebellen die meisten Werke. Später hob sich die Eisenindustrie zwar wieder; da die englischen Lords aber nichts für den Nachwuchs der abgeholzten Wälder taten, ja die Regierung die Wälder möglichst zu vernichten trachtete, war der Waldreichtum Irlands innerhalb eines Jahrhunderts vernichtet, und die irische Eisenindustrie sank wieder zur Bedeutungslosigkeit herab.

In England hatten alle Verordnungen die Entwaldung des Landes nicht aufhalten können. Das Volk beschuldigte die Eisenhüttenbesitzer, das Land durch die Holzverschwendung ins Unglück zu bringen, und auch die Regierung wurde unruhig, weil England das Bauholz für seine Flotte aus dem Ausland holen mußte. Nach der Restauration wuchs die Macht der industriefeindlichen Großgrundbesitzer, deren Bestreben dahin ging, die ganze Eisenfabrikation zu verbieten. Unter ihrem Einfluß wollte die Regierung 1674 die Staatswerke im Forest of Dean zerstören lassen. Zwei weitblickende Männer, denen England viel verdankt, erhoben hiergegen ihre Stimme und retteten dadurch die englische Industrie. Es waren dies Prinz Rupprecht und Andrew Yarranton. Prinz Rupprecht war ein Sohn des Kurfürsten Friedrich V. von der Pfalz, des „Winterkönigs“, also ein Enkel Jakobs I. Er kämpfte zuerst im Dreißigjährigen Krieg für die Sache seines Vaters und dann unter Karl I. von England. Nach einem unstäten Flüchtlingsleben wurde er unter Karl II. englischer Admiral. Nebenbei beschäftigte er sich mit Handlungsunternehmungen — er war z. B. Mitbegründer der Hudsonbai-Gesellschaft —, mit wissenschaftlichen Untersuchungen und mit Erfindungen. Er war auch ein guter Zeichner und Maler. Von seinen Arbeiten auf dem Gebiete des Eisenhüttenwesens ist seine Beschäftigung mit dem schmiedbaren Guß und mit der Zementstahlfabrikation zu erwähnen. Wenn er diese Verfahren auch wohl aus Deutschland mitgebracht hat und nicht ihr Erfinder ist, verdankt ihm England doch jedenfalls die Vermittlung deutscher Fachkenntnisse. Andrew Yarranton (geb. 1616, gest. um 1690) ist der Gründer der englischen Nationalökonomie. 1677 veröffentlichte er den ersten Teil seines Werkes „Englands Förderung zu Wasser und zu Lande“. Er preist darin den Segen der Eisenindustrie und will dieser die Wälder vorbehalten, während der Kohlenbedarf für den Hausbrand aus den Steinkohlengruben gedeckt werden könne. Hauptsache sei eine gute Forstwirtschaft, denn der Wald sei der Eisenindustrie, was die Mutterbrust dem Kinde sei.

So dehnte sich die englische Eisenindustrie dank des reichen Absatzfeldes, das ihr die Kolonien boten, immer mehr aus. In Mittelengland blühte die Nagelfabrikation, wozu das Nageleisen in Walz- und Schneidwerken hergestellt wurde. In Birmingham lebten um 1700 50000 Menschen von der Eisenindustrie. Die Drahtfabriken arbeiteten besonders auf Kratzendraht für Wollkratzen. Die Messerfabrikation in Sheffield überflügelte im 17. Jahrhundert die Solinger. Um diese Zeit wurde auch die später so bedeutende englische Weißblechindustrie begründet. Andrew Yarranton lenkte die Augen der englischen Gewerken darauf und reiste 1670 nach Sachsen, um die dortige Weißblechfabrikation zu studieren. Er wurde freundlich aufgenommen und kehrte mit einer Anzahl geschickter Arbeiter nach England zurück. Yarranton gründete eine Weißblechfabrik, die aber nicht aufblühte. Einen Erfolg erzielte erst 40 Jahre später John Hanbury. Dieser führte das Dublieren der Bleche ein, wodurch man die Bleche dünner und gleichmäßiger ausschmiedete, verbesserte das Beizen und Verzinnen und erfand endlich 1728, vermutlich in Verbindung mit John Payne, das

Walzen der Bleche. Die englische Industrie arbeitete immer mehr mit fremdem Roheisen und Luppen und war fast nur noch eine Fertigindustrie. Im Jahre 1740 sank die englische Roheisenerzeugung auf 18000 Tonnen, während die Eiseneinfuhr das Zehnfache betrug. Der Ausweg aus dieser Schwierigkeit war seit langer Zeit vorgezeichnet. Es handelte sich darum, die Steinkohlen der Eisen- und Stahlerzeugung dienstbar zu machen. Die Lösung der Aufgabe gelang Schritt für Schritt, und zwar nicht durch die wissenschaftliche Bearbeitung des Eisenhüttenwesens, sondern nur durch die erfinderische Tätigkeit von Männern aus der Praxis. Wie sich die englische Steinkohlentechnik im einzelnen entwickelt hat, soll im nächsten Hauptteil geschildert werden.

IV.

DAS ZEITALTER
DER STEINKOHLEN-
TECHNIK

1. ABSCHNITT:

DIE ZEIT DES PUDDELEISENS

DIE BEGRÜNDUNG DER STEINKOHLEN- TECHNIK DURCH ENGLAND

DIE ERFINDUNG DER DAMPFMASCHINE ¹⁾

WIE die Anwendung der Wasserkraft im frühen Mittelalter eine Umwälzung in der Hüttentechnik herbeigeführt hat, so fußt die Technik der Neuzeit auf der Erfindung einer gegenüber dem Wasserrad leistungsfähigeren Kraftmaschine, der Dampfmaschine.

Die mit Wasserrädern erzielbare Leistung war recht gering. Die großartigste Wasserkraftanlage war das bereits erwähnte Wasserwerk bei Marly, das Ludwig XIV. zur Versorgung der Springbrunnen von Versailles angelegt hatte. Die Seine war bei Marly durch einen Damm abgesperrt und trieb 14 nebeneinander liegende Wasserräder von 12 m Durchmesser. Diese arbeiteten mit riesigen Heizenkünsten, die abweichend von den im Bergbau üblichen hölzernen Gestängen aus Eisen bestanden, auf drei Sätze Pumpen, die das Wasser in drei Stufen auf den 135 m über der Seine stehenden Hochbehälter pumpten. Die Anlage kostete über 3 Millionen Franken, und man erzählt sich, daß es den König jedesmal 40000 Franken gekostet habe, wenn er die Wasser von Versailles springen ließ. Nur der Cäsarenwahn eines Herrschers wie Ludwig XIV. konnte ein solches Wunderwerk schaffen. Die Anlage arbeitete übrigens nie störungsfrei, und ihre Leistung betrug nur 60 bis 70 PS.

Schon im Altertum wurde die Dampfkraft zu verschiedenen Spielereien benutzt. Auch der Gedanke, die Kraft des Dampfes zum Schleudern von Geschossen zu benutzen, ist schon alt, und Leonardo da Vinci gilt mit Unrecht als der Vater dieser Idee. Von Giambattista della Porta stammt aus dem Jahre 1601 die erste Zeichnung und Be-

¹⁾ Für die Geschichte der Dampfmaschine ist die wichtigste Quelle die von C. Matschoss herausgegebene „Entwicklung der Dampfmaschine“, 2 Bde. Berlin: Springer 1908.

schreibung eines Apparates zum Heben von Wasser mit Dampf (Abb.105). Im Gegensatz zu den späteren Pulsometern arbeitet der Apparat mit Unterbrechung und ohne Ausnutzung der Saugwirkung der bei der Verdichtung des Dampfes entstehenden Luftpumpe. Der Engländer Thomas Savery (geb. um 1650, gest. 1715) verbesserte den Dampfheber dadurch, daß er zwei Gefäße anbrachte, die abwechselnd saugten und drückten. Seine Maschine war ein Pulsometer, der durch einen drehbaren Plattenschieber von Hand gesteuert wurde. Savery empfahl die Maschine zur Wasserversorgung von Städten und Schlössern, zum Trockenlegen von Sumpf- und Marschland und zum Antrieb von Mühlen, indem man damit das Wasser aus dem Untergraben wieder in den Spannteich pumpt. Den wichtigsten Verwendungszweck seiner Maschine sah er in der Wasserhaltung von Bergwerken und Kohlengruben. Hierzu empfahl er sie in einer besonderen Schrift „The Miners Friend“ (London 1703).

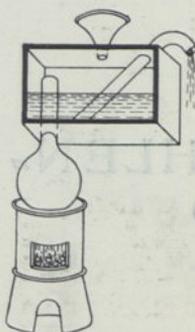


Abb. 105.
Dampfmaschine
nach Giambattista
della Porta. 1601.

Nach C. Matschoss:
Entw. der Dampfmaschine,
Bd. I, Berlin 1908, S. 283.

Saverys Dampfmaschine war eine Enttäuschung. Da der Dampf unmittelbar auf das kalte Wasser drückte, wurde der größte Teil desselben verdichtet und nutzlos verbraucht.

Wertvolle Anregungen für die Weiterentwicklung der Dampfmaschine brachten die Versuche von Denis Papin. Dieser war 1647 in Blois geboren, studierte zuerst Medizin und arbeitete dann mit dem berühmten Physiker Huyghens zusammen über die Luftpumpe. 1675 ging er nach England, wahrscheinlich in der vergeblichen Hoffnung, dort mehr Unterstützung für seine verschiedenen Erfindungen zu erhalten. Hier erfand er den nach ihm benannten Dampfkochtopf. Da Papin Calvinist war, konnte er nach der Aufhebung des Edikts von Nantes nicht mehr in die Heimat zurückkehren. 1688 folgte er einem Rufe des für die Wissenschaft begeisterten Landgrafen Karl von Hessen und nahm eine Stellung als Professor der Mathematik an der Universität Marburg an. Hier baute er 1690, angeregt durch Huyghens' Pulvermaschine, die erste atmosphärische Kolbenmaschine. Der Apparat wurde mit etwas

Wasser beschickt auf das Feuer gestellt. Wenn der Dampf den Kolben nach oben getrieben hatte, wurde der Kolben durch eine Klinke festgehalten. Nun wurde das Gefäß vom Feuer genommen und abgekühlt. Nach Lösung der Kolbensicherung konnte der Kolben Arbeit verrichten. Papins Versuchsmaschine war 63 mm weit und hob 27 kg. Der Erfinder träumte davon, mit seiner Maschine Wasser und Gesteine zu heben und gegen den Wind zu rudern. 1706 suchte Papin Saverys Feuermaschine dadurch zu verbessern, daß er im Dampfzylinder einen Schwimmer anbrachte, der die schädliche Berührung von Dampf und Wasser verhinderte. Der Bau einer betriebsfähigen Maschine scheiterte an Papins Mangel an praktischen Kenntnissen. Da es Papin auch nicht gelungen war, seine vielen anderen Pläne durchzuführen, und sein Ansehen beim Landgrafen dahinschwand, kehrte er nach England zurück, wo er 1712 im Elend gestorben ist. Von seinen zahlreichen Schöpfungen hat außer dem Dampfkochtopf das von ihm erfundene Sicherheitsventil bleibenden Wert behalten.

Die Feuermaschine zur technischen Ausführung zu bringen, blieb den praktischeren Engländern überlassen. Thomas Newcomen, ein Schmied und Eisenhändler in Dartmouth (Devonshire), löste die Aufgabe. Newcomen, ein ruhiger, forschender Geist, das Muster eines Quäkers, beschäftigte sich in seinen Mußestunden mit der

damals viel erörterten Feuermaschine. Der berühmte Physiker R. Hooke wies ihn auf Papins Vakuummaschine hin. Newcomen vereinigte den Zylinder der atmosphärischen Maschine Papins mit dem Dampfkessel von Saverys Feuermaschine und dem schon früher benutzten Balancierantrieb. Er begann seine Versuche um 1705 und baute 1711, von seinem Freunde und Glaubensgenossen John Cawley, einem Glasermeister, mit Geld unterstützt, die erste Betriebsmaschine für eine Kohlengrube in Wolverhampton bei Dudley Castle. Die Maschine (Abb. 106) bestand aus einem Dampfkessel, aus dem der Dampf durch ein Rohr, das durch einen Hahn verschließbar war, in den darüber befindlichen oben offenen Zylinder eintrat. In diesem bewegte sich ein Kolben, der an einem Balancier hing. Der Balancier war so ausgewuchtet, daß das Gewicht des Pumpengestänges fast demjenigen des Kolbens entsprach. Wenn der Kolben auf seinem höchsten Punkte angekommen war, verschloß man den Dampf- hahn und kühlte den Zylinder von außen durch Wasser ab. Der Dampf kondensierte sich, und der äußere Luftdruck drückte den Kolben herunter. Das gebildete Kondensat wurde durch ein am Zylinderboden befindliches Rückschlagventil abgelassen, worauf das Spiel von neuem begann. Die Kondensation durch Außenkühlung war zu gering, und die Maschine arbeitete zu langsam. Ein Zufall führte zu einer wesentlichen Verbesserung. Zur Abdichtung hielt man den geliderten Kolben mit Wasser bedeckt. Eines Tages machte nun die träge Maschine schnell hintereinander mehrere kräftige Hübe. Es zeigte sich, daß der Kolben undicht geworden war; Wasser war in den Zylinder eingetreten und hatte den Dampf verdichtet. Hierdurch kam Newcomen auf den Gedanken, die Kondensation durch Einspritzen von kaltem Wasser in den Zylinder zu verstärken. Eine weitere Verbesserung der Maschine war die Einführung der selbsttätigen Steuerung, für die man anfangs sehr verwickelte Bauarten hatte. 1713 waren schon zwei Feuermaschinen bei Newcastle in Betrieb, und bald folgte eine große Zahl weiterer Maschinen auf anderen Bergwerken. 1720 erhielten die Londoner Wasserwerke, die bereits eine Savery-Maschine hatten, ihre erste atmosphärische Maschine. Sie hob das Wasser der Themse 37 m hoch. Der Zylinder der Maschine war von Bronze und hatte 750 mm lichte Weite und 2,7 m Höhe. Der Dampfkessel bestand aus Kupfer und hatte einen Inhalt von 13 m³. Die Maschine machte 12 bis 20 Hübe in der Minute und hob angeblich stündlich 50 m³ Wasser. Als vorzügliche Maschine galt die 1722 für ein großes Kohlenbergwerk bei Griff in der Nähe von Coventry erbaute Wasserhaltungsmaschine. Die Betriebskosten der Maschine betrugen jährlich nur 150 Pfund Sterling, während vorher 50 Pferde zum Wasserheben nötig waren, deren Unterhaltung 900 Pfund Sterling kostete. Die Feuermaschine verbreitete sich bald auch auf dem Festland, wo sie als größte Merkwürdigkeit angestaunt wurde.

Aber die Feuermaschine bedurfte noch der Verbesserung. Ihre Leistung war zu gering und ihr Kohlenverbrauch zu hoch. Auf den Kohlenbergwerken, wo Abfallkohle unter den Kesseln verfeuert wurde, kam es hierauf zwar nicht wesentlich an; aber dort, wo die Kohlen auf der Achse oder zu Schiff weit hergeschafft werden

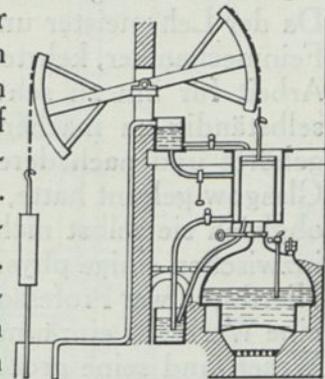


Abb. 106.

Newcomens atmosphärische Maschine. 1712.
Nach C. Matschoss a. a. O., Bd. 1
Berlin 1908, S. 305.

mußten, wie auf den Zinnbergwerken von Cornwall, arbeitete die atmosphärische Maschine zu teuer. Verdienste um ihre Verbesserung erwarb sich der große englische Ingenieur John Smeaton. Insbesondere verbesserte er die Leistungsfähigkeit der Kessel und ersetzte die alten Bronzezylinder durch gußeiserne, gut ausgebohrte Zylinder. Seine größte Maschine baute er 1775 für die Chasewatergrube in Cornwall. Der Zylinder war 1800 mm weit und 3,2 m hoch. Die Pumpleistung der Riesenmaschine betrug aber nur 76 PS.

Erst James Watt gelang es, eine wirtschaftlich arbeitende Dampfmaschine zu erbauen. Mit Recht nennt ihn deshalb das Volk den Erfinder der Dampfmaschine. James Watt wurde am 19. Januar 1736 zu Greenock am Clyde als Sohn eines Schiffszimmermanns geboren. Der Vater schickte den schwächlichen Knaben 1754 zu einem Instrumentenmacher in Glasgow in die Lehre, weil dieser großes mechanisches Geschick zeigte. Da der Lehrmeister unwissend war, ging der junge Watt 1755 nach London zu einem Feinmechaniker, kehrte aber schon im folgenden Jahre in seine Heimat zurück, weil die Arbeit für ihn zu schwer war, und versuchte sich in Glasgow als Feinmechaniker selbständig zu machen. Da er aber nicht zur Zunft der dortigen Zirkelschmiede gehörte und nach deren Satzungen nur der Sohn eines Glasgower Bürgers, der in Glasgow gelernt hatte, Handwerk treiben durfte, machten ihm diese Schwierigkeiten, obgleich sie selbst nichts von mathematischen Instrumenten verstanden. Watt hatte inzwischen einige physikalische Instrumente für die Universität Glasgow ausgebessert. Hierdurch war Professor Dick auf ihn aufmerksam geworden, der ihm in der Universität eine Werkstatt einräumte und ihn zum Universitätsmechaniker machte. Watts sanftes Wesen und seine große Wahrhaftigkeit erwarben ihm hier bald Freunde. Studenten und Professoren unterhielten sich gern mit dem gedankenvollen jungen Mann und lenkten seinen Geist in höhere Bahnen. Der damalige Student John Robinson, später ein berühmter Professor der Naturwissenschaft in Edinburg, richtete Watts Aufmerksamkeit auf die Dampfmaschine, während der Professor Joseph Black ihn in die Wärmetheorie einführte. Nun ließen Watt die Gedanken an die Dampfmaschine nicht mehr los. Er erkannte den Fehler der atmosphärischen Maschine: die Abkühlung der heißen Zylinderwände bei jeder Wassereinspritzung. Auf einem Sonntagnachmittagspaziergange im Frühjahr 1765 kam ihm plötzlich der Gedanke der getrennten Kondensation. Watt baute sich eine kleine Versuchsmaschine, die die Richtigkeit seiner Pläne zeigte. Zur technischen Ausbeutung der Erfindung verband sich Watt mit dem berühmten Gründer der Carronhütte bei Glasgow, Dr. John Roebuck. Watt experimentierte nun bei Roebuck, aber ohne rechten Erfolg, denn die Ausführung seiner Maschine verlangte ein höheres technisches Können als die Newcomens. Nebenbei arbeitete Watt weiter als Universitätsmechaniker und führte Vermessungsarbeiten aus, um seine drückenden Schulden los zu werden.

Dr. Roebuck hatte mit seinen großartigen Unternehmungen zu viel gewagt. Im Jahre 1773 wurde er für bankerott erklärt. Damit brachen alle Hoffnungen Watts zusammen; aber Watts Freunde fanden nun den richtigen Mann, um dessen geistvolle Pläne durchzuführen. Matthew Boulton war 1728 als Sohn eines Fabrikanten von Metallwaren, besonders von Metallknöpfen, in Birmingham geboren. Er vergrößerte das väterliche Geschäft und erbaute, als ihm seine Werkstatt in Birmingham zu eng geworden war, zwei Meilen nördlich der Stadt, zu Soho, eine neue Fabrik. Bei

Roebucks Bankerott übernahm Boulton für eine Forderung von 1200 Pfund Sterling dessen Anteil an Watts Patent, zur größten Freude der Gläubiger, die froh waren, auf diese Weise Geld aus der anscheinend wertlosen Erfindung zu machen. Es gelang Watt, die Geltungsdauer seines nur noch acht Jahre laufenden Patentes um 17 Jahre, bis zum Jahre 1800, zu verlängern. Der Kampf um die Dampfmaschine begann. Immer größere Geldmittel verschlang der Bau der Maschine, und noch immer wurde nichts verdient dabei. Boulton griff selbst das Vermögen seiner Gattin an und mußte Schulden aufnehmen. Den Gewinn aus der Metallwarenfabrik fraß die Dampfmaschine. Watt war mutlos und verzagt, aber Boulton blieb fest, wenn er auch die Gefahr eines Zusammenbruchs vor Augen sah. Erst von 1785 an, als die für die damalige Zeit ungeheure Summe von über 40 000 Pfund Sterling ausgegeben war, zeigte sich allmählich ein Erfolg. Noch einmal, im Jahre 1788, brachte eine Handelskrisis schwere Gefahr, aber das Unwetter zog vorüber, und nun endlich begann die Zeit der Ernte.

Abb.107 zeigt die normale Ausführung einer Wasserhaltungsmaschine von James Watt. Diese unterscheidet sich von der atmosphärischen

Maschine durch den geschlossenen Dampfzylinder und den Einspritzkondensator mit der Luftpumpe. Bis zum Jahre 1780 lieferten Boulton und Watt 40 solcher Maschinen, davon allein 20 nach Cornwall, das wegen der dortigen hohen Kohlenpreise ein gutes Absatzgebiet für Watts Dampfmaschine war.

Diese Dampfmaschinen hatten den Mangel, daß sie nur eine Hin- und Herbewegung erzeugten. Da die meisten „Mühlen“ aber die Drehbewegung erforderten, mußte man eine Dampfmaschine mit Drehbewegung schaffen oder die Kolbenbewegung der Dampfmaschine in Drehbewegung umsetzen. Nur der zweite Weg kam in Frage,

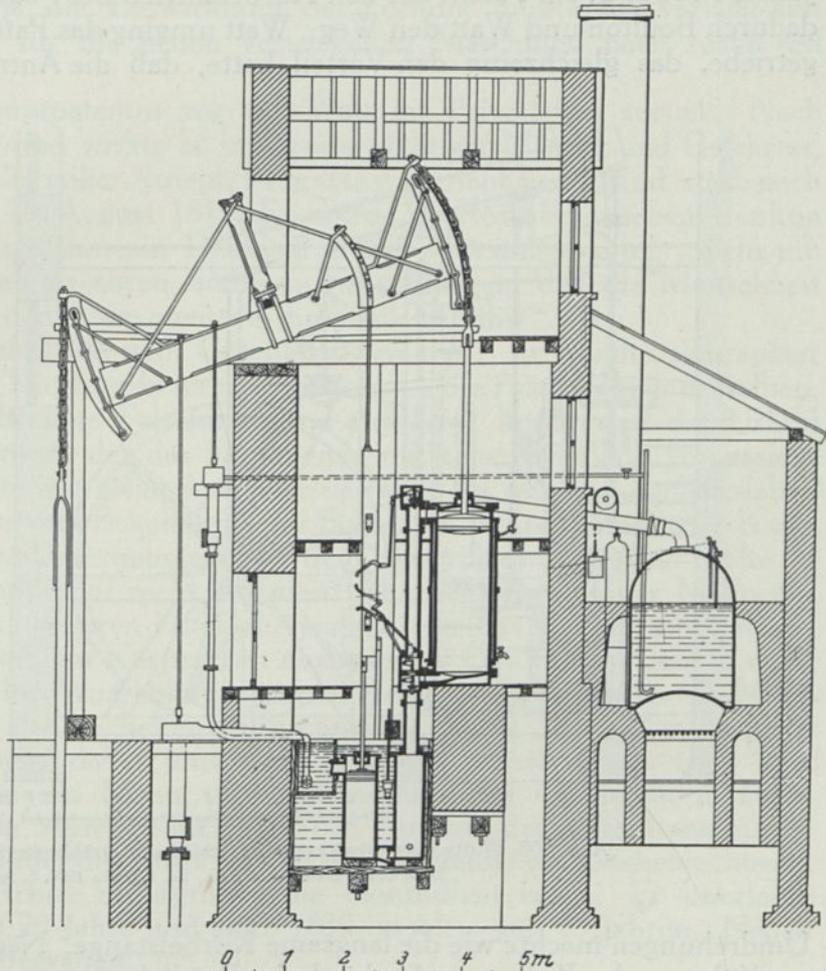


Abb. 107. Watts einfachwirkende Wasserhaltungsmaschine. 1788.
Nach C. Matschoss a. a. O. Bd. 1, Berlin 1908, S. 350.

aber das Problem schien schwierig zu sein. Die Dampfmaschine hatte bisher keine Hubbegrenzung gehabt, und man schloß daraus, daß sie auch keine haben könne. Komplizierte Klinken und Sperrräder wurden versucht, bis endlich ein Maschinenwärter in Birmingham um 1779 das verwickelte Getriebe beiseite warf und eine Schubstange mit Kurbel einbaute. 1780 nahm ein Birminghamer Knopfmacher, James Pickard, ein Patent auf den Kurbelantrieb bei Feuermaschinen und versperre dadurch Boulton und Watt den Weg. Watt umging das Patent durch sein Planetenradgetriebe, das gleichzeitig den Vorteil hatte, daß die Antriebswelle doppelt so viele

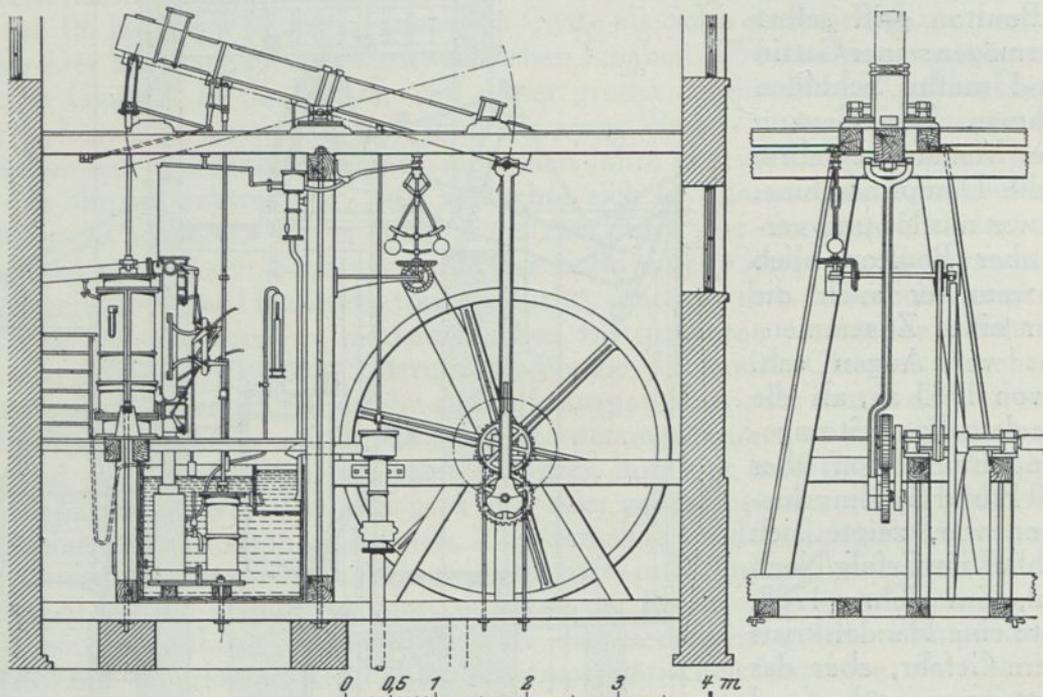


Abb. 108. Watts doppeltwirkende Maschine mit Drehbewegung. 1797—1800.
Nach C. Matschoss a. a. O., Bd. 1, Berlin 1908, S. 362.

Umdrehungen machte wie die langsame Kurbelstange. Nächst der berühmten Lenkergradführung der Kolbenstange durch das Parallelogramm war dieses eine der schönsten Erfindungen des großen Ingenieurs. Abb.108 zeigt die Wattsche Betriebsdampfmaschine in der späteren Ausführung mit doppeltwirkendem Zylinder.

Mit der Erfindung der Betriebsmaschine war die Bahn frei für den Siegeslauf des Dampfes. Bis zum Erlöschen von Watts Patent beherrschte Boulton den Dampfmaschinenbau. Der Absatz steigerte sich ins Unermeßliche. Die Welt wurde „dampfmaschinentoll“, wie Watt sagte. Unter den englischen Fabrikanten begann ein Jagen nach Geld und Macht, das ihnen den harten Sinn der Konquistadoren gab. Für die vom Dampf angetriebenen Arbeitsmaschinen genügten die schwachen Kräfte von Frauen und Kindern. Grausam wurden diese ausgebeutet. So brachte die Dampfmaschine, die berufen war, die Menschen vom Fluche der körperlichen Arbeit zu

erlösen, anfänglich neues Elend. Aus diesen längst entschwundenen Zeiten, in denen man noch nicht gelernt hatte, der neuen Kraftmaschine geistesverwandte Arbeitsmaschinen zu bauen, stammen die dem heutigen Techniker lächerlich klingenden Phrasen von der Proletarisierung der Arbeiter durch die Maschine. Im Gegenteil, die Maschine hat die Intelligenz der Arbeiter gehoben und sich als ein mächtiges Bildungsmittel erwiesen, ja die Entwicklung der Technik mußte oft verlangsamt werden, weil die Arbeiter für die neuen verwickelten Maschinen noch nicht reif waren.

Nach dem Ablauf des Hauptpatentes zog sich Watt ins Privatleben zurück. Noch mehr als früher verkehrte und wirkte er im Kreise tüchtiger Männer und Gelehrter, von denen der berühmte Chemiker Joseph Priestley zu nennen ist, und starb nach einem sonnigen Alter am 19. August 1819. Er wurde zu Heathfield neben Boulton begraben. England errichtete ihm ein Denkmal in der Westminsterabtei, „nicht um seinen unsterblichen Namen zu ehren, sondern um zu zeigen, daß die Menschheit gelernt hat, die zu ehren, denen am meisten ihr Dank gebührt“.

Boulton blieb bis zu seinem Tode dem Geschäftsleben treu. Er wandte sich später besonders der Prägung von Kupfergeld zu und verbesserte die Prägetechnik desselben, so daß die damals weitverbreitete Falschmünzerei aufhörte. Boulton ist das Urbild des industriellen Unternehmers, der das Kommende mit scharfem Blick voraussieht und das für richtig Erkannte mit zäher Ausdauer verfolgt. In seinem Geschäftsleben war Boulton ein Ehrenmann vom Scheitel bis zur Sohle, ein wahrer königlicher Kaufmann. Neben dem großen Unternehmer und dem geistvollen Ingenieur fehlte in Soho auch der dritte Grundpfeiler nicht, auf dem die Technik ruht, der Mann der Praxis. William Murdock, geboren 1754 zu Ayrshire, war das Vorbild eines Werkmeisters, ein Mann von gewaltiger Körperkraft und eiserner Gesundheit, dem es nicht darauf ankam, die Nächte durchzuarbeiten, wenn es der Betrieb verlangte, ein Mann mit praktischem Blick, der sich zu helfen wußte und die Sache „schmiß“, wenn die anderen nicht weiter kamen, dabei unermüdlich auf Verbesserungen und Vereinfachungen bedacht, kurz ein Mann, der wissenschaftliche Gedanken in Taten umzusetzen weiß. So wurde Murdock nicht nur der Förderer des Dampfmaschinenbaues, sondern auch der Erfinder des Rostkitts und der Begründer der Gasbeleuchtung. Ein Leben voll schwerer Arbeit untergrub seine Gesundheit nicht. Er überlebte seinen großen Meister noch 20 Jahre und starb 1839 im Alter von 85 Jahren. Neben Boulton und Watt liegt er begraben.

DIE VERBESSERUNG DER GEBLÄSE

Das Verdienst, den heutigen Gebläsemaschinenbau begründet zu haben, wird John Smeaton zugeschrieben. Um das Jahr 1770 erbaute er für die Carronhütte das erste eiserne Zylindergebläse, angeregt durch die Zylinder der Feuermaschinen. Die Maschine bestand aus vier gußeisernen einfachwirkenden Zylindern, die vom Wasserrad bewegt wurden. Später wurde eine atmosphärische Maschine aufgestellt, die mit einer Pumpe verbunden war und das Wasser bei Wassermangel aus dem Untergraben wieder auf das Rad hob. Das war das erste Dampfgebläse. Der Umweg über das

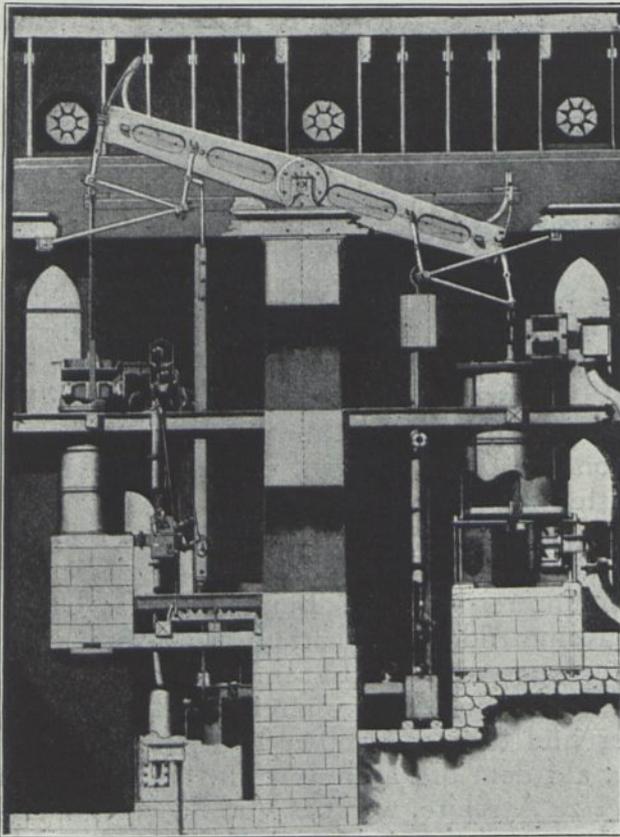


Abb. 109. Gebläsemaschine.

1802 erbaut von Holzhausen für die Königshütte, Oberschlesien.
Nach H. Illies in Beitr. z. Gesch. d. Techn. u. Ind., 12. Bd. (1922), S. 18.

370 m³ Wind faßte. Die großen Dampfgebläse gestatteten, mehrere Hochöfen und Feuer mit Hilfe einer einzigen Maschine zu betreiben. Um 1800 versorgte ein etwa 90 pferdiges Gebläse mit einem Windzylinder von 2240 mm lichter Weite und 1525 mm Hub zu Lightmore bei Coalbrookdale drei Hochöfen und mehrere Feuer.

Die Verstärkung der Gebläse führte zur Erhöhung der Hochofenleistung, die vorher in erster Linie durch die zu geringe Windmenge begrenzt war. Um 1780 fing man an, die Öfen mit mehreren Windformen zu versehen und erhöhte sie der verstärkten Windlieferung entsprechend. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts lieferten die englischen Holzkohlenhochöfen täglich 4000 bis 6000 kg Roheisen.

Wasserrad erscheint heute lächerlich, aber man muß bedenken, daß die einfachwirkenden, ungleichmäßig laufenden Feuermaschinen mit ihren Hubpausen keinen genügend gleichmäßigen Windstrom geliefert hätten.

1775 baute Watt ein direktwirkendes Dampfgebläse für John Wilkinson in Willey. Die Maschine hatte einen einfachwirkenden Dampf- und einen doppelwirkenden Gebläsezylinder. Als sich die doppelwirkende Dampfmaschine bewährt hatte, wurde diese die typische Gebläsemaschine. Abb. 109 zeigt eine solche Maschine aus dem Jahre 1802, die 68 Kubikmeter Wind von 0,2 kg Druck in der Minute lieferte.

Zur Erzielung eines gleichmäßigen Windstromes versah man auch die Maschinen mit mehreren Gebläsezylindern stets mit Regulatoren. Anfangs benutzte man Kolben- oder Wasserregulatoren (Abb. 110), später begnügte man sich mit großen Windkästen oder Wind-sammlern, die meist aus Eisenblech bestanden (Abb. 111). Auf der Eisenhütte zu Devon bei Muirkirk hatte man ein Gewölbe in den Fels gesprengt, das

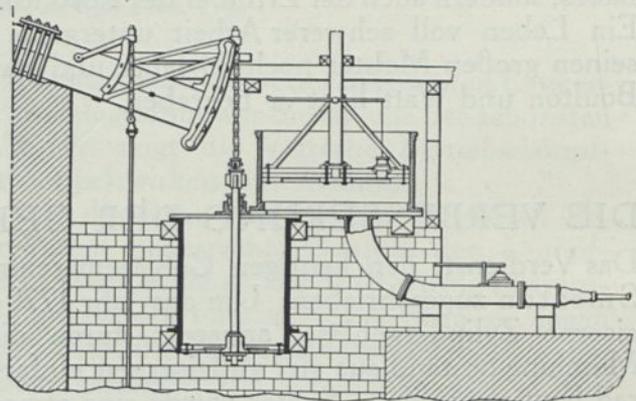


Abb. 110. Kolbenregulator einer Gebläsemaschine.
England um 1770.

Nach J. G. L. Blumhof: Versuch einer Encyclopädie der Eisenhüttenkunde.
Bd. 2, Gießen 1817, Taf. 15.

DIE ERFINDUNG DES GUSSTAHLS

Das erste metallurgische Verfahren, bei dem Steinkohlen verwendet wurden, war die Zementstahlfabrikation. Die englischen Zementieröfen waren Kistenöfen nach Art der von Réaumur erfundenen, wurden aber mit Steinkohlen beheizt. Ihren Siegeslauf begann die englische Stahlindustrie, als Benjamin Huntsman den Gußstahl erfunden hatte. Über das Leben des Mannes ist wenig bekannt. Auch über seine Erfindung wissen wir nicht viel, da er niemals etwas darüber geschrieben und auch keine Patente nachgesucht hat. Er hielt sein Verfahren geheim, und ein geheimnisvoller Schimmer umhüllte die Gußstahlfabrikation noch bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts.

Benjamin Huntsman wurde 1704 in Lincolnshire von deutschen Eltern geboren. Nach seiner Lehrzeit ließ er sich in Doncaster als Uhrmacher nieder und beschäftigte sich nebenbei mit mechanischen Arbeiten, wie es die meisten seiner Zunftgenossen taten. Dem Charakter nach war Huntsman ein stiller Mann; wie Newcomen gehörte er zur Sekte der Quäker.

Huntsman interessierte sich für die Stahlfabrikation, weil er für Uhrfedern und Werkzeuge guten Stahl brauchte. Der beste Werkzeugstahl kam damals aus Deutschland; der deutsche Stahl war aber teuer, und es wurde viel schlechtes Material untergeschoben. Der englische Zementstahl konnte mit gutem deutschen Stahl nicht wetteifern, weil man ihn damals in England noch nicht gärbte. Außerdem zeigte er oft auch Blasen und andere Fehler. Die Unzuverlässigkeit der Ware brachte Huntsman auf den Gedanken, den Stahl durch Umschmelzen zu reinigen und gleichförmig zu machen. Der Gedanke lag dem Laien näher als dem Fachmann, der weiß, wie schwer sich die erforderliche Temperatur erreichen läßt

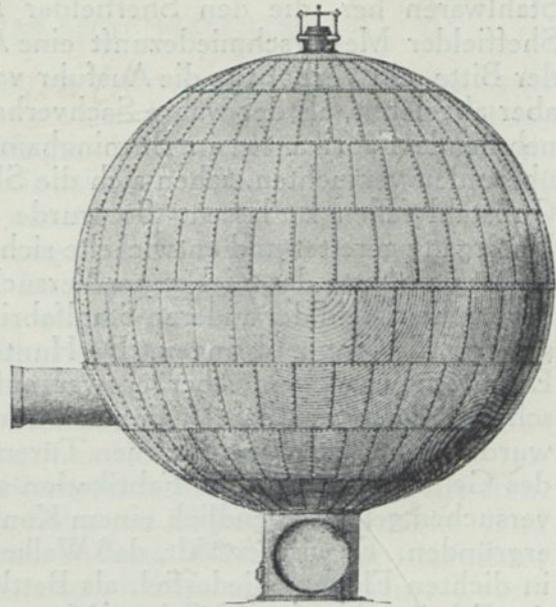


Abb. 111. Eiserner Trockenregulator.
Um 1830. Nach C. J. B. Karsten a. a. O., Taf. 2.

und wie schwer ein Gefäß herzustellen ist, in dem man Stahl schmelzen kann. Um so erstaunlicher ist es, daß Huntsman zum Ziele gelangte. Welch festen Glauben an die Richtigkeit seiner Idee und welche Ausdauer muß er gehabt haben!

Huntsman begann seine Schmelzversuche in Doncaster, siedelte aber im Jahre 1740 nach Hundsworth bei Sheffield über, weil dort die Rohstoffe, Steinkohle und Brennstahl, billiger und besser zu erhalten waren, und weil er in Sheffield, dem Hauptsitz der englischen Stahlwarenindustrie, größere Absatzmöglichkeit hatte. Es scheint lange gedauert zu haben, bis es Huntsman gelang, marktfähigen Stahl herzustellen. Man hat in späterer Zeit die Zeugnisse seiner mühevollen Versuche in vielen Zentnern Stahl gefunden, die an verschiedenen Stellen in der Nähe seines Werkes ausgegraben wurden. Er hatte sie dort verscharrt, damit sie sein Geheimnis nicht verrieten. Zur

Herstellung des Gußstahls benutzte Huntsman bereits die einfachen Mittel, die bis zur Einführung der Gasheizung in der Stahlfabrikation in Anwendung blieben, nämlich Tiegel aus bestem, feuerfestem Material, wahrscheinlich aus Stourbridge-Ton, und mit Koks gefeuerte Windöfen mit hoher Esse. Das Gerücht ging, Huntsman verwende ein besonderes Flußmittel, um den Stahl leicht schmelzend zu machen. Vermutlich hat Huntsman anfänglich selbst versucht, mit Flußmitteln zum Ziele zu kommen und hat dann die Leute bei dem Glauben gelassen, daß es Stoffe gebe, die das Schmelzen des Stahles erleichtern.

Es war nicht leicht, für den neuen Stahl Absatz zu finden. Der harte Gußstahl war schwerer zu schmieden als Schweißstahl, und die am alten hängenden Sheffielder Schmiede wiesen den Stahl zurück. Seinen ersten Erfolg errang der Huntsmanstahl im Ausland. Die französischen Stahlarbeiter waren unparteiischer, weil sie immer mit ausländischem Stahl arbeiteten. Sie kauften den Gußstahl und stellten daraus Stahlwaren her, die den Sheffielder Messern überlegen waren. Da schickte die Sheffielder Messerschmiedezunft eine Abordnung an ihren Parlamentsvertreter mit der Bitte, ein Verbot für die Ausfuhr von Gußstahl zu erwirken. Das Gesuch wurde aber abgelehnt, als der wahre Sachverhalt ans Licht kam. Da in der Folgezeit unternehmende Fabrikanten in Birmingham Huntsman zur Übersiedelung nach dort zu überreden versuchten, sahen sich die Sheffielder gezwungen, ihr Vorurteil gegen den Gußstahl fallen zu lassen. So wurde die Sheffielder Stahlwarenindustrie vor dem Untergang gerettet und entwickelte sich bald zur größten Stahlfabrikation der Welt.

Huntsman hatte das Ziel seiner Versuche erreicht, aber ein neuer Kampf stand ihm bevor. Der Neid der anderen Stahlfabrikanten erwachte und suchte ihn um die Frucht seiner Erfindung zu bringen. Da Huntsman kein Patent nachgesucht hatte, war seine Erfindung vogelfrei. Aber er war auf der Hut. Seine Arbeiter hatte er zur Verschwiegenheit verpflichtet, niemand durfte seine Fabrik betreten, und die Schmelzung wurde nachts bei verschlossenen Türen ausgeführt. Außerdem hatte er den Schleier des Geheimnisses um die Fabrikation gebreitet. Nach vielen vergeblichen Spionageversuchen gelang es endlich einem Konkurrenten, namens Walker, das Geheimnis zu ergründen. Es wird erzählt, daß Walker an einem kalten Winterabend, als der Schnee in dichten Flocken niederfiel, als Bettler verkleidet, elend und zerkümmert, an das Tor der Fabrik geklopft und flehentlich um die Erlaubnis gebeten habe, sich in der Hütte wärmen und ausruhen zu dürfen. Die menschenfreundlichen Arbeiter gewährten ihm seine Bitte. Walker beobachtete aus einem dunklen Winkel, was vor sich ging. Er sah, wie Brennstahllenden von 5 bis 8 cm Länge in einen Tontiegel von 25 cm Weite eingetragen wurden, dann wurden Scherben von grünem Glas darauf gegeben, der Tiegel mit einem Deckel verschlossen und gut lüftet. Nun wurde der Tiegel in einen mit Koks gefeuerten Ofen eingesetzt, der nach Art der Messingschmelzöfen gebaut war, und drei bis vier Stunden erhitzt. Die Arbeiter untersuchten von Zeit zu Zeit, ob der Stahl dünnflüssig genug war, und rührten ihn zum Schlusse durch. Dann wurde der Tiegel mit einer Zange aus dem Ofen gehoben, und der flüssige Stahl in eine gußeiserne Kokille entleert. Wenige Monate nach Walkers Entdeckung stellten bereits auch andere Fabriken Gußstahl her. Im Jahre 1765 war das Geheimnis der Gußstahlfabrikation schon so weit enthüllt, daß Gabriel Jars in seinem Reisebericht eine ziemlich eingehende Schilderung derselben geben konnte.

Die Nachfrage nach Gußstahl wuchs dauernd. Huntsman verlegte deshalb seine Fabrik noch einmal in einen großen Neubau nach Attercliffe nördlich von Sheffield. Dort wirkte er noch sechs Jahre lang als Stahlfabrikant und als Wohltäter, wie es die Sekte der Quäker vorschreibt. Die Royal Society wünschte ihn als Mitglied aufzunehmen, aber Huntsman lehnte die Ehre ab, weil er damit gegen die Grundsätze der Quäker zu verstoßen glaubte. Nach seiner Grabinschrift auf dem Kirchhof zu Attercliffe ist der „steel-refiner“ Benjamin Huntsman 1776 gestorben.

Die Güte des Huntsmanstahls, dessen Ruhm in der ganzen Welt länger als ein Jahrhundert strahlte, beruht nicht zum wenigsten darauf, daß Huntsman und auch seine Nachahmer, von denen besonders Marshall als Verfertiger des Marshall- oder Martialstahls berühmt war, als Rohmittel nur Brennstuhl aus bestem schwedischen Dannemora-Eisen verwendeten.

DIE VERWENDUNG VON KOKS IM HOCHOFEN

Der Gedanke, die Holzkohlen im Hüttenwesen durch Steinkohlen zu ersetzen, tritt schon im 16. Jahrhundert auf. Kardinal Wolsey versuchte 1528 Bleierze mit Steinkohlen zu schmelzen. In Deutschland beschäftigte sich Herzog Julius von Braunschweig mit dieser Frage. Die Versuche mit Steinkohlen wurden in England häufiger, als dort die Entwaldung weitere Fortschritte machte. Der vom Prinzen Rupprecht nach England gerufene deutsche Chemiker Becher studierte zuerst die bei der Verkokung der Steinkohlen entstehenden Stoffe. Im Jahre 1711 erhielt Simon Sturtevant ein englisches Patent auf die Verwendung von Steinkohlen bei metallurgischen Verfahren; die Patentschrift ist aber so dunkel abgefaßt, daß man nicht daraus ersehen kann, ob Sturtevant praktische Versuche angestellt hat.

Der erste Hüttenmann, dem es gelang, größere Mengen Eisen im Hochofen mit Steinkohlen zu erblasen, war Dud Dudley. Dieser war 1599 als natürlicher Sohn von Edward Lord Dudley zu Dudley Castle im gewerbereichen Woucestershire geboren. Der Lord hatte Eisenwerke, deren Leitung sein Sohn mit 20 Jahren übernahm. Dud Dudley schmolz hier wie später auf verschiedenen anderen Werken, die er übernahm, mit Steinkohlen; er will immer vollen Erfolg erzielt haben, aber alle seine Unternehmungen scheiterten, weil Elementarereignisse, Kriege, Wettbewerberneid und Mißgunst der Holzkohlenhochöfner seine Werke zerstörten. Darüber wurde der arme Dudley alt. Um nun wenigstens seine Erfahrungen der Öffentlichkeit mitzuteilen und andere zur Vollendung seiner Versuche anzuspornen, verfaßte er im Jahre 1665 eine Schrift, die er „Metallum Martis oder Eisenbereitung mit Steinkohle“ nannte. Leider finden sich darin keine technischen Andeutungen, wie Dudley bei der Verwendung von Steinkohlen im Hochofenbetrieb vorgegangen ist. Es ist anzunehmen, daß er die Kohle vorher verkocht hat.

Die Frage kam nun nicht mehr in Vergessenheit, aber es dauerte noch ein weiteres Jahrhundert, bis es gelang, den Koksbetrieb in die Hochofenpraxis einzuführen. Als der erste Hüttenmann, der Koks dauernd im Hochofen verwendete, gilt Abraham Darby. Dieser wurde 1677 auf einem Pachtgut seines Vaters bei Dudley geboren und errichtete in jungen Jahren mit drei Genossen in Bristol eine Mühlenbauwerkstatt, die Baptist Mills. Der Name rührt daher, daß alle Teilnehmer Quäker waren.

Im Jahre 1704 richtete Darby in dieser Fabrik eine Gießerei ein. Hier führte er den Geschirrguß in Sandformen ein. Da seine Teilhaber nicht großzügig genug waren, um die Neuerung auszubeuten, siedelte er im Jahre 1709 nach Coalbrookdale in Shropshire über und pachtete das dortige aufgelassene Hüttenwerk. Darby erbaute einen neuen Hochofen nebst Gießerei. Bei dem rasch wachsenden Betriebe trat bald Holz-mangel ein. Im Jahre 1713 begann Darby, wahrscheinlich angeregt durch Dudleys Versuche, mit dem Zusatz von Steinkohlen im Hochofen. Ob er die Kohle schon von Anfang an verkocht hat, ist ungewiß, jedenfalls war er fünf Jahre später schon zur Verkokung der Steinkohle in Meilern übergegangen. Der gebräuchliche Satz bestand aus fünf Körben Koks, zwei Körben Braschen und einem Korb Torf. Das Werk stellte wöchentlich 5 bis 10 Tonnen Gußwaren her.

Abraham Darby starb bereits im Jahre 1717, vierzig Jahre alt in der Blüte seiner Erfolge. Sein ältester Sohn Abraham Darby, der Zweite seines Namens, war damals erst sechs Jahre alt. Die Familie erlebte traurige Zeiten, da ein Verwandter als Geschäftsführer unredlich gegen sie vorging. Im Jahre 1730 übernahm der nun 19jährige junge Abraham die Leitung. Es gelang seiner Energie, das Werk wieder zu heben. Auch die Versuche mit Steinkohlen setzte er fort. Das Jahr 1735 wird als dasjenige bezeichnet, in welchem es Abraham Darby II. gelungen ist, Eisenerze ausschließlich mit Koks zu schmelzen; es scheint jedoch, daß auch er meistens noch eine Mischung von Koks und Holzkohlen verwendete, da diese für kleine Hochöfen geeigneter ist als Koks allein. Abraham Darby II. erntete die Frucht der Mühen seines Vaters. Coalbrookdale wurde das führende Hochofenwerk Englands.

Bald führten auch andere Hüttenbesitzer den Hochofenbetrieb mit mineralischen Brennstoffen ein. In erster Linie ist hier John Wilkinson zu nennen. Dieser war 1728 als Sohn von Isaak Wilkinson geboren, der anfänglich als Gießer und Hochofenmeister und später als Pächter und Besitzer von Hütten in verschiedenen Gegenden des Landes sein Glück versucht hatte, ohne einen rechten Erfolg zu erzielen. John Wilkinson erwarb zuerst die Hütte in Bradley, übernahm dann gemeinsam mit seinem Bruder William das väterliche Werk in Bersham und pachtete 1763 den von Liverpooler Kaufleuten erbauten Hochofen in Willey bei Broseley, unweit Coalbrookdale. Mit John Wilkinson kam ein frischer Zug in das Werk, und da Kohle und Erz in der Nähe waren, entwickelte es sich. 1772 gelang es John Wilkinson, in seinem Hochofen in Bradley die Holzkohle durch rohe Steinkohlen zu ersetzen. 1776 stellte er das erste Dampfgebläse auf, 1783 ließ er sich von Watt eine Dampfmaschine mit Drehbewegung zum Antrieb eines Schwanzhammers bauen. Wilkinson war unermüdlich in der Erfindung von Verbesserungen. Er war der geschätzte Sachkenner auf dem Gebiete des Hüttenwesens. Große Verdienste erwarb er sich um die Verbesserung des Eisengießereiwesens, das ihm besonders am Herzen lag. John Wilkinson starb 1808 mit Hinterlassung eines für die damalige Zeit ungeheuren Vermögens. Er besaß ein großes Organisationstalent. Willensstark, eigenmächtig und herrisch, auf der anderen Seite zuverlässig im Geschäftsleben und gütig gegen seine Untergebenen, war er ein Mann, der aus dem Alltäglichen hervorragte. Kein Wunder, daß sich um seine Erscheinung ein Sagenkranz gewoben hat. Sein Bruder William trat hinter ihm zurück, war aber auch ein hervorragender Hüttenmann. Von größter Bedeutung für die Entwicklung der Eisenindustrie des Auslandes waren die Beziehungen, welche die

beiden Brüder, und zwar besonders William, mit Frankreich und Preußen pflegten. Großartig war der Aufschwung, den die schottische Eisenindustrie nach Darbys Erfindung nahm. Im Jahre 1759 gründete Dr. Roebuck aus Birmingham, dessen Mitarbeit bei der Erfindung der Dampfmaschine bereits erwähnt worden ist, die Hütte zu Carron und legte damit den Grundstein zur schottischen Kokshochofenindustrie. Das von John Smeaton entworfene Werk entwickelte sich rasch. Das Gesellschaftskapital durfte nach dem Gründungsvertrag 12 000 Pfund Sterling nicht überschreiten, stieg aber bald auf 150 000 Pfund Sterling. Im Jahre 1772 beschäftigte das Werk bereits 2000 Arbeiter. Es hatte anfänglich zwei Hochöfen von 9 m Höhe und 2,4 m Weite im Kohlensack. Jeder lieferte täglich 4500 kg Roheisen, das größtenteils unmittelbar vergossen wurde. Am Ende des Jahrhunderts hatte Carron fünf Hochöfen. Trotz dieser Erfolge starb Dr. Roebuck arm, da ihm seine Unternehmungen über den Kopf wuchsen. Nächste Carron war die Clydehütte mit drei Hochöfen das bedeutendste Werk Schottlands.

Noch glänzender entwickelte sich die Eisenindustrie in Südwales. Ihre romantische Gründungsgeschichte sei schon hier erzählt, wenn auch dort im 18. Jahrhundert noch größtenteils mit Holzkohlen gearbeitet wurde. In die Berge von Wales hatten sich die kymrischen Urbewohner Britanniens vor den sächsischen und dänischen Eroberern zurückgezogen und bewahrten dort ihre Sprache, ihre Sagen und die Lieder ihrer Barden. Das Vorkommen von Eisenerz und die Größe der Bergwälder hielt dort seit undenklichen Zeiten eine unbedeutende Eisenindustrie aufrecht. 1747 errichtete der Hüttenmeister Lewis of the Van einen kleinen Hochofen bei Dowlais auf einem Jagdbezirk von 800 Morgen unfruchtbar Berglandes, die er gegen eine Jahresrente von 26 Pfund Sterling auf 99 Jahre gepachtet hatte. Als Leiter des Werkes holte er sich John Guest von Broseley, der dort einen kleinen Hochofen betrieb. John Guest lebte als einziger Engländer unter den Fremden, deren Sprache er nicht verstand, wie in der Verbannung. Aber er hielt aus. Versuche mit der Verwendung von Steinkohlen im Hochofen glückten. Eine Dampfmaschine wurde mit großen Mühen in die unwegsame Gegend geschafft und aufgestellt. Die Erzeugung stieg langsam von 500 t auf 1500 t, und als John Guest 1785 starb, war die Zukunft seines Werkes und seiner Familie gesichert.

Ermutigt durch John Guests Erfolge kam 1763 als zweiter Engländer Anthony Bacon nach Wales. Er pachtete einen 1600 Morgen großen Landstrich, der das Erzlager von Cyfartha einschloß, auf 99 Jahre für 100 Pfund Sterling Jahresabgabe und errichtete dort eine Hütte. Durch weitere Belehnungen seitens des Grafen von Plymouth brachte er ein Gebiet zusammen, das größer war als manches Fürstentum. Er errichtete neue Werke, beispielsweise einen großen Eisenhammer zu Merthyr, bei dessen Einweihung der alte Barde Shonny Cwmglo, der als 100jähriger Greis starb, herrlich die Harfe geschlagen haben soll. 1784 verkaufte Bacon seine Werke, die nun durch verschiedene Hände gingen, bis Richard Crawshay Hauptbesitzer wurde. Dieser war 1741 in Yorkshire als Sohn eines Pächters geboren. Mit 16 Jahren hatte er einen Streit mit seinem Vater; er sattelte sofort seinen Pony und ritt nach London. Dort wurde er bei einem Krämer, der auch mit Eisen handelte, Ladendiener, erwarb sich das Vertrauen seines Herrn und heiratete dessen Tochter. Durch Sparsamkeit und Glück brachte er ein Vermögen von 1500 Pfund Sterling zusammen. Als er in den Zeitungen von den

Erfolgen in Wales las, zog er rasch entschlossen dorthin und erwarb Anteile an Cyfartha. Wie das Werk unter seiner Leitung aufblühte, soll später erzählt werden. 1782 wanderte Jeremias Homfray aus Broseley mit seiner Familie nach Wales aus. Er betrieb zuerst einen Eisenhammer in Cyfartha, wo er von Bacon gekaufte Roheisen verarbeitete. 1784 pachteten seine Söhne das Tal von Penydarran für 3 Pfund Sterling jährlich und errichteten dort ein Hochofenwerk, das bald eines der größten der Welt wurde.

DIE ENTWICKLUNG DER EISENGIESSEREI IN ENGLAND

Gegen Ende des 18. Jahrhunderts waren in England die Holzbälge durch die Kolbengebläse gänzlich verdrängt, und es wurden nur noch etwa 10% der Roheisenerzeugung mit Holzkohlen hergestellt. Die jährliche Roheisenerzeugung hatte sich auf 156 000 t gehoben.

Das siliziumreiche, kalterblasene Koksroheisen eignet sich besonders gut für dünnwandige Gußstücke. 1708 führte Abraham Darby, wie bereits erzählt, den Geschirrguß in Sandformen ein, wahrscheinlich nach kontinentalen Vorbildern. Der Sage nach soll ihn ein Schäferjunge John Thomas, den er als Gehilfen angenommen hatte, auf diesen Gedanken gebracht haben; jedenfalls waren Thomas und seine Nachkommen über ein Jahrhundert lang die treuesten Beamten der Familie Darby. In Coalbrookdale goß Darby außer Töpfen auch Roste, Bügeleisen, Türrahmen, Wagenbüchsen und Mörser, und zwar unmittelbar aus dem Hochofen.

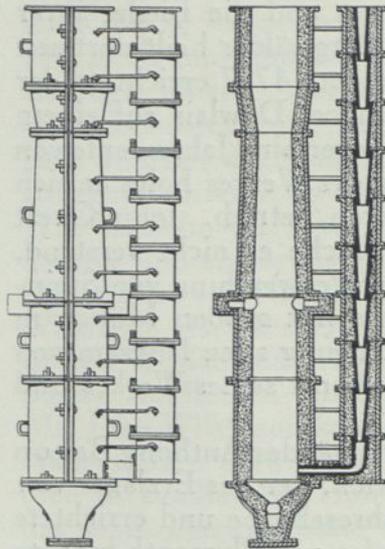


Abb. 112.

Sandgußform eines Geschützes.

Nach C. Hartmann:
Praktische Eisenhüttenkunde, Bd. 3, Atlas,
Weimar 1852, Taf. 33.

1758 nahm Isaak Wilkinson ein Patent auf die Herstellung der Formen und Kerne für röhrenförmige Gußstücke, wie Röhren, Geschütze und Dampfmaschinenzylinder, in getrocknetem Sand mit geteilten eisernen Formkasten und eisernen Modellen. Dieses Verfahren verdrängte die bisher beim Geschützguß übliche Lehmformerei. Gleichzeitig fing man an, die Geschütze nach französischem Vorbild voll zu gießen und die Seele auszubohren (Abb. 112). Isaak Wilkinsons Sohn John Wilkinson erlangte den höchsten Ruhm im Zylinderguß. Er lieferte die Zylinder für Soho und goß die ersten Dampfzylinder mit Dampfmantel in einem Stück. 1788 goß er für das neue städtische Wasserwerk in Paris 60 km Leitungsröhren.

Besonderen Ruf durch seinen Geschützguß erwarb sich Carron. Seit 1779 goß man dort für die englische Marine die berühmten Carronaden. Dies war eine Art schwerer Haubitzen, die Vollkugeln von 30 kg mit geringer Pulverladung warfen und sich besonders für den Nahkampf gegen hölzerne Segelschiffe eigneten. — Die Clydehütte war eine reine Hochofengießerei.

Die schottischen Hütten gossen auch zuerst leichte dünnwandige Abflußröhren, die deshalb Schottenrohre genannt werden.

Da der Guß schwerer und verwickelter Gußstücke aus dem Kokshochofen Schwierigkeiten machte, und der Eisenguß zunehmende Verwendung fand, entwickelte sich der Guß zweiter Schmelzung. Hierzu schmolz man anfänglich das Eisen in Flammöfen

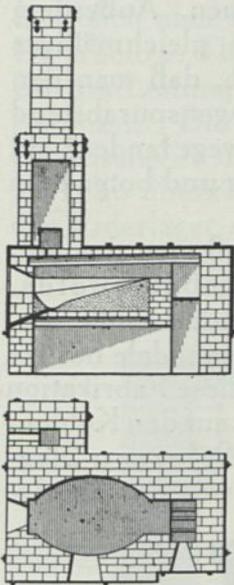


Abb. 113.
Englischer Gießerei-
flammofen.
Nach G. Jars:
Metallurgische Reisen.
Über. von C. A. Gerhard.
1. Bd. Berlin 1777, Taf. 6.

um. Diese wurden seit dem Ende des 15. Jahrhunderts zum Umschmelzen von Bronze, besonders für den Guß von Geschützen, benutzt. Gegenüber den Umschmelzschachtöfen hatten sie den Vorteil, daß man darin das Metall gut durchmischen, Proben entnehmen und etwa erforderliche Zusätze geben konnte. Während man aber die Bronzeblammöfen mit Holz beheizte, benutzte man in den englischen „Cupola-Öfen“ Steinkohle, wobei man den erforderlichen Zug durch eine hohe, unmittelbar an den Ofen angebaute Esse erzielte (Abb.113). Die Flammöfen eigneten sich wegen ihres großen Herdraumes zum Umschmelzen schwerer Stücke, z.B. alter Kanonen, sowie wegen ihrer frischenden Wirkung zum Guß schwerer Geschütze und Walzen. Für leichtere Stücke benutzte man später wieder die altbekannten Schachtöfen, verbesserte sie aber durch Einführung der Beheizung mit Anthrazit und Koks, die sich hierfür wegen ihrer Schwerverbrennlichkeit besser eignen als Holzkohle. Abb.114 zeigt einen Koksumschmelzschachtofen aus dem Anfang des vorigen Jahrhunderts. Die Öfen verbreiteten sich auch nach dem Festland und erhielten dort durch Verwechslung mit den Flammöfen den Namen Kuppelöfen. Als ihr Erfinder gilt John Wilkinson, der sie zuerst in einem Patent vom Jahre 1794 beschrieben hat.

Der mächtig anwachsende Bedarf für den Maschinenbau stellte die Eisengußtechnik vor immer neue Aufgaben. Smeaton war es, der zuerst das Gußeisen im Maschinenbau dort anwendete, wo man bisher Holz benutzt hatte, und zwar gegen die Ansicht aller Fachleute, die glaubten, daß das spröde Gußeisen niemals halten werde, wo die stärksten Eichenbalken brachen. Man goß nunmehr nicht nur Rohre und Geschütze, sondern auch die Gerüste der Walzen und Hämmer, die Balanciers und Wellen der Feuermaschinen und sogar die Wasserräder aus Eisen. Das eiserne Zeitalter brach an. Zumal John Wilkinson wollte alles aus Gußeisen machen. Einer Kirche in Bilston schenkte er eiserne Fensterrahmen, eiserne Säulen und sogar eine eiserne Kanzel. Bekannt sind die gußeisernen Särge, die er auf allen seinen Wohnsitzen für sich bereit stehen hatte, und die 20 t schwere gußeiserne Pyramide, die er sich als Grabmal errichten ließ.

Von größter Bedeutung wurde der Guß eiserner Schienenbahnen. Lange bevor man an den Bau von Lokomotiven dachte, waren die Eisenbahnen in der Kohlen- und Eisenindustrie Englands in Gebrauch. Bei den zahlreichen Steinkohlenbergwerken bei Newcastle machte sich zuerst das Bedürfnis geltend, für die Kohlen gute und billige Abfuhrwege nach den Verladeplätzen am Wasser zu schaffen. Der Bau von Straßen wäre zu teuer gewesen und war auch durch die Schwierigkeit des Grunderwerbs in England fast unmöglich gemacht. Dazu kam, daß eine solche Straße nur so lange Wert hatte,

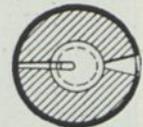
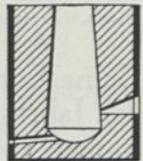


Abb. 114.
Englischer
Kuppelofen
in Gleiwitz.
Nach
J. H. Hassenfratz;
La Siderotechnie.
Bd. II,
Paris 1812, Taf. 38.

wie man aus dem betreffenden Schacht förderte. Dies aber war bei dem oberflächlichen Abbau der damaligen Zeit nie lange der Fall. So kam man auf den Gedanken, Holzwege quer über die Felder zu bauen. Diese konnte man leicht abbrechen und an anderer Stelle wieder aufbauen. Außerdem konnte man den kürzesten Weg wählen und ihm ein gleichmäßiges Gefälle geben. Beim Betrieb der Holzbahnen ergab sich, daß man den Wagentransport erleichterte, wenn man Holzrinnen in Wagenspurabstand darauf nagelte, in denen die Räder liefen. Diese Schienenwege fanden bald in allen Berg- und Hüttengegenden Englands Verbreitung und boten dem Fremden einen überraschenden Anblick.



Abb. 115.
Profil der Gußeisenschiene von Coalbrookdale. 1767.

Nach A. Haarmann: Das Eisenbahngleise. I. Leipzig 1891, S. 16.

Die Schienenwege wurden weiter dadurch verbessert, daß man den hölzernen Spurweg mit Flacheisen belegte. Im Jahre 1767 goß Reynolds, der Schwiegersohn von Abraham Darby II., in Coalbrookdale Gußeisenschienen für die Bahnen seines Werkes (Abb. 115). Coalbrookdale lieferte bald auch Schienen an andere Werke, und später gab diese Fabrikation vielen Gießereien reichlich Beschäftigung. 1776 führte Benjamin Curr auf den Kohlengruben von Sheffield gußeiserne Schienen mit Spurrändern und 1789 Jessop Stegschienen mit Kopf (Abb. 116 und 117) ein. Damit war das heutige Schienenprofil in seinen Grundzügen festgelegt.

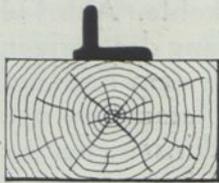


Abb. 116.
Profil der Schiene von Benjamin Curr. 1776.

Nach A. Haarmann a. a. O., S. 17.

Unter Abraham Darby III. baute Coalbrookdale die erste eiserne Brücke. Die Idee der Metallbrücken war nicht neu. Am Ende des Mittelalters hatte man bereits den schwindelnden Steg über die Höllenschlucht in der St. Gotthardstraße an eisernen Ketten aufgehängt. Der venetianische Ingenieur Faustus Verantius zeichnete um 1600 eine eiserne Kettenbrücke und eine Bogenbrücke aus Glockenspeise. Seine Entwürfe haben große Ähnlichkeit mit unseren heutigen Eisenbrücken. Im 18. Jahrhundert wurden verschiedene schmiedeiserne Brücken in Frankreich geplant, kamen aber nicht zur Ausführung. 1741 baute man in England bei Winch (Durham) über den Tees einen eisernen Kettensteg von 20 m Länge und 60 cm Breite mit einem Geländer auf einer Seite. Der Übergang über die Brücke war wegen der Schwankungen recht beängstigend. Dies war der Stand der Brückentechnik, als damals der junge Abraham Darby III. beschloß,

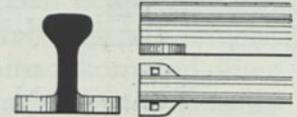


Abb. 117.
Profil der Schiene von Jessop. 1789. Nach A. Haarmann a. a. O., S. 19.

1777/78. Seine Entwürfe haben große Ähnlichkeit mit unseren heutigen Eisenbrücken. Im 18. Jahrhundert wurden verschiedene schmiedeiserne Brücken in Frankreich geplant, kamen aber nicht zur Ausführung. 1741 baute man in England bei Winch (Durham) über den Tees einen eisernen Kettensteg von 20 m Länge und 60 cm Breite mit einem Geländer auf einer Seite. Der Übergang über die Brücke war wegen der Schwankungen recht beängstigend. Dies war der Stand der Brückentechnik, als damals der junge Abraham Darby III. beschloß,

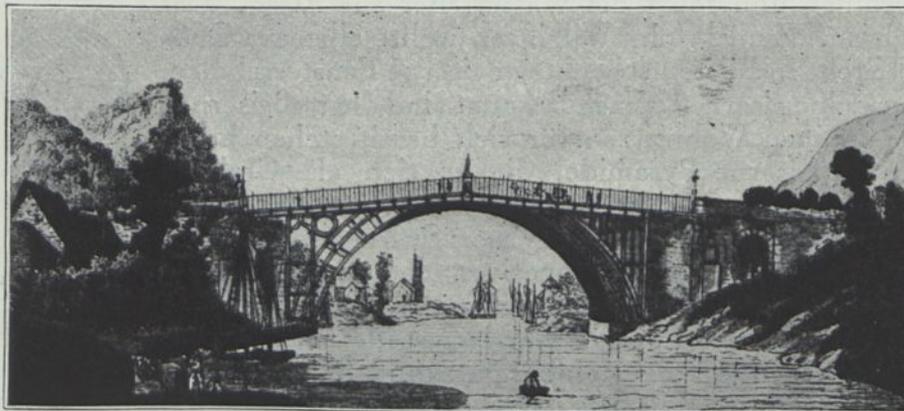


Abb. 118. Severnbrücke bei Coalbrookdale. 1777/78.

Nach „Sammlung nützlicher Aufsätze und Nachrichten, die Baukunst betreffend“. Bd. 1 (1797), Titelbild.

die Severn zwischen Coalbrookdale und Broseley durch eine Gußeisenbrücke zu überspannen, da die Fährre dem lebhaften Verkehr nicht mehr genügte. Eine Bau-genossenschaft wurde gegründet, an der sich auch John Wilkinson beteiligte. Es fand sich aber kein Baumeister, der es wagte, eine gußeiserne Brücke zu entwerfen. Da arbeitete Thomas Gregory, der erste Modelleur Coalbrookdales, unter Abraham Darbys Leitung den Plan einer gußeisernen Brücke aus. Dieser wurde zur Ausführung bestimmt. Die Brücke wurde in den Jahren 1777 bis 1778 gebaut. Die Montage der Eisenteile dauerte nur drei Monate. Im folgenden Jahre wurde die Brücke dem Verkehr übergeben und wird noch heute in unverändertem Zustande benutzt; nur die Widerlager mußten inzwischen erneuert werden. Die Brücke besteht aus einem Bogen von 30,5 m Sehne, der den Fluß in 12 m Höhe überspannt (Abb. 118). Die

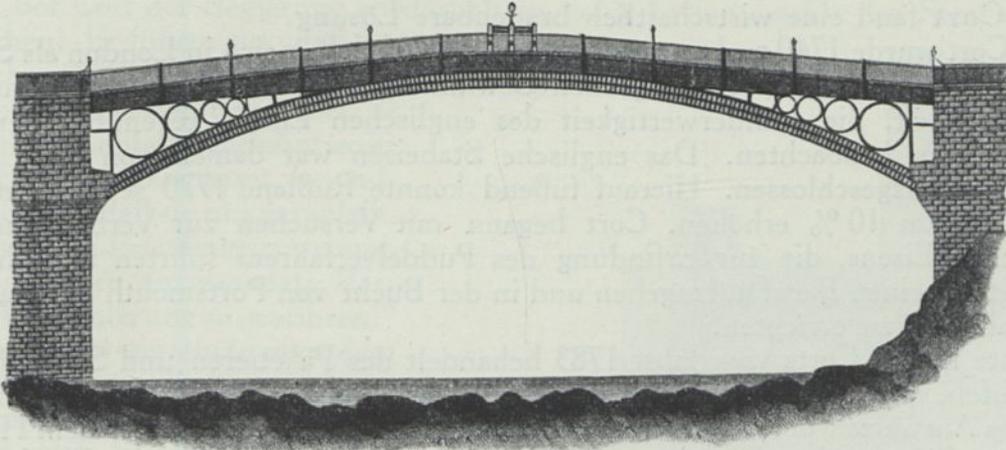


Abb. 119. Wearmouthbrücke. 1793/96.

Nach Edinburgh Encyclopaedia. Cond. by David Brewster. Vol. 3. Edinburgh 1830, Taf. 41.

mit Ton und Eisenschlacke gepflasterte Brückenbahn ist 7,3 m breit. Die Eisenteile wiegen etwa 400 t. Die Stellung der Brücke war so gut gewählt, daß um sie herum die blühende Stadt Ironbridge (Eisenbrücke) entstand.

In den neunziger Jahren wurde eine prachtvolle gußeiserne Brücke nach den Entwürfen von Rowland Burdon bei Sunderland über den Fluß Wear gebaut. Bei dieser Brücke wurde die Form- und Bauweise der Steinbogenbrücken beibehalten. Der Bogen besteht aus gußeisernen Klötzen von 1,5 m Breite und 1,2 m Dicke, die durch schmiedeeiserne Anker und Klammern verbunden sind. Die Spannweite beträgt 72 m, die Bogenhöhe nur 10 m und die lichte Höhe über dem Wasserspiegel im Scheitelpunkt 30,5 m. Die Brücke wurde in drei Jahren von Walker in Rotherham gegossen und zusammengebaut (Abb. 119). Trotz der großen Spannweite, der größten, die man bis dahin erreicht hatte, betrug das Gewicht der Brücke nur 250 t. Die Baukosten stellten sich auf 26 000 Pfund Sterling. Diesen glücklichen Konstruktionen folgten bald andere.

DIE ERFINDUNG DES PUDDELNS

Das Ausschmelzen der Eisenerze mit Koks im Hochofen war um die Mitte des 18. Jahrhunderts in England Tatsache geworden. Obgleich damit eine große Ersparnis an Holzkohlen erzielt wurde, konnte man die Eisenerzeugung solange nicht wesentlich

heben, wie man noch die Holzkohle zur Umwandlung des Roheisens in Schmiedeisen nötig hatte. Alle Versuche, im Frischfeuer mit Steinkohlen und Koks zu arbeiten, scheiterten. Das Roheisen nahm in Berührung mit Koks und Steinkohle Schwefel auf, und das entfallende Schmiedeisen war kaltbrüchig. Die Erfindung des Kokshochofens förderte deshalb in erster Linie die Eisengießereitechnik.

Von den zahlreichen Vorschlägen zur Lösung der Aufgabe erwies sich das oxydierende Glühen von Roheisenstücken in Tiegeln als technisch durchführbar. Man ging hierbei entweder von granuliertem Roheisen aus, oder benutzte die bereits stark gefrischten Rückstände aus den Gießereiflammöfen, das sogenannte Schaleneisen. Die Tiegel wurden im Flammofen oder unmittelbar in einer Koksglut erhitzt. Das Verfahren hatte keinen praktischen Erfolg, weil der Verbrauch an Tiegeln zu groß war. Erst Henry Cort fand eine wirtschaftlich brauchbare Lösung.

Henry Cort wurde 1740 zu Lancaster geboren. 1765 ließ er sich in London als Schiffsagent nieder und soll als solcher großen Gewinn erzielt haben. In seinem Beruf hatte er Gelegenheit, die Minderwertigkeit des englischen Eisens gegenüber dem ausländischen zu beobachten. Das englische Stabeisen war damals von allen Staatslieferungen ausgeschlossen. Hierauf fußend konnte Rußland 1770 seine Eisenpreise willkürlich um 10 % erhöhen. Cort begann mit Versuchen zur Verbesserung des heimischen Eisens, die zur Erfindung des Puddelverfahrens führten und ihn 1775 ermutigten, seinen Beruf aufzugeben und in der Bucht von Portsmouth ein Hammer- und Walzwerk zu errichten.

Das erste Patent Corts vom Jahre 1783 behandelt das Paketieren und Schweißen im Flammofen, also den zweiten Teil des Puddelverfahrens. In der Patentschrift wird auch das Auswalzen der Pakete unter Umgehung des Schmiedens unter dem Hammer erwähnt. Sein zweites Patent vom 13. Februar 1784 bringt dann die Beschreibung des eigentlichen Puddelverfahrens.

Corts glänzende Erfindung wurde in wenigen Jahren erdacht und praktisch durchgeführt. Sie entschied endgültig den Kampf zwischen den eisenerzeugenden Staaten zu Englands Gunsten. Durch Corts Erfindung wurde England von der Holzkohle unabhängig und konnte seinen Reichtum an Erzen und Steinkohlen ausbeuten. Watts Erfindung der Dampfmaschine erschloß gleichzeitig die Riesenkräfte, die bis dahin unbenutzt in der Steinkohle geschlummert hatten, und gestattete, sie überall und ohne an eine Örtlichkeit gebunden zu sein anzuwenden. Die Steinkohle lieferte so auch die Kraft für die schweren Walzwerke, die zur Durchführung des Puddelverfahrens nötig waren. England erkannte den Wert der Erfindung voll an. Im Jahre 1786 sagte Lord Sheffield, daß der Gewinn aus den neuen Erfindungen Watts und Corts den Verlust Nordamerikas mehr als ausgleiche, denn diese Erfindungen würden England die Herrschaft über den Eisenhandel verschaffen.

Ogleich den englischen Eisenindustriellen schon bald nach der Erfindung des Puddelverfahrens große Reichtümer zuflossen, erntete Cort keinen Dank, sondern erlitt Verfolgung, Elend und Schmach. Im Jahre 1787 erkannte die Prüfungskommission der Marine sein Schweißisen als das beste an und erklärte es für dem schwedischen Öregrundeisen überlegen. Alle Anker und alles Eisenwerk für die Marine sollten nur noch aus Corts Eisen angefertigt werden. Für diese großen Aufträge waren seine Anlagen zu klein. Da Cort sein ganzes Vermögen von mehr als 20000 Pfund Sterling

bereits für seine Versuche und Unternehmungen geopfert hatte, mußte er fremdes Kapital aufnehmen. Der Oberzahlmeister der Marine, Jellicoe, streckte ihm 27000 Pfund Sterling vor gegen Verschreibung der Patente, Zusicherung der Hälfte des Reingewinns und Aufnahme seines Sohnes als Geschäftsteilhaber. Nach dem Tode des alten Jellicoe im Jahre 1789 stellte sich heraus, daß die Summen, die dieser an Cort geliehen hatte, von unterschlagenen Staatsgeldern herrührten. Das Vermögen der Firma Cort & Jellicoe wurde vom Staate mit Beschlag belegt, darunter auch Corts Patente, da er sie an Jellicoe verschrieben hatte. Wider alles Recht setzte der Staat auf heimliches Betreiben der Hüttenbesitzer den jungen Jellicoe in den Besitz der Firma. Um andere in den Marineskandal verwickelte Leute zu schützen, ließ man alle Papiere Jellicoes verbrennen, wobei auch Corts Patente vernichtet wurden. Vergebens bot Cort der Regierung wiederholt an, seine Erfindung für den Staat nutzbar zu machen. Er führte aus, daß damals schon jährlich 50000 t Puddel-eisen hergestellt wurden, aber er bekam nur die abfertigende Antwort: „Ihre Erfindung erscheint von solchem Nutzen, daß sie uns veranlaßt, der britischen Eisenindustrie durch das von Ihnen angewendete Verfahren Aufmunterung zu gewähren.“

Im Jahre 1794 gewährte man dem großen Erfinder endlich eine Jahresrente von 260 Pfund Sterling, um ihn und seine Familie vor Hunger zu schützen. Als er im Jahre 1800 gestorben war, bewilligte das reiche England auch der Witwe großmütig eine Jahresrente von 100 Pfund Sterling. Im Jahre 1905 wurde in

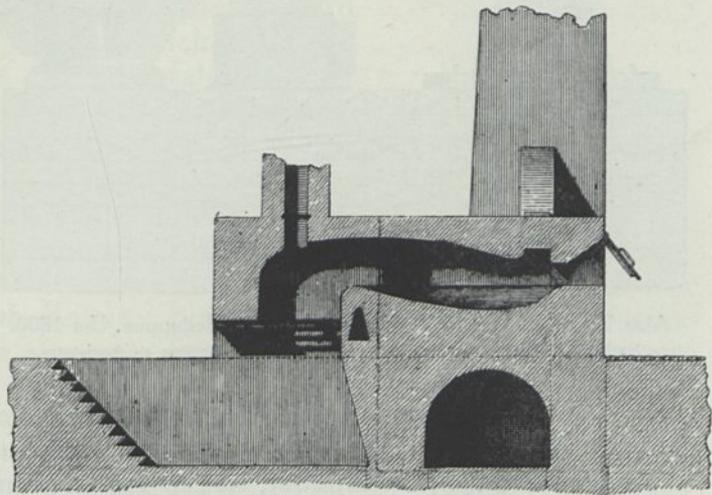


Abb. 120. Erste Bauart der Puddelöfen. Um 1800.
Nach Annales des Arts et Manufactures. Bd. 1, 1800, Taf. 1, Fig. 3.

der Kirche zu Hampstead, auf deren Kirchhof Cort ruht, eine Gedächtnistafel zur Erinnerung an den unglücklichen Erfinder errichtet.

Die ältesten Puddelöfen (Abb. 120) hatten zwei Kamine, einen am Fuchsende und einen über der Feuerung. Beide waren mit Schiebern versehen, so daß man das Feuer nach Belieben über den Herd oder unmittelbar in die Esse leiten konnte. Der Kamin über der Feuerung erwies sich als unnötig und wurde bald entfernt. Der Schieber im Fuchskamin wurde durch einen Deckel ersetzt, der von der Hüttensohle aus betätigt werden konnte. Der Herd der Puddelöfen war 2 m lang, 1 m breit und etwas vertieft, er war wie der ganze Ofen aus Ziegeln erbaut. Die Öfen hatten gewöhnlich auf beiden Seiten eine Öffnung von 50 bis 60 cm Weite, die durch eine ausbalancierte gußeiserne Tür verschließbar war. Diese hatte eine Arbeitsöffnung von 18 bis 20 cm Weite.

Die Öfen wurden mit Abfallkohlen geheizt. Beim Beginn der Arbeit wurde der Herd mit Sand bedeckt, dann setzte man in der Nähe der Feuerbrücke 150 kg grelles Eisen ein, verschloß die Türen und verschmierte alle Fugen mit Ton. Nach einer halben

Stunde war das Eisen weißglühend, dann verstärkte man das Feuer und gab vollen Zug. Nach einer weiteren Viertelstunde war das Eisen fast völlig geschmolzen. Nun führte der Puddler durch die Arbeitsöffnung eine Eisenstange ein und brachte die ungeschmolzenen Stücke näher an die Feuerbrücke. Nach einigen Minuten war alles in Fluß, worauf der Arbeiter mit dem Umrühren des Metallbades begann. Nach halbstündigem Rühren war die ganze Masse in einen halbflüssigen Teig verwandelt, der viele kleine Körner enthielt. Während der Arbeit wurde von Zeit zu Zeit etwas Sand auf die Masse geworfen, um die Absonderung der Schlacke zu erleichtern. Der

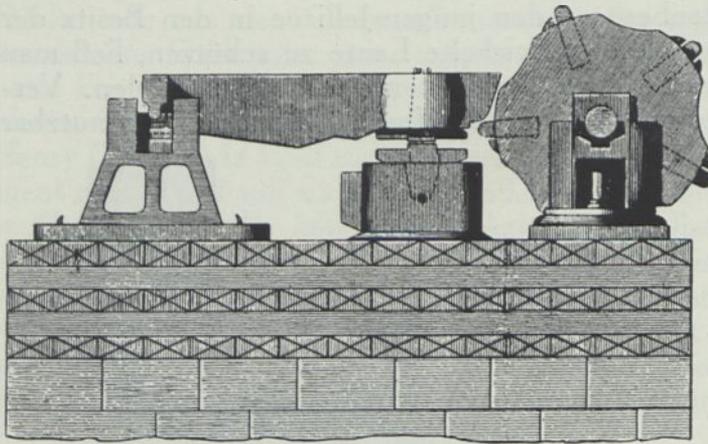


Abb. 121. Gußeiserner Stirnhammer für Puddelluppen. Um 1800.
Nach Dufrenoy et de Beaumont: Voyage métallurgique en Angleterre.
Paris 1827, Taf. 15.

Puddler bemühte sich nun, die Körner zu Klumpen zusammenzuballen. Er bildete gewöhnlich fünf Luppen, breitete diese auf dem Herd aus und machte sie schweißwarm. Die ganze Arbeit dauerte $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Stunden.

Der Puddler zog nun die Luppe mit seiner Krücke aus dem Ofen, ließ sie auf den Boden der Hütte fallen, wälzte sie zu dem 600 kg schweren Luppenhammer mit Dampftrieb (Abb. 121) und legte sie dem Hammermeister auf den Amboß. Dieser schweißte die Luppe an eine 20 mm starke Eisen-

stange, die ihm als Handgriff diente, und schmiedete sie zu einem Kolben von etwa 50 cm Länge und 7 bis 10 cm Durchmesser aus. In 7 bis 8 Minuten waren sämtliche Luppen ausgeschmiedet, so daß ein Hammer 12 Puddelöfen bedienen konnte. Dabei wurde so gearbeitet, daß das Luppenmachen in den Öfen nacheinander in viertelstündigem Abstand erfolgte.

Auf vielen Hütten brachte man die Luppen unmittelbar unter Walzen mit Eindrehungen. Sie wurden dann in einer Hitze ausgewalzt oder wie die geschmiedeten Kolben nochmals warm gemacht und nun zu Luppenschienen ausgewalzt, die noch Risse zeigten. John Wilkinson arbeitete mit Walzen, die eine hin- und hergehende Bewegung machten.

Nun folgte als dritter Teil von Corts Verfahren das Paketieren und Schweißen. Die Luppenschienen wurden in Enden von 50 cm Länge zerschnitten, zu je vier aufeinander gelegt, zusammengebunden, schweißwarm gemacht und in den Streck- oder Fertigwalzen vollendet.

Zur Erzeugung des Roheisens waren damals auf 1000 kg Eisen 5000 kg Steinkohlen entsprechend 3000 kg Koks erforderlich. Das Puddeln und Walzen erforderte weitere 5000 kg Steinkohlen, so daß sich der Gesamtbrennstoffverbrauch vom Erz bis zum fertigen Puddeleisen auf 10000 kg stellte. Der Abbrand betrug 25 % des Roheisens, während er beim Frischen 33 % erreichte.

Das Puddelverfahren verbreitete sich rasch. Als Corts Erfolge bekannt wurden, beeilten sich alle vorwärtsstrebenden Hüttenbesitzer Englands, es kennenzulernen

und einzuführen. Reynolds lud Cort persönlich ein, in Coalbrookdale Versuche zu machen. Den größten Nutzen an der Erfindung hatte Südwestwales, dessen Industrie damit erst seine Bedeutung erlangte. Hier wurde das Verfahren auch weiter entwickelt. Samuel Homfray führte das Feineisenfeuer, das kurz vorher von Cokshut in Cyfartha erfunden war, beim Puddelverfahren ein und ermöglichte dadurch die Verwendung des mit Koks erblasenen grauen Roheisens beim Puddeln. Die Feuer entsprachen in Bau und Wirkungsweise den alten steirischen Hartzzerrennfeuern (Abb. 122). Das Eisen wurde darin mit Koks und viel Wind eingeschmolzen, dann wurde das flüssige Eisen in Kokillen von 5 bis 8 cm Höhe abgestochen und während des Erstarrens mit kaltem Wasser begossen. Ein Feuer lieferte täglich 2000 bis 2500 kg gefeintes Roheisen mit einem Koksverbrauch von etwa 100% bei 10% Abbrand.

Den größten Erfolg durch Corts Erfindung hatte Richard Crawshay. Im Jahre 1787 machte dieser jährlich nur 500 t Schmiedeeisen, nach Einführung des Puddelverfahrens stieg seine Jahreserzeugung auf 10000 t Stabeisen. Sechs Hochöfen standen unter Feuer. Bei seinem Tode im Jahre 1810 hinterließ der „Eisenkönig“, der einst als armer Yorkshireboy den Laden gekehrt hatte, 1 500 000 Pfund Sterling. Er hatte Merthyr-Tydfil von einem Schäferdorf in eine wohlhabende Industriestadt von 30000 Einwohnern verwandelt. Unter seinem tüchtigen Schwiegersohn Benjamin Hall und seinem Verwandten Joseph Bayley blühte Cyfartha weiter auf. Bayley hatte 1806 seine Heimat in Yorkshire als armer Junge verlassen, um in Cyfartha sein Glück zu versuchen, und war nach langer Wanderung barfußig und bestaubt dort angekommen. Als er nach seinen reichen Verwandten fragte, wollte ihm niemand glauben, aber er fand seinen Weg. Crawshay nahm ihn freundlich auf, und nun stieg er von Stufe zu Stufe empor. Nach Crawshays Tode erbte er ein Viertel von dessen Vermögen.

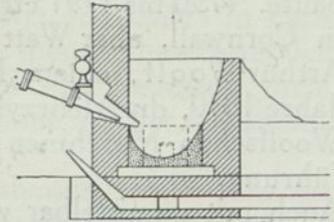


Abb. 122.
Englisches Feineisenfeuer.
Um 1800.
Nach J. H. Hassenfratz
a. a. O., Bd. 3, Taf. 42.

DIE FORTSCHRITTE DER ENGLISCHEN STEINKOHLENTECHNIK IM 19. JAHRHUNDERT BIS ZUR ERFINDUNG DES FLUSSEISENS

DAMPFMASCHINENBAU UND MASCHINENTECHNIK

Mit dem Jahre 1800 erlosch Watts Patent. Der große Erfinder hatte geglaubt, in seiner doppeltwirkenden Balanciermaschine mit Kondensator und Dampfexpansion etwas Vollkommenes geschaffen zu haben; aber es ging ihm wie den meisten Erfindern, die vor Erstaunen über die Kühnheit ihrer Pläne nicht sehen, daß ihr Wissen nur Stückwerk ist. Drei Wege waren zur Verbesserung der Dampfmaschine möglich: die Anwendung höherer Dampfdrücke, der Übergang zur Mehrzylindermaschine und der unmittelbare Antrieb der Kurbelachse von der Kolbenstange aus. Die Technik versuchte alle drei Wege.

Unbekümmert um die Anfeindung von Watt und Boulton beschäftigte sich Richard Trevithick, ein Bergingenieur aus Cornwall, seit dem Ende des 18. Jahrhunderts mit dem Bau von Hochdruckmaschinen. Obgleich die Firma Boulton & Watt sogar durch das Parlament ein Verbot der gefährlichen Hochdruckmaschine durchzusetzen versuchte, siegte langsam die neue Schule über die alte. Allerdings ging es nicht so schnell, wie die genialen Erfinder der Hochdruckmaschine meinten, die schon an Dampfdrücke von 10 und 20 at dachten.

Mit der Mehrzylindermaschine hatte sich schon 1781 Jonathan Hornblower beschäftigt, ein tüchtiger Kunstmeister in Cornwall, der atmosphärische Maschinen baute. 1790 bis 1791 errichtete er eine große Maschine dieser Art auf einer Zinngrube in Cornwall, aber Watt verhinderte die weitere Ausdehnung der Erfindung. Erst Arthur Woolf, einem Landsmann von Hornblower und Trevithick, gelang es im Jahre 1810, die Mehrzylindermaschine in die Praxis einzuführen. Der Erfolg der Woolfschen Maschinen beruhte nicht zum wenigsten auf ihrer vorzüglichen Ausführung.

Auch mit unmittelbar wirkenden Maschinen hatte man sich schon gegen Ende des 18. Jahrhunderts beschäftigt. Die Lösung der Aufgabe gelang zuerst 1807 dem Maschinenbauer Henry Maudslay in London. Dieser baute stehende Maschinen. Noch langsamer setzten sich die liegenden Maschinen durch. Man hatte gegen diese das Vorurteil, daß der Kolben den Zylinder ausarbeite, und erst nach Einführung der wagrechten Zylinder bei den Lokomotiven wurden liegende Dampfmaschinen auch als Antriebsmaschinen benutzt.

Das Bestreben, die Dampfmaschine zur Fortbewegung der Schiffe zu benutzen, ist so alt wie die Dampfmaschine selbst. Papin und Savery beschäftigten sich schon mit dieser Frage. Das erste Dampfschiff wurde nach verschiedenen Versuchen in Frankreich, die zu keinem praktischen Ergebnis führten, in England erbaut. Ein reicher Privatmann in Edinburg namens Patrick Miller ließ sich 1788 von dem Bergwerksmechaniker William Symington eine kleine Dampfmaschine für sein Boot bauen. Ein von beiden erbautes größeres Dampfschiff machte auf dem Clydekanal einige Fahrten. Es bewährte sich aber nicht, und Miller verlor die Lust zu weiteren Versuchen. Im Jahre 1800 beschloß die Clydekanalgesellschaft einen Dampfschlepper zu erbauen und übertrug Symington die Ausführung. Das Dampfschiff, die „Charlotte Dundas“, arbeitete einige Zeit mit gutem Erfolg, wurde dann aber auch aufgegeben.

Es blieb den Vereinigten Staaten von Amerika überlassen, die Dampfschiffahrt zu begründen, die bei der Unwegsamkeit des Landes und der Stärke der Ströme dort von größerer Wichtigkeit war als in Europa. Der Amerikaner Robert Fulton, der damals in Paris lebte, vollendete 1803 sein erstes Dampfschiff und ließ es auf der Seine laufen. Robert Livingstone, der als amerikanischer Gesandter nach Paris gekommen war, bewog Fulton, nach Amerika zurückzukehren, als dieser weder in Frankreich noch in England Unterstützung fand. Beide kauften vor ihrer Abreise eine Dampfmaschine bei Boulton & Watt. Am 7. Oktober 1807 machte Fultons Dampfschiff „Claremont“ die denkwürdige Fahrt auf dem Hudsonflusse von New York nach Albany mit einer Geschwindigkeit von vier Knoten. Fünf Jahre später gab es bereits über 50 in Amerika gebaute Dampfschiffe. 1813 verließ man die flache Schiffsbauart und baute den „Fulton“ nach der Form der besten Segelschiffe. Im

Jahre 1818 fuhr der erste Ozeandampfer, die „Savannah“, von New York nach Liverpool und Petersburg. Auch in England erwachte nun die Dampfschiffahrt. Ende des Jahres 1815 gab es in Großbritannien 20 Dampfschiffe und im Jahre 1823 über 160.

Die Erfindung der Eisenbahn hat nicht nur die Eisenhüttentechnik gefördert, sondern auch den Eisenhütten ein neues großes Absatzgebiet erschlossen. Der Plan des Dampfwagens stammt schon aus der Kindheit der Dampfmaschine. Den ersten Dampfwagen, der wirklich zur Ausführung kam, erbaute der französische Artillerieoffizier J. Cugnot. 1769 fertigte er ein Modell desselben an, worauf 1770 mit Unterstützung des Kriegsministers, des Herzogs von Choiseul, ein betriebsfähiger Dampfwagen erbaut wurde, der noch heute im Conservatoire des Arts et Métiers in Paris erhalten ist. Der Wagen sollte zum Ziehen von Geschützen dienen, bewährte sich aber nicht, weil der Kessel zu wenig Dampf lieferte und das Fahrzeug nicht genügend lenkbar war, da die Last des Kessels und der Maschine auf der Lenkachse ruhte.

Im Jahre 1786 baute sich William Murdock, Watts Mitarbeiter, einen kleinen Dampfwagen. Das Maschinchen lief ganz gut, und Boulton baute nacheinander mehrere solcher Wägelchen; aber bei dem schlechten Zustand der Landstraßen waren alle Versuche mit Straßendampfwagen aussichtslos. Richard Trevithick war der erste, der zur Erkenntnis kam, daß der Dampfwagen nur auf einem eisernen Schienenwege laufen kann. Im Jahre 1803 baute er für Samuel Homfray in Penydarren in der Schmiede des Werks die erste Eisenbahnlokomotive. Die Maschine lief gut; da aber die Gußeisenschienen unter der Last brachen, gab Homfray die Versuche auf. Trevithick wandte sich nach Amerika, wo er nach einem abenteuerlichen Leben vollständig verarmte. Robert Stephenson, sein mit Ruhm und Erfolg gekrönter Nachfolger, entdeckte ihn im tiefsten Elend und sorgte für sein Alter.

Die Idee des Dampfpferdes kam auf den Gruben und Hütten nicht mehr zur Ruhe. 1813 erbaute W. Hedley, ein Grubensteiger zu Wylam, die erste Lokomotive, die sich bewährte, und zeigte, daß eine Maschine mit glatten Rädern auf glatten Schienen Lasten auch über Steigungen bewegen kann. Hedleys Maschine, die „Puffing Billy“, war bis 1862 in Betrieb und wurde dann dem Kensington-Museum in London überwiesen.

Nun trat der Mann auf den Plan, dessen Name mit der Geschichte der Eisenbahn unlösbar verbunden ist. George Stephenson wurde 1781 als Sohn eines armen Kohlenhauers zu Wylam geboren. Er wuchs ohne Schulbildung heran. Mit 15 Jahren wurde der kräftige Junge Dampfmaschinenheizer auf einem kleinen Bergwerk bei Newburn-on-Tyne. Zwei Jahre später wurde er zum Wärter der Maschine befördert. In dieser Stellung entwickelte sich sein mechanisches Talent. Er erkannte den Mangel jeglicher Schulbildung und setzte sich in der Abendschule zu den Kindern, um schreiben, lesen und rechnen zu lernen. Mit 20 Jahren wurde er Fördermaschinist, was als das schwierigste Amt bei den Kohlenbergwerksmaschinen galt. Später ging er in gleicher Stellung nach Killingworth, wo er seinen Ruhm begründete. Im Jahre 1813 begann er die Besitzer der Grube für den Bau einer Lokomotive zu interessieren. 1814 kam die Maschine, der „Blücher“, in Betrieb, die aber noch oft der Reparatur bedurfte. Schritt für Schritt entwickelte nun Stephenson den Lokomotivbau und verbesserte gleichzeitig die Schienenbahnen. 1819 bis 1822 baute er die Hettonbahn

zur Verbindung der Hettongruben mit der Verladestelle am Wearfluß. Da das Terrain hügelig war, legte Stephenson fünf schiefe Ebenen mit ortsfesten Maschinen an, während fünf Lokomotiven die Wagen auf den ebenen Strecken zogen. Im folgenden Jahre übernahm Stephenson den Bau der für die Geschichte des Eisenbahnwesens bedeutsamen Stockton-Darlington-Bahn, deren Zweck war, die Kohlen der Grafschaften Durham nach dem Hafen zu bringen. Die Bahn ist für die Geschichte des Eisens auch deshalb von besonderer Bedeutung, weil sie zur Gründung der großen Eisenstadt Middlesbrough führte. Auf dieser Bahn wurden zuerst schmiedeeiserne Schienen verlegt. Stephenson lieferte die Lokomotiven aus seiner neugegründeten Fabrik in Newcastle. Die Bahn wurde 1825 mit der Lokomotive „Locomotion“ von 8,15 t Gewicht eröffnet. Die Maschine lief bis 1850 auf dieser Linie und dann noch sieben Jahre auf einem Kohlenbergwerk. Seit dieser Zeit steht sie auf dem Bahnhof von Darlington zur bleibenden Erinnerung.

Aber auch hier bewährte sich der Dampfbetrieb in den ersten Jahren noch recht schlecht. Das Schlachtfeld, auf dem die Zukunft der Eisenbahn und des ganzen Verkehrswesens entschieden wurde, war die Bahn von Liverpool nach Manchester.

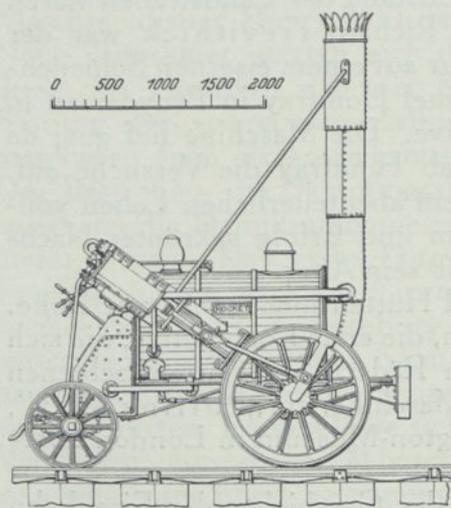


Abb. 123. Stephensons „Rocket“. 1829.
Nach Engineer 50 (1880), S. 210.

Um 1821 tauchte der Plan auf, diese beiden Haupt-handelsstädte durch einen Schienenstrang zu verbinden, aber die Grundbesitzer arbeiteten lebhaft dagegen. Man behauptete, die Lokomotiven würden das Land unglücklich machen, die Kühe würden nicht mehr fressen und die Hühner keine Eier mehr legen, der giftige Rauch würde die Vögel in der Luft töten, und alle Häuser in der Nähe der Bahnlinie würden in Brand geraten. Als Stephenson noch gar erklärte, man werde mit über 30 km Stundengeschwindigkeit fahren können, fiel sein Genehmigungsgesuch beim Parlament durch. Aber Stephenson gab nicht nach. Die Linie wurde neu vermessen, um die Besitzungen der einflußreichsten Gegner zu umgehen, und der Bau begann. Die Ausführung ist eine der glänzendsten Taten der Ingenieurkunst. Ein sumpfiges Moor mußte überschritten werden. Unter der Stadt Liverpool mußte ein Tunnel von 1800 m

Länge gebaut werden. Alle Arbeiten durchdachte und leitete Stephenson, unterstützt von seinem nicht minder großen Sohn Robert.

Die Bahngesellschaft war ein Gegner des Betriebs mit Lokomotiven und wollte die Züge von ortsfesten Maschinen ziehen lassen. Endlich setzte Stephenson durch, daß ein Preisausschreiben für den Bau von Lokomotiven erlassen wurde, auf das hin am 6. Oktober 1829 bei Rainhill eine Wettfahrt zwischen vier Lokomotiven stattfand. Die Bahn bildete hier eine horizontale Strecke von 3,2 km Länge, die zwanzigmal durchlaufen werden sollte, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 16 km. Nur die „Rocket“ von George und Robert Stephenson (Abb. 123) erfüllte die Bedingungen. Zum Schluß machte sie eine Leerfahrt mit einer Geschwindigkeit von 45 km in der Stunde. Damit war der Sieg zugunsten des Lokomotivbetriebes entschieden.

Um diese Zeit nahm auch der Bau von Werkzeugmaschinen seinen Anfang. Das größte Verdienst hieran gebührt Henry Maudslay. Dieser wurde 1771 als Sohn eines Arbeiters des Arsenal von Woolwich geboren. Dort hatte er in den großen Werkstätten gute Gelegenheit sich auszubilden. Später arbeitete er bei Joseph Bramah, dem Erfinder des Sicherheitsschlusses und der hydraulischen Presse, dessen Fabrik als Musterwerkstatt galt. Hier erfand Maudslay den Drehbanksupport. Im Jahre 1797 machte er sich selbständig, um die Drehbank weiter zu vervollkommen. Dies gelang ihm besonders durch Einführung der Parallelbewegung und des Selbstganges. Mit der Erfindung der „englischen“ Drehbank beginnt der neuzeitliche Maschinenbau. 1810 verlegte Maudslay seine Tätigkeit in eine neue große Fabrik in Lambeth am Westminster Road, die bald Weltruf erlangte. Maudslay baute hier außer Drehbänken die schon erwähnten Dampfmaschinen und unter anderem auch Lochmaschinen für Kesselbleche, die den Dampfkessel- und Schiffsbau wesentlich förderten. Damals kamen auch die ersten Eisenhobelmaschinen, Blechbiegemaschinen und Kreissägen zum Schneiden von Eisen auf. Maudslay ist der erste gewesen, der ein Normalgewinde geschaffen hat. Aus seiner Schule gingen die bedeutendsten Maschineningenieure wie Whitworth und Nasmyth hervor.

ROHEISENDARSTELLUNG

In England verdrängten die Kokshochöfen den alten Holzkohlenbetrieb vollständig. 1829 wurde der letzte Holzkohlenhochofen in Sussex ausgeblasen. Damit endete die einst so bedeutende Eisenindustrie im Süden Englands.

Im Anfang des 19. Jahrhunderts wurde Koks durch Verkokung von Stückkohlen in langen Haufen oder in den von John Wilkinson erfundenen Meilern mit steinernem

Quandelschacht (Abbildung. 124) dargestellt. Für Feinkohle benutzte man mit Gewölbe überbaute Herde, die sogenannten Bienenkorböfen (Abb. 125). Diese wurden 15 cm hoch mit Kohlen beschickt und angezündet. Nach 10 Stunden war der Koks gar. Dann goß man Wasser in den Ofen und zog den Koks mit eisernen Kratzen heraus. Die ersten Öfen mit Teergewinnung baute Lord Dundonald. Sie entsprachen ihrer Form nach den Bienenkorböfen, hatten aber im Boden und an der Seite besondere Zuglöcher und waren oben mit einem Abzugrohr für die Teerdämpfe versehen (Abb. 126). Den ersten Versuch zur Verbesserung der Wärmewirtschaft der Koksöfen machte 1824 Moritz de Jongh zu Worrington in Lancastershire, indem er die aus den Koksöfen entweichende Wärme zur Beheizung von Dampfkesseln benutzte. Die Dampfkessel stellte er über den Koksöfen auf.

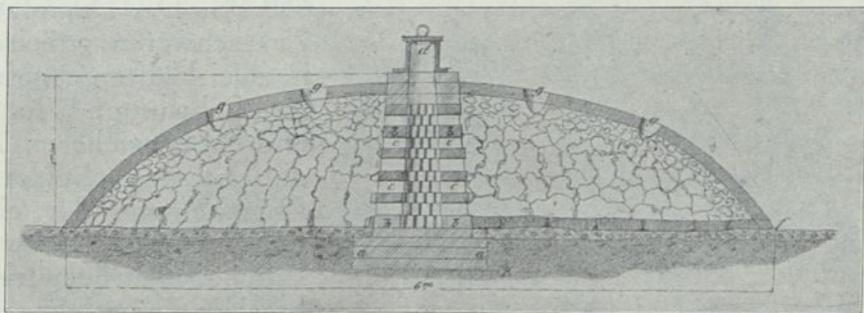


Abb. 124. Steinkohlenmeiler mit gemauertem Quandelschacht. Um 1800.
Nach Walter de St.-Ange & Le Blanc: Prakt. Eisenhüttenkunde. Übersetzt von C. Hartmann.
Weimar 1839, Atlas, Taf. 4.

Die Gebläse erfuhren in England keine grundsätzliche Änderung, erreichten aber Riesenabmessungen, da es üblich wurde, mit einer Maschine auf mehrere Öfen zu blasen. Die Gebläsemaschinen mit Balancierantrieb ohne Schwungrad blieben vorherrschend. Noch in den siebziger Jahren liefen derartige Maschinen mit 3000 mm Zylinderweite und 3 m Hub in Schottland, die zehn Hochöfen bedienten. Versuche

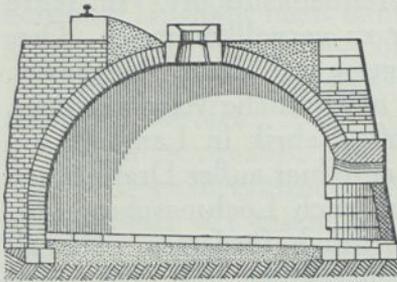


Abb. 125. Bienenkorbkoksofen.
Um 1800.

Nach F. T. Havard: Refractories and Furnaces.
New York 1912, S. 126.

mit Expansion scheiterten an den Betriebsverhältnissen, denn am Ende des Hubes nimmt der Druck im Dampfzylinder durch die Expansion stark ab, während der Gegen- druck im Gebläsezylinder das Höchstmaß erreicht. In den fünfziger Jahren benutzte man oft Woolfsche Maschinen. Diese waren mit Seitenbalancier ausgerüstet, und an jedem

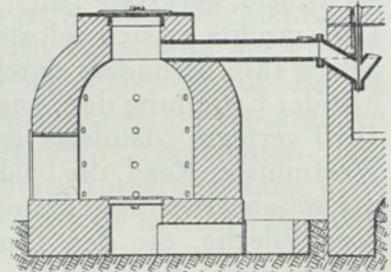


Abb. 126. Dundonald-Koksofen mit
Teergewinnung.

Nach Arch. für Bergbau und Hüttenwesen.
Herausgeg. von C. J. B. Karsten, Bd. 1 (1818),
Taf. 1.

Ende stand ein Dampfzylinder, über dem ein Gebläsezylinder angeordnet war. Schließlich führte auch bei den Gebläsemaschinen das Bestreben, größere Kolbengeschwindigkeit zu erzielen, zur Anwendung von Maschinen mit Hubbegrenzung, d. h. mit Drehbewegung. Abb. 127 zeigt ein großes im Jahre 1851 für Dowlais erbautes Gebläse. Der Gebläsezylinder hatte 3,66 m Durchmesser und gleichen Hub. Die Maschine

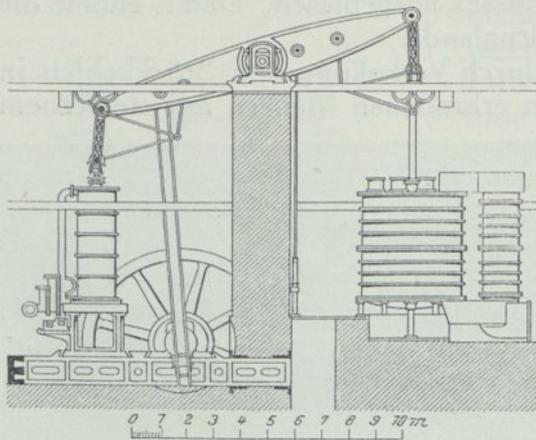


Abb. 127.

Gebläse mit Drehbewegung in Dowlais 1851.
Nach C. Matschoss a. a. O., Bd. 1, S. 563.

lieferte bei 20 Umdrehungen in der Minute 1246 m^3 Wind von 0,23 at Druck und leistete 650 PS. Der Dampfzylinder stand auf einem 75 t schweren gußeisernen Balkengerüst; der in zwei Hälften gegossene Balancier wog 33 t, das Schwungrad hatte 6,7 m Durchmesser und ein Gewicht von 35 t. Zeitweilig bediente die Maschine acht Hochöfen. Trotz der riesigen Abmessungen der einzelnen Maschinenteile traten bei den Schwungradmaschinen häufig Brüche im Kurbelgetriebe auf. An einer Maschine brach in einem Jahr sechsmal der Kurbelzapfen und zweimal die Schwungradachse.

Der wichtigste Fortschritt in der Hochofentechnik war die Erfindung der Winderhitzung,

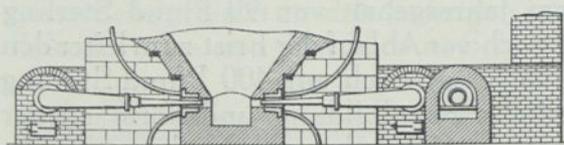
denn sie beseitigte die Schwierigkeiten, die der Hochofenbetrieb mit schwerverbrennlichem Koks und Anthrazit bereitete. Wenn der Gedanke der Winderhitzung auch schon früher aufgetaucht ist, und wenn man auch die Erhöhung der Verbrennungstemperatur durch heiße Luft schon früher beobachtet hat, so ist dies doch ohne Einfluß auf den Hochofenbetrieb geblieben. Das Verdienst der Erfindung ist allein dem Schotten James Beaumont Neilson zuzuschreiben. Neilson war 1792 als Sohn eines Grubenmaschinisten in der Nähe von Glasgow geboren und erwählte zuerst

das väterliche Handwerk. Im Jahre 1817 nahm er eine Aufseherstelle in der neu errichteten Gasanstalt in Glasgow an. Neilson hatte noch kein Gaslicht gesehen, aber mit seinem klugen Kopf, seiner Lernbegierde und seinem Interesse für Chemie arbeitete er sich schnell ein. Er war auf fünf Jahre mit einem Jahresgehalt von 90 Pfund Sterling angestellt; die Gesellschaft beförderte ihn aber noch vor Ablauf der Frist zum leitenden Ingenieur mit 200 Pfund Sterling Gehalt, das nach und nach auf 400 Pfund Sterling erhöht wurde. Neilson ergänzte seine mangelhafte Schulbildung und hörte an der Universität Glasgow Vorlesungen über Chemie, Naturkunde und Mathematik. Es gelang ihm, die Gasdarstellung durch Anwendung von Tonretorten an Stelle der bisher benutzten Gußeisentöpfe und durch Reinigung des Gases mit Eisenvitriol und Holzkohle zu verbessern. Auch der Schwalbenschwanzbrenner ist seine Erfindung. Durchdrungen von dem Werte des Wissens, gründete er 1821 eine Arbeiterbildungsanstalt (Workmen's Institution), die das Vorbild für andere ähnliche Anstalten wurde.

Um 1824 kam Neilson mit der Eisenhüttentechnik in Berührung. Ein Hüttenbesitzer fragte ihn, ob man den Hochofenbetrieb durch Reinigung der Gebläseluft verbessern könne. Damals war nämlich noch der Glaube unter den Hüttenleuten verbreitet, daß ein Schwefelgehalt der Luft im Sommer die Schmelzung des Eisens ungünstig beeinflusse. Den Hüttenleuten war schon lange bekannt, daß ihre Hochöfen im Winter besser gingen, eine Erscheinung, die damals noch mehr als heute hervortrat, weil die Erzeugung der alten Hochöfen in erster Linie durch die Leistung der Gebläsemaschinen begrenzt wurde, die im Winter eine größere Windmenge lieferten als im Sommer. Neilson wußte, daß die Luft keinen Schwefel enthält; er nahm an, daß der hohe Feuchtigkeitsgehalt den Hochofenbetrieb im Sommer störe, und schlug vor, den Gebläsewind in Kammern mit gebranntem Kalk zu trocknen. Bald darauf wurde Neilson um Vorschläge ersucht, den schlechten Gang eines Hochofens zu Muirkirk zu verbessern. Der Grund des Übels lag darin, daß die Gebläsemaschine etwa 800 m vom Hochofen entfernt stand und zu wenig Wind in den Hochofen gelangte, weil die Windleitung undicht oder zu eng war. Neilson kam auf den Gedanken, die Luft vor Eintritt in den Hochofen durch Erhitzen auszudehnen und dadurch die saugende Wirkung der Winddüse zu verstärken. Ein kleiner Versuch mit Leuchtgas zeigte ihm, daß die Verbrennung wesentlich stärker wird, wenn man die Verbrennungsluft in erhitztem Zustand zuführt. Er wiederholte den Versuch an einem Schmiedefeuer und fand das gleiche Ergebnis.

Die Hochofenleute lehnten Neilsons Idee ab, weil sie im Widerspruch zu ihrer Erfahrung stand. Die Hochöfen gingen am besten bei kaltem Wetter. Deshalb strich man den Windregulator weiß an und leitete den Wind zur Kühlung über kaltes Wasser. Und nun kam ein Gasingenieur, der nichts vom Hochofenbetrieb verstand, und schlug das Gegenteil vor. Mit vieler Mühe gelang es Neilson, Charles Macintosh von Crossbasket zu einem Versuch zu bewegen. Obgleich er die Gebläseluft nur auf etwa 30° erhitzte, wurde die Schlacke flüssiger und reiner. Seinem Wunsche, Versuche mit höherer Windtemperatur vorzunehmen, legten die Hüttenbesitzer Schwierigkeiten in den Weg. Da sie nicht an einen Erfolg glaubten, wollten sie weder an ihren Öfen noch an ihrer Windleitung etwas ändern. Mehrere Jahre vergingen, bis Neilson den entscheidenden Versuch auf der Clydehütte von Collin Dunlop ausführen durfte. 1828 nahm er ein Patent auf seine Erfindung, das die Anwendung der Winderhitzung für Feuer,

Öfen und Herde aller Art umfaßte. Zur Ausbeutung der Erfindung verband er sich mit Macintosh, Dunlop und John Wilson von Dundee, wobei er sich drei Zehntel des Gewinnes vorbehielt. Die Lizenz wurde auf 1 Shilling je Tonne Roheisen festgesetzt.



Schnitt, A-B

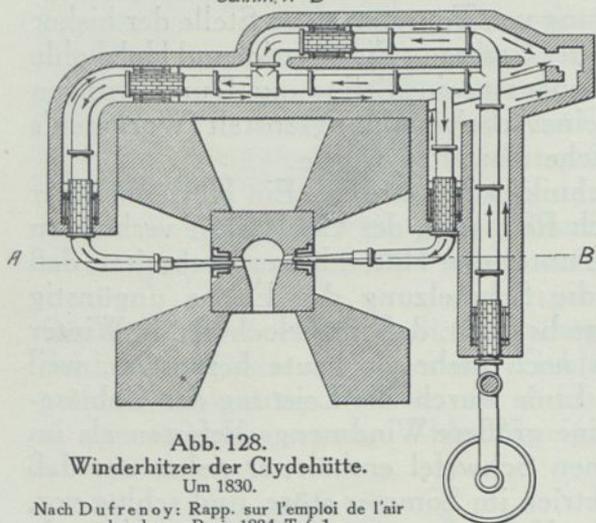


Abb. 128.
Winderhitzer der Clydehütte.
Um 1830.

Nach Dufrenoy: Rapp. sur l'emploi de l'air chaud... Paris 1834, Taf. 1.

Der Erfolg der Winderhitzung war über Er-
warten groß. Der Koksverbrauch des Hoch-
ofens der Clydehütte, der bei kaltem Wind
je Tonne Roheisen 8 Tonnen, berechnet auf
die Kohle, betragen hatte, sank beim Betrieb
mit Wind von 150° auf 5,2 t. Nach Abzug
der 0,4 t Kohle, die zur Erhitzung des Windes
nötig waren, stellte sich die Ersparnis auf 2,4 t
Kohle je Tonne Eisen. Als man nun dazu
übergang, die schottische Splintkohle roh auf-
zugichten, sank der Kohlenverbrauch auf
2,25 t je 1000 kg Roheisen. Neilsons erster
Winderhitzer hatte die Gestalt eines Koffer-
kessels von 1,2 m Länge, 90 cm Höhe und
60 cm Breite. Jede Windform hatte ihren
eigenen Heizkasten. Mit diesem Apparat er-
zielte Neilson eine Temperatur von 93° . Da
die Blechwände der Heizkasten rasch durch-
brannten, ersetzte er sie durch gußeiserne
Zylinder von 1,8 m Länge und 80 cm Durch-
messer. Hiermit erzielte er eine Temperatur
von 138° . Für die Clydehütte baute er dann den in
Abb. 128 dargestellten Apparat, bei dem durch fünf
Feuerstellen fast die ganze Windleitung beheizt wurde.
Die Gesamtheizfläche betrug etwa 22 m^2 und die er-
reichte Temperatur 315° . Da die Flanschen der Rohre
schwer dicht zu halten waren, schuf Neilson seinen
Zwillingsrohrapparat, der das Vorbild aller eisernen
Winderhitzer wurde. Dieser bestand der Hauptsache
nach aus zwei in einem Ofen nebeneinanderliegenden
wagrechten Hauptrohren, die durch halbkreisförmige
Doppelkrümmer verbunden waren. Zwischen den
Hauptrohren lag die Feuerung. Später schaltete man
zwischen den Doppelkrümmern und den Hauptrohren
längere Stützen ein, um die Heizfläche zu vergrößern
(Abb. 129). Da diese „Heberöhrenapparate“ zuerst
auf der Calderhütte in Betrieb kamen, hießen sie ge-
wöhnlich Calder-Apparate. Eine noch größere
Heizfläche hatten die zu Firmstone bei Dudley ver-
wendeten Apparate mit ovalen Rohrquerschnitten.
Die Heizfläche dieser als Staffordshire-Apparate
bekannten Winderhitzer betrug $7,4 \text{ m}^2$. Die ursprüng-

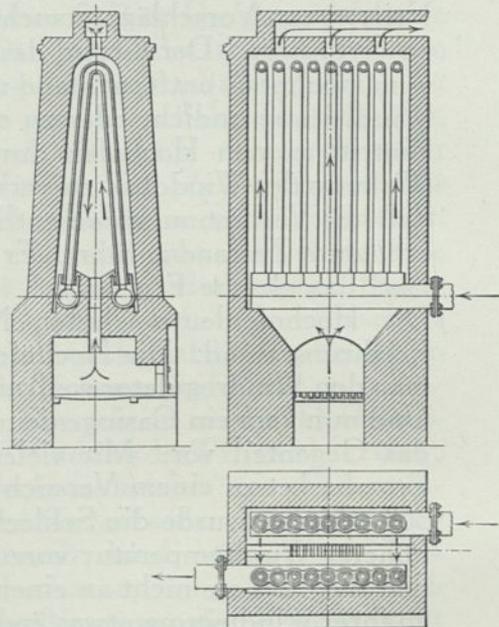


Abb. 129. Calder-Apparat.
Nach v. Herder: Erläuterungen der vorzügl. Apparate
zur Erwärmung der Gebläseluft. Freiberg 1840, Taf. 18.

liche Anordnung, bei der man zur Vermeidung von Temperaturverlusten in der Heißwindleitung jede Windform mit einem besonderen Winderhitzer versah, behielt man bei. Der Betrieb mit heißem Wind machte Änderungen bei der Zuleitung des Windes zum Ofen erforderlich, da die offenen Formen nicht mehr anwendbar waren, und da die Lederschläuche, die man zur Verbindung der Windleitung mit der Düse benutzte, verbrannten. Man brachte zwischen Leitung und Form ein kupfernes oder eisernes Ver-

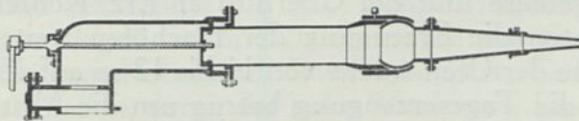


Abb. 130. Düsenstock für Heißwindbetrieb. Um 1840.
Nach C. J. B. Karsten a. a. O. Taf. 14.

bindungsstück an, das gewöhnlich mit Trompetenauszug oder Kugelgelenk versehen war (Abb. 130). Für Temperaturen unter 200° genügten noch die gewöhnlichen Kupferformen, bei höherer Temperatur mußte man wassergekühlte Formen verwenden. Als ihr Erfinder gilt John Condie, der Leiter des Calder

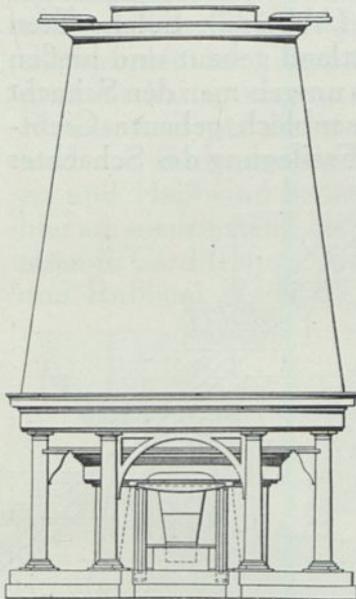


Abb. 132. Schottischer Hochofen mit freistehendem Gestell.
Um 1835. Nach C. J. B. Karsten a. a. O. Taf. 19.

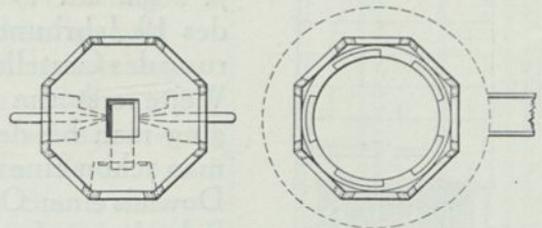
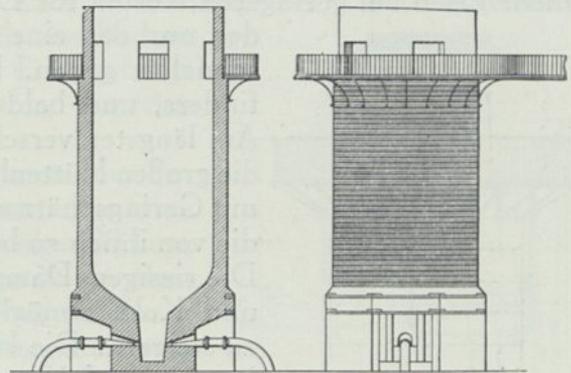


Abb. 131. Hochofen zu Dowlais.
Nach C. J. B. Karsten: Eisenhüttenkunde, 2. Aufl. 3. Teil.
Berlin 1827, Taf. 3.

Werks. Condie's Wasserform bestand aus einer schmiedeisernen Rohrschlange, die in Gußeisen eingegossen war. Die Winderhitzung verbreitete sich rasch. Nach wenigen Jahren arbeiteten alle schottischen Werke mit heißem Wind, außer der einst führenden Carronhütte. In Wales und Schottland hob sich nach Einführung der Winderhitzung die Verwendung des von David Mushet 1801 entdeckten Kohleneisensteins, des sogenannten Blackband, das die Kohlenformation durchzieht. Auch die früher gescheiterten Versuche, den Anthrazit von Südwales roh aufzugichten, wurden 1837 von David Thomas auf George Cranes Ynescedwinhütte nach Einführung der Winderhitzung wieder aufgenommen und hatten nun vollen Erfolg. Es ist beschämend, daß sich trotz der Gewinne, die den englischen Werken durch Neilsons Erfindung zuflossen, mehrere Hüttenbesitzer fanden, die dem Erfinder seinen Lohn mißgönnten. 1839 strengten die Herren Baird, Besitzer der Gartsherriehütte, damals der größten Hochofenanlage Schottlands, eine Anfechtungsklage gegen das Patent an, obwohl sie zugeben mußten, daß sie in 10 Jahren durch die Erfindung einen durchschnittlichen Jahresgewinn von 26000 Pfund Sterling erzielt und im letzten Jahre sogar 54000

Pfund Sterling erspart hatten. Der Besitzer der Eisenwerke von Ystalifera in Südwesten, James Palmer Budd, behauptete sogar, daß kalter Wind wirtschaftlicher sei, er erzeuge mehr Eisen bei geringeren Kosten für Löhne und Materialien, eine Behauptung, an der nur das eine richtig ist, daß Hochöfen mit kaltem Wind schneller gehen. Die Richter entschieden zugunsten des Erfinders, und bald führte auch Budd die Winderhitzung ein. Am längsten verschlossen sich allerdings der Erfindung gerade die großen Hüttenbesitzer in Südwesten, denn sie hatten bis dahin mit Geringschätzung auf die schottischen Hütten herabgeblickt, die von ihnen so bedeutend überflügelt worden waren.

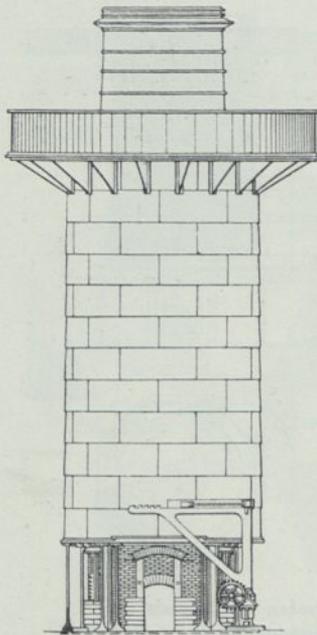


Abb. 133. Schottischer Hochofen mit Blechmantel. Um 1850.

Nach J. Percy: Metallurgy. Iron and Steel. London 1864, S. 362.

Die riesigen Dampfgebläse und der Überfluß an Erz, Kohlen und Koks ermöglichten die Erzeugung der Hochöfen weiter zu steigern. Die Höhe der Öfen wuchs von 11 bis 12 m auf 15, ja sogar auf 19 m; die Tageserzeugung betrug um die Mitte des 19. Jahrhunderts 20 bis 30 t. Während man an die Erweiterung des Gestells nur zaghaft heranging und Gestelle von 1,50 m Weite erst um die Mitte des Jahrhunderts zu bauen wagte, ging man bei der Erweiterung der Gicht kühn vor. 1824 findet man schon eine Gichtweite von 3 m. Einige Jahre später baute Dowlais einen Ofen von etwa 16 m Höhe mit einem zylindrischen Schacht von 5 m Weite, der nur noch mit einem dünnen Mauerwerk von 45 cm Stärke umkleidet war, das von gewalzten Eisenbahnschienen zusammengehalten wurde (Abb.131). Der nächste Fortschritt war die Freilegung des Gestells, wozu man den Schacht auf gußeiserne Säulen setzte (Abb.132). Solche Öfen wurden zuerst zu Dundyvan in Schottland gebaut und hießen deshalb schottische Hochöfen. Um die Mitte des Jahrhunderts umgab man den Schacht gewöhnlich mit einem Blechmantel. Die gleichfalls aus Eisenblech gebaute Gichtbühne ruhte auf Auskragungen am Mantel (Abb.133). Die Freilegung des Schachtes ermöglichte es, mehrere Windformen einzulegen. Lange Zeit arbeitete man mit drei Formen. Dann verleitete die neue Hochofenbauweise dazu, die Zahl der Windformen zu überreiben. Um die Mitte des Jahrhunderts blies man oft mit zehn Formen von nur 10 cm Weite in die noch viel zu engen Gestelle.

Die Vergrößerung der Roheisenerzeugung zwang zur Verbesserung der Gichtaufzüge. In England bevorzugte man früher geneigte Aufzüge, die man oft als Paternosterwerke ausbildete (Abb.134). Dann kamen um 1840 Gichttürme mit senkrechten Aufzügen auf. Große Verbreitung erlangten die Wasseraufzüge. Diese bestanden aus zwei eisernen Blechkasten, die gleichzeitig die Plattform für die Erz-

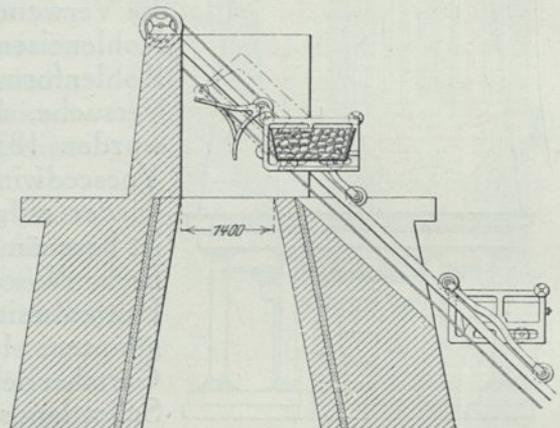


Abb. 134. Automatische Begichtung mit Paternosteraufzug. Nach C. Hartmann: Fortschr. der Eisenhüttenkunde. Berlin 1851. Atlas, Taf. 8.

und Kohlenwagen bildeten. Auf dem Gichtturm stand ein Wasserbehälter. Aus diesem füllte man den oben befindlichen Kasten, worauf er sich nach unten senkte und den anderen leeren Kasten mit seiner Last in die Höhe hob. Beim Aufsetzen des Kastens auf die Hüttenflur öffnete sich ein Bodenventil, und das Wasser floß aus (Abb. 135). Die Aufzüge waren einfach und betriebssicher; sie hatten nur den Fehler, daß sie im Winter leicht einfroren.

Zum Anwärmen neu zugestellter Öfen baute man gewöhnlich einen Flammofen vor die Ofenbrust, um den Ofen auszutrocknen. Zum Anheizen brauchte man über 80 Tage und verbrannte bis 100 t Koks. Täglich wurde ein Rost geschlagen. Beim Betrieb mußte man den Vorherd durch eine mit Hebel und Gewicht belastete Gußeisenplatte verschließen, damit der hohe Winddruck Eisen und Schlacke nicht über den Wallstein warf (Abb. 136). An häufige und langwierige Betriebsunterbrechungen durch Arbeiten im Gestell und im Vorherd war man gewöhnt. Die entfallende Schlacke ließ man seit den vierziger Jahren in Schlackewagen laufen und fuhr sie auf einer Eisenbahn zur Halde.

Zum Schluß noch einige Angaben über den Stand der englischen Eisenindustrie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. In Schottland waren 1830 27 Hochöfen in Betrieb, die 37500 t Roheisen lieferten, 1839 waren es 54 mit einer Erzeugung von 196000 t. 1846 wurden 500000 t Roheisen erblasen, und zwar größtenteils Gießereisen. Gartsherrie, das der Gutspächter Alexander Baird 1810 gegründet hatte, erzeugte 1848 mit 16 Hochöfen 96000 t Roheisen. Trotz dieser glänzenden Zahlen wurde Schottland von Südwales überflügelt, seitdem man dort Anthrazit und Heißwind benutzte. Die Gesteungskosten waren hier am niedrigsten. Im Jahre 1825 kostete das fertige Stabeisen in Cardiff nur 200 Mark je t, während es in Schweden und Rußland 273 Mark, in Belgien und Deutschland 334

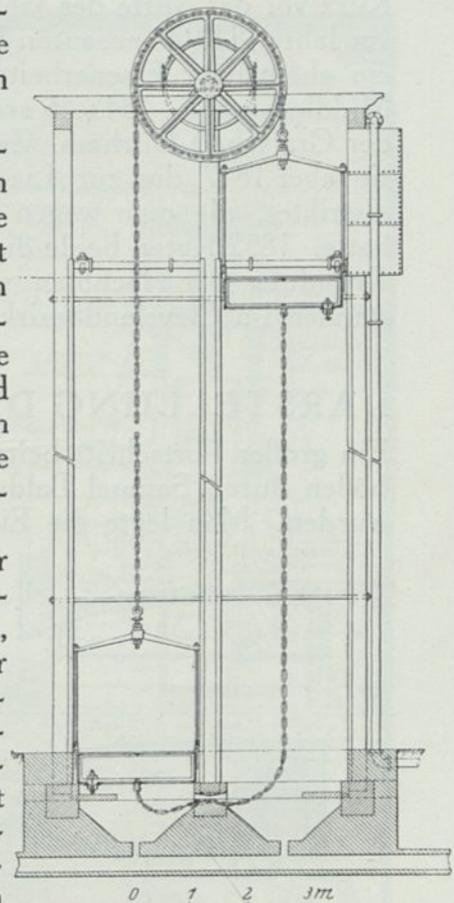


Abb. 135. Wasseraufzug. Um 1840.
Nach B. Valéris *Traité théorique et pratique de la fabrication de la fonte.*
Paris 1851. Atlas, Taf. 14.

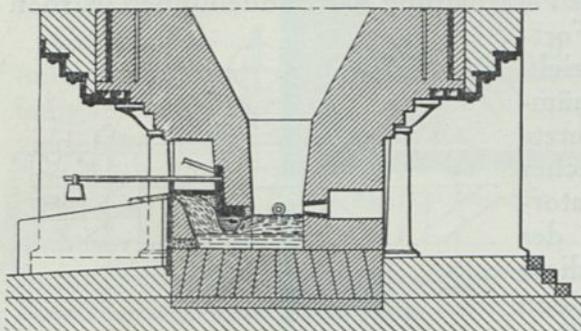


Abb. 136. Verschuß des Vorherdes bei Kokshochöfen.
Nach F. W. Lürmann in *Stahl und Eisen* 27 (1907), S. 198.

Mark und in Frankreich 530 Mark kostete. In Südwales war Dowlais das größte Eisenwerk. Leiter desselben war damals Sir John Josiah Guest, ein Enkel von John Guest, der den Namen „Eisenkönig“ von Richard Crawshay erbt. Dowlais erzeugte 1823: 22000 t Roheisen, 1840: 45000 t und 1849: 100000 t. Das Werk hatte 18 Hochöfen. Die Zahl der Arbeiter betrug 7000. 1846 lief die vor hundert Jahren abgeschlossene Pachtung ab. Nach langen Verhandlungen wurde sie für jährlich 25000 Pfund Sterling verlängert,

wobei sich das Werk noch gut stellte. 1848 betrug die Zahl der Hochöfen in Süd-wales 196. Hiervon waren 115 in Betrieb und lieferten 706 000 t Roheisen, d. h. das kleine Wales erzeugte mehr Eisen als ganz Deutschland.

Kurz vor der Mitte des Jahrhunderts entstand auch die Eisenindustrie in Cleveland. Im Jahre 1840/41 erbauten Bolckow, ein geborener Mecklenburger, und Vaughan, ein ehemaliger Eisenarbeiter von Dowlais, ein kleines Puddel- und Walzwerk bei Middlesbrough. 1845/46 errichteten beide mehrere kleine Hochöfen im Kohlenrevier der Grafschaft Durham. Zwar fanden sie dort nicht genügend Erz, dafür entdeckten sie aber 1847 die zur Liasformation gehörenden großen Erzlager des Cleveland-distriktes, die man wegen ihrer Unscheinbarkeit bisher nicht als Eisenerze erkannt hatte. 1852 legten beide die ersten Hochöfen im Clevelandbezirk an, denen bald die Gründung der Hochöfen von Bell Brothers folgte. Innerhalb fünf Jahren entstanden im Clevelandbezirk 80 Hochöfen.

DARSTELLUNG DES SCHWEISSEISENS

Ein großer Fortschritt beim Puddelverfahren war die Erfindung der eisernen Herdböden durch Samuel Baldwin Rogers, die im Jahre 1818 zu Nantyglo eingeführt wurden. Man legte die Eisenplatte auf lose Steinfeiler und warf diese am Ende

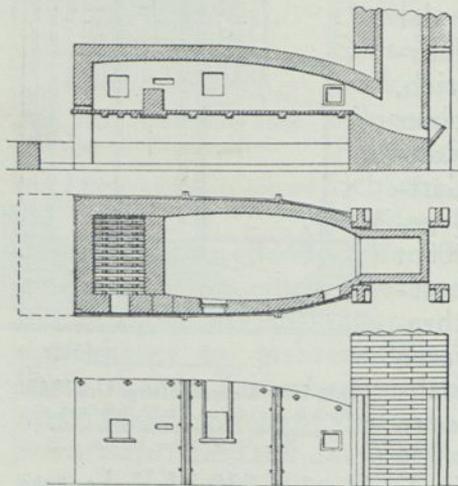


Abb. 137. Puddelofen mit Eisenherd und Gußplattenmantel. Um 1830.

Nach L. Coste et A. Perdonnet: Mém. métallurgiques sur le traitement des minerais de fer... en Angleterre. Paris 1830, Taf. 6.

jeder Woche um, wenn man den Herd erneuerte. Um 1840 erfand Joseph Hall das unmittelbare Verpuddeln des grauen Roheisens mit Hilfe reichlicher Schlacken-zusätze auf einem Schlackenherde. Man nannte dieses Verfahren das „Schlackenpuddeln“ zur Unterscheidung von dem „Trockenpuddeln“ des gefeinten Eisens auf einem Sandboden. Der Schlackenboden beschleunigte die Garung so sehr, daß die Wochenerzeugung der Puddelöfen von 8 t auf 20 bis 24 t stieg. Auch der Bau der Puddelöfen wurde verbessert. Man umkleidete sie vollständig mit eisernen Platten, wodurch das Eindringen falscher Luft vermieden wurde (Ab-bild. 137). Die Abhitze der Puddelöfen benutzte man schon in den zwanziger Jahren zur Dampferzeugung. Auch in der Verarbeitung der Puddelluppen wurden große Fort-schritte erzielt. Die Stirnhäm-mer zum Verdichten der Puddelluppen ersetzte man durch wirksamere Maschinen mannigfacher Art. Beliebte waren die sogenannten Alligator-quetschen (Abb. 138). Mit der Erfindung des Dampfhammers verschwanden jedoch alle diese Maschinen. James Watt hatte den Gedanken, den Hammerbär unmittelbar mit dem Dampfkolben zu verbinden, schon in einem Patent vom Jahre

1840 erfand Joseph Hall das unmittelbare Verpuddeln des grauen Roheisens mit Hilfe reichlicher Schlacken-zusätze auf einem Schlackenherde. Man nannte dieses Verfahren das „Schlackenpuddeln“ zur Unterscheidung von dem „Trockenpuddeln“ des gefeinten Eisens auf einem Sandboden. Der Schlackenboden beschleunigte die Garung so sehr, daß die Wochenerzeugung der Puddelöfen von 8 t auf 20 bis 24 t stieg. Auch der Bau der Puddelöfen wurde verbessert. Man umkleidete sie vollständig mit eisernen Platten, wodurch das Eindringen falscher Luft vermieden wurde (Ab-bild. 137). Die Abhitze der Puddelöfen benutzte man schon in den zwanziger Jahren zur Dampferzeugung. Auch in der Verarbeitung der Puddelluppen wurden

große Fort-schritte erzielt. Die Stirnhäm-

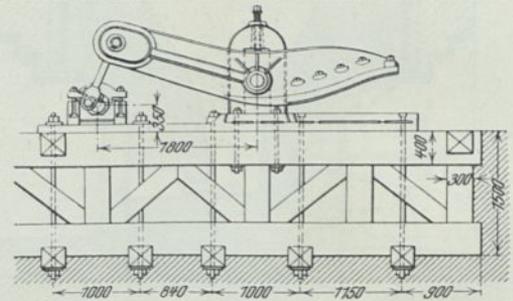


Abb. 138. Alligatorquetsche. Um 1840. Nach Flachot, Barrault et Petiet: Traité de la fabrication du fer. Liège 1852, Atlas, Taf. 46.

1784 ausgesprochen. Die Idee kam aber nicht zur Ausführung, bis sie der Maschinenbauer James Nasmyth aufgriff, anscheinend ohne Watts Patent zu kennen. Die Veranlassung zur Erfindung des Dampfhammers war folgende: Als man 1839 den Riesen-

dampfer „Great Britain“ plante, war kein Werk imstande, die erforderliche riesige Schaufelradwelle zu schmieden, weil alle Hämmer dafür zu schwach waren. Nasmyth hörte davon, und in einer halben Stunde vollendete er in seinem Skizzenbuch die Zeichnung eines Dampfhammers mit allen Einzelheiten (Abb. 139). Erstaunlich ist es, wie hier eine Erfindung vollkommen fertig, wie einst Athene aus dem Haupte des Zeus, hervortritt, während Erfindungen sonst zunächst in nur unvollkommener

Gestalt auftauchen und erst langsam schrittweise zur Reife gelangen. Der

Entwurf kam nicht zur Ausführung, weil das Schiff als Schraubendampfer gebaut wurde. Gelegentlich einer

Besichtigung von Nasmyths Fabrik sah der Besitzer des Eisenwerks von Creusot, Schneider, das Skizzenbuch durch, ohne daß der zufällig abwesende Nasmyth etwas davon erfuhr, und ließ auf seinem Werk den ersten Dampfhammer bauen. 1841

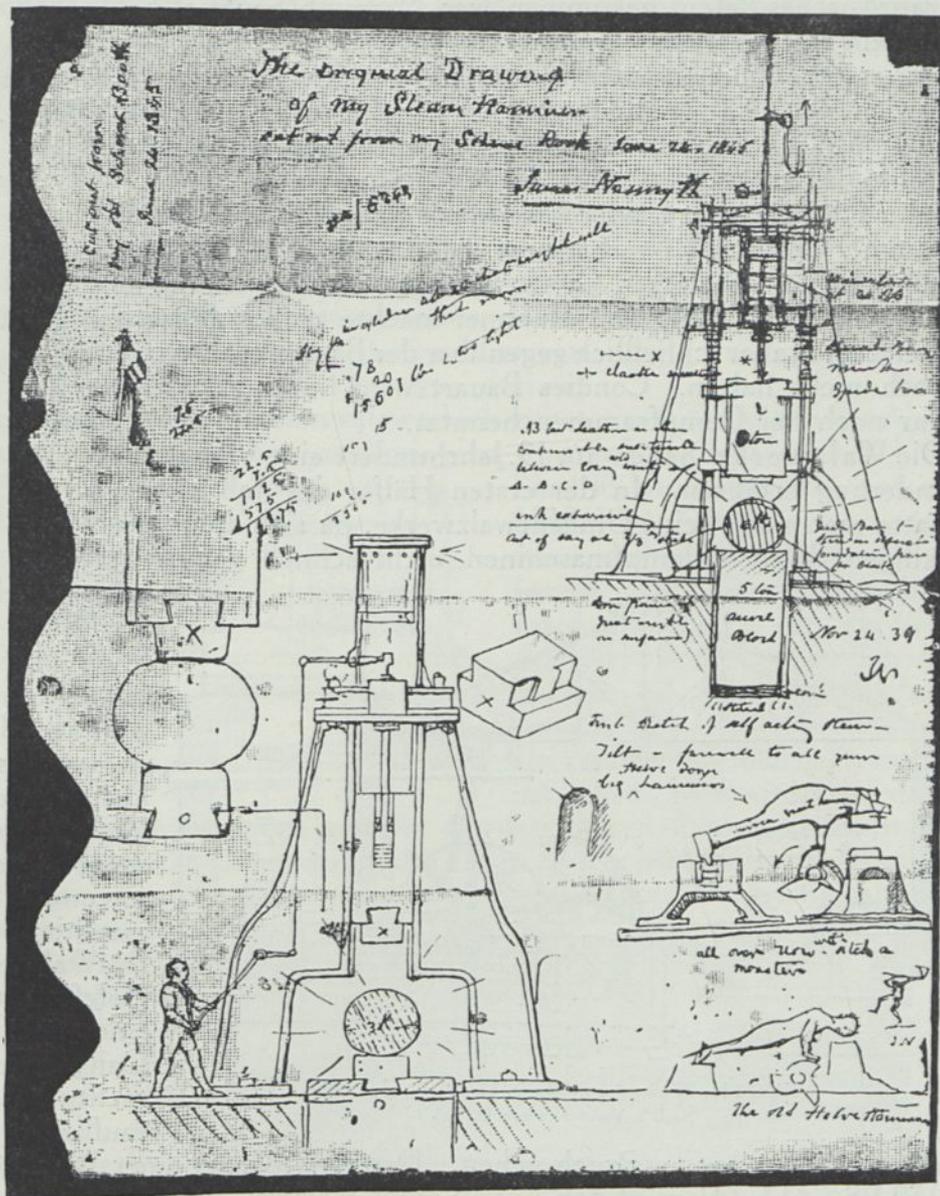


Abb. 139. Nasmyths erster Entwurf eines Dampfhammers. 24. November 1839.
Nach Engineer 69 (1890), S. 407.

nahm die Firma Schneider auch ein französisches Patent auf den Dampfhammer. Nasmyth sah im folgenden Jahre den Hammer bei einem Besuche in Creusot und ließ ihn sich nun wenigstens in England durch ein Patent schützen, nachdem er so um ein französisches Patent gekommen war. Nasmyth baute alsbald einen 1500-kg-Hammer für sein eigenes Werk.

Der erste Luppenhammer wurde 1845 zu Dowlais aufgestellt. Er hatte ein Hammergewicht von 6000 kg und einen Hub von 2,15 m. Der Amboß dieses „Riesenhammers“ wog 36 t. Die Schabotte war aus einem Stück gegossen und stellte das größte Gußstück der Welt dar.

John Condie vom Calder Eisenwerk versuchte, den Dampfhammer dadurch zu verbessern, daß er den Zylinder beweglich machte, um dessen Gewicht für die Schlagwirkung auszunutzen (Abb.140). Der Hammer machte großes Aufsehen, konnte sich aber schließlich gegenüber der Bauart von Nasmyth doch nicht halten. Condie's Bauart wird bekanntlich heute nur noch bei Dampfrahmen benutzt.

Die Walzwerke haben im 19. Jahrhundert eine völlige Umänderung erfahren. In der ersten Hälfte des Jahrhunderts hatte man noch keine Umkehrwalzwerke, da sich die schwerfälligen Balancierdampfmaschinen nicht schnell genug um-

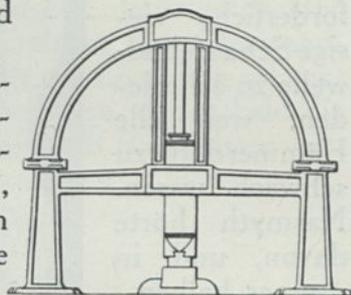


Abb. 140.
Dampfhammer von Condie.
1846.

Nach J. v. Hauer: Die Hüttenwesens-
Maschinen, 2. Aufl.
Leipzig 1876, Atlas, Taf. 31, Fig. 514.

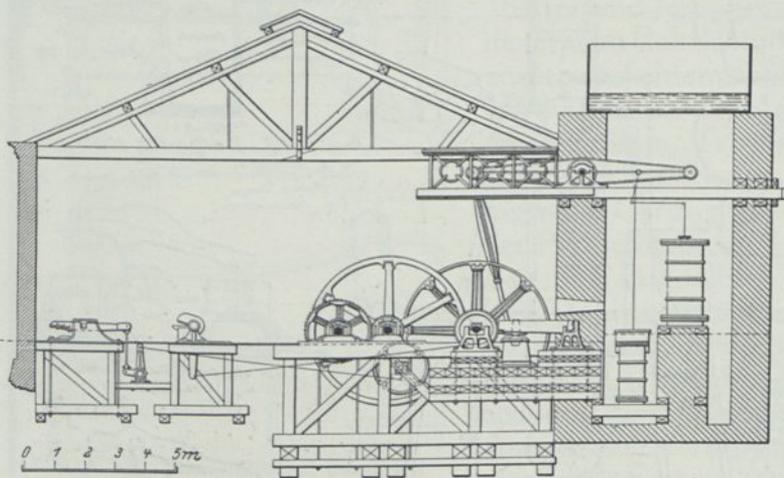


Abb. 141. Walzwerkshütte in Couillet. Um 1830.
Nach B. Valérianus a. a. O., Taf. 3.

steuern ließen. Das Walzgut wurde bei Duos nach jedem Stich über die obere Walze mit Hilfe von Haken zurückgehoben, die unter der Decke an einer Laufschiene hingen. Der Antrieb der Walzen erfolgte unter Zwischenschaltungen von Zahnradübersetzungen, da die Dampfmaschinen zu langsam liefen. Die Walzengerüste ruhten auf Holzfundamenten. Man liebte einen möglichst „elastischen“ Gang. Wenn das Walzwerk nicht wackelte und klapperte, mußte es nach Ansicht der

alten Walzwerker zu Bruch gehen. Der Kraftbedarf einer Walzhütte betrug 100 bis 150 PS. Abb.141 zeigt den Aufriß einer Walzwerkshütte um 1830.

Die Walzengerüste waren im Anfang des Jahrhunderts noch als sogenannte Pilaren-gerüste gebaut. Sie bestanden aus vier meist geschmiedeten Säulen, an deren Enden sich Schrauben zum Nachstellen der Walzen befanden. Um 1820 kamen die noch heute üblichen Gerüste mit zwei in einem Stück gegossenen Ständern auf.

Die Vorstraße zum Auswalzen der gewöhnlich vorher gedrückten oder vorgeschmiedeten Luppen zu Luppenstäben bestand aus zwei Gerüsten. Die Walzen des ersten Gerüsts

hatten viereckige offene Kaliber, deren Diagonalen senkrecht standen (Abb.142). Die Kaliber waren eingegossen und nicht nachgearbeitet. Die nun folgenden Luppenflachwalzen waren so gebaut, daß die Flachkaliber ganz in die Unterwalzen eingesenkt und durch entsprechende Ringe der Oberwalzen geschlossen waren (Abb.143). Auch

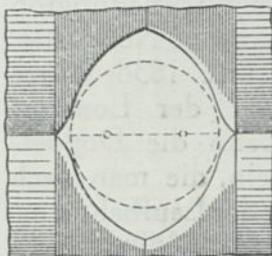


Abb.142. Kaliber der ersten Vorwalze. Um 1830.
Nach C. J. B. Karsten a. a. O., Taf. 53.

die Grobeisenstraße zum Auswalzen der Pakete bestand aus zwei Gerüsten, den Vor- oder Streckwalzen und den Fertig- oder Schlichtwalzen mit den Quadrat-, Flach- oder Rundeisenkalibern (Abbildung.144). Die Vorwalzen waren etwa 1 m lang und 500 mm stark, sie wogen je 1400 kg und liefen mit 30 Umdrehungen. Die Grobeisenwalzen waren 700 mm lang, 400 mm stark und wogen rund 1000 kg, sie liefen etwa dreimal

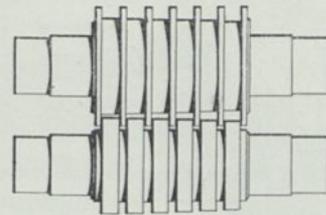


Abb. 143.
Kaliber der Luppenflachwalzen.
Um 1830.
Nach C. J. B. Karsten a. a. O., Taf. 53.

schneller als die Vorwalzen. Als Feineisenwalzwerke benutzte man Trios, um die Abkühlung des Walzgutes beim Überheben zu verringern, und ließ die Straßen mit 120

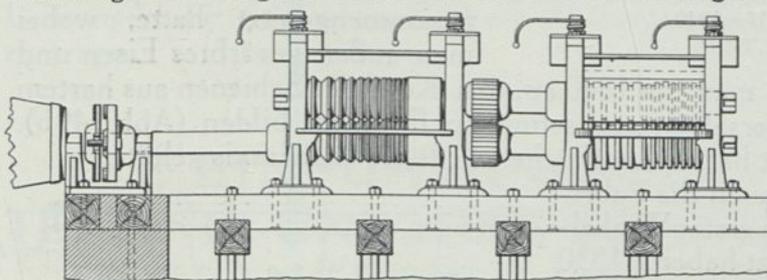


Abb. 144. Grobeisenstraße. Um 1830.
Nach C. J. B. Karsten a. a. O., Taf. 54.

bis 180 Umdrehungen laufen (Abb.145). Um diese Zeit entstand auch die Walzdrahtfabrikation. Die Blechwalzwerke wurden verstärkt, um die für den Kesselbau erforderlichen großen und schweren Bleche herzustellen. Die kleinen Feinblechwalzwerke älterer Bauart, auf denen „Dünneisen“ für die

Weißblechfabrikation und Schwarzblech gewalzt wurden, waren Pilarengerüste mit geschleppter und ausbalancierter Oberwalze (Abb.146). Später bestanden die Blechwalzwerke gewöhnlich aus zwei Gerüsten mit gekuppelten Walzen. Die Fertigwalzen bestanden stets aus Hartguß.

Kein Walzerzeugnis hat im 19. Jahrhundert eine solche Bedeutung erlangt wie die Eisenbahnschiene. John Birkinshaw war durch Stephenson's Bericht über die Edinburger Eisenbahn vom Jahre 1818 auf die Vorteile der Verwendung schmiedeiserner Schienen aufmerksam geworden. Im Jahre 1820 nahm er ein Patent auf

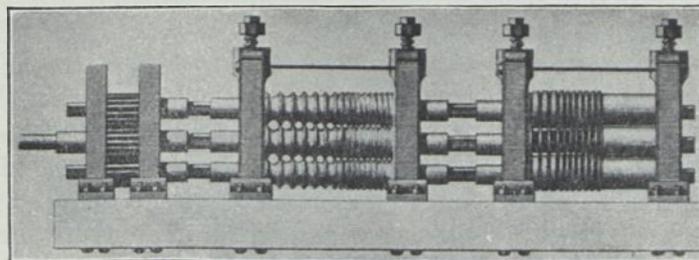


Abb. 145. Feineisenstraße. Um 1830.
Nach Dufrenoy & Elie de Beaumont: Voyage métallurgique en Angleterre.
Paris 1827, Taf. 16.

eine Schmiedeisenschiene mit der sogenannten Fischbauchform. Die Schienen hatten zwischen jeder Schwelle eine Ausbauchung, um die Durchbiegung zu verhindern, und lagen in gußeisernen Stühlen (Abb.147). Ihr Metergewicht betrug etwa 30 kg, während eine gußeiserne Schiene von gleicher Tragkraft das doppelte Gewicht hatte. Das Aus-

walzen der Fischbauchform erfolgte in einem exzentrischen Kaliber, durch das die Schiene in aufrechter Stellung lief (Abb. 148). Stephenson schlug diese Schienen für die Stockton-Darlington-Bahn vor, obgleich er selbst ein Patent auf eine verbesserte

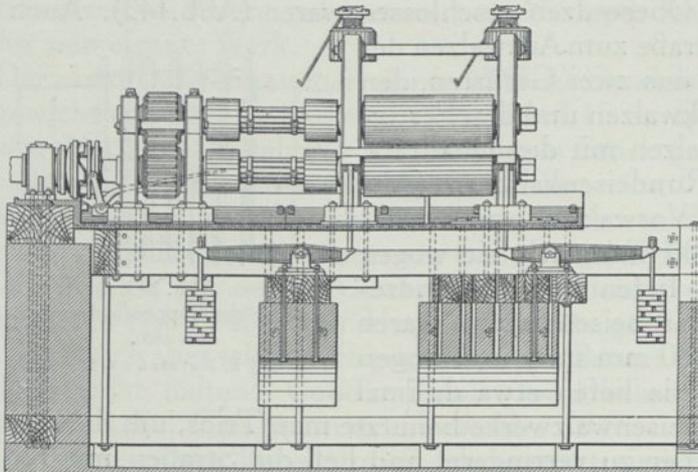


Abb. 146. Blechwalzwerk. Um 1840.
Nach C. J. B. Karsten a. a. O., Taf. 61.

innen Luppenstäbe nahm, fing man um 1840 an, den Kopf der Schienen aus hartem Eisen und den übrigen Teil derselben aus sehnigem Eisen zu bilden (Abb. 149b). Das Paketieren der Schienen mit harter Lauffläche wurde als Geheimnis gehütet.

Mit dem Schienenwalzen kam auch die Fabrikation der Formeisen auf. Die ersten Winkeleisen dürfte man um 1820 gewalzt haben. 1830 folgten dann die T-Eisen, als man in England mit dem Bau schmiedeiserner Dächer begann. Die Konstrukteure der damaligen Zeit arbeiteten

fast nur mit Winkeleisen, Stäben und Blechen (Abb. 150). Auch bei der berühmten Britanniabrücke, die Robert Stephenson in den Jahren 1846 bis 1850 mit William Fairbairn als Röhrenbrücke baute, wurden nur Winkeleisen benutzt.

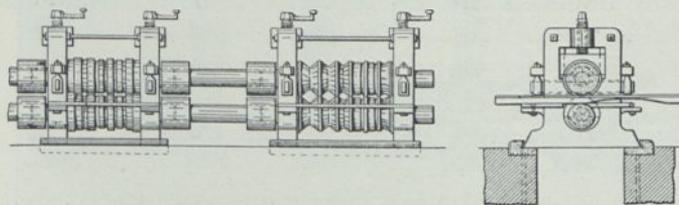


Abb. 148. Walzwerk für Fischbauchschienen. Um 1823.
Nach C. J. B. Karsten a. a. O., Taf. 63.

die Gasbeleuchtung sich ausbreitete. 1825 erfand der Kunstschmiedemeister Cornelius Whitehouse zu Wednesbury das Schweißen der Rohre durch Ziehen im Zieheisen über einen Dorn. Whitehouse hatte keinen Nutzen von seiner Erfindung. Der Röhrenfabrikant James Russel in Birmingham, der kurz zuvor das Walzen der Rohre erfunden hatte, griff seine Patentrechte an und kaufte sie

Gußeisenschiene hatte. Sie wurden auf dem Eisenwerk Bedlington bei Morpeth, unweit Newcastle, gewalzt. Im Jahre 1838 führte Stephenson auf der London-Birmingham-Bahn die Doppelkopfschienen ein, die man nach der Abnutzung der Laufbahn umdrehen konnte (Abb. 149a). Diese Eigenschaft war bei der raschen Abnutzung der gepuddelten Schienen von Bedeutung. Während man die Schienenpakete bisher aus Eisen derselben Sorte zusammengesetzt hatte, wobei man außen gegärktes Eisen und

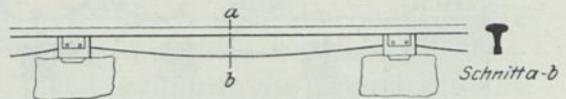


Abb. 147. Fischbauchschiene. Um 1823.
Nach Oeynhausens und v. Dechen in Arch. für Bergbau u. Hüttenwesen. Herausgeg. von C. J. B. Karsten 19 (1829), Taf. 2.

Die Einführung eiserner Dächer in England führte zur Herstellung der Wellbleche. Walker in Rotherhithe stellte diese zuerst in den dreißiger Jahren durch Walzen der rotglühenden Bleche unter gerieften und gefurchten Walzen her.

Die Fabrikation der geschweißten Röhren kam in England auf, als

ihm schließlich gegen eine Jahresrente von 50 Pfund Sterling und Zahlung der Patentkosten ab.

Großartig war die Leistung der englischen Puddel- und Walzwerke. Um 1850 standen

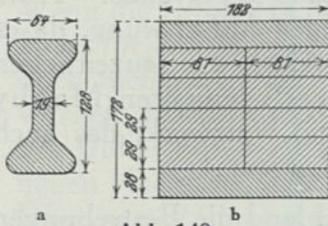


Abb. 149.

a) Doppelkopfschiene. 1839.

b) Paketierung für Doppelkopfschienen; außen Schweiß-eisen, innen Luppenstäbe.

Nach B. Valérius a. a. O., Taf. 26.

allein in Dowlais 255 Puddelöfen, und das Schienenwalzwerk lieferte in 12 Stunden 48 bis 50 t Schienen, die in aller Herren Länder gingen. Einen würdigen Abschluß fand dieses Zeitalter der englischen Technik durch die Londoner Weltausstellung vom Jahre 1851, ein Werk des Prinzgemahls Albert von Sachsen-Coburg. Als Ausstellungsgebäude diente der berühmte, ganz aus Eisen und Glas erbaute Kristallpalast von 560 m Länge, der selbst ein Wunder der Technik ist. Am 1. Mai 1851 wurde die Ausstellung in Anwesenheit der jugendschönen Königin bei herrlichem Frühlingwetter eröff-

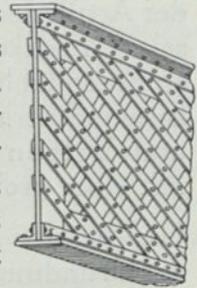


Abb. 150.

Gitterträger nach Telford. 1840.

Nach L. Beck: Geschichte des Eisens. 4. Abt. Braunschweig 1899, S. 632.

net. Aus allen Ländern und Erdteilen strömte die Menschheit herbei, um die Leistungen der englischen Technik zu bestaunen und ihren Ruhm in alle Welt zu tragen.

DIE EINFÜHRUNG DER ENGLISCHEN TECHNIK UND IHRE WEITERENTWICKLUNG IN FRANKREICH UND DEUTSCHLAND

Wir haben den Siegeszug der englischen Technik bis zur Erfindung der Regenerativheizung und des Flußeisens verfolgt. Hier ist es an der Zeit, die Darstellung abzuberechnen, weil die Mitarbeit der anderen Länder an der Weiterentwicklung des Hüttenwesens inzwischen immer größere Bedeutung erlangt hatte. Im 18. Jahrhundert und im Anfang des 19. Jahrhunderts war dagegen die Technik der außerenglischen Länder noch so rückständig, daß die allgemeine Geschichte des Eisens von diesen Ländern nur zu erzählen braucht, wann und wie die englische Technik zur Einführung gelangt ist. Die Werke auf dem Festland standen auf um so höherer Stufe, je „englischer“ sie waren. Eigene Versuche zur Verbesserung der veralteten Technik, z. B. der hölzernen Gebläse, mißlangen fast immer. Die Theoretiker, unter denen in erster Linie die tüchtigen Metallurgen des französischen Kaiserreiches, wie Héron de Villefosse und Jean Henri Hassenfratz, zu nennen sind, leisteten allerdings Vorzügliches. Um diese Zeit gelang es den französischen Chemikern, mit der Leuchte der antiphlogistischen Theorie, ein altes Problem der Eisenhüttenleute zu lösen: sie stellten fest, daß es der Kohlenstoff ist, der das verschiedene Verhalten des Eisens als Roheisen, Stahl und Schmiedeeisen verursacht.

Der erste Kokshochofen des Festlandes wurde zu Le Creusot in Frankreich errichtet. Hierzu steuerten die Regierung zwei Drittel und die Gewerken ein Drittel der Bau-

summe von 8 Millionen Livres bei. Die Einrichtung des Werkes übernahm William Wilkinson, der auch nach der Inbetriebsetzung im Jahre 1785 drei Jahre lang die Leitung hatte. Sein Nachfolger wurde der bisherige Bevollmächtigte der Regierung, der Artillerieoffizier Ignaz de Wendel, ein Sohn der Madame d'Hayance. Trotz seiner Fachkenntnis nahm das Werk lange Zeit keinen richtigen Aufschwung, da es an Erzen fehlte. Der eigentliche Ausgangspunkt für die Entwicklung der neuzeitlichen Eisenindustrie in Frankreich wurde das 1822 von den englischen Ingenieuren Manby und Wilson zu Charenton bei Paris gegründete Puddel- und Walzwerk, das auch mit einer großen Eisengießerei und Maschinenfabrik verbunden war.

Um dieselbe Zeit wie in Frankreich begannen auch in Deutschland die Bestrebungen zur Gründung einer neuzeitlichen Technik. Die Versuche des Fürsten Wilhelm Heinrich von Saarbrücken, die Hochöfen seines Landes mit Steinkohlen zu betreiben, scheiterten. Es blieb der preußischen Regierung überlassen, die ersten Kokshochöfen Deutschlands auf ihren Werken in Oberschlesien zu erbauen. Dort war um 1720 der erste Hochofen errichtet worden. Als das Land an Preußen kam, traf Friedrich der Große Maßnahmen zur Hebung der Industrie in dem damals noch mit Urwald bedeckten Lande. Auf Befehl des Königs erbaute der Oberforstmeister Johann Georg Rhedanz in den Jahren 1753 bis 1755 die Hütten zu Malapane und Kreuzburg. Geübte Hüttenleute wurden in Brandenburg, Sachsen und besonders im Harz angeworben. Diese brachten außer ihrer höheren Technik auch deutsche Kultur in die polnische Wildnis.

Im Jahre 1777 machte Friedrich der Große den Freiherrn Friedrich Anton von Heinitz zum Chef des preußischen Bergwesens mit dem neugeschaffenen Range eines Staatsministers. Heinitz hatte vorher im braunschweigischen und sächsischen Dienste Erfahrung gesammelt. Er nahm sich der Hüttenindustrie Preußens energisch an und erwirkte 1779 ein Einfuhrverbot für fremdes Eisen. Zur Hebung der ober-schlesischen Eisenindustrie wurde ein besonderes Oberbergamt für Oberschlesien gegründet, an dessen Spitze Heinitz den damals 27jährigen Freiherrn Friedrich Wilhelm von Reden stellte. Reden hatte in Göttingen und Freiberg studiert und dann Reisen in Deutschland, England und Schottland gemacht. Er hatte die hohe Bedeutung der Verwendung von Steinkohlen für die Eisenindustrie Englands gesehen und trieb nun Heinitz, die englische Hüttentechnik und die englische Dampfmaschine in Oberschlesien einzuführen. Friedrich II., der sonst so sparsame König, befahl Redens Pläne durchzuführen. Es war die letzte Tat des großen Monarchen. Der Bau einer Dampfmaschine für die Mansfeldschen Bergwerke durch den Assessor Bückling und der Ankauf einer Wattischen Maschine für Oberschlesien wurde auf Heinitz' Antrag beschlossen. Zu letzterem Zwecke reiste ein anderer noch jugendlicher Beamter und Schüler von Heinitz, der Freiherr Heinrich Friedrich Karl vom und zum Stein, der damalige Chef des Oberbergamts Westfalen und spätere Begründer des neuen Preußens, im Jahre 1786 mit Reden zusammen nach England. Auf dieser Reise lernte Reden John und William Wilkinson kennen. Einer der Brüder kam 1789 nach Oberschlesien und half Reden in Malapane bei seinen Versuchen zum Schmelzen mit Koks. Am 19. November wurde das erste nur mit Koks erblasene Roheisen abgestochen. Reden ließ nun in Malapane den Hochofen Nr. 2 mit einem runden Schacht versehen und von 7,5 auf 9,1 m erhöhen. Außerdem wurde in England ein Dreizylindergebläse mit Wasserradantrieb gekauft, das vom Hütten-

bauinspektor Wedding abgenommen und aufgestellt wurde. Hiermit gelang es, den Betrieb mit Koks dauernd durchzuführen. Reden führte in Malapane auch den englischen Eisenguß ein, den er besonders bei John Wilkinson studiert hatte.

Wenn die Erfolge in Malapane auch die Bedenken zerstreut hatten, daß der schlesische Koks für den Hochofenbetrieb unbrauchbar sei, so waren die dortigen Einrichtungen doch nicht ausreichend, um damit Erfolge zu erzielen, wie sie in England erreicht wurden. Deshalb erbaute Reden in den Jahren 1794 bis 1796 bei Gleiwitz mit Hilfe des früher auf der Carronhütte beschäftigten englischen Ingenieurs Baildon einen neuen Hochofen, den ersten wirklichen Kokshochofen Deutschlands (Abb. 151). Der Ofen war 12,9 m hoch, im Kohlsack 3,45 und an der Gicht 1,25 m weit. Der erste Versuch mißlang, und der Ofen mußte ausgekratzt werden, bevor ein Abstich gelungen war. Im November 1796 wurde er zum zweitenmal angeblasen und lieferte nun zuerst täglich 1000 kg und später über 2000 kg Roheisen bei einem Koksverbrauch von 260 bis 340 %.

Um die Frischhütten genügend mit Eisen zu versorgen, beschloß Reden den Bau einer größeren Hütte unmittelbar neben den Erz- und Kohlengruben. So entstand in den Jahren 1798 bis 1802 die Königshütte. Die Bauleitung hatten wieder der Bauinspektor Wedding und der Ingenieur Baildon. Die Königshütte erweiterte sich rasch. 1818 wurde der vierte Hochofen angeblasen. Das Werk war lange Zeit die bedeutendste Hochofenanlage des Festlandes. Um 1800 erlosch das letzte Luppenfeuer Oberschlesiens. Eine neue Zeit brach an. Damals hatte Oberschlesien 46 Hochöfen und 150 Frischfeuer. Es lieferte 15000 t Roheisen und 10000 t Stabeisen.

Man muß die kühnen Pioniere der ober-schlesischen Steinkohlenindustrie um so mehr bewundern, als das dortige Steinkohlenvorkommen damals noch wenig erforscht war. 1789 wurde es auf 2,2 Millionen t geschätzt und angenommen, daß es bei einem Jahresverbrauch von 20000 t in Oberschlesien und 30000 t in Berlin in 50 Jahren erschöpft sein werde. Heute schätzt man den Kohlenreichtum Oberschlesiens bis 1000 m Teufe auf 86 Milliarden Tonnen und auf 165 Milliarden bis 2000 m Teufe.

Im Jahre 1802 starb Heinitz, der Begründer des staatlichen Hüttenwesens in Preußen, ein Mann, der im Berufe ebenso tüchtig wie als Mensch achtenswert war. Nach seinem Tode wurde sein Schüler Reden, den Friedrich Wilhelm II. schon 1787 in den Grafenstand erhoben hatte, zunächst als Oberberghauptmann, Leiter sämtlicher Berg- und Hüttenwerke des Staates und der Berliner Porzellanmanufaktur. 1804 wurde er zum Wirklichen Staatsminister ernannt. Nach dem Zusammenbruch von 1806 verweigerte er Napoleon den Eid und trat aus dem Staatsdienst aus. Bei Reden fand Stein als Geächteter die erste Zuflucht. Reden vermittelte die wichtige Unterredung zwischen Stein und Hardenberg im Jahre 1810. Er erlebte noch die Wiedergeburt Preußens und starb im Jahre 1815.

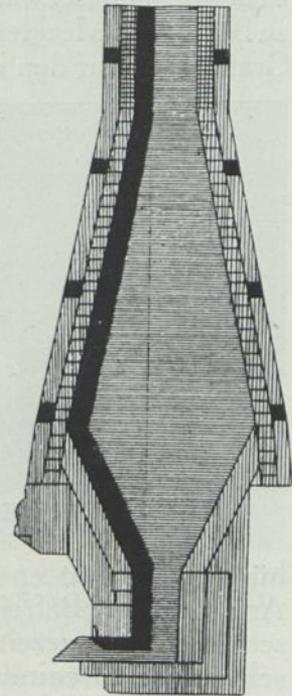


Abb. 151.
Erster Kokshochofen
in Gleiwitz. 1794.
Nach W. A. Lampadius: Hand-
buch der allgem. Hüttenkunde.
2. Teil, Bd. 4, Göttingen 1810, Taf. H.

Von den Begründern der oberschlesischen Privathütten ist besonders der treffliche Graf Philipp Colonna auf Groß-Strehlitz (gest. 1807) zu nennen. Auf ihn paßt das Distichon, das Goethe 1790 in das Stammbuch der Knappschaft zu Tarnowitz schrieb:

„Fern von gebildeten Menschen am Ende des Reiches, wer hilft euch
Schätze zu finden und sie glücklich zu bringen ans Licht?
Nur Verstand und Redlichkeit helfen, es führen die beiden
Schlüssel zu jeglichem Schatz, welchen die Erde verwahrt.“

Auch in der Folgezeit fehlte es Preußen nicht an tüchtigen Hüttenleuten. Hier ist in erster Linie der als Verfasser vorzüglicher Lehrbücher bekannte Carl Johann Bernhard Karsten zu nennen. Dieser war im Jahre 1782 als Sohn des Universitätsprofessors Lorenz Karsten zu Bützow in Mecklenburg geboren. Sein Onkel, der Oberbergrat L. G. Karsten, machte Graf Reden auf den jungen Mann aufmerksam. Dieser gab ihm die Erlaubnis, sich auf



Abb. 152. Königl. Eisengießerei zu Berlin. Um 1810.
Nach L. Beck a. a. O., S. 93.

allen Staatshütten nach eigenem Ermessen zu beschäftigen und selbst Verbesserungsvorschläge und Versuche zu machen. Dafür wurde ihm ein Tagegeld bewilligt. Karstens Berichte fanden den Beifall des Ministers, der ihn daraufhin 1804 zum Referendar beim schlesischen Oberbergamt ernannte. Damit begann die segensreiche Tätigkeit Karstens in Oberschlesien. Er ist der eigentliche Begründer der schlesischen Zinkindustrie geworden. Als Eisenhüttenmann hat er bei der Ausrüstung der reorganisierten Armee für die Befreiungskriege und besonders während der schweren Kriegszeit Großes geleistet. Der Gedanke, die schlesische Eisenindustrie für die Bewaffnung zur Befreiung vom napoleonischen Joche heranzuziehen, ging wohl von Reden aus, die Ausführung ruhte in erster Linie in Karstens Hand. 1809 begann man mit der Gewehrfabrikation in Malapane. Die Fabrik lieferte bis zum August 1814 18000 vollständige Gewehre. Schon früher hatte man zu Malapane und Gleiwitz Munition gegossen. Als Preußen im Jahre 1806 die meisten Bronzegeschütze verloren hatte, beschloß man, diese durch eiserne zu ersetzen; aber erst im Oktober 1809 wurde in Gleiwitz ein Sechspfünder gegossen, der den Anforderungen der Militärbehörde genügte. Im Anfang des Jahres 1813, als der Druck der napoleonischen Regierung nicht mehr auf Preußen lastete, wurde dann mit der Geschützfabrikation in großem Maßstab begonnen. Bis Ende Juli wurden 59 eiserne Geschütze abgeliefert; außerdem gossen Malapane und Gleiwitz wöchentlich 30 t Munition.

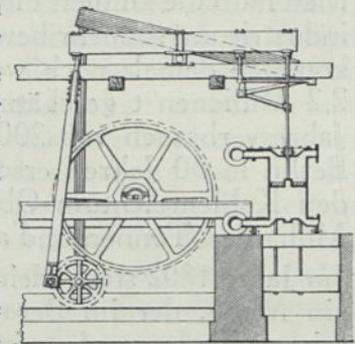


Abb. 153.
Englisches Zylindergebläse der
Königl. Eisengießerei in Berlin.
1803.
Nach L. Beck a. a. O., S. 92.

1819 wurde Karsten als Geheimer Bergrat nach Berlin versetzt und wurde 1821 als Geheimer Oberbergrat Direktor des ganzen Hütten- und Salinenwesens im preußischen Staate. So wirkte er verdienstvoll bis zum Jahre 1850, dann nahm er, wegen seiner liberalen Gesinnung verdächtigt, seinen Abschied, der ihm ohne ein Wort der Anerkennung bewilligt wurde. Er blieb bis zu seinem Tode, im Jahre 1853, literarisch tätig. Karsten vereinigte in glücklicher Weise Theorie und Praxis. In seinen metallurgischen Anschauungen steht er vollkommen auf dem Boden der Lavoisierschen Theorie. Sein größtes Werk ist das 1816 herausgegebene Handbuch der Eisenhüttenkunde, das 1827 in zweiter, verbesserter Auflage und 1841 in dritter, wieder erweiterter Auflage erschien. Von 1818 bis zu seinem Tode gab er das „Archiv für Bergbau und Hüttenkunde“ heraus, das seit 1829 auch Mineralogie und Geognosie umfaßte und für die Entwicklung des Hüttenwesens von großem Wert war.

Weiter war für die Entwicklung der deutschen Technik bedeutungsvoll die Gründung der Königlichen Eisengießerei zu Berlin im Jahre 1804. Auch diese verdankt man dem Grafen Reden. Für das Werk wurde eine alte Mühle an der Panke ausersehen, die schon zur Zeit Friedrichs I. als Schleif- und Poliermühle

eingerrichtet und später in eine Tabaksmühle mit Streckwerk für Tabaksblei umgewandelt worden war (Abb. 152). Die Gießerei war nach englischer Sitte eingerichtet. 1806 hatte sie zwei Kuppelöfen, zwei Flammöfen und vier Tiegelöfen. Ein eisernes Doppelzylindergebläse, das von der Panke angetrieben wurde, lieferte den Wind für die Kuppelöfen (Abb. 153). Das Arbeitsprogramm war sehr reichhaltig. Man goß Geschütze, Teile für Dampfmaschinen, schwere Kessel, Destillierblasen, Bau- und Gebrauchsgegenstände aller Art, besonders aber stellte man Kunstguß her.

Das Verdienst der Erfindung des Eisenkunstgusses gebührt dem Werk Lauchhammer in Sachsen. Das alte Rittergut Mückenberg kam 1716 in den Besitz des Freiherrn von Löwenthal und ging von diesem auf seine Gattin Benedikta



Abb. 154. Gußeisenre Statuette des Generals Gneisenau. Um 1832. Nach H. Schmitz: Berliner Eisenkunstguß. München 1917, Taf. 11.

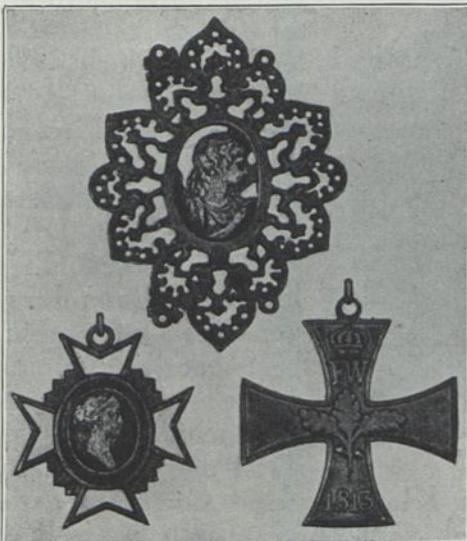


Abb. 155. Eisenkunstguß. Anf. des 19. Jahrh. Schmuckstück.

Anhänger. Eisernes Kreuz.

Sammlung des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.

Margarete, geborene von Rantzau, über. Diese erbaute im Jahre 1725 an Stelle der alten Lauchmühle (wendisch: Luch = Sumpf) eine Eisenhütte zum Verschmelzen des in der Nähe vorkommenden Raseneisensteins. Im Jahre 1776 kam das Werk durch Erbschaft in den Besitz des sächsischen Konferenzministers



Abb. 156. Kampfspiele. Eisenkunstguß des Kasslinskiwerkes.
Mit Genehmigung der Panzer-A.-G., Berlin.

Detlev Karl Graf zu Einsiedel. Dieser bemühte sich eifrig, es zu heben in der Erkenntnis, daß dem durch den Siebenjährigen Krieg zerrütteten Lande nur durch Belebung der Industrie zu helfen sei. Die Dünflüssigkeit des Lauchhammerer Eisens veranlaßte ihn, den Eisenguß auszubilden. Er goß zuerst auf dem Festland die leichten Schottenrohre. 1789 wurde der Geschirrguß in Sandformen eingeführt. Auch mit erfolgreichen Versuchen zur Herstellung emaillierter Geschirre wurde begonnen, doch verbreitete sich die Technik des Emaillierens erst nach 1820. Besonders pflegte der kunstliebende Graf den Eisenkunstguß. Er legte eine Sammlung von Gipsabgüssen der besten antiken Kunstwerke an. Nach langen Versuchen gelang es 1784 den Bildhauern

Wiskotjil und Mättersberger mit den Gießern Klausch und Gäthling, die Statue einer Bacchantin nach dem Wachsauerschmelzverfahren in Eisen zu gießen. Bald folgten andere Kunstwerke nach. In der Königlichen Gießerei zu Berlin gelang es dann zuerst im Jahre 1813 dem Modellmeister Stolarski, Kunstwerke in getrockneten Sandformen mit Kernstücken

zu gießen. 1816 verbesserte man das Verfahren dadurch, daß man wieder, wie früher, weiche Lehmblätter von der verlangten Eisenstärke in den Formmantel legte und darin den Hauptkern bildete. Damit begann der großartige Eisenkunstguß der Berliner Gießerei (Abb. 154). Zu ihren berühmtesten Werken gehören die Denkmäler der Königin Luise in Gransee, des Generals von Courbière in Graudenz, Theodor Körners in Wöbbelin und das Siegesdenkmal auf dem Kreuzberg bei Berlin. Außerdem goß man Schmuckstücke von unvergleichlicher Feinheit (Abb. 155) und während der Befreiungskriege auch die Eisernen Kreuze, die der König seinen tapferen Kriegern als Sinnbild der eisernen Zeit verlieh. Auch andere Werke, insbesondere Horowitz in Böhmen, das dem für das Eisenhüttenwesen begeisterten Grafen Wrabna gehörte, nahmen den Kunstguß auf. Es folgte dann die Gräfllich Stolberg'sche Hütte in Ilseburg unter Ernst Schotts Leitung, die besonders mittelalterliche Rüstungen in dünnwandigem Eisen guß nachbildete, und um die Mitte des Jahrhunderts das Königlich Württembergische Hüttenwerk Wasseralfingen, wo die Bildhauer Konrad Weitbrecht und Plockkleine Genreszenen in Eisen gossen. Heute zeigt das Kassinskiwerk am Ostabhang des Urals die schönsten Leistungen auf diesem Gebiete (Abb. 156).

Während sich auf den Steinkohlenfeldern des Festlandes Werke englischer Art entwickelten, bemühten sich klarblickende Hüttenleute, auf den alten Holzkohlenwerken die Wärmewirtschaft ihrer an Brennstoffmangel leidenden Hütten durch Verwendung der Hochfengase zu verbessern.

Wenn dieser Fortschritt auch den Verfall der alten Technik nicht aufhalten konnte, hat er doch umwälzend auf die Hüttentechnik gewirkt. Allerdings machten sich die Erfolge erst allmählich bemerkbar.

Es scheint, daß man die Wärme der Gichtflammen schon früh zu Heizzwecken ausgenutzt hat. Schon im Jahre 1778 wurden in Deutschland Gichtgase durch Blechrohre in die Gießerei geleitet und dort zum Trocknen der Gußformen verwendet. Im Jahre 1811 benutzte Aubertot die Gichtgase auf seiner Eisenhütte im Cher-Departement zur Zementstahlfabrikation und zum Kalk- und Ziegelbrennen. Die Öfen standen neben der Gichtöffnung, und die Flamme trat durch ein viereckiges Loch ein, das durch einen Schieber verschlossen werden konnte. Zur Verstärkung des Zuges

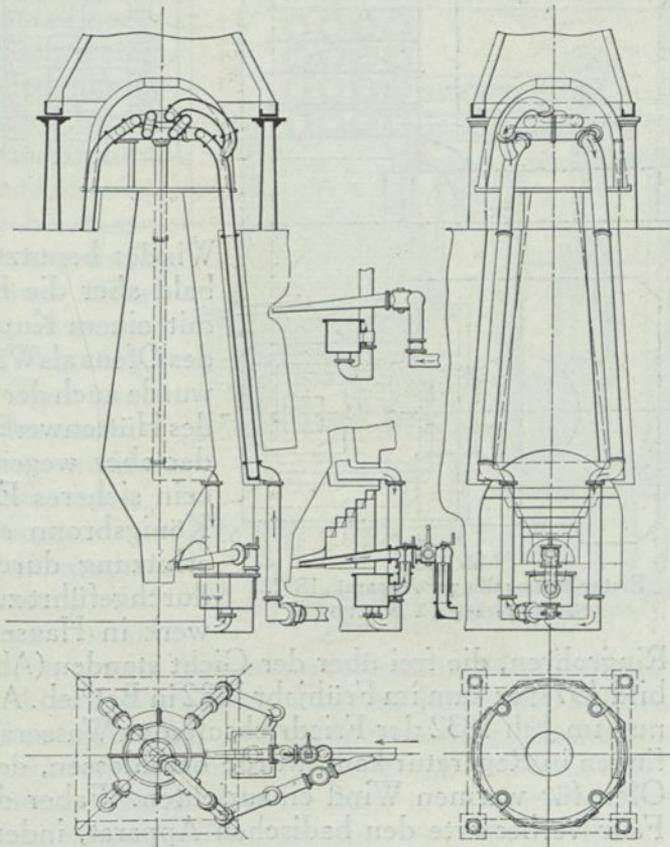


Abb. 157. Ringröhrenwinderhitzer mit Beheizung durch die Gichtflamme. Hausen (Baden) 1832. Nach E. Herzog in Stahl und Eisen 37 (1917), S. 103.

hatten die Öfen einen Kamin. Aubertot beheizte sogar einen Flammofen mit Hochofengas. Trotzdem fand diese wichtige Erfindung wenig Beachtung. Aufsehen erregten dagegen die Versuche auf der Königlich Württembergischen Eisenhütte in Wasseraffingen, welche

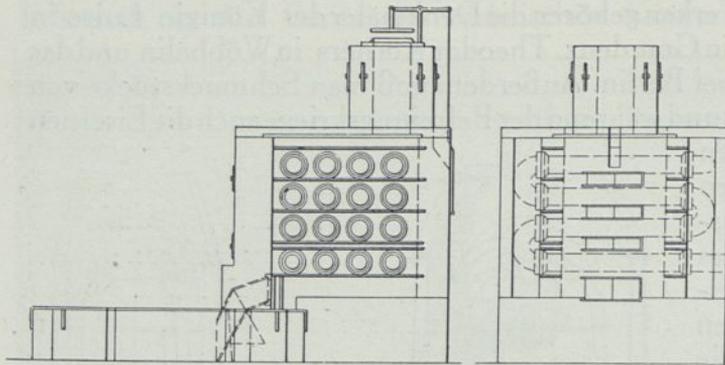


Abb. 158.
Erster Wasseraffinger Apparat. 1832.
Nach E. Herzog a. a. O., S. 105.

der Direktor der Württembergischen Hüttenwerke, Karl Friedrich Freiherr von Kerner, und der Leiter des Werkes, Achilles Christian Wilhelm Friedrich Faber du Faur, anstellten. Kerner führte 1831 die Winderhitzung auf den dortigen Werken ein. Zuerst wurden Zain- und Frischfeuer mit Heißwind betrieben. Zur Erhitzung des Windes benutzte man anfänglich eine Rostfeuerung, bald aber die Essenflamme. Dann folgten Versuche mit einem Kuppelofen, bei denen die Gichtflamme des Ofens als Wärmequelle diente. In demselben Jahre wurde auch der erste Versuch an einem alten Hochofen des Hüttenwerks Ludwigsthal bei Tuttlingen gemacht, der aber wegen des schlechten Zustandes des Ofens kein sicheres Ergebnis lieferte. Auch ein Versuch in Königsbronn scheiterte. Das Verdienst, die Winderhitzung durch die Gichtflamme zuerst praktisch durchgeführt zu haben, kommt dem badischen Hüttenwerk in Hausen zu. Der Apparat bestand aus drei Ringrohren, die frei über der Gicht standen (Abbild. 157); er kam im Frühjahr 1832 in Betrieb. Als nun im Juli 1832 der Friedrichsofen zu Wasseraffingen in Reparatur kam, wurde beschlossen, den Ofen für warmen Wind einzurichten. Faber du Faur verbesserte den badischen Apparat, indem er ihn neben die Gicht stellte, wie es schon Aubertot bei seinen Öfen getan hatte. Der Hochofen wurde im November 1832 wieder angeblasen; der Röhrenapparat bewährte sich aber nicht. Faber du Faur ersetzte ihn deshalb im Dezember durch das als Wasseraffinger Apparat bekannte Schlangenrohrsystem (Abb. 158), das bald von anderen Werken nachgebaut wurde. Die Ausnutzung der Gichtflamme verbreitete sich nun rasch. Auf der Hütte zu Bièvres in Frankreich beheizte man 1835 mit der Gichtflamme erst einen Winderhitzer und dann noch einen Holzdarrofen. Es handelte sich jetzt darum, dem Hochofen das Gas zu entziehen, denn bisher hatte man nur die Gichtflamme verwertet. Bei der Neuzustellung des Friedrichsofens im

der Direktor der Württembergischen Hüttenwerke, Karl Friedrich Freiherr von Kerner, und der Leiter des Werkes, Achilles Christian Wilhelm Friedrich Faber du Faur, anstellten.

Kerner führte 1831 die Winderhitzung auf den dortigen Werken ein. Zuerst wurden Zain- und Frischfeuer mit Heißwind betrieben. Zur Erhitzung des

Windes benutzte man anfänglich eine Rostfeuerung, bald aber die Essenflamme. Dann folgten Versuche mit einem Kuppelofen, bei denen die Gichtflamme des Ofens als Wärmequelle diente. In demselben Jahre wurde auch der erste Versuch an einem alten Hochofen des Hüttenwerks Ludwigsthal bei Tuttlingen gemacht, der aber wegen des schlechten Zustandes des Ofens kein sicheres Ergebnis lieferte. Auch ein Versuch in Königsbronn scheiterte. Das Verdienst, die Winderhitzung durch die Gichtflamme zuerst praktisch durchgeführt zu haben, kommt dem badischen Hüttenwerk in Hausen zu. Der Apparat bestand aus drei

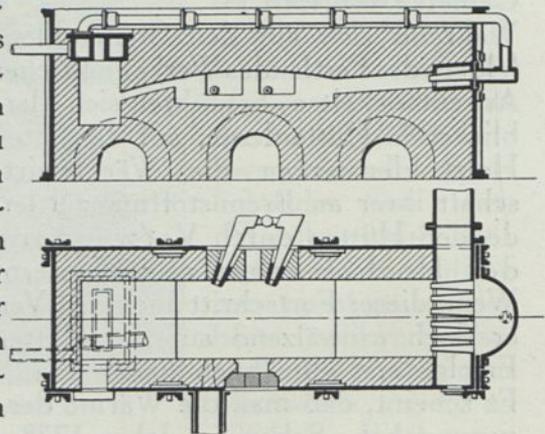


Abb. 159.
Faber du Faur's Gasofen mit Luftvorwärmung.
Nach E. Herzog a. a. O., S. 106.

Frühjahr 1836 wurde im Schachtmauerwerk ein 13 cm weiter Kanal ausgespart, der 1,8 m unter der Gicht in den Schacht einmündete und schräg aufwärts zur Gichtbühne führte. Dort diente das Gas zur Beheizung eines Holzdarrofens der in Bièvres benutzten Bauart. Es folgte nun die Einrichtung eines Weißofens mit Gichtgasbeheizung, um das gar einschmelzende, warmerblasene Roheisen leichter frischen zu können. Das Gas wurde hierzu noch tiefer unter der Gicht abgezapft. Der Gasbrenner des Weißofens bestand aus einem Kasten, durch dessen Boden eine große Anzahl kleiner Löcher führte, die zum Eintritt der Verbrennungsluft dienten. Diese Unterteilung des Luftstromes in kleine Einzelströme wird noch heute bei Gasbrennern benutzt. Da der Weißofen mangelhaft arbeitete, baute Faber du Faur einen Ofen mit Luftherhitzung, dessen feuerungstechnische Durchbildung bewundernswert ist (Abb. 159). Nach erfolgreichen Versuchen, den Ofen zum Puddeln zu benutzen, wurde mit dem Bau besonderer Gaspuddelöfen begonnen. Hierzu wurde das Gas 3,6 m tief unter der Gicht entnommen, um möglichst hohen Gasdruck zu erzielen.

Als man so dem Hochofen größere Wärmemengen entzog, zeigte sich ein ungünstiger Ofengang, wie es bei der tiefen Entziehung der Gichtgase nicht

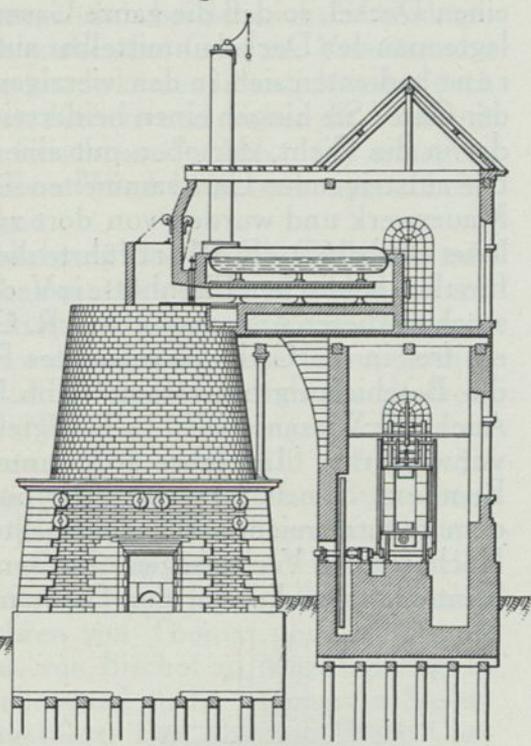


Abb. 160. Gichtgaskessel in Niederbronn. 1837. Nach C. Hartmann: Praktische Eisenhüttenkunde. 1. Tl. Atlas. Weimar 1852, Taf. 41.

ausbleiben konnte. Außerdem verbrannten die Gasfänge. Hierdurch wurde Faber du Faur im Jahre 1840 auf den Gedanken gebracht, aus minderwertiger Steinkohle oder Torf in einem kleinen Hochofen „besonderes Gas“ zu erzeugen. Die Erfindung des Gaserzeugers war gleichzeitig die Bankerotterklärung der ursprünglichen Bestrebungen Faber du Faur's. 1843 verließ er Wasseralfingen und ging als Mitglied des Königlichen Bergrates nach Stuttgart. Zwei Jahre später wurde er pensioniert und starb 1855. Faber du Faur's Versuche wurden an anderer Stelle mit Erfolg zu Ende geführt. Um die Ausbildung der Gasfeuerung erwarben sich die Hütteninspektoren C. Eck zu Königshütte und C. Bischof in Lauchhammer sowie besonders Ebelmen in Audincourt Verdienste. Auf Grund der Versuche Faber du

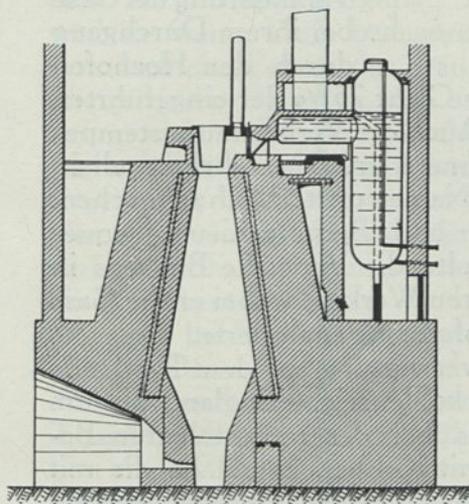


Abb 162. Hochofen mit Gichtgaskessel und Gasfang nach Thomas und Laurent. Um 1840. Nach C. Hartmann: Praktische Eisenhüttenkunde. 3. Teil. Atlas. Weimar 1852, Taf. 23.

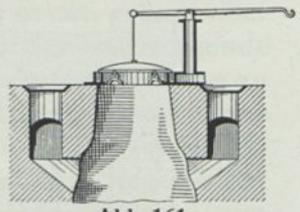


Abb. 161. Gichtdeckel. La Voulte. Frankreich, 1842. Nach C. Hartmann: Fortschr. der Eisenhüttenkunde. Atlas. Berlin 1851, Taf. 9.

Faurs baute Robin auf der de Dietrichschen Hütte in Niederbronn 1837 eine Dampfkesselanlage mit Gichtflammenbeheizung. Er verschloß die Esse über der Gicht durch einen Deckel, so daß die ganze Gasmenge unter die Kessel gelangte (Abb.160). Später legte man den Deckel unmittelbar auf die Gichtöffnung (Abb.161). Thomas und Laurent bedienten sich in den vierziger Jahren eines anderen Verfahrens zum Abfangen der Gase. Sie hingen einen beiderseits offenen eisernen Zylinder in die Gicht, der oben mit einem breiten Flansch auflag. Die aufsteigenden Gase sammelten sich zwischen Zylinder und Mauerwerk und wurden von dort zur Verwendungsstelle geleitet (Abb.162). E. Pfort führte diesen Gasfang auf der kurfürstlich hessischen Eisenhütte in Veckerhagen ein. Das Gegenstück zu dieser Anordnung war R. C. Darbys Zentralrohr, ein frei in die Gicht eingehängtes Rohr, das einige Meter in die Beschickung hineinragte (Abb.163).

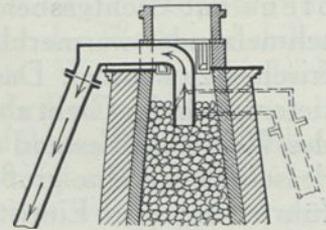


Abb.163. Darbys Zentralrohr.
Nach F. W. Lürmann
in Berg- und Hüttenmänn. Zeitung.
17 (1858), Taf. 4, Fig. 16.

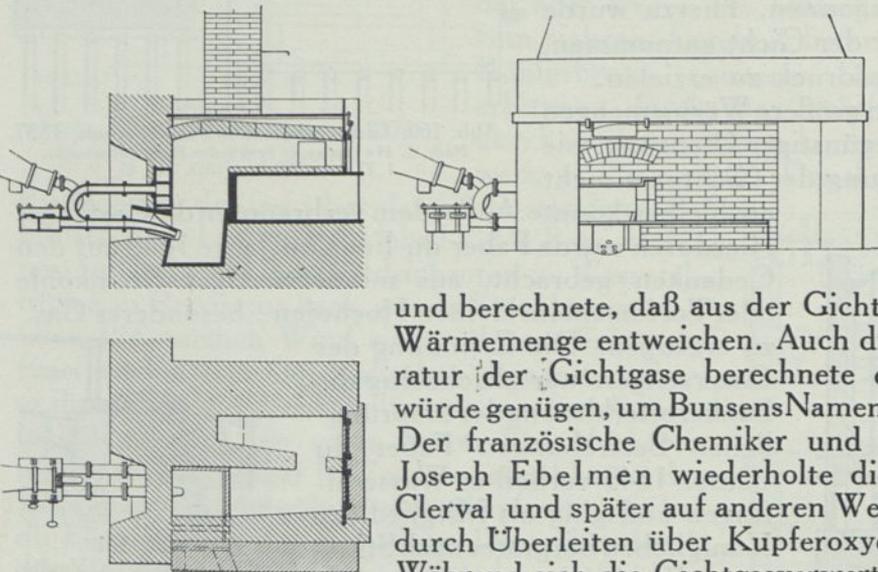


Abb. 164. Schwäbisches Frischfeuer
mit Luftvorwärmung. 1831.
Nach E. Herzog a. a. O., S. 102.

Auch die Wissenschaft beschäftigte sich mit der Gichtgasverwertung. Im Jahre 1838 untersuchte der später berühmte Chemiker Robert Bunsen, damals Lehrer an der polytechnischen Schule zu Kassel, unterstützt von dem kenntnisreichen Hütteninspektor Pfort, den Schmelzvorgang und die Gase des Hochofens in Veckerhagen. Bunsen entnahm die Gasproben durch lange Rohre aus Flintenläufen, die von der Gicht in den Ofen gesenkt wurden. Zur Untersuchung der Proben erfand Bunsen ein volumetrisches Verfahren, aus dem sich die Gasanalyse entwickelt hat. Bunsen ermittelte die Veränderung der Gase bei ihrem Durchgang durch den Hochofen und berechnete, daß aus der Gicht 75% der eingeführten Wärmemenge entweichen. Auch die Verbrennungstemperatur der Gichtgase berechnete er. Diese Arbeit allein würde genügen, um Bunsens Namen unsterblich zu machen. Der französische Chemiker und Bergingenieur Jacques Joseph Ebelmen wiederholte die Versuche Bunsens in Clerval und später auf anderen Werken, wobei er die Gase durch Überleiten über Kupferoxyd analysierte. Während sich die Gichtgasverwertung auf dem Festlande rasch verbreitete, blieb das kohlenreiche England bis um die Mitte des Jahrhunderts bei der unmittelbaren Beheizung der Winderhitzer mit Kohlen, zumal da die mit Gichtgas beheizten Apparate nur niedrige Windtemperaturen lieferten. Und während auf dem Festland die Gichtflammen immer kleiner wurden, schlugen in Schottland, Staffordshire und Wales nachts die Brandfackeln von Hunderten von Hochöfen in die Luft, ein Schauspiel, das allen unvergeßlich war, die es noch mit eigenen Augen gesehen haben.

Bei der Gewinnung des Schmiede Eisens verbesserte man unter dem Druck des englischen Wettbewerbs die alten Frischverfahren. In Schweden wurden durch englische Arbeiter die Lancashire-Frischfeuer mit überwölbtem Herd eingeführt, bei denen die Strahlungsverluste geringer sind. Außerdem nutzte man die abziehenden Gase zur Vorwärmung der Masseln und Schweißstäbe aus. Die Lancashire-Herde kamen über Schweden nach Deutschland und wurden, wie bereits erwähnt, von Kerner und Faber du Faur mit Luftvorwärmung versehen. Diese „schwäbischen Frischfeuer“ (Abb. 164) erlangten große Verbreitung. Obgleich die Garung bei heißem Wind langsamer war, scheint man doch eine Brennstoffersparnis erzielt zu haben.

Aber kein technischer Fortschritt konnte den Untergang des Frischverfahrens aufhalten. Schon 1795 hatte Graf Einsiedel in Lauchhammer den ersten „Puddlingsofen“ des Festlandes aufstellen lassen. Infolge des mangelhaften Ofenbaues und der Verwendung von Holz als Brennmaterial erhielt man nur ein weißes grobkörniges Eisen, das sich nicht schmieden ließ. Man mußte daher von der Einführung des Verfahrens absehen. Ähnlich erging es dem im Jahre 1810 von Martin de Wendel in Hayingen errichteten Puddelofen, der auch nur kurze Zeit in Betrieb war. Erst nach 1820 hob sich die Puddeleisenerzeugung auf dem Festland. Die angeworbenen englischen Ingenieure und Arbeiter brachten natürlich ihre Technik mit. Eigene Wege schlugen die Hüttenleute des Festlandes ein, als sie nach Faber du Faurs Vorgang das Puddeln mit Gichtgas und Generatorgas aus minderwertigen Brennstoffen, wie Holzabfall, Braunkohle und Torf, einführten. Um 1842 wurde das Verfahren von Thomas und Laurent zu Treveray, auf der Königin Mariahütte bei Zwickau, von Bischof zu Mägdesprung, in Lauchhammer und Eberswalde, von C. von Scheuchenstuel zu St. Stephan in Steiermark und bald auch auf vielen anderen Werken eingeführt. Der Abbrand in den Gaspuddelöfen betrug nur 4 % und war somit viel geringer als in den englischen Öfen. Von großer Bedeutung war auf dem kohlenarmen Festland die Ausnutzung der Puddelöfen zur Dampferzeugung. Besonders beliebt waren die stehenden Abhitzeessel, weil sie wenig Platz beanspruchten. Um die Mitte des Jahrhunderts gab man das umständliche Feinen des grauen Roheisens auf und erblickte bei „übersetztem“ Hochofengang ein Roheisen, das unmittelbar verpuddelt werden konnte.

Schon Cort wollte im Puddelofen Stahl herstellen. Man versuchte es oft, erhielt aber nur weiches Eisen. Erst in den vierziger Jahren erzielte man in Westfalen befriedigende Ergebnisse. Als Erfinder des Stahlpuddelns gilt der Chemiker Anton Lohage zu Unna, der sich zur Lösung der Aufgabe mit dem Graveur Gustav Bremme aus Unna verbunden hatte. Den ersten Puddelstahl stellten sie 1849 auf dem Werk von Lehrkind, Falkenroth & Co. zu Haspe her. Sie schmolzen manganreiches Siegerländer Roheisen bei hoher Temperatur ein und brachten es unter einer Schlackendecke zum Garen. Darauf erfolgte das Luppenmachen bei rauchender, also stark reduzierender Flamme und schwacher Hitze. Das Stahlpuddeln wurde in Österreich auf Peter Tunners Betreiben eingeführt.

Um diese Zeit wurde die heute auf dem Festlande an erster Stelle stehende Eisenindustrie des Rheinlandes begründet. Die rheinisch-westfälische Steinkohlenindustrie hat spät Bedeutung erlangt. Erst im Jahre 1839 gelang es, den das nördliche Steinkohlenlager überdeckenden Mergel zu durchbrechen, und damit begann die Steinkohlenförderung nördlich der Ruhr. Diese hob sich jedoch erst, als die Eisenbahn

an die Stelle der Kohlentreiber trat. 1838 bis 1841 entstand die Bahn Düsseldorf-Elberfeld, aber erst 1847 kam die Linie Duisburg—Gelsenkirchen—Dortmund—Hamm in Betrieb. Als kühner Pionier ist besonders Wilhelm Grillo zu nennen, der rastlos eine Zeche nach der anderen errichtete, um sie dann wieder zu verkaufen und weiter im Norden und Nordosten neue Schächte abzuteufen. Unter den Ausländern, die ihre überlegene Technik nach Westfalen verpflanzten, ist besonders der Engländer Thomas Mulvany zu nennen, der die Zechen Hibernia, Shamrock und Erin gründete und den Tübbingsausbau einführte¹⁾.

Die erste Dampfmaschine Westfalens wurde 1798 bis 1799 auf der Saline Königsborn bei Unna errichtet. Bei der Aufstellung der nächsten Maschine im Jahre 1800 auf einer Kohlenzeche half ein Zimmermann Franz Dinnendahl aus Horst. Obgleich dieser in seiner Jugend nur ein Schweinehirt gewesen war, brachte er es doch durch sein mechanisches Talent, ohne Vorbildung und ohne Mittel, mit den mangelhaftesten Werkzeugen fertig, eine ganze Anzahl Dampfmaschinen in Westfalen zu erbauen. Die erste richtige Maschinenfabrik nach englischer Art legte 1818 der vorwärtstrebende Friedrich Harkort gemeinsam mit Heinrich Kamp aus Elberfeld in der alten Burg zu Wetter an. Mit Hilfe englischer Arbeiter wurden Dampfmaschinen, Webstühle, hydraulische Pressen usw. gebaut.

Im Jahre 1824 führte die Remysche Eisenhütte zu Rasselstein bei Neuwied als erste in Deutschland das Puddelverfahren ein, nachdem Ferdinand Remy es in Staffordshire kennengelernt hatte. 1825 folgten Wilhelm und Eberhard Hösch auf ihrem Werk bei Lendersdorf unweit Düren. 1826 errichtete Friedrich Harkort das erste Puddelwerk Westfalens auf seiner Fabrik in der Burg zu Wetter. Nun mehrten sich die Puddelwerke rasch. 1831 wurde das Stummsche Eisenwerk in Neunkirchen als erstes Werk an der Saar zu einem Puddel- und Walzwerk umgebaut. 1835 walzte Remy auf dem Rasselstein die ersten Eisenbahnschienen in Deutschland für die Nürnberg-Fürther Eisenbahn, deren Bedeutung für die Geschichte des deutschen Verkehrs wesens bekannt ist.

Auch die Verwendung von Koks im Hochofen brach sich nur langsam Bahn. Um 1825 wurde Saarkoks in den de Wendelschen Hochöfen zu Hayingen verwendet. 1840 wurde der zur Dillinger Hütte gehörende Hochofen von Geislaun bei Saarbrücken nur mit Koks betrieben. In Westfalen kämpfte Harkort für die Verwendung von Koks im Hochofen. Hierzu erbaute er 1839 bei Rüblinghausen die Henriettenhütte. Da seine Unternehmungen das Maß seiner Kräfte überstiegen, und er nirgends Unterstützung fand, war ihm kein Erfolg beschieden, und er starb als unbemittelter Privatmann. Erst die Friedrich-Wilhelms-Hütte bei Mülheim an der Ruhr führte im Jahre 1850 den Betrieb mit westfälischem Koks im Hochofen dauernd ein. Zu den ersten Versuchen diente Koks der Zeche Sälzer und Neuack in Essen. 1851 folgten die Borbecker Hochöfen.

Von den Gründern der westfälischen Großindustrie sind besonders die Piepenstocks zu nennen. Der alte Kaspar Diedrich Piepenstock arbeitete sich durch Unternehmungsmut und Geschäftsgeist vom gewöhnlichen Arbeiter zu einem bedeutenden Fabrikanten empor. Anfangs stellte er mit seiner Frau im Hausgewerbe Haarnadeln,

¹⁾ Vgl. Veröff. d. Arch. f. rhein.-westf. Wirtschaftsgesch. Bd. 8. Essen 1922.

Haken und Ösen her, die er auf dem Rücken nach Holland trug und dort verkaufte. Sein 1782 geborener Sohn Herman Diedrich half ihm beim Hausierhandel, und bald konnten sie mit einem Wagen fahren. Nach der napoleonischen Zeit hatte der alte Piepenstock ein Vermögen erworben, das er in Fabriken anlegte. Obgleich er nicht einmal seinen Namen schreiben konnte, stand er an der Spitze vieler Unternehmungen und starb reich und hochgeachtet. In den Jahren 1828 bis 1831 legte H. D. Piepenstock die erste Weißblechfabrik Westfalens zu Neu-Oye an. 1839 gründete er das Puddel- und Walzwerk Hermannshütte bei Hörde.

Das größte Unternehmen Westfalens war im Anfang des vorigen Jahrhunderts die Gewerkschaft Jacobi, Haniel & Huysen, die durch Vereinigung der Hütte zu Neu-Essen, der Gutehoffnungshütte und der Anthonyhütte, einer Gründung der Fürststäbtissin von Essen, entstanden ist. Das Unternehmen stand unter der Leitung von Gottlob Jacobi und baute seit 1820 auch Dampf- und Gebläsemaschinen.

Von größter Bedeutung für die Entwicklung der rheinisch-westfälischen Eisenindustrie, ja für die Eisenindustrie der ganzen Welt, wurde die Gründung des Kruppschen Stahlwerks in Essen. Im Anfang des Jahrhunderts beschäftigten sich viele Hüttenleute des Festlandes mit Versuchen zur Herstellung des englischen Gußstahls, Erfolg hatte nur Friedrich Krupp. Dieser war der Sproß einer angesehenen Familie in Essen. Seine geschäftstüchtige Mutter war eine Zeitlang Besitzerin der Gutehoffnungshütte. Friedrich ererbte das väterliche Kolonialwarengeschäft, aber sein lebhafter Geist neigte mehr zur Eisenindustrie als zum Kaffeehandel. Er kaufte 1811 die Walkmühle bei Essen mit fünf Morgen Land und Wasserkraft, um dort einen Reckhammer und ein Schmelz- und Zementierwerk zu errichten. Nach verschiedenen vergeblichen Versuchen gelang es ihm, einen für Münzstempel und Münzwalzen sowie für Lohgerberwerkzeuge geeigneten Stahl herzustellen. 1818 bis 1819 erbaute Krupp eine größere Fabrik westlich der Stadt Essen mit einem Schmelzbau für 60 Tiegelschmelzöfen, von denen jedoch nur acht fertiggestellt wurden. Jeder Tiegel lieferte 12,5 kg Gußstahl. Das Ausschmieden der Blöcke erfolgte auf der Walkmühle, deren Hammer aber nur Gußstahl von höchstens 10 cm Stärke schmieden konnte. Das Auswalzen geschah auf fremden Werken, besonders bei Franz Dinnendahl. Obgleich sich das



Abb. 165. Stammhaus Krupp.

Nach einem von der Firma Fried. Krupp A.-G., Essen, zur Verfügung gestellten Lichtbild.

Geschäft stetig hob, befand sich Friedrich Krupp in dauernder Geldverlegenheit, aus der ihn weder seine Familie noch seine Freunde befreien wollten, weil sie an die Zukunft seines Unternehmens nicht glaubten. Als die Sorgen Friedrich Krupp nun noch aufs Krankenlager warfen, ging das Geschäft zurück. Verarmt und vergrämt gab er seine Wohnung in der Stadt auf und bezog ein kleines Arbeiterhaus beim Werk, das heute noch inmitten des Riesenunternehmens pietätvoll erhaltene Kruppsche Stammhaus (Abb. 165). Dort starb er am 8. Oktober 1826 an der Brustwassersucht. Sein ältester, 1812 geborener Sohn Alfred (richtiger Alfried) hatte seinen kranken Vater schon seit einem Jahr nach Entlassung eines ungetreuen Buchhalters und eines unzuverlässigen Faktors in der Leitung zur Seite gestanden. Nun wurde der vierzehnjährige „Fabrikbesitzer Alfred Krupp“ Chef der Firma, beraten von seiner treuen Mutter, die an Klugheit und Tatkraft keinem Manne nachstand. Die Fabrik hatte damals nur vier ständige Arbeiter. 1832 hatte Krupp es auf 10 ständige Arbeiter gebracht; in den folgenden Jahren verminderte sich die Zahl auf neun, aber Alfred Krupp blieb trotz des Mangels an Erfolgen ungebeugt. Ende der dreißiger Jahre erfand er eine Walze zum Auswalzen von Blechlöffeln, auf die er preußische und ausländische Patente erhielt. Das englische Patent verkaufte er gut und konnte nun einen großen Teil der auf seinem Werke ruhenden Schulden abtragen. Zu Berndorf in der Nähe von Wien gründete er 1844 mit Alexander Schöller eine Metallwarenfabrik, deren Leitung sein jüngerer Bruder Hermann übernahm. Es ist dies die berühmte Firma Arthur Krupp in Berndorf. 1843 hatte Krupp 99 und zwei Jahre später 122 Arbeiter, aber durch die Unruhen des Jahres 1848 kam er wieder in solche Geldverlegenheit, daß er das ererbte Silberzeug der Familie verkaufen mußte, um die Löhne bezahlen zu können.

In den vierziger Jahren begann Krupp, Gußstahl für Feuerwaffen herzustellen, während man bis dahin nur den leichter schmelzenden harten Werkzeugstahl kannte. 1843 schickte Krupp dem preußischen Kriegsministerium zwei geschmiedete Gußstahlgewehrläufe zur Prüfung, wurde aber abgewiesen. Er wandte sich nach Paris an Marschall Sault. Dieser ließ die Läufe prüfen und erkannte ihre Güte. Jetzt schenkte man der Sache auch in Berlin Beachtung. 1847 wurde die erste Kruppsche Dreipfünderkanone aus Gußstahl von der preußischen Artilleriekommission erprobt. Die Probe fiel glänzend aus. Krupp verbesserte den Guß großer Stahlblöcke, besonders zur Herstellung schwerer Geschütze. Auf der Londoner Weltausstellung im Jahre 1851 stellte er einen Gußstahlblock von 2150 kg Gewicht aus, außerdem zeigte er feinpolierte Walzen, Federn und Achsen für Eisenbahnwagen sowie eine Sechspfünderkanone. Trotz des hohen Standes der altberühmten englischen Gußstahlfabrikation erhielt Krupp allein die höchste Auszeichnung. Dadurch wurde Krupps Name mit einem Male weltberühmt. Über Krupps Geheimnis der Gußstahlfabrikation wurde viel gefabelt, doch bestand es nur in der Güte des eingesetzten Rohstoffs (früher Osemundstahl, später Puddelstahl), der zweckmäßigen Anlage der Schmelzöfen, der Benutzung großer Tiegel von etwa 45 kg Inhalt und einer guten Schulung der Arbeiter beim Entleeren einer großen Anzahl Tiegel in die Sammelpfanne, aus welcher der Guß erfolgte.

DIE EINFÜHRUNG DER ENGLISCHEN STEINKOHLENTECHNIK IN BELGIEN

Die belgischen Hüttenbesitzer kamen über einzelne Versuche mit Steinkohlen nicht hinaus, obgleich das Land überreich an Steinkohlen ist. Als Belgien und Holland nach dem Zusammenbruch Napoleons ein selbständiger Staat wurden, verlor die Industrie wichtige Absatzgebiete. Außerdem begünstigte die niederländische Zollpolitik den Handel auf Kosten der inländischen Fabriken. Aus dieser traurigen Lage errettete John Cockerill die belgische Eisenindustrie.

John Cockerill wurde 1790 in Lancashire als jüngster Sohn des aus Schottland gebürtigen Mechanikers William Cockerill geboren. Bald nach seiner Geburt verließ sein Vater mit seinen Söhnen England, um seine verbesserten Spinnmaschinen im Ausland zu bauen und zu vertreiben. Sie legten 1807 in Lüttich eine Maschinenfabrik zum Bau von Wollspinnmaschinen an, deren Leitung bald der junge John Cockerill übernahm. Dessen Bruder William Cockerill II. wandte sich 1816 nach Guben in der Lausitz und gründete dort Spinnereien und Tuchfabriken. Guben, Kottbus und Grüneberg wurden dadurch gewerbliche Städte. Auch andere Fabriken wurden von den Cockerills gegründet.

Immer mehr erweiterte sich das Geschäft und mit ihm der Gesichtskreis John Cockerills. Immer klarer erkannte er die Bodenschätze Belgiens, und der Plan, dort eine große Industrie zu schaffen, die der englischen gewachsen war, trat ihm immer deutlicher vor Augen. Mitten im reichen Kohlenbecken am Ufer der Maas, in günstiger Lage für die Gründung einer Fabrik, lag das verlassene bischöfliche Lustschloß Seraing. Die Regierung und der König überließen 1817 den Cockerills das Besitztum, die dort mit dem Bau eines großartigen Hüttenwerks begannen. Um Geld für das Unternehmen zu beschaffen, wandte sich John Cockerill an die Regierung, und diese unterstützte ihn dadurch, daß sie im Jahre 1821 aus den Zolleinnahmen einen Grundstock zur Unterstützung der einheimischen Industrie gründete, der auf jährlich 1,3 Millionen Gulden bemessen wurde. Der größte Teil dieser Unterstützungsgelder floß John Cockerill zu. 1820 setzte er die ersten Puddelöfen in Betrieb. 1823 blies er den ersten Kokshochofen Belgiens an, der die für Belgien erstaunliche Menge von 10 t Roheisen lieferte. Es gelang John Cockerill, sich durch geschäftliche Beteiligung des Königs an seinem Unternehmen den Absatz für die bedeutende niederländische Marine zu sichern, wodurch er sein Werk immer mehr erweitern und zu einem Musterwerk ausbauen konnte.

Keine Maschinenfabrik des Festlandes hat eine solche Bedeutung für die Geschichte der Technik erlangt wie Seraing. Es war nicht nur für Belgien, sondern auch für die Nachbarländer die hohe Schule des Maschinenbaues und der Maschinenarbeit. Seit 1818 baute Cockerill Dampfmaschinen, 1823 bis 1830 folgten Gebläsemaschinen und Dampfboote, 1835 lieferte er die erste Lokomotive und die ersten Eisenbahnschienen und 1845 die ersten Passagierdampfer des Festlandes. Seraing war das erste gemischte Werk, das von Erz und Kohle ausgehend an einer Stätte Roheisen, Puddeleisen, Walzerzeugnisse und fertige Maschinen herstellte. Auch die Werksorganisation war vorbildlich. Die einzelnen Abteilungen waren trotz ihrer Mannigfaltigkeit übersichtlich geordnet

und wurden kaufmännisch scharf getrennt behandelt, so daß Cockerill die Übersicht über sein Riesenunternehmen nicht verlor. Von besonderer Bedeutung war, daß das Werk auch ausländischen Besuchern Zutritt gestattete.

Ein schwerer Schlag traf Cockerill, als sich Belgien 1830 von Holland trennte und den König Wilhelm vertrieb, der so viel für die Industrie des Landes getan hatte. Glücklicherweise erkannte die neue Regierung die Bedeutung des Werkes und übernahm den Anteil des Königs von Holland. Eine neue Blütezeit begann, als König Leopold von Belgien 1834 George Stephenson berief, um in Belgien ein einheitliches Eisenbahnnetz zu schaffen. Es war das erste planmäßig durchgeführte Staatsbahnnetz, denn bis dahin hatte man nur Bahnen aus örtlichen Interessen gebaut, um einzelne Plätze miteinander zu verbinden. Der Bau wurde alsbald begonnen. 1835 wurde die Strecke Brüssel—Mecheln eröffnet, und 1843 war das ganze Netz in einer Länge von 560 km vollendet. Die Baukosten betragen über 62 Millionen Franken. Indem man unter Führung John Cockerills Bankgesellschaften gründete, gelang es, die Summe im Inlande aufzubringen. Da alle Baustoffe im Inlande gewonnen wurden, nahm die Industrie einen großartigen Aufschwung. In dieser Zeit entstanden auch die anderen großen Hüttenwerke Belgiens wie Couillet, Ougrée, Espérance und Sclessin. Im ganzen verwendeten die großen Banken Belgiens bis 1837 130 Millionen Franken für Hüttenanlagen.

Es kam nun eine Zeit der Übererzeugung und der Preisdrückerei, die zu einer Krisis führte. Ende Dezember 1838 stellte die Belgische Bank ihre Zahlungen ein. Das Unglaubliche geschah: John Cockerills Kredit kam ins Wanken. Dieser hatte seine Unternehmungen riesig ausgedehnt. Er besaß 60 Werke, darunter außer Seraing eine ganze Reihe von Kohlengruben, Eisenhütten und Maschinenfabriken, außerdem Tuch-, Glas-, Papier- und andere Fabriken in verschiedenen Ländern, z. B. die schon erwähnte Tuchfabrik in Kottbus, Zinkwerke zu Stolberg bei Aachen und Plantagen in Surinam. Cockerill sah sich gezwungen, zu liquidieren. Der Status war günstig, denn 21 Millionen Aktiva standen 18 Millionen Passiva gegenüber. Rasch entschlossen verkaufte Cockerill seine sämtlichen Besitztümer mit Ausnahme der Werke zu Seraing und Lüttich und deckte seine Schulden. Dieser rasche Entschluß bewahrte die belgische Industrie vor einer Katastrophe. John Cockerill begab sich nach Rußland, um dort neue großartige Werke zu gründen; aber er erkrankte auf der Reise und starb, erst 50 Jahre alt, am 10. Juli 1840 zu Warschau. Seine Leiche wurde nach Belgien gebracht und zu Seraing beigesetzt. Trotz des Zusammenbruchs seines Vermögens war er seinem Wahlspruch „Courage to the last“ bis zu seinem Ende treu geblieben.

Seraing entwickelte sich nach seinem Tode unter Leitung seines Schwagers Pastor weiter. Ende der fünfziger Jahre hatte das Werk sechs Hochöfen, zwei große Walzhütten und eine Maschinenfabrik, die jede Woche eine Lokomotive liefern konnte.

2. ABSCHNITT:

DAS ZEITALTER DES FLUSSEISENS

DIE ENTWICKLUNG DER EISENHÜTTEN- TECHNIK

EINLEITUNG

DAS Puddelverfahren war gegenüber dem Frischverfahren ein großer Fortschritt, aber es genügte für den riesig anwachsenden Eisenbedarf nicht mehr. Da auch die Güte des Puddeleisens besonders bei der Schienenfabrikation nicht befriedigte, versuchten verschiedene Erfinder, flüssigen Stahl im großen auf einfache Weise darzustellen. Im Jahre 1855 löste Henry Bessemer diese Aufgabe und begründete damit das Zeitalter des Flußeisens.

Henry Bessemer¹⁾ wurde am 19. Januar 1813 in Charlton, Hertfordshire, geboren. Sein Vater war wahrscheinlich holländischer Herkunft und besaß eine Schriftgießerei, in der sich sein Sohn die ersten technischen Kenntnisse erwarb. Henry Bessemer war das Muster eines Engländers; in ihm vereinigten sich erfinderischer Geist, praktischer Blick, unbeugsame Beharrlichkeit und nicht geringe Geschäftstüchtigkeit. Im Jahre 1837 zog er in die Weltstadt London mit dem einen Gedanken, viel Geld zu verdienen. Seinen ersten Erfolg erzielte er durch die Erfindung einer Stempelmarkenpresse: Hierdurch nahm die eingerissene Markenfälschung ein Ende, nachdem sie dem englischen Staate Verluste von Millionen Pfund Sterling gebracht hatte. Da Bessemer aber versäumte, ein Patent zu nehmen, hatte er keinen Nutzen von seiner Erfindung. In der Folgezeit sah er sich besser vor. Von seinen verschiedenen Erfindungen und Geschäften in den nächsten Jahren brachte ihm die Einführung der Bronzefarbenfabrikation in England mit Hilfe neuer Maschinen den größten Gewinn. Bessemer studierte zuerst die Nürnberger Blattgoldschlägerei, die damals den Weltmarkt beherrschte, und ging dann an die Verbesserung der Fabrikation. Er verwandelte die Bronzestücke zuerst auf einer Drehbank in feine Späne und stampfte diese, wie üblich, in Pochwerken oder verrieb sie zwischen Walzen. Durch diese Erfindung erwarb sich Bessemer ein mäßiges Vermögen, das ihm die Mittel zu weiteren Versuchen gewährte. Mit der Schmelztechnik kam Bessemer zuerst durch die nun folgenden Versuche zum Walzen von halbflüssigem Spiegelglas in Berührung.

¹⁾ Henry Bessemer: An Autobiography. London 1905.

Der Krimkrieg lenkte Bessemers Interesse auf das Artilleriewesen. Er erfand ein Geschöß, das aus glatten Kanonen gefeuert werden konnte und dabei durch das tangentielle Austreten der Pulvergase doch die drehende Bewegung der aus gezogenen Rohren geschleuderten Geschosse bekam. Die englische Regierung verhielt sich ablehnend, während Napoleon III., der eifrige Förderer des Geschützwesens, Interesse zeigte. Bessemer machte Schießversuche in Vincennes. Die Fachleute waren befriedigt, bezweifelten aber, daß eine gußeiserne Kanone für solche Geschosse genügend fest sei. Bessemer suchte nun nach einem Metall, das Gußeisen an Festigkeit überlegen, aber billiger als Gußstahl war. Er versuchte zuerst Gußeisen durch Stahlzusatz im Flammofen zu verbessern. Dann ging er dazu über, im Flammofen richtigen Stahl herzustellen. Hierzu brachte er Winddüsen unter der Feuerbrücke an. Bei diesen Versuchen beobachtete er nun, wie Gußstücke, die längere Zeit der oxydierenden Wirkung des Windes ausgesetzt waren, sich ohne weiteres Zutun in schmiebares Eisen verwandelten. Der Fachmann hätte diesen Vorgang nicht beachtet, weil ihm das Glühfrischen zu vertraut ist; der Laie Bessemer aber wurde dadurch angeregt, zu untersuchen, ob es möglich wäre, Roheisen durch bloßes Einleiten von Luft in schmiebares Eisen

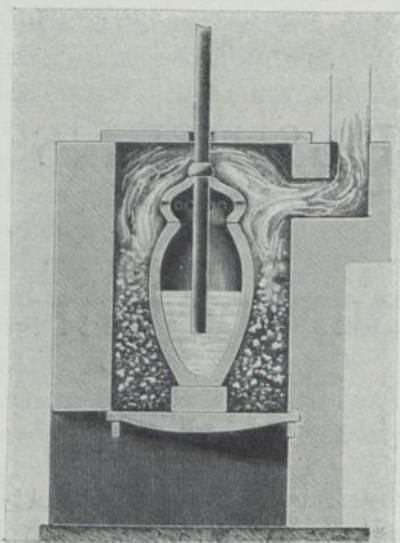


Abb. 166. Bessemers erster Versuch.
Juni 1856.
Nach H. Bessemer: An Autobiography.
London 1905, Taf. 13.

zu verwandeln. Bessemer führte den Versuch im Juli 1855 in seiner Fabrik in einem 20 kg fassenden Tontiegel aus (Abb. 166), wobei er von seinem späteren Schwager William D. Allen unterstützt wurde. Als 5 kg Roheisen eingeschmolzen waren, wurde ein Tonrohr in das Bad eingetaucht und Wind eingeblasen. Bessemer hatte richtig vorausgesehen. Der Tiegel enthielt Schmiedeeisen, das sich auswalzen ließ, wie ein Versuch im Arsenal zu Woolwich ergab. Die Probe befindet sich noch heute in der Sammlung des Iron and Steel Institute. Schon bei den ersten unvollkommenen Versuchen beobachtete man, daß das Eisen durch das Blasen nicht, wie man annehmen sollte, kälter, sondern wärmer wurde, und zwar so warm, daß es flüssig blieb, obgleich der Schmelzpunkt des Stahles weit höher liegt als der des Roheisens. Die Erscheinung trat besonders auffallend hervor, als Bessemer 1856 einen größeren Versuchsapparat aufstellte (Abb. 167).

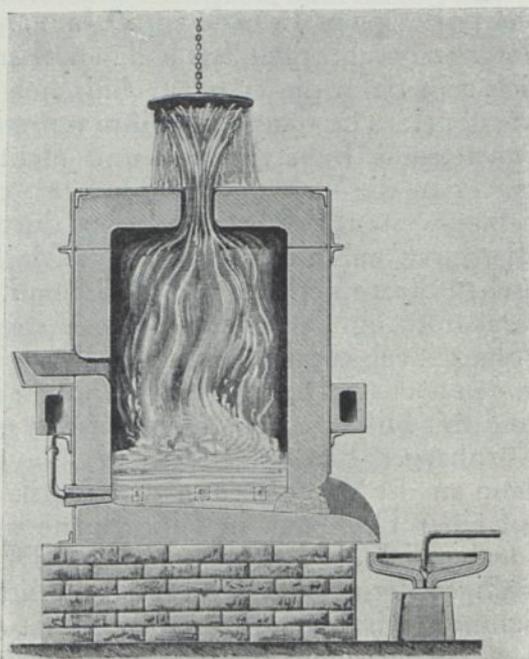


Abb. 167. Bessemers Versuchsapparat von 1856.
Nach H. Bessemer a. a. O., Taf. 13.

Bessemer nahm auf seine Erfindung eine große Anzahl Patente, in denen er die verschiedensten Ausführungsmöglichkeiten seines Verfahrens und auch andere hütten-technische Verfahren und Vorrichtungen beschreibt, die seinem ursprünglichen Gedanken fernliegen. Vermutlich hat er manche dieser Patente nur entnommen, um Wettbewerbern den Weg zu versperren.

Am 16. August 1856 hielt Bessemer auf Anraten des berühmten Ingenieurs George Rennie einen Vortrag über seine Erfindung auf der Jahresversammlung der British Association for the advancement of science, die in Cheltenham stattfand. Der Vortrag erregte ungeheures Aufsehen, zumal da die Öffentlichkeit von den Versuchen nichts erfahren hatte. Daß man Roheisen „ohne Feuer“ in Schmiedeisen verwandeln und aus gewöhnlichem Roheisen in einer Viertelstunde flüssigen Stahl herstellen kann, und zwar in jeder beliebigen Menge, war etwas so überraschend Neues, daß die Begeisterung keine Grenzen hatte. Um den Grundsatz, daß alles schon dagewesen ist, aufrechtzuerhalten, wies man auf verschiedene Patente zum Feinen des Roheisens durch Luft-einblasen hin, ja es wurde später sogar herangezogen, daß die chinesischen Kesselflicker das geschmolzene Gußeisen in fingerhutgroßen Tiegeln durch Aufblasen von Luft flüssig halten; aber man mußte zugeben, daß niemand vor Bessemer die Tragweite des Lufteinblasens erkannt hatte. In diesem Sinne äußerte sich schon der erste Redner in der auf Bessemers Vortrag folgenden Bespre-
 chung, der große James Nasmyth.

Fünf englische Hüttenwerke schlossen sofort mit Bessemer Lizenzverträge ab. Bessemer bekam auf diese Weise 27 000 Pfund Sterling zusammen. Als aber die Werke an die Ausführung gingen, kam eine große Enttäuschung. Es gelang wohl, das Roheisen zu entkohlen und flüssig zu erhalten, aber das Erzeugnis war kein Tiegelstahl, ja es war nicht einmal gewöhnlichem Schmiedeisen gleichwertig, sondern grobkristallinisch, blasig, rot- und kaltbrüchig. Bessemers Feinde nannten es entkohltes Gußeisen. Außerdem betrug der Eisenabbrand beim Bessemerverfahren 20 bis 30%. Alle Anhänger verloren den Mut, nur Bessemer verfolgte sein Ziel beharrlich weiter. Mit den ihm durch die Lizenzzahlungen zugeflossenen Mitteln erforschte er die Ursache der Mißerfolge. Es ergab sich, daß die Verunreinigungen des Roheisens beim Bessemerverfahren in das Fertigerzeugnis übergehen, während sie beim Puddeln größtenteils entfernt werden. Außerdem zeigte sich das Bessemereisen empfindlicher gegen Verunreinigungen als Schweißeisen. Der Hauptfeind des Flußeisens war der Phosphor, und auf die Benutzung phosphorhaltigen Roheisens waren die Mißerfolge in erster Linie zurückzuführen, hatte man doch bei den Versuchen in Wales unglücklicherweise ein aus Puddelschlacke erblasenes Roheisen mit 1,9% Phosphor benutzt. Versuche mit phosphorfriem Roheisen führten zum Ziel. 1858 gelang es dem ersten treuen Anhänger Bessemers, Göran Fredrik Göransson zu

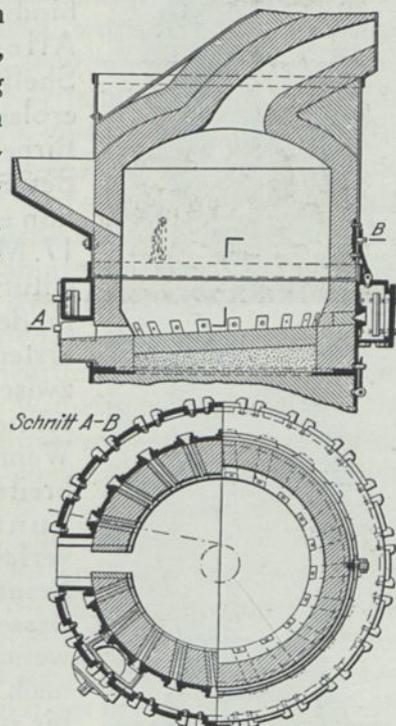


Abb. 168.
 Göranssons Bessemerofen. 1857.

Nach L. E. B o m a n n :
 Das Bessemern in Schweden. Leipzig 1864, Fig. 1/2.

Garpenberg in Schweden, in einem Ofen, der Bessemers Versuchsapparat von 1856 nachgebildet war (Abb. 168), aus reinem phosphorfreien Dannemoraroheisen guten Stahl zu erblasen. Göransson wurde bei seinen Versuchen vom Jernkontoret unterstützt, das sich hierdurch wieder um die Entwicklung des Eisenhüttenwesens verdient gemacht hat. In England kam Bessemer nicht weiter. Die Kritik hatte sein Verfahren so vernichtend beurteilt, daß kein Hüttenwerk mehr zu Versuchen zu bewegen war. Bessemer galt als Schwindler, über den der Stab gebrochen war. Da beschloß Bessemer, seine Gegner ins Herz zu treffen, indem er in der Hochburg der englischen Stahlfabrikation, in Sheffield, ein Stahlwerk erbaute. In Verbindung mit Galloway, Longsdon und seinem Schwager Allen gründete er das Stahlwerk Henry Bessemer & Co. in Sheffield. Als Rohstoff benutzte das Werk nur aus Hämatit erblasenes, phosphorarmes Cumberländer Roheisen. Kippbare Birnen dienten zur Durchführung des Verfahrens (Abb. 169). Besonders auf Grund der schwedischen Erfolge wagte Bessemer nun erneut, in die Öffentlichkeit zu treten. Er hielt am 10. und 17. Mai 1859 zwei Vorträge in der Institution of Civil Engineers zu London, in denen er die Mißerfolge seiner ersten Versuche darlegte, die inzwischen geschaffene Technik beschrieb und gute Stahlproben zeigte.

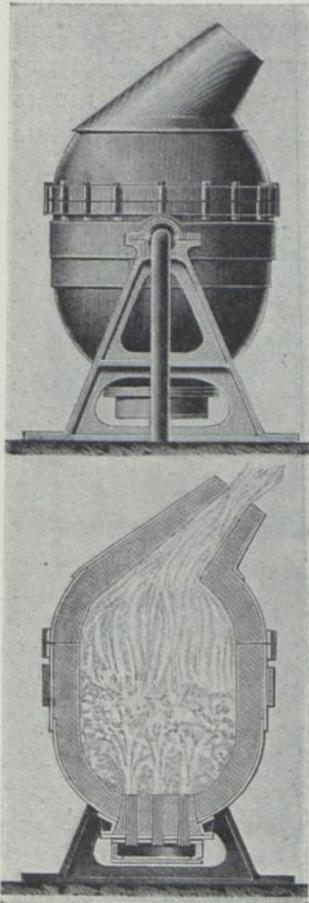


Abb. 169.
Bessemerbirne des Stahlwerks
Henry Bessemer & Co.
in Sheffield. 1859.
Nach H. Bessemer a. a. O., Taf. 15.

Wenn auch noch immer ein gewisses Mißtrauen bestand, breitete sich nun das Verfahren doch aus. Besonders trat Peter Tunner warm dafür ein. Mit dem Siegeszug des Bessemerverfahrens begann auch der Kampf gegen die Wettbewerber. Besondere Schwierigkeiten machte ihm Robert Mushet. Bessemer unterbrach bei seinen ersten Versuchen das Blasen, wenn der gewünschte Grad der Entkohlung erreicht war. Bald nach Bessemers erstem Vortrag ließ sich Mushet das Blasen bis zur völligen Entkohlung und die Desoxydation und Rückkohlung mit Spiegeleisen schützen. Hart und unerbittlich verfolgte der große Erfinder den Wettbewerber, den er für einen Eindringling in den Bereich seiner Erfindung ansah. Und er siegte. Robert Mushet, der wie sein Vater David Mushet sein Leben lang für die Verbesserung der Stahlerzeugung gearbeitet hat und dessen Name mit der Geschichte der Edeltähle untrennbar verbunden ist, mußte seine Patente aus Mangel an Mitteln fallen lassen und im Alter von Bessemer eine Rente annehmen. Das Iron and Steel Institute aber erkannte Mushets Verdienste an und verlieh ihm die goldene Medaille, die Bessemer selbst gestiftet hat und die seinen Namen trägt.

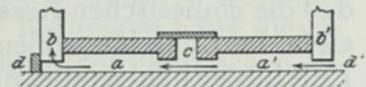


Abb. 170. Friedr. Siemens' erste Regenerativheizung. 1856.
Nach A. Rott in Beitr. z. Gesch. d. Techn. Bd. 10 (1920), S. 49.

Bessemer wurde durch seine Erfindung sehr reich, zumal da er eine Lizenz von 1 Pfund Sterling für die Tonne verlangte. Das preußische Patentamt versagte ihm allerdings ein Patent, weil die Entkohlung des Eisens durch Luftströme schon früher bekannt

war (!). Einen Teil seines Vermögens benutzte Bessemer zur Ausarbeitung weiterer Erfindungen auf den verschiedensten Gebieten; aber das Glück lächelte ihm nicht wieder, und seine späteren Erfindungen brachten ihm nur Ärger und Mißerfolg. 1879 erhob ihn die Königin Viktoria in den Adelsstand. Am 15. März 1898 starb Sir Henry Bessemer im 86. Lebensjahr.

Im Mittelalter hatte sich die Erfindung des Hochofens durch die Möglichkeit ergeben, die Temperatur im Stückofen zu erhöhen. In gleicher Weise wurde im Flußeisenzeitalter ein neues Stahlerzeugungsverfahren durch die Erfindung der Siemenschen Regenerativheizung geschaffen, bei der sich bisher unerreichte Temperaturen erzielen ließen. Der Zufall wollte es, daß diese Erfindung in London fast zur gleichen Zeit wie diejenige Bessemers, und zwar nur wenige Häuser davon entfernt, gemacht wurde. Friedrich Siemens, der Erfinder der Regenerativheizung, wurde im Jahre 1828 als Sohn eines hannoverschen Landwirtes geboren, dessen sämtliche Söhne trotz ihrer mangelhaften technischen Vorbildung hervorragende Industrielle geworden sind. Der berühmteste unter ihnen ist Werner Siemens (geb. 1816, gest. 1892), der Begründer der Elektrotechnik. Der zweite der Brüder, Wilhelm, ging 1842 nach England, um dort die Erfindungen seines Bruders Werner zu verwerten, und war selbst als beratender Ingenieur und Erfinder tätig. In der damaligen Zeit wurde auf Grund falscher Vorstellungen über die Wärme eifrig versucht, den aus der Dampfmaschine ausströmenden Dampf durch eine Art Wiederbelebung von neuem zur Arbeitsleistung brauchbar zu machen. Auch Wilhelm Siemens baute eine Regenerativdampfmaschine, die er auf der Pariser Weltausstellung von 1855 zeigte. Hierdurch wurde Friedrich Siemens, der nach vielen Irrfahrten endlich Gehilfe seines Bruders Wilhelm geworden war, im Herbst 1856 angeregt, das Verfahren auf Feuerungen anzuwenden. Er baute einen Versuchsofen, der in Abb. 170 nach der Originalskizze wiedergegeben ist. a und a' sind mit feuerfesten Steinen ausgesetzte Heizzüge, b und b' sind Kamine, der Raum c wird mit brennenden Kohlen gefüllt gehalten, d und d' sind Luftöffnungen, die abwechselnd durch Steinschieber verschlossen werden. Die Luft wechselt jede halbe Stunde die Richtung. Sie tritt in der Periode, die durch die Zeichnung dargestellt ist, bei d' ein, durchstreicht die in a' befindlichen, vorher durch die Abgase erhitzten Steine, erwärmt sich hierdurch und tritt dann erhitzt in die Kohlenfüllung ein. Die heißen Abgase geben ihre Wärme in a ab und entweichen dann in den Kamin b. Nach dem Umschalten tritt die Luft bei d ein und erwärmt sich in a. Die Abgase heizen nun den Wärmespeicher a wieder auf. Friedrich Siemens erzielte in seinem Versuchsapparat nach sechs Stunden eine solche Hitze, daß Feilen schmolzen und alle feuerfesten Tiegel verbrannten. Am 2. Dezember 1856 nahm er ein englisches Patent, bei dessen Abfassung ihm sein erfahrener Bruder Wilhelm half. Die eine Patentzeichnung stellt einen Flammofen dar mit Kohlenfeuerungen auf beiden Seiten und mit einer Umsteuerung durch eine Wechselklappe. Die andere Skizze zeigt einen Retortenofen, der mit Kohlenwasserstoffen oder mit anderen brennbaren Gasen geheizt wird. Die Luft wird in Wärmespeichern (Regeneratoren) vorgewärmt, während sich das Gas in Kanälen erhitzt, die zwischen den heißen Wärmespeichern liegen.

Die ersten praktischen Versuche zum Stahlschmelzen im Tiegel wurden auf einem Gußstahlwerk in Sheffield angestellt; sie hatten aber keinen Erfolg. Zwar schmolz der Stahl, aber gleichzeitig schmolzen auch die Tiegel und die Ofenwände zusammen.

Meinungsverschiedenheiten zwischen Wilhelm und Friedrich infolge der mißlungenen Versuche und die ungünstige Geldlage Wilhelms, der die Kosten der Versuche trug, veranlaßten Werner Siemens, der als Ältester der Berater seiner Brüder war und bei Streitigkeiten zwischen ihnen zu vermitteln pflegte, Friedrich Ende 1857 nach Berlin zu berufen, wo beide zusammen in der Maschinenfabrik von Schwartzkopff Versuche anstellten, Roheisen mit Schwelgas aus Torf und Braunkohle zu schmelzen. Wenn das Ziel auch nicht erreicht wurde, zeigte sich doch, daß der Ofen zu anderen Zwecken geeignet war. Bald darauf baute Friedrich in Österreich die ersten technisch brauchbaren Regenerativöfen, zuerst einen Wannenofen zum Schmelzen von Wasserglas und dann Tiegelstahlöfen, Schweißöfen und Glasöfen.

Nun bat Wilhelm seinen Bruder Friedrich, nach England zurückzukehren. Friedrich kam hier mit dem Stahlschmelzen, das seit Bessemer eine Modesache und Wilhelms Lieblingsplan war, wieder nicht weiter, baute aber gut arbeitende Glasöfen in Birmingham. Hier führte Wilhelm den von ihm erfundenen Schrägrostgaserzeuger für backende Kohlen ein. Auf den Gaserzeuger und andere Verbesserungen nahmen beide am 22. Januar 1861 ein Patent, in dem sie u. a. die Anwendung von vier Wärmespeichern für Gas und Luft und die Kühlung des Herdes durch bewegte Luft unter Schutz stellten. In der Patentbeschreibung wird gesagt, daß man auf diese Weise Flintglas, Stahl und andere Stoffe auf offenem Herd schmelzen kann. Um die Ausgestaltung des Herdschmelzens erwarb sich Werner dadurch Verdienste, daß er seinem Bruder Hans 150 000 Mark zum Ankauf einer Glashütte bei Dresden gab, um Wannenöfen zu betreiben und zu bauen. Einen wirtschaftlichen Erfolg erzielte das Werk allerdings erst, als Friedrich es nach dem Tode seines Bruders Hans im Jahre 1867 übernahm.

Wilhelm setzte seine Stahlschmelzversuche hartnäckig fort. Ch. Atwood erwarb von ihm im Juli 1862 eine Lizenz auf Grund des Patentes von 1861. Auf Wilhelms Rat wurde der Ofen als Herdofen gebaut und anfänglich auch betrieben. Da aber Schwierigkeiten eintraten, ging Atwood zum Tiegelschmelzen über. In demselben Jahre fanden auch in Frankreich die ersten Versuche statt. Unter Anleitung des mit Wilhelm Siemens befreundeten Generalinspektors der Bergwerke Louis Le Chatelier wurde in Montluçon ein Regenerativofen zum Stahlschmelzen errichtet; die Versuche wurden aber wegen der raschen Zerstörung des aus Bauxit gebauten Herdes aufgegeben. Gleichzeitig traten Emil Martin und sein Sohn Pierre in Sireuil (Südfrankreich) mit Wilhelm Siemens in Verbindung, um einen Stahlschmelzofen zu bauen. Wilhelm riet ihnen, den Ofen erst als Schweißofen zu benutzen und dann zum Stahlschmelzen überzugehen. Wilhelms Ingenieure bauten den Ofen nach seinen Zeichnungen, und zwar aus Quarzsand und Dinassteinen. Am 8. April 1864 gelang es der Sachkenntnis des erfahrenen Stahlfabrikanten Pierre Martin, den ersten Herdstahl zu erschmelzen. Die Bedingungen lagen hier allerdings günstig, weil das Werk harten Gewehrstahl herstellte. Die Martins ließen sich das Verfahren in Frankreich und England patentieren. Wilhelm Siemens erfuhr hiervon erst im Herbst 1865, er war aber von seinen eigenen großartigen Stahlherstellungsplänen zu sehr eingenommen, um die Bedeutung des „Schrottschmelzens“ zu ermessen. Um seine Pläne auszuführen, baute er 1867 in Birmingham ein Versuchsstahlwerk „The Siemens Sample Steel Works“ und errichtete 1868 bei Landore in Südwestwales ein großes Stahlwerk, das 1869 in Betrieb kam. Was von Siemens' Stahlherstellungsverfahren bleibenden Wert erlangt hat, soll später erwähnt werden.

Wenn auch 1868 zwischen den Martins und den Siemens' eine Einigung zustande kam, ist der Streit über die Bedeutung der Anteile beider Familien an der Erfindung noch lange geführt worden, zumal da auch nationale Eifersucht mitsprach. Da Martin das Verfahren nicht ohne Anwendung der Siemensschen Regenerativheizung hätte durchführen können, trägt es mit Recht den Namen beider Erfinder. Traurig ist es, daß Pierre Martin, der nach so vielen Mißerfolgen anderer die Aufgabe, Herdstahl darzustellen, gelöst und eine reiche Industrie begründet hat, selbst in Vergessenheit und Armut geriet, während sein Stahl in aller Welt berühmt wurde. 1910 entdeckte man ihn alt und arm in einem Vorort von Paris. Eine von der gesamten Eisenindustrie Europas gespendete Ehrengabe ermöglichte ihm noch fünf Jahre lang ein sorgenfreies Dasein. 1915 starb er im 91. Lebensjahr, kurz nachdem ihm das Iron and Steel Institute die Bessemermedaille verliehen hatte. Wilhelm Siemens starb als Sir William Siemens geadelt und hochgeehrt im Jahre 1883 in London, während sein Bruder Friedrich, der Erfinder der Regenerativheizung, der Begründer der heutigen Glasfabrikation und der Verbesserer der Gasbeleuchtung, noch bis 1901 in Dresden wirkte, wo er drei Jahre später gestorben ist. Neben dem Bessemerverfahren und der Regenerativheizung war es insbesondere die Elektrotechnik, die dem Flußeisenzeitalter sein Gepräge verliehen hat. Im Jahre 1867 erfand Werner Siemens die Dynamomaschine und begründete damit die Starkstromtechnik. Der elektrische Strom wurde in den Hüttenwerken anfänglich nur zu Beleuchtungszwecken benutzt und fand erst verhältnismäßig spät — etwa um 1890 — Verwendung zur Kraftübertragung, weil die Elektromotoren bis dahin den schweren Anforderungen der rauhen Hüttenbetriebe nicht gewachsen waren. Um die Wende des Jahrhunderts begann man auch den Wärmeeffekt des elektrischen Stromes zum Eisen- und Stahlschmelzen zu benutzen. Da sich die erforderlichen großen Energiemengen am billigsten durch Ausnutzung von Wasserkraften gewinnen lassen, kehrte ein Teil der Eisenindustrie nun wieder zum „rauschenden Bergbach“ zurück.

WISSENSCHAFT

Im Zeitalter des Flußeisens spielt die wissenschaftliche Durchdringung der Technik eine viel größere Rolle als früher. Die älteste technische Lehranstalt ist die 1766 vom Freiherrn von Heinitz in seiner Stellung als Leiter des sächsischen Berg- und Forstwesens gegründete Bergakademie in Freiberg. Dort las der große Mineraloge Abraham Werner seit 1789 ein Kolleg über Eisenhüttenkunde. Von 1875 bis 1906 wirkte hier Adolf Ledebur. Während der großen Revolution entstanden in Paris die Ecole Polytechnique und die Ecole des Mines. 1820 wurde das von Beuth gegründete Gewerbeinstitut in Berlin eröffnet, aus dem die Charlottenburger Technische Hochschule hervorgegangen ist. In London wurde 1851 auf Betreiben des Prinzgemahls Albert die Royal School of Mines gegründet, wo John Percy als Lehrer wirkte. 1860 erhielt Preußen in der Kgl. Bergakademie Berlin die erste bergmännische Hochschule. Eisenhüttenkunde las dort Hermann Wedding, ein Enkel des um die Begründung der oberschlesischen Eisenindustrie verdienten Bauinspektors Wedding. Um dieselbe Zeit entwickelte sich die 1810 unter der Napoleonischen Herrschaft von Héron de Villefosse gegründete Bergschule in Clausthal zur Hochschule. Ihr bedeutendster Metallurge war damals Bruno Kerl.

Im Jahre 1861 wurde die zu Vordernberg gegründete und später nach Leoben verlegte Lehranstalt für Bergbau und Hüttenkunde in eine Bergakademie umgewandelt. An dieser Anstalt lehrte Peter Tunner Eisenhüttenkunde seit ihrer Begründung im Jahre 1840 bis zu seinem Übertritt in den Ruhestand 1874, von wo an er sich nur noch schriftstellerisch betätigte. Am 8. Juni 1897 ist der von seinen Schülern heißgeliebte Lehrer, der wackere Vorkämpfer des Bessemer- und Siemens-Martin-Verfahrens, der Nestor der Eisenhüttenleute, im Alter von 88 Jahren sanft entschlafen. In Schweden wurde 1869 die altberühmte Bergschule von Falun nach Stockholm verlegt und mit der technischen Hochschule verbunden. Hier wirkten Åkermann, Eggertz, Wiborgh und andere tüchtige Forscher. Im Jahre 1870 wurde die Technische Hochschule in Aachen eröffnet. Auf Betreiben der rheinisch-westfälischen Eisenindustrie erhielt sie einen besonderen Lehrstuhl für Eisenhüttenkunde, den zuerst E. F. Dürre und von 1901 bis 1919 Fritz Wüst innehatte. Dank der Freigebigkeit der Hüttenwerke wurde hier 1908 von Wüst ein Eisenhüttenmännisches Institut errichtet, das alle bisherigen Lehranstalten weit übertraf. Eine Fülle wertvoller Arbeiten ist daraus hervorgegangen.

Am großartigsten entwickelte sich das technische Hochschulwesen in Amerika durch die reichen Stiftungen der amerikanischen Industriellen. Die wissenschaftlichen Leistungen der amerikanischen Hochschulen sind jedoch erst in den letzten Jahren mit den europäischen vergleichbar geworden.

Die technische Literatur wuchs zu einer wahren Papierflut an. Von gehaltreichen Werken sei Percys Lehrbuch des Eisenhüttenwesens („Iron and Steel“) vom Jahre 1864 genannt, das von Hermann Wedding ins Deutsche übersetzt und erweitert wurde. Weit verbreitet und viel benutzt war bis ins erste Jahrzehnt dieses Jahrhunderts das Handbuch der Eisenhüttenkunde von Adolf Ledebur (erste Auflage von 1884). Neuerdings wird von Bernhard Osann in Clausthal ein Lehrbuch herausgegeben, das dem Fortschritt der Technik gerecht wird.

Nach dem Vorbild des Jernkontoret schlossen sich die Eisenhüttenleute auch in anderen Ländern zusammen. In England wurde im Jahre 1869 das Iron and Steel Institute gegründet, das alljährlich zwei Hauptversammlungen abhält, die oft auch im Ausland stattfinden, beispielsweise 1878 in Paris anlässlich der Pariser Weltausstellung.

Im Jahre 1860 wurde von Männern wie Leopold Hoesch, Reiner Daelen, J. Kocher u. a. ein Technischer Verein für Eisenhüttenwesen gegründet, der sich nach einigen Jahren als Zweigverein des Vereins deutscher Ingenieure erklärte und im Jahre 1880 unter Loslösung von diesem und gleichzeitiger Aenderung des Namens als Verein deutscher Eisenhüttenleute mit dem Sitz in Düsseldorf neu bildete. Unter dem Vorsitz von Carl Lueg (1881–1905), Friedrich Springorum (1905–1917) und Albert Vögler (seit 1917) und unter der Geschäftsführung von Emil Schrödter (1885–1916) nahm der Verein einen großen Aufschwung. Infolge der zunehmenden Verzweigung der Eisenhütten-technik wurde im letzten Jahrzehnt in steigendem Maße der Hauptteil der technischen Arbeiten in Fachausschüsse verlegt, die sich der Einzelgebiete des Eisenhüttenwesens annahmen. Unter dem Druck der Brennstoffnot gründete der Verein im Jahre 1919 die Ueberwachungsstelle für Brennstoff- und Energiewirtschaft auf Eisenwerken (kurz „Wärmestelle Düsseldorf“ genannt).

Neben den älteren technischen Zeitschriften allgemeiner Richtung, wie Dingers Polytechnisches Journal, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, Engineering, Génie Civil u. a., entwickelten sich eigene eisenhüttentechnische Zeitschriften. Unter diesen sind besonders die amerikanische Zeitschrift „The Iron Age“ (seit 1868), das seit 1869 erscheinende Journal of the Iron and Steel Institute und die Zeitschrift „Stahl und Eisen“ des Vereins deutscher Eisenhüttenleute (seit 1881) zu erwähnen.

In England überläßt es der Staat der Industrie, für ihre Weiterentwicklung zu sorgen und Lehrinstitute zu gründen und zu unterhalten. Die Royal School of Mines ist eine Ausnahme. Diese englische Auffassung lag dem an die sorgende Hand der Regierung gewöhnten Deutschen fern. Erst in der neuesten Zeit haben die einzelnen Industrien Deutschlands in den Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften Forschungsstätten geschaffen, die auf gemeinwirtschaftlicher Grundlage beruhen. Das vom Verein deutscher Eisenhüttenleute im Rahmen dieser Gesellschaft geschaffene Eisenforschungsinstitut in Düsseldorf gehört zu den bedeutendsten wissenschaftlichen Instituten für Eisenhüttenkunde. Es wurde von Fritz Wüst großzügig eingerichtet und geleitet.

Seit Bunsens bahnbrechenden Arbeiten über den Hochofen hat die chemische Forschung immer neue Geheimnisse der eisenhüttentechnischen Vorgänge aufgeklärt. Die analytische Chemie, die im Anfang des Jahrhunderts so unvollkommen war, daß selbst Karsten meinte, die nassen Analysenverfahren würden die trocknen Eisenproben niemals aus den Hüttenwerken verdrängen, überwand durch die Zusammenarbeit ganzer Generationen von Chemikern alle Schwierigkeiten. Im Jahre 1846 erfand Frédéric Marguérite die Eisentitration mit Permanganat, die dann durch Carl Reinhardt weiter ausgebildet wurde. Die früher recht schwierige Aufgabe der Phosphorbestimmung löste Franz L. Sonnenschein 1850 durch die Verwendung der Molybdänsäure. Die Kohlenstoffbestimmung auf nassem Wege gelang Ullgren 1862 durch Verwendung von Chromsäure. 1875 beschrieb Orsat seinen Gasanalysenapparat, und 1878 erfand H. Bunte seine Gasbürette. 1879 veröffentlichte J. Volhard sein Manganbestimmungsverfahren, das dann durch Nicolaus Wolff zu einer für die Praxis geeigneten Form abgeändert wurde. 1896 fällt W. Schulte in Bochum den bei der Schwefelbestimmung entweichenden Schwefelwasserstoff als Kadmiumsulfid aus und setzte dieses in Kupfersulfid um.

Nach 1860 begannen die großen Werke, eigene Chemiker anzustellen und eigene Werkslaboratorien einzurichten. Die Hüttenlaboratorien entwickelten sich im 20. Jahrhundert zu Untersuchungs- und Forschungsanstalten, die zum Teil an Umfang die Hochschulinstitute übertreffen, wie beispielsweise das große Laboratorium der Kruppschen Werke in Essen, das im Jahre 1911 eröffnet wurde. Mit der Entwicklung der chemischen Untersuchungsverfahren hielt diejenige der physikalischen Verfahren Schritt. Von größter Bedeutung waren die Erfindung des Le-Chatelier-Pyrometers im Jahre 1891, das endlich eine bequeme Messung hoher Temperaturen ermöglichte, des Berthelotschen Kalorimeters für feste Brennstoffe (1891) und des Gaskalorimeters von Hugo Junkers (1894).

Die früher nur in Ausnahmefällen angewandten Festigkeitsproben wurden zur Regel, als der Bessemerstahl mit dem Puddelleisen besonders bei der Schienenfabrikation

in Wettbewerb trat. D. Kirkaldy (1862) in England, A. Wöhler (1870) in Deutschland und Knut Styffe (1870) in Schweden wiesen auf die Bedeutung solcher Versuche hin und führten sie planmäßig aus. Die Errichtung besonderer Materialprüfämter begann. Adolf Martens in Berlin, J. Bauschinger in München, C. Bach in Stuttgart und L. Tetmajer in Zürich arbeiteten an der Ausbildung der Prüfverfahren und -maschinen.

Wichtige Aufschlüsse brachten die metallographischen Untersuchungen. Zwar hatte schon Hooke und nach ihm Réaumur das Bruchgefüge des Eisens unter dem Mikroskop untersucht, aber zu verwertbaren Ergebnissen gelangte erst der Engländer H. C. Sorby 1865 durch Betrachtung der geätzten Schiffe im senkrecht auffallenden Lichte. Seine Arbeiten blieben unbeachtet, bis A. Martens sie im Jahre 1873 aufgriff und fortsetzte. In Frankreich veröffentlichte Floris Osmond 1885 seine ersten metallographischen Studien. Außer Osmond haben Roberts-Austen, Bakhuis Roozboom und Emil Heyn am meisten zur Erklärung des sehr verwickelten Eisen-Kohlenstoff-Systems beigetragen. Martens und Le Chatelier schufen bequeme Metallmikroskope. Um die Übertragung der wissenschaftlichen Ergebnisse in die Praxis machte sich eine große Anzahl zum Teil noch jugendlicher Forscher verdient. So wurde die Möglichkeit geschaffen, ständig alle Rohstoffe, Zwischen- und Fertigerzeugnisse der Eisenhüttenwerke planmäßig zu untersuchen und alle Betriebsvorgänge regelmäßig zu überwachen.

KOHLE UND KOKS

Die Kohlenförderung nahm einen ungeahnten Aufschwung. Durch Absenken eiserner Schachtringe und Senkkästen gelang es, Schwimmsandschichten zu durchfahren. Wo diese Mittel versagten, griff man zu dem vom Bergingenieur Poetsch erfundenen Gefrierverfahren; und wenn auch dieses an Salzzuflüssen scheiterte, kam man mit der Versteinerung des Gebirges durch Einspritzen von Zement zum Ziele. Der gußeiserne Ausbau hielt jedem Gebirgsdruck stand. Die alten Wasserhaltungen über Tage wurden durch unterirdische Pumpenanlagen ersetzt, die erst mit Dampf, dann mit Preßluft und heute elektrisch angetrieben werden. Wasserzuflüsse bis zu 30 m³/min und über 800 m Teufe wurden bewältigt. An Stelle des Abbaues von Hand traten Schrämmaschinen und Sicherheitssprengstoffe. Druckluftlokomotiven, elektrische Lokomotiven und Schüttelrutschen übernahmen die Arbeit der Schlepper. Riesige Schachtanlagen mit gewaltigen Fördermaschinen und selbsttätigen Kipper- und Rätteranlagen förderten und klassierten die Erzeugung. Die Tagesleistung je Schacht stieg dadurch von einigen 100 t auf mehrere 1000 t. Abb. 171 zeigt die riesige Entwicklung der deutschen Steinkohlenförderung seit dem Jahre 1848.

Das Waschen der Kohlen wurde um 1840 nach dem Vorbilde der Erzwäschen in Sachsen, Frankreich und Belgien eingeführt. Nach Westfalen kam das Verfahren um 1850 aus dem Plauenschen Grunde. Die Kolben der Setzmaschinen wurden von Hand bewegt (Abb. 172). Um 1870 kamen die Feinkornsetzmaschinen auf. Die Koks-kohlen wurden anfänglich in Kollergängen und später in der 1872 von dem Amerikaner Carr erfundenen Schleudermühle zerkleinert.

1881 schlug F. W. Lürmann vor, gasreiche Kokskohlen zu stampfen. Anfangs versuchte man die Kohle im Ofen zu verdichten. Ritter von Mertens in Trzynietz

(Österr.-Schlesien) stampfte die Kohlen in einem fahrbaren Kasten, der sich auf dem Koksbed bewegte. J. Qaglio führte 1886 die auf der Maschinenseite fahrenden Stampfmaschinen ein.

Aus der Verkokung auf gemauerter Meilerstätte entwickelte sich die Verkokung zwischen senkrechten Mauern. Diese verbesserte der Berginspektor Hauser im Fürstentum Schaumburg anfangs der 40er Jahre dadurch, daß er in den Wänden Kanäle anbrachte, durch welche die Luft eintreten und die Gase entweichen konnten. Diese oben offenen Schaumburger Öfen waren die ersten Koksöfen mit Heizzügen in den Wänden (Abb.173).

Auch die oben geschlossenen Bienenkorböfen wurden nun mit Heizkanälen in den Wänden und unter der Sohle versehen. Um die Öfen bequem entleeren zu können, machte man sie länger und schmaler und versah sie mit Türen an beiden Enden. Besonders die Franzosen und Belgier erwarben sich Verdienste um die Ausbildung der geschlossenen Öfen. Nachdem die seit 1855 von Appolt gebauten stehenden Öfen mit Bodenentleerung sich nicht bewährt hatten, wurden solche Öfen in liegender Anordnung in den 60er Jahren von François, Semet, Evence Coppée und von Haldy in Saarbrücken gebaut (Abb.174). Zur Beschleunigung der Verkokung machte man die Ofenwände dünner und baute die Öfen nur noch etwa 1 m breit, dafür aber 1,5 m hoch. Die Abhitze der Öfen wurde gewöhnlich zur Dampferzeugung benutzt. An der Entwicklung des Koksöfenbaues waren damals besonders die Eisenbahngesellschaften interessiert, da die Lokomotiven mit Koks beheizt wurden, um Rauchbelästigung zu vermeiden.

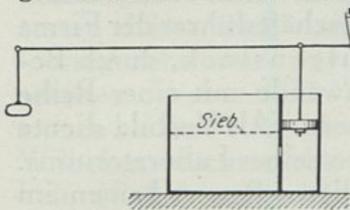


Abb. 172. Kohlenwäsche für den Handbetrieb auf der Zeche Viktoria-Mathias, Essen 1849. Nach Entw. des Niederrh.-Westfäl. Steinkohlen-Bergbaues. Bd. 9. Essen 1905, S. 4.

Die ersten Koksöfen mit Gasabsaugung wurden 1856 von Knab in Frankreich gebaut und dort besonders seit 1879 von Carvès wesentlich verbessert. Simon in Manchester brachte die Carvès-Öfen nach England, während Albert Hüssener sie in verbesserter Form in Deutschland einführte. Obgleich die gesamten Destillationsgase zur Beheizung der Öfen aufgewendet wurden, konnte die zur Erzielung guten Koks notwendige Verkokungstemperatur und eine Koksbeschaffenheit, wie sie die Bienenkorb- und Flammöfen lieferten, vielfach nicht erreicht werden. Auch die Gleichmäßigkeit der Wandbeheizung ließ zu wünschen übrig. Dampferzeugung aus Abhitze war bei diesen Öfen nicht möglich.

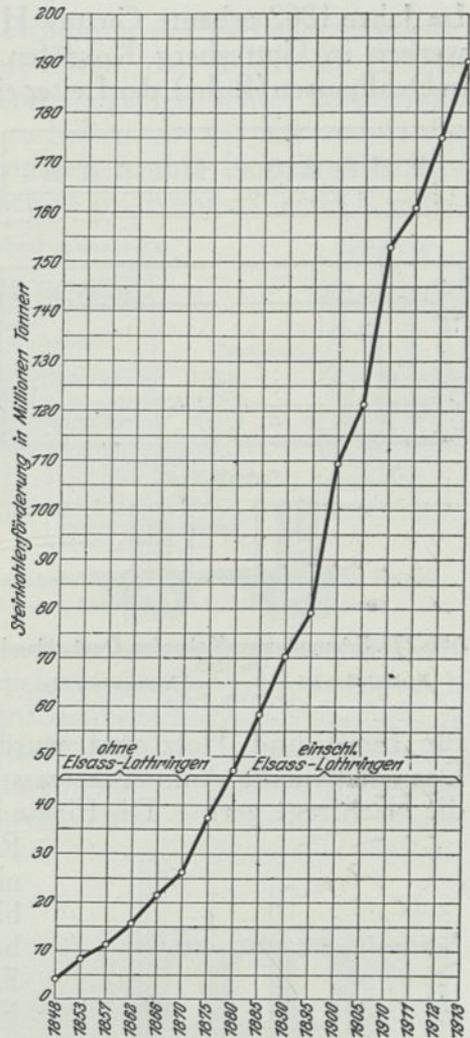


Abb. 171. Steinkohlenförderung Deutschlands von 1848 bis 1913. (1848—1870 ohne Elsaß-Lothringen.) Nach der Reichsstatistik.

Im Jahre 1862 erbaute Gustav Hoffmann auf den schlesischen Kohlen- und Koks-
werken in Gottesberg Koksöfen mit Siemensscher Regenerativheizung. Carl Otto
in Dahlhausen (Ruhr), der Leiter einer Schamottfabrik, die sich mit dem Bau von Koks-
öfen befaßte, erkannte die Bedeutung der Erfindung Hoffmanns und übernahm dessen Patente.

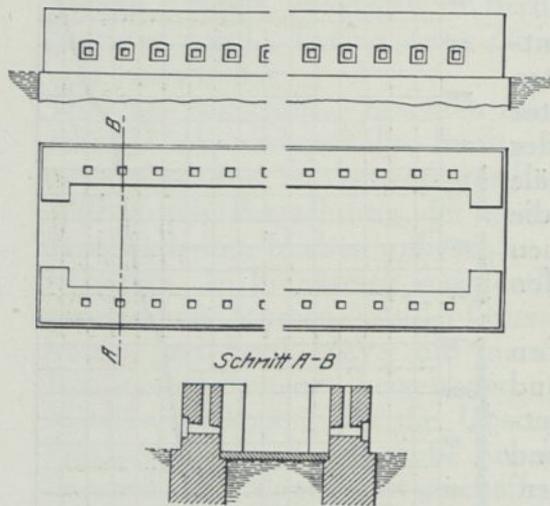


Abb. 173. Schaumburger Koksofen, Deutschland.
Um 1840.
Nach C. Brand in Berg- und hüttenmänn. Ztg.
10 (1851), Taf. 4.

Die ersten Otto-Hoffmann-Öfen auf der Zeche Pluto in Wanne hatten noch Wärmespeicher für Luft und Gas (Abb. 175), doch ließ man die Gaswärmespeicher bald fort. Die Öfen bewährten sich gut. Die Wandbeheizung war ziemlich gleichmäßig, was besonders darauf zurückzuführen ist, daß stets eine Wandhälfte von oben nach unten beheizt wurde, wobei sich nach dynamischen Gesetzen ein gleichmäßiger Abfluß der Heizgase ergibt. Die Öfen verbrauchten die erzeugte Gasmenge nicht vollständig, es verblieb vielmehr ein kleiner Gasüberschuß.

Die Kokereien verhielten sich anfänglich der Destillationskokerei gegenüber ablehnend. Der als Nebenerzeugnis gewonnene Teer diente nur als Anstrich- und Konservierungsmittel

für Eisen und Holz und wurde von den Gasanstalten überreichlich angeboten. Das entstehende Ammoniakwasser wurde auf Ammoniumsulfat verarbeitet, doch war die Nachfrage gering. Die Firma Dr. C. Otto & Co. mußte die meisten Öfen auf eigene

Rechnung bauen gegen Überlassung der Nebenerzeugnisse. Noch im Jahre 1892 wurden 60% des im Ruhrgebiet erzeugten Ammoniaks in den von Dr. C. Otto & Co. betriebenen Anlagen hergestellt.

Ein Nachteil der Otto-Hoffmann-Öfen gegenüber den Flammöfen war ihre verschwindend geringe Dampferzeugung durch Abhitze. Die gleichmäßige und wärme- wirtschaftliche Beheizung der Kokswände ohne Wärmespeicherheizung gelang dem Geschäftsführer der Firma Dr. C. Otto & Co., Gustav Hilgenstock, durch Be-

heizung der Ofenwände mit einer Reihe von Bunsenbrennern. Als Vorbild diente ihm der Muffelofen seines Laboratoriums. Die ersten Öfen dieser Bauart kamen im Jahre 1896 auf der Halbergerhütte (Saar)

in Betrieb (Abb. 176). Hohe Dampferzeugung und gute Regelbarkeit der Verbrennung verschafften den Öfen große Verbreitung. In einem Zeitraum von zehn Jahren wurden allein im Ruhrgebiet 5000 Otto-Hilgenstock-Öfen erbaut. Im Ausland hatten die Unterbrenneröfen einen scharfen Wettbewerber in den 1882

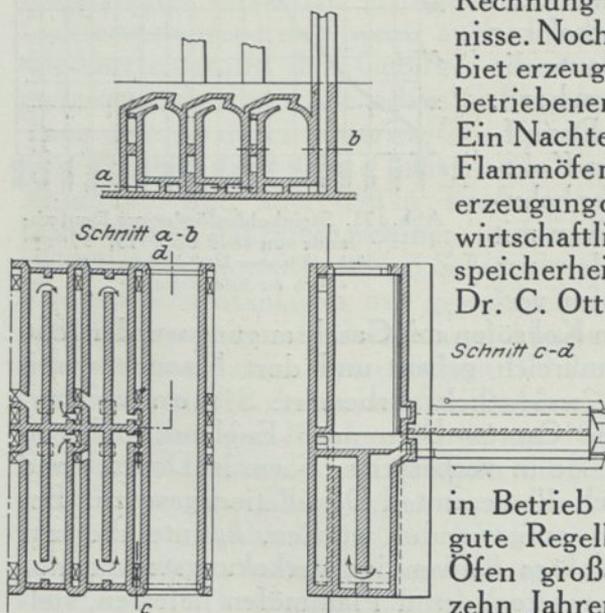


Abb. 174. Haldy-Koksofen. Um 1856.
Nach G. R. Bluhme in Berg- und hüttenmänn. Ztg.
14 (1855), Taf. 4, Abb. 5, 6, 7.

von Semet erfundenen Semet-Solvay-Öfen mit Gewinnung der Nebenerzeugnisse.

Es ist das Verdienst von Heinrich Koppers in Essen, den durch die Erfolge der Abhitzeöfen in Vergessenheit geratenen Regenerativkoksofen weiter ausgebildet und zu der heute führenden Ofenbauart entwickelt zu haben. In der Erkenntnis der wachsenden Bedeutung des hochwertigen Koksofengases strebte Koppers bei der Kohlendestillation einen möglichst großen Gasüberschuß an. Koppers' erste Regenerativkoksofen kamen im Jahre

1904 in Betrieb. Sie unterschieden sich von den Otto-Hoffmann-Öfen besonders durch die Verbesserung der Gasverteilung. Koppers

führte einen gemauerten Gaskanal mit einer Anzahl Gasdüsen unter der Ofenwand hindurch. Neben jeder Düse mündete ein aus den Wärmespeichern aufsteigender Kanal für die Verbrennungsluft. Die Brenner waren von der Ofendecke aus zugänglich. Später ver-

sah Koppers jeden Ofen mit einem besonderen Wärmespeicher, um die Verbrennung noch besser regeln zu können. Die Koppersöfen lieferten einen Gasüberschuß von 35 bis 50%, je nach dem Gas- und Feuchtigkeitsgehalt der verkokten Kohlen. Die günstigen Erfolge der Koppersöfen veranlaßten auch andere Werke, den Bau von Wärmespeicheröfen aufzunehmen. Als die Verwendung der Koksofengase immer größere Bedeutung erlangte, führte Koppers im Jahre 1911 die Beheizung der Koksofen mit fremden Gasen ein. Hierzu benutzte er entweder

Generatorgas aus Koksabfall oder gut gereinigtes Hochofengas, das schon 1899 von Eugen Disdier in Bilbao vorgeschlagen war. Die ersten dieser auch mit Gasregeneratoren versehenen „Verbundöfen“ kamen auf der Friedrich-Wilhelms-Hütte in Mülheim (Ruhr) in Betrieb.

Während die Koksofen in Europa nach dem Vorgang von Dr. Otto aus saurer Schamotte mit etwa 85% Kieselsäure erbaut wurden, benutzte man in Amerika Silikasteine mit 96% Kieselsäure, die dann auch in Europa eingeführt wurden. Gleichzeitig steigerte man die Leistung der Koksofen durch Erhöhung derselben bis auf 3 m und mehr. Hierbei ging die Firma Collin in Dortmund bahnbrechend vor.

Zum Klassieren und Verladen des Koks wurden zuerst in Amerika maschinelle Einrichtungen verwendet, die im letzten Jahrzehnt von dort auch nach Europa kamen.

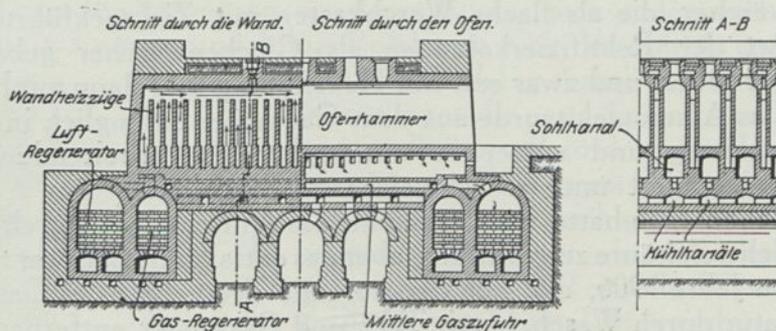


Abb. 175. Otto-Hoffmann-Regenerativ-Koksofen. Zeche Pluto in Wanne. 1883. Nach Dr. C. Otto & Comp., Dahlhausen (Ruhr), 1872—1922, S. 39.

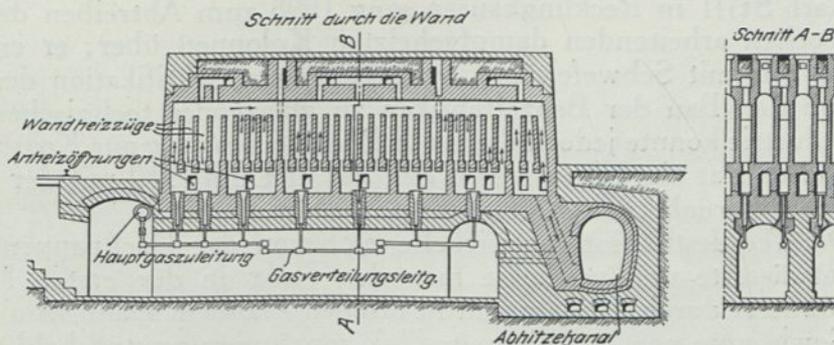


Abb. 176. Unterbrenner-Koksofen. Halbergerhütte (Saar). 1896. Nach Dr. C. Otto & Comp. a. a. O., S. 45.

Bisher ist jedoch keine der versuchten Bauarten zur allgemeinen Einführung gelangt.

Die ersten Anlagen zur Gewinnung der Nebenprodukte waren nach dem Vorbild der Leuchtgasanstalten gebaut, deren technische Durchbildung in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts in England erfolgt war. Das Gas wurde zuerst in Oberflächenkühlern abgekühlt, durchzog dann einen Teerscheider nach dem System von Pelouze und einen umlaufenden Gassauger. Dann gelangte es in die Ammoniakwäscher, die als flache Waschkasten mit Zickzackführung des Gases oder nach der Art der Rektifizierkolonnen als Glockenwäscher gebaut waren. Später wurden Skrubber, und zwar erst mit Koksfüllung und dann mit Holzhorstenbesatz, verwendet. Das Ammoniak wurde aus dem Gaswasser anfänglich in großen Kesseln mit Kohlenfeuerung und später in ununterbrochen arbeitenden dampfgeheizten Kolonnen abdestilliert und in Schwefelsäure eingeleitet.

Schon früh hatte man versucht, das Ammoniak durch Einleiten des Leuchtgases in Schwefelsäure zu gewinnen, aber das entfallende Salz war teerhaltig. Hilgenstock fand im Jahre 1906, daß sich der störende Teergehalt des Gases auch bei höherer Temperatur durch Waschen mit Teer und Gaswasser entfernen läßt, und schuf so das erste technisch brauchbare Verfahren zur unmittelbaren Ammoniakgewinnung.

Das 1825 von M. Faraday in Kondensaten aus Leuchtgas entdeckte Benzol wurde 1845 von A. W. Hofmann und Charles Mansfield in größeren Mengen aus Steinkohlenteer gewonnen und erhielt durch die Erfindung der Anilinfarben große Bedeutung. Um die Nachfrage der Farbenfabriken zu befriedigen, ging man in England dazu über, das Benzol aus Koksofengas durch Teeröle auszuwaschen. Das Abtreiben des Benzols aus dem Öl erfolgte in Teerdestillierblasen. In den Jahren 1887 bis 1889 führten Franz Brunk und Albert Hüssener das Verfahren auf ihren Zechen in Westfalen ein und verbesserten es wesentlich.

Karl Still in Recklinghausen ging 1898 zum Abtreiben des Waschöls in ununterbrochen arbeitenden dampfgeheizten Kolonnen über; er erfand die Reinigung des Benzols mit Schwefelsäure, verbesserte die Rektifikation der Benzolerzeugnisse und hob den Bau der Benzolfabriken zu glänzender technischer Höhe. Die chemische Industrie konnte jedoch die große Benzolerzeugung aus Koksofengas nicht aufnehmen, und es trat ein Überangebot ein, das erst um 1910 mit der Einführung des Benzols als Motorenbetriebsstoff aufhörte.

Die Teerdestillation entwickelte sich von der Dachpappenfabrikation aus. Hierzu entwässerte und verdickte man den Teer in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts durch Eindampfen in offenen Pfannen. Dann kam um 1840 in England die Gewinnung von Teerölen zur Holzimprägnierung und bald auch von Rohstoffen für die Teerfarbenindustrie auf. Die erste große Teerdestillation Deutschlands errichtete Julius Rütgers 1860 in Erkner bei Berlin.

Die Erfindung des Gasglühlichts ermöglichte die Verwendung des Koksofengases zur Beleuchtung. 1897 wurden in Halifax zehn Semet-Solvay-Öfen mit fraktionierter Gasabsaugung aufgestellt. Das reiche Gas diente zu Beleuchtungszwecken, während das arme zur Beheizung der Öfen benutzt wurde. 1898 errichtete Dr. Schniewind in Everett 400 Otto-Hoffmann-Öfen zur Versorgung der Stadt Boston mit Leuchtgas. Seit etwa 1907 liefern westfälische Zechen Koksofengas an benachbarte Städte. Bald begann die Koksofengasabgabe auch an der Saar und in Oberschlesien. Damit

verschwand allmählich der Unterschied zwischen Kokereien und Gasanstalten, zumal da die großen städtischen Gasanstalten dazu übergingen, ihr Gas in „Kammeröfen“ herzustellen, die nach Art der Koksöfen gebaut sind.

ERZE

Für die Erzförderung, besonders in unwegsamen Gegenden, erlangten die Drahtseilbahnen Bedeutung. Diese sind eine alte Erfindung, um deren Ausbau sich in den siebziger Jahren Adolf Bleichert in Leipzig und Julius Pohlig in Köln Verdienste erwarben. Pohlig baute 1880 in Rümelingen die erste Seilbahn zur unmittelbaren Beförderung der Erze von der Grube zum Hochofen.

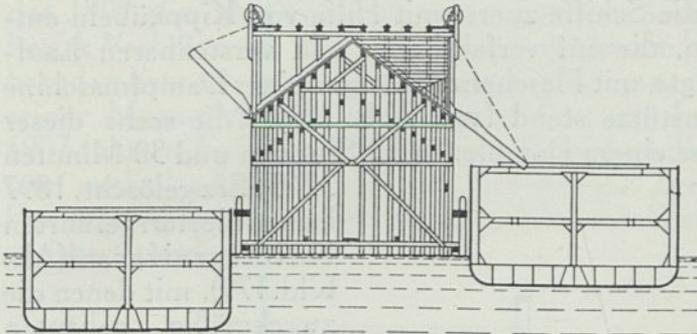


Abb. 177. Erztaschen der Häfen des Oberen Sees. 1898.
Nach A. C. Johnston in Stahl und Eisen 21 (1901), S. 16.

Eine der leistungsfähigsten derartiger Anlagen wurde von der gleichen Firma 1902 erstellt. Diese Seilbahn von 11 km Länge verbindet eine Lothringer Erzgrube mit der Hochofenanlage; ihre Leistungsfähigkeit konnte von 500 000 auf etwa 1 250 000 t im Jahre gesteigert werden.

Als 1892 die Mesabaerze am Oberen See entdeckt wurden, stand die amerikanische Eisenindustrie vor der Aufgabe, diese Erze so billig zu fördern und zu verfrachten, daß sie sich nutzbringend auf den Werken im Osten verhütten ließen. Zum Abbau der Erze wurden riesige Dampfbagger von 500 t Stundenleistung aufgestellt.

An den Häfen wurden gewaltige Erztaschen aus Holzerrichtet, um die Erzdamper schnell zu beladen (Abbildung 177).

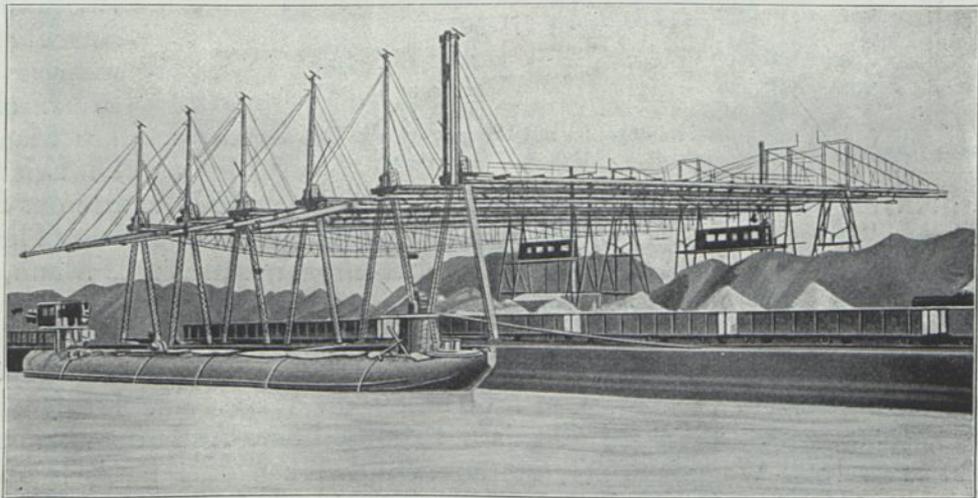
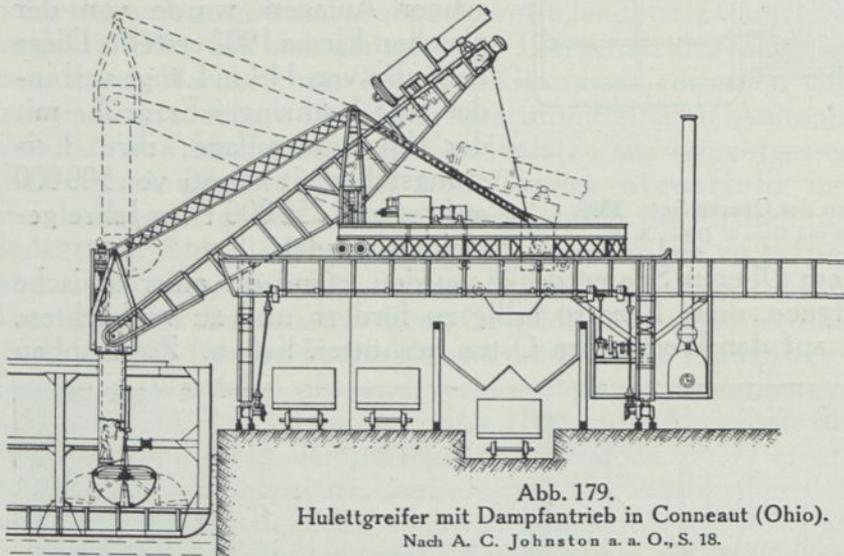


Abb. 178. Brownsche Auslader beim Löschen eines Whaleback-steamers. Um 1890.
Nach E. Langheinrich in Stahl und Eisen 21 (1901), S. 958.

1898 waren Erztaschen vorhanden mit einem Fassungsvermögen von 633 000 t Erz. Das Beladen eines 5000-t-Dampfers dauerte nur eine Stunde. Während man die Erze in Europa in gewöhnlichen Frachtdampfern verschifft, erbauten die Amerikaner große Flußschiffe mit

durchgehendem Laderaum. Die Schiffe erhielten keine Schotten, keine Masten und kein Ladegeschirr. Die Maschine lag achtern. Die Kommandobrücke stand ganz vorn am Bug; zur Erleichterung des Steuerns befand sich am Vordersteven eine über dem Bug vorgeschobene Visierstange, der „pinappletree“. Um das Trimmen der Erze zu umgehen, bauten die Amerikaner zuerst die bizarren Walfischrückendampfer (whaleback-steamer, Abb.178). Später gingen sie zu Glatdeckdampfern über, die bis 12000 t Erz faßten. Angeregt durch die amerikanischen Erfolge, begann man nun auch in Europa besondere Erzdampfer zu bauen.

In den Häfen des Eriesees wurden die Schiffe zuerst mit Hilfe von Kippkübeln entladen. Diese hingen an Laufkatzen, die auf verfahrbaren und verstellbaren Laufschienen liefen. Der Antrieb erfolgte mit Flaschenzügen von einer Dampfmaschine aus, die auf der hinteren Fahrbahnstütze stand (vgl. Abb. 178). Mit sechs dieser Brownschen Auslader wurden aus einem Dampfer in 12 Stunden und 30 Minuten



3240 t Erz gelöscht. 1897 kamen diestarrgeführten Hulettgreifer auf (Abbildung. 179), mit denen die zweckmäßig gebauten Laderäume der neuen Erzdampfer fast ohne Schaufelarbeit entladen werden konnten. Drei Hulettentlader löschten 6000 bis 7000 t Erz in 10 Stunden mit 27 Mann einschließlich Aufseher, während hierzu bei Brownschen Ausladern 126 Mann nötig waren. Die Leistung wurde noch

erhöht, als man den elektrischen Antrieb einführte. 1907 wurde der Dampfer „J. C. Wallace“ mit 10253 t Erz in 6 Stunden und 24 Minuten gelöscht. Hierzu waren nur vier elektrische Hulettentlader nötig. Im Schiffsraum standen 22 Mann, um die letzten Erzmengen an die Greifer heranzubringen.

Zur Verfrachtung der Erze von den Häfen zu den landeinwärts gelegenen Hütten dienten Selbstentladerwagen, die anfänglich mit Seitenentleerung und später mit Bodenentleerung versehen waren. Um 1900 hatten die Wagen eine Tragfähigkeit von 40 bis 50 t, später wurde diese auf 80 t, ja auf 200 t erhöht. Außerdem benutzten die Werke seit etwa 1890 Waggonkipper, die aus Windwerken oder Kreiselkippern bestanden. Auch die Waggonkipper sind eine amerikanische Erfindung. Mit Hilfe dieser großartigen Einrichtungen war es möglich, die Erze auf einem Eisenbahnwege von 160 km und einem Wasserwege von 1200 km für 5,78 Mk. die Tonne zu befördern.

Die elektromagnetische Aufbereitung der Eisenerze wurde 1854 von Adrian Chenot in Frankreich vorgeschlagen. Werner Siemens (1880), Thomas Edison in Amerika (1890) und Gustav Gröndal in Schweden (1898) verbesserten die Apparate. Das

Verfahren wurde 1897 von Edison zu New Jersey in großem Maßstabe zur Aufbereitung armer Magneteisenerze und um dieselbe Zeit von Gröndal in Finnland benutzt. Die Aufbereitung durch Waschen war selten. In Deutschland begann die Ilseder Hütte um 1870 aus ihren Erzen den tonigen Schlamm in großen eisernen Waschtrommeln auszuwaschen. In Kladno wurden die gerösteten Erze mit Wasser ausgelaugt, um den Schwefelgehalt zu verringern. Die Röstöfen wurden seit etwa 1850 häufig mit Gichtgas beheizt.

Von den zahlreichen Ziegelungsverfahren für Gichtstaub und Feinerze erlangte das 1908 von Dr. Schumacher erfundene Chlormagnesiumverfahren im Minettebezirk Verbreitung. Bei schwer reduzierbaren Erzen, Walzenschlacke und Kiesabbränden benutzte man Sinterungsverfahren. Gröndal brikettierte die Konzentrate seiner Magnetscheider in Ziegelpressen und brannte die Erzziegel in Kanalöfen. 1907 führten Fellner & Ziegler in Frankfurt die Drehöfen ein. Seit 1911 benutzt man auch das Dwight-Lloyd-Verfahren, bei dem die mit Koksgrus vermischten Feinerze, Abbrände und dergleichen auf einem Wanderrost mit Hilfe einer Stichflamme gesintert werden.

ROHEISENERZEUGUNG

Der Übergang zu größeren Hochöfen und stärkerem Winddruck zwang, die Leistung der Gebläsemaschinen zu erhöhen und ihren Bau zu verstärken. Während man die Balanciergebläse mit Drehbewegung in England und Amerika beibehielt, ging man auf dem Festlande zu unmittelbar wirkenden Maschinen über. Vorbildlich waren hier die von Seraing seit 1853 erbauten stehenden Gebläse (Abb. 180). Die liegenden Gebläsemaschinen waren weniger beliebt als die stehenden, da man die einseitige Abnutzung der Zylinderwandung fürchtete. Um die Ausbildung dieser Bauart erwarb sich die Maschinenfabrik Oechelhäuser in Siegen Verdienste. Sie lieferte 1869 das erste Zwillings- und 1882 das erste Verbundgebläse in liegender Anordnung (Abb. 181). Noch lange wogte der Kampf zwischen den Anhängern der stehenden und der liegenden Gebläse hin und her.

Die ersten Bestrebungen zum Bau eines Turbo-gebläses rühren von dem Erfinder der Dampfturbine Charles Algernon Parsons her. A. Rateau in Paris beschäftigte sich seit 1900 mit der Verbesserung der Turbo-gebläse. Auf Grund theoretischer Berechnungen gelang es ihm, bei seinen Gebläsen nicht nur bis dahin unerreichte Winddrücke zu erzielen, sondern auch den Wirkungsgrad

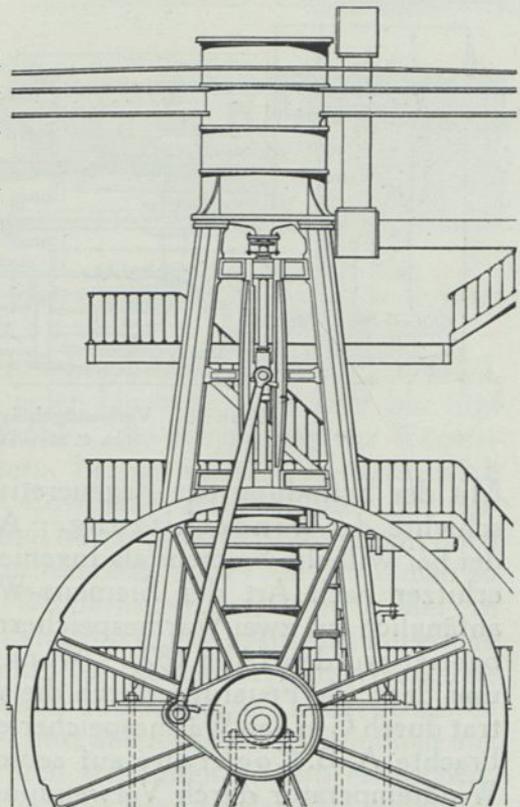


Abb. 180. Erste stehende Gebläsemaschine. Bauart Seraing. 1853.

Nach Portefeuille de John Cockerill, Atlas. Bd. 1. Paris und Lüttich o. J., Taf. 31.

wesentlich zu erhöhen. Die Rateagebläse verbreiteten sich besonders in Frankreich. Zur allgemeinen Einführung gelangten sie lange Jahre nicht, da inzwischen die Gasgebläse aufkamen. Erst neuerdings werden sie mehr geschätzt. Da die Lederklappen der Windzylinder bei der hohen Kompressionstemperatur der neuen Maschinen verbrannten, ging die Köln-Bayenthaler Maschinenfabrik 1882 zu Stahlblechventilen über.

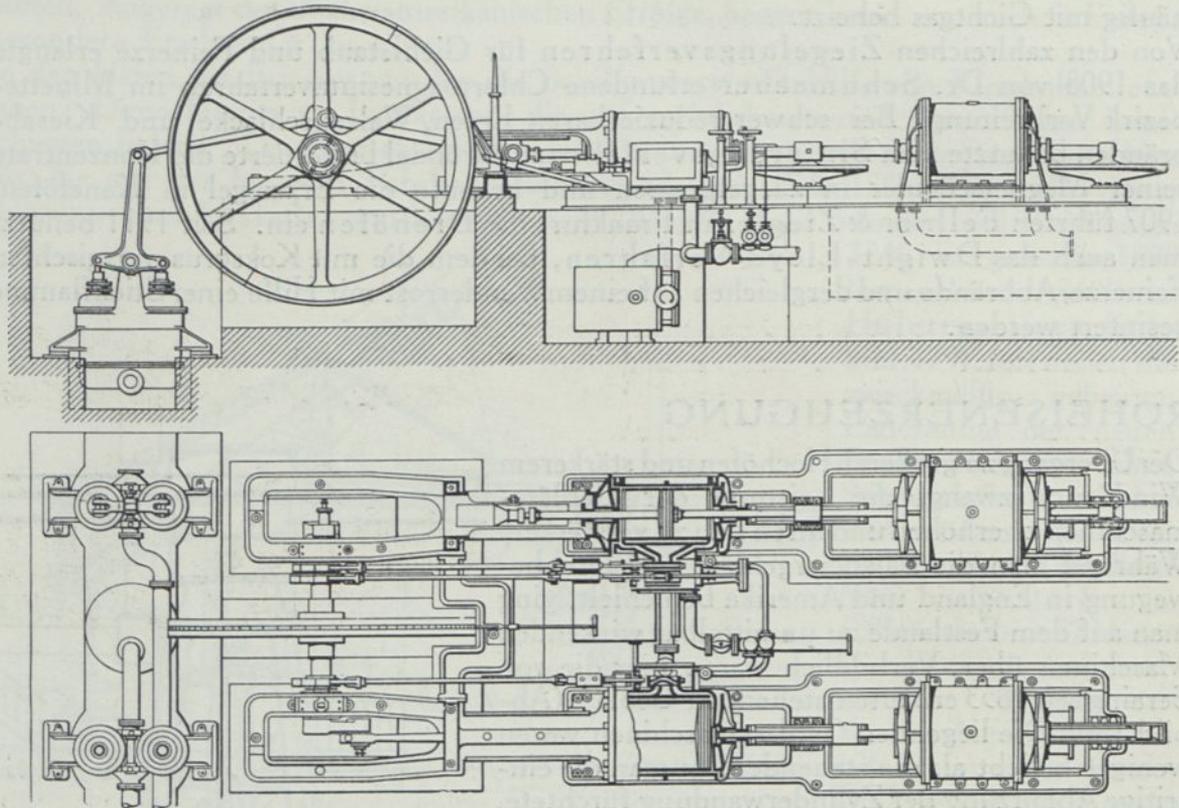


Abb. 181. Verbundgebläsemaschine von Oechelhäuser in Siegen, 1887.
Nach C. Matschoss a. a. O., Bd. 2, Berlin 1908, S. 407.

Mit der Erfindung der Regenerativheizung beginnt ein neuer Abschnitt in der Geschichte der Winderhitzung. Am 19. Mai 1857 nahm Edward Alfred Cowper, der bei Wilhelm Siemens als Ingenieur tätig war, ein Patent auf einen steinernen Winderhitzer nach Art der Siemens-Wärmespeicher. Seine Winderhitzeranlage bestand anfänglich aus zwei Wärmespeichern, die abwechselnd durch eine Steinkohlenfeuerung beheizt wurden (Abb. 182). Wenn ein Apparat heiß war, wurde das Kaminventil A und dann die Feuerung durch die vorgesetzte Platte B verschlossen. Der kalte Wind trat durch C in den Wärmespeicher ein und gelangte durch D in den Hochofen. 1860/61 brachte A. B. Cochrane auf seiner Eisenhütte zu Ormesby bei Middlesbrough die Windtemperatur durch Verwendung gasbeheizter Cowperapparate (Abb. 183) auf die bis dahin unerreichte Höhe von 620° und erzielte eine Steigerung der Roheisenerzeugung um 20% bei bedeutender Kokersparnis. Daraufhin verbreiteten sich die steinernen Winderhitzer im Clevelandbezirk rasch.

Ein Nachteil der Cowperapparate bestand darin, daß sich die Wärmespeicher bald durch Staub verstopften. Thomas Whitwell vereinfachte die steinernen Winderhitzer deshalb 1867 auf der Thornabyhütte bei Stockton derart, daß diese nur noch parallele Mauern enthielten, die von den Heizgasen im Zickzackwege bestrichen wurden (Abbild. 184). Die Whitwellapparate wurden auf vielen Werken eingeführt. Da ihre Heizfläche aber zu gering ist, wandte man sich später wieder den Cowperapparaten zu und suchte diese zu verbessern. Während man anfänglich die Gitterwerkssteine gegeneinander versetzte und die Heizzüge nach Cowpers Vorschlag durch Abbrennen von Böllern zu reinigen versuchte, baute man jetzt durchgehende Kanäle, die sich mit Stahlbürsten putzen ließen. Ihrer bequemen Reinigung wegen waren besonders runde Kanäle beliebt. Anfangs der 80er Jahre verlegte Julian Kennedy auf dem Edgar-Thomson-Werk in

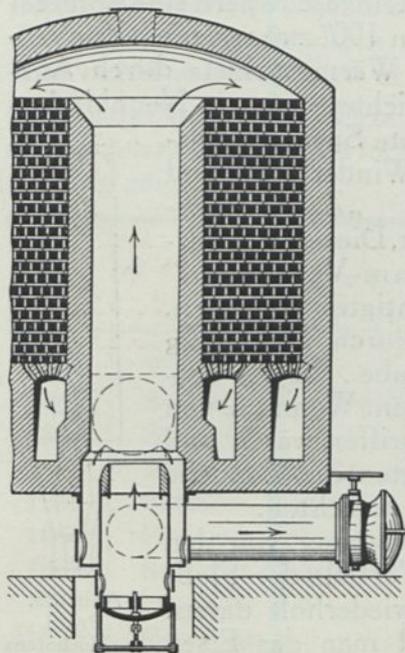


Abb. 183.
Gasbeheizter Cowperapparat.
Ormesby 1860.
Nach E. A. Cowper a. a. O., Taf. 3, Fig. 4.

unmittelbar in den Kamin zogen. Es wurden viele Vorschläge gemacht, den an sich entbehrlichen Brennschacht zu vermeiden, doch kamen diese nicht zur Ausführung.

Pittsburgh den Brennschacht der Winderhitzer auf die Seite und gab ihm die Form eines Kreissegments. Da ein Winderhitzer jeweils zum Putzen außer Betrieb war, und da die Leistung

der Winderhitzer mit zunehmender Verstaubung nachließ, ging man dazu über, jeden Hochofen mit drei bis fünf Winderhitzern zu versehen, die gleichzeitig zur Wärmehinlagerung dienten. Ferner wurden die anfänglich nur etwa 10 m hohen Cowperapparate erhöht. Die Apparate auf dem Edgar-Thomson-Werk waren 22 m hoch und hatten 6,4 m Durchmesser. Um 1900 baute man zu Youngstown (Ohio) Winderhitzer von 36 m Höhe. In Amerika war es lange Zeit üblich, jeden Apparat mit einem besonderen Blechkamin zu versehen. Amerikanische Winderhitzer, bei denen die Gase in konzentrischen Zügen mehrmals auf- und abstiegen und schließlich aus einem auf den Apparaten stehenden Kamin entwichen, bewährten sich nicht, da die Flammgase bei Undichtig-

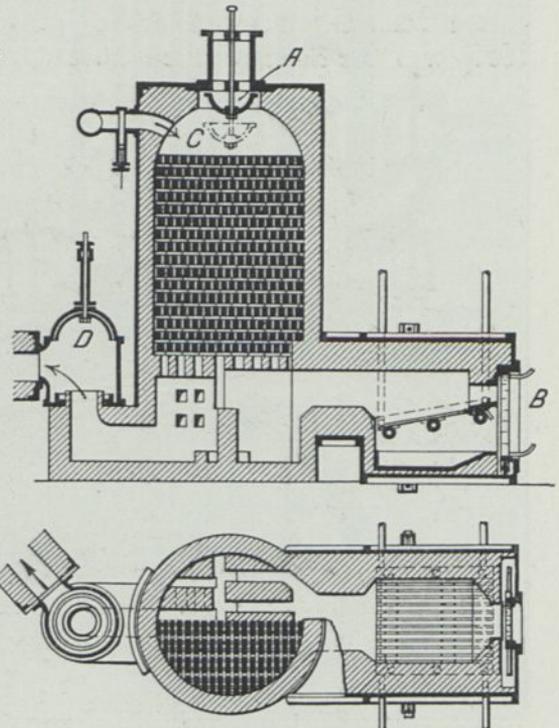


Abb. 182. Cowperapparat. 1857.
Nach E. A. Cowper in Dinglers Polytechn. Journ. Bd. 158 (1860)
Taf. 2, Fig. 12/13.

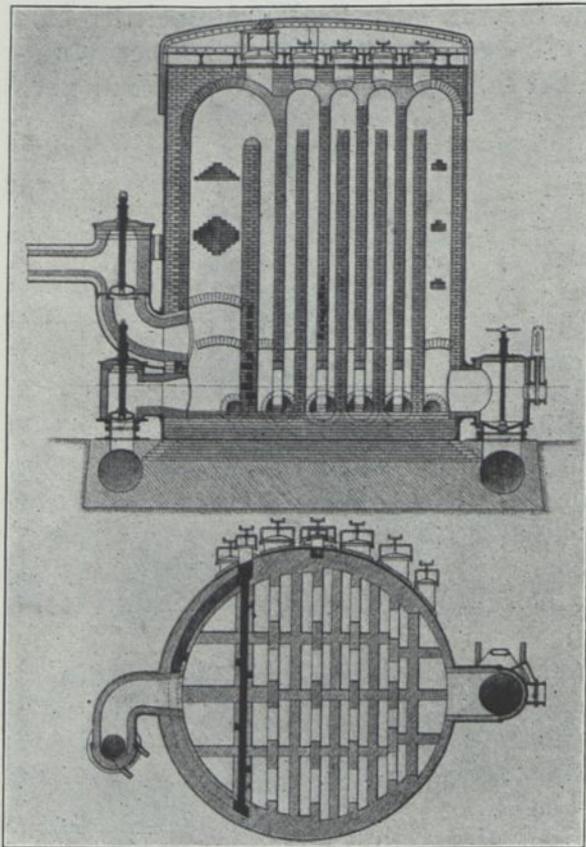


Abb. 184.
Whitwell-Winderhitzer. Thornabyhütte bei Stockton.
1867. Nach L. Gruner: Etudes sur les Hauts-Fourneaux.
Paris 1873, Taf. 4.

1904 teilte der Amerikaner James Gayley mit, daß er durch Trocknung des Windes 20 bis 25 % Koks im Hochofen erspart habe. Gayley entfernte den Wasserdampf des Windes durch Ausfrierenlassen. Wenn die von Gayley angegebenen Ersparnisse auch wohl zu hoch gegriffen waren und das Verfahren als zu teuer wieder aufgegeben wurde, regten die Versuche doch an, mehr auf den Feuchtigkeitsgehalt des Windes zu achten.

Der neuzeitliche Hochofenbetrieb beginnt mit dem Übergang von den Öfen mit offener Brust zur geschlossenen Bauart. Die Vorteile der Floßöfen waren schon lange bekannt; Peter Tunner hatte wiederholt darauf hingewiesen. Man behielt den Vorherd aber bei, weil man das Eisen daraus bequem vergießen konnte, und weil man ihn für ein notwendiges Übel ansah, denn ohne häufiges Reinigen des Gestells vom Vorherd aus glaubte man einen Kokshochofen nicht betreiben zu können. Dieses Vorurteil beseitigt zu haben, ist das große Verdienst von Fritz W. Lürmann, der damals Hochofenchef der Georgsmarienhütte bei Osnabrück war. Er verschloß den Vorherd und brachte unter dem Tümpelstein eine wassergekühlte Form an, die etwas tiefer als die Windformen lag und zum

Auch die Armaturen der steinernen Winderhitzer wurden verbessert. F. Burgers führte das Drehventil ein und W. Schmidt erfand 1886 den viel benutzten Brillendrehflansch. Ferner versah man die Heißwindleitungen seit den 70er Jahren mit einem Steinfutter und ließ bei den Düsenstöcken alle verwickelten Drehvorrichtungen und Gelenke fort.

Ein großer Fortschritt war die Beheizung der Winderhitzer mit gereinigtem Gichtgas. Zuerst benutzte man gewaschenes Gas, das noch 0,5 bis 1 g Staub je Kubikmeter enthielt, und ging dann seit 1912 zur Verwendung von filtriertem Reingas über. Es gelang den Stummschen Werken in Neunkirchen (Saar), durch Verwendung von Steinen mit großer Heizfläche und dünner Wandung bei Reingascowpern eine Abhitze-temperatur von 100° zu erreichen. Zur Verringerung der Wärmeverluste durch Ausstrahlung verzichtete man in Neunkirchen auf eine erhöhte Speichermöglichkeit der Winderhitzer und kehrte zum „Zweicowper-system“ zurück. Dieses „Pfoser-Strack-Stumm-Verfahren“ erregte berechtigtes Aufsehen.

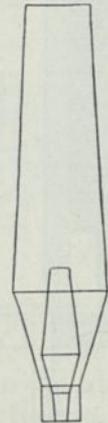


Abb. 185.
Profil
des Hochofens
der
Clarencehütte
von 1870
im Vergleich zu
demjenigen eines
alten Holzkohlen-
hochofens.

Nach L. Beck:
Geschichte des
Eisens. Bd. 5.
Braunschweig
1903, S. 456.

Ablassen der Schlacke diente. Am 20. Februar 1867 kam die Einrichtung am Hochofen IV in Betrieb. Trotz des Widerstandes der Schmelzmeister, die fürchteten, daß ihr Posten an Wichtigkeit verlieren werde, weil ihre Hauptarbeit, das Aufbrechen des Vorherdes und das Reinigen des Gestells, dadurch in Wegfall kam, wurde im Sommer 1867 der Hochofen II auf Lürmanns Veranlassung mit geschlossener Brust zugestellt und mit vier gleichmäßig verteilten Windformen und einer Schlackenform versehen. Der Ofen wurde am 1. Oktober 1867 angeblasen, und zwar natürlich ohne das bisher übliche Rostschlagen; er lieferte 35 bis 50 t Roheisen und machte eine Hüttenreise von zwölf Jahren. Lürmanns Schlackenform verbreitete sich rasch; sie gestattete, einen beliebig hohen Winddruck anzuwenden und machte den häufigen Betriebsunterbrechungen ein Ende. Mit ihr beginnt ein neues Zeitalter im Hochofenbetrieb, das Zeitalter der Riesenerzeugungen. Das kleinlich denkende preußische Patentamt versagte jedoch Lürmann das Patent auf seine Erfindung, da niemand behindert werden könne, die Wasserkühlung auf irgendeinen Teil des Hochofens anzuwenden.

Noch manche andere Verbesserung hat Lürmann in seiner langen Laufbahn als Hochöfner und später als Zivilingenieur geschaffen. Daneben hat er als begeisterter Vorkämpfer für alle Fortschritte im Eisenhüttenwesen und als scharfer Kritiker zweifelhafter Neuerungen segensreich gewirkt. Er starb 1919 im Alter von 85 Jahren. Trotz der hohen Auszeichnungen, die ihm nicht nur in Deutschland, sondern auch im Ausland zuteil wurden, blieb er zeitlebens der einfache, biedere Westfale.

Begünstigt durch die Härte des Kokes aus nordenglischer Kohle begann man 1861 im Clevelandbezirk die Hochöfen riesenhaft zu vergrößern, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

Jahr	Erbauer	Ort	Höhe in m	Inhalt in m ³	Erzeugen in t	m ³ Inhalt je t Erzeugung
1861	Whitwell & Co.	Thornaby	18,3	360		
1862	Bolckow, Vaughan & Co.	Cleveland	23,0	340		
1864	Samuelson	Newport	21,0	440		
1864	Thom. Vaughan	Southbank	24,7	450		
1866	Bolckow, Vaughan & Co.	Cleveland	29,0	430	46,2	9,3
1866	Hopkins, Gilkes & Co.	Teesside	25,0	566		
1868	Bolckow, Vaughan & Co.	Cleveland	29,0	736	52,5	14,0
1870	Lowthian Bell	Clarence	24,4	700	60,0	11,7
1870	Cochrane	Ormesby	27,5	1165		

Die Öfen hatten nur eine Gestellweite von 2 bis 2,5 m und waren in ihrem Profil den alten Holzkohlenöfen ähnlich (Abb. 185). Wie die Zusammenstellung erkennen läßt, wurden sie sehr schwach betrieben. Der Koksverbrauch blieb unverändert 1100 kg je Tonne Roheisen. Lowthian Bell glaubte deshalb vor einer zu starken Vergrößerung der Öfen warnen zu müssen. An die Erweiterung des Gestells ging man nicht heran, denn nach Peter Tunner erstreckt sich der „Focus“ der Windformen nur 45 cm weit

ins Innere. Große Hoffnungen setzte man deshalb auf den um 1860 von Raschette in Nischny-Tagilsk erfundenen länglichen Hochofen, der an die Tataara-Öfen der Japaner erinnert. Der Raschetteofen (Abb.186) bewährte sich aber nicht.

Die Amerikaner brachen um 1880 mit dem Vorurteil gegen die Erweiterung des Gestells und schufen unter Anwendung von heißem Wind, starkem Gebläse und Öfen, die weniger hoch als weit waren, den heutigen Hochofentyp. Sie ließen damals auch zuerst die Windformen in das Gestell hineinragen, Mit den reichen amerikanischen Erzen gelang es, folgende Leistungen zu erzielen:

Jahr	O f e n	O r t	Höhe	Weite		In- halt m ³	Wind- druck kg/cm ²	Wind- tem- pera- tur °C	Er- zeu- gung t	Niedrig- ster Koks- verbrauch in kg je t Roheisen
				Koh- len- sack m	Ge- stell m					
1872	Struthers Ofen	Struthers							66	
1876	Isabella-Ofen I	Pittsburgh	22,9	6,1	} ca. 2 ¹ / ₂	425			76	1340
1878	Lucyofen	„	22,9	6,1		436			119	1250
1880	Edgar Thomson-Werk (Carnegie) Ofen I	„	19,8			181	0,44	565 ⁰	97 ¹ / ₂	861
1880	„ „ II	„			3,35	506			150	ca. 1300
1885	Lucyofen	„	24,3	6,7	3,35	472		650 ⁰	200	1070
1890	„	„	24,3	6,7	3,35	515	0,7	704 ⁰	315	825
1896	Edgar-Thomson-Werk Neuer Ofen (Carnegie)	„	27,5	6,1	3,96	ca. 600	0,7	650 ⁰	428	843
1897	Duquesne (Carnegie)	„	30,5	6,7	4,28	708	1,0		bis 700	772
1905	Edgar-Thomson-Werk Ofen K	„	26,9	6,7	4,73				bis 933	887

An den Erfolgen der Edgar-Thomson-Hochöfen hat besonders James Gayley als Leiter des Werkes mitgearbeitet. Allerdings sind die höchsten Erzeugungszahlen nur beim Durchsetzen großer Schrottmengen erzielt worden. Nach 1908 bauten die Amerikaner ihre Öfen 27 bis 30 m hoch, im Kohlensack 6,3 bis 7 m weit und gaben ihnen ein Gestell von 5,2 bis 5,4 m Weite. Da die Güte der Erze zurückging, mußte man sich mit einer durchschnittlichen Tageserzeugung von etwa 500 t begnügen. Die amerikanischen Erfolge veranlaßten auch die europäischen Werke, das „rapid driving“ nachzuahmen, soweit es Erz und Koks zuließen. Führend gingen hier die westfälischen Werke voran.

Zum Bau der Hochöfen wurden nur noch Schamottesteine verwendet. Anfänglich machte man die künstlichen Boden- und Gestellsteine wie die Natursteine möglichst groß. 1879 ging man in Amerika zu kleineren Steinformaten über. 1887 erfand Franz Burgers in Gelsenkirchen die Kohlenstoffziegel, die sich bei der Ausmauerung des Herdes und des Gestells bewährten.

Als bestes Mittel zur Erhaltung des Ofenmauerwerks erwies sich die Kühlung durch Wasser und Luft. 1868 legte Schmitthenner auf der Rolandshütte bei Siegen die Windformen in eiserne, durch Spritzwasser gekühlte Nischen. In den 70er Jahren

begann man in England und Deutschland Kühlplatten in die Rast einzulegen. 1881 baute man in Mülheim (Ruhr) Kühlkasten auch in den Schacht ein. 1888 errichtete Lürmann auf der Georgsmarienhütte den ersten Hochofen mit freistehendem Boden (Abb.187).

An Stelle der Rastverankerung erhielt der Edgar-Thomson-Ofen D vom Jahre 1882 einen starken Blechmantel. Gleichzeitig baute man die Hochofen in Amerika immer dünnerwandiger. 1899 wurde auf den Vorschlag von F. Burgers (Gelsenkirchen) auf dem Duisburger Vulkan ein Hochofen mit einem Schacht aus Eisenplatten gebaut (Abb.188). Weitere Öfen dieser Bauart wurden von Burgers in Gelsenkirchen errichtet und bewährten sich gut.

Allmählich erkannte man, daß es verkehrt ist, den Winddruck zu stark zu erhöhen, und wandte lieber wenige weite als viele enge Düsen an; z. B. hatten die Edgar-Thomson-Öfen nur acht Formen von 200 mm Weite.

Die Gichtverschlüsse und Be-gichtungsanlagen wurden großartig ausgebaut. 1850 erfand George Parry in England seinen Trichter-verschluß (Abb.189). Dieser Verschluß eignete sich nicht für Öfen mit zentraler Gasableitung, von der man sich wenigstens in Europa einen Vorteil für den Hochofengang ver-

sprach. 1861 erfand Emil Langen auf der Friedrich-Wilhelms-Hütte bei Troisdorf seinen Glockenverschluß, der auch bei zentraler Gasableitung anwendbar war (Abb.190). Das Heben und Senken der Verschlüsse erfolgte anfänglich von Hand, dann durch einen am anderen Ende des Balanciers angebrachten Dampfkolben, bis die elektrischen Gichtwinden aufkamen.

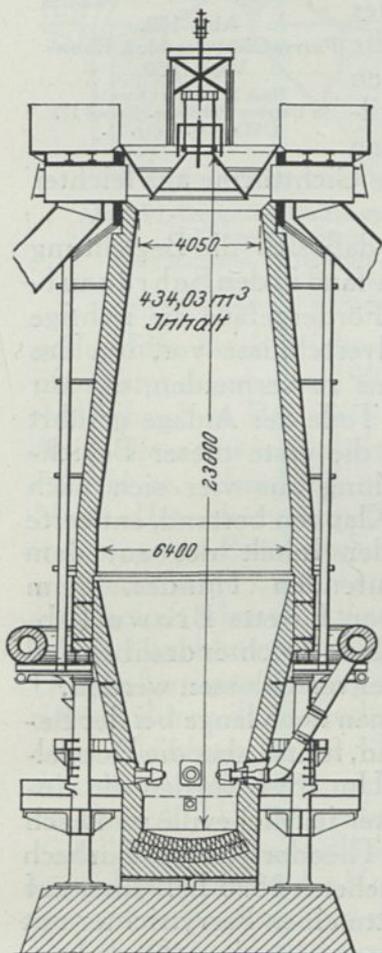


Abb. 187. Erster Kokshochofen mit freistehendem Gestell nach Lürmann. 1888.

Nach Fr. Lürmann in Stahl und Eisen 16 (1896), S. 810.

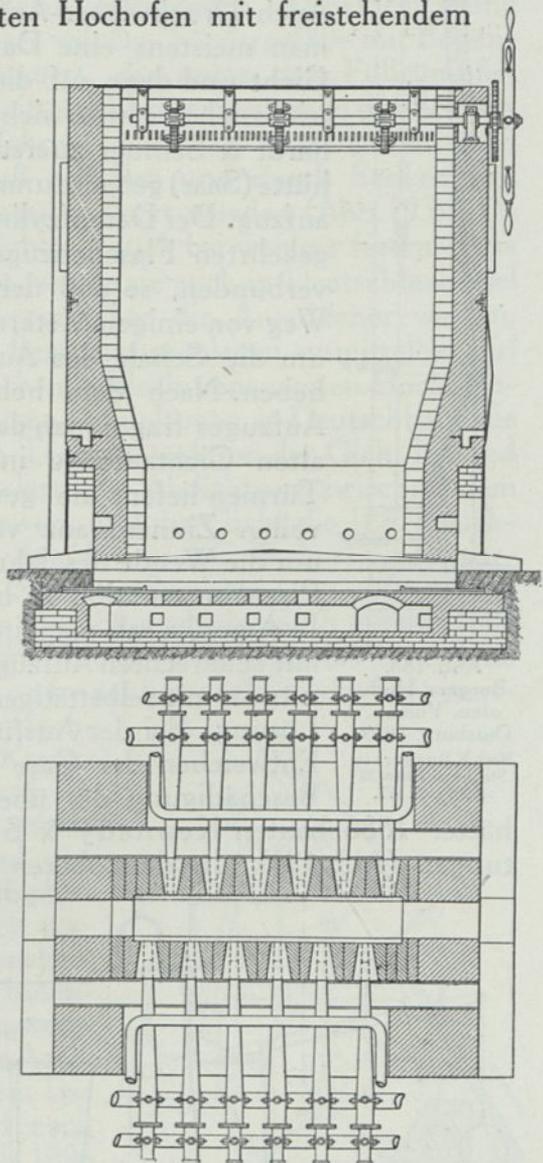


Abb. 186. Raschette-Hochofen. 1862.
Nach C. Schulz: Dokumente betr. den Hochofen.
Berlin 1868, Taf. 3.

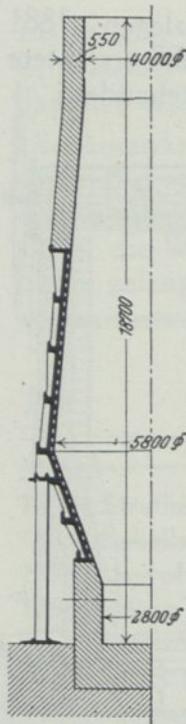


Abb. 188.
Burgers' Hoch-
ofen. Vulkan,
Duisburg 1899.
Nach F. Burgers in
Stahl und Eisen 20
(1900), S. 677.

Die Wassertonnenaufzüge verschwanden um 1870. John Gjers erfand einen Druckluft-Gichtaufzug, der sich besonders in Amerika verbreitete. Auch Druckwasser-Aufzüge wurden angewendet. In Europa benutzte man meistens eine Dampffördermaschine, die man anfänglich auf die Gicht und dann auf die Hüttensohle stellte. Als sehr einfach und betriebssicher erwies sich der von der Firma Ehrhardt & Sehmer zuerst 1896 für die Halberghütte (Saar) gebaute unmittelbar wirkende Dampfaufzug. Der Dampfzylinder war mittels eines umgekehrten Flaschenzuges mit der Förderschale verbunden, so daß der Dampfkolben nur einen Weg von einigen Metern zurückzulegen brauchte, um die Schale des Aufzuges auf die Gicht zu heben. Nach dem hohen Dampfverbrauch des Aufzuges fragte man damals nicht. Während die alten Gichtaufzüge in gemauerten viereckigen Türmen liefen, die gewöhnlich mit einem stillvollen Zinnenkranz verziert waren, ging man um die Wende des Jahrhunderts dazu über, die Gichttürme aus leichter Eisenkonstruktion zu bauen.

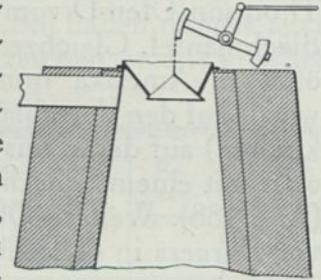


Abb. 189.
Parry's Gichtverschluß. Ebbw-
Vale 1850.

Nach S. H. Blackwell
in Dinglers Polytechn. Journal 127
(1853), Taf. 4, Fig. 15.

In Amerika sah man in den 80er Jahren ein, daß sich die Begichtung mit senkrechten Aufzügen zu teuer stellt. Man fand in den Schrägaufzügen mit selbsttätiger Kippvorrichtung der Fördergefäße die richtige Lösung. Bei der Ausführung sah man Doppelverschlüsse vor, um das Entweichen der Gase während des Aufgichtens zu vermeiden, das zur Beschädigung der über der Gicht liegenden Teile der Anlage geführt hätte. 1886 bauten Kennedy & Scott für die Lucyöfen die erste dieser Begichtungen (Abb. 191). In den oberen Trichter, dessen Wandung aus vier sich nach

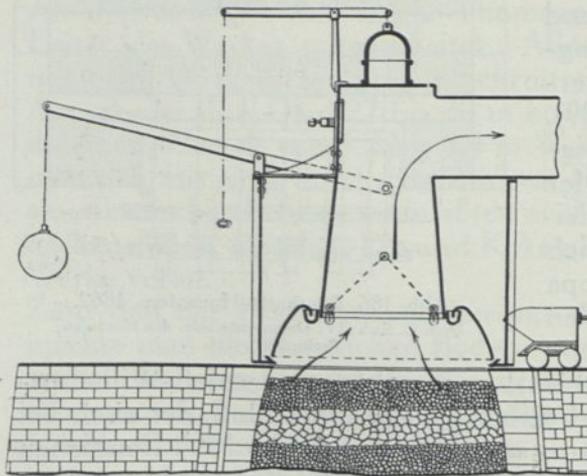


Abb. 190. Langens Gichtverschluß. Erste Ausführung.
Friedrich-Wilhelms-Hütte bei Troisdorf.
Nach E. Langen in Z. d. V. d. I. 6 (1862), Taf. 16, Fig. 6.

unten öffnenden Klappen bestand, entleerte sich selbsttätig der Inhalt des auf dem Schrägaufzug laufenden Hundes. Beim Gichtverschluß von Fayette Brown (Abbild. 192) ist der obere Trichter drehbar und kann durch Deckel verschlossen werden.

In Europa blieb man noch lange bei der Begichtung von Hand, führte aber die Doppelverschlüsse ein. Um 1894 wurden die einfachen Parrytrichter in Micheville und Esch auf Betreiben von Theodor Jung in Burbach mit Deckeln versehen. 1896 ließ Jung auf der Burbacherhütte einen Parrytrichter mit Zentralrohr erbauen, der einen Deckelverschluß hatte, während M. Neumark 1898 auf der Donnersmarckhütte eine Langensche Glocke mit Gasdeckel einführte.

Da die Leistung der Begichtung mit Hunden für die immer wachsende Erzeugung der amerikanischen Hochöfen nicht ausreichte, ging man beim Neubau der Duquesne-Hochöfen im Jahre 1896 zu der von Neeland erfundenen Kübelbegichtung über.

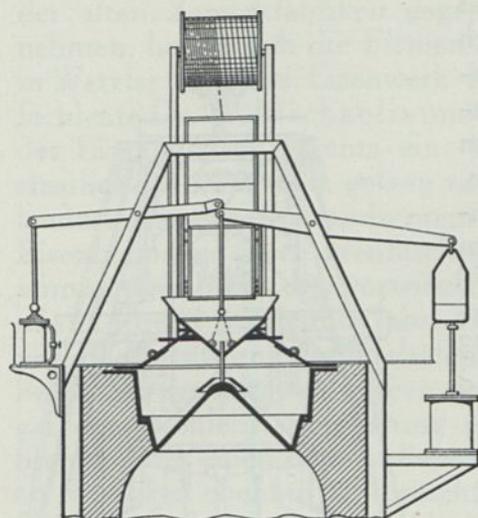


Abb. 191. Doppelter Gichtverschluß von Kennedy & Scott. Lucyhochöfen, Pittsburgh 1886. Nach O. Simmersbach in Stahl und Eisen 18 (1898), S. 891.

Bei dieser wurden Fördergefäße mit Bodenentleerung benutzt, die unter den Füllrümpfen gefüllt, dann mittels Zubringerwagen zu den Schrägaufzügen gefahren, von den letzteren auf den Gichtverschluß gehoben und durch Senken des Bodens in diesen entleert wurden (Abb. 193). Da die Kübelbegichtung auch bei weniger festem Koks anwendbar ist, wurde sie auch in Deutschland viel benutzt. Während aber die Amerikaner wagten, die schweren Begichtungsanlagen unmittelbar auf den gewöhnlich mit Blech gepanzerten Hochofenschacht zu setzen, behielt man in Deutschland die säulenförmige Tragkonstruktion der Gicht bei und benutzte als elastische Abdichtung zwischen dem Schachtmauerwerk und der Gicht die 1887 gleichzeitig von C. Steffen und F. W. Lürmann vorgeschlagenen Sandstopfbüchsen.

Die Arbeit am Hochofen wurde durch die um 1895 von Samuel W. Vaughan in Amerika erfundene Stichlochstopfmaschine erleichtert. Eine wert-

volle Hilfe bei Betriebsstörungen erwuchs dem Hochofenmann durch das 1903 von Ernst Menne in Kreuzthal erfundene Brennverfahren mit Sauerstoff.

Auch die schwere Arbeit auf den Masselbetten wurde erleichtert. Um 1880 erfand Blake in England den Masselbrecher. Um 1889 wurden die Masselhebemagnete in Pittsburgh eingeführt. In dieser Zeit verwendete man in Cardiff auf dem neuen Werk der Dowlaisgesellschaft Masselbettkrane. 1909 baute die Maschinenfabrik Lauchhammer Masselbettkrane mit Schlagwerk. Die großartigste Lösung der Aufgabe brachten die Amerikaner durch die Erfindung der Gießmaschinen. Die erste Maschine baute 1893 Henry D. Hibbard nach dem Karussellsystem, weitere Verbreitung fand die 1896 von Ed. A. Uhling erfundene Maschine, bei der die Kokillen auf einer endlosen Kette angebracht sind. Die kurze Lebensdauer der Kokillen verhinderte indes die allgemeinere Verwendung der Masselgießmaschinen.

Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Erze ermöglichte, jede beliebige Roheisengattung zu erblasen. Beispielsweise wurde das Hämatiteseisen für das Bessemerverfahren nicht nur aus Hämatiterz, sondern aus allen phosphorarmen Erzen und Abfallerzeugnissen, wie Schrott, Walzensinter und

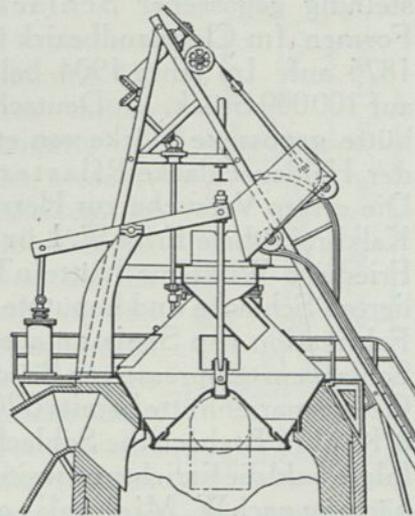


Abb. 192. Doppelter Gichtverschluß nach Fayette Brown. Pittsburgh 1886. Nach O. Simmersbach a. a. O., S. 891.

Kiesabbränden, hergestellt. Die Verwendung des „Purple ore“ kam zuerst in England auf und erreichte großen Umfang. Die Hochöfen der Duisburger Kupferhütte wurden um 1900 nur zur Verhüttung von Kiesabbränden erbaut. Das zur Desoxydation des Flußeisens erforderliche Spiegeleisen des Siegerlandes erlangte Weltruf. Bald wurde es auch außerhalb des Siegerlandes durch Zuschlag manganreicher Erze zum Möller hergestellt. Als die mächtigen Lagerstätten hochprozentiger Manganerze im Kaukasus, in Brasilien, Indien usw. erschlossen waren, nahm die Herstellung noch manganreicherer Eisensorten zu. Nachdem es Oskar E. Prieger in Bonn im Jahre 1866 gelungen war, Ferromangan mit 70 bis 80% Mangan im Tiegel herzustellen, versuchte man, dieses auch im Hochofen zu erblasen, was 1873 der Krainischen Industriegesellschaft und 1875 A. Pourcel in Terre-noire gelang.

HOCHOFENSCHLACKE

Statt die Hochofenschlacke auf den Hüttenflur laufen zu lassen, fing man sie in England bereits in den 40er Jahren in Schlackenwagen auf und fuhr sie zur Halde. Die Verwertung der Schlacke begann mit der Herstellung gegossener Schlackenziegel in eisernen Formen. Im Clevelandbezirk kam die Fabrikation um 1875 auf. Im Jahre 1904 belief sich die Erzeugung auf 100000 Stück. In Deutschland stellte die Ilsederhütte gegossene Blöcke von etwa $75 \times 15 \times 15$ cm Größe her. Auch wurden dort aus der Haldenschlacke Pflastersteine zurechtgehauen.

Die ersten Versuche zur Herstellung von Ziegeln aus zerkleinerter Stückschlacke und Kalkbrei führte Fritz W. Lürmann 1859 aus. 1862 entdeckte Emil Langen auf der Friedrich-Wilhelms-Hütte in Troisdorf die hydraulischen Eigenschaften der granulierten Schlacke und benutzte sie zur Mörtelbereitung. 1865 begann Lürmann mit der Fabrikation von Steinen aus granulierter Schlacke und Kalk. 1871 entstand die Schlackensteinpresse von Brück, Kretschel & Co. in Osnabrück, und 1874 wurden auf der Georgsmarienhütte bereits 6200000 Schlackenziegel hergestellt. 1879 begannen Heckel & Köhl in Brebach die Schlacke der Halbergerhütte zu Ziegeln zu verarbeiten, und nun folgte bald die Errichtung weiterer Schlackensteinfabriken, die heute z. T. auch mit Dampfhärtung nach W. Michaelis oder mit Abgashärtung nach H. Dresler (1905) arbeiten.

Schon im Jahre 1824 hatte der Maurer Joseph Aspdin aus Leeds den Portlandzement erfunden; es dauerte aber bis zum Jahre 1873, ehe man Hochofenschlacke an Stelle von Ton als Rohstoff zur Portlandzementfabrikation benutzte. In den 80er Jahren erfand man den Schlackenzement, ein Gemisch von granulierter Hochofenschlacke und Kalkhydrat, dessen Güte aber nicht genügte. Zu einem brauchbaren Ergebnis gelangte man erst, als man aus Hochofenschlacke und Kalkstein Portlandzement

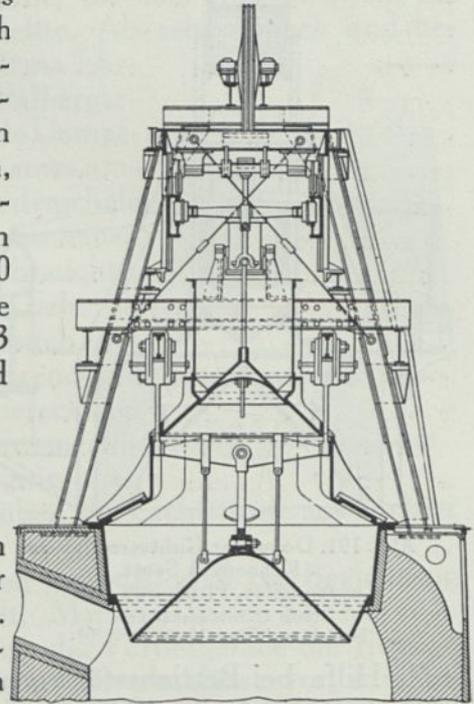


Abb. 193. Neelands Kübelbegichtung.
Duquesne 1896.
Nach Stahl und Eisen 17 (1897), S. 292.

brannte und diesem bis zu 30% fein gemahlene Schlackensand zumischte. Besondere Verdienste um die Verbesserung der Darstellung des Eisenportlandzements, wie dieser Zement aus Hochofenschlacke genannt wurde, um dem erbitterten Kampfe der alten Zementfabriken gegen das neue Herstellungsverfahren jeden Grund zu nehmen, haben sich die Firmen Albrecht Stein & Co., die Buderusschen Eisenwerke in Wetzlar und das Eisenwerk Kraft in Stettin-Kratzweick erworben. Die Zementfachleute Dr. W. Michaelis und Dr. H. Passow traten energisch für die Verwendung des Eisenportlandzements ein. Nach langen vergleichenden Prüfungen durch eine staatliche Kommission gelang es 1909, die allgemeine Gleichstellung von Eisenportlandzement mit Portlandzement und im Jahre 1916 diese Gleichstellung auch im Eisenbetonbau durch preußischen Ministerialerlaß zu erreichen. Entsprechende Bestimmungen über den vorwiegend aus Hochofenschlackensand bestehenden Hochofenzement wurden im Jahre 1917 erlassen. Die Fortschritte der Zementfabrikation, wie die Einführung des Drehofens durch den Engländer Fr. Ransome und die Verbesserung der Mühlen, kamen auch den Hüttenzementwerken zugute. Mit Koksofen gas oder Kohlenstaubfeuerung gelingt es, aus Hochofenschlacke einen Klinker zu brennen, der einen Zement liefert, welcher dem aus natürlichem Rohstoff gewonnenen an Festigkeit ebenbürtig, hinsichtlich der Raumbeständigkeit aber überlegen ist. Die Verwendung von Schlacke als Schotterstoff erhielt besondere Bedeutung durch die erfolgreichen Bestrebungen zur Anwendung von Schlacke im Eisenbahnunterbau, ferner durch das Aufkommen der sogenannten Teer makadamstraßen in England und Amerika. Endlich haben sich auch die unter Verwendung von Stückschlacke als Zuschlag zum Beton erstellten Bauten vorzüglich bewährt.

GICHTGASE

Während man in Schottland seit 1879 aus den mit Rohkohle betriebenen Hochöfen je Tonne Kohle 13 kg schwefelsaures Ammoniak und 100 kg Teer gewann, ist die chemische Reinigung der Hochofengase beim Koksbetrieb unnötig, da diese keine wesentlichen Mengen von Teer, Ammoniak und Schwefel enthalten. In allen Hochofengasen finden sich dagegen bedeutende Mengen mechanischer Verunreinigungen in Gestalt feinen Staubes, die die Verwendung der Gase behindern. Zuerst brachte man in den Gichtgasleitungen große Staubsäcke an, in denen sich die schweren Gichtstaubteilchen niederschlugen. Um auch die feineren Teilchen zurückzuhalten, baute man Trockenreiniger ein, in denen der Gasstrom mehrmals seine Richtung änderte (Abb. 194). Der geringe Wirkungsgrad dieser Apparate veranlaßte die Engländer in den 80er Jahren, zur Naßreinigung überzugehen. Die Apparate bestanden gewöhnlich aus Waschkasten mit Brausen. Am besten bewährten sich die von den Gasfabriken übernommenen Skrubber, um deren Verbesserung sich Heinrich Zschocke in Kaiserslautern Verdienste erwarb. Als man zur Verwendung der Gichtgase in Gasmaschinen überging, genügte der so erzielte Reinheitsgrad nicht mehr. Man versuchte die Gase in Trockenreinigern nach Art der Schwefelreiniger der Gasanstalten nachzureinigen; die Filtration der Gase durch Koks, Holzwolle, Hobelspäne usw. versagte aber, da sich

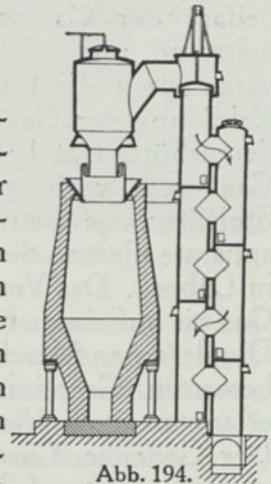


Abb. 194.
Gichtgastrocknenreiniger.
1883. Nach D. R. P. 28 003.

entweder die Filtermasse verstopfte oder das Gas sich einen Weg durch die Masse bahnte, so daß es ungereinigt entwich.

1899 baute Eduard Theisen den ersten umlaufenden Gichtgaswascher. Da dieser in seiner ursprünglichen Bauart nicht genügend betriebssicher war, zog man mit Wasser-

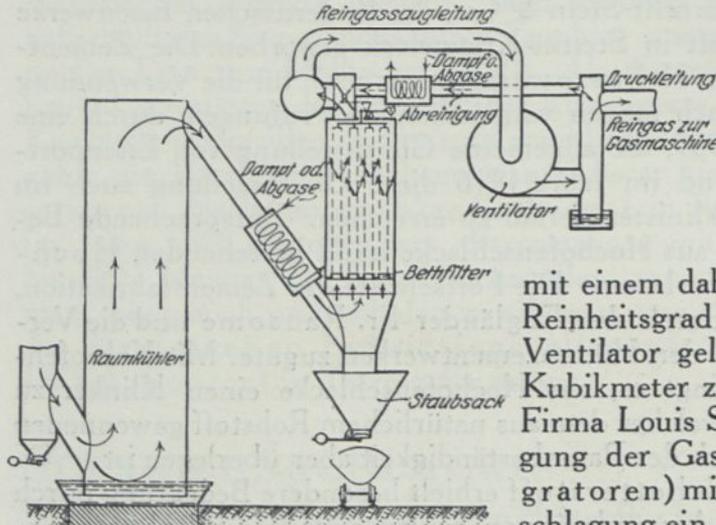


Abb. 195. Schema der Hochfengastrocknung Halbergerhütte-Beth. 1911.
Nach F. Müller in Stahl und Eisen 31 (1911), S. 320.

Der große Kraft- und Wasserbedarf der Gaswäscher, ihr verhältnismäßig niedriger Reinigungsgrad und die Schwierigkeit der Klärung der Abwässer veranlaßten die Halbergerhütte (Saar), erneut Versuche zur Reinigung der Gase auf trockenem Wege anzustellen. Die Halbergerhütte trat 1911 mit einem Verfahren hervor, bei dem das Gas nach vorhergehender Regelung seiner Temperatur durch Stofffilter aus Baumwolle filtriert wird (Abb.195). Als Filterapparate dienten die bekannten Luftfilter der Firma W. F. L. Beth in Lübeck. Das Verfahren erforderte wenig Kraft und reinigte das Gas bis auf einige Milligramm Staub je Kubikmeter. Die von der Dingerschen Maschinenfabrik, Zweibrücken, gebauten und verbesserten Gasreinigungsanlagen, System Halbergerhütte-Beth, erlangten große Verbreitung.

Der Gedanke, Gase durch elektrostatische Entladungen zu reinigen, geht auf den englischen Physiker Oliver Lodge zurück (1884). Gestützt auf die inzwischen geschaffene Hochspannungstechnik nahm F. G. Cottrell die Versuche im Jahre 1906 in Amerika wieder auf. Trotz vieler Bemühungen ist es aber bis jetzt noch nicht gelungen, das Verfahren auf den Eisenhütten im großen einzuführen.

Zur Dampferzeugung mit Hochfengas verwendete man anfänglich Walzenkessel und ging dann, besonders nach der schweren Kesselexplosion auf der Friedenshütte in Oberschlesien im Jahre 1887,

einspritzung versehene gewöhnliche Ventilatoren vor, deren verhältnismäßig gute Wirkung man in Düdelingen (Luxemburg) beobachtet hatte. Während man mit einem Skrubber auf einen Reinigungsgrad von 1 bis 2 g Staub je Kubikmeter Gas kam, erzielte man

mit einem dahinter geschalteten Ventilator einen Reinigungsgrad von 0,5 g, und mit einem zweiten Ventilator gelang es, den Staub bis auf 0,1 g je Kubikmeter zu entfernen. Um 1910 führte die Firma Louis Schwarz in Dortmund die Reinigung der Gase in Schleudermühlen (Desintegratoren) mit Wasserbeaufschlagung ein, womit sie gute Ergebnisse erzielte.

Der große Kraft- und Wasser-

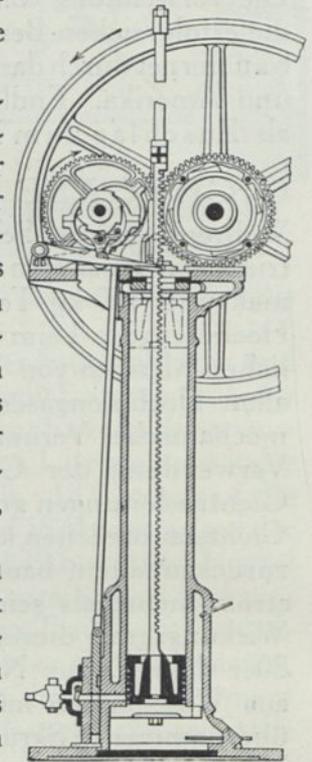


Abb. 196.
Otto's atmosphärische Gasmaschine. 1866.
Nach C. Matschoss:
Geschichte der Gasmotorenfabrik Deutz. Berlin 1922, S. 26

zu Flammrohrkesseln über. Die heutigen Wasserrohrkessel konnten sich trotz ihrer großen Vorzüge nicht überall einführen, da ihr Wasserinhalt zu gering ist, um Druckschwankungen auszugleichen.

Die Bedeutung des Dampfes, der früher in einem Riesennetz gewöhnlich nicht isolierter Dampfleitungen kilometerweit bis in alle Winkel der Hütten geführt wurde und aus unzähligen Auspuffleitungen und Undichtigkeiten ins Freie entwich, schwand dahin, als die Gasmaschinen aufkamen.

Die erste praktisch brauchbare Leuchtgasmaschine erfand 1860 der Franzose Richard Lenoir. Die übertriebenen Gerüchte über die Bedeutung der Erfindung lösten überall die größten Hoffnungen aus. Nikolaus August Otto, geboren 1832 zu Holt-
hausen in Nassau, damals Handlungsgehilfe in Köln, konnte den Gedanken nicht los-
werden, daß hier Ruhm, Ehre und Reichtum zu gewinnen seien. Er ließ sich 1861

eine kleine Ver-
suchsmaschine
mit 4 Zylindern
bauen, die nach
dem Viertaktver-
fahren arbeitete,
so daß jeweils
jeder Zylinder
einen anderen
Takt hatte. Die
Kolben bestan-
den aus einem
Arbeitskolben
und einem
Fliegerkolben,
um die Explo-
sionsstöße zu
mildern. Diese
waren aber noch

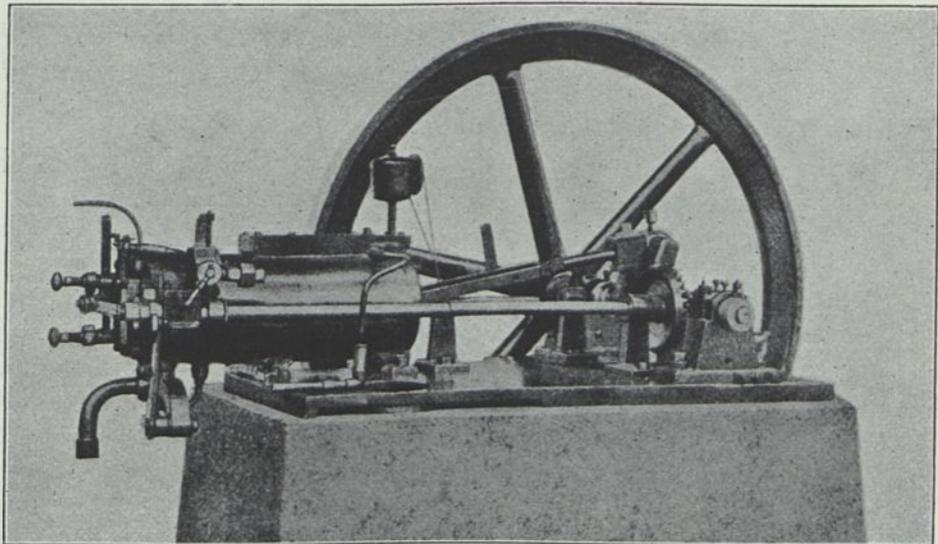


Abb. 197. Erste Ottosche Versuchs-Viertaktmaschine. 1876.
Nach C. Matschoss a. a. O., Taf. 2.

so heftig, daß Otto auf die weitere Verfolgung der Bauart verzichtete und eine „atmosphärische Maschine“ baute, bei der die Explosionswirkung nur mittelbar zur Arbeitsleistung benutzt wurde (Abb.196). Die Explosion schleuderte zuerst den Kolben in die Höhe, der während des Hochganges nicht mit der Welle verbunden war. Die Spannung der Verbrennungserzeugnisse ließ rasch nach, und der äußere Luftdruck drückte den Kolben nach unten, die Kupplung der Welle rückte sich ein, und diese wurde angetrieben.

Zur Ausführung der Maschine verband sich Otto 1864 mit Eugen Langen, dem Bruder des obenerwähnten Emil Langen. Eugen Langen war 1833 als Sohn des Teilhabers der Kölner Zuckerraffinerie J. J. Langen geboren. Nach einer sorgfältigen Erziehung besuchte er das Polytechnikum in Karlsruhe. Darauf arbeitete er längere Zeit praktisch auf der Friedrich-Wilhelms-Hütte in Troisdorf, machte Studienreisen und übernahm dann die Betriebsleitung der väterlichen Raffinerie und später auch noch einer Zuckerfabrik. Die Zuckerindustrie verdankt ihm wesentliche Verbesserungen. So war der

technisch, kaufmännisch und weltmännisch erfahrene Eugen Langen der rechte Mann, die Erfindung Ottos in die Tat umzusetzen. Er wurde der „Boulton der Gasmachine“. Der Gasmaschinenbau entwickelte sich anfangs schlecht, da die Kupplung zwischen Kolben und Welle nicht befriedigte. Trotzdem wagten Otto und Langen, ihre Maschine auf der Pariser Weltausstellung von 1867 vorzuführen. Die hochgebaute Maschine mit ihrem geräuschvoll emporschießenden Kolben und ihrem verwickelten Getriebe stach unangenehm ab von den wie Dampfmaschinen gebauten Gasmaschinen der Franzosen. Als man aber auf Betreiben von Professor Reuleaux, der als Preisrichter tätig war, an die Prüfung der Maschinen heranging, gab es eine Überraschung. Die Lenoir-Maschine brauchte als beste französische Maschine $2,8 \text{ m}^3$ Gas je PS-Stunde, während der Otto-Motor nur $0,9$ bis $1,0 \text{ m}^3$ benötigte. Und nun

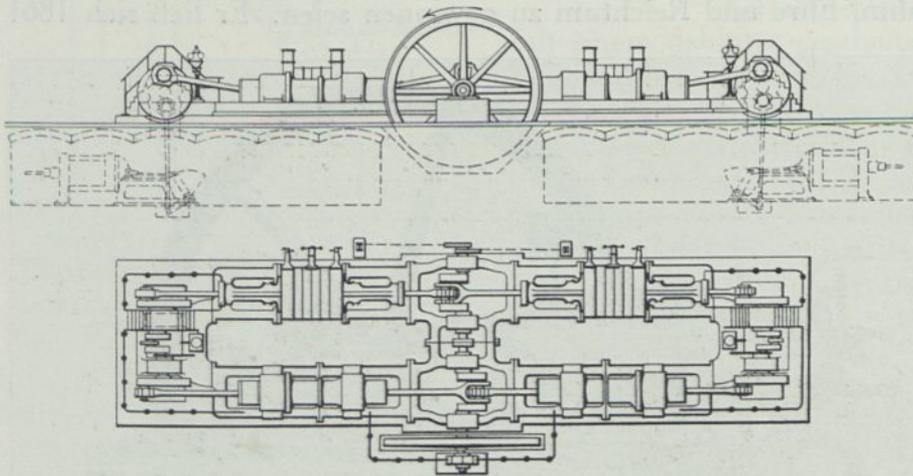


Abb. 198. Oechelhäuser-Junkers-Zweitakt-Gichtgasmachine des Hörder Vereins.
 Erbaut 1896/98 von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-A.-G., Dessau.
 Nach E. Meyer in Stahl und Eisen 19 (1899), S. 526.

hob sich der Absatz der schon nahe am Zusammenbruch stehenden Fabrik. 1869 entschloß man sich zur Gründung einer neuen Fabrik in Deutz. 1872 wurde die Gasmotorenfabrik Deutz, A.-G., gegründet. Die Direktoren waren Otto, Eugen und August Langen. Als leitender Ingenieur wurde Gottlieb Daimler ange-

worben, der den jungen Ingenieur W. Maybach mitbrachte, zwei Namen, die mit der Geschichte der Verbrennungskraftmaschine eng verbunden sind.

Da die atmosphärische Maschine nur für Leistungen bis 3 PS ausführbar war und auch andere Mängel zeigte, nahm Otto die Versuche zum Bau einer unmittelbar wirkenden Viertaktmaschine wieder auf. Otto glaubte die Aufgabe durch die schleichende Verbrennung gelöst zu haben, auf die er in seinen Patenten sehr zu seinem Schaden den größten Wert legte. Trotz der unrichtigen theoretischen Voraussetzungen lief die Maschine ausgezeichnet (Abb.197). 1876 kamen die ersten Maschinen in Betrieb, und damit begann die großartige Entwicklung der Verbrennungskraftmaschine. Otto starb 1891, bis zu seinem Tode still und fleißig in der Fabrik tätig. Die einzige Ehrung, die ihm zuteil wurde, war das Diplom eines Dr. phil. h. c. der Universität Würzburg. Langen dehnte sein Interesse auch auf weitere, neue Unternehmungen aus, die sämtlich Erfolg hatten. Besonders berühmt wurde er durch die von ihm angeregte Schwebebahn in Elberfeld-Barmen. Er starb im Jahre 1895.

Die Erfolge der Gasmotorenfabrik Deutz veranlaßten auch andere Fabriken, den Bau von Gasmaschinen aufzunehmen. Um aus dem Bereich der Deutzer Patente herauszukommen, baute Ernst Körting in Hannover seit 1881 Zweitaktmotoren, deren

Arbeitsweise schon vorher bekannt war, und verbesserte den Gasmaschinenbau besonders durch Einführung von Ventilen an Stelle der bis dahin benutzten Schiebersteuerung. Eine Patentverletzungsklage der Deutzer Fabrik veranlaßte Körting, gegen das Deutzer Hauptpatent Nichtigkeitsklage anzustrengen. Da das Reichsgericht sich an den Wortlaut der Patentansprüche klammerte und den Stand der Technik nicht berücksichtigte, wurde das Patent vernichtet, „man kann wohl sagen leider“, schreibt Ernst Körting selbst in seinen Lebenserinnerungen. Damit war der Gasmaschinenbau frei. Die nächste Stufe war die Einführung der doppeltwirkenden Zweitaktmaschine mit wassergekühlten Kolben durch Körting im Jahre 1900.

Anfangs der 90er Jahre gelang es, brauchbare Generatorgasmaschinen zu bauen. Als nun die Deutzer Fabrik 1894 sogar eine 200-PS-Maschine mit Erfolg durch Generatorgas betrieben

hatte, faßte Langen den Gedanken, in Hörde eine große Gichtgasmotorenzentrale zu bauen. 1895 wurde dort eine 12-PS-Versuchsmaschine aufgestellt. Auf Grund dieser

Versuche gab der Hörder Verein im September 1896 zwei Gichtgasmaschinen von je 600 PS bei der Berlin-Anhaltischen Maschinenfabrik, A.-G., in Dessau in Auftrag. Die nach dem

System Oechelhäuser & Junkers gebauten Maschinen arbeiteten nach dem Zweitaktverfahren und hatten Gegenkolben (Abb.198). Sie kamen im April 1898 in Betrieb.

1895 stellte die Gesellschaft Cockerill auf Betreiben ihres Direktors Adolf Greiner Versuche an mit einer kleinen Viertaktgichtgasmaschine von 8 PS und erbaute auf Grund der gesammelten Erfahrungen eine 200-PS-Maschine, die 1898 in Betrieb kam. Um diese Zeit machte man auch in England die ersten Versuche mit Gichtgasmaschinen. 1899 baute Seraing das erste Gichtgasgebläse, eine einfachwirkende Viertakt-Tandemaschine von 600 PS, System Delamare-Deboutteville (Abb.199). Die Maschine sollte anfänglich mit Rohgas arbeiten, doch erwies sich dies als undurchführbar.

Die Entwicklung des Gichtgasmaschinenbaues wurde lange Zeit durch die Schwierigkeit der Gasreinigung gehemmt und nahm erst um 1904 einen Aufschwung, als betriebssichere Naßreiniger erfunden waren. Man benutzte entweder die einfachwirkenden Viertaktmaschinen von Cockerill und Deutz oder Zweitaktmaschinen von Oechelhäuser in Siegen, die man wegen ihrer regelbaren Umdrehungszahl besonders bei Gebläsen schätzte. Endlich traten um 1905 die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg auf Grund ihrer Erfahrungen im Dampfmaschinenbau sowie die Maschinenfabrik

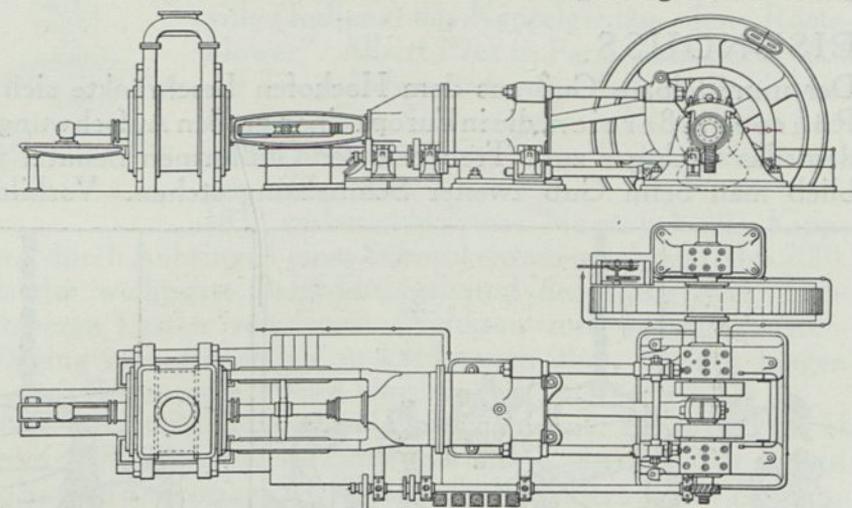


Abb. 199. Erstes Gichtgasgebläse. Seraing 1898.
Gasmaschinenzylinder 1300 mm. Gebläsezylinder 1700 mm. Hub 1400 mm.
Nach Stahl und Eisen 20 (1900), S. 420.

Thyssen & Co. in Mülheim-Ruhr mit doppelwirkenden Viertaktmaschinen in den Wettbewerb, womit die Entwicklung der Gasmaschine zu einem vorläufigen Abschluß kam.

Lange stritt man sich darüber, ob für die Krafterzeugung auf Hüttenwerken die leichten einfachen Dampfturbinen oder die schwerfälligen Gasmaschinen vorzuziehen sind. Der höhere Wirkungsgrad der Gasmaschinen gab diesen ein Übergewicht, und die Entscheidung fiel zu ihren Gunsten aus, als man nach dem Vorgange der englischen Hütten hinter die Gasmaschinen Auspuffdampfkessel schaltete, und als die Gichtgasreinigung durch Stoffiltration die Schwierigkeit der Verstaubung beseitigte. Immerhin wurden in großen Gichtgasmaschinenhäusern die elastischeren Dampfturbinen gern als Spitzenfänger mit verwendet.

EISENGUSS

Der unmittelbare Guß aus dem Hochofen beschränkte sich in der Neuzeit auf die Röhrengießereien, die in Europa einen großen Aufschwung nahmen, besonders seitdem das Gichtgas zum Trocknen der Gußformen benutzt wurde. Nur in Amerika blieb man beim Guß zweiter Schmelzung stehen. Vorbildlich waren anfangs die

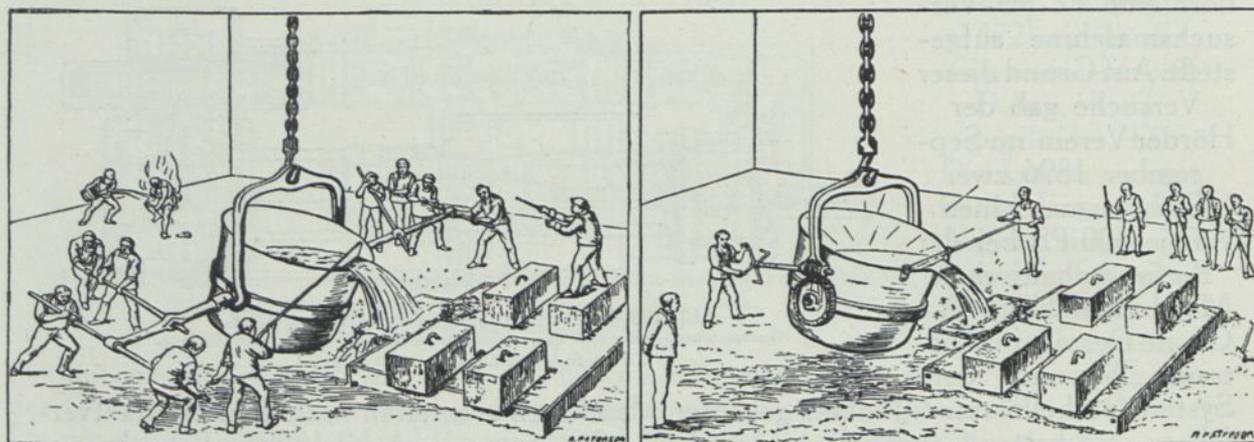


Abb. 200. Nasmyths Zeichnung der Gießpfanne mit Zahnradvorgelege.
Nach James Nasmyth: An Autobiography. Ed. by Sam. Smiles. London 1885, S. 202/3.

englischen und französischen Werke, dann übernahmen die deutschen Hütten die Führung, besonders die im Jahre 1867 zur Hochofengießerei umgebaute Halbergerhütte unter Rudolph Böckings Leitung. Im Anfang der Periode standen die Formen noch in Gießgruben, dann wurden sie unterhalb erhöhter Bühnen angebracht, so daß alle Arbeiten über Flur ausgeführt werden konnten. Im Jahre 1885 brachte F. J. Fritz auf der Halbergerhütte nach englischem Vorbild die Rohrformen an Drehtischen, „Revolvern“, an und erzielte damit eine erhebliche Mehrleistung. Das Aufstampfen der Rohrformen erfolgte gewöhnlich von Hand, obgleich schon Stewart 1846 und Cochrane und Slate 1850 Röhrenformmaschinen gebaut hatten. 1856 hatte Arthur Deslandes in Manchester auch eine Maschine mit mechanisch bewegtem Stampfer erfunden, aber erst um 1905 brachte Robert Ardel eine verhältnismäßig schnell arbeitende Stampfmaschine auf den Markt, welche die bis dahin vorzugsweise benutzte Handstampferei stark einschränkte.

Die Halbergerhütte goß als erstes Werk in Deutschland die leichten schottischen Abflußröhren, während Buderus in Wetzlar und Lollar den Guß von Radiatoren und Gliederkesseln aufnahm.

Während die Kuppelöfen früher wie kleine Hochöfen gebaut wurden, erkannte man später, daß zwischen beiden Ofenarten wesentliche Unterschiede bestehen. Der Bau der heutigen Kuppelöfen beginnt mit dem Ofen von Jonathan

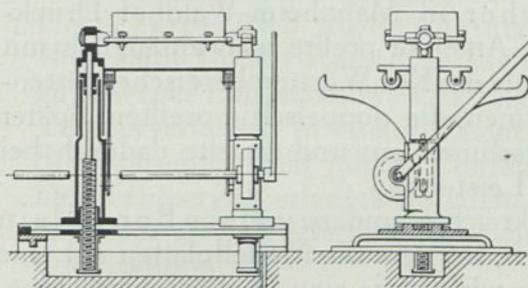


Abb. 201. Wendeplattenformmaschine von Dehne und Woolnough. 1875.

Nach U. Lohse in Beitr. z. Gesch. der Technik und Industrie Bd. 2 (1910), S. 126.

Ireland aus dem Jahre 1858. Den ersten Ofen mit Eisensammelraum baute 1865 Heinrich Krigar in Hannover. Hieraus entstand in den 70er Jahren der Krigarofen mit Vorherd. 1867 erfanden F. M. und P. H. Root zu Connersville (Indiana) das Kapselgebläse, den „Rootsblower“. Albert Piat in Paris verbesserte 1878 die Tiegelöfen dadurch, daß er sie kippbar machte. Das Schmelzen mit Öl und Gas kam zuerst in Amerika auf, wo Erdöl und Naturgas billig sind.

1838 verbesserte James Nasmyth die Kippbewegung der Gießpfannen durch Anbringen eines Schneckenradvorgeleges (Abb. 200). Drehkrane waren damals das wichtigste Beförderungsmittel der Gießereien. Umständlich wurden die schweren Lasten von einem Drehkran zum anderen weitergegeben. Erst nach 1860 ging man allmählich zu Laufkränen über, die mit langen Transmissionswellen oder mit Seilen angetrieben wurden.

Um 1840 kam in England die mechanische Sandaufbereitung auf. Sebold & Neff in Durlach benutzten hierzu 1876 die Carrsche Schleudermühle. In den 70er Jahren führten sich auch die Strohseilspinnmaschinen ein, die besonders für die Röhrengießereien wichtig waren.

Die ersten Gußstücke, die auf maschinellem Wege geformt wurden, waren Zahnräder. Die Zahnradformmaschine wurde 1839 von dem Deutschen J. G. Hofmann erfunden. Die Modellplatte soll 1827 vom Oberfaktor Frankenfeld auf der Rothen Hütte im Harz erfunden worden sein, doch dürfte ihre Anwendung viel weiter zurückgehen. Fairbairn und Hetherington wandten 1851 die doppelseitige Modellplatte an. Der Franzose Charles de Bergue zeigte auf der Pariser Weltausstellung von 1855 die erste Abhebeformmaschine, die aber noch ohne Modellplatte arbeitete. Diese Verbesserung ließen sich 1857 die Engländer M. A. Muir und J. Mc Ilwham patentieren. Bei ihrer Maschine war die Modellplatte dreh- und hebbar. Zuerst wurde der aufgesetzte Kasten vollgestampft, dann wurde die Platte mit dem Kasten gedreht, der Kasten auf eine Unterlage abgesenkt, die Verbindung zwischen Kasten und Platte gelöst und endlich die Platte abgehoben. Lohse in Hamburg benutzte 1867 eine Maschine mit nach unten durch Zahntrieb absenkbarer Modellplatte. 1875 erfanden Friedrich Dehne und Georg Woolnough in Halberstadt die Wendeplattenformmaschine (Abb. 201), indem sie die doppelseitige Modellplatte

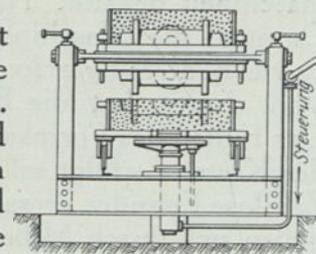


Abb. 202.

Handformmaschine mit Wendeplatte u. hydraulischer Abhebevorrichtung von Bopp & Reuther. 1885. Nach U. Lohse a. a. O., S. 130.

von Fairbairn und Hetherington mit der Muirschen Maschine vereinigten. Die Benutzung der Abhebestifte zum Abheben der Formkasten geht auf ein Patent von Ludwig und Eberhard Reuling in Mannheim aus dem Jahre 1879 zurück. Um diese Zeit kamen auch die Durchziehmaschinen auf.

Die erste Formmaschine mit mechanischer Sandverdichtung baute G. Sebold, der Begründer der Badischen Maschinenfabrik in Durlach, in den Jahren 1872/73. Anfangs der 80er Jahre begannen Bopp & Reuther in Mannheim-Waldhof Druckwasser-Formmaschinen zu bauen (Abb. 202). In Amerika preßte man anfänglich mit Dampf und ging später zu Preßluft über. 1899 baute das Kgl. Württembergische Hüttenamt Wasseralfingen Maschinen für Stapelformen, die doppelseitig preßten. Später bildete es die Maschinen als Drehtischformmaschinen aus und erzielte dadurch bei flachen Gußstücken, wie Herdringen, sehr hohe Leistungen.

Aufsehen erregte das von E. Saillot 1897 in Frankreich erfundene und von Bonvillain & Ronceray in Paris eingeführte Formverfahren, bei dem die Modellplatten auf eine ganz neue Art hergestellt wurden. Die Maschine wirkte wie eine Durchziehmaschine, das Modell wurde aber nicht durch die Platte nach unten abgezogen, sondern die Form mittels eines Abstreifkammes nach oben abgehoben. Oberkasten und Unterkasten wurden gleichzeitig geformt. Das geistreiche Verfahren ermöglichte die Herstellung sehr verwickelter Gußstücke.

1891 baute James Mc Coy in Brooklyn die ersten brauchbaren Preßluftwerkzeuge. Diese waren ursprünglich zur Steinbearbeitung bestimmt, sie wurden aber bald auch zum Stampfen von Formen benutzt. Die Schwierigkeit, den Sand bei hohen Modellen mit den bisherigen Maschinen gleichmäßig einzupressen, führte in Amerika zur Erfindung der Rüttelformmaschinen. Obgleich die ersten Patente auf diese Maschinen bis auf das Jahr 1869 zurückgehen, erlangte das Verfahren doch erst Bedeutung, als 1906 die Tabor Manufacturing Co. in Philadelphia mit dem Bau von Rüttelformmaschinen begann. Nach 1910 fanden diese auch in Europa Verbreitung.

Da auch die Maschinen mit mechanischer Sandverdichtung den Amerikanern noch zu viel Bedienung erforderten, schritten diese zum Bau selbsttätiger Formmaschinen. Von diesen hat die Berkshiresmaschine auch in Europa Verbreitung gefunden. Das Füllen des Formkastens, das Pressen und Abstreifen des Sandes und das Abheben des Kastens erfolgt selbsttätig.

Zahllose Erfinder versuchten, Grauguß in eisernen Dauerformen herzustellen, und ließen sich durch Mißerfolge ihrer Vorgänger nicht von weiteren Versuchen abhalten. Ein wichtiger Fortschritt beim Putzen der Gußstücke war die Einführung des 1870 von Benjamin Chew Tilghman in Philadelphia erfundenen Sandstrahlgebläses, das ursprünglich zum Mattieren von Glas gedient hatte. In Deutschland führte die Firma A. Gutmann in Ottensen bei Hamburg das Putzen mit Sandstrahl ein und verbesserte die Apparate. Große Bedeutung für die Gußputzerei haben neuerdings auch die Preßfluthämmer und die gleichfalls aus Amerika stammenden Schleifscheiben erlangt.

Auch in der zweckmäßigen Anordnung der Gießereien waren die Amerikaner vorbildlich. Viel bewundert wurde um 1890 die Gießerei der Westinghouse Co., in der die Formkasten auf einem endlosen Tische von der Formmaschine zum Kerneinleger, weiter zum Kuppelofen, dann zur Entleerungsstelle und endlich leer zurück zur

Formmaschine wanderten. Die Beförderung und Aufbereitung des Sandes erfolgte gleichfalls selbsttätig. Aber auch in Gießereien, bei denen die Mannigfaltigkeit der Erzeugung eine so weitgehende Mechanisierung ausschloß, verschwanden die staubigen dunklen Höhlen, in denen es von Formern und Hilfsarbeitern wimmelte. In großen, übersichtlichen und lichtdurchfluteten Hallen leisteten nun wenige Arbeiter mit Formmaschinen und zeitgemäßen Transportmitteln das Zehnfache.

Der Temperguß wurde im Anfang des 19. Jahrhunderts in England neu erfunden. 1803 nahm Robert Ransome aus Ipswich ein Patent auf die Herstellung getemperter gußeiserner Pflugscharen. Der Engländer Samuel Lucas beschrieb das heute übliche Temperverfahren in einem Patent vom Jahre 1804. Nach Deutschland brachte der Stahlwarenfabrikant Johann Conrad Fischer in Schaffhausen das Verfahren um 1820. Der Temperguß erlangte trotzdem erst um 1850 Bedeutung. In Amerika brachte ihn dann der große Bedarf an Landwirtschafts- und Haushaltungsmaschinen zu riesiger Entwicklung.

Auch im Hartguß war anfangs England führend. Außer zum Guß von Walzen erlangte der Hartguß besonders in Amerika für den Guß von Rädern für Eisenbahnen (Griffinräder), ja sogar für Lokomotiven, große Bedeutung. Die im Jahre 1847 gegründete Rädergießerei von A. Whitney & Sons in Philadelphia verschmolz täglich 30 bis 40 t Roheisen, und zwar größtenteils Holzkohleneisen, von dem mancher sich beim Hartguß bis heute nicht ganz lossagen kann. Die größte Erzeugung in Hartgußrädern hatte später die Pullman Co. in Milwaukee. Zur Hebung der deutschen Gießereitechnik erließ der Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preußen um 1830 ein Preisausschreiben für die Herstellung von Hartgußwalzen. Malapane und Königsbrunn (Württemberg) machten sich um die Begründung der deutschen Hartgußtechnik verdient. Im Siegerland goß Achenbach zu Fickenhütten 1830 die ersten Eisenwalzen für sein eigenes Blechwalzwerk und legte damit den Grund zur Siegerländer Walzengießerei. Die ersten Hartgußwalzen wurden im Siegerland aber erst 1847 gegossen. Größte Verdienste um die Ausbildung des Hartgusses erwarb sich seit 1855 Hermann Gruson in Buckau bei Magdeburg (geb. 1821, gest. 1895). Zuerst goß er Walzen, Ambosse, Pochschuhe, Räder und besonders Herzstücke für Eisenbahngleise. Anfangs der 60er Jahre erfand er die Hartgußgranaten, doch gelang ihm deren Einführung erst in den Jahren 1868 bis 1874. 1869 nahm er den Guß von Panzerplatten, besonders zur Armierung von Panzertürmen, auf und erlangte hierdurch Weltruf. 1883 lieferte er für Italien Scharfenplatten von 1600 mm Stärke. Zur Herstellung der Panzerplatten mußte für jede Plattensorte eine besondere Kokille gegossen werden. Hierzu benutzte Gruson halbiertes Eisen. Grusons vorzügliche Leistungen veranlaßten Krupp 1893, das Werk aufzukaufen und es seinen Unternehmen als „Fried. Krupp Grusonwerk“ anzugliedern. In ähnlicher Weise erfolgte auf den Skodawerken in Pilsen die Entwicklung des Hartgusses zu großer Vollkommenheit.

SCHWEISSEISENERZEUGUNG

Trotz der großen Fortschritte bei der Roheisendarstellung wurde immer wieder versucht, die direkte Schmiedeisenerzeugung aus dem Erz zu neuem Leben zu erwecken. Von 1846 bis zu seinem frühen Tode im Jahre 1855 beschäftigte sich Adrien Chenot

in Frankreich mit der Reduktion reiner oder aufbereiteter Erze zu Eisenschwamm, der dann zu Schmiedeisen verarbeitet wurde. In England versuchte Wilhelm Siemens mit großer Ausdauer auf Grund der Regenerativheizung ein Erzstahlverfahren zu schaffen. Anfänglich stellte er Eisenschwamm her; später versuchte er das Erz unmittelbar im Herdofen einzuschmelzen und zu reduzieren. Bei diesem „Präzipitationsverfahren“ oder „Landoreprozeß“ benutzte Siemens zuerst den Drehofen („Rotator“), der später für verschiedene Zweige der Technik hervorragende Bedeutung erhielt. Auch Siemens hatte keinen Erfolg.

Die neuen Stahlherstellungsverfahren versetzten dem alten Puddelverfahren den Todesstoß. Im Februar 1870 erlosch Bessemers Patent, und damit fiel die hohe Lizenzgebühr von 1 Pfund Sterling je Tonne fort, die bis dahin die Verbreitung des Verfahrens gehemmt hatte. Nun ging die Puddeleisenerzeugung gegenüber dem Bessemerverfahren relativ zurück, wenn sie auch absolut gemessen noch im Steigen war. Von 1882 an nahm die Schweißisenerzeugung in England und in den Vereinigten Staaten ab, während sie in Deutschland noch bis 1889 zunahm, weil man dort kein für das Bessemerverfahren geeignetes Roheisen hatte. Man bemühte sich, das Puddelverfahren durch Einführung mechanisch arbeitender Öfen zu verbessern. Den ersten Maschinenpuddler konstruierte im Jahre 1836 Karl Schafhäütl. Im Jahre 1871 erregte der Trommelpuddelofen des Amerikaners Samuel Danks Aufsehen, während A. Pernot in Frankreich 1874 einen sich drehenden Tellerofen mit geneigtem Herd erfand. Alle Verbesserungen konnten den Rückgang des Puddelverfahrens nicht aufhalten. Die großen Hüttenwerke legten einen Puddelofen nach dem anderen still, und heute wird nur noch auf einzelnen kleinen Werken Spezialeisen gepuddelt. Die schwere körperliche Arbeit an den Puddelöfen hörte damit zum Wohle der Arbeiterschaft fast ganz auf.

BESSEMERVERFAHREN

In den Bessemereien wurde das Roheisen anfänglich in Flammöfen eingeschmolzen (Abb. 203). Erst 1867 führte man Kuppelöfen ein. In Schweden arbeitete schon Göransson mit flüssigem Einsatz, das Verfahren scheint sich aber wegen der ungleichmäßigen Zusammensetzung der Hochofenabstiche schlecht bewährt zu haben, denn nur wenige Werke benutzten es.

Das ursprüngliche Fassungsvermögen der Birnen von 1,5 t erhöhte John Brown auf den Atlaswerken in Sheffield um 1860 auf 3 t, dann auf 5 und um 1870 auf 10 t. Damals war allerdings noch die 5-t-Birne vorherrschend. Besonders schwierig war die Herstellung eines geeigneten Bodens. Angeblich sind die Losböden, die unabhängig für sich hergestellt und fertig eingesetzt werden, 1868 von Alex L. Holley in Amerika erfunden worden, doch reicht ihre Anwendung in Deutschland weiter zurück. Tatsache ist, daß sich Holley große Verdienste um die Ausgestaltung der Bessemereien erworben hat. Unter anderem erleichterte er das Auswechseln der Birnen, indem er sie in einen Tragrings setzte.

Die von Bessemer eingeführte Anordnung der Birnen an der Peripherie der horizontal drehbaren Gießpfanne verließ angeblich zuerst Alfred Krupp beim Bau seiner Bessemerie, die 1860 als erste Deutschlands in Betrieb kam, indem er die Birnen

in einer Reihe aufstellte. Die amerikanischen Stahlwerke übernahmen diese Anordnung. John Fritz verbesserte sie 1873, indem er die Birnen hoch über dem Hüttenflur aufhing und von einer besonderen Bühne aus bediente. Zur Auskleidung der Birnen benutzte man in England den Ganister, ein in der Nähe von Sheffield vorkommendes kieseliges Gestein, das, mit Ton vermennt, hinter Holzschablonen eingestampft wurde. Bald fand man auch in anderen Ländern geeignete kieselige Gesteine.

Zur Beurteilung des Frischvorgangs nach dem Flammenbild benutzte William Bagge in Sheffield 1862 das Spektroskop, worauf Henry E. Roscoe die Bessemerflamme auf dem Atlaswerk von John Brown genauer untersuchte. In Deutschland war es nur auf der Königin-Marien-Hütte bei Zwickau üblich, die Chargen abzufangen. Im allgemeinen arbeiteten die Werke mit Rückkohlung durch Spiegeleisen. Die maschinellen Einrichtungen der Bessemerieen waren anfangs recht unzulänglich. Die Vergrößerung der Chargen zwang dazu, die Gebläsemaschinen für höheren Druck zu bauen. Trotzdem kam es vor, daß das Bad bei ausgebrannten Düsen in den Windkasten lief, oder daß die Gebläsemaschine mitten im Blasen versagte. Auch die Kippvorrichtungen der Birnen waren wenig zuverlässig. Gearbeitet wurde größtenteils auf Schienenstahl, da sich das Bessemerverfahren für die Erzeugung weichen Eisens weniger eignet.

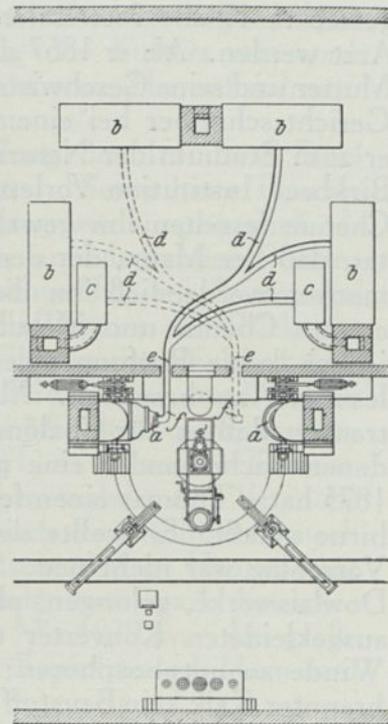


Abb. 203.
Altes Bessemerwerk mit zwei Birnen.
a Birnen,
b Flammöfen,
c Spiegeleisenschmelzöfen
des Gerinne.
Nach Ulrich, Aust und Jänisch in Z. für
Berg-, Hütten- u. Sal.-Wes. Bd. 16 (1868), Taf. 1.

THOMASVERFAHREN

An eine allgemeine Anwendung des Bessemerverfahrens war nicht zu denken, weil dazu nur phosphorfreie Erze geeignet sind, und diese höchstens ein Zehntel aller vorkommenden Eisenerze bilden. Die Reinigung des Roheisens wurde deshalb von vielen Seiten in Angriff genommen. 1867 schüttelte Lowthian Bell das phosphorhaltige Roheisen in einem trogförmigen Behälter mit eisenoxydreichen Stoffen, wie Hammerschlag, Frischschlacke und Eisenerz. Bei der niedrigen Temperatur bildete sich, wie im Puddelofen, eine phosphorsäurehaltige Schlacke, und der Phosphorgehalt des von Bell benutzten Cleveland Eisens sank von 1,5 auf 0,22%. Um die gleiche Zeit erhielt Alfred Krupp ein Patent auf seinen damals viel besprochenen „Waschprozeß“, der in der Behandlung von flüssigem manganhaltigem Roheisen mit manganhaltigen Erzen in einem drehbaren Puddelofen bestand. Die Reinigungsverfahren verschwanden, als der Engländer Thomas den Weg zur Entphosphorung in der Bessemerbirne fand. Sidney Gilchrist Thomas¹⁾ wurde 1850 zu Canonbury bei London geboren. Sein Vater war ein Waliser, während seine Mutter aus Schottland stammte. Der auf-

¹⁾ Memoir and Letters of Sidney Gilchrist Thomas, London 1891.

geweckte Knabe interessierte sich lebhaft für die Naturwissenschaften und wollte Arzt werden. Als er 1867 das Studium beginnen wollte, starb sein Vater. Um seine Mutter und seine Geschwister unterhalten zu können, gab er seinen Plan auf und wurde Gerichtsschreiber bei einem der Londoner Polizeigerichte. Seine Freizeit benutzte er zum Studium der Naturwissenschaften, besonders der Chemie. 1870 hörte er am Birkbeck Institution Vorlesungen über Chemie. Die großen Fragen der technischen Chemie fesselten ihn gewaltig. Als Professor Chaloner eines Tages den Ausspruch tat, daß der Mann, der den Phosphor beim Bessemerverfahren entfernt, sein Glück machen werde, ließ ihn dieser Gedanke nicht mehr los. Mit Feuereifer studierte er nun Chemie und Metallurgie an der School of Mines bei Percy; er konnte hier jedoch keine Prüfung ablegen, da er keine Zeit hatte, alle vorgeschriebenen Vorlesungen zu besuchen. Mit dem Eisenhüttenwesen wurde er dadurch noch vertrauter, daß er für Chaloners Zeitschrift „Iron“ Berichte und Aufsätze schrieb, von denen nacheinander eine große Anzahl erschienen ist.

1875 hatte Thomas einen festen Plan zur Entfernung des Phosphors in der Bessemerbirne gefaßt. Er wollte die Birne mit Kalk ausfüttern und Kalk zuschlagen. Der Vorschlag war nicht neu. Schon 1872 war es Geo S. Snelus, dem Chemiker der Dowlaiswerke, gelungen, phosphorhaltiges Roheisen in einem mit gebranntem Kalk ausgekleideten Konverter unter gleichzeitigem Einblasen von Kalkstaub mit dem Winde zu entphosphoren; die praktische Ausführung scheiterte aber daran, daß gebrannter Kalk kein Baustoff ist. Thomas überredete seinen Vetter Percy C. Gilchrist, der in Südwalles Hüttenchemiker war, praktische Versuche anzustellen. Bei den ersten Versuchen auf dem Werk Blaenavon wurde das Kalkfutter mit Wasserglas eingebunden. 1877 nahm Thomas ein Patent auf sein Verfahren. Er faßte seine Ansprüche so geschickt ab, daß diese später nicht umgangen werden konnten. Das Werk Blaenavon unterstützte seine Versuche, nachdem der Direktor desselben, Edward Martin, von diesen Kenntnis erhalten hatte.

Im März 1878 sprach Lowthian Bell in der Frühjahrsversammlung des Iron and Steel Institute über die Abscheidung des Phosphors. Am Schlusse der Besprechung, die sich an den Vortrag anknüpfte, erhob sich Thomas und sagte: „Es dürfte den Anwesenden interessant sein, zu hören, daß es mir mit Unterstützung von Herrn Martin zu Blaenavon gelungen ist, den Phosphor in der Bessemerbirne ganz zu entfernen. Natürlich wird diese Behauptung ein ablehnendes Lächeln erwecken, und die Herren werden mir kaum glauben, aber ich habe die Ergebnisse von hundert und aber hundert Analysen von Herrn Gilchrist. Dieser hat die Versuche fast alle geleitet, bei denen wir mit kleinen Mengen von 6 Pfund bis zu 10 Zentnern aufwärts gearbeitet haben. Die Ergebnisse entsprechen alle der Theorie, von der ich ausgegangen bin; sie zeigen, daß im ungünstigsten Falle 20% Phosphor entfernt wurden und im günstigsten 99,9%. Wir hoffen, daß wir jetzt die technischen Schwierigkeiten überwunden haben, die bisher im Wege standen.“ Wie Augenzeugen berichten, lachte die Versammlung nicht, noch beglückwünschte sie den Erfinder. Sie beachtete seine Worte überhaupt nicht. Das Auftreten des unbekanntenen jungen Mannes, der sich anmaßte, eine Aufgabe gelöst zu haben, die die führenden Metallurgen für unlösbar hielten, mißfiel ihr.

Thomas ertrug die Ablehnung mit gelassener Ruhe und machte weitere Versuche mit Portlandzement, hydraulischem Kalk und allen möglichen Bindemitteln, darunter

auch mit Teer, den kurz vorher bereits M. E. Riley zu diesem Zwecke vorgeschlagen hatte. Besonders brauchbar fand Thomas die Herstellung des Futters aus stark gebranntem Dolomit, der mit möglichst wenig Ton vermischt war. Hierauf nahm er 1878 sein zweites Patent.

Im September desselben Jahres fand die Herbstversammlung des Iron and Steel Institute in Paris anlässlich der dortigen Weltausstellung statt. Hierzu hatte Thomas einen Vortrag über seine Erfindung angemeldet. Der Vortrag war ursprünglich als einer der ersten auf die Liste gesetzt, wurde aber wegen der unbedeutenden Persönlichkeit des Vortragenden weiter ans Ende verschoben, und schließlich aus Zeitmangel von der Tagesordnung abgesetzt. Auch diesen Schlag nahm Thomas mit Rücksicht auf seine Patentanmeldungen ruhig hin. Und doch brachte Thomas einen Erfolg heim: er lernte auf einer Besichtigungsreise nach Creusot Windsor Richards, den Direktor des großen Eston-Stahlwerks von Bolckow, Vaughan & Co. bei Middlesbrough, kennen. Dieser lud ihn ein, die Versuche bei ihm zu wiederholen. Dort gelang es Thomas, aufs reichste unterstützt, die letzten Schwierigkeiten zu überwinden. Die Versuche im Großbetrieb ergaben jetzt, daß beim Thomasverfahren noch ein Nachblasen nach vollendeter Entkohlung nötig ist. Hierauf nahm Thomas sein drittes Hauptpatent (deutsches Patent vom 10. April 1879). Die auch von Ausländern stark besuchte Frühjahrsversammlung des Iron and Steel Institute am 8. Mai 1879 war der große Tag, an dem Thomas das Verfahren als etwas Fertiges und Erprobtes schildern und vorführen konnte.

Thomas hatte bis dahin seine bescheidene Berufsstellung, unbeirrt durch lockende Träume von Glanz und Reichtum, beibehalten und sein Doppelleben als kleiner Beamter und erfunderischer Gelehrter fortgesetzt. Als aber die Versuche in Middlesbrough Erfolg zeigten, gab er notgedrungen seinen Beruf auf, um sich ganz seiner Erfindung zu widmen. Überall fand er reiche Anerkennung. In Amerika wurde er als großer Erfinder geehrt und von Carnegie gefeiert. Sir Henry Bessemer überreichte ihm persönlich die goldene Bessemermedaille. Die Erfindung brachte ihm und seinen Mitarbeitern ein großes Vermögen ein. Als seine Vorläufer Snelus und Riley Ansprüche erhoben, unterwarf er sich dem Schiedsspruch von Sir William Thompson (Lord Kelvin). Dieser verteilte die Einkünfte aus der Erfindung wie folgt:

	Für England:	Für Amerika:
Die Gruppe Thomas, Gilchrist und Bolckow	65 %	65 %
Snelus	22,5 %	20 %
Riley	12,5 %	15 %

An sich waren die älteren Patente für Thomas ungefährlich, da seine Patentansprüche zu geschickt abgefaßt waren. Auch das Deutsche Patentamt, das früher so oft gegen den Geist der Technik gesündigt hatte, erkannte die Neuheit des Verfahrens an und wies in den denkwürdigen Sitzungen vom 21. und 22. November 1879 alle neun Einsprüche und alle fünf Nichtigkeitsklagen ab, soweit sie den wesentlichen Inhalt der Thomaspatente berührten.

Es war Thomas nicht lange beschieden, die Früchte seiner Arbeit zu genießen. Das unheilbare Leiden der Schwindsucht zehrte an ihm. Nachdem er auf einer Weltreise und in tropischen Ländern vergebens Genesung gesucht hatte, starb er im November 1884 zu Paris, ruhig und still, wie er gelebt hatte. Auch in der Zeit des Glanzes und der

Erfolge blieb er stets ein einfacher, bescheidener Gelehrter. Sein Vermögen verwendete er für seine Angehörigen und zur Unterstützung wohltätiger Anstalten. — Gilchrist gründete zur Ausnutzung der Erfindung gemeinsam mit Thomas ein Stahlwerk bei Middlesbrough, die North-Eastern Steel Co., das 1883 in Betrieb kam. Infolge Überanstrengung starb er in geistiger Umnachtung.

Das Thomasverfahren wurde sofort vom Ausland aufgegriffen. Der Altmeister Peter Tunner war einer der ersten, der die große Bedeutung desselben namentlich für die Herstellung von Qualitätsflußeisen erkannte. Der damalige Adjunkt an der Bergakademie in Leoben, Joseph Gängl von Ehrenwerth, entwickelte in lichtvoller Weise die Theorie des basischen Verfahrens. Er stellte fest, daß der Phosphor beim Thomasverfahren eine ähnliche Rolle für die Wärmeerzeugung spielt wie das Silizium beim Bessemern, und wies durch Rechnung nach, daß die durch Verbrennung des Phosphors erzeugte Wärme ausreicht, das Eisenbad flüssig zu erhalten.

Schon am 26. April 1879 schlossen die Rheinischen Stahlwerke in Meiderich durch Direktor Gustav Pastor und der Hörder Verein durch Direktor Joseph Massenez mit den

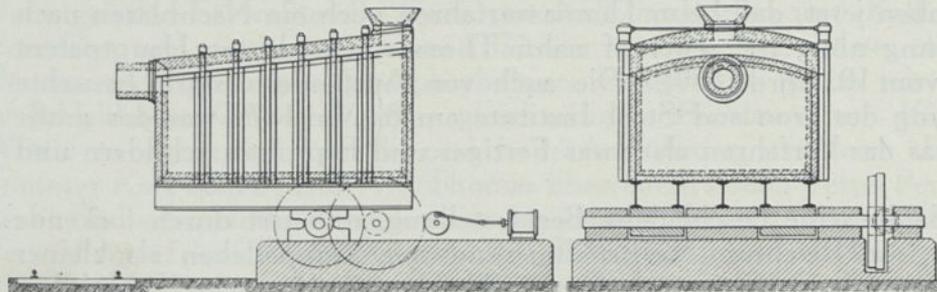


Abb. 204. Roheisenmischer von Jones.

Nach E. Langheinrich in Stahl und Eisen 21 (1901), S. 1099.

Erfindern einen Vertrag, der sie zu Generalagenten für Deutschland machte. Am 22. September 1879 wurden gleichzeitig die ersten Thomaschargen in Hörde und Meiderich erblasen.

Damit begann Deutschlands führende Rolle in der Ausbildung des Thomasverfahrens. Während man in England glaubte, das Roheisen für das basische Verfahren müsse Silizium enthalten, ging man in Hörde zur Verwendung von „weißem Bessemereisen“ über und verringerte dadurch den Eisenabbrand. So erst wurden die wirtschaftlichen Vorteile des Verfahrens ausgenutzt, denn die niedrigeren Gestehungskosten des Thomasroheisens glichen die höheren Betriebskosten des Thomasstahlwerks mehr als aus. Da es den englischen Werken nicht gelang, aus ihrer verhältnismäßig phosphor- und manganarmen, aber schwefelreichen Beschickung ein geeignetes Thomasroheisen zu erblasen, gelangte das Thomasverfahren trotz aller Bemühungen von Gilchrist dort nicht zur allgemeinen Einführung.

Zur Herstellung des Birnenfutters wurden später nur noch totgebrannter Dolomit und wasserfreier Teer benutzt. Die Anfertigung der Böden wurde vereinfacht, als 1885 Bruno Versen in Dortmund seine Stampfmaschine erfand. Während man in Amerika bei Birnen von 10 bis 12 t Inhalt stehen blieb, arbeitete man in Deutschland schon 1884 mit 14-t-Birnen. Im Jahre 1900 war man bei 20 t angekommen, und 1911 gab es sogar Birnen von 30 t Inhalt, während die Durchschnittsgröße 25 t betrug.

Die unmittelbare Verarbeitung des Roheisens wurde 1889 von W. R. Jones auf dem Edgar-Thomson-Werk durch Zwischenschaltung eines Mixers von 80 t Inhalt verbessert (Abb. 204). In Hörde hatte Gustav Hilgenstock beobachtet, daß das Roheisen

bei seinem Transport zu dem 1 km entfernten Stahlwerk Schwefel verliert unter Abscheidung einer manganreichen Schlacke. Ohne Kenntnis des Jonesschen Mischers baute er 1890 ein Gefäß, um das Roheisen darin abstehen zu lassen. Massenez traf ein Abkommen mit Jones und vereinigte die beiden Verfahren des Mischens und Entschwefelns in einem Patent. Um 1900 kamen in Amerika die Walzenmischer auf.

Der erste dampfhydraulische Gießwagen wurde 1881 in Peine aufgestellt, auf Grund eines amerikanischen Vortrages von Holley über die zweckmäßige Anordnung der Thomaswerke, während man in Amerika selbst bei verbesserten Drehkränen blieb. Auf den Maryland-Stahlwerken bei Baltimore führte man 1892 das Gießen auf fahrbaren Blockformwagen ein, was sich auch auf den europäischen Stahlwerken verbreitete. Maschinen zum Ausdrücken der Blöcke aus den Kokillen, sogenannte Stripper, wurden Ende der 90er Jahre zuerst in Amerika benutzt und kamen von dort um 1900 nach Europa. 1881 erfand John Giers in Middlesbrough die Durchweichungsgruben, die er auch fahrbar machte. Die Gruben wurden später für kalteingesetzte Blöcke geheizt.

Das Thomasverfahren war in erster Linie zur Herstellung weicher Eisensorten geeignet. Durch Darbys Erfindung der Rückkohlung mit festem Kohlenstoff im Jahre 1888 erhielt es auch für die Herstellung von Schienenstahl Bedeutung. In neuerer Zeit führt man die Rückkohlung durch Spiegeleisen und Ferrosilizium aus.

Schon Thomas kannte den Düngewert der Phosphorsäure der Thomasschlacke, aber seine Versuche zur Gewinnung der Phosphorsäure scheiterten. 1884 löste der Apotheker G. Hoyer mann in Hoheneggelsen die Aufgabe der Verarbeitung der Schlacke auf Düngemittel, indem er Thomasschlacke von Peine fein vermahlte. Aber erst als die Agrikulturchemie unter M. Fleischer, M. Märker und P. Wagner ihre Unterstützung lieh, und der Handel mit Thomasmehl durch die 1885 auf Professor Wagners Bestreben eingeführte Bewertung nach dem Gehalt an zitratlöslicher Phosphorsäure eine sichere Grundlage erhielt, gelang es, dem Thomasmehl die ihm gebührende Stellung zu verleihen.

SIEMENS-MARTIN-VERFAHREN

Die Entwicklung der Gaserzeuger zeigt keine Einheitlichkeit, weil die Brennstoffe für eine Normalbauart zu verschieden sind. Der Ausgangspunkt des heutigen Gaserzeugerbaues ist der Schrägrostgaserzeuger von Wilhelm Siemens. Abb. 205 zeigt diesen in der älteren Bauart, bei der vier Gaserzeuger zu einem Block vereinigt sind. Die Siemens-Gaserzeuger arbeiteten mit natürlichem Zug und mußten deshalb unter Flur aufgestellt werden. Wegen dieses Übelstandes kehrte man bald wieder zum Betrieb mit Unterwind zurück. 1881 erfand der Engländer Emerson Dowson das Mischgas. 1893 baute Blezinger den Schrägrost zum Korbrost aus (Abb. 206). Der Aschenraum seines Gaserzeugers war durch einen heb- und senkbaren Blechmantel mit beiderseitiger Wasserabdichtung verschlossen. Die Windzufuhr erfolgte durch Schlitze in den hohlen Tragsäulen. Einfacher waren die von E. L. Duff in Liverpool eingeführten Gaserzeuger mit Innendüse und Wasserabdichtung. Die ersten Apparate dieser Bauart hatten einen Sattelrost, während man später Kegelroste verwendete. Der Amerikaner Morgan erfand einen Gaserzeuger mit selbsttätiger Beschickung. Viele Versuche wurden unternommen, um die Stocherarbeit ebenfalls selbsttätig zu gestalten.

Beispielsweise baute Talbot einen durch Druckwasser heb- und senkbaren Rührarm mit Wasserkühlung ein. Keiner der vorgeschlagenen Apparate bewährte sich. Dagegen löste Taylor 1893 die Aufgabe der selbsttätigen Schlackenaustragung. 1903 erfand

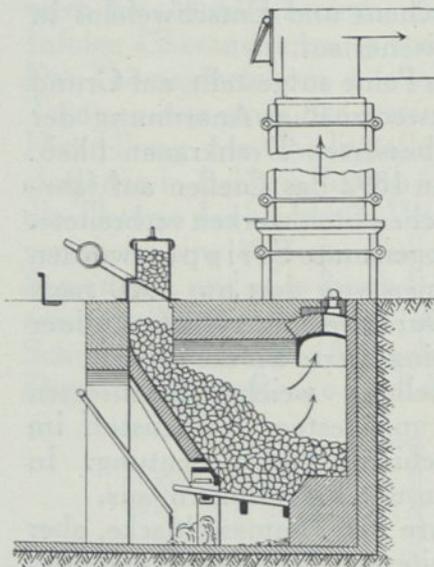


Abb. 205.

Siemens' Schrägrostgenerator. 1861.
Nach C. William Siemens: Einige wissenschaftl.-
techn. Fragen der Gegenwart. Berlin 1879, Taf. 1.

Große Bedeutung erlangte in Amerika seit 1870 die Verwendung von Naturgas. Dort verbesserte 1874 Strong in Phoenixville auch das anfänglich in Retorten und 1859 von Kirkham in England zuerst in Öfen hergestellte Wasser- gas. Dieses wurde 1885 in Lilianberg (Amerika) und bald darauf auch in Witkowitz (Mähren) zur Martinofen- beheizung verwendet. 1910 begann die Hubertushütte in Oberschlesien, dem Generatorgas Koksofengas zuzusetzen. Seit dieser Zeit hat die Verwendung von Koksofengas, auch mit Hochofengichtgas vermischt, in den Martinwerken großen Umfang erreicht.

Viel Kleinarbeit war nötig, um den Siemens-Martin-Ofen so umzubauen, daß er den Betriebsanforderungen genügte. Der Erfolg der Martins beruht nicht zum wenigsten darauf, daß sie bei Sireuil einen vorzüglichen feuerfesten Sand zur Auskleidung ihrer Öfen gefunden hatten. Auch die englischen Stahlwerke verwendeten anfänglich diesen Sand, bis sie zu kalkgebundenen Silikasteinen übergingen, die zuerst aus den Dinasquarzfelsen in Südwalles hergestellt wurden und daher den Namen Dinassteine erhielten.

Die Amerikaner glaubten anfangs, daß das Siemens-Martin-Verfahren eine gründliche Durchmischung verlange, und benutzten einen mit Regenerativheizung versehenen

Kerpely in Donawitz seinen Drehrostgaserzeuger und brachte damit die Entwicklung der Gaserzeuger zu einem vorläufigen Abschluß.

Die Bestrebungen zur Gewinnung von Nebenerzeugnissen beim Gaserzeugerbetrieb begannen Ende der 80er Jahre mit den Versuchen des nach England ausgewandertendeutschen Chemikers Ludwig Mond, durch Herabsetzung der Temperatur des Gaserzeugers durch Einblasen großer Mengen Wasserdampf den größten Teil des in der Kohle enthaltenen Stickstoffs als Ammoniak zu gewinnen. In England gelang es Mond's Tatkraft, großartige Anlagen zu schaffen, während sich das Verfahren auf dem Festlande kaum einfuhrte. In Deutschland kamen erst während des Weltkrieges ähnliche Verfahren auf, die aber in erster Linie bezweckten, Teer zu gewinnen. In den 70er Jahren wurden die alten Hochofengaserzeuger mit Koksbetrieb und Schlackenabstich noch viel benutzt; sie gerieten dann in Vergessenheit, bis sie 1907 in Frankreich als „Abstichgaserzeuger“ wieder auftauchten.

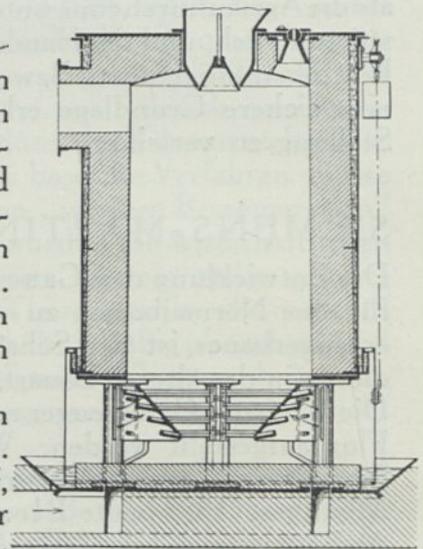


Abb. 206. Blezinger-Generator. 1893.
Nach Fr. Springorum in Stahl und Eisen 17
(1897), S. 396.

Pernotofen. 1889 kam der kippbare Siemens-Martin-Ofen von H. H. Campbell auf (Abb. 207). Während sich dieser Ofen durch Rollen auf einer kreisbogenförmigen Bahn um seine Achse drehte, baute Samuel T. Wellman die Bahn geradlinig horizontal, so daß der Ofen beim Kippen vorrollte. In der Vergrößerung des Fassungsvermögens der Siemens-Martin-Öfen ging Amerika voran.

Wie das Bessemerverfahren wurde auch das Siemens-Martin-Verfahren anfänglich mit zu großen Hoffnungen begrüßt. Bei der von P. Martin angegebenen Betriebsweise eignete es sich nur zum Einschmelzen von Schrott und Abfällen der Walzwerke, die man aber auch anderweitig verwerten konnte. Das Anwendungsgebiet des Siemens-Martin-Ofens wurde durch die Einführung des basischen Verfahrens wesentlich erweitert. Auffallend ist, daß die basische Zustellung nicht patentiert wurde. Es liegt dies daran, daß die ersten Versuche in Alexandrowsky bei Petersburg im Jahre 1879 sofort in einer Zeitschrift veröffentlicht wurden. Besondere Verdienste um den Bau der basischen Siemens-Martin-Öfen erwarben sich die Werke Le Creusot und Terre-noire. Anfänglich stellte man den Herd aus Dolomit und Teer her, behielt aber das Gewölbe aus Dinassteinen bei, da sich dieses nicht aus basischem Material herstellen läßt. Als nun an der Berührungsstelle zwischen dem basischen Herd und dem sauren Gewölbe Anfrassungen auftraten, schaltete man Bauxit und Graphit als Trennungslage dazwischen, hatte jedoch keinen Erfolg. Brauchbar erwies sich erst der von A. Pourcel in Terre-noire eingeführte Chromeisenstein. Pourcel ging auf Grund dieser günstigen Ergebnisse dazu über, den ganzen Herd aus Chromeisenstein herzustellen, aber das Material war zu teuer. In Creusot setzte man die Versuche mit basischen Herden fort und gelangte 1880 mit Magnesitböden zu leidlichen Ergebnissen. Die Einführung des vorzüglichen Veitscher Magnesits gegen Ende der 80er Jahre war ein wesentlicher Fortschritt.

Nach Überwindung der technischen Schwierigkeiten erlangte die Herstellung von basischem Siemens-Martin-Flußeisen große Bedeutung. Besonders geeignet war der Ofen zur Herstellung weicher Eisensorten.

Der Verarbeitung größerer Roheisenmengen stand die geringe Frischwirkung des Martinofens hemmend entgegen. In Witkowitz frischte man das Roheisen seit 1882 in einer sauren Birne vor und goß es dann in einen basischen Siemens-Martin-Ofen. Der hohe Abbrand machte dieses „Duplexverfahren“ unwirtschaftlich. Aus den Erzstahlversuchen von Wilhelm Siemens war die Anregung hervorgegangen, Stahl im Herdofen aus Roheisen und Erz herzustellen. Schon 1854 hatte Franz Uchatius in Österreich auf diese Weise Tiegelstahl erschmolzen; das Verfahren hatte Aufsehen erregt, sich aber nicht gehalten. Nun erwies sich das Erzverfahren als der einzige Weg, um Roheisen im Martinofen zu frischen, allerdings wurden die technischen Schwierigkeiten nur langsam überwunden. 1893 begann das Siemens-Martin-Werk in Donawitz mit dem flüssigen Einsatz.

Bei phosphorreicherem Roheisen kann die Schlackenmenge so groß werden, daß die Frischwirkung der Eisenerze infolge der starken Verdünnung aufhört und es schwierig

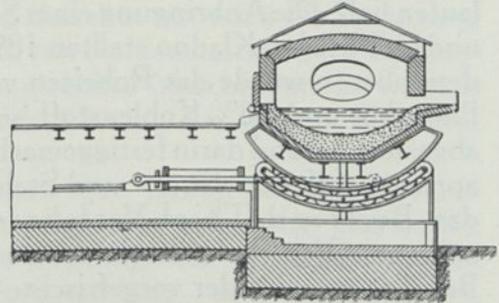


Abb. 207. Kippbarer Martinofen von Campbell.
Nach F. W. Harbord:
The Metallurgy of Steel, London 1904, S. 144.

wird, bei hochphosphorhaltiger Schlacke den Phosphorgehalt des Stahls genügend herunterzuarbeiten. Man muß dann mit Schlackenwechsel arbeiten. Den kürzesten Weg ging Morrel in Pittsburgh, indem er die Schlacke beim Kochen über die Türschwelle laufen ließ. Die Anbringung eines Schlackenabstiches bewährte sich nicht. E. Bertrand und O. Thiel in Kladno stellten 1895 zwei Siemens-Martin-Öfen übereinander auf. In dem oberen wurde das Roheisen von 1,3% Phosphor und 3,5% Kohlenstoff auf 0,6% Phosphor und 1,8% Kohlenstoff heruntergefrischt. Dann wurde es in den unteren Ofen abgestochen und darin fertiggemacht. Oft benutzte man auch den Mischer als Vorfrischapparat. Auf dem Eisen- und Stahlwerk Hoesch in Dortmund benutzte man anfangs das Bertrand-Thiel-Verfahren, wobei man das Eisen mit einer Pfanne in den anderen Ofen beförderte. Hieraus entwickelte sich 1905 das Hoeschverfahren. Bei diesem wird der vorgefrischte Ofeninhalt zuerst in die Pfanne abgestochen, wobei die Schlacke über den Rand abfließt. Dann wird das Vorerzeugnis in denselben Ofen zurückgegossen und darin fertiggemacht. Die beiden Vorgänge wirken ausgleichend, so daß der Ofen weniger leidet als beim Bertrand-Thiel-Verfahren.

Nach einem anderen Grundsatz arbeitet das von Benjamin Talbot in Leeds erfundene Verfahren. Bei diesem wird immer nur ein Drittel des Herdinhalts entleert. Infolgedessen bleibt die Temperatur dauernd hoch, und eine rasche Reaktion tritt ein. Das Verfahren wurde zuerst 1898 in Pencoyd (Amerika) angewendet. 1902 kam in England der erste Talbotofen in Frodingham in Betrieb, während auf dem Festland Witkowitz das erste Werk war, das dauernd zum Talbotverfahren überging. Allerdings waren die Anlagekosten hoch, da die erforderlichen Öfen sehr groß sind. Die ersten Talbotöfen faßten bereits 75 t Stahl, und heute ist man bei fast 300 t angekommen.

Der Erzprozeß machte das Siemens-Martin-Verfahren zur Massenerzeugung brauchbar. Es entwickelte sich zu einem Roheisenfrischverfahren, das in den letzten Jahren sogar die Erzeugungszahlen des Bessemer- und Thomasverfahrens überflügelte. Wenn die „Nachricht vom Tode des Thomasverfahrens auch stark übertrieben“ war, wie ein Hüttenmann scherzend den bekannten Ausspruch Marc Twains umänderte, so bereitet der Herdofen doch der Thomasbirne einen immer stärker werdenden Wettbewerb.

Großartige Verbesserungen wurden in der Ausrüstung der Siemens-Martin-Werke mit Bedienungsmaschinen geschaffen. Die erste Beschickmaschine baute S. T. Wellman 1887 in Cleveland (Ohio) als durch Druckwasser bedienten Laufkran. 1894 versah er die Maschine mit elektrischem Antrieb und ließ sie auf einem Schienengleise vor den Öfen laufen. Als man in den Siemens-Martin-Werken später alle Lasten nur noch mit Laufkränen beförderte, um den Flur freizuhalten, ging man zu elektrischen Beschickkränen über. Die mangelhafte Wärmewirtschaft der Siemens-Martin-Öfen wurde durch den Einbau von Abhitzekesteln verbessert, die zuerst 1912 auf den Illinois-Stahlwerken benutzt wurden und besonders in Amerika Verbreitung erlangten.

EDELSTAHLERZEUGUNG

Die Tiegelgußstahlherstellung wurde durch die Einführung der Regenerativheizung verbessert. 1869 kam der erste Regenerativofen bei Krupp in Essen in Betrieb. Die Tiegelöfen wurden nun vergrößert, so daß sie schon 1880 40 Tiegel faßten. Krupp verbesserte den Guß größerer Tiegelstahlblöcke dauernd. Auf der Weltausstellung

in Wien 1853 zeigte er einen aus 1800 Tiegeln gegossenen und dann überschmiedeten Block von 52,5 t Gewicht.

Nach der Erfindung des Siemens-Martin-Verfahrens verdrängte dieses den Tiegelstahl aus den meisten seiner Anwendungsgebiete und ließ ihm nur noch die Erzeugung von sehr hartem Edelstahl, z. B. von Kohlenstoffstahl für Sonderwerkzeuge und sehr hoch beanspruchte Maschinenteile, vielfach in Legierung mit Zusätzen von Chrom, Vanadium, Wolfram, Molybdän.

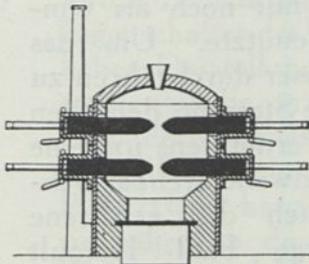


Abb. 208. Pichons elektrischer Ofen. 1853.

Nach W. Borchers: Die elektrischen Ofen. 3. Aufl. Halle 1920, S. 180.

Die Vorschläge zum Schmelzen von Eisen auf elektrischem Wege waren verfrüht, solange man nur schwache elektrische Ströme erzeugen konnte. Eine Wendung trat um die Mitte des Jahrhunderts mit der Erfindung der magnetoelektrischen Maschinen ein. 1853 nahm der Franzose Pichon ein Patent auf einen elektrischen Ofen zur Gewinnung und zum Schmelzen von Metallen, besonders von Eisen. Der Ofen (Abb. 208) war als Schachtofen gedacht, durch dessen Wandungen Kohlenelektroden hindurchgingen, um die Masse zu erhitzen. Die Erfindung der Bogenlampe mit Selbstregelung durch Werner Siemens und Friedrich v. Hefner-Alteneck regte Wilhelm Siemens zum Bau elektrischer Ofen an. Sein vollkommenster Ofen bestand aus einem in Wärmeschutzmasse eingebetteten Tiegel mit wassergekühlter Bodenelektrode. In diese tauchte eine Kohlenelektrode ein, deren Stellung durch ein Solenoid selbsttätig geregelt wurde (Abb. 209). In den einfacheren Ofen nach Abb. 210 schmolz Siemens 10 kg Stahl in einer Stunde und reduzierte Eisen aus Erz. Auch die reine Widerstandsheizung durch Benutzung des Metallbades als Stromleiter ist schon früh vorgeschlagen worden. Da der Widerstand der Metalle aber so gering ist, daß bei den technisch anwendbaren Badquerschnitten und Stromstärken keine genügende Erwärmung eintritt, war der Gedanke in dieser Form vorläufig aussichtslos.

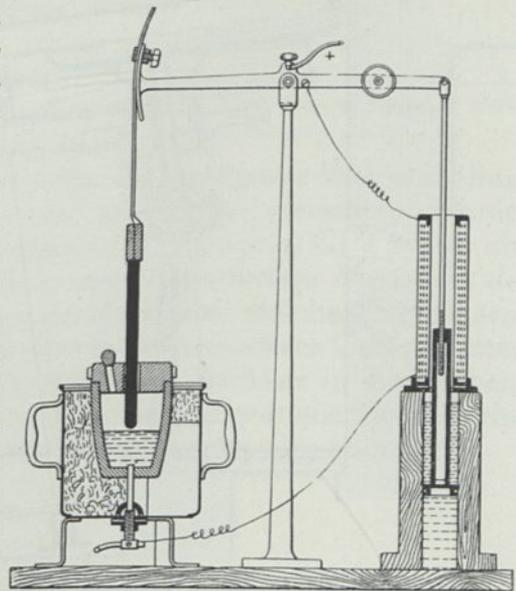


Abb. 209. Lichtbogenofen von Wilhelm Siemens. 1879.

Nach W. Siemens in Stahl und Eisen 1 (1881), S. 241.

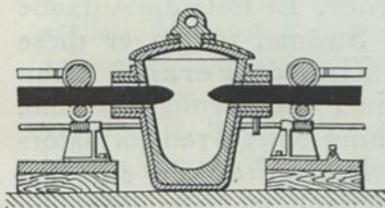


Abb. 210 Lichtbogenofen von Wilhelm Siemens. 1881.

Nach W. Borchers a. a. O., S. 181.

1889 gelang es Dr. Kiliani in Neuhausen am Rheinfl, nach den Patenten von Paul Héroult und C. M. Hall Aluminium auf elektrometallurgischem Wege darzustellen. Als sich nun auch seit 1894 die Kalziumkarbidherstellung entwickelte und damit eine elektrometallurgische Großindustrie entstand, war die Zeit zu neuen Versuchen in der Eisenindustrie gekommen. Der italienische Hauptmann Emilio Stassano beschäftigte sich mit dem Plan, in seinem an Kohlen armen und an Wasserkräften reichen Vaterland

den zur Erzeugung von Kriegsgeräten erforderlichen Stahl auf elektrischem Wege herzustellen. 1898 stellte er zuerst in Rom und dann in Darfo (Lombardei) Versuche mit einem elektrischen Hochofen an. Zu einem brauchbaren Ergebnis gelangte er

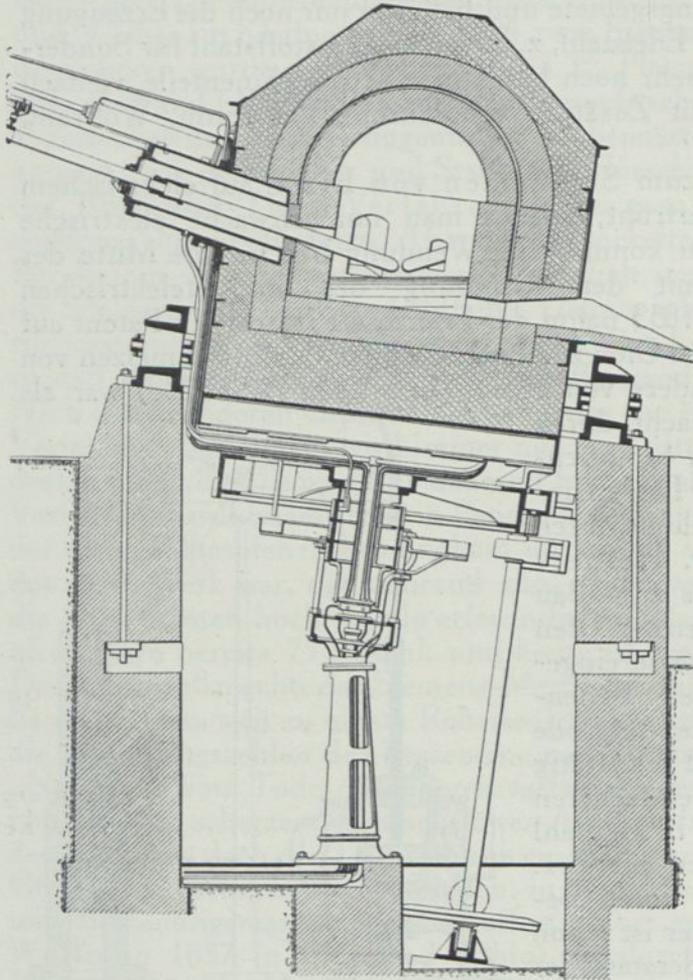


Abb. 211. Stassanos Elektrostahlofen. 1902.
Nach B. Osann in Stahl und Eisen 28 (1908), S. 658.

erst, als er den Schacht entfernte und den Ofen nur noch als Umschmelzofen benutzte. Um das Schmelzgut besser durchrühren zu können, machte Stassano den Ofen nach Art des Pernotofens um eine geneigte Kronenwelle drehbar (Abbildung. 211). Auch der erfahrene Elektrometallurge Paul Héroult wandte sich um diese Zeit dem Stahlschmelzen zu. Im Jahre 1900 nahm er ein Patent auf einen Elektrostahlofen mit zwei senkrecht über dem Bad hängenden Elektroden. Der Lichtbogen sprang von der einen Elektrode durch die Schlackendecke zum Bad über und ging dann von diesem wiederum durch die Schlackendecke zur andern Elektrode weiter. Paul Girod in Ugine (Frankreich) änderte 1906 den Ofen dadurch, daß er den Herd als Gegenelektrode benutzte. Auch diesen Gedanken hatte schon Héroult gehabt, er war aber an der Ausführung des Herdes gescheitert. Girod kam zum Ziel, indem er eiserne Stangen durch den Herd hindurch bis in das Bad ragen ließ, die als Elektroden dienten.

Um die hohen Kosten für den Ersatz der Elektroden und die Verunreinigung des Bades durch Kohlenstoff zu vermeiden, kam im Jahre 1899 der Schwede Fredrik Adolf Kjellin (geb. 1872, gest. 1911) in Gysinge am Dalelf auf das System des Widerstandsofens zurück. Er löste die Aufgabe der Erzeugung und Zuleitung der erforderlichen starken Ströme, indem er diese durch Induktion im Ofen selbst erzeugte, ein Weg, den Ziani de Feranti schon 1887 vorgeschlagen hatte. Kjellins Ofen bestand aus einer kreisförmigen Rinne, die als Herd diente und gleichzeitig die sekundäre Wicklung eines Transformators bildete (Abb. 212). Der Ofen wurde 1906 von Wilhelm Rodenhauser auf den Röchlingschen Eisen- und Stahlwerken in Völklingen (Saar) in eine für die Stahlfabrikation geeignetere Form gebracht, die auch die Verwendung von Drehstrom gestattet.

Neuerdings ist es Grönwall, Lindblad und Stålhane in Domnarfvät (Schweden) nach langjährigen Versuchen gelungen, auch Roheisen wirtschaftlich in einem elektrischen Hochofen herzustellen. Der Kohlenstoffverbrauch beträgt nur 250 bis 300 kg bei einem elektrischen Wirkungsgrad des Ofens von 47 bis 58%.

Große Bedeutung erlangten die legierten Stähle. Angeregt durch die hervorragenden Eigenschaften des Wutzstahlhatten M. Faraday und J. Stodart 1819 Versuche zur künstlichen Darstellung desselben unternommen. Dabei stellten sie die verschiedensten Stahllegierungen her. Besondere Vorteile versprachen sie sich von einem mit Silber legierten Stahl. Auch den zuerst von P. Berthier hergestellten Chromstahl untersuchten sie näher. In den 50er Jahren tauchten dann die Wolfram- und Molybdänstähle auf, um deren Einführung sich besonders Robert Mushet bemühte. Der von der Firma Osborne in Sheffield hergestellte Mushetstahl war ein Selbsthärter und hatte folgende Zusammensetzung: 2% C, 2,5% Mn, 1,3% Si, 5% W, 0,5% Cr. Er wurde in England und Amerika viel benutzt, um auf schweren Werkzeugmaschinen hohe Schnittleistungen zu erzielen. Trotzdem erregte es das größte Aufsehen, als die Bethlehem-Stahlwerke auf der Pariser Weltausstellung von 1900 Sonderstähle im Betrieb vorführten, die alle bisher erreichten Schnittleistungen weit übertrafen. Diese vom Werkstattingenieur Fredric G. Taylor und dem Chemiker Maunsel White erfundenen Stähle kamen als fertige Messer in den Handel; sie enthielten mehr Wolfram und Chrom als die bisher üblichen Selbsthärter und waren bei hoher Temperatur gehärtet, wodurch sie ein besonderes Gefüge hatten. Die europäischen Stahlwerke, an der Spitze das Stahlwerk Böhler in Kapfenberg, schufen nun gleichfalls hochlegierte Stähle, die bei gleicher Schnittleistung einfacher zu behandeln waren und deshalb in den Werkstätten bearbeitet werden konnten.

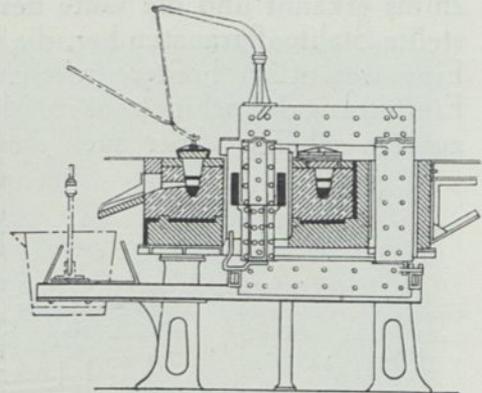


Abb. 212. Kjellins Induktionsofen. 1899.
Nach W. Borchers a. a. O., S. 56.

STAHLFORMGUSS

Während Krupp in der Herstellung größerer Mengen flüssigen Stahls voranging, gelang es einem seiner Wettbewerber, der Gußstahlhütte von Meyer & Kühne in Bochum, unter Jakob Meyers Leitung, den dickflüssigen und schwer schmelzbaren Tiegelstahl in Formen zu vergießen und aus Tiegelstahl unmittelbar Gebrauchsgegenstände herzustellen. Meyer & Kühne gossen 1851 eine Stahlglocke von 2500 kg Gewicht, die sie im folgenden Jahre auf der Düsseldorfer Gewerbeausstellung zeigten. 1854 wurde das Unternehmen in eine Aktiengesellschaft, den Bochumer Verein, umgewandelt und stark vergrößert. Auf der Pariser Weltausstellung von 1855 zeigte das Werk zwei Gußstahlblöcke von je 7500 kg Gewicht sowie große Gußstahlglocken. Die Glocken wurden viel bestaunt, man bezweifelte aber, daß sie aus Stahl bestanden, und es blieb dem Bochumer Verein nichts anderes übrig, als eine der Glocken ausschmieden zu lassen. Die große goldene Medaille war die Belohnung für diesen neuen Fortschritt der Technik.

Auch andere Werke nahmen nun den Stahlformguß auf, beispielsweise das von Fritz Asthöwer im Jahre 1868 in Annen gegründete Gußstahlwerk. In Amerika stellte A. W. Hainsworth in Pittsburgh 1870 den ersten Tiegelstahlguß her. Endlich folgte 1878 auch England nach. Um diese Zeit war man sich über die Metallurgie des Stahlformgusses noch nicht im klaren, und die Ausschußziffern waren hoch. Es ist besonders das Verdienst A. Pourcels in Terre-noire, die Rolle des Mangans und Siliziums erkannt und die Güte des Stahlformgusses verbessert zu haben. Terre-noire stellte Stahlgußgranaten her, die Panzerplatten glatt durchschlugen.

Eine wesentlich breitere wirtschaftliche Grundlage erhielt der Stahlformguß nach Einführung des Schmelzens im Martinofen um 1875, wobei Terre-noire vorangegangen zu sein scheint. Aber auch dann blieb der Stahlguß auf harte Stähle beschränkt,

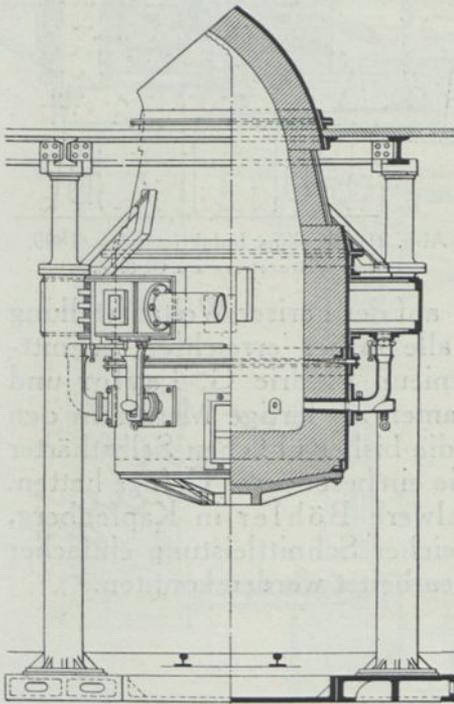


Abb. 213. Clapp-Griffith-Konverter. 1883.
Nach F. W. Harbord a. a. O., S. 70.

und erst als Fritz Asthöwer 1887 bei Krupp in Essen, der das Annener Stahlwerk aufgekauft hatte, den basischen Martinofen einfuhrte, gelang es, auch schwierige Gußstücke wie Steven und Schrauben für den Schiffsbau aus weichem, dem Schmiedeeisen ähnlichem Material zu gießen. Auf der Weltausstellung in Chicago im Jahre 1893 stellte Krupp einen Lokomotivrahmen aus Stahlformguß aus, der großes Aufsehen erregte, obgleich Amerika seit den 80er Jahren guten Stahlformguß, besonders für den Eisenbahnbau, lieferte. Nun entwickelte sich in Amerika eine Massenerzeugung an Stahlformguß, welche die europäische weit hinter sich ließ. Maschinenteile, die in Europa zusammengenietet oder zusammengeschweißt wurden, machte man in Amerika billiger aus Stahlformguß, selbst bei kleinsten Stückgewichten.

Während frühere Versuche zum Erblasen von Stahlformguß im Konverter gescheitert waren, gelang es durch Ausbildung der Kleinbessemerie, brauchbare Ergebnisse zu erzielen. Die andauernde Vergrößerung der Stahlwerksbirnen führte zu einer Gegenströmung. In Schweden stellte man in den 70er Jahren mit kleinen Chargen bis herunter zu 170 kg guten Stahl

her. 1879 arbeitete man in Avesta sogar mit flüssigem Einsatz im Kleinkonverter. 1883 erbauten Clapp und Griffith in Südwalles eine feststehende Bessemerbirne für 1 bis 3 t Einsatz (Abb. 213); Ch. Walrand und E. Légenisel in Paris benutzten dagegen einen kippbaren Kleinkonverter, der von H. L. Robert in Stenay verbessert wurde. Später gab ihm A. Tropenas die heute übliche Form mit hochliegenden Winddüsen, die über das Bad blasen. Besonders Gießereien, die nur gelegentlich Stahlguß herstellen, benutzen vorzugsweise den Kleinkonverter, da dieser sehr heißen Stahl liefert.

Endlich wird in neuester Zeit ein vorzüglicher Formguß, namentlich für dünnwandige Stücke, im Elektrostahlofen hergestellt.

DIE BEARBEITUNG DES FLUSSEISENS

Die Bearbeitung des Flußeisens wurde durch die Verbesserung der Wärm- und Glühöfen erleichtert. Die alten Herdöfen, an denen die Walzer oft stundenlang warten mußten, bis die Pakete und Luppen warm waren, machten leistungsfähigen Regenerativöfen Platz. Aus den Rollöfen zum Glühendmachen der Geschützkugeln, die man früher in Batterien und auf Schiffen hatte, entwickelten sich die durchgehend arbeitenden Roll- und Stoßöfen der Walzwerke.

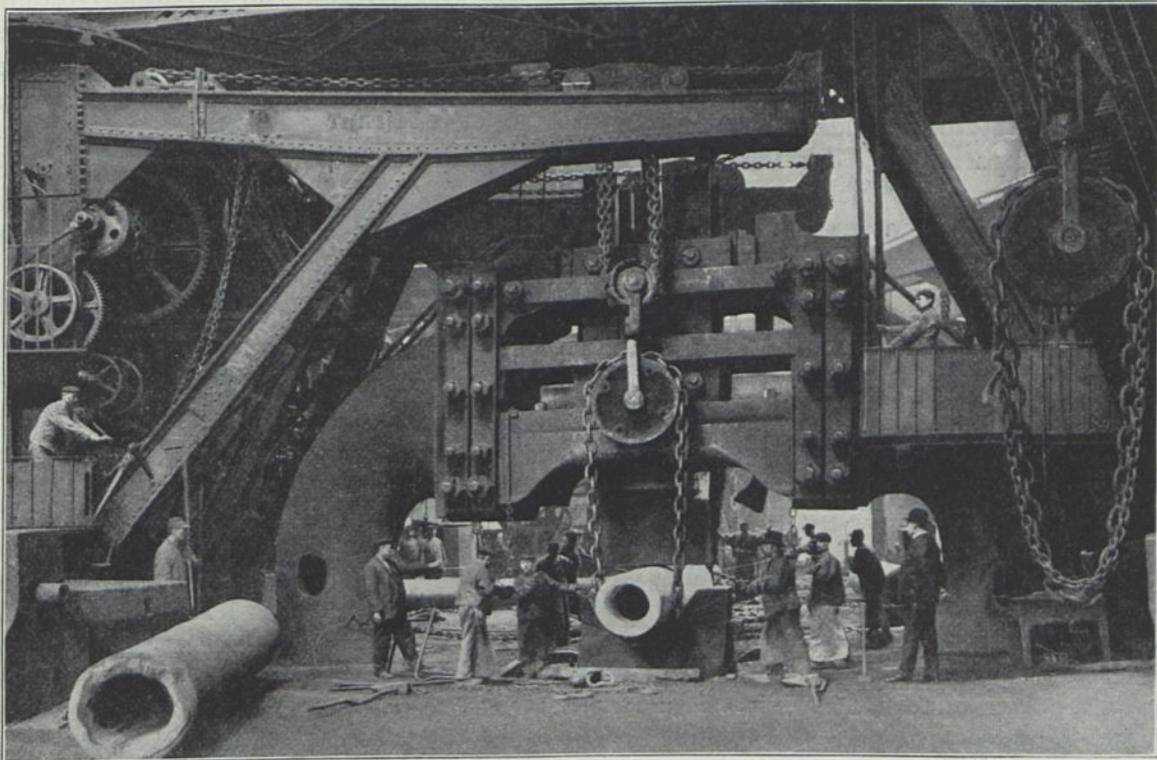


Abb. 214. Hammer „Fritz“.

Nach einem von der Firma Fried. Krupp, A.-G., Essen, zur Verfügung gestellten Lichtbild.

Die Dampfhämmer wurden den wachsenden Gewichten der Stahlblöcke entsprechend dauernd vergrößert. Krupp baute 1861 zum Ausschmieden seiner schweren Gußstahlblöcke einen 50-t-Hammer, den vielbewunderten „Tausend-Zentner-Hammer Fritz“ (Abb. 214). Sein Ruhm ließ das Ausland nicht schlafen. 1865 erbaute Nasmyth zu Patricroft einen 75-t-Hammer, und zu Rive de Gier und Terni entstanden 100-t-Hämmer. Der Hammer in Terni wurde mit Preßluft betrieben. 1891 baute John Fritz für die Bethlehem-Stahlwerke einen 125-t-Hammer. Der Amboß wog 475 t und die Schabotte 1400 t; die gesamte Höhe des Hammers betrug 27,5 m, der Zylinder war 1,9 m weit und hatte 7,3 m Höhe. Der Riesenhammer war aber schlecht gegründet und konnte nur einige Jahre benutzt werden. Damit war auch der Höhepunkt in der Entwicklung der Dampfhämmer überschritten, und die leistungsfähigeren Schmiedepressen traten an ihre Stelle. Nur die kleinen

rasch schlagenden Dampfhämmer behielten noch Bedeutung für die Bearbeitungs-
werkstätten, bis auch sie immer mehr durch Luftdruckhämmer ersetzt wurden.

Die Druckwasserpresse hatte Josef Bramah schon 1796 erfunden; es dauerte
aber ein halbes Jahrhundert, bis man sie zur Eisenbearbeitung heranzog. Auf der
Londoner Ausstellung von 1851 stellten B. Hick & Son in Bolton (England) eine
Presse mit vier Zylindern von insgesamt 2500 t Druckkraft aus, eine technisch brauch-
bare Presse baute aber erst 1861 der Engländer J. Haswell, der in Wien eine Ma-
schinenfabrik betrieb. Er benutzte die Presse zur Herstellung von Lokomotivteilen.
1865 führte Joseph Whitworth in Manchester das Pressen des flüssigen Stahles
während des Erstarrens in der Blockform ein, um blasenfreie Güsse zu erzielen, und
bediente sich hierzu einer Druckwasser-Presse, die mit etwa 1000 und mehr kg je
Quadratcentimeter auf den Block wirkte. Whitworth benutzte 1884 die Druckwasser-
Presse zur Bearbeitung der Gußblöcke für Geschützrohre. Nun begann man auch
andere Blöcke unter Schmiedepressen zu bearbeiten. Die größten Pressen baute
damals die Firma Tannet & Walker in Leeds. Sie lieferte u. a. eine 2000-t-Presse
und später eine 5000-t-Presse für den 1889 in Betrieb genommenen großen Preßbau
von Krupp in Essen. Um diese Zeit nahmen Breuer, Schumacher & Co. in Kalk
bei Köln und Haniel & Lueg in Düsseldorf den Bau von Druckwasser-Schmiede-
pressen auf. Breuer, Schumacher & Co. lieferten 1895 eine 7500-t-Presse mit zwei
Seitenpressen von je 1200 t für die Dillingerhütte (Saar). Eine zweite Presse dieser
Größe ging nach Rußland. Bald darauf baute John Fritz für Bethlehem eine 14000-t-
Presse, der auch in Europa Pressen ähnlicher Leistung folgten.

Nach Erfindung des harten Bessemerstahles mußten die Antriebsmaschinen der Walz-
werke verstärkt werden. Die langsam laufenden Balanciermaschinen wurden durch
liegende Maschinen ersetzt. Anfangs arbeiteten auch diese mit Vorgelege, bis man
zu schneller laufenden, unmittelbar wirkenden Maschinen überging. Da die Kondensatoren
den hohen Umdrehungszahlen nicht gewachsen waren, hängte man sie ab
und arbeitete mit Auspuff. Schlechte Dampfwirtschaft und viele Brüche waren für
die alten Walzenzugmaschinen kennzeichnend. Umkehrmaschinen benutzte man
nicht, sondern versuchte bis Ende der 70er Jahre das Umkehren durch Erfindung
einer Umkehr-(Reversier-)Kupplung zu bewirken. Eine der ersten Umkehrmaschinen
ohne Schwungrad wurde 1865 von J. Ramsbottom in Crewe (England) gebaut.
Während diese Maschine ein Zahnradvorgelege hatte, baute Cockerill 1874 eine
Umkehrmaschine mit unmittelbarem Antrieb der Walzen.

Die Dampfwirtschaft wurde verbessert durch die von A. Trappen 1880 auf der Märki-
schen Maschinenfabrik in Wetter eingeführte Ventilsteuerung. 1881 schickten die Ge-
brüder Stumm in Neunkirchen den Maschinenfabrikanten L. Ehrhardt, den Be-
gründer der Firma Ehrhardt & Sehmer in Saarbrücken, nach England zum Studium
der dortigen Umkehrmaschinen, worauf Ehrhardt seine später weit verbreitete Dril-
lingsmaschine baute.

Die Verbundmaschine kam nach 1870 in Amerika auf. In England entstanden
bald darauf auch die ersten Verbundumkehrmaschinen, deren Leistung aber nicht
befriedigte. 1891 bauten Sack & Kiesselbach in Rath bei Düsseldorf Tandem-
Umkehrmaschinen, bei denen eine rasche Umsteuerung durch ein Stauventil erreicht
wird, das beim Umsteuern den Dampf im Aufnehmer zurückhält. Sack & Kiesselbach,

Ehrhardt & Sehmer sowie Cockerill verbesserten die Verbundmaschinen weiter und gelangten bis zu Leistungen von 20000 PS.

Große Bedeutung erlangte der elektrische Walzantrieb. Dieser war anfänglich nur bei leichten durchlaufenden Walzwerken anwendbar, und erst der Ilgner-Umformer ermöglichte es, schwere Umkehrwalzwerke elektrisch anzutreiben. Carl Ilgner benutzte die vom Amerikaner Leonard zuerst auf der Pariser Weltausstellung vom Jahre 1900 an einer Stufenbahn gezeigte Motorenregelung und wählte zum Ausgleich der Belastungsstöße ein schweres Schwungrad. Nachdem sich das System bei Fördermaschinen bewährt hatte, wurde 1906 auf der Hildegardhütte in Trzynietz die erste elektrische Umkehrstraße gebaut, der bald weitere Anlagen folgten.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurden die Rohluppen noch vorgeschmiedet oder gequetscht. Nach der Erfindung des Bessemerverfahrens wurden die Blöcke unmittelbar zwischen die Blockwalzen gesteckt. Man benutzte damals fast nur die Triostraßen. Diese verbesserte Bernhard Lauth in Birmingham durch Anbringen von Hebetischen mit Rollgängen. Die Grundlage der heutigen Walzwerkstechnik wurde in Amerika geschaffen, und zwar durch die Arbeiten von John und George Fritz¹⁾. 1871 baute George Fritz auf den Cambriawerken eine neue Blockstraße, bei der die Druckwasser-Hebetische mit Rollen versehen waren, die vom Walzwerk aus durch kegelförmige Friktionsräder angetrieben wurden. Die Rollen liefen in der einen Richtung, wenn der Tisch gehoben war, und in der entgegengesetzten, wenn er unten stand. Auf den Bethlehem-Stahlwerken trieb John Fritz die Rollen durch eine besondere kleine Umkehrdampfmaschine an. Ferner versah er die Tische mit einem Kamm zum Kanten und Verschieben der Blöcke. Nach Einführung dieser Hilfsmaschinen verschwand nun das Arbeitergewimmel aus den Walzhütten, das Adolf von Menzel auf seinem berühmten Gemälde verewigt hat.

In Bethlehem hatte das Schienentrio in den 80er Jahren Walzen von 1200 mm Durchmesser und 3 m Länge, in deren 14 Kalibern Blöcke von 400 mm Durchmesser auf 200 mm heruntergewalzt wurden. Das Auswalzen bis zur fertigen Schiene erfolgte in zwei Hitzen und dauerte nur 30 Sekunden. Die Höchstleistung im Schienenwalzen hielt das Edgar-Thomson-Werk mit 725 t Schienen je Tag.

Die schwierige Kalibrierung bei Triowalzwerken und deren verwickelter Bau veranlaßten die europäischen Walzwerksingenieure, zu Duostraßen überzugehen, als betriebssichere Umkehrmaschinen erfunden waren. Am längsten hielten sich die Triostraßen in Amerika, doch auch dort führte man die Duowalzwerke ein, als die Zunahme des Raddruckes bei den Eisenbahnwagen nötigte, immer schwerere Schienen zu walzen.

Die Straßenbahnen erforderten die Herstellung einer Eisenbahnschiene mit einer damit festverbundenen Zwangsschiene. Das Walzen dieser Rillenschienen gelang im Jahre 1880 dem „Phoenix“ in Ruhrort.

Von allen Formeisen erlangte der 1849 von dem französischen Ingenieur Ferdinand Zorès erfundene Doppel-T-Träger die größte Bedeutung. Neben den Profileisen sind die gewalzten eisernen Querschwellen für den Eisenbahnbau zu erwähnen, mit deren Einführung Amerika trotz seines Waldreichtums voranging.

¹⁾ John Fritz: The autobiography. New York 1912.

Im Jahre 1848 erfand Reiner Daelen das Universalwalzwerk, eine Vereinigung von senkrechten und wagrechten Walzen, das er zum Auswalzen von Flacheisen und Platinen auf genaue Breite und Dicke benutzte. 1886 schlug Hugo Sack in Duisburg (später Düsseldorf) vor, das Universalwalzwerk zur besseren Bearbeitung der Flanschen von Doppel-T-Trägern anzuwenden.

Um 1897 begann Henry Grey in Amerika mit dem Walzen breitflanschiger Träger. In Europa wurden diese Träger zuerst in Differdingen (Luxemburg) gewalzt.

Schon früher hatte man versucht, alle möglichen Körper in Walzwerken herzustellen; es sei nur an Polhems Walzwerk für Degenklingen und an Krupps Löffelwalze erinnert. Verdienste um das Walzen von Form- und Ziereisen erwarb sich seit 1886 Louis Mannstaedt in Kalk bei Köln. In den 90er Jahren stellte man auch gewalzte Ketten her, doch genügten diese nicht den Anforderungen.

Es ist unmöglich, alle Fortschritte zu erwähnen, die der Eisenbau im Zeitalter des Flußeisens gemacht hat. Hier sei nur auf die Entwicklung des Brückenbaues hingewiesen. In England, der Heimat der Eisenbrücken, baute man im Jahre 1883 bis 1890 die riesige Firth-of-Forth-Brücke aus Bessemereisen, die später nur durch amerikanische Auslegerbrücken überboten wurde. Auch in Deutschland entwickelte sich der Brückenbau, besonders durch die Arbeiten von Heinrich Gerber. Von eisernen Hochbauten sind zu nennen die um 1890 aufgekommenen amerikanischen Wolkenkratzer und besonders das kühne Wahrzeichen der Pariser Weltausstellung von 1889, der 300 m hohe aus Siemens-Martin-Stahl erbaute Eiffelturm.

Der wichtigste Fortschritt in der Blechfabrikation war die Einführung der Brammenwalzwerke an Stelle der früher üblichen Hämmer. Die treibende Kraft für die Vergrößerung der Grobblechwalzwerke war die Entwicklung des Dampfkessel- und des Eisenschiffbaues. Schon John Wilkinson hatte sich eiserne Prähme gebaut. 1810 beschäftigte sich R. Trevithik mit dem Problem des Eisenschiffbaues. 1818 wurde das erste Eisenschiff ausgeführt, aber es dauerte selbst in England, dem Eisenlande, lange, bis das Eisen den Holzschiffbau verdrängte. Die geringe Nachgiebigkeit des Eisens bei Grundberührungen und seine rasche Zerstörung in südlichen Gewässern schreckten die Schifffahrtskreise ab. Erst die allgemeine Einführung stärkerer Schiffsdampfmaschinen zwang um die Mitte des Jahrhunderts, vom Holzbau abzusehen, da dieser den Erschütterungen durch Maschine und Schraube nicht gewachsen war. Nun wurde ein hölzerner Dampfer geradezu lächerlich. Großartig entwickelte sich der Eisenschiffbau in England. Dieses überflügelte damit das ihm um 1850 im Schiffbau doppelt überlegene Amerika. Bis 1878 wurde nur Schweiß-eisen verwendet. Dann ließ Lloyds Register auch weiches Siemens-Martin-Flußeisen zu. In den 90er Jahren ging man zu basischem Stahl über.

In Eisen ließen sich Schiffe bis zu den größten Abmessungen bauen. Wenn auch Clark Russels „Great Eastern“ von 24 000 t Wasserverdrängung Ende der 50er Jahre ein allzu kühner Vorstoß war, nahm die Größe der Ozeandampfer doch dauernd zu. 1881 veranlaßte Admiral v. Stosch die deutschen Schifffahrtsgesellschaften, ihre Schnelldampfer deutschen Werften in Auftrag zu geben. Nun begann ein Wettbauen zwischen den englischen und den deutschen Werften, bei dem Größe und Geschwindigkeit der Schiffe fortwährend erhöht wurden. Schließlich wurden die Maschinenanlagen so groß und die Schiffe damit so unwirtschaftlich, daß die deutschen Reedereien den

Engländern das „Blaue Band des Ozeans“ überließen und nur noch die Größe der Schiffe steigerten. Zur führenden deutschen Schnelldampferwerft entwickelte sich der Stettiner Vulkan. Die geringe Wassertiefe der Ostsee und ihrer Zufahrtswege zwang den Vulkan, seinen Betrieb nach Hamburg zu verlegen, wo seit 1900 die Dampfer „Imperator“, „Vaterland“ und „Bismarck“ gebaut wurden, die heute auch unter amerikanischer Flagge die größten Schiffe der Welt sind. Während des Weltkrieges entwickelte Amerika die Mechanisierung des Schiffbaues durch Ausbildung des Serienbaues in großem Maßstabe. Die höchsten Anforderungen an die Eisenindustrie stellte der Bau der Kriegsschiffe. Im Anfang des 19. Jahrhunderts beherrschten noch die hölzernen Linienschiffe das Meer. Die Schiffsgeschütze feuerten nur eiserne Vollkugeln, deren Schußlöcher während der Schlacht durch Holzstopfen verspundet wurden. Dies änderte sich, als Explosivgeschosse aus Langrohren verfeuert wurden. Vorschläge zur Panzerung der Holzschiffe mit Blechplatten tauchten schon früh auf, kamen aber erst in den Jahren 1858/59 in der von Dupuy de Lôme gebauten französischen Panzerfregatte „Gloire“ zur Verwirklichung. Das Schiff hatte einen Panzergürtel von mittschiffs 120 mm Stärke, der aus geschmiedeten Platten von 1,76 m Länge und 0,5 m Breite bestand. Großes Aufsehen erregte der Kampf zwischen der zur schwimmenden Batterie umgebauten Fregatte „Merrimac“ der Südstaaten und dem Turmschiff „Monitor“ der Nordstaaten auf Hampton Roads am 8. und 9. März 1862. Die „Merrimac“ war mit zwei gekreuzten Lagen Eisenschienen von je 52 mm Stärke gepanzert; der Panzergürtel des „Monitor“ bestand aus fünf Blechlagen von je 25 mm Dicke, während der Geschützturm mit acht Blechlagen von gleicher Stärke belegt war. Trotz der heftigen Beschießung mit Granaten und Vollkugeln gelang es keinem Gegner, den anderen ernstlich zu beschädigen. England begann nun für seine Seeherrschaft zu fürchten und schuf eiligst eine Panzerflotte, für die John Brown in Sheffield die Panzerplatten lieferte. Im Gegensatz zur „Gloire“ wurden die englischen Schiffe aus Eisen gebaut. Das erste dieser Schiffe, der „Warrior“, lief im Dezember 1860 vom Stapel. Von da an blieb England in der Vergrößerung der Panzerschiffe und in der Verstärkung ihrer Bestückung führend. Deutschland konnte sich trotz der persönlichen Bemühungen Kaiser Wilhelms II. nicht entschließen, eine Flotte zu schaffen, die der englischen gewachsen war, und folgte ebenso wie die anderen Staaten den Engländern nur zögernd in der Verstärkung der Kriegsflotte.

Mit der Einführung der Schiffspanzer begannen die Artilleristen ihre Geschütze zu verstärken. Die Folge war, daß die Panzerplatten immer dicker wurden. So kam man auf Schmiedeeisenpanzer von 60 cm Stärke. 1876 ersetzte Schneider in Creusot den Schmiedeeisenpanzer durch weichen Stahl, wodurch die Platten bei gleicher Beschußfestigkeit 30% leichter wurden. Diese Stahlplatten bekamen jedoch beim Beschuß leicht Risse; Schneider versuchte vergeblich, diesen Fehler durch Vergüten der Platten in Öl zu vermeiden. 1877 führte die Firma Charles Cammel in Sheffield die von Alexander Wilson erfundenen Compound-Panzerplatten ein. Die Platten bestanden aus einer Grundplatte aus Schmiedeeisen, auf die eine Vorderplatte aus hartem Stahl von etwa einem Drittel der Gesamtstärke aufgeschweißt war. Zu ihrer Herstellung wurden elf Luppenstäbe aus bestem Puddeleisen von 10 cm Breite und 2 cm Dicke kreuzweise aufeinandergelegt und unter dem Hammer verschweißt. Dann wurde das Paket zu „Deckeln“ von 1,1 m Länge, 0,5 m Breite und 3 cm Stärke ausgewalzt. Je sieben bis acht Deckel er-

gaben zusammengeschweißt und wieder auf 30 cm Dicke ausgewalzt die „kleinen Panzerdeckel“. Der Vorgang wurde noch zweimal wiederholt, so daß ein „Grundplattenpaket“ aus 10 000 Lagen bestand. Die Grundplattenpakete, die bis 1 m dick waren, wurden nun unter dem Panzerplattenwalzwerk ausgewalzt, wobei riesige Schlackengarben ausgepreßt wurden. Die Grundplatte wurde behobelt und dann mit einer dicken Sandschicht bedeckt schweißwarm gemacht. Dann wurde sie aus dem Ofen herausgefahren und in eine Gußform gestellt. Diese bestand aus einem schweren Blechkasten, dessen eine Seite eine

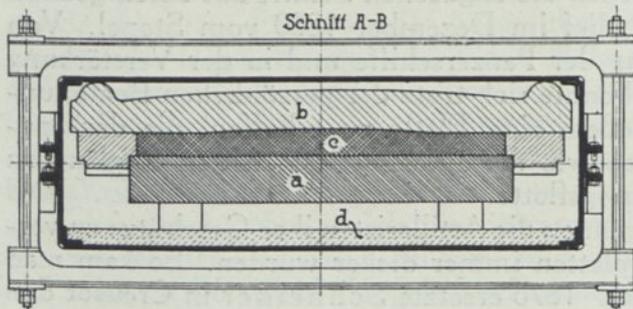
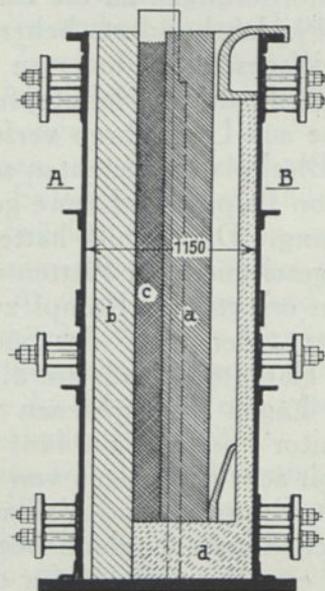
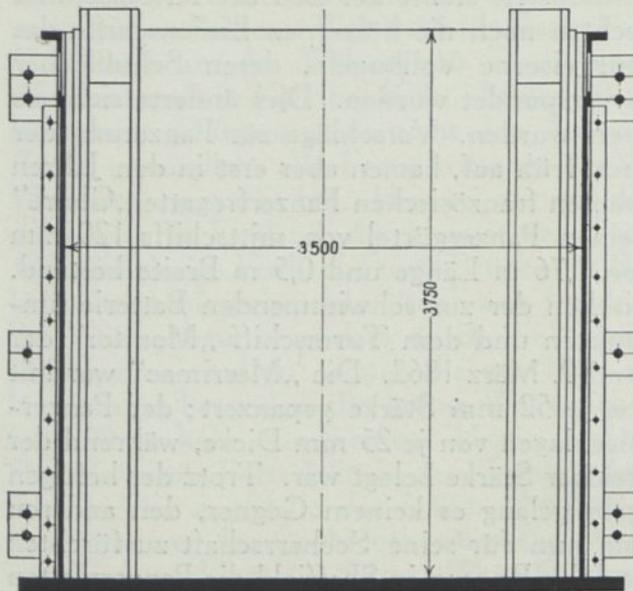


Abb. 215. Gußform für Compound-Panzerplatten.
a schweißeiserner Grundplatte,
b gußeiserne Kokillenplatte, c aufgegossener Stahl, d feuerfestes Material.
Nach einer von der Firma Fried. Krupp, A.-G., Essen, zur Verfügung
gestellten Zeichnung.

30 cm starke gußeiserne Kokillenplatte bildete (Abb. 215). Nun wurde die Gußform möglichst rasch mit Stahl von 0,8% Kohlenstoff vollgegossen. Die fertige Platte wurde ausgewalzt. Dies war wegen der ungleichmäßigen Zusammensetzung der Platte aus Stahl und

Schmiedeeisen nicht leicht. Abb. 216 zeigt die Bruchfläche einer solchen Compoundplatte. Diese Platten wurden in der englischen Flotte allgemein eingeführt. Auch John Brown ging zur Herstellung von Compoundplatten über. Später stellte Armstrong Compoundplatten bis zu 100 t Gewicht her. In Deutschland nahm die Dillingerhütte (Saar), die 1877 auf Betreiben von Admiral von Stosch die ersten schmiedeeisernen Panzerplatten gewalzt hatte, im Jahre 1880 die Herstellung von Compoundplatten auf. Nur Frankreich und Italien blieben bei den Homogenstahlplatten von Creusot.

Die Compoundplatten genügten, um die damals üblichen Hartgußgranaten zum Zerschellen zu bringen, aber sie leisteten den neuen Stahlpanzergranaten zu wenig Widerstand. Schneider in Creusot verbesserte 1890 seine Stahlplatten durch Zusatz von Nickel. Die Widerstandsfähigkeit einer Stahlplatte mit 7% Nickel

entsprach einer um 16% stärkeren Compound- oder Stahlplatte und einer um 66% dickeren Eisenplatte. 1892 ging die deutsche Marine dazu über, die Linienschiffe der Brandenburgklasse mit Nickelstahlplatten zu panzern, soweit man nicht bereits Compoundplatten angebracht hatte. Schneider verbesserte die Nickelstahlplatten dadurch, daß er sie aus Material mit 0,35% Kohlenstoff herstellte und nachher härtete. Das Ablöschen erfolgte in Rüböl bei 920°, worauf eine Nachvergütung bei 660° stattfand. Das Bestreben der Panzerplattenfabrikanten ging dahin, auch die Stahlgranaten an einer gehärteten Oberfläche zum Zerschellen zu bringen. Hierfür kam eine Homogenplatte mit Rücksicht auf die erforderliche Zähigkeit nicht in Frage. 1891 stellte der Amerikaner H. A. Harvey auf dem Schießplatz zu Annapolis eine Platte zur Prüfung auf, deren Vorderseite durch Zementieren in Holzkohle aufgekohlt und dann in Wasser gehärtet war. Stahlgeschosse zerschellten an dieser Platte. Schießversuche der deutschen Marine an von Harvey gelieferten Platten zeigten keine guten Ergebnisse. Die Harveyplatten waren zwar genügend hart, aber sie brachen. Alfred Krupp, der anfangs der 80er Jahre die Panzerplattenfabrikation aufgenommen hatte und mit Dillingen gemeinsam arbeitete, verbesserte das Härteverfahren dadurch, daß er die Zementation durch langsames Überleiten von Leuchtgas während 16 Tagen bei 1000° vornahm. Die Härtung der Vorderseite erfolgte nach dem Verfahren von J. Tressider in Sheffield durch Überbrausen mit Wasser. Im März 1893 wurde eine Kruppsche 26-cm-Platte mit 15- und 21-cm-Stahlpanzergranaten bei einer Auftreffgeschwindigkeit von 550 bis 650 m/sek. beschossen. Die Granaten, die eine Eisenplatte doppelter Dicke glatt durchschlugen hätten, zerschellten an der Kruppschen Platte. Die Probeplatte wurde 1893 auf der Weltausstellung in Chicago ausgestellt (Abb. 217).

Um 1892 hatte man in St. Chamond die ersten Panzerplatten aus Chromnickelstahl hergestellt. Als später die gehärtete Nickelstahlplatte den verbesserten Geschützen nicht mehr gewachsen war, ging Krupp zu einer Chromnickelstahlplatte mit 0,3 bis 0,4% Kohlenstoff, 3 bis 4% Nickel und 1,75 bis 2% Chrom über. Zuerst machte das Vergüten dieser Platten Schwierigkeit. Die dicken Platten bekamen beim Ausglühen nicht das erforderliche sehnige Gefüge, sondern behielten ein grobes Korn. Der Fehler wurde dadurch beseitigt, daß man die Platten nach der Erhitzung auf 630° rasch in Wasser abkühlte. Dieses Verfahren ist bekannt als Krupps „doppelte“ Härtung (Patent von 1895).

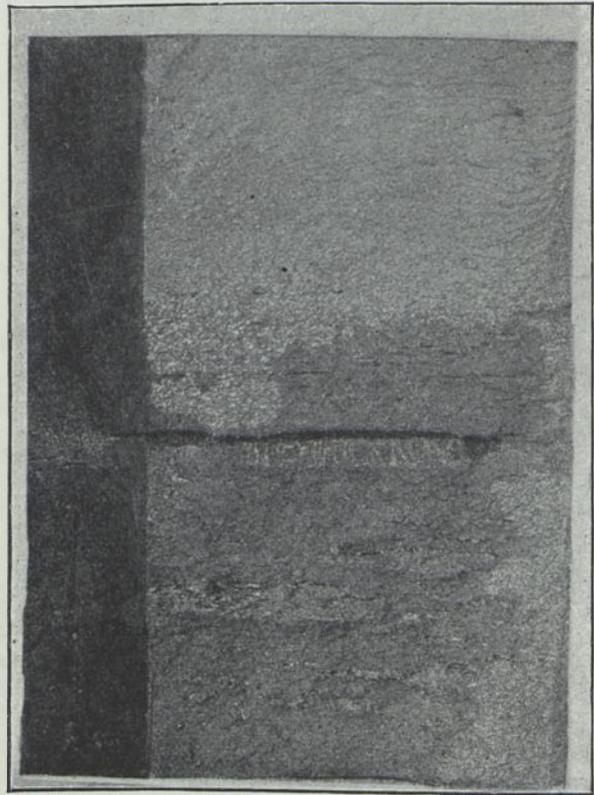
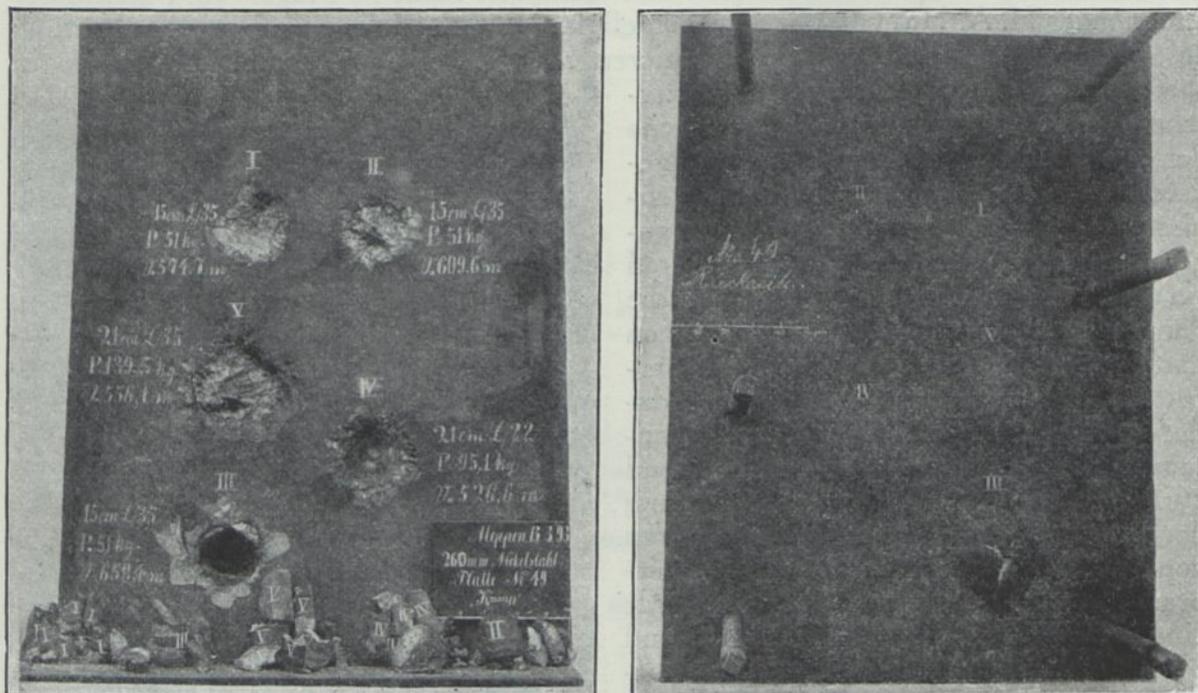


Abb. 216. Compound-Panzerplatte. Bruchfläche.
Rechts sehniges Schmiedeeisen, links harter Stahl.
Nach E. Ehrensberger in Stahl und Eisen 42 (1922), S. 1233.

Die Beschießung einer 30-cm-Platte im März 1895 ergab, daß die Platte mit den stärksten Ladungen der 30,5-cm-Kanone nicht zu durchschlagen war. Abb.218 zeigt die Widerstandsfähigkeit neuerer Platten gegenüber älteren gleicher Dicke. Das Kruppsche Härtingsverfahren und die Chromnickelstahlplatten wurden nun in allen Ländern eingeführt. Schneider ging später zu Molybdänstahlplatten über, ohne jedoch wesentlich bessere Ergebnisse zu erzielen. Hiermit war die Entwicklung der Panzerplatten beendet. Der jahrelange Kampf zwischen Panzer und Geschosß wurde allerdings zugunsten der Geschosse entschieden, denn auch die neuesten Platten konnten den um 1878 vom



Vorderseite.

Rückseite.

Abb. 217. Krupp auf der Vorderseite mit Leuchtgas zementierte und gehärtete 26-cm-Nickelstahlplatte. Weltausstellung Chicago 1893.

Nach E. Ehrensberger a. a. O., S. 1278.

englischen Kapitän English erfundenen Kappengeschossen, deren Spitze durch eine umgelegte Kappe aus zähem Nickelstahl gegen Zerbersten geschützt ist, nicht widerstehen.

Zur Herstellung der Stahlpanzerplatten benutzte man basische Siemens-Martin-Öfen. Die gewaltigen Brammen wurden in Amerika erst unter Schmiedepressen auf halbe Dicke heruntergeschmiedet, während sie in Europa sofort unter das Panzerplattenwalzwerk kamen. Krupp hatte ein Walzwerk von 4,5 m Ballenlänge und 1,2 m Walzendurchmesser. Die Umkehrmaschine leistete 10000 PS. Das Biegen der Panzerplatten erfolgte, nach dem Zementieren, bei schwacher Rotglut unter hydraulischen Pressen von 10000 t Druckkraft. Dann folgte die Härtung. Die Bearbeitung der gehärteten Vorderseite war nur mit Schleifwerkzeugen möglich.

Im Walzen der Feibleche wurden, wenigstens in Europa, keine wesentlichen Fortschritte gemacht. Wichtig war die Einführung von Maschinen zum Beizen und Verzinnen. Der größte Fortschritt auf dem Gebiete der Blechherstellung bestand in der Einführung des basischen Martinflußeisens.

Die Drahtfabrikation erlangte große Bedeutung durch die Einführung des Telegraphen und des Fernsprechers sowie durch Anwendung des im Jahre 1873 von de Kalb in Illinois erfundenen Stacheldrahtes. Auch die zunehmende Verwendung der im Anfang des 19. Jahrhunderts zuerst von Reden und Oberberg- rat Albert in Clausthal benutzten Drahtseile und der Drahtstifte verschaffte den Werken großen Absatz.

Im Anfang des 19. Jahrhunderts walzte man den Draht in Trio- gerüsten mit abwechselnd ovalen und quadratischen Kalibern. Infolge der geringen Kaliberzahl und der großen Abkühlung beim Walzen war eine weitgehende Verfeinerung ausgeschlossen; die Leistung betrug nur einige 1000 kg täglich. Durch Nebeneinanderstellen mehrerer Gerüste entstanden die zuerst auf belgischen Hütten benutzten, sogenannten belgischen Drahtstraßen (Abb.219). Man walzte hiermit Knüppel von 40 mm Durchmesser unmittelbar auf 4 mm und selbst auf 3 mm aus. Der Nachteil, daß alle Walzen mit gleicher Geschwindigkeit liefen, veranlaßte 1852 Fr. Thomée in Utterlingsen, die Vorwalze von der Fertigstraße zu trennen und letztere schneller laufen zu lassen. So entstand die deutsche Drahtstraße (Abb.220). Später schaltete man zwei Vorwalzen vor die Fertigstraße. 1882 baute W. Garret in Cleveland (Ohio) ein Drahtwalzwerk, bestehend aus einer Vorstraße mit drei Gerüsten, einem Mittelgerüst und zwei Fertig- straßen mit je vier Gerüsten. Hierauf walzte er je Schicht 42 t Knüppel von 102 mm Durchmesser sofort zu Draht aus. 1877 erfand W. Mc Callip die selbsttätigen Umführungen, und 1887 führte Garret die mechanischen Haspeln ein. Beide Verbesserungen gestatteten, die Erzeugung der deutschen Drahtstraßen auf 60 t je Schicht zu steigern.

Im Jahre 1867 baute George Bedson in Manchester eine Drahtstraße, bei der alle Gerüste hintereinander lagen.

Bei dieser ersten ohne Unterbrechung arbeitenden (kontinuierlichen) Straße wechselten stehende mit liegenden Walzen ab, um das Wenden der ovalen Stäbe beim Übergange in die Quadrate zu vermeiden (Abb.221). Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen stieg von Gerüst zu Gerüst entsprechend der zunehmenden Streckung des Walz-

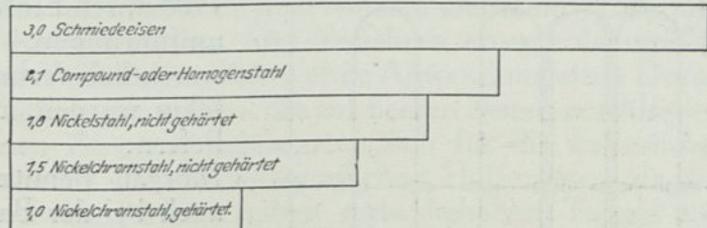


Abb. 218. Dicke der verschiedenen Arten von Panzerplatten bei gleicher Widerstandsfähigkeit.

Nach E. Ehrensberger a. a. O., S. 1281.

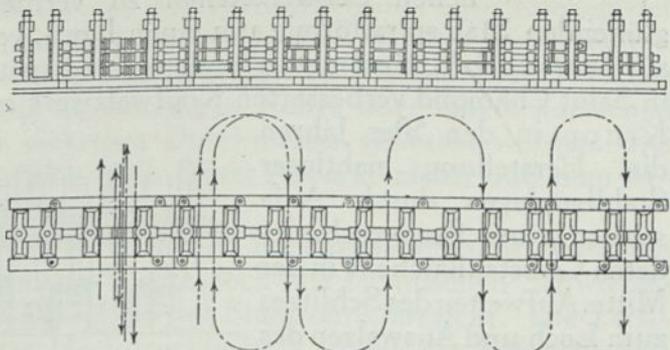


Abb. 219. Belgische Drahtstraße.

Nach Fr. Braun in Mitt. d. Kaiser-Wilhelm-Instituts für Eisenforschung. 1. Bd. (1920), S. 88.

gutes. Die erste Anlage erzeugte mit 13 Gerüsten täglich 11 t Draht von 4,2 mm Durchmesser. 1879 vereinfachte C. H. Morgan diese Straße dadurch, daß er nur liegende Walzen verwendete und Drehführungen anbrachte, in denen die Ovalstäbe während des Laufes um 90° gedreht wurden.

Die weitere Entwicklung der Drahtwalzwerke ging dahin, daß man kontinuierliche und Garretstraßen miteinander vereinigte. Die alten offenen Drahtstraßen wurden 1908 durch Einführung der selbsttätigen Knüppelumführungen, System Schöpf - Mosaner, so wesentlich verbessert, daß sie wieder wettbewerbsfähig wurden, zumal da sie eine sehr gute Ware liefern.

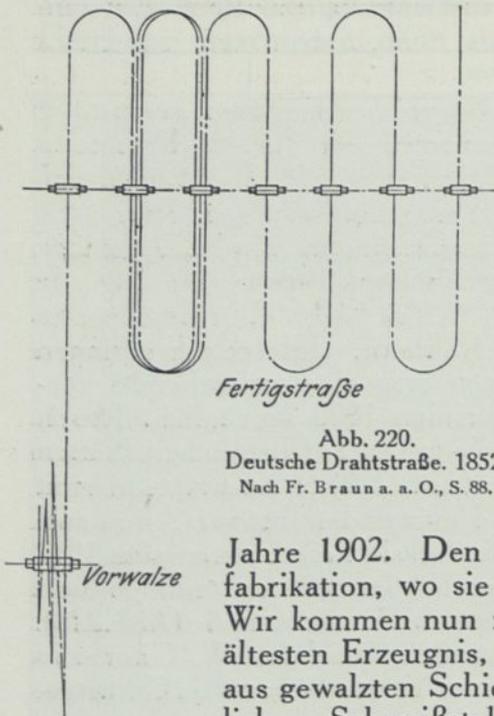


Abb. 220.
Deutsche Drahtstraße. 1852.
Nach Fr. Brauna a. O., S. 88.

Morgan benutzte das kontinuierliche Walzwerk auch bei der Bandeisenherstellung, besonders zur Erzeugung der billigen „Cotton tyres“ zum Binden der Baumwollballen, aber auch kontinuierliche Stabeisenstraßen und Blechwalzwerke kamen auf, ja auf den Garywerken in South Chicago wurde 1909 sogar eine kontinuierliche Blockstraße aufgestellt. Von großer Bedeutung für die Ausbildung des Schnellwalzens besonders bei kontinuierlichen Walzwerken war die Einführung der fliegenden Scheren durch die Morgan Construction Co. im

Jahre 1902. Den Plan zu diesen Scheren entnahm man der Papierfabrikation, wo sie schon lange im Gebrauch waren.

Wir kommen nun zu den Rundwalzwerken und beginnen mit dem ältesten Erzeugnis, dem Radreifen. Anfänglich bog man die „tyres“ aus gewalzten Schienen und verschweißte die Enden. Um die gefährlichen Schweißstellen zu vermeiden, wickelte man um 1840 einen glühenden Stab spiralförmig um einen Dorn, verschweißte den Ring und walzte ihn auf dem von J. G. Bodmer erfundenen und später von Jackson, Petin und Gaudet in Saint Chamond verbesserten Kopfwalzwerk aus. Ein großer Fortschritt war es, als Krupp in den 50er Jahren die Herstellung nahtloser Stahlbandagen durch Aufspalten eines flachgeschmiedeten Gußstahlkuchens in der Mitte, Aufweiten des Schlitzes zum Loch und Auswalzen des Ringes erfand. Seit den 70er Jahren werden die Blöcke unter dem Dampfhammer gelocht.

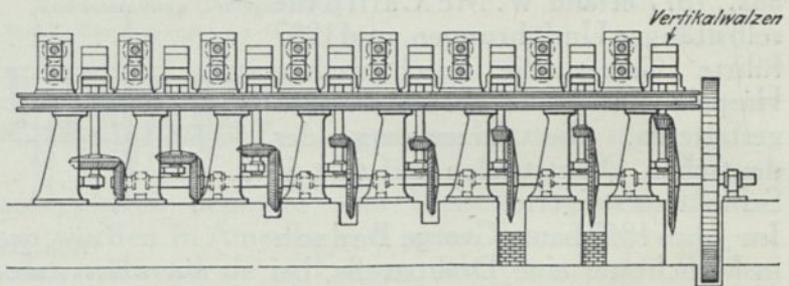


Abb. 221. Kontinuierliches Drahtwalzwerk von George Bedson. 1867.
Nach Fr. Brauna a. O., S. 89.

Bei der Herstellung der geschweißten Rohre unterschied man die gewöhnlichen stumpfgeschweißten Rohre von den überlappt- oder spiralgeschweißten Siederohren. Im Jahre 1885 erfanden die Gebrüder Mannesmann das Schrägwalzverfahren. Hier-

bei wurde ein Rundeisen durch schräggestellte Walzen in drehende Bewegung gesetzt und gleichzeitig im Innern eine Auflockerung erzielt, die zur Bildung eines Hohlkörpers führte. Reinhard Mannesmann d. Ä. betrieb in Remscheid eine Feilen- und Stahlwarenfabrik, er hat sich um die Verbesserung der Feilenfabrikation in Deutschland Verdienste erworben. An der Ausarbeitung des Schrägwalzverfahrens haben seine Söhne Alfred, Max, Reinhard und Karl den größten Anteil. Die ersten Versuche wurden in Remscheid mit recht bescheidenen Mitteln angestellt. Eine alte Lokomotive diente zum Antrieb des Walzwerks. Das Verfahren erregte das größte Aufsehen, zumal es ermöglichte, aus Vollblöcken Rohre ohne Anwendung eines Dorns herzustellen. Sogar hohle Achsen ließen sich walzen, die auf beiden Seiten geschlossen waren. Franz Reuleaux und Werner Siemens begeisterten sich für die Erfindung, nur der erfahrene Peter Tunner warnte vor überschwenglichen Hoffnungen, da die Herstellungskosten zu hoch seien. Beide Parteien haben recht behalten, Tunner für die nahe Zukunft, die anderen für die Neuzeit. Unter Führung der von Karl Siemens, einem Vetter der Brüder Siemens, geleiteten Deutschen Bank bildete sich 1890 die Deutsch-Österreichische Mannesmannröhren-Gesellschaft in Berlin mit einem Kapital von 36 Millionen Mark. Hiervon erhielten die Brüder Mannesmann für ihre Patente die ungeheure Summe von 16 Millionen Mark.

Die Gesellschaft übernahm die von den Brüdern Mannesmann gegründeten Werke in Remscheid, Komotau (Böhmen) und Bous (Saar). Sie mußte anfänglich schweres Lehrgeld zahlen, weil man sich in der Anwendungsmöglichkeit des Verfahrens irrte. Beispielsweise wollte man hohle Eisenbahnschienen und Träger walzen. Erst allmählich erkannte man, daß nur die Herstellung von Röhren aller Art sowie von Masten, Stangen und Stahlflaschen für Kohlensäure und verdichtete Gase Zukunft hat. Das Werk Bous wurde 1892 für den Bau von Stahlflaschen eingerichtet. Hier wurde der erste Gelderfolg erzielt. Auch der Fabrikationsgang mußte wesentlich verändert werden. Anfänglich glaubte man, alles mit dem Schrägwalzwerk leisten zu können; es stellte sich aber heraus, daß sich dieses nur zur Vorbereitung, zum Lochen der Blöcke, eignet. Auf das Walzen ohne Dorn hatte man schon von Anfang an verzichtet. Für die weitere Bearbeitung der gelochten Blöcke erfand R. Mannesmann 1889 das Pilgerschrittwalzwerk, bei dem die dickwandigen Rohre über einem konischen Dorn durch unrunde Walzen auf den richtigen Durchmesser gebracht werden. Bei der Herstellung enger Rohre bewährte sich auch dieser Apparat nicht, und man benutzte einen Ziehapparat mit feststehendem Dorn.

Wenn der Erfolg des Schrägwalzverfahrens auch den hochgespannten Erwartungen nicht entsprach, so haben die Mannesmann-Werke doch alle technischen Schwierigkeiten überwunden und ihr Ziel, die Einführung der Stahlrohre, erreicht. Die Technik der verdichteten Gase, ja die ganze Hochdrucktechnik, sowie der Fahrrad- und Flugzeugbau fußen auf den Erfindungen der Brüder Mannesmann.

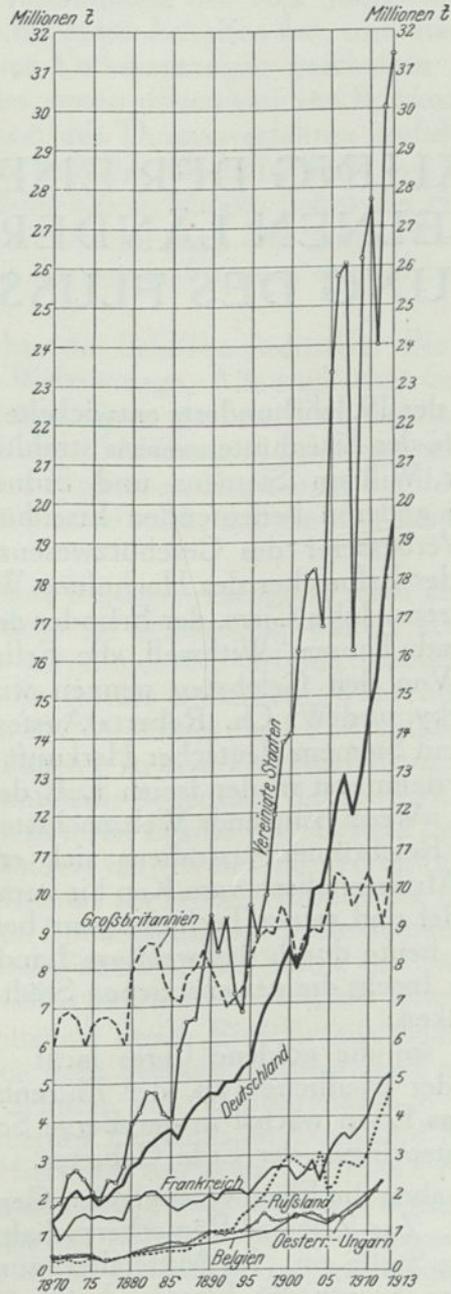
Heinrich Ehrhardt in Düsseldorf, der Erfinder des Rohrrücklaufgeschützes, der sich aus ärmlichsten Verhältnissen durch Fleiß und Tüchtigkeit emporgearbeitet hatte¹⁾, erfand 1901 das Lochen der Rohrblöcke unter einer Presse. Das Wesen der Erfindung war die Benutzung quadratischer Blöcke, die in einem zylindrischen Mantel

¹⁾ H. Ehrhardt. Hammerschläge, Leipzig 1922.

stehen, so daß das Material unter dem Druck des Preßstempels nach den Seiten abfließen kann. Das Verfahren erwies sich bei der Röhrenfabrikation als dem Schrägwalzen ebenbürtig. Es eignet sich auch vorzüglich zur Herstellung anderer Hohlkörper, besonders von Geschossen. Ehrhardt stellte nach seinem Verfahren auch nahtlose Rohre größter Weite, z. B. Dampfkesselschüsse und Dampfturbinentrommeln, her, indem er die Wandungen des Rohrmaterials zwischen zwei Walzen streckte. Zur Ausführung seiner Erfindungen gründete Ehrhardt u. a. die Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik in Düsseldorf, die sich kräftig entwickelt hat.

Als wichtigstes Beispiel moderner Schmiedetechnik sind die Stahlgeschütze zu nennen. Der bereits erwähnte Dreipfünder, den Krupp 1847 zur Prüfung nach Berlin schickte, hatte ein Seelenrohr aus Gußstahl und einen Gußeisenmantel, der die Schildzapfen trug. 1854 gelang es Krupp, ganze Geschütze aus Gußstahl herzustellen. 1856 begann William Armstrong in England mit Versuchen zum Bau schmiedeeiserner Geschütze aus einem spiralförmig gewickelten Seelenrohr, um das auf gleiche Weise hergestellte Ringe aufgeschumpft waren. Seit 1862 benutzte Armstrong Seelenrohre aus Gußstahl, die er anfänglich von Krupp bezog. Als die gehärteten Nickelstahlpanzer aufkamen, ging die englische Flotte zur Verwendung längerer und festerer Rohre über. Da man die hierzu erforderlichen Gußstahlblöcke nicht herstellen konnte, baute man die Geschütze aus einem dünnen Seelenrohr auf und schützte dieses durch eine Stahldraht-Umwicklung gegen Zerbersten. Diese Drahtkanonen wurden auch in Amerika und Frankreich eingeführt, sie bewährten sich aber wegen ihrer geringen Längsfestigkeit nicht. Die deutsche Regierung behielt deshalb Armstrongs System der Schrumpfringe bei und verbesserte es durch Anwendung von Nickelstahl für Seelenrohre und Ringe. Nach und nach gingen alle Staaten zu diesem System über, das nun im Verein mit der Anwendung des rauchlosen Pulvers und der hochbrisanten Granatenfüllungen zur Begründung der heutigen Artillerie führte, deren furchtbare Wirkungen der Weltkrieg gezeigt hat. Krupps Werke, Lord Armstrongs Elswickwerke und Carnegies Bethlehem-Stahlwerke entwickelten sich durch ihre Waffenlieferungen zu den größten Fabriken der Welt.

Große Bedeutung erlangten die neuen Schweißverfahren. 1894 erfand Dr. Hans Goldschmidt in Essen die Thermiterschweißung, die außer bei gelegentlichen Reparaturen zum Zusammenschweißen von Schienen benutzt wurde. Dann kam das autogene Schneiden und Schweißen auf. Die heute weit verbreitete elektrische Schweißung geht zurück auf die Erfindung der reinen Widerstandsschweißung zweier sich berührender Bleche durch den Amerikaner Elihu Thomson vom Jahre 1887 und die gleichzeitig von Nikolaus von Benardos in Petersburg erfundene Kohleelektrodenschweißung, die später durch Anwendung eiserner Schweißstäbe verbessert wurde.



Roheisenerzeugung der Vereinigten Staaten, Englands, Frankreichs, Rußlands, Österreich-Ungarns und Belgiens von 1870 bis 1913.

Nach Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens. 10. Aufl., Düsseldorf 1918, S. 183.

DIE ENTWICKLUNG DER EISENINDUSTRIE IN DEN EINZELNEN LÄNDERN NACH DER ERFINDUNG DES FLUSSEISENS

ENGLAND

Auch in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entwickelte sich die englische Technik weiter, und auf dem Gebiete des Eisenhüttenwesens strahlte Englands Ruhm im alten Glanze. Henry Bessemer, William Siemens und Sidney Gilchrist Thomas sind unsterbliche Namen. Von anderen bedeutenden Eisenhüttenleuten seien genannt: William Armstrong, der Verbesserer des Geschützwesens und größte Arbeitgeber Englands, Lowthian Bell, der Erforscher des Hochofens, Windsor Richards, der Vorkämpfer des Thomasverfahrens, John Gjers, der Erfinder der Durchweichungsgruben, Edward Alfred Cowper und Thomas Withwell, die Erfinder und Verbesserer der steinernen Winderhitzer. Von den Gelehrten nennen wir Henry E. Roscoe, John Percy, Henry Clifton Sorby und W. Ch. Roberts Austen. Wenn Gjers auch ein eingewanderter Schwede und Siemens deutscher Herkunft war, muß man diese doch als Engländer bezeichnen, denn erst in der freien Luft des Inselreiches konnten sie ihre Schwingen entfalten. Wenn Englands Weltmachtstellung immer stärker ausgebaut wurde, wenn die Reichtümer Australiens sich erschlossen, die Herrschaft über Indien befestigt und Afrika englisch vom Kap bis zum Nil wurde, dann verdankt England dies seinem Handel und seiner Technik, ganz besonders aber seiner Eisenindustrie. Wer kann noch heute durch das waldlose Land mit seinen stillen Weideplätzen fahren, in dem wie Inseln die gewerbereichen Städte und Hütten liegen, ohne an Schillers Verse zu denken:

Nicht wo die goldene Ceres lacht
Und der friedliche Pan, der Flurenbehüter,
Wo das Eisen wächst in der Berge Schacht,
Da entspringen der Erde Gebieter.

Im Laufe der Geschichte haben die Eisen erzeugenden Gegenden Englands mehrmals die Führerrolle gewechselt. Zur Zeit der Römerherrschaft nahm der Forest of Dean in Gloucestershire die erste Stelle ein. Im Mittelalter, zur Zeit Heinrichs VIII. und der Königin Elisabeth, war Sussex das Eisenland. Dann erscheint zu Anfang des 18. Jahrhunderts die Eisenerzeugung des Forest of Dean wieder als die bedeutendste. In der Mitte des 18. Jahrhunderts steht Shropshire mit Coalbrookdale durch die Verdienste der Familien Darby und Wilkinson an der Spitze. Nach der Erfindung des Puddelverfahrens erlangte Südwestwales im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts die Führerschaft. Durch die Erfindung der Winderhitzung nahm die schottische Hoch-

ofenindustrie nach 1830 einen solchen Aufschwung, daß sie eine Zeitlang diejenige von Südwales überflügelte. Zu Anfang der 70er Jahre fiel dann die Führung dem Clevelandbezirk zu, der sie bis heute behalten hat, und zwar besonders deshalb, weil dort die meisten technischen Verbesserungen geschaffen wurden. Die wichtigsten Werke des Clevelandbezirkes waren diejenigen von Bolckow, Vaughan & Co., die auf ihrem Eston-Stahlwerk zuerst das Thomasverfahren einführten. Daneben erlangten die Werke von Bell Brothers und das Hochofenwerk von Cochrane Bedeutung¹⁾. Durch die Erfindung des Bessemervfahrens nahm die Hämatit-Roheisenerzeugung in Cumberland einen großen Aufschwung. Das größte Werk war dort dasjenige von Schneider, Hannay & Co. in Barrow-in-Furness, das 1872 schon mit zwölf Hochöfen arbeitete.

Das meiste Eisen verbrauchte die Schiffbauindustrie. Bis zum Weltkriege verfügte England über die Hälfte der Welttonnage. Alle englischen Schiffe waren auf englischen Werften gebaut, die außerdem einen großen Teil des Auslandes belieferten. Von den jährlich auf der Erde gebauten 5 Millionen t Schiffsraum baute England 3 Millionen. Dazu kamen die Aufträge der englischen Regierung, die ihre Flotte dauernd auf dem „Zweimächtestandard“ hielt, d. h. so stark, daß sie den beiden nächstgrößten Flotten zusammen gewachsen war.

Im Jahre 1871 betrug Englands Roheisenerzeugung mehr als die aller anderen Länder zusammen. Von da an wuchs sie regelmäßig weiter, aber im Verhältnis ging sie bedeutend zurück. Hierfür waren mehrere Gründe maßgebend. Es machte sich eine Erschöpfung der englischen Erzvorräte bemerkbar. Während die Steinkohlenförderung vom Jahre 1870 bis 1900 von 112 Millionen t auf 229 Millionen t stieg, blieb die Erzförderung auf etwa 14 Millionen t stehen. Der Ausfall mußte durch Einfuhr gedeckt werden. Die Engländer erkannten die Bedeutung der reinen Erze Spaniens und brachten die meisten dortigen Gruben in ihren Besitz. 1899 lieferte Spanien 6,2 Millionen t Erze nach England, und zwar besonders nach Wales. Zur Verbilligung der Gesteinskosten errichtete die Dowlais-Gesellschaft ein großes Hüttenwerk bei Cardiff, unmittelbar an der Seeküste, mit großartigen Entladeanlagen für die überseeischen Erze. „Dowlais on the sea“ wurde 1891 von Lord Wimborn, dem Sohne von Sir John Josiah Guest, feierlich eingeweiht und erregte selbst die Bewunderung der Amerikaner.

Während England den Erzmangel durch Einfuhr aus Spanien und später auch aus Lappland beseitigte, trat eine noch größere Schwierigkeit auf: das Emporblühen der Eisenindustrie unter dem Schutze von Einfuhrzöllen in den bisher von England belieferten Ländern. Die Ausfuhr Englands an Eisen und Stahl betrug dauernd etwa die Hälfte der Erzeugung. Hierunter war etwa 1 Million t Roheisen, das zum größten Teil aus Schottland kam. In den 70er Jahren riß die Unsitte ein, daß die Großhändler über die bei ihnen eingelagerten Roheisenvorräte Lagerscheine ausstellten. Diese „Warrants“ wurden an der Börse gehandelt und zu wilden Spekulationen benutzt. Hierdurch traten starke Schwankungen der Roheisenpreise ein, welche die ruhige Entwicklung der Eisenindustrie hemmten. Ein anderer wichtiger Ausfuhrgegenstand war früher Weißblech, das besonders in Südwales hergestellt wurde. 1889 erreichte die Weißblechausfuhr 455 000 t, ging aber bis zum Jahre 1900 auf 250 000 t zurück,

¹⁾ J. S. Jeans: Pioneers of the Cleveland Iron Trade. Middlesbrough-on-Tees 1875.

weil Amerika, dessen großartige Konservenfabriken das meiste Weißblech verbrauchten, selbst mit der Weißblecherzeugung begann und England bald überflügelte. Erst in den letzten Friedensjahren erreichte England wieder eine Weißblecherzeugung von 500000 t. Aus der Erfindung des Thomasverfahrens zog England nur geringen Nutzen, da zu den bereits erwähnten technischen Gründen noch der Widerstand der großen Puddelwerke kam.

Aus allen diesen Gründen verlor England endlich die Führung auf technischem Gebiete. Die an hohe Gewinne aus ihren kolonialen Unternehmungen gewöhnten Engländer sträubten sich, genügend Geld in Industrieunternehmungen anzulegen und arbeiteten lieber in veralteten Anlagen mit hohen Betriebskosten als in den der Neuzeit entsprechenden mit hohen Verzinsungen. Dazu kam, daß Einrichtungen zur Kohlenersparnis in England nicht so lohnend waren wie in den kohlenärmeren Ländern. „Does'nt pay“ („macht sich nicht bezahlt“) war die ständige Antwort auf die Frage des Ausländers, weshalb die veralteten Anlagen nicht längst durch neuzeitliche ersetzt seien. Da Grund und Boden im Besitze weniger Großer ist und diese ihr Land und die Bodenschätze nie verkaufen, sondern nur auf 99 Jahre verpachten, war es auf älteren Werken auch kaum möglich, Neuanlagen zu schaffen, deren Abschreibung sich auf viele Jahre hinausziehen konnte.

Auch der konservative Sinn des Engländers, der schwer von einer einmal für gut befundenen Einrichtung abgeht und sich Neuerungen ungern zuwendet, und der nationale Stolz des Briten, der nicht von Völkern lernen wollte, deren Lehrmeister er einst gewesen war, spielten eine verhängnisvolle Rolle. Ferner wurde das technische Schulwesen Englands nicht genügend ausgebaut. Zudem ließ auch der Arbeitseifer des Volkes in den oberen wie in den unteren Schichten nach, und die mächtigen Arbeiterverbände verhinderten die Einführung arbeitsparender Maschinen, da sie verlangten, daß an diesen ebenso viele Leute ständen, wie früher bei der gleichen Erzeugung gebraucht wurden, oder daß die Lohnersparnis den verbleibenden Arbeitern restlos zugute käme, „damit diese ihre arbeitslos gewordenen Kameraden unterstützen könnten“. Die Arbeitervertreter mischten sich in alle Betriebsangelegenheiten und beglückten die Arbeiterschaft schon früh mit den zweifelhaften Segnungen der Achtstundenschicht.

England sah die Ursache seines Zurückbleibens nicht in seinen eigenen Fehlern und in dem glänzenden Aufschwung Amerikas, sondern nur im Wettbewerb seines fleißigen deutschen Veters. Zur Vernichtung der deutschen Industrie benutzte es den Neid Rußlands und die Rachegeanken Frankreichs. So entstand der Weltbund, der zum furchtbarsten aller Kriege führte. Wie vorauszusehen, hat England sein Ziel nicht erreicht, denn es hat sich in Frankreich einen neuen Wettbewerber geschaffen.

AMERIKA

Amerika ist ungeheuer reich an Naturschätzen. Eisenerze, Kohlen, Erdöl, Schwefel, Phosphate, Kupfererze, Edelhölzer und gewaltige Wasserkräfte sind überreichlich vorhanden. Wenn die Goldgewinnung Amerikas auch heute bedeutungslos ist, darf man doch nicht vergessen, daß die Schätze des Sacramento in erster Linie dem Lande selbst zugeflossen sind. Auf der anderen Seite waren bei der Gründung der amerika-

nischen Industrie Schwierigkeiten zu überwinden, wie sie Europa nicht kannte. Es fehlte an Arbeitskräften, und breite oder wilde Ströme, unendliche Urwälder und gewaltige Entfernungen trennten die Niederlassungen und die Fundstellen der Bodenschätze.

Die besonderen Verhältnisse des Landes zwangen die Amerikaner, selbständig zu denken und zu handeln. Man mußte wagen und man wagte. Gelang der Plan beim ersten Male nicht, so war man um eine Erfahrung reicher und begann das Unternehmen von neuem. Glück und Erfolg spornten zu neuen Wagnissen an. Endlich wurde die Freude am Wagen Zweck der Arbeit. Amerika mußte alle Rekorde halten, es mußte etwas Neues geschaffen werden, auch wenn es wirtschaftlich nicht immer zu Erfolgen führte.

Zuerst faßten die Vereinigten Staaten ihre durch keine Zollschranken begrenzten und durch keinen Völkerhader zersplitterten Kräfte zusammen und durchzogen das riesige Land mit Eisenbahnlinien von einer Länge, über die Europa staunte. Durch Verstärkung der Lokomotiven und Vergrößerung der Zuggewichte und Güterwagen gelang es, die Frachtkosten so zu erniedrigen, daß die größere Länge der Verkehrswege durch die gegenüber Europa niedrigeren Kilometertarife mehr als ausgeglichen wurde. Im Eisenbahnwesen ist Amerika noch heute führend. Es bedarf keiner Worte, daß der Bau dieser Eisenbahnen der amerikanischen Industrie reichliche Beschäftigung gab. Die breiten Ströme wurden durch kühne Brücken überspannt. Anfänglich bevorzugten die Amerikaner die leichten Drahtseilbrücken, während sie später zu Hängebrücken übergingen. Die riesige Auslegerbrücke über den St.-Lorenz-Strom bei Quebec stürzte während des Baues zusammen, aber sofort wurde mit einem Neubau begonnen, der auch glücklich vollendet wurde.

Das großartigste Wasserbauwerk Amerikas ist der Panamakanal. Begonnen, ohne zuvor die Schwierigkeiten richtig zu ermessen, verschlang der Kanal Unsummen. Trotzdem gelang es, das Werk unter den größten Hemmnissen in einer furchtbaren Fiebergegend zu Ende zu führen. Die Schleusenanlagen sind neben denen des Kaiser-Wilhelm-Kanals die größten der Welt. Sollte sich im Laufe der Zeit herausstellen, daß der Schleusenkanal den Anforderungen des Verkehrs nicht entspricht, so werden die Amerikaner unzweifelhaft daneben einen noch großartigeren Kanal beginnen und auch diesen glücklich zu Ende führen.

Im Seeschiffbau blieb Amerika zurück, seitdem seine berühmten Klipperschiffe den eisernen Dampfern Englands unterlegen waren, und trat erst im Weltkrieg erneut als Wettbewerber der englischen Handelsflotte auf. Im Flußschiffbau behielt Amerika dagegen dauernd die Führung. Auf die praktischen Schiffe der amerikanischen Binnenseen ist bereits hingewiesen worden. Auch im Bau flachgehender Flußdampfer, besonders riesiger Passagierboote, blieb Amerika unerreicht.

Der Arbeitermangel wurde durch weitgehende Anwendung maschineller Einrichtungen behoben. Der große Absatz machte die Maschinenarbeit auch dort wirtschaftlich, wo man in Europa billiger mit der Hand arbeitete. Zur Durchführung der Massenherstellung wurden Einheitsbauarbeiten geschaffen und der Serienbau selbst auf den Schiffswerften eingeführt. Die allgemeine Anwendung von Maschinen, auch in der Landwirtschaft und im Haushalt, gab der Eisenindustrie gute Beschäftigung. Mit der Herstellung von Nähmaschinen, einer amerikanischen Erfindung, befaßten sich Riesenunternehmungen. Die Erfindung der Kraftwagen rief eine große

Industrie hervor. An der Spitze marschieren die Fordwerke, die neuerdings ein eigenes Hochofenwerk errichtet haben.

In Amerika wurde viel emsiger und nachdrücklicher gearbeitet als in Europa. Auch heute noch kennt man dort den Achtstundentag nicht. Wer hier in Europa nicht gearbeitet hatte, lernte es „drüben“. Soziale Einrichtungen, wie Krankenkassen und Altersversorgungen, gab es nicht. Das Sprichwort galt: „Hilf dir selbst.“ Unbeschränkter Wettbewerb, Akkorde und Prämien sorgten dafür, daß nur der Fleißige vorwärts kam. Niemand hatte Rückhalt an Standesvorrechten. Es galt nur die Persönlichkeit; nach Herkunft und Bildung zu fragen war taktlos. Und der Tüchtige kam vorwärts. Wie er Geld machte, danach wurde nicht gefragt. Keine Arbeit schändete. Jeder hatte die Aussicht, einer der „oberen Zehntausend“, ja ein Dollar-könig zu werden.

Das glänzendste Beispiel eines „Selfmademan“ ist Andrew Carnegie¹⁾. Sein Vater war ein armer Weber, der im Jahre 1846 mit seiner Familie aus Schottland nach Amerika auswanderte und in dem neuen Industrieorte Alleghany City in Pennsylvanien mit seinem kaum elf Jahre alten Sohne in einer Baumwollspinnerei Arbeit fand. Hier verdiente sich der junge Carnegie seinen ersten Lohn von 1,50 Dollar die Woche. 13 Jahre alt, schwang er sich zum Kesselheizer empor. In seiner Freizeit bildete er sich durch Lesen einer Bücherei weiter aus, die der Besitzer den Arbeitern zur Verfügung gestellt hatte. Aus Dankbarkeit für diese Wohltat stiftete Carnegie später selbst viele Millionen Dollar für die Errichtung von Volksbüchereien. Seine Kenntnisse brachten ihm einen Schreiberposten in der Fabrik ein. Als er im 15. Lebensjahre stand, starb sein Vater, und nun mußte er für den Unterhalt seiner Mutter und seines jüngeren Bruders sorgen. Er wurde Depeschbote und dann Telegraphist. Nach dem Bürgerkriege begann Carnegie zu spekulieren. Mit geliehenem Geld beteiligte er sich an der Ausbeutung der damals erfundenen Eisenbahnschlafwagen. Den Gewinn legte er in einer Petroleumquelle an. Die Gesellschaft kaufte die Quelle für 40000 Dollar und erzielte in einem Jahr einen Gewinn von 1 Million Dollar. Die Mängel der oft nur aus Holz bestehenden amerikanischen Eisenbahnbrücken veranlaßten Carnegie, nun eine Brückenbaugesellschaft zu gründen. Seine erste eiserne Brücke über den Ohio brachte ihm so viele Aufträge ein, daß er sie kaum bewältigen konnte. 1868 überzeugte er sich in England von der Überlegenheit der Stahlschienen, worauf er sofort ein Bessemerstahlwerk anlegte, um Schienen zu walzen. 1882 schloß er sich mit dem Deutschschweizer Henry Clay Frick zusammen, einem Manne von ähnlichem Entwicklungsgange. Dieser brachte ihm riesige Kohlenfelder zu. Mit John Rockefeller zusammen brachte er die Erzlager am Oberen See unter seine Kontrolle. Im Jahre 1900 beschäftigte er auf seinen Werken in Homestead und auf den Lucy- und Duquesne-Hochöfen 50 000 Arbeiter und stellte 3 000 000 t Stahl her. Dann zog er sich von den Geschäften zurück und verwandelte seine Werke in die Carnegie Steel Co. mit einem Kapital von 170 Millionen Dollar. Carnegie machte von seinem Vermögen, das auf 300 Millionen Dollar geschätzt wurde, den edelsten Gebrauch. Besonders benutzte er es zur Gründung von Bildungsanstalten. Er stiftete etwa 120 Volksbüchereien, und zwar nicht nur in amerikanischen, sondern auch in englischen und schottischen

¹⁾ Andrew Carnegie: Geschichte meines Lebens. Leipzig 1921.

Städten. Der größten seiner Stiftungen, dem Carnegie-Institute in Pittsburgh, wandte er $7\frac{1}{4}$ Millionen Dollar zu.

Demselben Gemeinsinn entspringt die Kameradschaftlichkeit des Amerikaners. Dieser ist leichter zur Bildung von Gesellschaften und Genossenschaften bereit als der herrschsüchtige und vorsichtige Europäer. So kamen die Ringbildungen in der amerikanischen Industrie zustande. Die Trusts ermöglichten es, unwirtschaftliche Werke stillzulegen, die Erzeugung auf die übrigen Werke zweckmäßig zu verteilen und neue Unternehmungen zu gründen, ohne die Kräfte des einzelnen zu über-spannen. Der gewaltigste Trust war die United States Steel Corporation, zu der 1901 der Bankier Pierpont Morgan in New York alle Stahlwerke des westlichen Zentralamerikas einschließlich der Werke Carnegies zusammenschloß. Das Vermögen des Stahltrusts wurde auf 1,1 Milliarden Dollar geschätzt. Technischer Leiter wurde Charles M. Schwab, dem Judge Albert Gary folgte.

In der amerikanischen Eisenindustrie spiegelt sich das Bild der amerikanischen Wirtschaft wider. Riesige Erzeugungen in gewaltigen Werken, großartige arbeitssparende Förderanlagen und Maschinen, Höchstleistungen im Betriebe der Hochöfen, Stahlwerke und Walzenstraßen sind das Kennzeichen der amerikanischen Eisenwerke. Das Bessemerverfahren war das Mittel zur Herstellung der gewaltigen Stahlmengen. Später trat Mangel an phosphorfreien Erzen ein. Da Amerika keine phosphorreichen Erze besitzt, erlangte das Thomasverfahren keine Bedeutung. Man ging deshalb um 1895 zum basischen Siemens-Martin-Verfahren über.

Abgesehen von den ziemlich bedeutenden Hüttenwerken Alabamas und der auf dem berühmten Erzvorkommen am Pilotknop begründeten Industrie Missouris hat die Eisenindustrie ihren Sitz in den nordöstlichen Staaten. Der Schwerpunkt der Industrie verschiebt sich dauernd von Osten nach Westen. Um das Jahr 1870 hatte die Roheisenerzeugung ihren Hauptsitz in den östlichen Alleghanies. Philadelphia war der Vorort. Die meisten Werke lagen in den „Eisentälern“ von Shuylkill, Susquehanna und Lehigh; sie verarbeiteten ebenso wie die älteren Werke in New Jersey, New York und Connecticut den Anthrazit der östlichen Alleghanies und verhütteten dort vorkommende Brauneisensteine und die reinen Magneterze von Lake Champlain. Von den Werken dieses Bezirks sind besonders die als Waffenschmiede bekannten Bethlehem-Werke im Lehighthal zu nennen. In den westlichen Alleghanies ist Pittsburgh der Mittelpunkt der Industrie, deren Grundlage die dortigen Fettkohlen bilden. Diese wurden bis vor etwa zehn Jahren nur in Bienenkorböfen verkocht, da man glaubte, daß der Koksverbrauch im Hochofen steige, wenn der Koks in Nebenerzeugnisöfen hergestellt werde. Die von Natur aus sehr aschenarme Connellsvillekohle, die unmittelbar in die Koksöfen eingefüllt wird, liefert einen vorzüglichen Koks, und der Koksverbrauch der amerikanischen Hochöfen war sehr niedrig, solange nur reine Erze verhüttet wurden. Dies änderte sich, als die reichen Erze erschöpft waren und man solche mit 40 bis 45% Eisen verhütten mußte. In den letzten Jahren sind die Amerikaner zur Errichtung von Nebenerzeugniskokereien übergegangen, um deren Einführung sich deutsche Firmen, darunter besonders Heinrich Koppers, verdient gemacht haben.

Als die Verhüttung der Erze vom Oberen See zunahm, verschob sich die Industrie nach der Südküste des Eriesees, und in den Häfen von Cleveland und Lorrain ent-

standen gewaltige Werke. Endlich entwickelte sich seit 1870 eine großartige Eisenindustrie um Chicago. Dort wurden Erze vom Oberen See mit Koks aus Illinoiskohle verschmolzen. 1896 beschloß der Morgantrust, am Süden des Michigansees mit einem Kostenaufwand von 75 Millionen Dollar ein neues Werk zu errichten, das den Namen Indiana Steel Co. erhielt. Auf einem Gelände von 2,6 km² Größe wurden 16 Hochöfen von je 450 t Tagesleistung, 84 basische Siemens-Martin-Öfen von 60 t Inhalt und 6 Walzwerke erbaut. Anfänglich wurde der Koks noch in Bienenkorböfen hergestellt, später aber ging man zu Koppersöfen über. Gleichzeitig errichtete die Gesellschaft für die Werksangehörigen eine ganze Stadt, die den Namen des Vorsitzenden der Gesellschaft Gary erhielt. Die Stadt wurde für 50 000 Einwohner bemessen, man rechnete aber mit einer Zunahme der Bevölkerung auf 300 000 Seelen. Den Gründern schwebte der Gedanke vor, in der baumlosen Steppe eine Stadt zu errichten, die allen Anforderungen an Schönheit und Sauberkeit entsprach. Wenn diese Absicht auch bisher nur zum Teil gelungen ist, so bleibt Gary doch das großartigste Hüttenwerk der Welt.

Es ist eine Eigentümlichkeit der Angelsachsen, daß sie trotz ihres Vorwärtstrebens gern am bewährten Alten hängen. 1883 gab es im Osten Amerikas noch 68 Luppenfeuer (bloomeries), die fast 50 000 t Rohstahl für Werkzeugstahl herstellten. Noch heute werden etwa 0,5 Millionen t Roheisen mit Holzkohle erblasen, das besonders bei der bedeutenden Hartgußherstellung verwendet wird.

Die Entwicklung der amerikanischen Roheisenerzeugung leidet unter den Börsenspekulationen, so daß sich die Kurve der amerikanischen Roheisenerzeugung in Zickzacklinien bewegt. Trotzdem ist ihre Richtung steigend, und sie überragt heute die aller anderen Länder. Während des Krieges hat Amerika seine Industrie noch großartiger ausgebaut.

ASIEN

Die Gründung einer europäischen Eisenindustrie in Indien ist seit 1833 immer wieder versucht worden, scheiterte aber stets an der Arbeiterfrage und an dem für Europäer unerträglichen Klima des inneren Landes. 1903 hat dann der Inder J. N. Tata, ein reicher Fabrikant und Kaufmann in Bombay, den Plan gefaßt, in Zentralindien im Distrikt Chanda, wo reiche Erze und Steinkohle vorkommen, eine große Eisenhütte zu errichten, in der nur Eingeborene beschäftigt werden sollten, da europäische Arbeiter die furchtbare Hitze in den Werkstätten und besonders an den Feuern nicht ertragen. Die indischen Arbeiter und Beamten haben gezeigt, daß sie entgegen der bisherigen Ansicht zur Fabrikarbeit und zur Leitung eines Werkes durchaus brauchbar sind, und die Tatawerke haben sich gut entwickelt.

Auch im kohlen- und eisenreichen China sind verschiedene Versuche zur Gründung neuzeitlicher Hüttenwerke unternommen worden. 1893 ließ Chang-Chi-Tung, der Vizekönig der Huknangprovinzen, eine Hütte zu Han-yang an der Einmündung des Han-Kiang in den Jangtse-kiang unweit Hankow erbauen. Bezeichnend für chinesische Verhältnisse ist, daß der Vizekönig das Werk nur deshalb an diese für die Erz- und Kohlentransporte ungünstige Stelle verlegte, weil er es dort besser unter Aufsicht hatte. Die Bestechlichkeit und Unehrllichkeit der chinesischen Arbeiter und

die vom Direktor bis zum letzten Hilfsarbeiter reichende Vetternwirtschaft spottet jeder Beschreibung. Da man die Europäer aus China verdrängt, die allein imstande wären, Ordnung in ein chinesisches Werk zu bringen, dürften die gewaltigen Kohlen- und Erzschatze Chinas noch lange unausgenutzt bleiben.

Trotz der Regsamkeit seiner Bewohner hat sich die Eisenindustrie in Japan erst in der letzten Zeit entwickeln können, da die verhältnismäßig geringen Vorräte an mineralischen Rohstoffen der Ausdehnung der Eisenindustrie hindernd im Wege standen. Durch weise Maßnahmen der Regierung jedoch, die nicht nur auf den Ausbau der Staatseisenwerke bedacht ist, sondern auch den Privatwerken großen Schutz angedeihen läßt, hat die Eisenerzeugung des Landes, allerdings unter Zuhilfenahme großer Einfuhrmengen an Kohle und Erz, sich derart entwickelt, daß heute der größere Teil des Eisenbedarfs im Lande selbst gedeckt werden kann.

DIE ERZLÄNDER

Da Eisenerze auf der Erde weiter verbreitet sind als Kohlen, gibt es viele Länder, in denen die Erzförderung die Eisengewinnung weit übersteigt. Ein solches Land ist Spanien. 1863 gingen die ersten Probesendungen von Bilbaoerzen nach England und Frankreich. 1871 wurden von Somorostro bereits 300000 t Eisenerze und von anderen Orten noch 60000 t verschickt. Zur Verwertung der Somorostroerze wurde 1872 die Orkonera-Eisenerzgesellschaft gegründet, an der sich neben Dowlais auch Krupp beteiligte. Die reichsten Bilbaoerze, die Roteisenerze Vena und Campanil, sind heute bereits selten geworden, und das Brauneisenerz Rubio mit 50% Eisen bildet den größten Anteil des ausgeführten Erzes. Auch das kohlenarme Italien führt große Mengen Erze von Elba aus, während seine Eisenindustrie unbedeutend ist. Während die Eisenindustrie Schwedens heute nur wegen der Güte ihrer Erzeugnisse, nicht aber wegen ihrer Erzeugungsmenge beachtenswert ist, wurde Schweden ein wichtiges Erzland. Seit 1870 wurden in Lappland die reichen Felder meist sehr phosphorreicher Erze von Gellivaara, Luossavaara und Kiirunavaara mit Hilfe englischen Kapitals erschlossen. Große Bedeutung erlangten die Erze nach dem Bau der Lofotenbahn im Jahre 1890, die den Zugang zum eisfreien Ozeanhafen Narvik eröffnete. Bis dahin hatte man die Erze nur über Luleå an der Ostsee verfrachten können, dessen Hafen acht Monate im Jahre zugefroren ist. Vielversprechend für Schweden sind die Bestrebungen zur elektrischen Gewinnung und Veredelung des Eisens.

Infolge der Verbesserung des Schiffsverkehrs wird die Liste der Länder immer größer, von denen aus man Erze wirtschaftlich nach Amerika und Europa bringen kann. Seit 1889 werden die reinen Magneterze Kubas nach Nordamerika ausgeführt. Neuerdings haben die Wabanaerze Neufundlands und die unerschöpflichen Hämatite der Provinz Minas Geraes in Brasilien Beachtung gefunden.

ÖSTERREICH, UNGARN, RUSSLAND

Das kohlenarme Österreich nahm trotz seines verhältnismäßig großen Erzreichtums nur in bescheidenem Maße am Aufschwung der Eisenindustrie teil. Die Oesterreichisch-Alpine Montangesellschaft, die 1881 fast den ganzen steirischen Erzberg in ihren Be-

sitz brachte, legte die meisten Werke still und schuf sich zu Donawitz eine auf der Höhe der führenden Werke des Festlandes stehende Anlage. Das größte Werk der heutigen Tschechei ist das den Familien Rotschild und Gutmann gehörende, großzügig geleitete Eisenwerk Witkowitz in Mähren. Das Werk hat 1828 zuerst in Österreich das Puddelverfahren und bald darauf die Verwendung von Koks im Hochofen eingeführt und hat seit dieser Zeit die erste Stelle behalten.

Das alte Ungarn verfügte über reiche Eisenerz- und Kohlschätze und demgemäß über eine Jahrhunderte alte Eisenindustrie. Der Ausgang des Weltkrieges, der Ungarn 75 % seiner Steinkohlenförderung nahm und auch seinen Besitz an Eisenerzen ungeheuer schmälerte, hat die namentlich seit den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts eingetretene kräftigere Entwicklung der Eisenindustrie vorläufig unterbunden. Ungarn ist jetzt hinsichtlich seines Steinkohlen- und Erzbezuges völlig vom Auslande abhängig, was um so mehr ins Gewicht fällt, als dem Lande seine Maschinenindustrie zu 85 % erhalten geblieben ist.

Rußland, d. h. die Union der sozialistischen Sowjetrepubliken, verfügt neben unbedeutenderen Vorkommen im Moskauer Becken und im Ural nur im Donez-Gebiet (Ukraine) über beträchtliche Steinkohlevorräte. Außerordentlich reich ist dagegen sein Besitz an Eisenerzen, von denen namentlich die Vorkommen im Ural und die von Krivoi-Rog in der Ukraine zu nennen sind. Georgien verfügt außerdem über bedeutende Lager von Manganerzen. Bei den großen Entfernungen und den unentwickelten Verkehrsverhältnissen haben sich schon im ehemaligen Zarenreich zwischen den einzelnen Wirtschaftsgebieten engere Beziehungen nicht herstellen lassen, vielmehr entwickelte sich die Eisenindustrie jedes dieser Bezirke nach den ihr eigentümlichen Bedingungen. Größere Bedeutung hatte vor dem Kriege lediglich die Bergwerks- und Hüttenindustrie der Ukraine, die mit 75 % an der Kohlenförderung, mit rund 70 % an der Eisenerzförderung und Roheisenerzeugung und mit 56 % an der Stahlherstellung des europäischen Rußlands beteiligt war. Die Eisenindustrie des Moskauer Beckens, ein im Grunde künstliches Gebilde, hat es nie zu einer besonderen Entwicklung gebracht. Im Ural konnte sich infolge seines Erzreichtums eine kräftigere Eisenindustrie entwickeln, doch litt sie im hohen Maße an den unzureichenden Verkehrsmitteln, wodurch sogar ein Wettbewerb auf den Märkten West- und Südrußlands zur Unmöglichkeit wurde. Die politischen Umwälzungen hatten dann den völligen Zusammenbruch der Eisenindustrie in den einzelnen Sowjetrepubliken im Gefolge. Eine Erholung in nennenswertem Umfange ist seitdem nicht eingetreten.

FRANKREICH UND BELGIEN

Auch Frankreich ist reich an Eisenerzen, aber verhältnismäßig arm an guten Kohlen. Der Verlust der Minettelager Elsaß-Lothringens durch den Krieg 1870/71 konnte deshalb durch verstärkte Förderung aus dem bei Frankreich gebliebenen westlichen Teil des Minettevorkommens, besonders durch die reichen Erze des Bassins von Briey, ausgeglichen werden. Hierzu kam die Erschließung der Erzlager in den nordafrikanischen Kolonien Algier und Marokko. Etwa die Hälfte der französischen Roheisenerzeugung wurde auf den östlichen Werken erblasen, die andere Hälfte verteilte sich auf das ganze Land. Besondere Bedeutung durch die Lieferung von Kriegs-

gerät erwarb sich das seit 1837 im Besitze der Familie Schneider befindliche alte Werk in Le Creusot.

Um 1900 erschloß August Thyssen die seit Jahrhunderten bekannten, aber nicht für abbauwürdig erachteten Erzlager der Normandie und erbaute ein großes Hüttenwerk bei Caen, um diese Erze mit Koks aus seinen westfälischen Zechen zu verschmelzen. Leider ist diese gegenseitige Durchdringung der sich ergänzenden deutschen und französischen Industrie schon damals in Frankreich auf Widerstand gestoßen und dann durch den Weltkrieg unmöglich geworden.

In technischer Hinsicht steht die französische Eisenindustrie bis heute unter dem Einfluß der überlegenen Industrie Deutschlands und Amerikas, die vorzüglichen Leistungen der französischen Eisenwerke, besonders auf dem Gebiete der Stahlerzeugnisse und der Spezialeisensorten, sichern ihr aber ein hohes Ansehen. Durch den siegreichen Ausgang des Krieges verfügt Frankreich heute über Hüttenwerke mit einer Erzeugungsfähigkeit von über 10 Millionen t Roheisen, so daß es unter den eisenerzeugenden Ländern die zweite Stelle einnehmen wird, wenn es seine Werke mit Kohlen versorgen kann. Es ist bekannt, welche Anstrengungen es hierzu auf Kosten des besiegten Deutschlands macht.

In Belgien hat sich dank seiner günstigen verkehrsgeographischen Lage eine bedeutende Eisenindustrie entwickelt, obwohl dem Lande Eisenerze fast ganz fehlen und auch die Kohlendecke seinen Bedürfnissen nicht völlig zu genügen vermag. Da es aber die nötigen Kohlen und Erze bequem aus den angrenzenden Ländern beziehen konnte — Eisenerze z. B. zu 91% aus Frankreich und Luxemburg —, hat Belgien seine Roheisenerzeugung von Jahr zu Jahr gesteigert und schließlich auf den Kopf der Bevölkerung die gleiche Menge wie Deutschland (240 bis 250 kg) hergestellt, Länder wie Schweden, Frankreich, Österreich, Rußland weit hinter sich lassend. Das Roheisen wird fast ganz im Lande selbst verbraucht, wogegen von der Erzeugung an Halb- und Walzzeug vor dem Kriege über die Hälfte ausgeführt wurde, hauptsächlich nach Südamerika und den englischen und holländischen Kolonien. Seit 1919 macht sich schon wieder eine lebhaftere Ausfuertätigkeit bemerkbar. Bemerkenswert ist noch, daß in Belgien verhältnismäßig viel Schweißisen hergestellt und verarbeitet wird; demgegenüber ist die Erzeugung von Sonderstählen ebenso wie die Herstellung von Elektrostahl unbedeutend.

DEUTSCHLAND

Die Eisenindustrie Deutschlands entwickelte sich bis zum Weltkrieg mit ruhiger Sicherheit weiter. Die Roheisenerzeugung stieg von 800000 t im Jahre 1850 auf 1,5 Millionen t im Jahre 1870, 2,7 Millionen t im Jahre 1880, 4,6 Millionen t im Jahre 1890 und übertraf im Jahre 1903 mit 10 Millionen t die englische. Dann stieg sie bis zum Weltkriege weiter auf 18 Millionen t. Diesen Fortschritt verdankt Deutschland in erster Linie der Befreiung von den Fesseln, die früher die deutsche Tüchtigkeit gehemmt hatten. 1834 wurde der Zollverein geschaffen. Damit fielen die innerdeutschen Zollschränken, die bisher großartige Unternehmungen verhindert hatten. Durch die Gründung des Norddeutschen Bundes wurden die Beziehungen zwischen den deutschen Staaten noch enger, und endlich wurde durch den Krieg von 1870/71 die

nationale Einheit geschaffen. Der Krieg brachte Deutschland die wertvollen Minette-lager Lothringens sowie einen Geldreichtum durch die französische Kriegsentschädigung. Die Neubewaffnung der Armee, der Bau von Eisenbahnen und der Milliarden-segen hoben die Industrie. Neue Unternehmungen entstanden und Aktiengesellschaften wurden gegründet, um alte Werke auszubauen und neue zu errichten. Auf die „Gründerzeit“, deren markanteste Persönlichkeit der allzu kühne Eisenindustrielle Richard Strousberg¹⁾ war, folgte im Jahre 1873 ein Rückschlag, der von Amerika ausging und alle Industrieländer traf. Die ungünstige Lage der deutschen Eisenindustrie wurde verschärft durch das damals eingeführte System des Freihandels, denn die deutschen Werke konnten mit den alten eingearbeiteten Werken Englands nicht in Wettbewerb treten. 1878 nahm sich Kaiser Wilhelm I. der Eisenindustrie an und veranlaßte den Reichskanzler Fürsten Bismarck zu einer Enquête über die Lage der deutschen Eisenindustrie. 1879 wurde ein Schutzzoll von 10 Mk. auf Roheisen und von 25 Mk. auf Schweiß- und Flußeisen je Tonne festgesetzt. Nunmehr entfaltete sich die deutsche Eisenindustrie, und auch die Güte der deutschen Waren hob sich. Im Jahre 1876 hatte Franz Reuleaux als Reichskommissar der amerikanischen Weltausstellung in Philadelphia den deutschen Waren das Zeugnis „billig und schlecht“ ausgestellt. Wenn dieses Urteil auch übertrieben war, veranlaßte es doch die deutschen Werke, ihre Erzeugnisse zu verbessern, und nun erlangte die Güte der deutschen Waren Weltruf. Um den wachsenden deutschen Wettbewerb zu bekämpfen, erließ England ein Markengesetz, wonach alle in England und den Kolonien verkauften Waren mit dem Ursprungsland gezeichnet sein mußten. Der Stempel „Made in Germany“ sollte ein Brandmal werden, aber er zeigte erst dem Ausland, wieviel gute, unentbehrliche Waren aus Deutschland kamen, und das „Made in Germany“ wurde eine Empfehlung für die deutsche Industrie.

Oft wird von einer übertrieben raschen Industrialisierung Deutschlands gesprochen. In Wirklichkeit ist der Zustand Deutschlands unter den Kaisern, verglichen mit anderen kohlenreichen Ländern, weniger erstaunlich als die Tatsache, daß ein Land wie Deutschland einstmals so tief sinken konnte, daß es in kleine unbedeutende Staaten zerrissen war, die nur eine Kirchturmpolitik betrieben, um ihre Nachbarn zu ärgern, und die gegenüber England und Frankreich politisch bedeutungslos waren. Die Errettung aus diesem Elend verdankt Deutschland neben Kaiser Wilhelm I. und dem von ihm zur Durchführung seiner Nationalpolitik erwählten, anfangs vielbefeindeten „Junker“ Bismarck, der Tüchtigkeit und dem Arbeitseifer seiner Bewohner. Das unbestechliche, wenn auch oft wegen seiner Schwerfälligkeit beim Volke unbeliebte preußische Beamtenkorps und der allgemeine Heeresdienst gewöhnten das Volk an Ordnung und lehrten es zu gehorchen und zu befehlen. Die Schulen, von den Elementarschulen an bis zu den Universitäten, waren die besten der Welt. Für die Ausbildung der deutschen Techniker standen gute Fachschulen zur Verfügung. Immer mehr verbreitete sich das Hochschulstudium unter den deutschen Ingenieuren. Die technischen Hochschulen wurden in ihren wissenschaftlichen Leistungen den alten Universitäten gleichwertig, und es war keine einseitige Bevorzugung derselben, als Kaiser Wilhelm II., der Bewunderer und Förderer der deutschen Technik, ihnen das Promotionsrecht (1900)

¹⁾ Dr. Strousberg und sein Wirken, von ihm selbst geschildert. Berlin 1876.

verlieh und hervorragende Hochschulprofessoren in das Preußische Herrenhaus berief. Der deutsche Arbeiter fand nicht den Lohn für seine Arbeit, den der Amerikaner erhielt, dafür aber waren die Lebensverhältnisse besser und der Unterschied zwischen arm und reich geringer. Im Jahre 1889 wurde die allgemeine Invaliden- und Altersversicherung eingeführt. Das Versicherungswesen rief zwar vielfach ein Jagen nach Renten und Krankengeld hervor, aber dieser unliebsamen Nebenerscheinung standen weit größere Vorteile gegenüber.

Das ruhige Vorwärtstreben der Deutschen gab ihnen ein Übergewicht vor allen Völkern. Herrliche Entdeckungen und großartige Erfindungen sind von Franzosen, Engländern und Amerikanern gemacht worden, aber viele Neuerungen und Fortschritte sind erst in Deutschland zur Vollendung und Reife gelangt. Ein Beispiel hierfür ist schon erwähnt worden: die technische Ausbildung des von dem Engländer Thomas erfundenen basischen Windfrischverfahrens. Man hat die Deutschen in Verkenntung ihrer eigenen zahllosen Entdeckungen und Erfindungen gehässig ein Volk von Nachahmern genannt, sicher aber sind sie ein Volk von Verbesserern. Da die Deutschen die wissenschaftliche Begabung der Franzosen mit dem praktischen Sinn der Engländer verbinden, leisten sie ihr Bestes in der wissenschaftlichen Durchdringung der Technik. Man denke an die heutige chemische Technik, die man fast als eine deutsche Technik bezeichnen kann. Die Veredelung und Verwertung der Brennstoffe ist von den Deutschen auf den jetzigen Stand gebracht worden. In der neuzeitlichen Kokereitechnik trifft man fast nur deutsche Arbeit. Die Verwertung der Gichtgase ist von Anfang an bis zur Gasmachine eine fast ununterbrochene Kette deutscher Erfindungen.

Ein kurzer Überblick über die Entwicklung der Eisenindustrie in den einzelnen Bezirken Deutschlands während der Kaiserzeit wird genügen.

Oberschlesien, die Wiege der modernen deutschen Steinkohlenindustrie, entwickelte sich nur langsam, weil der Vorrat an abbauwürdigen Erzen nicht dem Reichtum an Kohlen entsprach. Die Werke mußten zur Verarbeitung ausländischer, insbesondere schwedischer Erze übergehen, die über Danzig und Stettin eingeführt wurden. Da der Erzmöller weder für das Bessemer- noch für das Thomasverfahren geeignet war, entwickelte sich die Herstellung von basischem Herdstahl. Die ober-schlesischen Werke, insbesondere die Bismarckhütte, erlangten einen guten Ruf durch ihre vorzüglichen Bleche.

In ähnlichem Umfange wie dort entwickelte sich die Industrie im Steinkohlenbecken an der Saar. Nach Erschöpfung der kleinen Toneisensteinlager des Landes arbeiteten die Werke mit Erzen von der Lahn und aus dem Odenwald, bis um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die Minettelager entdeckt wurden. 1854 bauten die de Wendelschen Werke an der damaligen preußischen Grenze in Stieringen eine große Hochofenanlage zur Verhüttung von Minette mit Saarkoks. 1865 gründete eine belgisch-luxemburgische Gesellschaft die Burbacherhütte. Das Unternehmen entwickelte sich dank der billigen Saarkohle gut und wurde berühmt als Trägerwalzwerk. Lange Zeit wurden Profileisen in Deutschland auf Frachtbasis Burbach gehandelt. 1867 wurde die Halbergerhütte zur Hochofengießerei umgebaut und dorthin der Betrieb der Holzkohlenhütten verlegt, welche die Familie Stumm seit dem Anfang des 18. Jahrhunderts im Hunsrück besaß. Auch das Stummsche Hauptwerk in Neunkirchen ging

zur Minetteverhüttung über. Glänzenden Aufschwung nahmen die Werke an der Saar nach Einführung des Thomasverfahrens. Diese erfolgte zuerst in Neunkirchen auf persönliches Betreiben von Karl Ferdinand Stumm. Der später als Freiherr von Stumm-Halberg geadelte bedeutende Gewerke war auch Hauptbesitzer der seit 1820 durch ihre Weißbleche und seit 1870 durch ihre Panzerplatten berühmten Dillingerhütte. Neben der Hebung der Eisenindustrie lag ihm besonders das Wohl seiner Arbeiter am Herzen. Er war ein heftiger Gegner der sozialistischen Gleichmacherei und vertrat energisch den Standpunkt, daß er Herr im Hause sei. Dafür suchte er das alte persönliche Verhältnis zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer aufrechtzuhalten. Trotz der gehässigen Angriffe, welche die Sozialdemokratie gegen den „König Stumm“ richtete, hat sich sein System bewährt. Die Arbeiterbewegungen haben sich an der Saar immer in milderer Formen abgespielt als in Westfalen. Die Arbeiter haben große Streiks vermieden, die Arbeitgeber von Arbeiterentlassungen möglichst abgesehen. Neben den Stummschen Werken entwickelte sich großartig die Völklingerhütte, nachdem sie in den Besitz der ebenso fleißigen wie unternehmenden alten Saarbrücker Familie Röchling übergegangen war, und diese dort das Thomasverfahren eingeführt hatte.

In Lothringen rief die Minette eine mächtige Industrie hervor. Die Hochöfen wurden mit westfälischem und belgischem Koks betrieben. Die de Wendelschen Werke, das von Belgiern gegründete Aumetz-Friede und die Rombacherhütte dehnten sich stark aus. Zur Erniedrigung der Frachtkosten errichteten die Saarrhütten Hochöfen im Minettebezirk und verarbeiteten das dort erblasene Roheisen auf ihrem Hauptwerk. Die Fortschritte in der Hochofengasverwertung und die Verarbeitung des flüssigen Roheisens im Stahlwerk machten dieses Vorgehen unwirtschaftlich, deshalb entstanden nun in Lothringen gemischte Werke. 1910 bis 1913 erbaute August Thyssen ein riesiges Hüttenwerk in Hagendingen mit Hochöfen von annähernd 400 t Tageserzeugung, während man bis dahin 250 t als höchste Leistung der Minettehochöfen angesehen hatte. So bot Lothringen ein glänzendes Beispiel der Blüte Deutschlands unter den Hohenzollernkaisern.

Auch in Luxemburg, das mit dem deutschen Kaiserreich durch eine Zollunion verbunden war, bestand eine alte, auf dem Vorkommen von Alluvialerzen begründete Holzkohleneisenindustrie. Die Entdeckung der Minettelager leitete auch hier ein neues Zeitalter ein. Die Luxemburger Eisenerzeugung, die im Jahre 1868 nur 93 000 t betragen hatte, stieg 1879 auf 260 000 t, überschritt 1902 die erste Million und erreichte 1912 die zweite Million. Neben unternehmenden Industriellen des Landes, insbesondere der Familie Metz, beteiligten sich westfälische Werke an der Errichtung von Hütten. Der Gelsenkirchener Bergwerks-Verein baute 1909 bis 1911 in Esch ein großes gemischtes Werk, das nach den Brüdern Kirdorf den Namen Adolf-Emil-Hütte erhielt.

In den meisten der auf örtliche Erzvorkommen begründeten Hüttenbezirken, z. B. im Harz, in der Eifel, im Hunsrück und in Württemberg, erloschen die Hochöfen zum großen Teil. Nur im erzeichen Siegerland, an der Lahn, deren wichtigste Roteisensteinvorkommen die Buderusschen Werke in ihrer Hand vereinigten, und in der Oberpfalz blühte die Eisenindustrie weiter. In den 50er Jahren wurden die reichen Lager oolithischer Erze bei Groß-Ilse, 7 km südlich von Peine, ent-

deckt. 1856 bildete sich eine Gesellschaft zum Bau eines großen Hüttenwerks, nachdem die berühmten Chemiker Justus von Liebig und Friedrich Wöhler erklärt hatten, daß das Erz von vorzüglicher Reinheit sei. Die Gesellschaft bestand nur kurze Zeit, und erst einer zweiten Gesellschaft gelang es 1861, das Werk in allerdings bescheidenerem Umfange in Betrieb zu bringen. Nun kam ein neuer Rückschlag. Während man gehofft hatte, daß das Eisen von vorzüglicher Güte sein werde, erwies es sich als ungewöhnlich phosphorreich. An die Herstellung von Gießereieisen war nicht zu denken, und man mußte Puddeleisen erblasen und nach Westfalen verkaufen. Wegen der frachtlich ungünstigen Lage gründeten die Hauptbesitzer des Werkes unter der weisen Führung von Gerh. L. Meyer im Jahre 1872 ein Puddelwerk bei Peine, um das Ilseder Eisen dort selbst zu verarbeiten. Aber auch dieses neue Geldopfer wurde durch den Umschwung der wirtschaftlichen Lage zunichte gemacht. Erst 1877 kam eine Besserung, und der Gewinn gestattete den Verlust der Vorjahre zu vermindern. Mit der Einführung des Thomasverfahrens im Jahre 1881 begann endlich die fast beispiellose Blüte des Werkes.

Um die weiten Transportwege der über See eingeführten Erze nach Oberschlesien zu verkürzen, gründete 1896 der oberschlesische Magnat und Großindustrielle Graf Guido Henckel von Donnersmarck, der nachmals vom Kaiser in den Fürstenstand erhoben wurde, ein Hüttenwerk am Stettiner Haff bei Kratzwieck. Die guten Ergebnisse regten zur Gründung weiterer Küstenwerke an. Von diesen hat sich besonders das 1906 gegründete Hochofenwerk Lübeck unter geschickter Leitung glänzend entwickelt, und zwar in erster Linie durch die Ausnutzung aller Neben-erzeugnisse.

Trotz des Aufblühens der anderen Hüttenbezirke blieb der Schwerpunkt der deutschen Eisenerzeugung im rheinisch-westfälischen Kohlengebiet. Da die dortigen Erze schon lange abgebaut und die Werke fast ganz auf ausländische Erze und Minette angewiesen waren, ist diese Erscheinung nur durch die zähe Tatkraft der niederrheinisch-westfälischen Industriellen zu erklären. Düsseldorf wurde der geistige Mittelpunkt der deutschen Eisenindustrie. Die älteren Werke, wie die Gutehoffnungshütte, der Bochumer Verein und die Rheinischen Stahlwerke, erweiterten sich stark. Daneben entstanden großartige Neuanlagen. Krupp erwarb im Jahre 1890 gegenüber Duisburg bei Rheinhausen ein Gelände von über 1000 Morgen zur Errichtung eines modernen Hüttenwerkes, als seine bisherigen Roheisenquellen, die alte Saynerhütte und die Johanneshütte, nicht mehr genügten. Die Friedrich-Alfred-Hütte kam im Jahre 1898 mit drei Hochöfen in Betrieb und umfaßt heute zehn Hochöfen für eine Jahreserzeugung von rund 1 Million t Eisen. Am großartigsten entwickelten sich die Thyssenschen Werke. Am 1. April 1871 errichtete August Thyssen in Mülheim an der Ruhr ein kleines Puddelwalzwerk mit 70 Arbeitern. 1914 standen 50000 Arbeiter und Angestellte in seinem Dienst, die Kohlenförderung seiner Zechen betrug 5 Millionen t und die Roheisenerzeugung seiner Hütten 1,85 Millionen t, d. h. über 10% der gesamten deutschen Roheisenerzeugung. Das bedeutendste Hüttenwerk Thyssens wurde die Gewerkschaft Deutscher Kaiser in Bruckhausen, ursprünglich eine Kohlenzeche, auf der Thyssen 1890 ein Martinstahl- und Walzwerk und 1895 Hochöfen und Thomaswerke errichtete. Die letzten Glieder in der Entwicklung des Thyssenbesitzes waren das Stahlwerk Hagendingen und die Hütte bei Caen. Neuerdings sind

die Thyssenschen Unternehmungen in Hamborn in vorbildlicher Weise ausgebaut worden.

Durch den Krieg hat Deutschland den größten Teil der schlesischen Eisenhütten und Kohlenruben verloren. Im Westen sind alle Lothringer Erzgruben und Hütten sowie die Saarkohlenruben an Frankreich gefallen. Die deutsche Handelsflotte ist eine Beute der Sieger geworden. Auf den bei Deutschland verbliebenen Werken ist die Erzeugung unter dem Drucke der Kriegsentschädigung und der hierauf zurückzuführenden Demoralisierung der Arbeiterschaft stark zurückgegangen. Die Besetzung des Ruhrgebietes im Jahre 1923 hat die meisten westfälischen Werke lahmgelegt. Die deutschen Eisenhüttenleute sind im Unglück des Vaterlandes fest geblieben, und haben durch besonnene Führung der Arbeiterschaft dazu beigetragen, Deutschland vor dem Schicksal Rußlands zu bewahren. Viele von ihnen haben mit bewundernswertem Mute Ausweisung und Gefangenschaft für ihr Vaterland hingenommen. Wenn auch noch immer schwarze Wolken am Horizont aufsteigen, und die Not des Vaterlandes noch immer wächst, gilt doch das Dichterwort:

„Und wieder blühen wird Hoffnung dem menschlichen Geschlecht
Und grünen wird die Saatflur und walten im Land das Recht.“

ALPHABETISCHES NAMEN- UND SACHVERZEICHNIS

	Seite		Seite		Seite
Aachen	47, 48	Anlaufstab	88	Authari, Bajuwarenherzog	24
„ Techn. Hoch- schule	168	Anna, Kaiserin von Ruß- land	102	Avaricum	21
Aaron	46	Annener Gußstahlwerk	208, 229	Avesta	208
Abbränder	85	Anthrazithochofen	137	Ayas	9
Abflußröhren	122, 193	Antoninus, Erzbischof von Florenz	65	Bach, Carl	170
Abhebeformmaschine	193	Anwärmen der Hochöfen	139	Bacon, Anthony	121
Abstichgaserzeuger	133, 140, 151, 155, 191, 204	Apengeter, Hans	72	Bagge, William	197
Abschwefeln der Stein- kohlen s. Verkokung		Appolt	171	Baifahrt	58
Abstreifformmaschine	194	Aquileja	57	Baildon, W.	147
Abteufen	170	Araber	15	Baird, Alexander	137, 139
Abwerfen der Bleche	44	Arbeiterverhältnisse	88, 224	Baja	6, 7
Abzugskanäle der Hoch- öfen	66	Arbeitszacken	85	Baldung-Grien, Hans	45
Achenbach, Eoban Hein- rich Moritz Daniel	195	Ardelt, Robert	192	Balgdeckel	32
Aden	12	Ardennen	52	Balgnägel	32
Adolf-Emil-Hütte	234	Arier	9	Balgsterzel	33
Ädler	21	Armenien	13	Balmung	25
Aflenz	90	Armeria reale	45	Bandeisenherstellung	92, 218
Afrikaneger	5	Armstrong, William	214, 220, 222	Banjeli, Erzberg von	7
Agricola, Georg	61, 95	Arrian	12	Baptist Mills	119
Ägypter	13	Asien	9, 228	Barrow-in-Furness	223
Akademie Paris	96	Aspdin, Joseph	186	Barte	24
Äkermann, Richard	168	Assagay	8	Bauernofen	36, 37
Alabama	227	Assyrer	13	Bauschinger, Johann	170
Albert, Oberbergrat	217	Asthöwer, Fritz	208	Bayley, Joseph	129
Albert, Prinzgemahl von England	145, 167	Atmosphärische Dampf- maschine	110, 188	Becher, Joh. Joachim	119
Alexander der Große	12	Atmosphärische Gas- maschine	190	Beck, Ludwig	2
Alexander III., Papst	26	Atlas-Werke	196, 197	Bedlington	144
Alexandrowsky	203	Attercliffe	119	Bedson, George	217
Algier	230	Atwood, C. H.	166	Befreiungskrieg, deutsch.	148
Allen, William D.	162, 164	Ätzen	8, 12, 44	Beil	24
Alleghannies	227	Ätzmalerei	45	Beizen	105
Alligatorquetsche	140	Aubertot	151	Beizmaschine	217
Alman, Juan	50	Audincourt	153	Belgien	67, 92, 159, 231
„ Gil	50	Aufbereitung der Erze	32, 69, 176	Belgische Drahtstraße	217
Altai	9	„ des Sandes	193	Belgische Staatsbahn	160
Altena	47	Aufbrechschmiede	87	Bell, Lowthian 181, 197, 198, 222	181, 197, 198, 222
Amberg	57	Aufwerfhammer	41	Bells Reinigungsverfahren	197
Amboß	41	August, Kurfürst von Sachsen	95	Bell Brothers	223
Amerika 6, 34, 103, 130, 168, 224		Aumetz, Erzberg von	234	Bender, Hans	75
Ammoniakgewinnung	172, 174, 202	Ausglühen	80	Benzolgewinnung	174
Amsterdam	51	Ausklauen der Erze	30, 32	Beowulflied	25
Analysen	169	Auslaugen der Erze	32, 177	Bereisen	72
Anblasen der Hochöfen	70	Ausonius, Decimus Mag- nus	18	Bergamaskerschmiede	87
Andreaskreuz	66	Austen, W. Ch. Roberts	222	Bergerz	99
Ankerketten	21	Australneger	5	Bergkollegium	100
Ankerschmiede	53, 54, 103			Bergmannshämman	100
Anlaufen	88			Bergrecht	30
				Bergregal	30
				Bergslager	100
				Bergue, Charles de	193
				Berkshire-Formmaschine	194
				Berlin-Anhaltische Ma- schinenfabrik	191
				Berlin, Bergakademie	167
				Berlin, Gewerbeinstitut	167
				„ Kgl. Gießerei	148, 149
				„ Zeughaus	94
				Bernados, Nicolas v.	220
				Berndorf	158
				Berner Jura	22
				Bernward, Bischof von Hildesheim	61
				Bersham	120
				Berthelot, Marcellin	169
				Berthier, Pierre	207
				Bertrand, E., u. O. Thiel	204
				Beschickmaschine	204
				Bessemmer, Henry	161, 199
				„ „ „ & Co.	164
				Bessemermedaille	164, 167
				Bessemerverfahren	163, 196
				Beten	14
				Beth, W. F. L.	188
				Bethlehem-Stahlwerk	207, 209, 210, 211, 220, 227
				Beuth, P. C. Wilh.	167
				Bibracte	21
				Bienenkorbkoksöfen	133, 134, 171
				Bièvre	152
				Bilbao	229
				Bilbilis	17
				Bilston	123
				Bima	10
				Binnenschiffe	225
				Biringuccio, Vannoccio	61
				Birkbeck Institution	198
				Birkinshaw, John	143
				Birmingham 105, 112, 118,	144
				Bischof, Ludwig	153, 155
				Bismarck, Otto v.	213, 232
				Bismarckhütte	233
				Bituriger	21
				Black, Jos.	112
				Blackband	137
				Blaenavon	198
				Blaintree	103
				Blake	185
				Blasebälge, lederne	32
				„ „ „ hölzerne	91, 99
				„ „ „ mit Wasser- antrieb	27, 33
				Blasrohr	5
				Blattel	87
				Blattelbraten	87
				Blauofen	38, 65
				Blechbeizen	44, 217
				Blechbiegemaschine	133
				Blechhammermühlen	43
				Blechschiemen	43, 57

	Seite		Seite		Seite
Blechwalzen	95, 106, 144, 212, 216	Büchsenmeister	55, 61	Chromstahl	207
Bleichert, Adolf	175	Büchsensteine, eiserne	77	Clapp und Griffith	208
Bleiwalzwerk	92	Buckau	195	Claremont (Dampfschiff)	130
Blezinger, A.	201, 202	Bückling, Carl Friedr.	146	Clarence	180, 181
Blokkantvorrichtung	211	Budd, J. Palmer	138	Clausthal, Bergakademie	167, 217
Blockstripper	201	Buderussche Eisenwerke	187, 193, 234	Clemens v. Alexandria, Kirchenvater	12
Blockwagen	201	Bühler, Jac.	57	Clerval	154
Bloomeries	34, 228	Bunsen, Robert	154	Cleveland (Ohio)	227
Blücher (Lokomotive)	131	Bunte, H.	169	Clevelandbezirk	140, 178, 181, 186, 223
Bochumer Verein	207, 235	Burbacherhütte	184, 233	Clusinghütte	89
Böcking, Rudolf	192	Burdon, Rowland	125	Clydehütte	121, 122, 135
Bodenblech	43	Burgers, Franz	180, 182, 183	Clydekanal	130
Bodenstampfmaschine	200	Burgers Hochofen	184	Coalbrookdale	120, 122, 124, 129, 222
Bodenstein	67	Burgkmair, Künstlerfamilie	45	Coblentz	53
Bodmer, J. G.	218	Burgunderhelm	44	Cochrane, A. B.	178, 181, 192, 223
Böhler, Gebr., Stahlwerk	207	Burjäten	9	Cochrane & Slate	192
Böhmen	98, 151	Caen	231	Cockerill, John	159, 191, 210
Bohrbank	56	Calderhütte	136, 137, 142	William I.	159
Bohrmaschine	74, 75	Calder Winderhitzer	136	William II.	159
Bolckow Henry William Ferdinand	140	Cambriawerke	211	Cokshut, John	129
Bolckow, Vaughan & Co.	140, 181, 199, 223	Cammel, Charles	213	Collin	173
Bombenguß	77	Campanil	229	Colonna, Graf Philipp	148
Bonvillain, Ronceray & Co.	194	Campbell, H. H.	203	Compoundpanzerplatten	213, 215
Böotien	16	Cardiff	223	Condie, John	137, 142
Bopp & Reuther	194	Carnegie, Andrew	182, 199, 220, 226	Connecticut	227
Borbecker Hochofenwerk	156	Carnegie Institute	227	Connelsvillekohle	227
Boston	174	Carr, Th.	170	Conservatoire des arts et métiers	131
Bouchu, Etienne	98	Carronaden	122	Coote, Sir Charles	104
Boulton, Mathew	112	Carronhütte	112, 115, 121, 122, 137, 147	Coppée, Evence	171
Bourbon, Nicolaus d. Ält.	90	Carvès	171	Cork, Graf v.	104
Bous	219	Cawley, John	111	Cornwall	112, 130
Bradley	120	Chalkis	16	Corporation des febvres	58
Brahma, Joseph	133, 210	Chaloner, Prof.	198	Cort, Henry	126, 155
Brammenwalzwerk	212	Chalyber	13, 14	Cotton tyres	218
Brandenburg	95	Chalybs	13	Cottrell, F. G.	188
Brasilien	186, 229	Champagne	90	Couillet	160
Bratrose	78	Chanda	228	Courbière-Denkmal	151
Braunschweig	51	Chang-chi-tung	228	Courtivron, Gaspard de	98
Brebach	186	Charenton	146	Cowper, Edward Alfred	178, 222
Breithammer	43	Charlotte Dundas (Dampfschiff)	130	Crane, George	137
Bremme, Gustav	155	Charlottenburg, Techn. Hochschule	167	Crawshay, Richard	121, 129, 139
Brennus, Gallierfürst	21	Chasewatergrube	112	Creusot s. Le Creusot	210
Brescia	40, 49, 65, 88	Chatham, Lord (William Pitt der Ältere)	103	Crewe	50, 51
Breuer, Schumacher & Co.	210	Cheltenham	163	Cronenberg	135
Briey	230	Chemnitz	62	Crossbasket	131
Britanniabrücke	144	Chenot, Adrien	176, 195	Cugnot, Joseph	164, 223
Brockenschmiede	87	Cheopsyramide	13	Cumberland	123
Bronzefarben	161	Chicago	228	Cupola-Öfen	124
Bronzegeschütze	73	Childerich	24	Curr, Benjamin	121, 129
Bronzeguß	62, 71	Chile	5	Cyfartha	190
Bronzschmelzen	73, 74	China	9, 63, 64, 80, 228	Daimler, Gottlieb	168, 212
Bronzezeit	5, 22	Chlormagnesiumziegelung	177	Daen, Reiner	57
Broseley	121, 122, 125	Choiseul, Etienne Francois, Herzog von	131	Dalekarlien	12
Brown, Fayette	184	Christallnig, Georg Baltasar	93	Damaskus	12, 25
„ John	196, 197, 213, 214	Christine, Königin von Schweden	100	Damastklingen	8
Brownscher Auslader	175, 176	Chrom Eisenstein	203	Damaszierunge	96
Bruck	57	Chromnickelstahl	215	Dame d'Hayance, La	74, 75
Brück, Kretschel & Co.	186			Dammgrube	184
Brückenbau	124, 212			Dampfaufzug	175
Brückenguß	125			Dampfbagger	115, 120
Bruckspatzen	100			Dampfhammer	120, 140, 209
Bruckssocietät	100			Dampfkanone	109
Bruck, Franz	174			Dampfkessel	188, 212
Brust, offene	66, 67			Dampfmaschine	109, 114, 129, 146, 156
				Dampfschiff	130, 212
				Dampfwagen	131
				Dampfwirtschaft	188
				Dampfzylinder	112
				Danks, Samuel	196
				Dannemora	99, 119
				Danzig	58, 233
				Darby, Abraham I.	119, 122
				„ „ II.	120, 124
				„ „ III.	124
				„ J. H.	201
				„ R. C.	154
				Darfo	206
				Darlington	132
				Dauerformen	194
				Dawson, Emerson	201
				Degengriffe, geschnittene	54, 55
				Dehne, Friedr.	193
				Delamare - Debouteville	191
				Edouard	102
				Demidow, Nikita	102
				„ Prokop	102
				Desintegrator	171, 188
				Desintegratorgaswascher	188
				Deslandes, Arthur	192
				Destillieren im Hochofen	86
				Destillationskokerei	171
				Deul	41
				Deutsche Drahtstraße	217, 218
				Deutsche Frischarbeit	87
				Deutschland, Eisenindustrie	231
				Devon	116
				Dick, Professor	112
				Dietrich, de	154
				Differdingen	212
				Dili	11
				Dillenburg	71
				Dillingerhütte	156, 210, 214, 234
				Dinassteine	202
				Dinglers Polytechn. Journal	169
				Dinglersche Maschinenfabrik	188
				Dinnendahl, Franz	156, 157
				Diodor	21
				Direkte Schmiedeisengewinnung	195
				Disdier, Eugen	177
				Domnarfvet	207
				Donawitz	203, 230
				Doncaster	117
				Donez-Gebiet	230
				Donnersmarckhütte	184
				Doppelhochofen	100

Doppelkopfschiene	Seite 145	Eck, Ludwig	Seite 153	Eligius (Heiliger)	Seite 72	Fingerhüter	Seite 45
Dowlais 121, 134, 137, 138, 139, 142, 145, 198, 223, 229		Eckleisten der eisernen Oefen	80	Elisabeth, Königin von England	104	Fingerringe	17
Drahtfabrikation 46, 88, 143		Ecole des mines	167	Elisabeth, Herzogin von Braunschweig	94	Finnland	9, 36, 177
Drahthaspel	217	„ polytechnique	167	Elswickwerke	220	Finspong	99
Drahtkanone	220	„ des ponts et chaussées	98	Engineering	169	Firmstone	136
Drahtmüller, Konrad	46	Edda	22	England 17, 22, 58, 92, 103, 104, 109, 223		Firth-of-Forthbrücke	212
Drahtrolle	47	Edelstahlerzeugung	204	English, Kapt.	216	Fischbauschiene	431
Drahtschmiede	45	Edgar-Thomson-Werk 179, 182, 183, 200, 211		Enquête von 1878	232	Fischer, Joh. Conr.	195
Drahtseil	217	Edinburg	55	Erzaufbereitung s. Aufbe- reitung		Flammofen	123
Drahtseilbahn	189	Edinburger Eisenbahn 143		Erzberg	17, 31, 229	Fleischer, M.A. Hermann 201	
Drahtstifte	217	Edison, Thomas	176	Erzbunker	175	Floßofen	65, 86, 93, 180
Drahtstraße	217	Eduard, Graf von Bar 95		Erzdampfer	176	Flußbeisen	161, 209
Drahtumführung	217	Egger, Gewerkenfamilie 93		Erzgewinnung	30, 175	Fordwerke	225
Drahtzain	42, 92	Eggertz, V.	168	Erzrösten	32, 177	Forest of Dean 22, 104, 105, 222	
Drahtziehbänke	46	Ehrenwerth, Jos. Gängl v. 200		Erzscheidung	31, 32	Formeisen	144, 211
Drahtziehen	46, 104	Ehrhardt, Heinrich	219	Erzsinterung	177	Formkasten	122
Drambalken	42	„ Ludwig	210	Erztafel	177	Formlöffel	40
Dramsäule	42	„ & Sehmer. 184, 210		Erzwasche	31, 32, 170	Formmaschine	193
Drehbank	133	Eifel	64, 65, 86, 234	Erzziegelung	177	Formmaschiene	86
Drehofen	177, 187, 196	Eiffelturm	212	Essch	184, 234	Formmaschiene	86
Drehrostgaserzeuger	202	Eigil, Skallagrim	22	Espérance (Hüttenwerk) 160		Formstechen	86
Dreißigjähriger Krieg	91	Einmalschmelzerei	86	Eßbank	85	Formtrocknen	73, 151
Dresden	55	Einsatzhärtung	40	Eßeisenplatte	85	Formzacken	85
Dresler, Heinrich	194	Einsiedel, Detlev Karl Graf zu	150, 155	Essen	75, 158, 169	Franche-Comté-Schmiede 87	
Drillingswalzenzugmaschine 210		Eisenarchitektur	123	„ Fürstäbtissin von 157		François	171
Druckwasser-Formmaschine 194		Eisenausfuhr Englands 223		Essenkorbb	85	Frankenfeld, Oberfaktor 193	
„ Presse	210	Eisenbahnschienen 124, 143, 156		Eston-Stahlwerk	199, 223	Frankfurt a. M.	51, 75
Dublieren der Bleche 105		Eisenbahnunterbau	187	Estusker	16	Frankreich 47, 58, 87, 96, 145, 230	
Düdelingen	188	Eisenforschungsinstitut . 169		Explosivgeschosse	77	Franziska, Waffe	23, 24
Dudley, Dud	119	Eisengießereien, Einrich- tung von	192, 194	Ezechiel, Prophet	15	Freiberg, Bergakademie 167	
Duff, E. L.	201	Eisengitter	54	Faber du Faur, A. C. W. F. 152		Freiburg i. Br.	76
Duhamel, Henry	98	Eisenglocken	78	Fabert, Abraham	96	Frick, Henry Clay	226
Duisburg-Hammer Eisen- bahn	156	Eisenguß 71, 75, 97, 122, 192		„ Peter Abraham. 95		Friedenshütte	188
Duisburger Kupferhütte 186		Eisenguß zweiter Schmel- zung	76, 123	Fairbairn, William	144	Friedrich III., deutscher Kaiser	90
Duisburger Vulkan	183	Eisenhandel	57	„ und Hetherington 193		Friedrich der Große, König von Preußen . 146	
Dundonald, Lord, Archi- bald Cochrane	133, 134	Eisenhobelmaschine	133	Falling Creek	103	Friedrich-Alfred-Hütte . 235	
Dundyyvan	138	Eisenkontor	100	Falun, Bergschule	168	Friedrich-Wilhelms-Hütte in Mülheim	156, 173
Dunlop, Collin	135	Eisenmodelle	122	Faraday, Michael . 174, 207		Friedrich-Wilhelms-Hütte in Troisdorf 183, 184, 186, 189	
Dünneisen	143	Eisenmühle	28	Faule Magd (Geschütz) 55		Frischen	85, 86, 126
Duowalzerwerke	211	Eisenöfen	78	Fäustel	31, 32	Frischherd	86
Duplexverfahren	203	Eisenportlandzement	187	Feilenhauen	54	Frischverfahren 86, 155, 204	
Dupuy de Lôme, St. Ch. H. Laurent	213	Eisenprobe, trockene	70	Feinblechwalzwerk	217	Fritz, F. J.	192
Duquesne Hochöfen 182, 185, 226		Eisenquerschwelle	211	Feineisenfeuer	129	„ George	211
Durchweichungsgrube . 201		Eisenschiffe	212	Fellner & Ziegler	177	„ John 197, 209, 210, 211	
Durham	104	Eisenschneider	55	Fentschtal	95	Froben, Hieronymus	61
Durchziehformmaschine 194		Eisenschneidwerk	93	Feranti, Ziani de	206	Frodingham	204
Dürer, Albrecht	45, 91	Eisenschwammverfahren 196		Ferdinand der Katholische, König von Spanien 50		Frosch	41
Dürnhardt	25	Eisenstraße	17, 57	Ferlach	56	Fugger, Patrizierfamilie 89	
Dürre, Ernst Friedrich 168		Eisenwerk Kraft	187	Ferrumangan	186	Fulton, Robert	130
Düsseldorf	78, 183, 235	Eisenzeit	5	Ferrum candidum	12	„ (Dampfschiff) 130	
„ Gewerbeaus- stellung	207	Elba	17, 229	Festigkeitsprüfung	97, 169	Gabelfabrikation	51
„ -Elberfelder Eisenbahn. 156		Elektrische Gasreinigung 188		Feuerböcke	80, 82	Gabelrichter	51
Dwight-Lloyd-Sinterungs- verfahren	177	„ Roheisengewin- nung	229	Feuermaschine	110	Gallier	17, 21
Dynamomaschine	167	„ Schweißung 220		Feuermaschinen s. Geschütze und Gewehre		Galloway	164
Ebelmen, Jacques Jos. 153, 154		„ Walzwerks- antriebe	211	Feuerwaffen s. Geschütze und Gewehre		Ganister	197
Eberswalde	155	Elektroöfen	205, 206	Feuerwerksbücher	61	Gans	33
		Elektrostahl	205, 229	Fickenhütten	195	Gärbstahl	51, 117
		Elektrostahlguß	208	Filarete, Antonio Averlino gen.	65	Garnej, Johann Carl	101
		Elektrotechnik	167			Garpenberg	164

	Seite		Seite		Seite
Gartsherrhütte	137, 139	Gichtgasreinigung	187	Gußbladen	80
Gary, Albert	227, 228	Gichtgastrockenreiniger	187	Gußputzen	194
Gary (Stadt)	218, 228	Gichtgaswäscher	188	Gußstahlfabrikation	117, 204, 207
Gasanalyse	154, 169	Gichtkranz	67	Gußstahlgeschütze	158, 220
Gasbeleuchtung	115	Gichtstaub	187	Gußstahlgewehre	158
Gaszerzeuger	153, 201	Gichtstopfbüchse	185	Gustav Adolf, König von Schweden	99
Gaskammeröfen	175	Gichtverschluß	183, 184	Gustav Wasa, König von Schweden	99
Gasmaschine	188	Gichtzacken	85	Gutehoffnungshütte	157, 235
Gasmotorenfabrik Köln-Deutz, A.-G.	190	Gjers, John	184, 201, 222	Gutenberg, Johann	1
Gaspuddeln	153	Gießwagen	192, 193, 201	Gutmann, Alfred	194
Gast, Merckeln	75	Gilchrist, Percy C.	198, 199	Gutmann, Ritter v. (Familie)	230
Gasfernversorgung	174	Girod, Paul	206	Gysinge	206
Gäthling	150	Gittelde	94	Haan	50
Gaudet	218	Gleichen	43	Hadrian IV., Papst	26
Gayley, James	180, 182	Gleiwitz	147, 148	Hagendingen	234
Gebläse, Hand-	7, 32, 34	Gliederkesselguß	193	Hahnenbrei	43
Gebläsemaschine	115, 134, 135, 177	Glockengießereien	75	Haina	79
Gebläseschachtöfen	7, 74	Glockenguß	71, 78, 207	Hainsworth	208
Gebläseventile	178	Gloire (Kriegsschiff)	213	Hakenbüchsen	90
Geer, Louis de	99	Gloriosa (Glocke)	72	Halbergerhütte	173, 184, 188, 193, 233
Gefrierverfahren	170	Glufen	48	Haldy	171, 172
Geislauntern	156	Glühofen	92, 209	Halifax	174
Gekuppelte Hochöfen	99	Goldschmidt, Hans	220	Hall, Benjamin	129
Gellivaara	229	Göransson, G. Fredrik	163, 196	„ C. A.	205
Gelsenkirchen	182	Goroblagodat	102	„ Joseph	140
Gemischte Werke	159	Goethe, Joh. Wolfg. v.	148	Hallstatt	22
Generatorgas	153, 173	Grabkreuze	80	Ham	51
Generatorgasmaschine	191	Grabplatten	80, 82	Haematitroheisen	185
Genie civil	169	Graglach	39, 40	Hamhat	14
Georgien	230	Gräfrath	50	Hammer	23, 51
Georgsmarienhütte	180, 183, 186	Gram (Schwert)	25	Hammerbiß	42
Gerber, Heinrich	212	Great Britain (Dampfschiff)	140	Hammerhelm	41
Germanische Völker	22	Great Eastern (Dampfschiff)	212	Hammermühlen	42
Geschirrguß	120, 122, 150	Greber, Zacharias	94	Hammerschmiede	89
Geschosse	57, 162	Gregor von Tours, Bischof	27	Hammersmith	103
Geschütze aus Schmiedeeisen	55, 94, 220	Gregory, Thomas	125	Hammerwerk	28, 41, 42
Geschütze aus Stahl	220	Greiner, Adolf	191	Hanbury, John	105
Geschützbohrmaschine	75	Grey, Henry	212	Handelsflotte	223
Geschützgießer	73, 75	Griechenland	15	Handgranaten	77
Geschützguß	62, 73, 75, 94, 103, 104, 122, 123	Griffinräder	195	Haniel & Lueg	210
Gesellenwesen	26	Griffith	208	Hanse	58, 104
Gestehungskosten des Eisens	89	Grillo, Wilh.	156	Hanyangwerke	228
Gestellsteinbrüche	67	Grobblechwalzwerke	212	Harkort, Friedrich	156
Gewerkschaft Deutscher Kaiser	235	Grobeisenwalzwerke	143	Harnischblätter	44
Gewehrfabrikation	56	Grobschmiede	53	Härten der Panzerplatten s. a. Stahlhärten	215
Gewichte	78	Gröndal, Gustav	176, 177	Härter	49
Gezogene Gewehrläufe	56	Grönwall, Lindblad u. Stålhane	207	Härterezepte	40
Gezwungener Anlauf	88	Großschädel, Franz	45	Hartguß	195
Gicht	67, 68	Grubenverkohlung	30	Hartgußgranaten	195
Gichtaufzug	70, 138, 184	Grund i. Harz	94	Hartgußpanzer	195
Gichtbühne	66	Gründerzeit	232	Hartgußräder	195
Gichtflamme	70	Grunewald, Hans	45	Hartgußwalzen	195
„ Verwendung der	151, 152, 180	Gruson, Hermann	195	Hartzerrennherd	87
Gichtgase, Verwendung	151, 154, 187	Guben	159	Harvey, H. A.	215
Gichtgasfiltration	187	Guest, John	121, 139, 223	Harz	30, 57, 68, 71, 89, 91, 94, 98, 234
Gichtgasgebläse	191	„ „ Josiah	139	Hasenclever, Peter	103
Gichtgasmaschine	191	Guipuzcoa	51	Haspe	155
Gichtgaspuddeln	153	Gußeisen, Herstellung im Tiegel	63	Hassenfratz, Jean Henri	145
		Gußeiserne Geschütze	75	Haswell, John	210
		„ Särge	123		
		„ Schienen	123, 144		
				Haubersordnung	29
				Haubitzen	90
				Hauser, Berginspektor	171
				Hausen i. Baden	152
				Hayingen	95, 155, 156
				Heberröhrenapparat	136
				Hebräer s. Juden	
				Heckel & Köhl	186
				Hedley	131
				Hefner-Alteneck, F. von	205
				Heinitz, Friedr. Anton Frhr. v.	146, 167
				Heinrich V., deutscher Kaiser	26
				Heinrich d. Jüngere, Herzog von Braunschweig	94
				Heinrich III., König von England	28
				Heinrich VIII., König von England	104
				Helm	25
				Helmschmied	45
				Hemd der Gußform	71
				Henckel von Donnersmarck, Fürst Guido	235
				Henning, Wilh. v.	102
				Henriettenhütte	156
				Hephäst	16, 17, 46
				Herdguß	78
				Hermannshütte	157
				Herodot	13
				Héron de Villefosse, Antoinette Maria	145, 167
				Hérault, Paul	205, 206
				Hesiod	5, 16
				Hessus, Helius Eobanus	47
				Hetherington	193
				Hettongrube	132
				Hettonbahn	131
				Heyn, Emil	170
				Hick & Son, B.	210
				Hibbard, Henry D.	185
				Hildegardehütte	211
				Hilgenstock, Gustav	172, 174, 200
				Hinterindien	12
				Hinterladergeschütz	56, 57
				Hiob, das Buch	14
				Hiram von Tyrus	14
				Hochdruckdampfmaschine	130
				Hochofenbau	66, 68, 119, 137, 182
				Hochofenbaukosten	88
				Hochofenbetrieb	62, 70, 95
				Hochofendampfkessel	188
				Hochofengase	151, 173, 187
				Hochofenguß	76
				Hochofenprofil	68, 182
				Hochofenreisen	71
				Hochofenrekorde	182
				Hochofenschlacke	66, 70, 186
				Hochofenstörungen	66, 70
				Hochofentheorie	154
				Hochofenwerk	68
				Hochofenwerk Lübeck	235

	Seite		Seite		Seite		Seite
Hochofenzement	187	Iron Age	169	Karl XII., König von Schweden	100	Komotau	219
Hochschulwesen	98, 232	Iron and Steel Institute 164, 167, 168, 198, 199		Kärnten 31, 56, 57, 65, 87, 93, 98		Kona Samandrum	12
Hoffmann, Gustav	172	Ironbridge	125	Kärntner Rohstahlarbeit 88		Kondensationsdampfmaschine	112
Hofmann, August Wilhelm 174		Isabella-Ofen	182	Karsten, K. J. B.	148, 169	Königin-Maria-Hütte 155, 197	
„ I. G.	193	Isebrokestuff	57	Karthago	18	Königsbronn	152, 195
Holland s. Niederlande		Iserlohn	46, 47	Kasslinskiwerk	156, 157	Königshütte	147, 153
Holley, Alexander L. 196, 201		Iserschmieden	33	Katalanschmiede 35, 36, 88		Königskopf	50
Holzblasebalg	91, 99	Italien . 47, 56, 57, 99, 229		Katharina II., Kaiserin von Rußland	102	Konstantinopel	75
Holzkohle	29, 59, 91	Jackson, Petin & Gaudet 218		Katharinenburg	102	Kontinuierliche Walzwerke 217, 218	
Holzkohlenhochofen 66, 67, 70		Jacobi, Gottlob	157	Kaukasus	186	Koppers, Heinr.	173, 227
Holzkohlenroheisen	228	Jacobi, Haniel & Huyssen 157		Kelle	74	Kopperskoksofen	173, 228
Holzsmangel	29, 105	Jäger aus Kurpfalz (Friedr. Wilh. Utsch) 90		Kennedy, Julien	178	Korbrostgenerator	201
Homer	15	Japaner	8, 64, 229	Kennedy und Scott 184, 185		Korinth	16, 18
Homestead	226	Jars, Gabriel	98, 118	Kensington Museum	131	Körnerdenkmal in Wöbelin	151
Homfray, Jeremias	122	Jellicoe, Abraham	127	Kerl, Bruno	167	Korsabad	13, 14
„ Samuel . 129, 131		Jeremias, Phropheht	15	Kerneisen	71	Korsikaschmiede	34, 36
Hooke, Robert	111, 170	Jernkontoret	100, 164	Kerner, K. F. Frhr. v. 152		Körting, Ernst	190
Hopkins, Gilkes & Co.	181	Jesaias, Phropheht	15	Kerpely, Anton v.	202	Krainische Industrie-Gesellschaft	186
Hörde	157	Jessop, Sidney	124	Kesselhaube	43, 44	Kratzendraht	47, 105
Hörder Verein	200	Johann, König von England	28	Kettenfabrikation	212	Kratzweick	235
Hordenwäscher	188	Johannishütte	235	Kiesabbrände	186	Kreissägen	133
Hornblower, Jonathan	130	Jones, W. R.	200	Killingworth	131	Kreuzberg, Siegesdenkmal 151	
Horst i. Westf.	156	Jong, Moritz de.	133	Kirdorf, Brüder	234	Kreuzburg	146
Horzowitz	151	Journal of the Iron and Steel Institute	169	Kirkaldy, David	170	Kreuzthal	185
Hoesch, Eberhard	156	Juden	14, 46	Kirkham	202	Kriegsbücher	61
„ Leopold	168	Judenburg	57	Kiirunavaara	229	Kriegssense	52
„ Wilhelm	156	Judenfrischen	88	Kjellin, Fredrik A.	206	Kriegsschiffbau	213
„ Stahlwerk	204	Jukimitzu	9	Kladno	177, 204	Krigar, Heinr.	193
Hoeschverfahren	204	Julius Cäsar	17, 21	Klausch	150	Kris	8
Hoyermann, G.	201	Julius, Herzog von Braunschweig	94, 119	Kleineseisenzeugindustrie 100		Kristallpalast	145
Hubertushütte	202	Jung, Theodor	184	Kleinkonverter	208	Krivoi-Rog	230
Hudson	130	Jung-Stilling (Joh. Heinr. Jung)	89	Klingenschmiede 17, 49, 50		Krupp, Alfred 158, 196, 215	
Hufschmied	53	Junkers, Hugo	169, 191	Klosterrath	28	„ Friedrich	157
Hugenotten	99	Kaiserslautern	187	Klopfstock	44	„ Hermann	158
Huletentlader	176	Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft	169	Klötze	57	Krupps doppelte Härtung 215	
Hundsworth	117	Kalb, de	217	Knab	171	Krupps Waschverfahren 197	
Hunsrück	233, 234	Kalewala	9	Knecht	43	Kruppsche Werke 157, 169, 195, 204, 207, 208, 209, 216, 218, 220, 229, 235	
Huntsman, Benjamin	117	Kalibrieren	211	Kocher, J.	168	Kuba	229
Hüssener, Albert . 171, 174		Kalkzuschlag	32	Kochinchina	12	Kübelbegichtung	186
Hüttenberg	31	Kalewala	9	Kohle	170	Kufstein	77
Hüttenchemiker	169	Kalkmücken	9	Kohleneisenstein	137	Kugelguß	62, 76
Hüttenlaboratorium	169	Kalorimeter	169	Kohlensack	67	Kugelschmiede	56
Hüttenstage	29	Kalte Eiche	67	Kohlenstoffbestimmung 169		Kühlplatten	183
Huyghens, Christian	110	Kaltfrischerei	87	Kohlenstoffziegel	182	Kunstguß	149, 151
Hyderabad	12	Kamerun	6	Kohlenverbrauch beim Frischen	88	Kunstschmiede	54
Hyksos	15	Kaminplatten	77, 78	Köhler	29	Kupferbergbau	28
Idole aus Eisen	8	Kammergeschütze	90	Kokillenguß	76	Kupelle	69
Iglau	30	Kammeröfen	175	Koks	119, 178	Kuppelofen 74, 98, 123, 193	
Ilias	15	Kamp, Heinrich	156	Kokshochofen 119, 133, 145		Kurbelachse	114
Ilgner, Karl	211	Kampfbeil	24	Koksöfen	133, 171	Kurs	12
Ilgnerantrieb	211	Kanalofen	177	Koksofengas	174, 202	Kutubsäule	11
Illinoiskohle	228	Kapfenberg	207	Koksverladung	173	Lacedämonien	16
Illyrien	17	Kappengeschöß	216	Kolbengebläse	8	Lachthol	33
Ilsederhütte 177, 186, 234		Kapselgebläse	193	Kolbenmaschine	110	Lahn	234
Ilsenburg	151	Karl der Große	25	Kolbenregulator	116	Lake Champlain	227
Imperator (Dampfschiff) 213		Karl, Landgraf von Hessen 110		Kolman, Desiderius 45, 91		Lake Superior	227
Inder	9, 55	Karl V., deutscher Kaiser 45, 73		Köln	49, 58	Lakonien	16
Indiana Steel Co.	228	Karl IX., König v. Schweden 99		Köln-Bayenthaler Maschinenfabrik	178	Lancashirefrischfeuer	155
Indien	186, 228			Komisse	95	Landore	166
Indischer Stahl	12						
Innerberger Hauptgewerkschaft	93						
Innsbruck	45, 57, 90						
Iran	12						
Ireland, Jonathan	193						
Irland	104						

	Seite		Seite		Seite
Landoreverfahren . . .	196	Lohage, Anton	155	Mannesmannröhren-	Seite
Landshut	45	Lohse	193	Werke	219
Langen, Emil . 183, 186,	189	Lokomotion (Lokomo-	132	Mannstaedt, Louis. . .	212
„ Eugen	189	tive)	132	Mansfield, Charles H. .	174
Langensche Gichtglocke	183	Lokomotiven	131, 132	Mantua	17
Langobarden	24, 25	Lokomotivrahmen . . .	208	Marguërite, Frédéric . .	169
Langsachs	24	Lollar	193	Mark, westf. 28, 42, 47, 49,	51, 58
Lanze	24	Lombardei	87	Märker, Maximilian . . .	201
Lapland	223, 229	Lôme, Dupuy de	213	Märkische Maschinen-	fabrik 210
La Tène	22	London	28, 58, 167	Marly	109
Lauchhammer 149, 153,	155	London-Birmingham-	Eisenbahn 144	Marokko	230
Laurium	16	Longsdon	164	Marshallstahl	119
Laurvig	101	Longwy	95	Martens, Adolf	170
Lauth, Bernhard	211	Lorenz II., Papst	26	Martialstahl	119
Le Chatelier, Henry . . .	169	Lorrain	227	Martin, Edward	198
„ „ Louis	166	Loshöden	196	„ Emile	166
Le Creusot 141, 145, 203,	213, 231	Löschfeuer	85, 86	„ Pierre	166
Ledebur, Adolf	167, 168	Lothar II., deutscher	Kaiser 25	Martinverfahren 166, 201,	208
Lederbälge	32	Lothringen	95, 234	Marylandstahlwerke . . .	201
Legenisel, E.	208	Löwenthal, Benedikta,	Gräfin v. 149	Masamune	9
Legierter Stahl	207	Lübeck	58, 72, 76, 90	Maschinenbau 18, 101, 123,	129, 133
Lehigh	227	Lucas, Samuel	195	Maschinenfabrik Augs-	burg-Nürnberg 191
Lehmbaufbereitung	72	Lucyöfen	182, 184, 226	Maschinenpuddler	196
Lehmformerei	122	Ludwig XIV., König von	Frankreich 96, 109,	Masmästereambetet	100
Lehmguß	71	Ludwigsthal	152	Maß	38
Lehmkerne	71, 73	Lueg, Carl	168	Masselbett	70
Lehrbücher	168	Luftdruckhämmer	210	Masselbettkran	185
Lehrkind, Falkenroth &	Co. 155	Lüfter	52	Masselbrecher	185
Lehrlingswesen	26	Luise, Königin, Denk-	mal 151	Masselgießmaschine	185
Leibeigenschaft	26	Lulea	229	Masselhebemagnet	185
Leipzig	51	Luossavaara	229	Massenhütte	41
Leiterschablone	68	Luppe	33	Massenez, Joseph . 200, 201	67
Lennard, Richard	82	Luppenfeuer	33	Massezustellung	170
Lenoir, Richard	189	Luppenhammer	128, 142	Materialprüfämter	170
Leoben	57, 93	Luppenquetsche	140	Mathesius, Johannes	62
„ Bergakademie	168	Luppenstienen	128	Mäitensberger	150
Leonard, Familie von	Hüttenleuten 103	Luppenwälderwerk 126, 128, 142	126, 128, 142	Maudslay, Henry . 130, 133	133
Leonardo da Vinci	109	Lürmann, Fritz W. 170, 180,	183, 185, 186	Maximilian I., deutscher	Kaiser 73, 77, 90
Leonardschaltung	211	Lüttich 28, 56, 58, 64, 159	234	Maximiliansrüstung	45
Leopold, König der Bel-	gier 160	Luxemburg	15	Maybach, Wilhelm	190
Leopold II., Herzog von	Lothringen 96	Lydie	15	Mehrzylinderdampfma-	schine 130
Leuchtgaslieferung von	Koksöfen 174	Lymbrickstoff	57	Meilerverkohlung	29
Libanon	14	Maas	159	Meilerverkokung	133
Lichtbogenofen	205	Mac Callip	217	Meisterstück	26, 53
Liebig, Justus v.	235	Mac Coy, James	194	Menne, Ernst	185
Lightmore	116	Mac Ilwham, J.	193	Merkantilismus	96
Lilianberg	202	Macintosh, Charles	135	Merrimac (Kriegsschiff) 213	213
Lindblad	207	Madalger	25	Mertens, Ritter v.	170
Literatur 62, 101, 102, 103,	119, 168	Madrid	45	Merthyr-Tydvil	121, 129
Liverpool-Manchester-	Eisenbahn 132	Mädgesprung	155	Mesabaerze	175
Livingstone, Robert	130	Magnesit	203	Messengut	51
Lloyds Register	212	Mahabharata	9	Messerfabrikation 50, 92, 104,	105
Lobsinger, Hans	91, 92	Mailand	45, 49	Messerwerfen	25
Lochen der Stahlblöcke . . .	219	Makadamstraßen	187	Metalle, Urgeschichte	5
Lochmaschinen	133	Malaien	8	Metallographie	97, 170
Lodge, Oliver	188	Malapane	146, 148, 195	Metz, Familie	234
Löffelwälderwerk	158, 212	Manby	146	Mexico	5
Löffler, Gregor	73	Manganbestimmung	169	Meyer, Gerh. L.	235
Lofotenbahn	229	Manganerze	186	„ Jakob	207
		Mannesmann, Familie	218	„ & Kühne	207
				Michaelis, Wilh.	186, 187
				Micheville	184
				Middlesbrough 132, 178, 199	200
				Mikroskope	170
				Miller, Patrik	130
				Mimung	23
				Minas Geraes	229
				Minerai de fer fort	95
				Minette	95, 177, 230
				Minettebezirk	177
				Mischael	14
				Mischer	200
				Mischgas	201
				Missouri	227
				Mock	51
				Modellformerei	122
				Modellplatte	193
				Modellschnitzer	79
				Möllerhaufen	38
				Molybdänstahl	207, 216
				Mönch	69
				Mond, Ludwig	202
				Mondragon	50
				Mongolen	9
				Monitor (Kriegsschiff)	213
				Mons Meg (Geschütz)	55
				Montluçon	166
				Morgan, Charles Hill 201, 218	227
				„ Pierpont	227
				Moritz, Kurfürst von	Sachsen 62
				Morrell	204
				Mörser	56, 73
				Mosaner Hermann	218
				Moses	14
				Moskauer Becken	230
				Mountrath	104
				Moyeuivre	95
				Müglarbeit	87
				Mülheim (Ruhr)	156, 173
				Muir, M. A., und J. Mc	Ilwham 193
				Muirkirk	135
				Mulvany, Thomas	156
				Münzstempel	55
				Müsen	31
				Mushet, David	137, 164
				„ Robert	164, 207
				Murdock, William 115, 131	15
				Mykene	15
				Mysore	12
				Nadler	48
				Nageleisen	52
				Nagelfabrikation 52, 53, 105	25
				Naegelin	25
				Nagler	52
				Napoleon I., französ.	Kaiser 96, 98, 167
				Napoleon III., französ.	Kaiser 21, 162
				Narvik	229
				Nase	86
				Nasmyth, James 133, 141,	163, 192, 193, 209
				NaBreiniger	188

Naturgas	Seite 202	Ostgoten	Seite 25	Pilotknop	Seite 227	Raschette, Wladimir v.	Seite 182
Navigationsgesetz	103	Oettingen	95	Pilum	17, 18	Raschettehochofen	182, 183
Nebenerzeugnissegewinnung	174, 202	Otto, Karl	172	Pistoja	56, 66	Rasenerz	31, 95
Neeland	185, 186	„ Nik. Aug.	188, 189	Pistole	56	Rasselstein	156
Neger s. Afrikaneger		Otto-Hoffmann-Koks- ofen	174	Pittsburgh	179, 185, 227	Rast	67
Neilson, James Beaumont	134	Ougrée	160	Planetenradgetriebe	114	Rastpanzer	183
Neu-Essen, Hütte	157	Paketieren	126, 128	Plattenrüstung	45	Rateau, A.	177
Neufundland	229	Panamakanal	225	Plattnerie	44	Rauhgemäuer	66
Neumark, M.	184	Pannonien	17	Plauenischer Grund	170	Rauscher, Gewerkefamilie	93
Neunkirchen	180, 233	Panzer	17, 45, 47	Plock	151	Réaumur, René-Antoine de	96, 170
Neu-Oye	157	Panzerhemd	47, 48	Pluto, Zeche	172	Recken	42
Neviansk	102	Panzerplatten	195, 213	Pochen der Erze	32, 36	Reckhammer	91
Neville, Familie	104	Papin, Denis	110, 130	Pochwerk	28, 33	Reden, F. W., Frhr. v.	50, 146, 217
Newcastle	28, 111, 123	Parallelogrammführung	114	Pögl, Peter	90	Reduan	50
Newcomen, Thomas	110	Paris	167	„ Sebald	90	Regenerativdampfmaschine	165
Newport	181	Parry, George	183	Polhem, Christoph.	101, 212	Regenerativheizung	165
New Jersey	177, 227	Parrytrichter	183, 184	Pohlig, Julius	175	Regenerativkoksöfen	173
New York	227	Parsons, Charles Alger- non	177	Polynesier	5	Regenerativtiegelöfen	204
Nickelstahl	215, 216	Passau	49	Pomern	95	Regensburg	25
Niederbronn	153, 154	Passow, Hermann	187	Pompeji	18	Regulatoren	116
Niederlande 48, 51, 159, 160		Pastor, Ph. Heinrich	160	Populonia	17	Reider	49
Ninive	13, 14	„ Gustav	200	Porosenna, Gallierfürst	17	Reinhardt, Carl	169
Nischny-Tagilsk	182	Paternosteraufzug	70, 138	Porta, Giambattista della	99, 109, 125	Reitel	41
Nonne	69	Patricroft	209	Portlandzement	186	Remscheid	219
Nord-Karolina	103	Payne, John	105	Porus	12	Remy, Ferdinand	156
Noricum	17	Peine	201	Poetsch	170	Renn	87
Normalgewinde	133	Peiner Walzwerk	235	Pourcel, A.	186, 203, 208	Rennfeuer	33, 35, 129
Normandie	58, 231	Pencoyd	204	Prägetechnik	115	Rennie, George	163
North-Eastern Steel Co.	200	Pennsylvanien	103	Präzipitationsverfahren	196	Restauration, englische	105
Northumberland	104	Penydarran	122, 131	Prellbock	41	Reuleaux, Franz 190, 219, 232	
Norwegen	40, 98, 101	Percy, John 167, 168, 198, 222		Prellhammer	41	Reuling, Eberhard	194
Nubien	13	Permanganatverfahren	169	Preßluftwerkzeuge	194	„ Ludwig	194
Nürnberg 44, 45, 47, 57, 91		Pernot, A.	196, 203	Preußen	95, 148	Rey, Julian del	50
Nürnberg-Fürther Eisenbahn	156	Perser	12	Prieger, Oskar M.	186	Reynolds, Richard 124, 129	
Nydam	18	Peru	5	Priestley, Joseph	115	Rhedanz, Johann Georg 146	
Oberer See	175, 227	Peter der Große, Kaiser von Rußland	102	Probierkunst	69	Rheinhausen	235
Oberhochofenmeister	101	Petin	218	Profileisen	144, 211	Rheinische Metallwaren- und Maschinenfabrik	220
Oberitalien	86	Petrocorier	21	Puddeleisen	109	Rheinische Stahlwerke	200, 235
Oberpfalz	43, 57, 234	Pfahlbauten	22	Puddelöfen	127, 140, 155	Rheinland	75, 87
Oberrhein	64	Pfannenblech	43	Puddelverfahren	125, 140, 156, 196	Rheinland-Westfalen	155, 174, 235
Oberschlesien 34, 146, 174, 233		Pfeifen	71	Puddingstein	67	Rhenanus, Johannes	94
Oechelhäuser, Wilhelm	191	Pfefferhäuser, Anton	45	Puffing Billy (Lokomotive)	131	Richards, Windsor 199, 222	
Oechelhäuser, Maschinenfabrik	177, 178, 191	Pfeilspitzen	8	Pullman Co.	195	Riesengeschütze	56
Ofenplatten	78	Pflastersteine aus Hoch- ofenschlacke	186	Pulvermaschine	110	Rigveda	9
Og von Basan	14	Pfort, E.	154	Purple ore	186	Riley, M. E.	199, 199
Orban	75	Pfoser-Strack-Stumm- verfahren	180	Pyromäen	21, 34, 66	Rillenschienen	211
Oregrundeisen	126	Philadelphia	227	Pyrometer	169	Ringelpanzer	21, 48
Orkonera-Eisenerzgesell- schaft	229	Philipp II., König von Spanien	45	Quaglio, J.	171	Rinman, Sven	101
Ormesby	178, 181	Phönicier	14	Quandelschacht	29, 133	Rive de Gier	209
Ornetal	95	Phosphorbestimmung	169	Radiatorenguß	193	Robert, H. L.	208
Orsat, M.	169	Piatofen	193	Radreifen	218	Roberts-Austen, W. C.	170
Osann, Bernhard	168	Pichon	205	„ im Altertum	21	Robin	154
Osborne	207	Pickard, James	114	Radwerk	28	Robinson, John	112
Osemund	38, 40, 58, 99	Piepenstock, H. D.	156	Raffinierhammer	92	Roebuck, John	112, 121
Osemundfrischen	88	„ K. D.	157	Rainhill	132	Röchling, Familie	234
Osemundhammer	41, 42	Pilgerschrittwalzwerk	219	Raleigh, Walter	103	Röchlingsche Eisen- und Stahlwerke	206, 234
Osmond, Floris	170	Pilarengerüst	142	Rammelsberg	30	Rock der Gußform	72
Osnabrück	186			Ramsbottom, John	210	Rockefeller, John	226
Oesterlinge	58			Ransome, Fr.	187		
Oesterreich	155, 229			„ Robert	195		
Oesterr. Alpine Montan- gesellschaft	229			Rapid driving (Hochöfen) 182			

	Seite		Seite		Seite
Soziale Verhältnisse	88, 233	Stockton-Darlington-Bahn	132, 144	Thermitschweißung	220
Spangenhelm	25	Stodart, J.	207	Thiel, Otto	204
Spanien	17, 21, 50, 58, 223, 229	Stolberg	94, 151	Thidrekssage	23
Spanische Nadeln	16	Stollen	51	Thomas, David	137
Sparta	48	Stollenbau	31	„ John	122
Spaterze	32, 64	Stosch, Albrecht v.	212, 214	„ Sidney Gilchrist	197, 201
Speer	24	Stoßdegen	50	„ und Laurent	153, 154
Speise	75	Stoßofen	209	Thomasroheisen	200
Spektroskop	197	Stourbridgeton	118	Thomasschlacke	201
Spezialstahl	205	Straßburg	76	Thomasverfahren	197
Spiegeleisen	186, 197	Streckwalzen	128	Thomé, Friedr.	217
Spitzbälge	32	Stripper	201	Thompson, William (Lord Kelvin)	199
Splintkohle	136	Strohseilspinnmaschinen	193	Thomson, Elihu	22
Springorum, Friedrich	168	Strong	202	Thor	22
Spurwege	104	Strousberg, Richard	232	Thornabyhütte	179, 180, 181
Stabeisenschmieden	92	Struthersofen	182	Thrasumund, König der	25
Stabeisenwalzwerke	143	Stück	36, 39	Vandalen	25
Stacheldraht	217	Stückgießer	73	Thrymskvida	22
Stadel s. Röststadel		Stückofen	36, 38, 39, 40, 64	Thüringen	56, 85, 86
Stadtfreiheit	26	Stumm, Carl Ferd. Frhr. v.	234	Thyssen, August	231, 234, 235
Staffordshire	154	„ Gebr.	156, 180, 210	Tieföfen	201
Staffordshireapparat	136	Sturtevant, Simon	119	Tiegelschmelzofen	64, 69
Stahl und Eisen, Zeitschrift	169	Sturzblech	43	Tiegelstahlfabrikation	158, 203, 204
Stahlberg	31	Styffe, Knut	170	Tilghman, Benjamin C.	194
Stahlbraut	47	Südwaes	121, 129, 137, 138, 139, 154, 202, 222	Tirol	57, 87, 98
Stahlerzeugung	39, 88, 104	Suhl	56	Tischmesser	50
Stahlflaschen	219	Sumatra	8	Togo	7
Stahlformguß	207	Sumpferz	31	Toledo (Toletum)	17, 50
Stahlfrischen	88	Sumpfofen	66	Tolle Grete (Geschütz)	55, 56
Stahlgußgranaten	208	Susquehanna	227	Topfguß	80, 83, 84
Stahlhärten	12, 22, 49, 51	Sussex	22, 104, 133, 222	Totilas, König der Ostgoten	24
Stahlhof	58, 104	Svedenborg, Emanuel	100	Trappen, Alfred	210
Stahlhütte	40	Symington, William	130	Tressider, J.	215
Stahlpuddeln	155	Tabor Manufacturing Co.	194	Trethütten	28
Stahlschneider	55	Taken	85	Tretmühlen	17, 33
Stålhane	207	Talbot, Benjamin	202, 204	Treträder	52
Stammeisen	51	Talbotgenerator	202, 204	Treveray	155
Stassano, Emilio	205, 206	Talbotverfahren	204	Trevithick, Richard	130, 131, 212
Steffen, C.	185	Tannet & Walker	210	Trient	28, 30
Steiermark	17, 31, 34, 38, 39, 40, 51, 57, 65, 66, 93, 98, 155	Tata, J. N.	228	Triowalzwerke	143, 211
Stein, Heintr. Friedr. Karl Frhr. v.	146	Tataraöfen	64	Trockenpuddeln	140
Stein & Co., Albrecht	187	Tauschieren	8, 9	Trockenregulator	114
Steinbüchsen	55, 73	Taylor, Fredric G.	207	Trockengasreinigung	188
Steinkohlen(gewinnung)	16, 28, 104, 129, 171	Taylorgenerator	202	Trocknen der Gußformen	122
Steinzeit	5	Technischer Verein für Eisenhüttenwesen	168	„ mit Gichtgas	151
Steirischer Erzberg	229	Teerdestillation	174	Troja	15
„ Stahl	49	Teergewinnung	133	Trommelpuddelofen	196
Stempelmarkenpresse	161	Teermakadamstraßen	187	Tropenas, A.	208
Stenay	208	Teesbrücke	124	Trusts	227
Stephenson, George	131, 144, 160	Teesside	181	Trzynietz	170, 211
„ Robert	131, 132, 144	Teichhütte	89	Tschechei	230
Stettin	233, 235	Telegraphendraht	217	Tubal	13
Stettiner Vulkan	213	Tellerofen	196	Tubalkain	14
Stewart	192	Temperguß	195	Tübbingsausbau	156
Steyr	55, 57, 93	Terni	209	Tümpeleisen	67
Stichlochstopfmaschine	185	Terrenoire	186, 203, 208	Tümpelflamme	70
Stieringen	233	Tetmajer, L.	170	Tümpelstein	67
Stilarsky	150	Theisen, Eduard	188	Tunner, Peter	155, 164, 168, 180, 200, 219
Still, Karl	174	Theisenwascher	188	Tunnoc, Richard	72
Stirnhammer	128	Theoderich, König der Ostgoten	25		
Stockholm, Techn. Hochschule	168	Theophilus Presbyter	61, 72		
				Turanier	9
				Türbeschlag	55
				Turbogebälse	177
				Turiasso	17
				Türkei	57
				Türklopper	55
				Türringe	55
				Überwachungsstelle für Brennstoff- u. Energiewirtschaft auf Eisenwerken	168
				Uchatius, Franz	203
				Ugine	206
				Uhling, Ed. A.	185
				Uhrmacher	53
				Ukraine	230
				Ullgren	169
				Ulm	45
				Ulrich, Herzog von Württemberg	76
				Umkehrwalzwerke	211
				Umkehrwalzenzugmaschine	210
				Umschmelzschachtofen	74, 97
				Unehrlische Berufe	26
				Ungarn	230
				United States Steel Corporation	227
				Universalwalzwerk	212
				Unna	155
				Unterbrennerkoksöfen	172
				Ural	102, 151, 230
				Urgeschichte der Metalle	5
				Ursus, Abt	27
				Urwellhammer	43
				Utterlingsen	217
				Van, Lewis of the	121
				Vandalen	25
				Vaterland (Dampfschiff)	213
				Vaughan, Samuel W.	185
				„ Thomas	140, 181
				Veckerhagen	154
				Veitscher Magnesit	203
				Vena	229
				Vendeuvre	90
				Venedig	57
				Ventilatorgaswäscher	188
				Verantius, Faustus	124
				Verbrennungskraftmaschine	190
				Verbundkoksöfen	173
				Verbundumkehrmaschinen	210
				Verein deutscher Eisenhüttenleute	78, 168
				Verein deutscher Ingenieure	168
				Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes	195
				Verkokung	94, 119, 171
				Verleger	93
				Versailles	97, 109
				Versen, Bruno	200
				Versicherungswesen	233

	Seite		Seite		Seite
Verwittern der Erze . . .	32	Wasserkraft:		Weyersberg, Peter . . .	50
Verzinnen	44, 105	zum Antrieb von Bäl-		Weyersberg, Kirschbaum	
Verzinnmaschinen . . .	217	gen	33, 34, 35	& Co.	50
Victoria, Königin von Eng-		zum Antrieb von Häm-		White, Maunsel	207
land	145, 165	mern	42	Whitehouse	144
Viertaktgasmaschine 189, 190		zum Antrieb von Müh-		Whitney & Sons, A.	195
Villard de Honnecourt 27		len	18, 28	Whitwell, Thomas 179, 180	
Villefosse, Héron de 145, 167		zum Antrieb von Wal-		„ & Co.	181
Villerupt	95	zen	92	Whitworth, Joseph 133, 209	
Vischer, Peter	91	zum Drahtziehen . . .	46	Wiborgh, J.	168
Visierhelm	44	Wasserregulatoren . . .	116	Widmen	93
Vögler, Hinterlader 56, 57		Wassertrommelgebläse . .	99	Wielandssage	23
Vögler, Albert	168	Waterford	104	Wien	90
Volhard, Johannes	169	Watt, James 112, 116, 126, 140		„ Arsenal	55, 75
Völklingerhütte	234	Wearbrücke	125	Wilder Stahl	48
Vordernberg	28, 44, 70	Wedding, Johann Friedr. 147		Wiley	120
„ Bergschule 168		„ Hermann	168	Wilhelm I., deutscher	
Vorherd	66, 139	Wednesbury	144	Kaiser	232
Vulkan (Werft)	213	Weißblech	44, 105, 157	Wilhelm II., deutscher	
		Weißblechfabrikation . . .	95	Kaiser	213
Wabanaerze	229	Weißblechindustrie, eng-		Wilhelm, König der Nie-	
Wachsausschmelzverfahren 71		lische	224	derlande	160
Wagner, Paul	201	Weißnagelschmiede	52	Wilkinson, John 116, 120,	
Waggonkipper	176	Weißbofen	153	122, 123, 125, 128,	
Wald	50	Weitprecht, Conrad	151	133, 146, 212	
Waldherren	30	Wellblech	144	Wilkinson, Isaak 120, 122	
Waldschmieden	33	Wellman, Samuel T. 203, 204		„ William 120, 146	
Waldwirtschaft	29, 105	Welser, Patrizierfamilie. 89		Wilson	146
Wales s. Südwalles		Weltausstellung:		„ Alexander	213
Walvischrückendampfer. 176		Chicago 1893	208, 215	„ John	136
Walker, Stahlfabrikant . 118		London 1851 145, 158, 210		Wimborn, Lord	223
„ in Rotherham 125		Paris 1855 165, 193, 207		Winch	124
„ in Rotherhithe 144		„ 1867	190	Winderhitzung, Erfin-	
Wallonen	52, 58, 99, 104	„ 1878	199	dung der	134
Wallonschmiede	87, 99	„ 1889	212	Winderhitzer, eiserne 136	
Wallstein	67	„ 1900	207, 211	„ steinerne. 178	
Walrand, Ch., u. E. Lege-		Philadelphia 1876	232	„ gichtgas-	
nisel	208	Wien 1853	204	beheizte	152, 180
Walzdrahtfabrikation . .	143	de Wendel, Charles	96	Windform 70, 116, 137, 138,	
Walzenguß	195	„ „ „ Ww.	96	Windofen	6
Walzenzugmaschinen . .	210	„ „ François	96	Windregulatoren	116
Walzwerke	92, 101, 142	„ „ Ignaz	146	Windsammler	116
Wärmewirtschaft	168	„ „ Joh. Martin		Windtrocknung	180
Wärmöfen	209	96, 155		Wiskotjil	150
Warrants	223	de Wendelsche Werke		Wissenschaft	167
Warrior (Kriegsschiff) . 213		156, 233, 234		Withwell, Thomas	222
Waschverfahren, Krupp-		Wendeplattenform-		Witkowitz . 202, 204, 230	
sches	197	maschine	193	Wöhler, August	170
Waschwerk	70	Werkzeugmaschinenbau 133		„ Friedrich	235
Washington, George . . .	103	Werner, Abraham G. 167		Wohlfahrtsausschuß . . .	97
Wasseralfingen 151, 152, 194		Westfalen	28, 46, 155	Wolf	33, 36
Wasseraufzüge	138, 139	Westfälischer Stahl	58	Wolff, Nicolaus	169
Wassergas	202	Westinghouse Co.	194	Wolfframstahl	207
Wasserhaltungsmaschinen		Wetter (Ruhr)	156	Wolfsöfen	36
111, 170		Wetzlar	187, 193	Wolfszacken	85
		Wetzstahl	15	Wolfszeichen	49
				Wolkenkratzer	212
				Wolsey, Kardinal Tho-	
				mas	119
				Wölunder	23
				Wolverhampton	111
				Woolf, Arthur	130, 134
				Woolnough, George	193
				Woolwich, Arsenal	162
				Worms, Wilhelm v.	45
				Wou, Gerh.	72
				Wrbna, Graf	151
				Wundes, Johannes	50
				Wunsiedel	44
				Wurmgebiet	28
				Württemberg	151, 234
				Wüst, Fritz	168, 169
				Wutzstahl	12, 207
				Wylam	131
				Yarranton, Andrew	105
				Ynescedwinhütte	137
				York	72
				Youngstown	179
				Ystalliferahütte	138
				Zacken	85
				Zahnradformmaschine	
				192, 193	
				Zainhammer . 42, 91, 92	
				Zange	43
				Zangenbiß	46
				Zeche	43
				Zeitschriftenwesen, tech-	
				nisches	169
				Zeitschrift des Vereines	
				deutscher Ingenieure . .	169
				Zementstahl 92, 97, 105,	
				117	
				Zendavesta	12
				Zerrenner	33
				Ziegelungsverfahren . . .	177
				Zieheisen	47
				Zigeuner	9, 97, 98
				Zisterzienser	27, 79
				Zitratlösliche Phosphor-	
				säure	201
				Zorès, Ferdinand	211
				Zschocke, Gottfried	187
				Zündgasse	29
				Zunftwesen	26, 91
				Zweigeschmolzenes Eisen	86
				Zweitaktgasmaschine . . .	190
				Zwerge	23
				Zwillingsrohrapparat . . .	136
				Zylindergebläse	115
				Zylinderguß	112, 122





BIBLIOTEKA GŁÓWNA

351481/1