

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

2619

h der Baukunde.

Abtheilung I:

Hilfswissenschaften.

Zweiter Band.

Heft 1:

Eisen und Eisenkonstruktionen

in

geschichtlicher, hüttentechnischer und technologischer Beziehung.

Bearbeitet

von

G. Mehrrens,

Eisenb. Bau- und Betriebs-Inspektor.

Mit etwa 650 Illustrationen im Text.

BERLIN.

Kommissions-Verlag von Ernst Toeche.

1887.

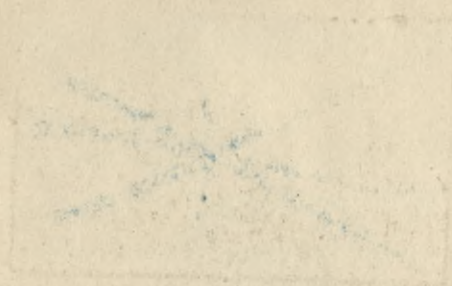
BIBLIOTHEK
der
Kgl. Eisenb.-Dir. Breslau
T.A.h.3.

~~Bibliothek
der Kgl. Eisenb. Direkt.
Breslau
Sign. *T.443.*~~

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297356



May/15



Handbuch der Baukunde.

Eine
systematische und vollständige Zusammenstellung
der
**Resultate der Bauwissenschaften mit den zugehörigen
Hilfswissenschaften.**

Veranstaltet
von
den Herausgebern der Deutschen Bauzeitung und des
Deutschen Baukalenders.

Abtheilung I:
Hilfswissenschaften.

Band II, Heft 1.
Eisen und Eisenkonstruktionen.

BERLIN.

Kommissions-Verlag von Ernst Toeche.

Eisen und Eisenkonstruktionen

in

geschichtlicher, hüttentechnischer und technologischer
Beziehung.

Bearbeitet

von

G. Mehrrens,

Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspektor.

Mit etwa 650 Illustrationen im Text.

(Alle Rechte vorbehalten).



BERLIN.

Kommissions-Verlag von Ernst Toeche.

1887.



11-348551

Druckfehler-Verzeichniss.

- Seite 53 in der Ueberschrift zu Fig. 53 muss es heissen statt „der Erde“
„in Preussen“.
- Seite 53 Zeile 5 von unten „1876“ statt 1886.
- Seite 53 „ 8 „ „ „1866“ „ 1886.
- Seite 98 „ 9 „ „ „Fig. 99“ statt 97.
- Seite 113 „ 22 von oben „0,3%“ statt 3%.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA

KRAKÓW

~~II 2619~~

Akc. Nr.

~~3525~~ / 49

BPCC-B-280/2017

Inhalts-Verzeichniss.

	Seiten.
Einleitung.	
Seite 1—6.	
I. Arten und allgemeine Beschaffenheit des Eisens	1—2
II. Arten der Darstellung des Eisens und Benennungen	2—3
III. Einfluss fremder Stoffe auf das Eisen	3—4
IV. Chemischer Vorgang beim Oxydiren des flüssigen Roheisens	4—5
V. Verfeinerung und Formgebung des schmiedbaren Eisens	5—6
 A. Allgemeine Geschichte des Eisens und der eisernen Tragwerke.	
Seite 6—53.	
I. Das Eisen in vorgeschichtlicher Zeit	6—8
 II. Das orientalische Alterthum.	
Seite 8—16.	
a. Aegypten	8—10
b. China und Indien	10—12
c. Die Länder diesseits des indo-persischen Grenzgebirges	12—14
d. Bei den Lehrmeistern der Griechen	14—16
 III. Das klassische Alterthum.	
Seite 16—22.	
a. Griechenland	16—18
b. Etrurien und Rom	18—22
 IV. Von der Völkerwanderung bis zum Zeitalter der Entdeckungen.	
Seite 22—29.	
a. Auf der Schwelle des eisernen Zeitalters	22—24
b. Entwicklung des Verfahrens der mittelbaren Eisen-Erzeugung; Erfindung des Eisengusses	24—29
 V. Vom Zeitalter der Entdeckungen bis auf die Gegenwart.	
Seite 29—53.	
a. Kohle und Dampf, die Bundesgenossen des Eisens	29—31
b. Die Erfindung des Puddelverfahrens und seine Folgen	31—33

c. Eingriff der Eisenbahnen in das Hüttenwesen	33—36
d. Einfluss der Eisenbahnen auf die Ausbildung eiserner Tragwerke	36—41
e. Fortschritte in der Stahlbereitung	41—44
f. Die Flusseisen-Darstellung der Neuzeit	44—47
g. Die Entphosphorung des Eisens	47—50
h. Gegenwart und Zukunft	50—53

B. Darstellung des Eisens.

Seite 54—113.

I. Die Rohstoffe und ihre Vorbereitung.

Seite 54—65.

a. Vorkommen und Verbreitung der Eisenerze: 1. Magneteisenerz. — 2. Rotheisenerz. — 3. Brauneisenerz. — 4. Spatheisenerz	54—58
b. Gewinnung und Vorbereitung der Eisenerze	58—60
c. Brennstoffe und Oefen	60—61
d. Zuschläge; Probiren der Erze	62
e. Die feuerfesten Stoffe: 1. Kieselsäure. — 2. Thonerde. — 3. Kalk- erde und Magnesia. — 4. Eisenoxyd und Eisenoxyd-Oxydul	62—65

II. Roheisen-Erzeugung.

Seite 65—79.

a. Der Hochofen	65—67
b. Betrieb des Hochofens	67—69
c. Das Roheisen und seine Eigenschaften	69—70
a. Graues Roheisen	70—71
β. Weisses Roheisen: Spiegeleisen. — Weissstrahl. — Gewöhn- liches Weisseseisen	71—72
γ. Ferromangan oder Eisenmangan	73
d. Neben-Erzeugnisse der Hochofen-Darstellung und ihre Verwendung	73—74
e. Beispiel einer Hochofen-Anlage	74—75
f. Umschmelzen des Roheisens; Schmelzöfen	76—79

III. Schweisseisen-Erzeugung.

Seite 79—89.

a. Allgemeines über Renn-, Herd- und Flammofen-Frischen	79—80
b. Der Drehofen von Siemens	80
c. Der Puddelofen	80—82
d. Das Puddelverfahren	82—83
e. Mechanische Puddelarbeit; Ofen von Danks	83
f. Beschaffenheit und weitere Verarbeitung der Erzeugnisse des Puddelofens	84—86
g. Zängemittel	86—88
h. Verbesserung des Schweisseisens bezw. Schweisstahls und Her- stellung von Zementstahl	88—89

IV. Flusseisen-Erzeugung.

Seite 90—113.

a. Allgemeiner Verlauf des sauren oder Bessemer-Verfahrens	90—91
b. Eigenthümlichkeiten des englischen, deutschen und schwedischen Bessemer-Verfahrens	91—93
c. Allgemeiner Verlauf des basischen oder Thomas-Verfahrens	93—94

	Seiten.
d. Martin-Siemens-Verfahren oder Darstellung von Flammofen-Flusseisen	94—97
e. Probenehmen beim Bessemern und Martiniren	97—98
f. Einrichtung, Einzelheiten und Leistung der Bessemer-, Thomas- und Martin-Hütten	
a. Bessemer-Hütten	98—100
β. Thomas-Hütten	100—101
γ. Kleinbessemerie	101—104
δ. Martin-Hütten	104—106
g. Verhalten des Flussmetalls beim Giessen	106
h. Das Giessen und die weitere Behandlung der Rohblöcke	107—109
i. Mittel zur Erzielung dichter Güsse	109—110
k. Darstellung des Tiegel-Flussstahls	110—112
l. Allgemeine Uebersicht der Erzeugnisse der Flusseisen-Darstellung und ihrer Verwendungs-Gebiete	112—113

C. Formgebung des Eisens.

Seite 114—216.

I. Formerei.

Seite 114—130.

a. Allgemeines über die Formen	114—115
b. Formstoffe	115—117
c. Hilfsmittel der Formerei	117—120
d. Herdformerei	120—123
e. Kastenformerei	123—125
f. Freie Formerei	125—127
g. Beständige Formen; Schalen für Hartguss	127—128
h. Einfluss der Form und ihrer Stellung auf die Dichtigkeit des Gusses	128—129
i. Anfertigung von Modellen für Gussstücke	129—130

II. Eisengiesserei.

Seite 130—139.

a. Wahl der Roheisen-Sorten	130—131
b. Das Giessen; Zentrifugal-Guss	131—133
c. Behandlung der Gussstücke	133
d. Temper-Guss; Temper-Eisen; schmiedbarer Guss und getemperter Stahlguss	134—135
e. Hilfsmittel des Giesserei-Betriebes	135—137
f. Allgemeine Anlage der Eisengiesserei	137—139

III. Hilfsanlagen für die Formgebung des schmiedbaren Eisens.

Seite 139—165.

a. Schmiedefeuer nebst Zubehör	139—142
b. Schweiss- und Glühöfen	142—144
c. Gebläse	144—146
d. Hämmer	146—149
e. Walzwerke im allgemeinen	149—151
f. Zwillings- und Drillings-Walzwerke	151—156
g. Walzwerke für besondere Zwecke; Universal-Reifen- und Wellblech-Walzwerke	156—159
h. Maschinen zum Zertheilen und Beschneiden der Arbeitsstücke	159—163
i. Plan-Anordnung der Walzwerke und Schmiedewerkstätten	163—165

IV. Herstellung von Walzeisen und Draht.

Seite 165—192.

a. Arten, gebräuchliche Abmessungen und Kosten des Walzeisens	165—170
b. Rohschienen-Darstellung; Packetbildung; Hantiren von Packeten und Blöcken	170—172
c. Herstellung der Bleche	172—175
d. Kalibrirung der Stab- und Formeisen-Walzen im allgemeinen	175—178
e. Stabeisen-Darstellung: α . Grobeisen. — β . Feineisen	178—179
f. Herstellung von Form- oder Facon-Eisen	179—183
g. Herstellung von Eisenbahnschienen	183—186
h. Das Drahtwalzen	186—188
i. Das Drahtziehen	188—191
k. Das Walzen auf kaltem Wege	191—192

V. Schmiede- und Pressarbeiten.

Seite 192—216.

a. Arbeiten und Werkzeuge des Schmiedes	192—196
b. Behandlung des Eisens im Feuer. Schweissen und Härten des Stahls (Werkzeugstahl)	196—198
c. Maschinelles Schmieden und Pressen im allgemeinen	199—201
d. Das Schmieden von Kleineisenzeug	201—203
e. Anfertigung von Kleineisenzeug durch Pressen	203—210
f. Weitere Beispiele von Schmiede- und Pressarbeiten: Ketteneisen, Wellbleche, schmiedeiserne Röhren und Räder, Radreifen	210—216

D. Eigenschaften und Prüfung des Eisens.

Seite 217—292.

I. Geschichtliches und Allgemeines.

Seite 218—223.

a. Eigenschaften und Prüfung	218—219
b. Aeltere und neuere Festigkeits-Versuche	219—220
c. Neuere Klassifikations-Bestrebungen	220—223

II. Beschaffenheit und Untersuchung des Gefüges.

Seite 223—228.

a. Bildung von Korn und Sehne	223—224
b. Sehne und Korn im Schweisseisen und Flusseisen	224—225
c. Veränderung des Gefüges durch Erhitzung und Bearbeitung	225—226
d. Besichtigung des Gefüges. Einfache Gefüge- oder Textur-Proben. Magnetische Probe	226—227
e. Aetzproben. Mikroskopische Schliche	227—228

III. Schweissbarkeit, Schmiedbarkeit, Härte, Leitungsfähigkeit, Dichtigkeit und Rostbildung.

Seite 229—238.

a. Schweissbarkeit im allgemeinen	229
b. Einfluss fremder Stoffe auf die Schweissbarkeit	229—230
c. Schmiedbarkeit und Härte im allgemeinen	230—231
d. Einfluss fremder Stoffe auf Schmiedbarkeit und Härte; Roth-, Kalt- und Blaubruch	231—233
e. Härtegrade des Stahls	233—234

f. Härte des Gusseisens	235
g. Leitungsfähigkeit für den elektrischen Strom	235
h. Dichtigkeit	235—236
i. Rostbildung	236—238

IV. Elastizität und Festigkeit.

Seite 238—253.

a. Elastizitäts- und Proportionalitäts-Grenze; Elastizitäts-Ziffer (Koeffizient oder Modul)	238—240
b. Mass der Festigkeit und Zähigkeit. Dehnung, Einschnürung und Streckgrenze	240—241
c. Einfluss der chemischen Zusammensetzung und des Gefüges	241—243
d. Einfluss der Hitze und Kälte, der Formgebung, Härtung, mechanischen Bearbeitung und wiederholten Beanspruchung	243—250
e. Durchschnitts- und Grenzwerte der Festigkeit und Zähigkeit	250—252
f. Festigkeit von Nietverbindungen und genieteten Trägern	252—253

V. Prüfungs-Maschinen.

Seite 253—276.

a. Aufgabe und allgemeine Einrichtung der Festigkeits-Maschinen	254—256
b. Beispiele neuerer Festigkeits-Maschinen sowie der zugehörigen Einspann- und Mess-Vorrichtungen: α . 100 t-Maschine von Werder. — β . Bauschinger's Spiegel-Vorrichtung zum Messen der Dehnung. — γ . Verschiedene Einspann- und Mess-Vorrichtungen der Werder-Maschine. — δ . 50 t-Maschine von Mohr & Federhaff. — ϵ . Maschine von Maillard. — ζ . 100 t-Maschine von Pohlmeier. — η . Neueste Maschinen von Emery, Fairbanks & Co., Martens u. A.	256—266
c. Maschinen zur Erprobung des Gusseisens	266—269
d. Maschinen zur Prüfung von Draht auf Zug- und Drehungs-Festigkeit	269—271
e. Maschinen zur Vornahme von Biegeproben	271—272
f. Schlag-, Fall- oder Rammwerke	272—275
g. Mechanische Vorrichtungen zum Vergleichen der Härtegrade	275—276

VI. Ausführung der mechanischen und technologischen Proben.

Seite 276—292.

a. Allgemeines	276—277
b. Herstellung und Einspannung der Probestücke, Messung der Dehnung und Einschnürung	277—281
c. Festigkeits-Proben: α . Zugfestigkeits-, Zug- oder Zerreißproben. — β . Biege-, Druck-, Scher-, Verdrehungs- und Knickfestigkeits-Proben. — γ . Schlag- oder Fallproben	281—284
d. Brüchigkeits-Proben für Konstruktions-Schweisseisen: α . Biegeprobe. — β . Ausbreit- oder Ausblatt-Probe. — γ . Lochprobe. — δ . Schleifen- und Stauchprobe	284—285
e. Brüchigkeits-Proben für Kessel-Schweisseisen: α . Polter- oder Kalotten-Probe für Bleche. — β . Börtel- oder Umbörtelungs-Probe. — γ . Proben mit Formeisen. — δ . Proben für Nieteneisen und Kesselniete	285—286
f. Brüchigkeits-Proben für Flusseisen	286—287
g. Prüfung der Brüchigkeit durch Härtungs- und Härteproben	287—288
h. Prüfungs-Bedingungen für Tragwerke des Maschinen-, Schiff-, Eisenbahn- und Brückenbaues: α . Flussstahl für Konstruktionen des Maschinen- und Schiffbaues. — β . Flussstahl für Konstruktionen des Eisenbahnbaues. — γ . Flussstahl für Brücken-Tragwerke	288—292

E. Herstellungsweise der Konstruktionen.

Seite 292—353.

Allgemeines	292—293
-----------------------	---------

I. Einrichtung und Ausrüstung der Werkstätten.

Seite 293—301.

a. Werkstätten im allgemeinen	293—295
b. Beispiele von Werkstätten-Einrichtungen	295—296
c. Das Geräth der Werkstätten	296—300
d. Das Handwerkszeug	300—301

II. Werkzeug-Maschinen.

Seite 301—323.

a. Art und Bewegung des Werkzeugs; Benennung und allgemeine Anordnung der Maschinen	301—303
b. Hobelmaschinen: α . Schlitten-Hobelmaschinen. — β . Hobelmaschinen mit ruhendem Arbeitsstück. — γ . Feil- oder Shaping-Maschinen. — δ . Stossmaschinen	303—308
c. Drehbänke: α . Plan-Drehbänke. — β . Spitzen-Drehbänke. — γ . Plan- und Spitzen-Drehbänke. — δ . Räder-Drehbänke. — ϵ . Revolver-Drehbänke	308—312
d. Bohrmaschinen: α . Feststehende Senkrecht-Bohrmaschinen. — β . Verstellbare Senkrecht-Bohrmaschinen; Krahn- oder Radial-Bohrmaschinen. — γ . Wagrecht-Bohrmaschinen. — δ . Zylinder-Bohrmaschinen. — ϵ . Mehrfache oder Multiplex-Bohrmaschinen. — ζ . Zugstangen-Bohrmaschinen für Brückenbau	312—315
e. Frais-Maschinen: α . Nuthen- oder Langloch-Bohrmaschinen. — β . Räder-Fraismaschinen. — γ . Universal-Frais-Maschinen. — δ . Muttern-Frais-Maschinen	315—318
f. Lochmaschinen, Scheren und Sägen	318—319
g. Gewindeschneid-Maschinen	319
h. Schleif-Vorrichtungen	320
i. Vergleiche über Geschwindigkeit und Leistung der Werkzeug-Maschinen	320—323

III. Vorbereitende Arbeiten.

Seite 323—328.

a. Anfertigung von Arbeitszeichnungen, Gewichts-Berechnungen und Arbeitslisten	323—324
b. Aufstellung der Material-Listen	324—327
c. Anfertigung eines Stoss-Schemas oder Nummerirungs-Planes	327—328

IV. Bearbeitung der Konstruktionstheile.

Seite 328—338.

a. Das Richten	328—330
b. Biegen und Kröpfen	330—331
c. Bearbeitung der Flächen von Walzeisen und Gussstücken	331—332
d. Das Vorzeichnen und Zuliegen einzelner Konstruktionstheile	332—334
e. Das Zuliegen von Hauptträgern	334—336
f. Bohren und Lochen (Stanzen, Stossen)	336—338

V. Verbindungs- und Vollendungs-Arbeiten.

Seite 338—353.

a. Reinigungs-Arbeiten	338—339
b. Nieten und Verschrauben im allgemeinen; Handnieterei	339—342

c. Maschinen-Nieterei	342—345
d. Rostschutz-, insbesondere Anstrich-Arbeiten	345—348
e. Das Verzinken, Verzinnen, Verbleien und sonstige Rostschutz-Arbeiten	348—350
f. Anfertigung von Drahtseilen und Brückenkabeln	350—353

E. Anhang.

Seite 354—398.

I. Technische Bedingungen für die Herstellung von Konstruktionen des Hoch-, Brücken-, Maschinen- und Schiffbaues.

Seite 354—365.

a. Normal-Bedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau	354—358
b. Vorschriften der Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine; zugleich Vorschläge des Vereins deutscher Eisenhüttenleute	359—361
c. Auszug aus der Anweisung für die Kaiserliche Marine, betr. die Prüfung und Abnahme der für Kessel bestimmten Eisenbleche, L-Eisen, T-Eisen, Stangeneisen, Nieteisen und Nieten	361—363
d. Auszug aus den vorläufigen Vorschriften der Kaiserlichen Marine betr. Abnahme der für Schiffsbauten bestimmten Stahlplatten, Winkelstahle und Formstahle	363—365
e. Anweisung der englischen Admiralität für die Behandlung des weichen Stahls	365

II. Technische Bedingungen für die Lieferung von Eisenbahnbedarfs-Gegenständen.

Seite 365—373.

a. Eisenbahnschienen aus Flussstahl	366—367
b. Langschwellen, Querverbindungen, Schwellenlaschen, Schwellenstühle und Klammern zum Haarmann'schen Langschwellen-Oberbau	368—370
c. Kleineisenzeug, als Klemmplatten, Bolzen, Muttern, Stosswinkel, Hakennägel, Splinte, federnde Unterlagsringe usw.	370—371
d. Radreifen, Achsen und Räder	371—372
e. Gusseiserne Rohre	372
f. Schmiedeiserne Gasrohre	373
g. Siederöhren	373

III. Verschiedene Angaben über Draht und Drahtseile.

Seite 373—376.

a. Telegraphen-Draht	373
b. Abmessungen und Preise von Eisendraht und Drahtgeflecht	374
c. Abmessungen, Gewichte, Tragfähigkeit und Preise von Drahtseilen	375—376

IV. Tabellen über Abmessungen, Gewichte und Tragfähigkeit verschiedener Formeisen.

S. 376—398

a. Trägheitsmomente usw. deutscher Normalprofile, bezogen auf zwei rechtwinklig zu einander stehende neutrale Axen	376—379
b. Trägheitsmomente deutscher Normalprofile, bezogen auf zwei rechtwinklig zu einander stehende, ausserhalb des Profils liegende Axen (L-Eisen und C-Eisen)	379—386
c. Trägheitsmomente usw. von Wellblechen	387—395
d. Tragfähigkeit von I-Eisen; Widerstandsmoment beliebiger Formeisen	396—398

Sach-Register

zur Einleitung und zum geschichtlichen Theil, S. 1—53.

A.

Abbrand 51.
Abnutzung 43.
Abscheiden und Abscheidung 2. 4. 5. 32.
Achsen 6. 42. 52.
Aera, eiserne 14. 22.
Aexte 13. 18.
Ackergeräthe 14.
Ambose 7. 9. 18. 20. 22. 23.
Aggregat-Zustand 3.
Akademie, Pariser 39.
Alterthum, klassisches 16.
Angriffswaffen 20.
Anker 35.
Anlauffarbe 17.
Arbeit, geschmiedete und getriebene 16. 17.
Architrav-Bau 39.
Arsenik 11.
Arten des Eisens 1.
Artilleriewesen 27. 35.
Arsen 4.
Aschengehalt 31.
Ausdehnung d. Eisens 40.
Auslaugen 47.
Ausscheidung 4.
Ausstellung, Düsseldorfer 1881. 49.

B.

Bahn, eiserne 33. 47.
Balkenbrücken 38. 53.
Balken, hölzerne 32.
Bandagen 36. 44.
Basalt 9.
Basisches Verfahren 49.
Bauern-Oefen 25.
Baukonstruktionen 31.
Baumwoll-Spinnerei 31.
Becher 17.
Bedlington-Hütte 36.
Beile 18.
Beimengungen 3.
Belag-Eisen 41.
Bergbau, alter 10. 16. 18. 20. 21. 31.
Bergwerke 19. 20. 30.
Bernstein 19.
Beschaffenheit d. Eisens 1.
Beschickung 3. 5.

Bessemer-Apparat 48.
Bessemer-Birne 45. 46. 47. 48. 52.
Bessemer-Eisen 50.
— — Roheisen 47. 49. 50.
Bessemer-Hütten 46.
Bessemer-Metall 45. 52.
Bessemer-Oefen, älteste 44. 45.
Bessemer-Verfahren 44. 45. 46. 47. 48. 49. 52.
Bewaffnung 10.
Bildsäulen, aus Eisen getrieben 17.
Bildwerke, etrusische 19.
Birnen, basische 50.
Birnen-Paar 46.
Bisilikat 4.
Blackband 30.
Blasebalg 24.
Blaseöfen 26.
Blasenräume 5. 6.
Blauöfen 26. 51.
Blech 5. 6. 32. 37. 39.
Blechbrücken 38.
Blechschlagen 15.
Blechschmieden 24.
Blechträger 33. 36. 37.
Blech-Walzwerk, erstes deutsches 33.
Blei 6. 12. 14.
Block-Walzen 6.
Böden, eiserne d. Puddelöfen 32.
Bogenbrücken 31. 36. 38. 53.
Bohrer 9. 15.
Brennstoff 9.
Brennstoff-Verbrauch im Hochofen 51.
Brennstoff-Verkoking 18.
Britannia-Brücke 38.
Bronze 6. 7. 9. 13. 14. 16. 18. 19. 20. 26.
Bronze-Gewinnung, römische 20.
Bronzeguss 16. 17. 19.
Bronze-Periode 12. 22. 29.
Bronze-Schmucksachen 19.
Bronze-Verarbeitung 18.
Bronzewaaren 17.

Bronze als Waffenmetall 22.
Bruch-Eisen 1.
Bruchstück des ältesten Eisen-Werkzeugs 8.
Brücken aus Guss- und Schweisseisen 36. 38. 53.
Brückenbau 31. 40.
Brücken, bewegliche 38.
Brücken, erste gusseiserne Bogen-Br. 31.
Brücken für Strassen und Eisenbahnen 37.
Brücke über den Donaukanal in Wien 38.
Brücken über Gran und Eipel 38.
Brücken über die Menay-Street- und Conway-Bucht 37.
Brücken der Ruhr-Sieg-Bahn 38.
Brücken über die Weichsel und Nogat 38.

C.

Charge 5.
Chloride 47.
Chrom 4.
Coquillen 45.

D.

Dachsteine, eiserne 11.
Dachstühle, schmiedeiserne, älteste 39. 40.
Dächer, gusseiserne 40.
Damast-Stahl 12.
Damaszener-Klingen 12. 16.
Damaszirung 12.
Dampf 31.
Dampfbetrieb 28.
Dampfhämmer 11. 35. 43.
Dampfhämmer - Zylinder aus Gussstahl 44.
Dampfkessel 31. 32. 36.
Dampfkraft 31.
Dampfkr. z. Betrieb von Blasebälgen 25. 26.
" für Fuhrwerksbewegung 33.

- Dampfkr. f. Schiffsbewegung 33.
 „ z. Wasserheben 30.
 Dampfmaschine 30. 31. 32. 35.
 Dampfschiffsbau 36.
 Dampfswagen 33.
 Dampfzylinder 31
 Danks-Öfen 52.
 Darstellung des Eisens 1. 2. 3. 4. 5.
 Darstell. v. Flusseisen 5.
 Darst. v. Schweisseisen 5.
 Daumenwelle 28.
 Decken, eiserne 39.
 Deckenträger 41.
 Dehnbarkeit 3.
 Denkmal in Delhi 11.
 Deule 28.
 Dichten d. Gussblöcke 6.
 Dolche 13.
 Dolomit 48.
 Dowlais-Ofen 52.
 Draht 5.
 Drahtmühlen 25.
 Drahtschmieden 24. 25.
 Drahtseil-Brücken 37. 38.
 Drahtwalzen, frühestes 33.
 Drahtziehen 25.
 Drahtzüge 24.
 Drehbrücken, eiserne erste 38.
 Drehöfen 48. 50. 51.
 Dreckstein 26.
 Düse 28.
 Dübel 21.
- E.**
- Edelsteine 9. 11.
 Ehrendegen aus Bronze 20.
 Eigenschaften d. Eisens 1.
 Eisen 12. 18. 48.
 Eisen, ausgerecktes 21.
 Eisen, Behandlung 18.
 Eisen, Benutzung zum Acker- u. Hausbau 23.
 Eisen, brüchiges 21.
 Eisen, chalybisches 21.
 Eisen, chem. reines 50.
 Eisen des Nordens 15.
 Eisen, gediegenes (Me-teoreisen) 7.
 Eisen, gehärtetes 15.
 Eisen, gelöthetes 15.
 Eisen, hämmerbares 7.
 Eisen im orientalischen Alterthum 8.
 Eisen, indisches 10. 12.
 Eisen, norisches 21.
 Eisen, parthisches 21.
 Eisen, schmelzbares 26.
 Eisen, schmiedbares 1. 2. 4. 50.
 Eisen, schwedisches 25.
 Eisen, serisches 10. 21.
 Eisen, spanisches 21.
 Eisen, stahlartiges 26.
 Eisen, steyerisches 21.
 Eisen, verunreinigtes 26.
 Eisen von Elba 19. 21.
 Eisen von Populonia 19.
 Eisen, weiches 21. 26.
 Eisen zu Fenstermaasswerk 24.
 Eisen zu Kriegsmaschinen 18.
 Eisen zur Verstärkung v. Holzverbindungen 23.
 Eisen-Abbrand 32.
 Eisenabfälle 47.
 Eisenanker in gewölbten romanischen und gothischen Bauwerken 23.
 Eisenarbeiten 17. 27.
 Eisen-Ausfuhr 23.
 Eisenbad 49.
 Eisenbahnen 33. 36. 38.
 Eisenbahn Baltimore-Ohio 40.
 Eisenbahn-Bedarf 43.
 Eisenbahn-Brückenbau 41.
 Eisenbahn Chester-Holyhead 37.
 Eisenbahn Dublin-Drogheda 38.
 Eisenbahn-Netz 33.
 Eisenbahn Nürnberg-Fürth 36.
 Eisenbahn Paris - Versailles 40.
 Eisenbahn-Schienen, erste deutsche 36.
 Eisenbahn-Verwaltungen 49.
 Eisenballen 28. 51.
 Eisenbedarf 35.
 Eisenbereitung 12. 15. 17. 20. 21. 22.
 Eisen-Beschläge 24.
 Eisenblech-Nietungen 32.
 Eisen-Entdeckung 7.
 Eisen-Entphosphorung 51. 52.
 Eisenerze 7. 9. 21. 47. 51. 52.
 Eisen-Erzeugung, mittelbare 24. 26. 51.
 Eisengehalt 7.
 Eisen-Geräthe 8.
 Eisengerippe 39.
 Eisengewerbe 23. 33. 35. 41.
 Eisen-Gewinnung 9. 12. 14. 18. 20. 22. 23. 24.
 Eisengiessen 17. 33.
 Eisenguss 24. 26. 27.
 Eisen-Härtung 15.
 Eisenhandel, phönizischer 22.
 Eisenhüttenwesen 29. 31. 36. 41. 52. 53.
 Eisen-Industrie 15. 17. 22. 29. 36. 50.
 Eisen-Koloss 35.
 Eisen-Konstruktionen 1. 18. 38. 39. 41. 52.
 Eisen-Löthung 15.
 Eisen-Mangane 2. 28. 45.
 Eisenmarkt, spartanischer 17.
 Eisenmasse 30. 33.
 Eisenmangan 28. 30.
 Eisenoxyde 44. 47.
 Eisenoxyd-Oxydul 4. 5. 44.
 Eisenperiode 12. 29.
 Eisenrüstung, älteste 23.
 Eisenschatz 13.
 Eisenschwamm 50.
 Eisenschmieden m. Steinkohlen 18.
 Eisenschwerter 19.
 Eisen-Silikat 4. 47.
 Eisentechnik 10.
 Eisen-Verarbeitung 18.
 Eisen-Verbindungen 4.
 Eisenwaren 17.
 Eisenwerke 23. 29. 35.
 Eisen-Zusatz 46.
 T-Eisen und L-Eisen, früheste 36.
 Eisene Ringe bei alten Kuppelbauten 39.
 Elastizität 11. 18.
 Entkohlung 2. 4. 5. 27. 42. 45. 46. 48.
 Entphosphorung 47. 49.
 Entphosphorung b. Besse-mern 48.
 Entphosphorung d. Einblasen von Wasserdampf 48.
 Entsilizierung des Eisens 32.
 Entwaldungen 29.
 Errungenschaften, metallurgische 20.

- Erze 2. 3. 9. 12. 14. 15.
16. 17. 20. 22. 25. 26.
30. 50. 51.
Erz-Abscheidung 50.
Erzarbeiten 17. 51.
Erz-Beschaffungen 47.
Erze, phosphorfreie 47.
Erze-Verhüttung auf Elba
20.
Erz-Gangarten 30.
Erzgiesserei-Kunst, alt-
sidonische 17.
Erzklein 22.
Erzlager, phosphorhal-
tige 50.
Erzrevier 12.
Erzstahl 44. 50.
Erz-Zusatz 47.
- F.**
- Fabrikation basischer Zie-
gel 50.
Fabriken 36.
Fahrmittel 33. 36. 41.
Feilen 15. 24.
Feilenhauen 13.
Feinperiode 5. 47. 48.
Ferro-Mangane 2. 47.
Fesseln 12.
Festigkeit 3. 4. 12. 18.
Feuerung des Puddel-
ofens 52.
Fingerringe, eiserne 17.
Flacheisen-Träger 39.
Flamme 32.
Flammofen 31. 32. 46. 48.
Flammofen - Darstellung
47.
Flammofen-Flusseisen 51.
Flammofen-Frischen 32. 44.
Flammofen-Leistung 32.
Fluoride 47.
Flusseisen 3. 36. 41. 49.
52. 53.
Flusseisen-Darstellung 5.
44. 45. 47. 50.
Flusseisen - Handelswaare
52.
Flusseisen-Menge 46. 52.
Flussmetall 6. 47. 50.
52. 53.
Flusschmiedeeisen 3. 50.
Flussstahl 3. 6. 49.
— Verwendung f. Han-
dels- u. Kriegsschiffe,
früheste 52.
Flussstahl-Adern 12.
Flussstahl - Darstellung,
früheste 42.
- Formen, eiserne (Co-
quillen) 6.
Formeisen 36. 38. 39. 41.
Formeisen-Walzen 32.
Formstücke 6.
Forst-Ertrag 29.
Frischen, Frischarbeit 3.
4. 5. 26. 28. 32. 45.
46. 49. 52.
Frischhämmer 33.
Frischherde 27. 32. 35.
Frischfeuer 28.
Frohnbauern 20.
Funde, archäolog. 18. 19.
Furchen-Walzen 32. 33
Fussgänger-Brücken 37.
Fusssteg, eiserner, frühe-
ster 36.
Futter aus verschiedenen
Materialien 32. 48. 49.
- G.**
- Gärben 6. 42.
Gärbstahl 6. 42.
Gangarten 3.
Garfrischen 5.
Gargang 5.
Garschlacke 5.
Gas-Ausscheidungen 6.
Gasfeuerung 35. 43.
Gattiren 3.
Gebläse 24. 46
Gebläse-Luft, erhitzte 34.
35. 51.
Gefässe 12.
Gefeintes Eisen 5.
Gesenke 23.
Generatoren 35.
Geräthe 13. 17.
— etruskische 19.
Gerölle 15.
Geschütze 26. 27.
Geschützwesen 43.
Gestell des Hochofens
51.
Gewächshäuser aus Guss-
eisen 40.
Gewerbe 31.
Gewölbe-Netzwerk 21.
Gichtgase 33. 35. 51.
Giesserei 2.
Giessgrube 45.
Gitterbrücken 38.
Glaspalast in München 40.
Gleise 33. 40.
Glocken aus Stahl, frühe-
ste 43.
Glühfrischen 3.
Glühhitze 4.
- Glühstahl 3.
Götha-Elf-Brücke 53.
Gold 6. 7. 9. 14. 16. 17.
20.
Grabstichel 15.
Gräber-Grotten 9.
Granit 9.
Graphit 1.
Griechenland 17. 19.
Grobschmiede, römische
22.
Gurtung 38.
Guss, unmittelbarer aus
dem Hochofen 33.
Gusseisen 1. 30. 31. 37.
38. 39. 40. 41. 53.
Gusseisenthteile f. Kachel-
öfen 27.
Gusseisen für Tragwerke
39.
Gusseisen, geschmeidiges
27.
Gusseisen-Hochbau 40.
Gusseisen, schmiedbares
27.
Gusseisenkranz d. Hoch-
ofens 34.
Gusseisen, Leichtigkeit
der Formgebung 39.
Gusseisen, Unzulänglich-
keit 37.
Gussformen 45.
Gussstahl 6. 42. 43. 44.
Gussstahl-Blöcke, Krupp-
sche 42.
Gussstahl-Kanonen 42.
Gussstücke, kolossale 40.
- H.**
- Halle aux Blès 40.
Hämatit-Roheisen 50.
Hämmer 5. 6. 13. 18. 23.
24. 25. 28. 32.
Hängebrücken 37. 38. 53.
Härten und Härte 3. 17.
42. 43.
Hammer-Helm 28.
Hammer, steinerner 10.
Hammerhub 28.
Hammerkopf 28.
Hammerwerke 28.
Hand-Blasebälge 26.
Handel 31.
Handelsware 5. 6.
Handwerkszeug 18. 19. 21.
Handzangen 21.
Handzieherei 25.
Hebedaumen 28.
Heizgas-Darstellung 35.

Helm 13. 28.
 Helme von Arretium 19.
 Herde 15. 21. 24. 26. 31. 47.
 Herd, drehbarer von Oestlund 52.
 Herdfrischen 28. 35. 41. 44. 47. 51.
 Herdfrisch-Stahl 42. 43.
 Hochbau in Eisen 21. 39. 40. 41.
 Hochöfen 2. 5. 26. 27. 30. 31. 33. 34. 35. 48. 51.
 Hochöfen - Fassungsraum 33.
 Hochöfen, Leistung 28. 31. 51.
 Hochofen-Betrieb 30. 31. 34. 35. 51.
 Hochofen - Gase, Ausnutzung 35.
 Hochofen-Gestell 34.
 Hochofen-Gicht 35.
 Hochofen-Schacht 33.
 Hochofen - Schmelzraum 34. 51.
 Hörder basisches Verfahren 49.
 Holz 29. 31. 41.
 Holzbohlen-Dächer 39.
 Holzkohlen 2. 22. 28. 29. 30. 31. 35. 41.
 Holzkohlen-Eisen 35.
 Holzzuwachs 35.
 Hütte und Hüttenwesen 6. 30. 31. 33. 36. 44.
 Hüttenwerke 30. 33. 39.
 Hussitenkriege 26.

I.

Jahrhundert, eisernes 44.
 Jodide 47.
 Industrie-Städte 23.
 Ingenieurbau 40.
 Ingots 5.
 Inschriften 8. 14.
 Instrumente 11. 42.

K.

Kaliber-Walzen 33.
 Kalk 52.
 Kalkbruch 4.
 Kanonen u. Kanonenrohre 26. 27. 35. 43.
 Karlssteg in Wien 53.
 Kasten-Gebläse 31.
 Kasten-Träger 37.
 Keile 14.
 Korn 2.
 Kettenbrücken 32. 37.

Kettenbrücke über den Jacobs-Creek 38.
 Kettenglieder 13.
 Kieselsäure 4. 5. 47. 48. 49.
 Killingworth-Eisenb. 36.
 Klammern 18. 21.
 Knie 32. 35.
 Knotenpunkte, gelenkartige 38.
 Kobalt 4.
 Kohle, mineralische 29. 52.
 Kohlenbahn 33.
 Kohlendunst 30.
 Kohleneisenstein 30.
 Kohlenfelder 30.
 Kohlenoxyd 4.
 Kohlenstahl 3.
 Kohlenstoff-Eisen 3.
 Kohlenstoff u. Kohlenstoff-Gehalt 1. 2. 3. 4. 5. 28. 36. 44. 46. 47. 49.
 Kohlenstoff-Verbrennung 49.
 Kohlengrad 48.
 Kohlungsgrad 2. 5.
 Kokes 30. 31. 33.
 Kokesheizung 43. 44.
 Kokes-Hochöfen 31. 33.
 Kokes-Roheisen 33.
 Kolbenmaschine 31.
 Konservatorium d. Künste in Paris 40.
 Konverter 45.
 Kreuzzüge 10.
 Kriege 16. 19.
 Kriegsgeräte 9.
 Kristalle 2. 11.
 Krug 16.
 Krupp'sches Verfahren 48.
 Kühlung der Herdwände d. Puddelofens 52.
 Kruste, metallurgische 17.
 Kugeln aus Blei m. Eisenkern 27.
 Kugeln aus Eisen 27.
 Kugeln, steinerne 26. 27.
 Kunstfertigkeiten, technische der Aegypter 8.
 Kunstgewerbe 18.
 Kupfer 4. 6. 7. 9. 12. 13. 14. 16. 17. 19. 21. 26.
 Kupfer-Gewinnung, römische 20.
 Kupolöfen 48.
 Kuppeln, schmiedeiserne 41.
 Kuppel, schmiedeiserne, d. Mainzer Doms 40.
 Kurbelschafte 35.

L.

LANZEN 13.
 Leuchtturm von Eddystone 31.
 Legirung von Mangan, Eisen, Silicium 45.
 Löthen des Eisens 17.
 Lokomotive 33. 36.
 Luftabschluss 44.
 Luftenblasen 44.
 Luftzutritt 44.
 Luppen 5. 13. 28. 32.
 Luppen-Ambos 20.
 Luppenfeuer 24.
 Luppen-Reinigen 35.
 Luppenstübe 5.
 Luppenzangen, röm. 21.

M.

Magnesia-Ziegel 48.
 Magneteisen-Erz 44.
 Magnet-Eisenstein 50.
 Magnetnadel 10.
 Mangan u. Manganengehalt 2. 3. 4. 5. 28.
 Mangan-Silikat 4.
 Marine 35.
 Markuskirche, Venedig 39.
 Martin-Siemens-Eisen 47. 50.
 Martin-Verfahren 46. 47.
 Maschinenbau 31.
 Maschinenbau - Anstalten 35.
 Maschinentheile aus Stahl 43.
 Masse f. Gussformen 43.
 Massendarstellung 28. 43. 44.
 Meissel 9. 15.
 Messen 7. 8. 12. 13. 15.
 Metallbad 5. 46.
 Metall u. Metalle 2. 5. 6. 7. 8. 12. 16. 17. 19.
 Metall-Bereitung 14. 15. 18. 20.
 Metall-Gewinnung 10. 12. 16.
 Metallgiessen 7.
 Metall-Verarbeitung 18.
 Metallurgie 16. 20. 24.
 Meteorologica 11.
 Methode 7.
 Mischgefäß 15.
 Moschee Omar's in Altkairo 23.
 Mühlen 31.
 Mühlenbetrieb 25.
 Museum, germanisches 27.

- N.**
 Neutralisirung 48.
 Nickel 4.
 Nieten 6.
 Nitrate 47.
- O.**
 Oberbau - Konstruktionen 33.
 Oefen 21. 46.
 Ofen-Einrichtung 51.
 Ofenfutter 52.
 Ofenplatten aus Guss-eisen, älteste 27.
 Osmund-Oefen 25.
 Oxydation 2. 4. 5. 46.
 Oxydul 4. 5.
- P.**
 Packete 5.
 Pantheon in Rom 21.
 Panzerschuppen 13.
 Pariser Roste 40.
 Parlamentsbeschluss weg. Brennens von Steinkohlen 30.
 Prunkwaffen a. Bronze 20.
 Peterskirche in Rom 39.
 Pfeile mit Eisenbeschlag, älteste 29.
 Pfeilspitze 13.
 Pferdegebisse 13.
 Pflüge der Römer 19.
 Phosphor u. Phosphorgehalt 3. 4. 5. 47. 48. 49.
 Phosphor - Abscheidung 32. 47. 48. 49.
 Phosphorsäure 4. 47.
 Phosphor-Verbindgn. 47.
 Phosph.-Ueberführung 47.
 Phosphor, Wärme-Effekt 49.
 Phosphor-Wasserstoff 48.
 Planken, hölzerne 32.
 Plattenbekleidung 27.
 Platten, eiserne 11.
 Pochwerke 25.
 Politur 42.
 Porphyrt 9.
 Prellung 29.
 Presshämmer 35.
 Probenehmen 47.
 Prüfung des Eisens 1.
 Puddel-Anlagen 33. 35.
 Puddelofen 32. 52.
 Puddel-Roheisen 49.
 Puddelstahl - Darstellung 42. 43. 44.
- Puddelverfahren 31. 32. 33. 35. 41. 42. 46. 47. 51. 52.
 Puddelwerk 33. 36.
 Pyramiden von Gizeh 9.
- Q.**
 Quader-Verankerungen an altgriech. Tempeln 18.
 Quadrant-Eisen, erste Anwendung in Europa 38.
- R.**
 Radreifen 36. 43. 52.
 Räder-Konstruktion 36. 43.
 Rasirmesser 15.
 Raspeln 15.
 Rauchgemäuer 33. 34. 51.
 Reduktion 2. 9.
 Regenerativ - Flammofen 50. 51.
 Regenerativ-Gasofen 46.
 Regeneratoren 43.
 Regenerator-Feuerung 46.
 Reibung 33. 43.
 Reifen-Walzwerk, erstes 36.
 Renaissance-Bauten 39.
 Rennarbeit und Rennverfahren 2. 24. 47. 50.
 Rennfeuer 24. 28. 50.
 Rennherde 22. 25. 27.
 Retorten 50.
 Ringe 13.
 Rippen hölzerne 32.
 Röhren-Brücken 37.
 Roheisen 1—5. 26. 30. 31. 32. 42. 44. 46—49.
 Roheisen-Bad 46.
 Roheisen-Barren 28.
 Roheisen-Bedarf 33.
 Roheisen - Darstellung 5. 26. 27. 30. 31. 32. 51.
 Roheisen-Feinung 32.
 Roheisen-Schmelzung 31.
 Roheisen-Umwandlung 28.
 Roheisen-Verarbeitung 49.
 Roheisen-Verfrachtung 33.
 Rohfrischen 5.
 Rohgang 5.
 Rohmangane 2.
 Rohschienen 5.
 Rohschlacke 5.
 Rohstoffe 5. 43.
 Rost 13.
 Rothbruch 4. 35.
 Rotheisenstein 48.
 Rückkohlung 3.
 Rüstzeug 17.
- S.**
 Sägen 9. 13. 14.
 Säulen 40.
 Säuren 12. 47.
 Sandböden der Puddelöfen 32.
 Satz 5. 24.
 Sauerstoff 3. 4. 5. 44. 46. 48.
 Schachtöfen 24. 25.
 Schacht-Tragwerk 34.
 Schaffkelte 19.
 Schaufenster 40.
 Scheibenräder aus Stahl 43.
 Schienen 33. 35. 36. 43. 52.
 Schienen, gusseiserne für Pferde - Kohlenbahnen 31.
 Schienen-Erzeugung 36.
 Schienengewicht 36.
 Schienen-Lieferungen 49.
 Schienenprofile 36.
 Schienenstösse 40.
 Schienen-Verstärkung 36.
 Schiffbau 52.
 Schiffe, hölzerne 32.
 Schiffsbeschläge 9.
 Schiffsdock 33.
 Schiffschraube aus Gussstahl 44.
 Schiffsstevens 35.
 Schilde von Arretium 19.
 Schlachthaus, Pariser 41.
 Schlacke 3. 4. 5. 6. 22. 24. 32. 47. 48. 49. 50. 51.
 Schlacken-Abfluss 28.
 Schlackenform, gekühlt 51.
 Schlackenhaldden 20.
 Schlackenherd 32. 35. 52.
 Schlackenpuddeln 32. 35.
 Schlackenstich 51.
 Schlagwirkung 28.
 Schmelzbarkeit 2.
 Schmelzhitze 3. 5.
 Schmelzraum 26.
 Schmelztiigel 43.
 Schmiedefeuer 24. 42.
 Schmiedegeräthe, röm. 21.
 Schmiede 15.
 Schmiede-Handwerk 7.
 Schmiedefeuer 22.
 Schmiedeeisen 1. 3. 5. 31. 36. 42. 43. 46.
 Schmiedeeisen - Erzeugung 27. 32.
 Schmiedeeisen-Hochbau 41.
 Schmiedeeisen - Konstruktionen, frühe 37.

- Schmieden 11. 15. 19. 25. 29.
 Schmiede des einsamen
 Waldthals 17. 18. 23.
 Schmiede und Schmiedekunst des Mittelalters 16. 24.
 Schmiedestücke, grosse 24. 39.
 Schmiedetechnik 11. 16.
 Schmiedezeangen, röm. 21.
 Schmiede-Werkstätten 7.
 Schneide-Werkzeuge 43.
 Schneidigkeit 11.
 Schrauben 6.
 Schriften, alte metallurgische 18.
 Schwefel 3. 4.
 Schwefelgehalt 31.
 Schweflige Säure 4.
 Schweissbarer Gussstahl 3.
 Schweissbarkeit 3.
 Schweisseisen 3. 5. 6. 11. 12. 36. 37. 40. 41. 47. 51. 52. 53.
 Schweisseisen-Erzeugung in Puddelöfen 52.
 Schweisseisen-Gewinnung in Preussen 52.
 Schweissen 24. 25. 42.
 Schweissöfen 11.
 Schweissstahl 3. 6.
 Schwellen 52.
 Schwerter und Schwertklingen 10. 11. 15. 16. 21.
 Schwert-Schmiede 15.
 Seefahrten 16. 31.
 Seeweg, neuer 29.
 Segment-Eisen 38.
 Sehne 2.
 Siemens-Apparat 48.
 Silber 6. 7. 11. 12. 14. 16.
 Silbergruben und Silberminen 16. 19. 20.
 Silicium und Silicium-Gehalt 3. 4. 5. 28. 48.
 Silicium-Verbrennung 44. 48. 49.
 Silicium, Wärme-Effekt 49.
 Silikat 4.
 Singulo-Silikat 4.
 Singulosilikat-Schlacke 5.
 Sohle 25.
 Sophienkirche in Konstantinopel 23.
 Southwark-Brücke 31.
 Spannstangen 40.
 Spannweite, grösste, von gusseis. Brücken 31.
- Spatel aus Stahl 11.
 Speere und Speerspitzen 13. 19.
 Speichenräder, eiserne 36.
 Spektroskop 45.
 Spezifisches Gewicht 6.
 Spiegeleisen-Zusatz 45.
 Spielraum in den Schienenstössen 40.
 Spitzhammer 9.
 Stabeisen 2. 5. 32. 39.
 Stabeisen-Erzeugung 30. 33. 36.
 Stahl 1. 2. 3. 5. 6. 11. 12. 14. 15. 17. 21. 26. 27. 41. 42. 46. 48.
 Stahlabfälle 47.
 Stahl-Bereitung 11. 15. 41. 42.
 Stahl-Formguss 6. 43. 44. 47.
 Stahlhärten 21.
 Stahlkohlen 3. 5.
 Stahl-Schmiedestücke 6.
 Stahlschwerter 17.
 Stahlsorten 15. 44. 49.
 Stahlwaaren, rohe 43.
 Stampfwerke 25.
 Stangen, eiserne 17.
 Stein 41.
 Steindecken, wagrechte 39.
 Steinhauer-Arbeiten 9.
 Steinkohlen 18. 29. 30. 31. 32. 33.
 Steinkohlen-Förderung 30.
 Steinkohlen-Hochöfen 30. 31.
 Stielhämmer 28.
 Stücköfen 25. 26.
 Sturmhaube 13.
- T.**
 Technik 36.
 Tempel des Antonius usw. in Rom 21.
 Tempel-Ausgrabungen 18.
 Tempel von Kanaruk 11.
 Temperatur-Einflüsse 40.
 Thermen des Caracalla 21.
 Thiergestalten, gusseis. 27.
 Thomas-Hütten, Jahres-Erzeugung 50.
 Thomasiren 49. 50.
 Thomas-Metall 50.
 Thonbildnerei 19.
 Thontiegel 44.
 Thorsturz aus Eisen 11.
 Thurmspitze der Kathedrale von Rouen 40.
- Thurm - Spitze für St. Stephan in Wien 40.
 Tiegel 6. 12. 42. 44. 46.
 Tiegel-Gussstahl 6. 42. 43.
 Tiegelofen 44.
 Trägerformen 38. 41.
 Tragbalken, eiserne 11.
 Tragwerke, eiserne 6. 30. 39. 40. 52. 55.
 Tragwerke für Hochbau-Zwecke 32. 39.
 Tragwerke für Schiffbau-zwecke 32.
 Transporte 30.
 Treiben 19.
 Trockenpuddeln 32.
 Turbinen 28.
- U.**
 Uchatius-Flussstahl 44.
 Umschmelzofen 48.
 Unterbau-Konstruktionen 33.
- V.**
 Verankerungen 21. 39.
 Verbesserungs-Arbeiten 5.
 Verbindungen 3.
 Verfeinerung 5. 6.
 Verhüttung 20. 21.
 Verkaufsläden 41.
 Verkokung 30.
 Vernieten 15.
 Völkerwanderung 22.
- W.**
 Wagenachsen 44.
 Waffen 7. 8. 9. 11—14. 17. 19. 29.
 Waffenschmiede 15.
 Wallbottle-Grube 33.
 Wallstein 51.
 Walzeisen 6. 32. 52.
 Walzen 5.
 Walkkunst 38.
 Walz-Verfahren 33. 36.
 Walzwerk 6.
 Wasserbetrieb 28.
 Wasserdampf 48.
 Wasser-Hämmer 24.
 Wasserhebung 31.
 Wasserkraft 25. 26.
 Wasserräder 28.
 Wasserstoff 48.
 Weihegeschenke 15.
 Wellen 35.
 Weltausstellungen in London 42. 43.
 Weltausstellungs - Palast im Hydepark 40.
 Weltausstellung, Paris 43.

- | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Weltausstellung Wien 44. | Wolfram 4. | Zimmermanns-Werkzeuge 15. |
| Weltverkehr 29. | Wolfsöfen 25. | Zinn 6. 7. 12. 14. 16. 17. 19. |
| Werkstatt 6. | Wurfspieße 19. | Zinninsel, britannische 16. |
| Werkzeuge 9. 11. 12. 13. 14. 24. | Z. | Zorès-Eisen 41. |
| Werkzeug-Stahl 6. | Zacken 14. | Zugbrücken 38. |
| Wind 26. 28. 31. | Zähigkeit 12. 43. | Zugfestigkeit 37. |
| Windhitz - Vorrichtungen 51. | Zängsen 5. 32. | Zuggewichts-Vermehrung 36. |
| Windzuführung 26. | Zahnspitzen aus Eisen 9. | Zurichten von Quadern usw. 9. |
| Winkel Eisen, erstes deutsches 36. | Zangen 18. 23. | Zuschläge 3. 47. 49. |
| Winkelmaass 14. | Zeitalter 7. 22. 53. | Zuschlaghammer, alte 23. |
| Wohngebäude 41. | Zementiren 41. | Zylinder-Gebläse 31. |
| Wolf 25. | Zementstahl 3. 41. 42. | |
| | Ziegel, feuerfeste bas. 49. | |
| | Ziehscheibe 25. | |

Namen- und Ortsverzeichniss

zur Einleitung und zum geschichtlichen Theil, S. 1—53.

- | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| A. | Association, Britische 46. | Bologna 19. | Corneto 19. |
| Achilleus 16. | Assyrien und Assyryer 13. | Borsig 43. | Corinth 18. |
| Aegypten und Aegypten 8. 14. | Athen 18. | Boulogne 39. | Cort, Henry 32. 42. |
| Aeschylus 15. 17. | Aubertot 35. | Brandenburg, Brüder Mathias u. Johann 43. | Couillet 33. |
| Aethalia 20. | Augsburg 25. | Brandt 40. | Crawshay 32. |
| Aethiopien 9. | Augustus 21. | Bruyère 36. | Cremona 21. |
| Afrika 47. 50. | B. | Brugsch 9. | Creuzot 33. 35. |
| Agricola 19. 24. 26. | Baer, W. 6. 43. | Brunel 37. | Culmann 38. |
| Akarnanien 17. | Barselaschoth 15. | BurbacherHütte 38. | Curtius, Quintus 11. |
| Akermann 1. | Bari-Land 10. | Bulton 31. | Cypern 16. |
| Alexander 11. 15. | Barren 13. | Burians 27. | D. |
| Allyates 15. | Basan 14. | C. | Däyas 12. |
| Alsborg 6. | Basken 22. | Carron-Hütte 31. | Daimachos 15. |
| Alcon 17. | Battersea 49. | La Certosa 19. | Daktylon 16. |
| Altai 12. | Beck 6. 10. 15. 23. 24. 26. 27. | Cesnola 16. | Damaskus 10. 12. |
| Amerika u. Amerikaner 29. 36. 38. 50. | Bedlington 33. | Chaldäer 14. | Danks 52. |
| Ammoniter 14. | Belgien 33. 36. 38. 51. | Chalkia 17. | David 14. |
| Andree 6. 7. | Bell, J. L. 48. | Chalyber 11. 15. | Devon-Hütte 35. |
| Ango 39. | Beni Hassan 9. | Charleroi 33. | Dekhan 11. |
| Antwerpen 38. | Bengalen 11. | Chatelin 48. | Delormes 39. |
| Aquileja 21. | Berkinshaw 33. | Cheltenham 44. | Dennis 19. |
| Arabien u. Araber 12. 15. | Bessemmer, Henry 44. 45. 46. | Chenot, A. 50. | Deutschland 3. 26. 29. 33. 40. 41. 42. 44. 47. 49. 50. 51. 52. 53. |
| Arier 10. | Birmingham 33. | Chibon, M. 41. | Diodor 15. 20. |
| Aristonides 17. | Blair 50. | China 10. 12. | Dirschau 38. |
| Aristoteles 11. 15. 18. | Blänavon - Eisenwerk 48. | Chios 15. | Donaukanal 53. |
| Arkadien 17. | Bleuze 41. | Christie 35. | Dupuy 50. |
| Armenien und Armenier 14. 15. | Bochumer Verein s. Bergbau usw. 43. | Clarke, Edwin 37. | Dudley 30. |
| Arnsberg 42. | Böotien 17. | Clyde-Iron-Works 35. | Dushtagamini 11. |
| Artaxerxes 10. | | Coalbroke Dale 31. 36. | E. |
| | | Coblentz 42. 43. | d'Eckstein 12. |
| | | Concordia 21. | Ehrenwerth 49. 52. |
| | | | Elsass 26. |

England 3. 29. 30.
36. 37. 38—42.
48—53.
Eschweiler 33.
Essen 43.
Etienne, R. 21.
Etrurien u. Etrusker 18. 19. 22.
Euböa 17.
Euphrat 14.
Europa 12. 14. 16.
51.

F.

Faber du Four 35.
Fairbairn, W. 37.
Fehland 42.
Fergusson 11.
Finley 38.
Finnen 7.
Finspong 52.
Flandern 27.
Fleck & Hartig 30.
Frankreich 33. 35.
36—42. 50—53.
Frantz 8.
Freitag 15.
Fulton, Rob. 33.
Fünfstrom-Land 10.

G.

Gangesthal 10.
Geisweide 42.
Gilchrist, P. C. 48.
49.
Gladstone 16.
Glaukos 15. 17.
Glasgow 35.
Gleiwitz, O.-S. 31.
Görranson 45.
Gottgetreu 23.
Gozzadini 19.
Grenier 1.
Griechenland und
Griechen 14. 16.
19. 21.
Gruner, L. 48.
Gustav Adolph 29.
Gurlt 26. 30.

H.

Hall, Joseph 32.
Hanau 27.
Harnier 10.
Harford 32.
Hartwich 38.
Harz 50.
Haspe 42.
Hebräer 14. 15.

Henz 38.
Hephästos 19. 21.
Herford 23.
Heron 18.
Herodot 15.
Hesekiel 15.
Hesiod 17.
Hille 8.
Himalaya 10. 50.
Hindostan 11.
Hissarlik 16.
Hodgkinson 37.
Högbo 45.
Hörde 42. 49.
Hörder Bergwerks
u. Hüttenverein
49.
Holland 38. 53.
Homer 16. 17.
Horaz 21.
Horsehay 30. 31.
v. Humboldt 7.
Huyghens 31.
Hyksos 8.
Huntsman, B. 42.

I.

Iliade 16. 17.
Ilseburg 28.
Indianer 29.
Indien und Inder
10. 11. 12. 15. 50.
Indo - persisches
Grenzgebirge 12.
Iran 12.
Italien 19. 29.
Jeremias 15.
Jolent, Jacques 27.
Josua 14.
Juden 14. 15.
Junker, v. 52.

K.

Kadmos 16.
Kanaan u. Kanaaniter 14. 15.
Karl der Gr. 23.
Karl d. Kühne 27.
Karlstein 27.
Karsten 6.
Karthago 19.
Kärnthen 42.
Katalonien 50.
Kelten 22.
Kerasus 15.
Khorsabad 13.
Kinneal-House 31.
Kleinasien u. Kleinasiaten 12. 19.

Klesias 10.
Königin Marien-
Hütte 35.
König Og 14.
Korsika 22.
Kreta 16.
Kreuzpointner 52.
Krösus 15.
Krupp, A. 48.
Krupp, Fr. 43.
Ktesias 11.
Ktesibios a. Alexandrien 18.
Küstenländer 29.

L.

Labarre 39.
Lakädämonier 17.
Lakonien 17.
Landore - Siemens-
Stahlkompagnie
50.
Lassen 10.
Layard 13.
Leclerc 21.
Ledebur 10. 23. 51.
Lenormant 12. 14.
Leoben 48.
Lepsius 9.
Leuchs 34.
Liger 6.
Lille 27.
Limburg a. d. Lahn
23.
Limburg a. d. Lenne
42.
Livius 19.
Loha 11.
Lohage, Bemme
& Co. 42.
Lohapräsäda 11.
London 11. 31.
Losh, W. 36.
Lothringen 50.
Low Moor-Werke
42.
Luxemburg 50.
Lürmann 51.
Lydier 14. 15.
Lykurg 17.

M.

Madras 11.
Mackintosh 35.
Mäurer 38.
Mahästüpa 11.
Mahâvança 11.

Mainz 40.
Manby, Aron 32.
Manchester 35.
Mantua 21.
Marienburg 38.
Martin, E. & P. 46.
Marzobotto 19.
Marseille 35.
Maschinenbau-Ak-
tien-Gesellschaft
in Bayenthal 38.
Maurice-Charenton
42.
Mehrtens 1. 8. 16.
Memphis 8.
Menelaus 52.
Mexikaner 7.
Meyer, Jacob 43.
Milet 17.
Mitis 53.
Mittelamerika 29.
Moabit b. Berlin 43.
Mohnié 38.
Mollard 40.
Moller 40.
Mongolen 12.
Moses 14.
Mosul 13.
Mühlhauseni. E. 23.
Muhamed 16.
Murten 27.
Murray, James 40.
Mushet, R. 45.

N.

Nasmyth 35.
Nassauer Land 50.
Neilson 35.
Nimrud 13.
Newcastle 30. 33.
Newcomen 30.
Newton 31.
Niederlande 29.
Nilland 9.
Niniveh 13. 14.
Nixon 33.
Nordamerika 3. 40.
50—53.
Norwegen 25.
Noricum 21.

O.

Oberschlesien 50.
Odyssee 17.
Oesterreich 42. 52.
Oppert 14.
Orient 17.
Orthey 37.
v. Ostia, Valerius 21.

Osmanen 12.
Ovid 21.

P.

Palästina 14.
Palladio
Paris 40. 41.
Paropamisus 14.
Patricoft 35.
Pausanias 17.
Payne 31.
Percy-Wedding 6.
Perissé 52.
Persien ü. Perser
12. 16.
Peruaner 7.
Pindar 17.
Petri, Flinders 9.
Pharaonen 8.
Pheresiter 14.
Philadelphia 3.
Phileus 17.
Philon v. Byzanz 18.
Phönixwerk 38.
Phönizier 9. 12.
14. 15. 16. 18.
Pittsburgh 38.
Place 13.
La Plata 29.
Plinius 17. 19. 20.
21.
Polonceau, Cam. 40.
Polybios 18.
Polyphem 17.
Pontus-Gestade 15.
Populonia 19. 20.
Prävali 42.
Prometheus 15.
Portoferraio 20.
Portugal 29. 47.
Porus 11.
Pyrimachus 15.

R.

Ramses III. 9.
Rasselstein 33. 36.
38.
Réaumur 27. 42.
Remscheid 41.
Rennie 31. 45.
Reynolds 31.
Rheinland 36.
Rhodus 16.

Rhökos 17.
Riepe, E. 42.
Rigveda 11.
Roebuck 31.
Rogers, Baldwin 32.
Rom und Römer
18. 19. 21.
Rondelet 39. 40.
Roscoe 45.
Rosellini 9.
Rouen 40.
Rudolph 25.
Ruppert 38.
Russland 52.
Russegger 10.

S.

Saargebiet 50.
Sabine 6.
Salomo 14.
Samos 17.
Sansovino, Jac. 39.
Sardinien 19.
Saverne 31.
Savery 30.
Schafhäutl 52.
Schlegl, Anton 42.
Schlesien 50.
Schliemann 16.
Schmalkalden 26.
Schottland 34. 35.
Schwarzes Meer 14.
Schweden 25. 29.
46. 52. 53.
Schwedler, J. W. 38.
41.
Seddler 34.
Seguin, Gebr. 37.
Serer 10.
Sheffield 41. 45.
Shropshire 30.
Siegen 26. 42. 50.
Siemens, C. W. 43.
48. 50.
Sire 35.
Sireuil 46.
Sidon 10.
Sizilien 19.
Skandinavien 15.
Skythen 12.
Smeaton 31.
Sunderland 31.

Snelus, G. J. 48.
Soest 23.
Spanien 16. 19. 29.
47. 50.
Sparta 18.
Spartianus, Aeilius
21.
Spillenberg 33.
St. Denis 36.
Steele 33.
Stumpffeld 30.
Stephenson, Robert
33. 37.
Stevens 36.
Steiermark 21. 25.
42.
Strato 18.
Sudan 10.
Südwaies 32. 48.
Sydenham 40.
Syrien 10.

T.

Tartaren 7.
Taylor 35.
Tees 37.
Telchinen 16.
Terre Noire 48.
Tessieu du Motay 48.
Tetmajer 1.
Theben 16.
Theodorus 17.
Theophrast 18.
Thomas, G. 48. 49.
50.
Thubal 15.
Tibet 10.
Ticinium 21.
Tiflis 16.
Tigris 14.
Tipton 32.
Tisagoras 17.
Tower 30.
Trapezus 15.
Teichmann 38.
Troja 16.
Tungusen 12.
Tunner 42. 48.
Turanien 12. 14.
Tursi 19.
Tyrus 15. 16.

U.

Ungarn 38.

V.

Vanvitelli 39.
Vendidad 12. 13.
Verona 21.
Villa nova 19.
Violet le duc 23. 24.
Volkd. Schmiede 15.
Voss 16.
Vulci 19.

W.

Waldthal, einsames
52.
Warsteiner Werk
38.
Wasseraffingen 35.
Watt, J. 31. 35.
Wearmouth 31.
Wedding 1. 22. 27.
28. 48.
Weinhold 15.
Westfalen 33. 36.
42.
Westmann 51.
Wickede 42.
Wien 38. 40. 53.
Wikmannshytann
44.
Wilkinson 9.
Wilson 31. 35.
Winkler 38.
Wolverhampton 30.
Wood 36.
Wootz 11.
Wurdinger 27.

X.

Xenophon 17.

Y.

Yu 10.

Z.

Zendavesta 12.
Zendvolk 12.
Zigeuner 12.
Zintgraff 42.
Zorès, Ferdin. 41.

Eisen und Eisen-Konstruktionen in geschichtlicher, hüttentechnischer und technologischer Beziehung.

Bearbeitet von **G. Mehrrens**, Eisenbahn-Bau- und Betriebs-Inspektor.

Einleitung.

Die nachstehende Bearbeitung zerfällt in 6 Theile:



- A. Allgemeine Geschichte des Eisens und der eisernen Tragwerke.
- B. Darstellung des Eisens.
- C. Formgebung des Eisens.
- D. Eigenschaften und Prüfung des Eisens.
- E. Herstellungsweise der Konstruktionen.
- F. Anhang.

Dem Zwecke des Handbuchs der Baukunde entsprechend sind in der vorliegenden Bearbeitung hüttentechnische oder technologische Einzelheiten, insoweit dieselben nur Sonder-Fachmänner angehen, fortgelassen; dagegen haben Vorgänge und Arbeiten, deren genaue Kenntniss auch dem Bautechniker nothwendig ist, wenn derselbe dem Wesen des wichtigsten der Baustoffe das nothwendige Verständniss entgegen bringen will, ausführliche Berücksichtigung gefunden.

I. Arten und allgemeine Beschaffenheit des Eisens.

Litteratur.

Greiner. Ueber die Definition des Stahls. Berg- u. hüttenm. Zeitg. 1876, S. 175.
— Akermann. Ansichten über den richtigen Begriff von Stahl. Dasselbst 1876, S. 337. —
Wedding. Die Nomenklatur des Eisens. Verh. d. Ver. z. Beförderung d. Gewerbl. 1877, S. 46.
— Klassifikation von Eisen und Stahl. Sitzungsber. desselben Ver. 1878, S. 60. — Tetmajer.
Einheitliche Nomenklatur und Klassifikation von Bau- und Konstruktions-Materialien. I. Theil.
Eisen und Stahl. 1883.

Das Eisen wird in 2 streng von einander unterschiedenen Hauptgattungen in den Handel gebracht als:

schmiedbares Eisen (Stahl und Schmiedeseisen) und
Roheisen.

Das Roheisen nennt man Gusseisen, falls es bereits durch die formgebenden Arbeiten des Schmelzens und Giessens zu Gebrauchs-Gegenständen verarbeitet worden ist. Durch Abnutzung oder aus anderen Gründen unbrauchbar gewordenes Gusseisen pflegt man Brucheisen zu nennen.

Den bezeichnenden Unterschied zwischen beiden Eisengattungen deutet schon die Benennung an: Das schmiedbare Eisen ist — besonders in der Wärme, in gewissem Grade aber auch bei gewöhnlicher Temperatur — geschmeidig und dehnbar, so dass es in diesem Zustande durch mechanische Hilfsmittel leicht in allerlei Formen gebracht werden kann; das Roheisen ist ein Roherzeugniss, welches bei seiner Darstellung aus den Erzen grössere Mengen fremder Bestandtheile aufgenommen und dadurch seine Geschmeidigkeit in solchem Maasse eingebüsst hat, dass es nur noch in geschmolzenem Zustande sich formen lässt.

Diese grundverschiedenen Eigenschaften des Eisens werden hauptsächlich durch den Gehalt desselben an Kohlenstoff verursacht, der im festen Eisen entweder mechanisch beigemischt — als Graphit — oder chemisch gebunden — als amorpher Kohlenstoff — vorkommt.

Mit wachsendem Kohlenstoff-Gehalt nimmt nämlich die Dehnbarkeit (Geschmeidigkeit) ab, dagegen die Schmelzbarkeit zu. Daher liegt auch der Schmelzpunkt des Roheisens (1050—1200° C.) tiefer als der des schmiedbaren Eisens (2000—2250° C.), eine Thatsache, auf welcher zum grossen Theile die leichtere Verwendbarkeit des Roheisens zur Giesserei beruht.

Nach Vorstehendem unterscheidet man:

1. schmiedbares Eisen mit dem geringsten, bis zu 2,3 % steigendem, Kohlenstoffgehalt;
2. Roheisen, mit mehr als 2,3 % Kohlenstoffgehalt.

Die Eigenschaft der Härte erhält ein Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,6 bis 2,3 % wenn man es auf etwa 500° C. erhitzt und dann in Wasser, Oel oder dergl. rasch abkühlt (ablöscht). Ein solches härteres Eisen nennt man Stahl, während, im Gegensatz dazu, das zwar auch schmiedbare, aber bei gleicher Behandlung nicht härtere Eisen Schmied-eisen heisst.¹⁾

Beim Roheisen unterscheidet man im allgemeinen, wie beim schmiedbaren Eisen, 2 Arten: das graue und das weisse. Dem grauen Roheisen ist die Beimengung von Graphit eigenthümlich; beim weissen Roheisen ist vorwiegend chemisch gebundener Kohlenstoff vorhanden.

Für gewisse Zwecke braucht der Hüttenmann neuerdings häufig kohlenstoffhaltige Verbindungen von Eisen und Mangan, welche man ihrem Aussehen und ihren Eigenschaften nach den weissen Roheisen-Sorten beizählen kann. Man nennt sie bei hohem Mangangehalt Eisenmangane, gewöhnlich Ferromangane, auch wohl Rohmangane.²⁾

Das kohlenstoffhaltige Eisen kristallisirt in regulärem System. Die Grösse der einzelnen Kristalle, welche übrigens im Bruche nur unbestimmt abgegrenzt erscheinen, nimmt unter sonst gleichen Umständen mit dem Kohlenstoffgehalt bis zur Grenze von etwa 2 % ab, dann wieder zu. Man nennt die einzelnen Kristalle des Bruches Korn und das kristallartige Gefüge körnig. Beim schmiedbaren Eisen lässt sich das Korn um so leichter in der Richtung einer Axe ausstrecken — in Sehne ausbilden — je geringer der Kohlenstoffgehalt ist. Die technische Möglichkeit, durch Bearbeitung Sehne zu bilden, verringert sich mit der Zunahme des Kohlenstoffgehalts und hört bei einem Gehalt von etwa 0,6 % gänzlich auf.

II. Arten der Darstellung des Eisens und Benennungen.

Da die Kohlenstoffmenge im Eisen die technischen Eigenschaften desselben wesentlich bedingt, so wird die vornehmste Aufgabe des Hüttenmanns diejenige sein, ein Eisen mit einem genau bestimmten Kohlenstoffgehalt darzustellen. Die Eisen-Darstellung ist demnach von der Darstellung anderer Metalle verschieden, indem es bei diesem fast ausnahmslos nur darauf ankommt, dieselben möglichst rein abzuschneiden; chemisch reines Eisen wäre aber technisch unbrauchbar.

Das schmiedbare Eisen wurde in der älteren Zeit, wo das Roheisen noch nicht bekannt war, durch unmittelbare Abscheidung — Reduktion — der Erze mittels glühender Holzkohlen, durch die sog. Renn-Arbeit erzeugt. Erst nach Erfindung des Verfahrens zur Darstellung des Roheisens im Hochofen veraltete die unmittelbare Erz-Arbeit und man stellt seitdem fast ausschliesslich Schmiedeisen und Stahl aus Roheisen, also auf mittelbarem Wege dar.

Die mittelbare Eisen-Erzeugung löst ihre Haupt-Aufgabe, aus dem Roheisen ein schmiedbares Eisen mit einem bestimmten Kohlenstoffgehalt darzustellen, in zweifacher Weise: einmal durch Entkohlung des Roheisens bis zu einem bestimmten Grade, oder auch durch Ueberführung eines niedrig gekohlten Eisens auf einen höhern Kohlungsgrad. Dabei erfolgt das Abschneiden des Kohlenstoffs durch Oxydation des schmelzenden Roheisens mit Hilfe atmosphäri-

¹⁾ Als gleichbedeutend mit der Benennung „Schmiedeisen“ pflegt man auch wohl den Namen „Stabeisen“ zu gebrauchen, weil das Schmiedeisen meistens in Form von Stäben in den Handel kommt.

²⁾ Ueber andere Verbindungen von kohlenstoffhaltigem Eisen vergl. weiterhin.

schen Sauerstoffs und anderer, Sauerstoff abgebender Körper, ein Vorgang, welchen man Frischen, Frischarbeit nennt, während die Rückkohlung eines durch Frischen ganz oder beinahe entkohlten Eisens durch Zusammenschmelzen mit einem höher gekohlten erfolgt und, weil dadurch in der Regel Stahl erzeugt wird, Stahlkohlen genannt wird. Es werden auf diese Art 2 grundverschiedene Gattungen schmiedbaren Eisens dargestellt:

1. Schweisseisen bzw. Schweisstahl, ein im teigigen Zustand erhaltenes, nicht schlackenfreies Erzeugniss.
2. Flusseisen bzw. Flussstahl, ein im flüssigen Zustande erhaltenes, schlackenfreies Erzeugniss¹⁾.

Glühfrischen nennt man das Verfahren zur Erzeugung von schweisbarem Guss oder Glühstahl, welches im allgemeinen darin besteht, dass festes Roheisen durch Oxydation entkohlt wird.

Das Stahlkohlen erfolgt meistens durch Schmelzen mit Roheisen; das Erzeugniss ist Flussstahl. Jedoch kann das Kohlen auch durch reinen Kohlenstoff erfolgen; dann entsteht, wenn dabei eine Schmelzung eintritt, Kohlenstahl, wenn dagegen der feste Aggregatzustand des Eisens nicht verändert wird, Zementstahl.

Die in Deutschland gebräuchliche, bei Gelegenheit der Weltausstellung in Philadelphia im Jahre 1876 von einer internationalen Kommission bedeutender Metallurgen vereinbarte Eintheilung des Eisens in Flusseisen und Schweisseisen und des schmiedbaren Eisens in Stahl und Schmiedeisen ist nicht überall heimisch geworden²⁾.

In England und Nordamerika nennt man gewöhnlich alles im flüssigen Zustande erzeugte Eisen „Stahl“, einerlei, ob es härtbar ist oder nicht; man unterscheidet dort höchstens „harten“ und „weichen“ (nicht härtbaren) Stahl. Auch jeder Schweisstahl trägt dort die Benennung Stahl.

III. Einfluss fremder Stoffe auf das Eisen.

Der Kohlenstoff bildet einen nothwendigen Bestandtheil im technisch brauchbaren Eisen; im allgemeinen wird dasjenige Eisen als das vollkommenste bezeichnet werden müssen, das möglichst frei von andern Beimengungen ist.

Wenige Erze besitzen ein derartiges Verhältniss der eisenhaltigen Bestandtheile (Gangarten), dass sie für sich allein zu einem guten Roheisen verschmolzen werden können. Der Hüttenmann muss daher, um ein von Beimengungen möglichst freies Eisen zu erzielen, entweder verschiedene Erzsorten mit einander mischen, gattiren, oder, was er in den meisten Fällen vorzieht, fremde Körper (Zuschläge) hinzufügen. Das Erz mit den Zuschlägen — die Beschickung — muss im allgemeinen eine derartige Zusammensetzung erhalten, dass die einzelnen eisenfreien Bestandtheile derselben beim Schmelzpunkte des zu erzeugenden Roheisens eine ebenfalls flüssige Verbindung eingehen, die man Schlacke nennt.

Wenn die Schlackenbildung gleichzeitig derart geschieht, dass das zurückbleibende Eisen ein möglichst reines Kohlenstoff-Eisen ist, so war die Beschickung im allgemeinen eine gute. Es ist aber unmöglich, zu vermeiden, dass bei der Darstellung des Eisens neben Kohlenstoff noch andere, in den Erzen oder Zuschlägen enthaltene Stoffe in das fertige Erzeugniss mit übergehen. Die wichtigsten dieser fremden Beimengungen, welche jedes Eisen in mehr oder minderer Maasse enthält, sind Mangan, Phosphor, Schwefel und Silicium. Geringe Beimengungen einzelner derselben können ein Eisen für technische Zwecke vollkommen unbrauchbar machen. Eingehendere Darlegungen des Einflusses dieser Stoffe auf Härte, Festigkeit, Dehnbarkeit,

¹⁾ Nicht härtbares Flusseisen wird neuerdings auch Flusschmiedeisen genannt.

²⁾ Dasselbst wurden in deutscher, englischer, französischer und schwedischer Sprache folgende Benennungen vereinbart: Schweisseisen — *weld iron, fer soudé, wäljern*. Schweisstahl — *weld steel, acier soudé, wällstal*. Flusseisen — *ingot iron, fer fondu, götjern*. Flussstahl — *ingot steel, acier fondu, götstal*. Roheisen — *pig iron, font brute* (im Geschäftsverkehr), *fonte de première fusion* (im wissenschaftl. Verkehr), *ta ekjern*. Gusseisen — *cast iron, fonte moulée* (im Geschäftsverkehr), *fonte de deuxième fusion* (im wissenschaftl. Verkehr), *gjutjern*.

Schweisbarkeit usw. des Roheisens und schmiedbaren Eisens werden weiterhin unter B. und D. gegeben; an dieser Stelle soll nur bemerkt werden, dass im allgemeinen Mangan einen günstigen Einfluss äussert, während Silicium von nur geringer Bedeutung ist. Phosphor und Schwefel sind schlimme Feinde des Eisens und stehen sich in ihren Wirkungen gegenüber. Der schädliche Einfluss von Phosphor tritt namentlich bei kalter Bearbeitung des Eisens hervor — befördert Kaltbruch — und ist, weil er mit wachsendem Kohlenstoffgehalt zunimmt, im Stahl am fühlbarsten, während der Einfluss von Schwefel mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt an Stärke gewinnt und daher die Festigkeit des Schmiedeisens — besonders in der Glühhitze durch Veranlassung von Rothbruch — stark vermindert. Hierzu kommt der erschwerende Umstand, dass bei der Darstellung des Eisens der Abscheidung des Schwefels und Phosphors sich grosse Hindernisse in den Weg stellen, während die Absonderung von Silicium und Mangan sich in einfacher Weise vollzieht.

Mangan spielt eine grosse Rolle bei der Darstellung des Roheisens (vergl. unter B. II.), weil es die Schlacke flüssig macht und namentlich, weil es die Aufnahme chemisch gebundenen Kohlenstoffs befördert und die Ausscheidung von Graphit erschwert. Silicium steht im Gegensatz zu Mangan, weil es die Ausscheidung von Graphit befördert; es ist daher für die meisten Darstellungsarten des schmiedbaren Eisens, wo es auf die Entfernung von Kohlenstoff aus Roheisen ankommt, von Bedeutung. Andre häufig im Eisen auftretende Stoffe, besonders Kupfer, Kobalt und Nickel haben nur untergeordnete Bedeutung, weil sie regelmässig in so kleinen Mengen auftreten, dass ein schädlicher Einfluss nicht zu befürchten steht. Chrom und Wolfram, auch wohl Arsen, werden zuweilen dem Eisen absichtlich zugesetzt, um demselben besondere Eigenschaften zu verleihen (vergl. unter C.).

IV. Chemischer Vorgang beim Oxydiren des flüssigen Roheisens.

Die Frischarbeit bildet den vornehmsten Theil bei allen Arten der Eisendarstellung. Abgesehen von geringen Veränderungen, welche einzelne Verfahren bedingen, nimmt dieselbe auch überall den nämlichen, chemischen Verlauf.

Die fremden, im Roheisen enthaltenen Körper, hauptsächlich also Silicium, Mangan, Phosphor und Schwefel, nebst einem Theile des zu entkohlenden Eisens selbst, werden vom Sauerstoff der Luft — durch Gase oder Sauerstoff abgebende Körper — oxydirt und die sich ergebenden Eisen-Verbindungen oxydiren ihrerseits wieder den Kohlenstoff, der als Kohlenoxyd gasförmig entweicht. Das, am leichtesten oxydirbare, Silicium bildet zuerst mit Sauerstoff Kieselsäure und letztere mit entsprechenden Mengen der gleichzeitig entstehenden Oxydule von Mangan und Eisen ein Silikat, die Schlacke. Ist das anfangs eisenärmere Silikat — das Bisilikat — in das eisenreichste Silikat — das Singulo-Silikat — übergegangen, so oxydirt sich endlich auch das Roheisen selbst und das dadurch entstehende Eisenoxyd-Oxydul, welches im Eisensilikat löslich ist, wirkt in gelöstem Zustande auf den Kohlenstoff des Roheisens, so dass Kohlenoxyd gasförmig entweichen kann. Da das Eisenoxyd-Oxydul im Mangan-Silikat nicht löslich ist, also auf die Entkohlung nicht einzuwirken vermag, so wird letztere um so mehr verzögert, je manganhaltiger das Roheisen ist.

Die Absonderung von Silicium und Mangan vollzieht sich hiernach in einfacher Weise. Weit schwieriger gestaltet sich die Abscheidung des Schwefels, namentlich aber die des Phosphors. Phosphor und Schwefel oxydiren allerdings bezw. zu Phosphorsäure und schwefliger Säure, und es gelingt auch bei entsprechender Dauer der Entkohlung, bezw. bei Anwendung eines manganhaltigen Roheisens, den Schwefel in die Schlacke überzuführen. Die Beseitigung des Phosphors aber hängt von ganz besondern Umständen ab. Es findet nämlich nach den bisherigen Erfahrungen die Ueberführung des Phosphors als Phosphorsäure in die Schlacke in der Regel nur statt, wenn die Temperatur während des Vorganges niedrig bleibt, während bei hohen Wärmegraden die etwa erfolgte Abscheidung stets wieder rückgängig gemacht, d. h. der Phosphor in das Eisen zurück geführt wird, wenn nicht für die Bildung einer stark basischen Schlacke Sorge getragen werden kann.

Bei der Roheisen-Darstellung im Hochofen ist es aus diesen Gründen bislang nicht gelungen, den Phosphor abzuscheiden. Vielmehr geht der gesammte Phosphorgehalt der Beschickung in das fertige Roheisen über. Bei der Schweisseisen-Darstellung gelingt die Abscheidung in Folge der niedrigen Temperatur und langen Dauer dieses Verfahrens weit leichter, als bei der — rascher verlaufenden — Flusseisen-Darstellung, welche ausserdem zur Aufrechthaltung der Schmelzhitze bis gegen das Ende hin sehr hoher Wärme bedarf.

Die Wärmemenge ist besonders abhängig vom Siliciumgehalt des Roheisens. Silicium entwickelt nämlich beim Verbrennen zu Kieselsäure 5 mal mehr Wärme als Eisen oder Mangan beim Verbrennen zu Oxydul, und bewirkt in Folge dessen eine erhebliche Wärme-Erhöhung, welche genügt, um das Metall bis zum Ende der Darstellung flüssig zu erhalten.

Die Höhe der Temperatur des geschmolzenen Eisens ist von grossem Einfluss auf die Reihenfolge und auf den Grad der Oxydirung der fremden Körper. Mit der Temp. steigt die Verwandtschaft des Kohlenstoffs zum Sauerstoff in viel erheblicherem Maasse, als diejenige der fremden Körper zum Sauerstoff. Deshalb werden letztere, also besonders Silicium, Mangan, so lange noch unverbrannter Kohlenstoff im Eisen steckt, um so langsamer verbrennen, je höher die Temp. des Metallbades ist. Hieraus erklärt es sich, warum in einer Temp., welche die Schmelzhitze des gewöhnlichen Roheisens nicht erheblich übersteigt, mitunter fast der gesammte Silicium- und Mangan-Gehalt des Eisens verbrennt, bezw. verschlackt, ehe überhaupt die Verbrennung des Kohlenstoffs eintritt, während bei höheren Wärmegraden (Schmelzhitze des schmiedbaren Eisens) die völlige Verbrennung von Silicium und Mangan erst nach annähernd erfolgter Entkohlung erreicht werden kann.

Man beobachtet bei der Frischarbeit gewöhnlich 3 Perioden, die Fein-Periode, welche mit der Verbrennung des Siliciums, bezw. der Bildung der Rohschlacke abschliesst, die Rohfrisch-Periode, in welcher die Entkohlung beginnt und das Roheisen in Stahl umgewandelt wird, und endlich die Garfrisch-Periode, während welcher die Entkohlung so lange fortgesetzt wird, bis Schmiedeseisen erzeugt ist.

Die Singulosilikat-Schlacke, welche beim Roh- und Garfrischen fällt, nennt man Garschlacke und bezeichnet sie um so garer, je mehr Eisen-Oxydoxydul sie enthält. — Ein beschleunigter Verlauf des Frischens heisst Gargang, ein verzögerter Rohgang.

Das Erzeugniss der ersten Frischperiode nennt man gefeintes Eisen. Je höher die Anfangs-Temp. des geschmolzenen Roheisens beim Beginn des Frischens war, um so kürzer fällt nach Vorigem die erste Periode aus, weil der Kohlenstoff dann sofort neben dem Silicium mit zu verbrennen anfängt.

V. Verfeinerung und Formgebung des schmiedbaren Eisens.

Die beim Frischen oder Stahlkohlen durch einen bestimmten Satz¹⁾ von Rohstoffen in einem gewissen Zeitraume, einer Hitze (Heisse), bei der Schweisseisen- oder Flusseisen-Darstellung erhaltenen Roherzeugnisse nennt man Luppen, bezw. Blöcke (Ingots). Sie werden bei ihrer Umwandlung in Handelswaare einer Verfeinerung unterworfen, welche in einer Reinigung und einer Verbesserung besteht. Die Reinigungs-Arbeiten sollen das Eisen von den noch vorhandenen Schlackenmengen bezw. Blasenräumen befreien, während man durch die Verbesserungs-Arbeiten die Ungleichmässigkeit des Kohlungsgrades in den einzelnen Theilen eines Eisenkörpers beseitigen, d. h. das Eisen möglichst gleichartig (homogen) machen will.

Das Schweisseisen wird zuerst durch das sogen. Zängen unter Hämmern oder Walzen ausgequetscht. Sodann werden die gezängten Luppen zu Rohschienen (Luppenstäben) verarbeitet und endlich die aus letztern gebildeten Pakete unter Hämmern oder Walzen geschweisst, wobei das Eisen zugleich seine endliche Form als Handelswaare (Stabeisen, Blech oder Draht) erhält.

¹⁾ Vielfach Charge genannt

Das Schweissen des Stahls nennt man Gärben und den Schweissstahl wohl auch Gärbstahl.

Die Reinigung der Flusseisen-Gussblöcke — bei denen vor dem Gusse sich die flüssige Schlacke von selber durch ihr geringes spezifisches Gewicht abgesondert hat, welche aber in Folge von Gas-Ausscheidungen während des Gusses Blasenräume enthalten — erfolgt durch die Arbeit des Dichtens, ebenfalls unter Hämmern oder Block-Walzen, wobei den Blöcken nur die für die spätere Formgebung im Walzwerk erforderliche Gestalt gegeben wird, falls sie solche nicht durch den Guss in eisernen Formen — Coquillen — sofort erhalten haben.

Das gedichtete Fluss-Metall wird, ohne weiteren Verbesserungs-Arbeiten unterworfen zu werden, durch die Formgebung in Walzeisen oder Blech übergeführt. Grosse Stahl-Schmiedestücke oder stählerne Achsen, sowie andere Gebrauchsstücke grösserer Art usw. werden auch durch unmittelbaren Guss des Flussstahls in entsprechenden Masseformen (s. unt. C.) hergestellt. Der Erzeugung von eigentlichem Gussstahl (aus Schweissstahl oder Flussstahl) für feinere Formstücke (auch für Werkzeug-Stahl) geht stets noch eine Verbesserung durch Umschmelzen sorgfältig ausgewählter Stahlstücke in feuerbeständigen Tiegeln voraus. Den auf letztere Weise durch Giessen aus Tiegeln in feuerfesten Masseformen dargestellten Gussstahl, mit welchem Namen vielfach fälschlich auch der Flussstahl belegt wird, nennt man zur Unterscheidung von gewöhnlichem Stahl-Formguss (Stahl-Façonguss), welcher unmittelbar, ohne vorher gegangene Verfeinerungs-Arbeiten in Masseformen gegossen wird, Tiegel-Gussstahl.

Das durch die Formgebung in Handelswaare umgewandelte schmiedbare Eisen geht von der Hütte in die Werkstatt, wo es weiter verarbeitet, und mit Hilfe von Verbindungsmitteln (Nieten oder Schrauben) zu den mannigfaltigsten eisernen Tragwerken (Konstruktionen) zusammengesetzt wird. —

A. Allgemeine Geschichte des Eisens und der eisernen Tragwerke.

Litteratur.

1. Einleitung zu Karstens Handbuch der Eisenhüttenkunde und System der Metallurgie. III. Aufl. 1841.
2. Geschichte des Eisens in Percy-Wedding's Metallurgie. 1864.
3. Baer. Das Eisen, seine Geschichte, Gewinnung und Verarbeitung. 1862.
4. Liger. *La feronnerie ancienne et moderne*. 1875.
5. Dr. Ludwig Beck. Die Geschichte des Eisens in technischer und kulturgeschichtlicher Beziehung. 1. Abtheilung. Von der ältesten Zeit bis um 1500 v. Chr. 1884.
6. Andree. Die Metalle bei den Naturvölkern. 1884.
7. Alsbeg. Die Anfänge der Eisenkultur. Sammlung gemeinverständl. wissenschaftl. Vorträge; herausgeg. v. Virchow und v. Holzkendorff. XX. Ser. Heft 476/477. 1886.

Die vorstehend aufgeführten sind ganze Werke; Aufsätze und Einzelschriften sind im Text an geeigneter Stelle vermerkt.

I. Das Eisen in vorgeschichtlicher Zeit.

Gediegene Metalle werden es gewesen sein, an denen der Mensch zuerst seine Kunst versuchte, ohne Zweifel also Gold und Kupfer. Silber, Zinn und Eisen werden zwar auch in gediegenem Zustande angetroffen, aber viel seltener; dies gilt namentlich von Silber und Eisen. Gediegenes Kupfer wird im Feuer viel leichter flüssig als Gold, Silber und Eisen und lässt sich selbst ohne Hilfe von Feuer zu allerlei Formen aushämmern. Die Gewinnung des Kupfers aus seinen Erzen ist dagegen weit schwieriger als die Gewinnung des Eisens. — Zinn, nächst Blei das weichste und leicht schmelzige der Metalle, ist in der Natur nur an wenigen Orten in grösseren Mengen vertreten und diese Orte liegen weit ab von jenen Länderstrichen, in denen vermuthlich die Wiege der Kultur gestanden hat. Das Zinn kann daher eine Anziehungskraft auch erst ausgeübt haben, nachdem in den ältesten Kulturstaaten die Versuche seiner Verschmelzung mit Kupfer zur Erfindung der Bronze geführt hatten.

Gediegenes Eisen tellurischen Ursprungs bildet eine der grössten Seltenheiten. Die auf unserm Planeten aufgefundenen Stücke oder Massen von gediegenem Eisen sind kosmischer Herkunft und als Meteoriten unter Feuer-Erscheinungen, oftmals unter Donner und Blitz auf die Erde niedergefallen. An solchen eisernen Findlingen mögen vielleicht die Naturmenschen zuerst aus Neugierde ihre Kunst versucht und dadurch durch Zufall die Eigenschaften des Eisens entdeckt haben. Fig. 1 stellt ein Eskimo-Messer aus Meteoriten dar¹⁾.

Fig. 1.



Obwohl viele Beispiele einer derartigen ursprünglichen Benutzung des Meteoriteneisens bekannt sind, so ist

damit doch nicht nachgewiesen, dass sich dieser Vorgang überall auf der Erde in gleicher Weise vollzogen hat. Es liegt im Gegentheil Grund zu der Annahme vor, dass die Verarbeitung des Meteoriteneisens erst vor sich ging, nachdem man sich mit den Eigenschaften des Eisens auf andere Weise vertraut gemacht hatte. Denn Meteoriten sind sehr schwierig zu erkennen und zu behandeln: es sind Meteoriten-Blöcke Jahre lang in Schmiede-Werkstätten als Ambosse benutzt wurden, ohne dass man ihre Natur erkannt oder sie technisch nutzbar gemacht hätte.

Von den übrigen Eisenerzen mussten natürlich solche von stark metallischem Glanze, ähnlich wie Gold, Kupfer, Zinn und Silber frühzeitig die Aufmerksamkeit erregen; sie wurden aber, weil sie in hohem Grade strengflüssig sind, nicht benutzt. Die leicht schmelzenden Erze, denen das metallische Aussehen fehlt, blieben wohl so lange unbeachtet, bis etwa ein Zufall ihren Eisengehalt zum Vorschein brachte.

Viele Forscher haben gemeint, wenn es jemals gelingen könnte, das geschichtliche Alter eines Metalls festzustellen, so müsste dies beim Eisen möglich sein, weil nach ihrer Ansicht dessen erstmalige Behandlung und Darstellung nur einem Volke gelingen konnte, das bereits einige Kunstfertigkeit in der Bearbeitung anderer Metalle, also auch eine gewisse Kulturstufe erreicht hatte. Diese Ansicht erscheint als irrig, besonders dann, wenn man unter den andern Metallen auch die Bronze begreifen will. Die ursprüngliche Methode, ein gutes hämmerbares Eisen unmittelbar aus dem Erz zu gewinnen, erfordert einen viel geringeren Grad von Geschicklichkeit als die Darstellung der Bronze. Wir dürfen daher annehmen, dass das einfachere Schmiede-Handwerk, in welchem es selbst rohe Naturvölker zu einer gewissen Vollendung gebracht haben, der Kunst des Metallgiessens voraus ging. Bronze und Eisen wurden von allen Kulturvölkern des Alterthums gleichzeitig verwerthet; selbst die Benutzung steinerner Waffen und Werkzeuge hörte keineswegs mit einem Schlage auf, als die Metalle bekannt wurden. Auch hat nicht jedes Volk die sogen. „drei Zeitalter“ der Reihe nach durchgemacht. Während z. B. Tartaren und Finnen das Eisen gebrauchten, ohne Bronze zu kennen, verarbeiteten die Mexikaner und Peruaner in ihrem Blüthezustande lange Zeit hindurch Kupfer und Bronze unter gänzlichem Ausschluss von Eisen, obwohl ihnen solches in grossen Massen und vorzüglicher Güte zu Gebote stand²⁾.

Zwar werden durch die Aufeinanderfolge der 3 grossen Zeitalter gewaltige Marken auf dem Wege der Kultur der Menschheit gebildet; doch sind die Übergänge von einer Periode zur andern weder für einzelne Länder, geschweige denn für den ganzen Erdball chronologisch festzustellen. Uns gilt heute der Besitz des Eisens bei einem Volke als ein sicheres Zeichen fortschreitender Kultur.

Auf die Frage nach den ersten Entdeckern und Bearbeitern des Eisens ertheilen uns selbst die ältesten Geschichtsbücher keine ausreichende Antwort.

¹⁾ Nach Sabine. *Quarterly Journal of Science*. 1819. VII. 79. Zitiert bei Andree, a. a. O. S. 130.

²⁾ Die alten Bewohner Mexiko's haben nach A. v. Humboldt auch das Meteoriteneisen, das sich dort reichlich vorfindet, nicht verarbeitet.

Ihre aus Wahrheit und Dichtung gewebten Blätter geben uns nur die Gewissheit, dass alle alten Kulturvölker ihre Kenntniss vom Gebrauche des Eisens durch unmittelbare Eingebung von einer Gottheit oder durch fabelhafte Personen erhalten haben wollen, dass demnach diese Kenntniss älter als die Geschichte ist. Sowohl die Namen der ersten Entdecker, als auch die ältesten Stätten ihrer Wirksamkeit hüllen sich danach in vorgeschichtliches Dunkel. Die Wissenschaft ist eifrig bemüht, das Dunkel zu lichten. Die Sagen und Mythen der Alten, die vergleichende Sprachforschung, die Anthropologie, vornehmlich aber die in allen Theilen der Welt an's Tageslicht geförderten Ueberreste menschlicher Arbeit in Gestalt von Waffen, Geräthen und Inschriften geben dazu treffliche Mittel an die Hand.

II. Das orientalische Alterthum.

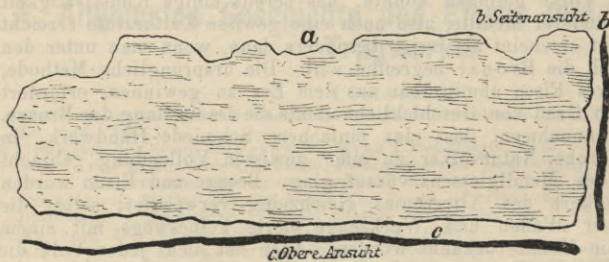
Litteratur.

Mehrtens. Das Eisen im orientalischen Alterthum. Wochenbl. f. Bauk. 1884. — Derselbe. Das Eisen im Alterthum. Stahl und Eisen 1887. — Frantz. Eisen und Stahl im Alterthum. Berg- u. hüttenmännische Ztg. 1882, S. 178.

a. Aegypten.

Lange Zeit haben die Archäologen unter den gewaltigen Ueberresten der Kunst im Lande der Pharaonen vergebens nach einer Spur des gemeinsten der Metalle, des Eisens gesucht. Es fanden sich wohl kleinere Gegenstände aus Eisen, welche aus der Periode des neuen Reiches, dessen Beginn von der Vertreibung der Hyksos (um 1700 v. Chr.) ab rechnet, stammen; doch wurde nur ein einziges Stück entdeckt, dessen Alter höher hinauf reichte. Es ist dies das Bruchstück eines grössern Werkzeugs, das der Engländer Hill am 26. Mai 1837 beim Lossprengen einiger Steinlagen von der grossen Pyramide des Cheops in einer inneren Steinfuge derselben vorfand. Das merkwürdige Stück, Fig. 2, heute eins der grössten Seltenheiten der Sammlungen des britischen Museums, besässe sonach ein Alter von etwa 5000 Jahren.

Fig. 2.



Wegen des Mangels an eisernen Fundstücken, der bei der bekannten Vergänglichkeit des Eisens nicht Wunder nehmen dürfte, und auch wegen fehlender Bestätigung in den Schriften der Alten haben die Gelehrten eine frühe Bekanntschaft der

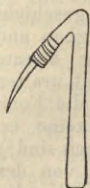
Aegypter mit dem Eisen lange Zeit nicht zugeben wollen. Eine mächtige Stütze für die Zweifler bildete dabei der Inhalt der ersten 4 Bücher Mosis, der, so weit die Schicksale und Drangsale der Juden in Aegypten bis zum Zuge durch das Rothe Meer in Frage kommen, nirgends auf ein Vorhandensein von Eisen in jener früheren Periode der ägyptischen Geschichte hindeutet.

Alle Zweifel von einer frühen Bekanntschaft der Aegypter mit dem Eisen müssen aber schwinden, wenn man die wunderbaren Denkmäler aus den 3 Glanzperioden ihres Reiches, aus den Zeiten der 4., 5., 12. und 18. Dynastie, insbesondere die uns darin gegebenen Aufschlüsse über Einzelheiten der gewerblichen und technischen Kunstfertigkeiten an der Hand der neuesten Aufdeckungen betrachtet. In den thebanischen Monumenten und Gräbern unweit Memphis, die über 4000 Jahre alt sind, sieht man Schlächter abgebildet, die ihre Messer an einem runden Metallstück schärfen, das an ihrer Schürze befestigt ist. Das Metallstück ist mit blauer Farbe dargestellt. Daraus darf man schliessen, dass es Eisen war, weil in allen andern Darstellungen, die sich in den Gräbern der 4. und 5. Dynastie finden; gewisse charakteristische Gegen-

stände, Werkzeuge, verschiedene Waffen und Theile von Kriegsgeräthen, Schiffsbeschläge usw. stets mit blauer Farbe gekennzeichnet sind, während bronzene Gegenstände später (z. B. in der Grabkammer des Königs Ramses III) durch rothe Farbe versinnbildlicht werden ¹⁾.

In den prächtigen Gräber-Grotten von Beni-Hassan, welche in der Glanzperiode des alten Reichs unter den Königen der 12. Dynastie erbaut wurden und in andern Denkmälern finden wir u. a. zahlreiche Abbildungen über allerlei Handleistungen der Steinhauer; insbesondere werden das Zurichten der Quader, das Zuhauen, Glätten und Poliren von Steinkolossen in anschaulichen Bildern vor die Augen geführt. Die Werkzeuge der Steinmetzen waren Meissel und Spitzhammer, letztere aus einer schmalen, mit Holzstiel versehenen Metallspitze bestehend. Diese Spitzen Fig. 3, können ihrer Form nach, und in Anbetracht der ausserordentlichen Härte des bearbeiteten Stoffes nur aus Stahl hergestellt gewesen sein.

Fig. 3.



Möglich ist es, dass die Aegypter — wie der englische Alterthumsforscher Flinders Petri²⁾ auf Grund seiner Untersuchungen annimmt — auch noch Bohrer und Sägen benutzten, deren Schneiden und Zahnsitzen mit Edelsteinen besetzt waren. Wie dem auch sei, die alten Bewohner des Nillandes, welche in grauer Zeit nachweisbar das Gold und Kupfer in kunstgerechter Weise aus den Erzen darstellten, sind gewiss schon in der Periode der 4. Dynastie auch mit dem viel einfacheren Verfahren der Gewinnung und Verarbeitung des Eisens vertraut gewesen. Die bewunderungswürdige Vollendung ihrer Steinhauerarbeiten in dem festesten Granit, Basalt oder Porphyr war ohne Anwendung stählerner Werkzeuge auch

gar nicht zu ermöglichen.

Ein hervor ragender Zweig der ägyptischen Industrie ist aber die Eisengewinnung nie gewesen. Wohl besass das Nilland einst einen grossen Reichtum an Gold und Kupfer; dagegen war es von jeher nicht allein an Brennstoff (Holz), sondern auch an Eisen arm. Es bezog das Eisen daher meist vom Auslande und zwar in älterer Zeit in der Form fertiger Waaren aus Aethiopien. Späterhin floss dem Lande, namentlich durch die Phönizier, neben der Bronze auch asiatisches Eisen in grossen Mengen zu³⁾.

Fig. 4 und 5.



Die Fig. 4 und 5 zeigen das altägyptische Verfahren der Eisengewinnung nach Abbildungen, die sich auf einem in Florenz verwahrten Steine befinden⁴⁾. In Fig. 4 tritt ein jugendlicher Negersklave einen einfachen Blasebalg, aus welchem der Wind durch ein Bambusrohr einer flachen Grube zugeführt wird, in der die Reduktion des Eisenerzes vor sich geht. In Fig. 5 wird

¹⁾ Wilkinson. *A popular Account of the ancient Egyptians*. 1871. II. S. 155.

²⁾ *The Pyramids and Temples of Gizeh*.

³⁾ Wahrscheinlich ist dadurch die alte äthiopische Bezeichnung für verarbeitetes Eisen — *men* — allmählig verloren gegangen, um einer neuen Benennung — *tehaset* — Platz zu machen. Das koptische Wort *be — ni — pe*, welches Brugsch von *ba — en — pe — t* (Eisen vom Himmel) herleitet, deckt sich wahrscheinlich mit der asiatischen Bezeichnung *tehaset* und der biblischen Bezeichnung „Eisen des Nordens“. Lepsius. *Die Metalle in den ägyptischen Inschriften*.

⁴⁾ Rosellini. *Il monumenti del Egitto*.

das Eisen auf einem Ambos, der aus einem flachen, runden, auf Holz liegendem Steine besteht mit einem steinernen Hammer ausgeschmiedet¹⁾.

Neuere Berichte der Afrikareisenden melden uns, dass die barbarischen Bewohner des Sudans noch heute, wie vor 5000 Jahren ihr Eisen in der nämlichen, ursprünglichen Weise gewinnen²⁾.

Fig. 6.

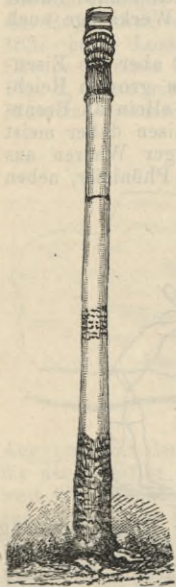


Fig. 6 zeigt eine derartige urwüchsige Behandlung des Eisens bei den Schmieden im Bari-Lande im Gebiete des Nil³⁾.

b. China und Indien.

Trotz seiner Abgeschlossenheit war China, wie bekannt, in vielen Künsten früher geschickt als Europa. Bergbau und Metallgewinnung kannte man in China seit uralten Zeiten, obwohl die Fortschritte darin keine erheblichen gewesen sind⁴⁾.

Fig. 7.



Bereits um 2000 v. Chr. erhielt der Kaiser Yu von den Urbewohnern Tibets Eisen als Tribut, und etwa um dieselbe Zeit soll in China, zuerst für Landreisen, die Magnethadel benutzt worden sein⁵⁾. Ob das serische Eisen, das, nach Plinius, den Römern „von den Serern, nebst ihren Zeugstoffen und Fellen zugeschickt“ wurde, chinesisches oder indisches Eisen gewesen ist, bleibt noch endgiltig aufzuklären. Wahrscheinlich stammte es aus Indien, mit welchem Lande China schon von Alters her durch die Vermittlung wilder Grenzvölker in Handels-Verbindung stand.

Der Grieche Klesias, Leibarzt des Perserkönigs Artaxerxes, schrieb 400 v. Chr. das erste Buch über Indien. Seine Erzählungen über die indischen Schwerter sind aber unklar⁶⁾. Auch die Mittheilungen der hoch gebildeten griechischen Schriftsteller im Heereszuge Alexanders enthalten von technischen Einzelheiten wenig⁷⁾. So sind wir zur Beurtheilung der geschichtlichen Entwicklung der Eisenbereitung der Indier hauptsächlich auf das Studium ihrer alten Schriften angewiesen. Den Gesängen der „Rigveda“ — der indischen Psalmen — die zu einer Zeit verfasst wurden, als unsere Verfahren, die Arier, noch im Fünfstromlande wohnten und noch nicht in das Gangesthal hinab gestiegen waren (jedenfalls vor 1500 v. Chr.) entnehmen wir, dass das Eisen — ayas — bei den Ariern das Hauptmetall für die Bewaffnung war. Da ferner das Sanskritwort „ayas“ die Wurzel für die nämliche Bezeichnung in allen indo-germanischen Sprachen bildet⁸⁾, so dürfen wir schliessen, dass das Eisen den Ariern in ihren Ursitzen auf den Höhen des Himalaya bereits früher bekannt war als zur Zeit wo die Trennung der arischen Familie vor sich ging.

¹⁾ Dr. Ludwig Beck. Die Geschichte des Eisens. S. 97.

²⁾ Russeger. Reise in Aegypten, Nubien und Ost-Sudan. II. 2. S. 286 ff.

³⁾ Harnier. Reise am obren Nil. 1866.

⁴⁾ Ledebur. Ein altchinesisches Handbuch der Gewerbekunde. Annal. f. Gew. u. Bauw. 1885, I, S. 191.

⁵⁾ Dr. Beck. S. 293.

⁶⁾ Lassen. Indische Alterthümer. S. 564 und 571; Humboldt's Kosmos. II. S. 417.

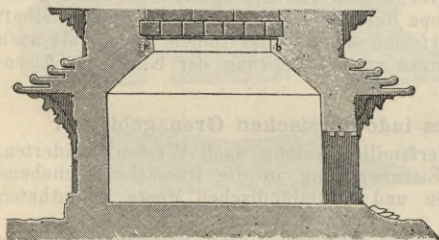
⁷⁾ Lassen. A. a. O. S. 731.

⁸⁾ Dr. Beck. S. 206.

Ein wunderbares Denkmal aus jener alt-arischen Blüthezeit der Eisentechnik ist der *Lhât von Delhi* — der Pfeiler von Delhi — eine massive schmiedeiserne Säule, Fig. 7, an welche sich uralte Sagen der Inder knüpfen. Die Grenze des sehr hohen Alters dieser Säule zu bestimmen, ist den Gelehrten bisher nicht gelungen. Räthselhafter aber noch als das Alter bleibt die Herstellungsweise der Säule. Denn die alten Inder stellten, so viel wir wissen, ihr Eisen nur mit Hilfe der einfachsten Vorrichtungen dar und das Schweissen und Schmieden eines so kolossalen Blocks (von etwa 16^m Länge und 0,5^m Durchmesser) würde heute selbst in Europa, wo Dampfhammer und Schweissöfen von gewaltigen Abmessungen zu Gebote stehen, immer noch grosse Schwierigkeiten bereiten und als eine ausserordentliche Leistung bewundert werden.

Auch zu baulichen Zwecken haben die Inder das Eisen schon frühe benutzt. Dies ist zunächst aus der wundersamen Erzählung von den Prachtbauten des singhalesischen Königs Dushtagâmini, der von 171 bis 137 v. Chr. regierte, zu entnehmen. Eins seiner Gebäude, der Lohaprâsâda, trug auf 1600 steinernen Säulen 9 Stockwerke mit je 100 Priesterzellen und bekam seinen Namen von den eisernen Dachsteinen, mit denen es eingedeckt war¹⁾. Ein anderes, nicht minder grossartiges Gebäude, der Mahâstupâ, barg in seinem Innern eine ganz aus Edelsteinen zusammen gesetzte Reliquien-Zelle und in seinen Fundamenten mehre Lagen von eisernen Platten, die mit andern Lagen aus Kristall, Silber und von mit rothem Arsenik gemischtem Sesamum-Oel zusammen wohl den Zweck hatten, das Eindringen der Erdfeuchtigkeit zu verhüten²⁾. Ferner bezeugt Fergusson in seinen Illustrationen der alten Architektur von Hindostan³⁾, dass in dem 1236 bis 1241 erbauten Tempel von Kanaruk, in der

Fig. 8.



Präsidentschaft Madras, und in ähnlicher Weise auch in andern indischen Tempeln mehre eiserne Tragbalken von je etwa 20^{cm} Stärke im Quadrat zur Unterstützung eines Thorsturzes von 6^m Weite, Fig. 8, angewendet worden sind.

Höher noch als die vorerwähnten beiden Leistungen der Inder in der Schmiedetechnik standen ihre Leistungen auf dem Gebiete der Stahlbereitung. Die unübertroffene Güte des indischen

Stahls wurde von jeher anerkannt. Archäologische Funde, Spatel und Werkzeuge von Stahl, die aus der Zeit um 1500 v. Chr. stammen, beweisen daneben das hohe Alter. Wie sehr die Inder selbst den Werth ihres Stahls bereits um die Zeit 400 v. Chr. schätzten, geht aus dem Berichte des Quintus Curtius hervor, nach welchem der besiegte Porus dem Alexander einen Barren indischen Stahls im Gewichte von etwa 15 kg als Geschenk verehrte. Auch wurden gute Schwertklingen in den Schatzkammern indischer Fürsten wie die grössten Kostbarkeiten aufbewahrt.

Aus diesem Stahl wurden die im Alterthum wegen ihrer ausserordentlichen Elastizität und Schneidigkeit so hoch berühmten Waffen gefertigt, auch Werkzeuge und Instrumente, die zum Bearbeiten und Glätten der härtesten Gesteine, selbst der Edelsteine benutzt werden konnten.

Ueber die Darstellungsweise des indischen Stahls, sowie über die Bereitung des Eisens überhaupt, geben uns die alten Schriften nur wenige Fingerzeige. Der Bericht des Ktesias klingt etwas wunderbar, und Aristoteles⁴⁾ beschreibt uns zwar, wie die Chalyber (vergl. unter III.), aber nicht wie die Inder selbst das

¹⁾ Loha bedeutet Eisen und prâsâda Tempel oder königlicher Palast. Nach dem alten indischen Geschichtswerk der Mahâvânça des Mahânâma, Kap. XXIX. Lassen. Ind. Alterthümer II. S. 418.

²⁾ Ebendas. S. 524.

³⁾ London 1848. S. 28. Taf. 3.

⁴⁾ Meteorologica IV. 6.

„indische Eisen“ bereiten. Es ist aber wohl anzunehmen, dass die alte Darstellungsweise von Eisen und Stahl von dem heute in Bengalen und dem Dekhan geübten Verfahren nicht wesentlich verschieden gewesen ist. Auch unterliegt es kaum einem Zweifel, dass der von Alters her so hoch berühmte indische Stahl derselbe Stoff ist, den wir heute unter dem Namen „Wootz“ kennen und schätzen.

Der „Wootz-“ oder Damast-Stahl wird in mehr teigartigem als flüssigem Zustande erzeugt, und zwar durch Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen mit kohlenstoffhaltigen Körpern. In Indien gewann man das Schweisseisen unmittelbar aus den Erzen und schmolz die erhaltenen Stücke desselben mit Holzstücken in einem Tiegel zusammen. Das Erzeugniss war ein von zahlreichen Flussstahladern durchzogener Schweisseisen-Klumpen, ein Stoff, welcher Zähigkeit und Festigkeit vereinigte und für Hieb- und Stichwaffen sich vorzüglich eignete. Die daraus gefertigten Waffen wurden mit Säuren gebeizt. Dabei wurden die kohlenstoffärmeren Eisentheile stärker angegriffen als die kohlenstoffreicheren und es entstanden auf der Oberfläche jene unregelmässigen, das besondere Merkmal dieses Stahles bildenden Figuren — „Damasirung“ — die häufig mit Gold und Silber ausgelegt wurden.

Trotz ihrer vorzüglichen Güte spielten, wie uns die Geschichte des indischen Handels lehrt, Eisen und Stahl neben den kostbaren Ausfuhr-Erzeugnissen Indiens nur eine untergeordnete Rolle. Das indische Eisen wurde meist nur in rohem Zustande und geringen Mengen ausgeführt und die Phönizier, später auch die Araber, verarbeiteten es daheim zu allerlei Waffen und Werkzeugen; in Damaskus und an anderen Orten wurden daraus die berühmten Damaszener-Klingen gefertigt.

Kupfer und Zinn bezogen die Inder von phönizisch-arabischen Handelsleuten, so dass die Annahme eines Bronze-Zeitalters vor der Eisenperiode in Indien nicht wohl denkbar ist. Wenn man von der spätern Einführung der indischen Eisengewinnung nach Europa durch die Zigeuner, die unzweifelhaft aus Indien stammen, absieht, so darf man sagen, dass Indien sowohl als auch China durch ihre Handels-Verbindungen zur Verbreitung der Kunst der Eisengewinnung wenig beigetragen haben.

c. Die Länder diesseits des indo-persischen Grenzgebirges.

Jene Zweige der arischen Völkerfamilie, welche nach Westen wanderten, trugen ihre Kunstfertigkeit in der Eisenbereitung in die iranische Hochebene und die vom kaspischen, schwarzen und mittelländischen Meere umflutheten Küstenstriche Kleinasiens.

Das *Zend-avesta* — die Offenbarung Gottes — eine Sammlung heiliger Schriften der Perser, nennt im ersten, wichtigsten, Buche¹⁾ Eisen und Blei als die geringwerthigsten Metalle; das Erz wird im Buche nur an einer einzigen Stelle, und Kupfer und Zinn gar nicht erwähnt. Dabei spricht die Fassung der betr. Stellen dafür, dass das alte Zendvolk Eisen, Blei, Silber und Gold selbst gewerbmässig verarbeitet hat, während das Erz ihm auf dem Handelswege zukam. Messer, Fesseln, Gefässe und Waffen werden häufig ausdrücklich als eiserne bezeichnet. Von den bösen Geistern wird gesagt:

„Zur Hölle gehen die Dävas, sie zerfliessen wie glühendes Eisen.“

Mit den Namen Dävas belegte das Zendvolk die gegen Mittag hausenden wilden Horden der Turanier (die Skythen des klassischen Alterthums), deren räuberische Schwärme das Reich Iran oft in Schrecken setzten. Die turanische Völkerfamilie, zu der die Nomadenstämme der Tungusen, Mongolen, Tartaren, Osmanen und andere gehören, deren Heimath in jenen ungeheuren, wenig durchforschten Ländergebieten lag, welche der Altai, das reichste Erzrevier der alten Welt, beherrscht, haben nach Ansicht gelehrter Sprachforscher und Völkerkundiger — d'Eckstein und Lenormant — schon in vorgeschichtlicher Zeit auf dem Gebiete der Metallgewinnung eine Rolle gespielt²⁾

Eine weiter gehende Behauptung, nämlich dass die turanische Kultur

¹⁾ Vendidad = Gesetz Gottes.

²⁾ Lenormant. Die Anfänge der Kultur. 1875

älter als die arische und semitische sei, leiten dieselben Forscher aus dem Umstande her, dass im Euphrat-Thale bereits vor der semitischen Einwanderung eine ältere turanische Bevölkerung vorhanden gewesen ist, eine Thatsache, welche durch die assyrischen Keilschriften, namentlich durch die in assyrischer, babylonischer und turanischer (akkadischer) Sprache in Susa aufgefundenen, bestätigt wird¹⁾.

Die gewaltigen Trümmer der babylonischen Herrschaft haben nur geringe Ausbeute geliefert. Erfolgreicher, geradezu Epoche machend, waren dagegen die Ausgrabungen auf dem ausgedehnten Ruinenfelde des alten Ninive's; insbesondere lieferten dieselben auch wichtige Aufschlüsse über die Verwendung und Bearbeitung des Eisens bei den Assyern. Place, der französische Consul in Mosul entdeckte unter den Ruinen des Palastes von Khorsabad ein grosses Eisenmagazin, das nach seiner Schätzung etwa 160 000 kg Eisen enthielt. Von einer

Fig. 9.



Fig. 10 und 11.



Fig. 12.



gewissen Sorte Eisen waren alle Stücke länglich und mit einem Loche versehen, Fig. 9. Die Stücke zeigten keine bestimmte Form und waren daher

wahrscheinlich Barren (Luppen), wie sie in den Handel gebracht wurden, um weiter verarbeitet zu werden. Ausserdem fanden sich im Magazin noch mancherlei andere Gegenstände, Ringe, Ketten-Stücke usw., welche alle, ebenso wie die Barren, jede Sorte für sich, regelmässig aufgeschichtet lagen. Im grossen Hofe des Palastes entdeckte man Pferdegebisse, Stangen von Eisen und zahlreiche eiserne Kettenglieder, die im Boden verankert waren.

Die regelmässige, massenhafte Anhäufung verschiedener Sorten von Eisen liefert den Beweis, dass die Herrscher Assyriens sich für Bau- und Kunstzwecke stets einen grossen Eisenschatz auf Lager hielten. Diese Eisenschätze spielen auch in den Aufzeichnungen der Tribut-Listen überwundener, fremder Fürsten eine grosse Rolle. Das Eisen war danach jedenfalls, neben dem Kupfer und der Bronze, das bevorzugte Nutzmittel.

Dies bekunden auch weitere Funde und die Inschriften. Layard fand 1846 in Nimrud ausser eisernen Speeren, Dolchen, Lanzen- und Pfeilspitzen auch zahlreiche eiserne Panzerschuppen und einen ganz eisernen Helm, in Gestalt der bekannten assyrischen Sturmhaube. Alles Eisen war aber so vollkommen in Rost umgewandelt, dass es unter den Händen in Stücke zerfiel. Die Abbildungen in Fig. 10–12 zeigen in Niniveh aufgefundene eiserne Werkzeuge, eine Säge und eine Art Doppel-Feilenhaue aus dem britischen Museum, wo viele andere assyrische Werkzeuge als Hämmer, Messer und Aexte aufbewahrt werden. Alle Funde, namentlich die Helme, bekunden die ausserordentliche Geschicklichkeit der Assyrer in der Verfertigung eiserner Waffen und Geräte und die vielseitige Verwendung derselben.

¹⁾ Lenormant. A. a. O. I. S. 70 u. ff.

Die Inschriften belehren uns ferner, dass die Assyrer das Eisen auch zu Bau- und Ausschmückungs-Zwecken vielfach verwendet haben. Z. B. lauten 2 Inschriften aus Niniveh:

„Ich Sennacherib . . . usw. habe umkleidet ein Gebälk aus Zedernholz mit einer Verstärkung aus kiris (?) und von Eisen und habe den sikot (?) mit silbernen und eisernen Platten umgeben“¹⁾, bzw. „Ich Sardanapal . . . habe diesen Palast gegründet . . . ich habe eine Bedeckung von Eisen daran gemacht . . . ich habe ein Zimmerwerk von Sandelholz gemacht und es umkleidet mit Ringen von Eisen“²⁾.

Mit Recht darf man aus den angeführten Belegen und aus den aufgefundenen Ueberresten der wahrhaft grossartigen Bau- und Gewerbethätigkeit in den ältesten chaldäischen Städten schliessen, dass die Chaldäer das Eisen schon in sehr früher Zeit, mindestens schon im 3. Jahrtausend v. Chr. gekannt und verwendet haben. Ebenso verarbeiteten sie Gold, Silber, Kupfer und Bronze, seltener Blei. Auch den Stahl müssen sie gekannt und verarbeitet haben; dafür sprechen ähnliche Gründe, wie sie im Vorhergehenden bezüglich der Aegypter entwickelt worden sind.

Ob die Mischung der Bronze von den Chaldäern selbstständig erfunden worden ist, steht zur Zeit noch dahin. Lenormant will auch diese Erfindung den Turaniern zuschreiben, deren Heimath den alten Fundstätten des Zinns im südlichen Paropamisus und auch den Gewinnungsorten des Kupfers daselbst nahe lag.

d. Bei den Lehrmeistern der Griechen.

Die von Alters her nahe den erzeichen Quellgebieten des Euphrat und Tigris und in den Küstenstrichen des Mittelländischen und Schwarzen Meeres sesshaften Völkerschaften semitischer, arischer oder gemischter Abkunft, die Hebräer, Phönizier, Armenier, Lydier u. a. sind für die Geschichte des Eisens von hervor ragender Bedeutung, nicht etwa deshalb, weil in ihren Gebieten die ältesten Stätten der Eisengewinnung nachzuweisen sind, sondern weil von ihnen, nach den unzweifelhaften Zeugnissen der Klassiker des Abendlandes, asiatische Künste der Metallbereitung auf die ältesten Kulturstaaten Europas übertragen worden sind.

Von den genannten Völkerschaften besitzen nur die Hebräer eigene, geordnete politische Geschichte. Schon auf ihrem Zuge nach dem gelobten Lande lernte das Volk die Kunstfertigkeit der ihnen feindlich entgegen tretenden Stämme kennen. Im Lande der Riesen, bei den Ammonitern in Rabbath, sahen sie das eiserne Bett des Riesenkönigs Og von Basan, das nach Moses' Beschreibung „9 Ellen lang und 4 Ellen breit“ war „nach eines Mannes Ellenbogen“ gemessen und Josua versprach den Kindern Josephs den Besitz des Waldes im Lande der Pheresiter und Riesen, „die eiserne Wagen haben und mächtig sind“.

Die Bewaffnung der Juden war damals mangelhafter als diejenige der Kananiter; doch war das Schwert bei ihnen allgemein im Gebrauch. Nirgends wird aber gesagt, aus welchem Metall es bestand; die Schriftsteller haben es wohl als selbstverständlich angesehen, dass es aus Eisen bestehen müsse.

Zu David's und Salomo's Zeiten wurde das Eisen von den Juden zu Werkzeugen, Waffen und Ackergeräthen verwendet. David's Regierung war der Glanzpunkt oder — wie man sehr bezeichnend auch sagen darf — die eiserne Aera der israelitischen Geschichte. Er legte die aufrührerischen Ammoniter „unter eiserne Sägen und Zacken und eiserne Keile“ und führte so im wahren Sinne des Wortes ein eisernes Regiment.

Solomo vollendete das Werk seines Vaters. Den Tempel David's, zu dessen Bau die israelitischen Grossen „5000 Zentn. Gold, 10 000 Zentn. Silber, 18 000 Zentn. Erz und 100 000 Zentn. Eisen beisteuerten, liess er von tyrischen Künstlern und Bauleuten in bekannter Pracht und Herrlichkeit errichten. Alle Steine „vom Grunde bis zum Dache“ waren in diesem viel bewunderten Bau „nach dem Winkeleisen gehauen und mit Sägen auf allen Seiten geschnitten“.

¹⁾ Oppert. *Expedition en Mesopotamie*. III. S. 3. —

²⁾ Ebenda. V

Aus dem Angeführten und aus vielen andern Bibelstellen¹⁾ geht hervor, dass die Juden in der Kunst der Eisenbereitung wohl erfahren waren. Sie verstanden vortrefflich zu schmieden und zu schweissen und selbst das Blechschlagen und das Vernieten des Bleches war ihnen nicht unbekannt. Dass sie auch den Stahl kannten, entnehmen wir aus einigen Bibelstellen, die uns zugleich der armenischen, arabischen und phönizischen Metallbereitungs-Kunst näher bringen. Wenn der Prophet Jeremias sagt²⁾: „Meinst Du nicht, dass etwa ein Eisen sei, welches könnte das Erz und Eisen von Mitternacht zerschlagen?“, so deutet er hiernit auf das „Eisen des Nordens“ hin, das schon die Aegypter schätzten (S. 9), aber jedenfalls wohl Stahl gewesen ist. Ferner spricht der Prophet Hesekeil in seinem Klageliede über den Fall von Tyrus³⁾ ausdrücklich von *Barselaschoth*, d. h. wörtlich „gehärtetes Eisen“ und belehrt uns gleichzeitig darüber, dass dieses Erzeugniss durch Vermittlung der Phönizier aus Arabien kam⁴⁾. Das Eisen des Nordens, der Stahl, stammte wahrscheinlich aus dem nördlichen Armenien, wo das Volk Thubal seinen Sitz hatte, das am Pontus-Gestade bei Kerasus und Trapezus wohnte. Dies ist das im klassischen Alterthume so hoch berühmte Völkchen der Chalyber, das „Volk der Schmiede“, welches die Härtung des Eisens zu Stahl erfunden haben soll. Deshalb bringt man mit seinem Namen die griechische Bezeichnung für Stahl — *chalybs* — in Verbindung.

Nach Aristoteles⁵⁾ wuschen die Chalyber das Erz aus dem Gerölle der Flüsse und schmolzen in einfachen Heerden Eisen daraus. Wollten sie reineres Eisen (Stahl) erhalten, so wuschen sie das Erz wiederholt und verschmolzen es dann unter Zusatz des Steines Pyrimachus, der bei ihnen häufig gefunden wurde. Diodor sah im Lande der Chalyber, dem „Mutterlande des Eisens“, wie es Aeschylus⁶⁾ bezeichnet, noch die Spuren ihrer einstigen Thätigkeit und selbst bis auf den heutigen Tag hat sich diese uralte Eisenindustrie im nördlichen Armenien erhalten.

Wenn man die Chalyber „Lehrmeister der Griechen“ nennt, so kommt den Lydiern, deren Reich unter Krösus (600 v. Chr.) in höchster Blüthe stand, dieselbe Bezeichnung mit noch grösserem Rechte zu, obwohl es sich zwischen Lydiern und Griechen weniger um technische Dinge als um Angelegenheiten des öffentlichen Lebens handelte. Herodot⁷⁾ erzählt uns von einem silbernen Mischgefäss mit einem Untersatz von gelöthetem Eisen, das Glaukos aus Chios, „der allein unter allen Menschen die Löthung des Eisens erfunden hat“, im Auftrage des lydischen Königs Allyates fertigte und das nach seiner Ansicht das „sehenswertheste unter allen andern delphischen Weihgeschenken“ war. Ferner erfahren wir von Daimachos, einem Schriftsteller, der zur Zeit Alexander d. Gr. lebte, dass die Lydier Meister in der Stahlbereitung waren. Er schreibt u. a.: „Von Stahlsorten giebt es den Chalybischen, den von Synope, den Lydischen und den Lacedämonischen. Der Chalybische ist der beste für Zimmermanns-Werkzeuge, der Lacedämonische für Feilen, Bohrer, Grabstichel und Meissel; der Lydische ist ebenfalls geeignet für Feilen, ferner für Messer, Rasirmesser und Raspeln⁸⁾.“

Älter als die Ansiedelung der Hebräer in Kanaan war die Niederlassung der stammverwandten Phönizier und Araber. Die älteste, vornehmste Kunst war in Arabien das Schmieden; deshalb heisst dort jeder Künstler „Schmied“⁹⁾, ähnlich wie in Skandinavien, wo man lange Zeit jede Arbeit, auch die geistige „Schmieden“ nannte¹⁰⁾. Unter den Schmieden standen die Schwerterschmiede oben an, und mit berühmten Schwertklingen wurde, wie in Indien, ein förmlicher Kultus getrieben. An dem Ruhm, den die arabischen Waffenschmiede

¹⁾ Vergl. eine Zusammenstellung aller Stellen in dem Werke von Dr. Beck. S. 171.

²⁾ Jeremias 15, V. 12.

³⁾ Nach Dr. Beck. S. 170.

⁴⁾ Hesekeil, 27, V. 19.

⁵⁾ De mirab. auscult. 49.

⁶⁾ Prometheus. 302.

⁷⁾ Herodot I, 25.

⁸⁾ Dr. Beck. S. 201.

⁹⁾ Freitag. Einleitung in das Studium der arabischen Sprache. Bonn 1861.

¹⁰⁾ Weinhold. Altnord. Leben S. 92.

von jeher besessen, hatte das uralte Damaskus, die benachbarte Hauptstadt Syriens, „das Paradies Muhamed's“, grossen Antheil. Seit den Kreuzzügen sind die Damaszener-Klingen — wenn auch noch bessere Schwerter aus Persien und Tiflis kommen — in der ganzen Welt berühmt geworden.

Ein ebenso graues Alter wie Damaskus schreiben wir Sidon zu, der ersten phönizischen Metropole. Das älteste Zeugniß über sidonische Kunstfertigkeit stellt Homer aus, wenn er im 23. Gesange der Iliade den von Achilleus als Kampfpreis gespendeten „silbernen Krug von prangender Kunst“ beschreibt. Homer kennt nur Sidon, aber nicht die jüngere Hauptstadt Tyrus, deren grossartiger Reichthum aus den unerschöpflichen Silberminen Spaniens erwuchs.

Nächst dem Silber war die Bronze oder das Erz der wichtigste Handelsartikel der Phönizier, mit welchem sie lange Zeit, weil der Reichthum ihrer Kolonien an Kupfer und besonders ihr Alleinbesitz des Zinnhandels sie dazu befähigte, fast ganz Europa förmlich überschwemmt. Ob die Bronze eine eigene Erfindung der Phönizier war, ist zweifelhaft. Denn es steht einerseits fest, dass diese Erfindung älter ist, als die phönizischen Seefahrten nach den britannischen Zinninseln und andererseits ist man darüber noch nicht einig, aus welchem Gebiete sie in älterer Zeit Zinn bezogen haben.

Ueber die Bekanntschaft der Phönizier mit dem Eisen haben wir nur spärliche Nachrichten; doch geht jene gewiss in eine sehr frühe Periode zurück. Zahlreicher sind Aufzeichnungen über den Handel der Phönizier mit diesem Metall, obwohl derselbe neben dem Handel mit so kostbaren Dingen wie Silber und Erz nur eine Nebenrolle spielte, weil die phönizischen Schiffe fast überall, wo sie landeten, den Gebrauch des Eisens, selbst bei den Barbaren, schon vorfanden.

III. Das klassische Alterthum.¹⁾

a. Griechenland.

Cypern, Rhodus und Kreta waren die ersten Etappen der orientalischen, besonders phönizischen Kultur auf dem Wege nach Griechenland. Die ältesten griechischen Sagen von Kadmos, dem Gründer Thebens, der die Kunst, das Erz zu schmelzen, nach Griechenland gebracht habe, und von den metallkundigen Daktylen und Telchinen, die das Eisen entdeckt und zuerst bearbeitet haben sollen, weisen ebenfalls auf orientalische Beziehungen, insbesondere auf den phönizischen Ursprung der griechischen Metallurgie hin.

Ueber den Stand derselben zur Zeit des trojanischen Krieges (1300 v. Chr.) geben uns die Werke Homer's²⁾ ein anschauliches Bild, in welchem Einzelheiten über die Art der Metallgewinnung wohl nur deshalb fehlen, weil der griechische Bergbau damals noch in phönizischen Händen lag. Homer führt daher die Metalle, von denen Gold, Silber, Kupfer und Zinn nach seinen Angaben den Griechen aus fremden, östlich belegenen Ländern zukommen, in seinen Schilderungen immer nur in fertigem Zustande ein. Den kunstvollsten Erzeugnissen des Schmiedes verleiht seine Muse entweder sidonisches oder asiatisches Gepräge oder Abstammung aus Götterhand.

Das von ihm am häufigsten genannte Metall „ὄ χαλκός“, oft mit dem Beiwort „das röthliche, röthlich schemende“ — bedeutet nicht, wie Voss und Andere übersetzt haben, Erz oder Bronze, sondern in der Regel Kupfer, obwohl Homer die obige Bezeichnung zuweilen auch für Metall im allgemeinen Sinne des Worts gebraucht. Die Richtigkeit dieser Auslegung bestätigen u. a. die ältern Funde von Cesnola auf Cypern sowie die weltbekanntesten Ausgrabungen von Schliemann in Mykenä und auf der Stätte des alten Troja bei Hissarlik, welche zahlreiche Kunstwerke asiatischen Ursprungs in geschmiedeter und getriebener Arbeit aus Gold, Silber und Kupfer, dagegen nur wenige ganz unbedeutende rohe Erzeugnisse der Bronzeguss- und Schmiedetechnik zu Tage gefördert haben. Die Schmiedekunst muss danach schon zu Homer's Zeiten auf hoher Stufe gestanden haben, während die Griechen damals in der Kunst des

¹⁾ Mehrtens. Das Eisen im klassischen Alterthum. Wochenbl. f. Bauk. 1887. — Derselbe. Das Eisen im Alterthum. Stahl u. Eisen 1887.

²⁾ Nach Gladstone (Homer und sein Zeitalter) lebte Homer im 12. Jahrhundert v. Chr.

Bronzegusses entweder nur mangelhaft unterrichtet gewesen sind, oder aber fertige Bronzewaaren aus dem Orient bezogen haben. Geschmiedetes und getriebenes Kupfer wurde ganz allgemein für Geräthe und Waffen verwendet, selbst für Gegenstände, die man später aus Eisen herstellte.

Aus der Fassung der wenigen Stellen der Ilias und Odysse, in denen das Eisen ausdrücklich genannt wird, haben manche Gelehrte den Schluss gezogen, dass der Gebrauch des Eisens zu Homer's Zeiten nur ein seltener war. Diese Folgerung ist aber unrichtig, wie neuere Forscher an der Hand des Homerischen Textes ausführlich dargelegt haben¹⁾. Das Eisen war vielmehr das gemeinste, geringwerthigste Metall, dessen besondere Erwähnung man oft nicht einmal der Mühe werth hielt.

Wenn es richtig ist, das Homer mit dem Worte „κίανος“ Stahl, im Gegensatz zu „σίδηρος“ Eisen bezeichnet, so war auch dieses Metall im Rüstzeug der griechischen und trojanischen Helden vielfach vertreten. Nicht unwahrscheinlich wäre es, wenn dann die Bezeichnung „kyanos“ von der blauen Anlauffarbe des Stahls herrührte, da das Härten des Stahls dem Homer bekannt gewesen sein muss, wie das aus seiner Erzählung von der Blendung des Polyphem hervor geht.

Hesiod, der um etwa 100 Jahre später als Homer gelebt haben soll, weiss, dass „das härteste aller Metalle“, das Eisen „in des Gebirges Waldthale vom schimmernden Feuer gebändigt“, aus den Erzen geschmolzen wird. Unzweifelhaft kennt er auch den Stahl, den er, wie später die Tragiker und Pindar, „αἰδάμας“ nennt.

Homer's und Hesiod's Dichtungen lassen unschwer erkennen, dass die Griechen in der heroischen Zeit die edlen Metalle, sowie Kupfer, Erz und Zinn vom Auslande bezogen haben, während sie ihren Bedarf an Eisen und Stahl zu allerlei Zwecken des Krieges und des Friedens daheim in der „Schmiede des einsamen Waldthales“ erzeugten.

Eine der ältesten Stätten einer urwüchsigen Eisenbereitung lag auf Euböa, dem alten Chalkia; von dorther kamen hoch berühmte Erz- und Eisenarbeiten, auch silberne Becher, vornehmlich aber Stahlschwerter, die, nach Aeschylus, in Wasser gehärtet wurden. Andere uralte Stätten der heimischen Eisen-Industrie lagen auf dem benachbarten Festlande, in Böotien, ferner in Akarnanien, Arkadien und Lakonien. Unter den alten metallkundigen Bewohnern dieser Landschaften müssen die Lakedämonier in erster Linie genannt werden. Sie trugen seit uralter Zeit eiserne Fingerringe und erhielten durch Lykurg schon um 900 v. Chr. eisernes Geld als gesetzliches Zahlungsmittel. Xenophon erzählt von dem spartanischen Eisenmarkt, wo man lakonischen Stahl (S. 15), den besten in ganz Griechenland, und allerlei vorzügliche Geräthe und Waffen kaufte.

Das hohe Alter der griechischen heimischen Eisenindustrie, das selbst an die Zeit der ältesten Ueberlieferungen hinan reicht, dürfte danach erwiesen sein. Sehr frühe bezogen die Griechen auch schon durch die Vermittelung der kleinasiatischen Städte, unter denen Milet im 7. Jahrhundert v. Chr. den Handel beherrschte, Eisen und Eisenwaaren von absonderlicher Güte, wie chalybischen, lydischen Stahl und milesische Waaren von den orientalischen Nachbarn.

Die Blüthe der metallurgischen Künste Griechenlands fällt in das 6. und 5. Jahrhundert v. Chr. Um 600 lebte Glaukos von Chios, der das Löthen des Eisens erfand (S. 15) und in allerlei Erz- und Eisenarbeiten viel bewandert war, ferner Rhökos von Samos, des Phileus Sohn, dem die erstmalige Einführung der altsidonischen Kunst der Erzgiesserei zugeschrieben wird, und dessen Sohn Theodoros als ein grosser, erfindungsreicher Künstler gepriesen wurde. Theodoros wurde der Schöpfer eiserner Statuen in getriebener Arbeit, die nach ihm auch Tisagoras, Alcon und Aristonides verfertigten. Pausanias und Plinius, die über einige berühmte Erzeugnisse dieser Künstler berichten, heben besonders die Schwierigkeit und Mühseligkeit dieser Art von Eisenarbeit hervor, woraus man mit Sicherheit schliessen kann, dass die Bildsäulen nicht, wie manche Alterthumsforscher gemeint haben, gegossen, sondern in Wirklichkeit mühsam und kunstvoll durch Treiben hergestellt wurden. Die Kunst das Eisen zu giessen war im Alterthum nicht bekannt.

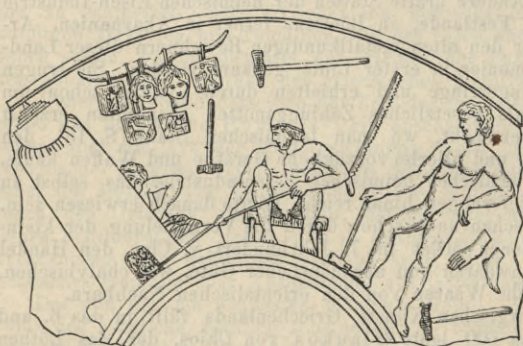
¹⁾ Dr. Beck. S. 381 u. ff.

Die Griechen wurden bald zu gefährlichen Nebenbuhlern der Phönizier und verdrängten diese aus ihren gewerblichen und kaufmännischen Unternehmungen. Aber mit dem vormaligen phönizischen Bergbau ging es dabei abwärts. Denn der freie Grieche sah jedes Handwerk, wenn es nicht gerade zum Kunstgewerbe zählte, für erniedrigend an und überliess seine Ausübung — auch die Gewinnung und Verarbeitung des Eisens — Sklaven. So konnte der Fortschritt auf diesen und andern Gebieten der Technik mit dem Wachsen der politischen Macht und mit der künstlerischen Entwicklung Griechenlands nicht gleichen Schritt halten. Naturgemäss übertrug sich die handwerksmässige Verarbeitung der Metalle von der „einsamen Schmiede im Waldthal“ auf die empor blühenden Städte, wo allgemach, vornehmlich in Athen, Sparta und Corinth, den herrschenden Mittelpunkten der Macht und Kunst, von grossen Unternehmern ein fabrikmässiger Betrieb durch Sklaven eingerichtet wurde.

Eingehendere Mittheilungen über die Verwendung von Eisen und Stahl zu Konstruktionen, besonders zu Maschinen für die Zwecke des Krieges haben Heron und Philon hinterlassen, beide Schüler des berühmten Ktesibios aus Alexandria, des Erfinders zahlreicher Luft- und Wasserdruck-Maschinen. Am lehrreichsten sind die Mittheilungen Philon's von Byzanz, welcher die Elastizität und Festigkeit von Eisen und Stahl gehörig an das Licht stellt und dabei klarer und ausführlicher als jeder andere Schriftsteller des Alterthums Natur, Behandlung und Verarbeitung von Bronze und Eisen auseinander setzt.

Die leider nur in Bruchstücken erhaltenen Schriften metallurgischen Inhalts des grossen Aristoteles und seines Freundes Theophrast (geb. 370 v. Chr.), eines Schülers Plato's, erscheinen gegenüber denjenigen Philon's unbedeutend; die wichtigste Stelle im Aristoteles handelt von der Eisengewinnung der Chalyber (S. 15). Von Theophrast erfahren wir, dass die Griechen nicht allein Steinkohlen beim Eisenschmieden gebrauchten, sondern den Brennstoff auch schon zu verkoken verstanden¹⁾. Andere metallurgische Schriften: eine Ab-

Fig. 13. Werkstätte eines Metallschmelzers. Von einer griechischen Vase im Museum zu Berlin.



handlung des Strato über Maschinenwesen u. Scheidungsmittel und ein Werk des Polybios über den spanischen Bergbau sind leider verloren gegangen.

Weitere Aufschlüsse über Einzelheiten der griechischen Metallbereitung, namentlich über die Formen der Handwerksgeräte, als Hämmer, Ambosse, Zangen, Aexte, Beile usw. geben die Abbildungen auf den erhaltenen griechischen Denkmälern — vgl. die Beispiele in Fig. 13—19 — und archäologische Funde. Bei

den Aufgrabungen der griechischen Tempelbauten fand man u. a. die Ueberreste von eisernen Klammern, mit denen, wie die entsprechenden Vertiefungen in den einzelnen Steinen andeuteten, sämmtliche Quader des Tempels unter einander sorgfältig verankert waren. Solche Verankerungen wurden aufgedeckt bei den Tempeln der Nemesis in Rhamnus, der Ceres und der Diana Propylaea in Eleusis²⁾

b. Etrurien und Rom.

In ähnlicher Weise wie bei den Griechen hat das Eisen bei den Etruskern, die nach einer altägyptischen Inschrift schon um 1300 v. Chr. unter dem

¹⁾ De igne, 37.

²⁾ *Unedited antiquities of Attica etc. by a society of dilettants.* London 1817.

Namen der „Tursi“ als bentelustiges Seeräubervolk mit Griechen und Kleinasiaten in Verbindung standen, frühe allgemeine Verwendung gefunden. Das beweisen die aus alten Grabstätten Italiens bei Bologna, Marzobotto, la Certosa, Corneto, Vulci¹⁾ und andern Orten an das Tageslicht geförderten Ueberreste eiserner Waffen und Geräthe aus der Zeit der etruskischen Herrschaft. Die bei Bologna aufgefundenen wenigen Schaffketle und Speerspitzen sind die ältesten eisernen Fundstücke in Europa überhaupt. Graf Gozzadini entnahm sie nebst zahlreichen Bronze-Schmucksachen im Jahre 1853 auf seinem Landgute Villanova aus Gräbern, die nachweislich aus dem 9. oder 10. Jahrhundert v. Chr. stammen.

Die Thonbildnerei war es, die das industriöse Volk der Etrusker schon frühe auf die Kunst des Schmiedens und Treibens der Metalle und zum Bronzeguss führte. Material zu ihren Kunstwerken boten im eigenen Lande das Eisen von Elba, das Kupfer von Kampanien und Voltaterrä, das Silber von Populonia und Montieri und, was noch fehlte, u. a. auch Zinn und Bernstein, holte die mächtige Flotte ihrer Kauffahrer meistens gegen Austausch heimischer Waaren aus Thon oder Metall von den entlegensten Ländern. Etrurische Bildwerke waren, wie Plinius schreibt, „über alle Länder zerstreut²⁾.“

Fig. 14. Hephästos dem Ares die Waffen schmiedend. Nach Müller.



Nach der Unterwerfung Etruriens (300) und während der beiden ersten punischen Kriege (264—202) änderte sich die Sachlage zusehends. Als „Beute des Sieges“³⁾ fielen die Bergwerke der Feinde in Sardinien, Sizilien und Spanien den Römern in die Hände und lieferten ihnen, neben Massen von edlen Metallen auch vortrefflichen Stoff zu ihren Waffen und Pflügen, mit denen sie bald den Erdkreis unterjochten und kultivirten.

Die gewerbereichen Städte Etruriens und die Eisenwerke Spaniens leisteten ihnen von nun an bei der Ausrüstung von Heer und Flotte wesentliche Dienste. Populonia lieferte Eisen, Arretium Schilde, Helme, schwere und leichte Wurfspiesse, sowie allerlei Handwerkszeug⁴⁾ und Spanien versorgte die römischen Legionen mit seinen ausgezeichneten leichten Stahlschwertern, deren Vorzüge, gegenüber den eignen kurzen Eisenschwertern, die Römer schon im zweiten punischen Kriege kennen gelernt hatten. —

Nach dem Falle Karthagos und der Eroberung Griechenlands (146) wurde Rom die erste Stadt der Welt; zugleich wurden die Römer Erben der orientalischen, griechischen und etruskischen Kunst. Die römische Vorliebe für die Bronze war ein besonderes Erbstück der etruskischen Hinterlassenschaft; es ist

¹⁾ Dennis. Die Städte und Begräbnisplätze Etruriens; deutsch von Meissner. Seit. 238 und 249.

²⁾ XXXIV, 16.

³⁾ Tac. Agricola, c. 12 „... aurum et argentum et alia metalla pretium victoriae.“

⁴⁾ Livius XXXIII, 45.

aber ein Irrthum, anzunehmen, die Römer hätten die Bronze überall, selbst für die Kriegsausrüstung, dem Eisen vorgezogen. Prunkwaffen für Gladiatorenkämpfe, für Schaustellungen im Theater oder sonstige Festlichkeiten, auch Gala- und Ehrendegen wurden wohl aus dem goldglänzenden Metalle gefertigt, nicht aber die Angriffswaffen für die Schlacht: diese waren von Eisen oder Stahl.

Zur Vervollkommnung der Eisengewinnung haben die Römer nur wenig beigetragen. Für ihren kriegerischen Sinn hatten technische Dinge wenig Anziehendes, und in noch höherm Maasse als die Griechen begünstigten sie die Pächter- und Sklaven-Wirthschaft. Hierbei geriethen die Bergwerke, in denen Sklaven, verurtheilte Verbrecher (*damnati ad metalla*), die Frohnbauern (*glebae et metallis adscripti*) und deren Familien, wie uns Diodor¹⁾ so ergreifend schildert, einem langsamen und schrecklichen Ende entgegen siechten, in Verfall.

Wenn genauere Nachrichten über die Einzelheiten der römischen Metallbereitung auf uns gekommen wären, so besäßen wir damit den Inhalt aller metallurgischen Errungenschaften von drei Jahrtausenden. Leider ist dies nicht der Fall. Vielleicht waren schriftliche Aufzeichnungen solcher Art nie vorhanden, weil den Geschichtsschreibern der alten Römer technische Dinge ebenso fern lagen, wie später den, das gesammte Wissen vertretenden Theologen des Mittelalters.

Fig. 15, 16, 17. Ambos mit Horn von einer griechischen Gemme. Luppen-Ambos nach einem pompejanischen Wandgemälde.



bereitung dort verursache, und der Bergbau daselbst sei so alt, dass sein Anfang sich nicht mehr bestimmen lasse. Plinius sah bei Portoferraio, dem alten Hafen der Insel, mächtige Schlackenhalden, woraus man schliessen kann, dass die Erze in ältester Zeit auf der Insel selbst verschmolzen wurden. Später fehlte es dort an Brennmaterial, so dass man sich damit begnügte, die an Ort und Stelle gebrochenen Erze stark zu rösten und behufs Verschmelzung auf das Festland überzuführen. Nach Diodor wurden die klein gemachten Erzstücke in künstlichen Oefen unter Feuersgluth zum Schmelzen gebracht. Die geschmolzene Masse theilte man wieder in kleine Stücke, die etwa wie grosse Schwämme aussahen. Es gäbe, sagt er weiter, viele Handelsleute, die ganze Schiffsladungen solcher Stücke kauften, sie durch eine grosse Zahl von Schmieden verarbeiten und endlich die fertigen Geräthe „über viele Länder der Welt“ verführen liessen.

Unser bester Gewährsmann über römische Metallurgie ist Plinius (23—79 v. Chr.), obwohl seine Aufzeichnungen stellenweise noch ziemlich verworren liegen. In seinem weltberühmten naturgeschichtlichen Werke giebt er in dem Kapitel über Bergbau ausführliche technische, zum Theil auch geschichtlich interessante Mittheilungen über die grossartigen Gold- und Silbergruben Spaniens, sowie über die römische Gewinnung des Kupfers, der Bronze und des Eisens.

¹⁾ V, 38. Vergl. Altgriechischer Bergwerksbetrieb. Ann. f. Gew. u. Bauw., 1885, I, S. 218.

Unter den Eisenerzen, die wie das Kupfer in Herden und Oefen verschmolzen würden, finde ein grosser Unterschied statt. Von Einigen werde der Kern zu hartem Stahl ausgeschmolzen und die Güte des Eisens sei nicht allein von der Art des Erzes und der Verhüttung, sondern auch von Boden und Klima abhängig. Der Stahl sei von verschiedener Güte, je nach der Beschaffenheit des Wassers, in welchem er abgelöscht werde; feinere Werkzeuge müsse man in Oel ablöschen. Das Eisen werde mehr weiss- als rothglühend verarbeitet; ausgerecktes Eisen sei bald breiartig weich, bald brüchig. Er kennt ausser dem Eisen von Elba als geschätzte ausländische Eisensorten: das serische, parthische (S. 10), spanische, steyerische oder norische und das der Chalyber (S. 15).

Das norische Eisen aus den Bergen Steyermarks war nächst demjenigen von Elba das geschätzteste. Aus Noricum, das die Römer zur Zeit des Augustus (16 v. Chr.) in Besitz nahmen, wanderten Massen vorzüglichen Eisens und Stahls auf römischen Heerstrassen

Fig. 18. Schmiedehämmer nach Vasenbildern.

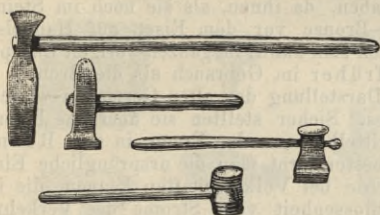
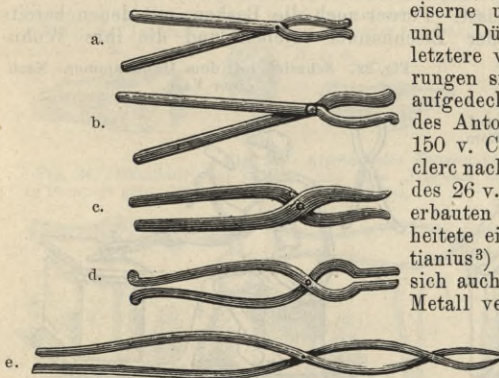


Fig. 19. Schmiedezangen. a) und b) Luppenzangen mit 2 Händen zu fassen. c) und d) gewöhnliche Handzangen. e) Werkzeug des Hephästos.



Kupfer und Bronze zusammen gesetzt war“, eine Konstruktion, an deren Möglichkeit „selbst gelehrte Mechaniker Zweifel hegten.“ — Ueber die Gestaltung des Handwerkszeuges der Römer geben die Abbildungen auf erhaltenen Denkmälern und archäologische Funde Aufschluss. In den Fig. 20—28 sind die wichtigsten römischen Schmiedegeräte dargestellt; man sieht, dass dieselben mit den heutigen Formen nahe übereinstimmen.

Mit dem Verfall des Reiches und dem Absterben der Blüthe römischer Kunst wurden auch Bergbau und die Eisenbereitung mehr und mehr vernachlässigt, und als um die Mitte des 4. Jahrhunderts christlicher Zeitrechnung das morsche römische Weltreich erlag, wurden die Reste der noch bestehenden

1) Ovid, *Metamorph.* 64, 17. — Horaz, *Od* 1—2; *Od* XVI; *Od* XVII.

2) *Ib.* I cap. VI; *de metalli.*

3) A. S.; in *vita Antonini Caracallae*; edit. de Robert Etienns. Paris 1544. S. 186.

Denkmale römischer Kunst und Industrie mit Feiner und Schwert vom Erdboden vertilgt.

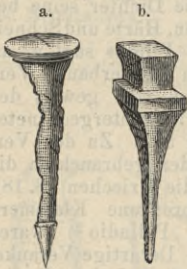
Der Beginn der eisernen Aera und das Ende der Bronzezeit heben sich zu keiner Zeit vom Hintergrunde der Geschichte bedeutsamer ab, als zur Zeit des Niedergangs der römischen Weltherrschaft. Nach der Völkerwanderung verschwindet die Bronze als Metall für die Bewaffnung gänzlich.

IV. Von der Völkerwanderung bis zum Zeitalter der Entdeckungen.

a. Auf der Schwelle des eisernen Zeitalters.

Im ganzen mittleren Europa lassen sich Spuren vorgeschichtlicher Eisengewinnung nachweisen. Die namentlich von nordischen Gelehrten zur Zeit noch verfochtene Theorie eines europäischen Bronze-Zeitalters erscheint danach unhaltbar. Gewisse europäische Länder mögen eine Bronzezeit gelebt haben, die Bronze vor dem Eisen auf Handelswegen zugeführt worden sein kann; im ganzen übrigen Europa war aber das Eisen früher im Gebrauch als die Bronze.

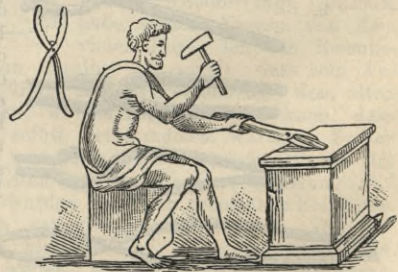
Fig. 20. a. Ambos aus dem Museum zu St Germain. b) Ambos, abgebildet auf dem Grabstein eines römischen Regimentschmiedes im Museum zu Sens.



Ueber die Eisen-Darstellung der alten Germanen wissen wir nichts Bestimmtes. Sicher stellten sie aber das Eisen, wie die Römer, unmittelbar aus den Erzen, in sog. Rennheerden dar. Am besten lernt man die ursprüngliche Einrichtung solcher Heerde bei Völkerschaften kennen, die in Folge ihrer Abgeschlossenheit vom Strome des Verkehrs das urwüchsigste Verfahren bis in die Neuzeit beibehalten haben. Das sind die Bewohner von Korsika, eines Eiland, das von der Völkerwanderung kaum berührt worden ist und dessen uralte Eisen-Industrie sich bis auf die Zeit der Etrusker verfolgen lässt. Ferner noch die Basken, mit denen bereits die Phönizier Eisenhandel trieben und die ihre Wohn-

Fig. 22. Schmied mit dem Handhammer. Nach einer Vase.

Fig. 21. Grobschmiede, dargestellt auf einem Relief eines Sarkophags zu Rom.



sitze schon vor grauen Zeiten gegen die eingedrungenen Kelten behauptet haben. Ein von Korsika-Schmieden benutzter Herd ist in Fig. 29 dargestellt, während Fig. 30 die Einrichtung eines catalonischen Feuers zeigt.

Nach Wedding besteht der Unterschied zwischen beiden Darstellungs-Arten darin, dass beim katalonischen Herd das Erz von einer Seite her allmählig in's Feuer geführt wird, während es beim korsikanischen Verfahren hinter einem Ringe von Holzkohlen aufgeschichtet liegt. Dabei wird die Schlackenbildung im katalonischen Herde durch Erzklein befördert, welches an der Windeinströmungs-Seite A herab sinkt, während beim korsikanischen Verfahren das Erz zu demselben Zwecke mit Schlacke von dem vorhergehenden Satze gemischt wird. —

Nachdem der Strom der Völkerwanderung in ruhige Bahnen eingelenkt hatte, fiel die Fortentwicklung der Eisen-Industrie in erster Linie den ger-

manischen Volksstämmen zu. Im Drange der Verhältnisse musste in ihren vom Getümmel der Schlachten unberührt gebliebenen Schmieden „im einsamen Waldthal“ mit verdoppelter Kraft gearbeitet werden. Denn ehe die unter den Trümmern des römischen Weltreichs begrabenen grösseren Stätten der Eisengewinnung zu neuem Leben wieder erwachten, gingen noch Jahrhunderte in das Land.

Im 8. Jahrh. wurden die alten Werke Noricums (S. 21) wieder in Betrieb gesetzt und wohl in Folge dieser Anregung folgten im 9. Jahrh. die Werke in Böhmen, Sachsen und am Harz, im 10. Jahrh. die spanischen und niederländischen Werke¹⁾.

Zur Zeit Karls d. Gr., der sich besondere Verdienste um die Eisengewerbe erworben hat, war der Verbrauch des Eisens zu kriegerischen Zwecken noch der vorherrschende. Der Kaiser ging selbst stets gewappnet; er soll die erste ganz geschlossene Eisenrüstung getragen haben, woher er den Beinamen „der eiserne Karl“ bekam. Welche Wichtigkeit er dem Eisen, als Material für die Bewaffnung beilegte, geht daraus hervor, dass er die Ausfuhr von Eisen in seinem ganzen Reiche verbot²⁾. Unter Karl und seinen Nachfolgern wurden viele Industriestädte u. A. Soest, Herford, Mühlhausen im Elsass und Limburg a. d. Lahn gegründet, mit deren Aufblühen die Bestrebungen der Gewerbetreibenden, ein vom Alterthum überkommenes Erbtheil, das Joch der unfreien Arbeit, von sich abzuschütteln, festeren Boden gewannen. Der Standpunkt des Alterthums bezüglich der Sklaverei wurde verlassen; die Wandlung des Leibeigenen oder Hörigen des Mittelalters in den freien Arbeiter der neuen Zeit bahnte sich an.

Allmählig wurde das Eisen mehr zu friedlichen Zwecken, zum Ackerbau und zum Hausbau benutzt; doch blieb seine Verwendung in der Baukunst vor der Hand noch eine nebensächliche. Sehr frühe benutzte man es zur Verstärkung von Holzverbindungen und hölzernen Tragwerken. Zur Verankerung von Säulen, welche Gewölbe tragen, bediente man sich starker runder, oder quadratischer Eisenstangen, wie dies in christlichen Basiliken

Fig. 23. Ambos-Unterlage und Gesenke.

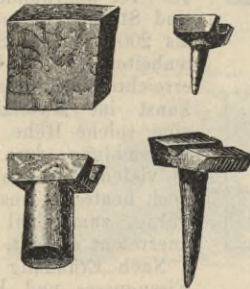


Fig. 24. Ambosse von der Saalburg.



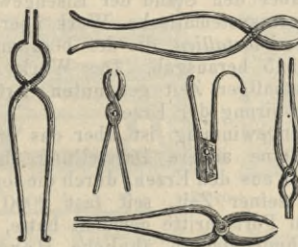
Fig. 25. a) Zuschlaghammer, bei Aliso gefunden. b) u. c) desgl. bei Joublains ausgegraben. Museum von Laval.



Fig. 26. Hämmer, in Pompeji gefunden.



Fig. 27. Altrömische Zangen von der Saalburg und dem „Dimeser Ort“ bei Mainz.



und in Moscheen geschehen ist, z. B. in der 643 gegründeten Moschee des Sultans Omer in Alt-Kairo, und in der 537 erbauten Sophienkirche zu Konstantinopel³⁾. Aehnliche sichtbare Verankerungen finden sich in späteren romanischen und gothischen Bauten⁴⁾. Ziemlich regelmässig wurde ferner das Eisen zu allerlei

¹⁾ Ledebur. Zur Geschichte des Eisens. Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen auf das Jahr 1881. S. 90.

²⁾ Dr. Beck. S. 749.

³⁾ Gottgetreu. Eisenkonstruktionen. S. 6 u. ff.

⁴⁾ Violette duc. Dictionnaire raisonné. Tom. IV. (Construction). S. 199 u. ff.

Beschlägen und zur Herstellung der Standfestigkeit des Fenster-Maasswerks verwendet.

Der Hammer war fast das einzige Werkzeug der alten Schmiede des Mittelalters; die Feile spielte damals noch eine ganz untergeordnete Rolle. Wasserschlämmer und Drahtzüge waren noch nicht bekannt; Draht und Blech musste daher von Hand geschmiedet werden; jedoch leisteten die alten Schmiede mit dem

Fig. 28. Hand-Blasebalg.

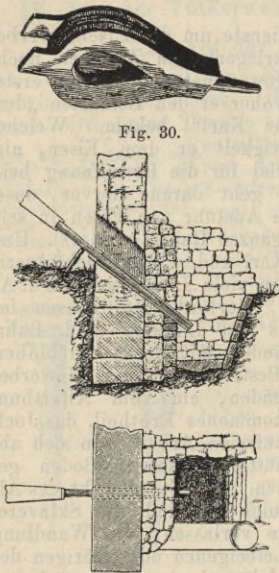
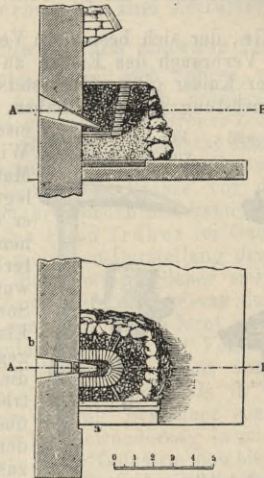


Fig. 30.

Fig. 29.



Hammer und in der Kunst des Schweißens ganz Ausserordentliches. Dagegen gelang es ihnen, mangels mechanischer Hilfsmittel nicht, grosse Schmiedestücke zu schaffen. Selbst bis zum Ende des 18. Jahrhunderts sind Stücke von mehr als 200 kg grosse Seltenheiten¹⁾. Trotzdem erreichte die Schmiedekunst im Mittelalter eine solche Höhe der Entwicklung, dass sie in vielen Beziehungen noch heute als muster-gültig, zum Theil als unerreicht dasteht.

Nach Erfindung des Eisengusses und Einführung zahlreicher mechanischer Hilfsmittel ging es naturgemäss mit der Schmiedekunst bergab. Violet le duc sagt treffend: „En perfectionnant les procédés mécaniques, l'homme néglige peu à peu cet outil supérieur à tout autre, qu'on appelle la main“²⁾.

b. Entwicklung des Verfahrens der mittelbaren Eisen-Erzeugung und Erfindung des Eisengusses.

Eingehendere Nachrichten über den Stand der Eisengewinnung des frühen Mittelalters fehlen uns. Das erste systematische Werk über die metallurgische Litteratur sind die *libri XII, de re metallica*, die der berühmte Chemnitzner Arzt Georg Agricola im Jahre 1515 herausgab. Das Werk enthält eine vollständige Uebersicht aller zu damaliger Zeit gekannten Arten, betreffend die Gewinnung, Bearbeitung und Probirung der Erze.

Das Kapitel über die Eisengewinnung ist aber das dürftigste in seinem Buche; auch kennt Agricola keine andere Darstellung des Eisens als die unmittelbare Gewinnung desselben aus den Erzen, durch die sogen. Rennarbeit, ein Beleg dafür, dass man zu seiner Zeit, seit fast 2000 Jahren, auf dem Gebiete der Eisenbereitung kaum Fortschritte gemacht hatte. Man benutzte bei der Rennarbeit kleine, den Schmiedefeuern ähnliche Herde — später Rennfeuer und Luppenfeuer genannt — auf denen, unter Anwendung schwacher und unvollkommener Gebläse, nur niedrige Hitzegrade erzeugt werden konnten. Das Erz wurde zum Unterschiede von dem beschriebenen katalonischen und korsikanischen Verfahren, (S. 22) über die ganze Herdfläche ausgebreitet und die Schlackenbildung durch vorgängiges Einschmelzen einer bestimmten Erzmengung gefördert. Der eigentliche Herd hatte etwa 30—50 cm Tiefe und die Behandlung eines Satzes von je 0,6 t Erz dauerte etwa 6 Stunden. Man verwendete auch niedrige Schachtöfen, welche, nach aufgedeckten Ueberresten zu urtheilen, in ältester Zeit etwa 1,50 m hoch und 0,50 m weit waren.

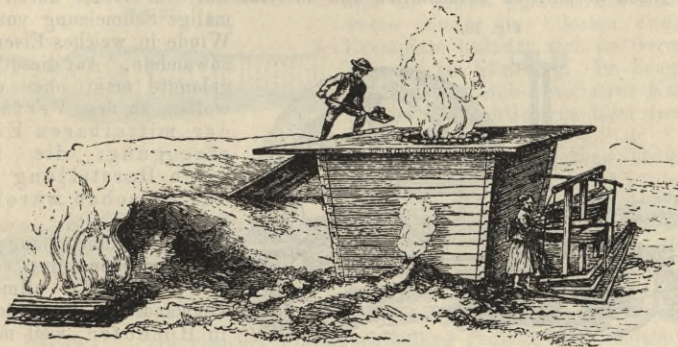
¹⁾ Dr. Beck. S. 839.

²⁾ *Dictionn. de l'arch.* VIII. S. 288.

Eine alte Form der niedrigen Schachtofen waren die sog. Bauern- oder Osmund-Oefen in Norwegen und Schweden, welche noch zu Anfang dies. Jahrh. dort im Betrieb gewesen sind. Der Name Osmund kommt vom schwedischen Assmundz, einer uralten Bezeichnung für schwedisches Eisen. Fig. 31 zeigt einen solchen Osmund-Ofen im Betrieb, Fig. 32 seinen Längendurchschnitt und Grundriss.

Als man mehr und mehr dahin gelangte, statt der reinen, leichtflüssigen Erze auch die strengflüssigen zu verschmelzen, war man zur Erzielung höherer Hitzgrade gezwungen, die Schachtofen zu erhöhen. So entstanden die sog. Wolfsöfen oder Stücköfen, auf deren Sohle sich von Zeit zu Zeit ein mehr oder weniger stahlartiges Erzeugniss — Wolf genannt — ansammelte. Um

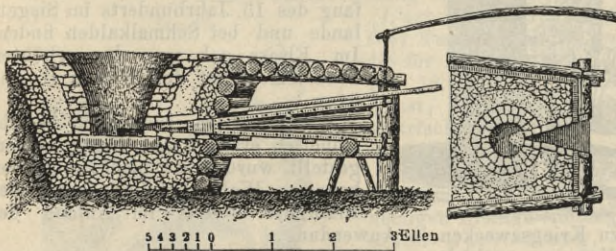
Fig. 31.



dasselbe heraus zu ziehen, brach man den Ofen vorne auf, worauf dann der Wolf durch Schweissen und Schmieden weiter verarbeitet wurde.

Man erhielt auf solche Weise zwar kein besseres Eisen, aber mit einem male grössere Massen, als im Rennheerde. Diese Stücköfen stammen aller Wahrscheinlichkeit nach aus Steyermark, wo sie schon im 13. Jahrhundert in Anwendung waren. Im selben Jahrhundert fing man dort auch an, zur Be-

Fig. 32.



wegung von Stampfwerken, Hämmern und Pochwerken die Wasserkraft, welche bis dahin fast ausschliesslich für Mühlenbetrieb in Anwendung gekommen war, zu benutzen. Im 14. Jahrh. folgte

dann die Verwerthung der Wasserkraft zum Sägen von Brettern, zum Drahtziehen und auch zur Ingangsetzung von Blasebälgen.

Die Drahtmühlen verdienen eine besondere Erwähnung. Im 9. und 10. Jahrh. kannte man nur Drahtschmiede, während später, nach Erfindung der Zieh-scheibe, Drahtzieher und Drahtmüller auftraten. Schon im Jahre 1351 kommt die Bezeichnung Drahtmüller in Augsburg vor.

Die Einführung der Drahtmüllerei wird einem Nürnberger, Namens Rudolph, zugeschrieben. Ihre Einrichtung war, wie Fig. 33 veranschaulicht, noch recht urwüchsig und unterschied sich von der Handzieherei nur dadurch, dass zum Zurückholen der Zange die Wasserkraft eintrat; im übrigen bot sie dem Arbeiter keine Erleichterung.

Als man dazu überging, die Wasserkraft auch zur Bewegung der Blasebälge zu gebrauchen und die alten Handbälge, Fig. 34, wie sie von Agricola beschrieben sind, abschaffte, erhielt man so viel und so stark gepressten Wind, dass man noch grössere Oefen als bisher bauen konnte. In diesen etwa 5 bis 6^m hohen Stücköfen, Blau- oder Blaseöfen¹⁾ genannt, wurde in Folge der höheren Hitze des Schmelzraumes nicht mehr allein ein schmelzbares, stahlartiges Eisen, sondern gleichzeitig auch flüssiges Roheisen erzeugt, das man im Anfang wahrscheinlich, weil es wie Schlacke abfloss, als verunreinigtes Eisen ansah und mit Erz zum nochmaligen Schmelzen oben wieder aufgab.

Man fand aber allmählig, dass das flüssige, für unbrauchbar gehaltene Eisen²⁾ für sich allein vor dem Winde verschmolzen, ein gleichmässiges Erzeugniss, sei es Eisen oder Stahl, lieferte und wurde so dazu geführt, das flüssige Eisen absichtlich darzustellen und dasselbe auf dem Heerde durch noch-

Fig. 33.

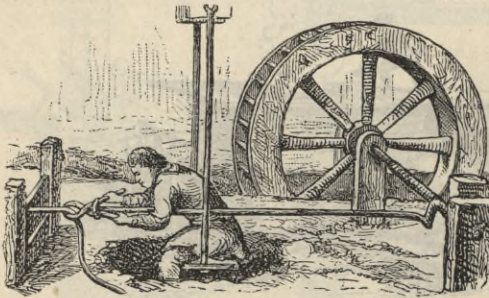


Fig. 34.



malige Schmelzung vor dem Winde in weiches Eisen umzuwandeln. Auf diese Weise gelangte man, ohne es zu wollen, zu dem Verfahren der mittelbaren Eisenerzeugung: die Roheisen-Darstellung und das Frischen waren erfunden.

Im Zusammenhange mit dieser Erkenntniss vollzog sich auch die allmähliche Umwandlung der Stücköfen in Hochöfen, weil man erfahrungsmässig höhere Hitzegrade bezw. ein um so besseres Erzeugniss erzielte, je höher man den Ofen und je stärker man die Windzuführung machte.

Nach Gurlt³⁾ sollen sich die ersten Spuren einer gewerbsmässigen Darstellung des Roheisens schon im Anfang des 13. Jahrhunderts im Siegerlande und bei Schmalkalden finden. Im Elsass gab man den erhöhten Blauöfen zuerst den Namen Hochöfen.

Wann und wo zuerst mit Absicht Roheisen erzeugt und Eisenguss hergestellt wurde, ist nicht genau bekannt. Wahrscheinlich kam der Eisenguss bereits im Anfang des

15. Jahrhunderts zu Kriegszwecken in Anwendung.

Die ältesten Kanonen enthielten eine aus Kupfer und Bronze gegossene Büchse, in welcher die Entzündung vor sich ging und ein fassähnliches Holzrohr, welches der steinernen Kugel die Richtung gab. Später kamen schmiedeeiserner Geschütze auf, die aus einem Bündel heiss zusammen gefügter Ringe bestanden, Fig. 35, aber bald von den Bronzegeschützen verdrängt wurden.

Gusseiserne Kanonen werden in Deutschland zuerst im Hussitenkriege

1) Von „plaa“ (engl. to blow) blasen. Dr. Beck, S. 816.

2) Die kärntnerische Bezeichnung „Graglach“, so viel wie Dreckstein, oder das englische „pig iron“ — Schweineisen — rührt von der allgemeinen Nichtachtung her, mit der man diesem Erzeugniss anfänglich begegnete. Dr. Beck, S. 964.

3) Gurlt, Bergbau- und Hüttenkunde, 2. Aufl. S. 128.

bei der Belagerung von Karlstein (1422) erwähnt¹⁾. Die Kugeln waren damals noch von Stein, oft durch eiserne Ringe gehalten, Fig. 36, von Schmiedeisen, Blei mit eisernem Kern, oder dergl. Die um die Mitte des 15. Jahrhunderts in Flandern allgemeiner gebräuchlichen gusseisernen Kugeln waren zu theuer, um gleich anfänglich in vielfachen Gebrauch zu kommen.

Man ist geneigt, Flandern, dessen Städte im 15. und 16. Jahrhundert durch ihre Leistungen im Artilleriewesen berühmt waren und mit Geschützen einen ausgebreiteten Handel trieben, als dasjenige Land zu bezeichnen, von welchem die Kunst des Eisengusses ausgegangen ist. Nachweislich stellte im Jahre 1412 der Uhrmacher und Büchsenmeister Jacques Yolent für Rechnung der Stadt Lille 2 kleine, tragbare, gusseiserne Kanonen von 21,5 kg Gewicht her, von denen es, wie die Chronik sagt, „ähnliche noch nicht gab“²⁾. Möglich, dass dies die ersten gusseisernen Kanonen gewesen sind; die ältesten erhaltenen Exemplare befinden sich im Germanischen Museum zu Nürnberg. Im Zeughaus zu Murten steht eine gusseiserne Kanone, die aus der Schlacht gegen Karl den Kühnen herrührt (1476).

Fig. 35.

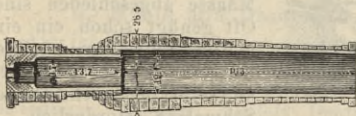


Fig. 36.

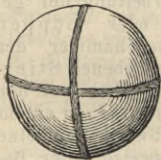
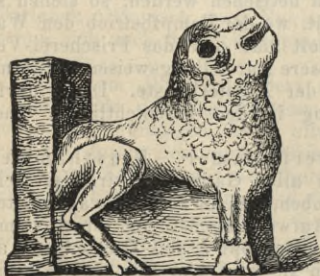


Fig. 37.



Zu friedlichen Zwecken bediente man sich des Gusseisens zuerst in den letzten Jahrzehnten des 15. Jahrhunderts bei der Herstellung von Ofenplatten für grosse Kachelöfen. Fig. 37 stellt eine alte räthselhafte Thiergestalt von Gusseisen dar, die bei Hanau ausgegraben worden ist und wahrscheinlich als Fuss grosser Kachelöfen

mit eiserner Plattenbekleidung gedient hat. Solche aus dem 15. Jahrhundert stammende plumpe gusseiserne Thiergestalten sind mehre erhalten geblieben³⁾.

Es sind Anzeichen dafür vorhanden, dass um diese Zeit auch bereits das schmiedbare Gusseisen in Anwendung kam. Viele, die alten gothischen Bauten zierende Eisenarbeiten sind Erzeugnisse einer solchen Entkohlungsarbeit des Gusseisens. Das Verfahren wurde als Geheimniss gehütet. Die erste Veröffentlichung findet sich 1722 in Réaumur's Werk:

„L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu.“ Hiernach soll die für Kirchen- und Schlossverzierungen im 15., 16. und 17. Jahrhundert angewendete Kunst, Gusseisen geschmeidig zu machen, mehrfach geübt, wieder verloren und von neuem entdeckt worden sein⁴⁾.

So waren also im Ausgange des 15. Jahrhunderts die Grundsteine zum Gebäude der heutigen Eisengewinnung, das sind: die Roheisen-Darstellung, mittelbare Erzeugung des schmiedbaren Eisens und die Eisengiesserei gelegt. Neben den mehr und mehr sich verbreitenden

Hochöfen wurden Frischherde (Frischfeuer) angelegt, um das in jenen erzeugte Roheisen auch zu Schmiedeisen und Stahl weiter zu verarbeiten. Gegenüber den von jetzt ab auf die Aussterbeliste gesetzten Rennherden sparte man bei den neuen Betriebs-Einrichtungen bedeutend an Brennstoff, und, was bei dem

1) Burians. Geschützwesen in Böhmen. — Wurdinger. Kriegsgeschichte von Bayern, Franken von 1347 bis 1506. Bd. I, S. 157.

2) Dr. Beck. S. 913.

3) Dr. Beck. S. 948.

4) Wedding. Darst. des schmiedb. Eisens. S. 465.

rasch wachsenden Bedarf damaliger Zeit noch wichtiger war, man war nunmehr im Stande, in einem Tage ebenso grosse Eisenmengen zu erzeugen, als früher in einer Woche; es war damit die, unsere heutige Zeit bezeichnende Massenerzeugung angebahnt. Die Leistung der Hochöfen damaliger Zeit war im Vergleich zur heutigen Erzeugungsfähigkeit aber immerhin nur winzig zu nennen. Zu Ilseburg am Harz lieferte gegen Ende des 16. Jahrhunderts der dortige Hochofen täglich etwa 750 kg Roheisen, also etwa 100 mal weniger, als ein Hochofen der Jetztzeit¹⁾.

Das Herdfrischen ist sonach das älteste Verfahren zur Darstellung schiedbaren Eisens aus Roheisen. Der Herd oder das Frischfeuer zeigte anfangs fast die nämliche Einrichtung wie ein Rennfeuer. Es war ein niedriger, 4seitiger Behälter, Fig. 38, über dessen Rand hinaus ein schräg abwärts gerichteter Rohr — die Düse — den Wind zuführte. Als Brennstoff dienten Holzkohlen. Die Umwandlung des Roheisens in schiedbares Eisen erfolgt, indem man ersteres tropfenweise vor dem Winde schmilzt, wobei Silicium,

Fig. 38. *r* Roheisen-Barren auf Holzrollen zugeführt. *h* Herd. *s* Schlackenabfluss. *w* Wasserkühlung. *d* Düse, bezw. Wind-einführung.

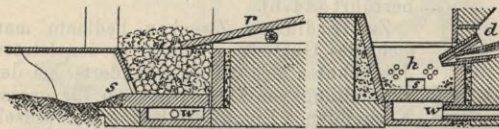
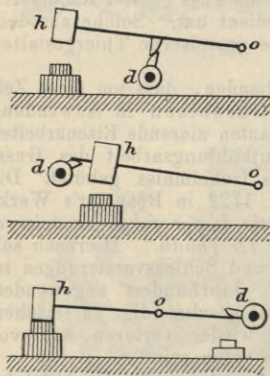


Fig. 39, 40, 41.



Mangan und Kohlenstoff oxydirt werden (S. 3) und indem man dies Verfahren so oft wiederholt, bis jene Körper in gewünschtem Maasse abgeschieden sind. Oft genügt schon ein einmaliges Schmelzen; häufiger ist aber ein zwei- oder drei- und selbst noch mehrmaliges Schmelzen erforderlich.

Der Aufschwung des Frischerei-Betriebes förderte naturgemäss auch die Ausbildung der Hammerwerke zur Weiterverarbeitung der gewonnenen Eisenballen, Deule oder Luppen genannt. Auf die Hand-Schmiedehämmer der Alten folgten die durch Wasser betriebenen Stielhämmer des Mittelalters. Bei denselben war der eigentliche Hammer, der Hammerkopf, an einem Stiel, dem Helm, befestigt. Obwohl einzelne Gattungen dieser Hämmer, vorzugsweise unter Benutzung von Wasserrädern oder Turbinen, heute noch hier und da betrieben werden, so stehen sie doch seit der Zeit, wo der Dampftrieb den Wassertrieb überholt hat und das Frischerei-Verfahren durch bessere Darstellungsweisen verdrängt worden ist, auf der Aussterbeliste. Daher dürfte ihre Beschreibung in den geschichtlichen Theil gehören.

Man unterscheidet gewöhnlich Aufwerfhämmer, Brusthämmer, Stirnhämmer und Schwanzhämmer. Bei allen Gattungen wird der Helm mit dem Hammerkopf durch Hebedaunen gehoben, welche an einer wagerechten, sich drehenden Welle befestigt sind. Beim Aufwerfhammer und Brusthammer greifen die Daunen *d* am Helm zwischen Hammerkopf *h* und Drehachse *o* an, Fig. 39; beim Stirnhammer, Fig. 40, greifen sie vor dem Hammerkopfe und beim Schwanzhammer, Fig. 41, hinter der Drehachse *o* an. Brusthammer und Aufwerfhammer unterscheiden sich im Wesen nur dadurch, dass bei diesem die Daunenwelle parallel zum Helme liegt, während bei jenem Daunenwelle und Helmrichtung sich — meist rechtwinklig — schneiden.

Die Stielhämmer haben immer gleichen Hub und üben daher stets die nämliche Schlagwirkung aus. Um auch bei geringerem Hube dieselbe Schlag-

¹⁾ Wedding. Beiträge zur Geschichte des Eisenhüttenwesens im Harz. Zeitschrift des Harzvereins 1881.

wirkung bei einer grösseren Zahl von Schlägen zu erzielen, lässt man den Hammer, nachdem er den Daumen verlassen hat, gegen einen elastischen Körper — die Prellung — schlagen, welche ihn in die Anfangsstellung zurück wirft.

Zu keiner Zeit hätten die neuen Einrichtungen im Eisenhüttenwesen kräftiger Wurzel schlagen können, als in jenen denkwürdigen Tagen des 15. Jahrhunderts, in denen man auf allen Gebieten des Lebens den Hauch einer neuen Zeit verspürte. Während die zivilisirten Staaten Europas im Sturme und Drange dieser Zeit die Schwelle des eisernen Zeitalters überschritten, enthüllte sich ihren erstaunten Blicken jenseits des Ozeans eine neue Welt, bewohnt von harmlos friedlichen Naturvölkern, die unberührt von der kulturbelebenden Macht des Eisens ihr Dasein fristeten. Vielleicht mit Ausnahme einer einzigen Völkerschaft an der Mündung des La Plata war den Eingeborenen der neuen Welt zur Zeit ihrer Entdeckung das Eisen völlig unbekannt; jenes Volk am La Plata besass Pfeile, die mit Eisen beschlagen waren, das, wie man glaubt, aus gediegenen Massen genommen wurde. Die mächtigen Kulturstaaten Mittel-Amerikas befanden sich zur selben Zeit in einer Bronzeperiode; die nord-amerikanischen Indianer trugen dagegen kupferne Waffen, die sogar ohne Anwendung von Feuer ihre Form erhalten hatten.

V. Vom Zeitalter der Entdeckungen bis auf die Gegenwart.

a. Kohle und Dampf, die Bundesgenossen des Eisens.

Als im 16. und 17. Jahrhundert, unter den Nachwirkungen des Zeitalters der Entdeckungen und Erfindungen, der Bedarf an Eisen zu allen Werken des Krieges und Friedens sich steigerte und in Folge dessen die Eisenindustrie an Ausdehnung gewann, behielt Deutschland, das den ersten Anstoss zu den wichtigen Aenderungen auf dem Gebiete des Eisenhüttenwesens gegeben hatte, einstweilig die Führung. Der Ruf unseres Vaterlandes war in jener Zeit noch so gross, dass das Ausland zur Einrichtung und Ueberwachung neu zu gründender Eisenwerke mit Vorliebe fachkundige Deutsche heran zog. Selbst Schweden, das sich schon im 7. Jahrhundert den Beinamen „Järnbäräland“, d. i. Mutterland des Eisens beigelegt hatte, lernte noch von Deutschland; Gustav Adolph berief zahlreiche Deutsche nach Schweden, welche dort die Eisenindustrie in Schwung brachten.

Die Führerschaft Deutschlands währte aber nicht lange. Durch die Entdeckung Amerika's und der neuen Seewege übertrug sich allmählich der Mittelpunkt des Weltverkehrs von den Gestaden des Mittelmeeres auf die Küstenländer des Ozeans; er wanderte von Italien über Portugal, Spanien und die Niederlande allgemach nach England und unter dem Drucke dieser Verhältnisse verschob sich auch der Schwerpunkt der Eisenindustrie und zwar zu ungunsten Deutschlands.

Schon vom 18. Jahrhundert an sehen wir alle wichtigen Verbesserungen auf dem Felde des Eisenhüttenwesens von England ausgehen, das in Folge seiner einzig günstigen Lage allen Handelsküsten der Welt gegenüber und unterstützt durch den Gewerbefleiss seiner Bewohner, selbst unter schweren, kostspieligen Kriegen mit den Nebenbuhlern, seine die See und den Handel beherrschende Stellung wahrte und festigte.

Als sich die geschilderte Umwälzung vollzogen hatte, lagen Englands unermessliche Kohlenschätze noch unbehoben. Man hatte zwar schon lange Steinkohle zum Schmieden verwendet, aber der geringe Verbrauch fiel den Unmassen von Holzkohlen gegenüber, welche die mehr und mehr sich ausbreitenden Hochofenwerke verschlangen, nicht in's Gewicht. Man ging in England, wie auch in andern Ländern, mit dem Holze nicht sparsam um, weil man währte, der Ertrag der Forsten sei unerschöpflich und nur mit Hilfe des grossen Hüttenbedarfs liesse sich eine geeignete Einnahme aus den Forsten erzielen. Aus diesem Grunde leistete man der Anlage von Eisenwerken in walddreichen Gegenden mit allen Mitteln Vorschub und gelangte bald zu deren Entwaldung. So erwuchs der Forstwirtschaft eine Gefahr und im Laufe des 18. Jahrh. waren die Missstände derartig drückend geworden, dass die

künftige Beschaffung der schon zum Bedürfniss gewordenen Eisenmengen — weil dieselbe ohne bedeutende Mengen von Holzkohlen nicht zu ermöglichen war — ernstlich in Frage gestellt erschien. Aber Noth bricht Eisen und macht erfinderisch; in vorliegenden Falle führte sie zu einer besseren Verwertung der Steinkohle, welche man bislang neben der Holzkohle als Stiefkind behandelt hatte.

Die Vortheile der Verwendung von Steinkohle liegen auf der Hand. Völlig trockenes Holz enthält etwa 50% Kohlenstoff, giebt aber nur 20% Holzkohle; 0,6 der Kohlenstoffmenge verflüchtigen sich also. Dagegen liefert die Steinkohle $\frac{3}{4}$ an Kohlenstoff.

Die Einführung der Steinkohle war, wie alle Neuerungen, anfänglich von Vorurtheilen begleitet. Man hielt den Kohlendunst für die Ursache ansteckender Krankheiten u. dgl., so dass das Brennen der Kohle bei Strafe verboten ward. Im Tower befindet sich sogar ein Dokument, nach welchem ein Mann gefoltert wurde, weil er die Luft seiner Nachbarschaft durch Kohlendunst vergiftet habe¹⁾. Noch im Jahre 1603 fasste das englische Parlament den Beschluss, es dürften in London wegen der schädlichen Ausdünstungen keine Steinkohlen mehr gebrannt werden. Selbst im Jahre 1654, nachdem in England, innerhalb der Zeit von 1627—1630, drei Patente auf Anwendung der Steinkohle (See- oder Schachtkohle) zur Erzeugung von Roh- und Stabeisen genommen waren, von denen jedoch nur dasjenige von Dudley Erfolg hatte, führte noch die Stadt Newcastle beim Parlament gegen die Verwendung des neuen Brennstoffs Beschwerde.

Das hauptsächlichste Hinderniss für die allgemeine Einführung des letzteren beruhte in dem Umstande, dass man sowohl zur Förderung der Steinkohle und von Wasser aus den Tiefen der Bergwerke, als auch zum Betriebe der Hüttenwerke allein auf die treibende Kraft des Wassers angewiesen war. Dadurch ergaben sich kostspielige Transporte in den Bergwerken, und von dort zu den Hüttenwerken. Diese Zwangslage änderte sich aber mit einem Schlage, als die seit Jahrhunderten gepflegte Idee der Nutzbarmachung der Dampfkraft in Folge der Erfindungen von Savery und Newcomen (1712) durch Aufstellung einer fest stehenden Dampfmaschine für die Wasserhebung in den Bergwerken zu Wolverhampton in die Wirklichkeit übersetzt wurde.

Mit Hilfe des Dampfes konnten fortan nicht allein Wasser und Kohle aus beliebiger Tiefe und billig zu Tage gefördert werden, sondern, was an manchen Orten noch wichtiger war, die Hüttenwerke waren von dem Zwange der Benutzung der Wasserkraft befreit und konnten sich, um billige Transporte zu erzielen, in der Nähe der Kohlenfelder anbauen. Englands mächtige Kohlenlager erfreuten sich einer besonders günstigen Lage, da man in ihnen neben der Kohle auch das Eisen fand, u. z. im Kohleneisenstein oder Blackband, jenem vorzüglichen Erze, aus welchem fast $\frac{9}{10}$ der in England erzeugten Eisenmasse geflossen sind.

Da die Verkokung der Steinkohle von ihrer 1640, durch den Anhaltiner Daniel Stumpffeld erfolgten Erfindung her schon bekannt war, so verlohnte es sich nunmehr der Mühe, die billige Kohle auch für den Hochofenbetrieb, in Form von Kokes nutzbar zu machen. Dies geschah zum ersten male in dem, gegen Mitte des 17. Jahrhunderts gegründeten, nachmals durch seine Erstlingsleistungen so berühmt gewordenen Eisenwerke von Colebrook Dale in Shropshire im Jahre 1735 und bald darauf in Horsehay²⁾. Damit war eine grosse That vollbracht, die für immer ein wichtiger Markstein in der Geschichte des Eisens bleiben wird. Denn, weil man in den Steinkohlen-Hochöfen wegen der höheren Hitzegrade grössere Massen und besseres Roheisen erzeugen konnte, als vordem, so rechnet vor ihrer Inbetriebsetzung die ausgedehnte Verwendung des Guss Eisens zu Tragwerken aller Art.

Der neue Betrieb fand in England raschen Eingang. Im Jahre 1778 zählte man dort 59 Hochöfen mit Steinkohlen- und 26 Hochöfen mit Holzfeuerungs-

¹⁾ Fleck u. Hartig. Geschichte, Statistik und Technik der Steinkohlen Deutschlands und anderer Länder. 1865.

²⁾ Nach Gurlt. A. a. O.; nach Andern 1709 oder 1713 und 1740.

Betrieb; 8 Jahre später war die Zahl der Steinkohlen-Hochöfen bereits auf 121 gewachsen. Die Leistung der ersten Kokes-Hochöfen war noch gering. In Horsehay wurden jeden Tag etwa 3^t erzeugt und in Gleiwitz, O.-Schlesien, wo in den Jahren 1794 und 1795 der erste Kokes-Hochofen des Continents, 12,9^m hoch, erbaut und 1796 angeblasen wurde, bezifferte sich die Leistung anfangs auf nur 1^t täglich, steigerte sich aber bis 1800 auf mehr als das Dreifache¹⁾.

Weiter griff die Dampfkraft gewaltig fördernd in das Getriebe des Hüttenwesens ein. 1768 errichtete Watt und Roebuck die erste Kolbenmaschine für die Zwecke der Wasserhebung in einem Schachte zu Kinneal-House; 1760 führte Smeaton auf der Carron-Hütte in Schottland an Stelle der veralteten hölzernen Kastengebläse das erste gusseiserne Zylindergebläse ein, welches Massen von Wind in beliebiger Pressung lieferte, und bald darauf (1769) durch Watt und Bulton's verbesserte Dampfmaschinen betrieben werden konnte. Die Verbesserungen auf dem Gebiete des Eisenhüttenwesens und der Dampfmaschinen gingen dabei Hand in Hand; Eisen und Dampf stützten und hoben sich gegenseitig; das Gusseisen war ein vorzügliches Material für die Einkleidung der bahnbrechenden Ideen von James Watt. Die ersten Dampfkessel waren von Gusseisen; die Dampfzylinder sind es heute noch.

Sehr bald hatte das Gusseisen seinen Nebenbuhler, das Holz, beim Maschinenbau und auch auf anderen Gebieten verdrängt. Smeaton verwendete es u. a. bei seinen Mühlen und zur Erbauung des Leuchthturms von Eddystone. In Colebroke Dale goss Reynolds am 13. November 1767 die erste brauchbare Schiene für die Pferde-Kohlenbahnen des Werks und 3 Jahre später goss man dort die erste eiserne Brücke, die gusseiserne Bogenbrücke über die Saverne, 1776—1779 erbaut, mit etwa 31^m Spannweite. Das Gusseisen gewann dadurch immer mehr an Bedeutung, besonders auch im Brückenbau. Payne vermochte nach Wilson's Zeichnungen 1793—1796 die aus kleinen Stücken zusammen gesetzte gusseiserne Bogenbrücke über den Wear zu Wearmouth bei Sunderland zu erbauen, welche etwa 72^m Spannweite hatte und so hoch über dem Wasserspiegel lag, dass die Schiffe mit vollen Segeln durchfahren konnten. Die grösste Spannweite bei Brücken aus Gusseisen — 73^m — erreichte Rennie bei der Londoner Southwark-Brücke (1814—1819)²⁾.

Es war eine denkwürdige Zeit in welcher die Grundsteine der Technik für kommende Jahrhunderte in den hierzu von langer Hand her vorbereiteten Boden gelegt wurden. Die von den Leuchten der mathematischen Wissenschaften Newton, Huyghens und ihrem Gefolge gestreute Saat war aufgegangen; die Dampfkraft hatte auf den wichtigsten Gebieten des Handels und der Gewerbe, beim Bergbau (1712) im Hüttenwesen (1769), bei der Baumwoll-Spinnerei (1783) und bei der Seefahrt (1783—1788), neues Leben entfacht, und es hatte das Eisen auf dem Felde der Maschinen- und Baukonstruktionen eine unumschränkte Herrschaft sich errungen, welche es vornehmlich dem Wirken seiner mächtigen Bundesgenossen, dem Dampf und der Kohle, verdankte.

b. Die Erfindung des Puddel-Verfahrens und seine Folgen.

Der Einführung der Steinkohlen bei der Roheisen-Darstellung folgten wegen des geschilderten Mangels an Holzkohle naturgemäss Versuche, den fossilen Brennstoff auch beim Herdfrischen zu verwenden; diese Versuche mussten aber gänzlich misslingen. Denn so vorthailhalt sich auch die Kokes im Hochofen verwerthen liessen, so schädlich wirkten sie wegen ihres Aschen- besonders Schwefelgehalts auf die Beschaffenheit des gefrischten Schmiedeisens, weil bei dem herkömmlichen Verfahren des Frischens Eisen und Kohle in unmittelbare Berührung gelangen. In Folge dieser Nothlage, welche um so drängender war, als das durch den neuen Hochofenbetrieb in immer grösseren Massen erzeugte Roheisen auf dem Herde nicht schnell genug in Schmiedeisen verwandelt werden konnte, gelangte 1784 die damals allerdings nicht mehr neue Idee, das Roheisen im Flammofen mit Steinkohle zu schmelzen durch den Eisenwerk-Besitzer

¹⁾ Zeitschr. f. das Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Preuss. Staate. Bd. 22. S. 253.

²⁾ Ausführlicheres im Handb. d. Ingen.-Wissensch. II. Brückenbau. 2. Theil. Bogenbrücken und die Litteratur-Angaben dasebst. S. 545.

Henry Cort zur praktischen Reife. Im Flammofen liegen Brennstoff und Eisen von einander gesondert und das Frischen des letzteren wird allein durch die aus der Steinkohle entwickelte Flamme bewirkt. In Cort's Patent von Jahre 1784 heist es: „*by a process of puddling, exposed to the current of flame and air the cast metal could be rendered malleable*“.

Nach dem Zeitwort „to puddle“ (durcharbeiten, durchrühren) wurde die neue Erfindung als Puddel-Verfahren bezeichnet.

Cort hatte mit seiner Erfindung kein Glück. Er ging bei der praktischen Durchführung derselben finanziell zu Grunde und starb in Armuth. Erst nach 1787 brachte der Hüttenmeister Crawshay das neue Verfahren des Flammofen-Frischens zu derartiger Vervollkommnung, dass seiner allgemeinen Einführung nichts mehr im Wege stand. Nunmehr erst konnte die Schmiedeisen-Erzeugung mit der Roheisen-Darstellung gleichen Schritt halten; denn man vermochte im Flammofen in einem Tage dieselbe Masse zu erzeugen, deren Fertigstellung auf dem Frischherde eine Woche in Anspruch nahm.

Die ersten Puddelöfen waren noch sehr Verbesserungsbedürftig. Die Sandböden derselben gestatteten nur langsame Arbeit, verursachten starken Eisenabbrand und lieferten häufig schlechtes Eisen, weil die nicht zu vermeidende kieselsäurereiche Schlacke die Abscheidung des Phosphors aus dem Roheisen behinderte. Man war deshalb gezwungen, das Roheisen entweder durch Feinen (S. 5) für den Puddelofen vorzubereiten oder nur phosphorarmes Roheisen zu verwenden. Diese Uebelstände wurden nach Einführung der eisernen Böden durch Baldwin Rogers im Jahre 1818 und nach der einige Jahre später durch Joseph Hall erfolgten Einführung des Schlackenherdes beseitigt. Man war damit grundsatzmässig von der „sauren“ zur „basischen“ Ausfütterung des Herdes übergegangen, erreichte dadurch die Bildung einer stark basischen Schlacke und demgemäss ein reines Schmiedeisen (S. 4). Rogers giebt an, dass es durch seine Erfindung der eisernen Böden, welche zuerst von Harford in Südwaales praktisch angewendet wurde, gelungen sei, in einem Ofen, der früher wöchentlich höchstens 8 t Eisen gab, die 3fache Masse zu erzeugen.

Von Roger's Erfindung ab schreibt sich auch erst die allgemeine Einführung des Puddelns an Stelle des Herdfrischens. Die ausreichende Abscheidung des Phosphors in einer Schmelzung wurde erst seit der Einführung des Schlackenherdes ermöglicht. Damit wurde auch das alte Verfahren, das Trockenpuddeln auf Sandboden mit seinen zur Entsilicierung des Eisens nothwendigen Vorbereitungsarbeiten verlassen und das Schlackenpuddeln, wie es heute noch geübt wird, eingeführt (vergl. unter B. III).

Die Nothwendigkeit, die grosse Masse der aus dem Puddelofen kommenden Luppen rasch und bequem von Schlacken zu reinigen, hatte Cort bereits im Jahre 1783 zur Erfindung gusseiserner Furchen-Walzen (*grooved rolls*) geführt, auf denen das Reinigen — Zängen — bedeutend schneller und gründlicher vorgenommen werden konnte, als unter den alten Hämmern. Damit war der erste Anstoss zum Walzen der Formeisen gegeben, obwohl die Kunst, schwierigere Formen zu walzen, lange Jahre gebräuchte, um zur Vollendung zu gelangen.

Anfangs walzte man Stabeisen in einfachen Formen, welche man vordem geschmiedet und u. a. auch bereits für einfache Hochbau-Tragwerke und für Kettenbrücken benutzt hatte. Allmählich lernte man auch grosse und starke Bleche walzen, so dass an Stelle der gusseisernen Dampfkessel nunmehr solche aus genietetem Eisenblech treten konnten. Das Walzeisen musste sich sein Gebiet nach und nach erobern. Zu eisernen Tragwerken wurde es wahrscheinlich zuerst im Schiffsbau verwendet, wozu die Dampfmaschine Veranlassung gab, da die hölzernen Schiffe sich anfänglich zu schwach erwiesen, um die schwere Last der Maschine auf dem langen Kiel zu tragen. Man musste darauf Bedacht nehmen, denselben zu verstärken und griff zum Eisen. Die hölzernen Verbandstücke der Rippen, Balken und Planken wurden aus Eisen gemacht, ebenso anstatt der hölzernen Knie eiserne angewendet.

Im Jahre 1820 führte Aron Manby auf dem Eisenwerke Tipton bei

Birmingham die ersten Blechträger aus, welche zur Unterstützung eines Schiffsdeckes dienten. Im selben Jahre gelang es John Berkinshaw zu Bedlington die erste brauchbare schmiedeiserne Schiene zu walzen. Die erste schmiedeiserne Schiene überhaupt — welche sich aber wegen ihres flach-eisenförmigen Querschnitts nicht bewährte — war bereits im Jahre 1805 von Nixon für die Kohlenbahn der Walbottle-Grube bei Newcastle upon Tyne gewalzt worden.

Unterdessen waren die Eisenbahnen im Werden begriffen. Während die Dampfkraft bereits mit glänzendem Erfolge zur Fortbewegung der Schiffe benutzt wurde und Fulton's Prophezeiung, dass er „das Meer zum Gemeingut aller Nationen machen werde“, in Erfüllung gegangen war, waren die rastlosen Bestrebungen, die Dampfkraft auch zum Fortbewegen von Fuhrwerken auf dem Lande nutzbar zu machen, bis dahin vornehmlich an der Unmöglichkeit, eine geeignete Bahn zur Aufnahme der schweren Dampfwagen herzustellen, gescheitert. Die nur vermöge ihrer Reibung auf den Schienen rollende Lokomotive war bereits vorhanden; bevor aber „Mann und Weib“, wie Stephenson die Lokomotive und das Gleis wegen ihrer Zusammengehörigkeit treffend bezeichnete, mit einander auskommen konnten, musste die eiserne Bahn erst zu jener Vollendung gedeihen, der sie durch die Erfindung des Puddel- und Walzverfahrens wie beschrieben, entgegen geführt ward.

Die Einzelheiten dieses Verfahrens und der damit zusammen hängenden Stabeisen-Erzeugung in Furchen- oder Kaliber-Walzen wurden englischer Seits in den Schleier des strengsten Geheimnisses gehüllt. So kam es, dass die Verpflanzung des Verfahrens nach dem Kontinente über Frankreich und Belgien nach Deutschland hin erst lange Zeit nach Erfindung desselben erfolgte.

Das erste Puddelwerk des Festlandes entstand 1818 zu Creuzot in Frankreich; ihm folgte 1823 die Anlage der ersten Puddelöfen auf einem kleinen Werke zu Couillet in der belgischen Provinz Charleroi und 1824 der erste deutsche Puddelofen, welcher zu Rasselstein an Stelle der dort schon bestehenden Frischhämmer und Blech-Walzwerke erbaut wurde. Das erste deutsche Eisenblech-Walzwerk soll im Jahre 1800 zu Spillenberg bei Steele in Westfalen entstanden sein. 1822 fing man, zuerst in Eschweiler, an, Draht zu walzen.

c. Eingriff der Eisenbahnen in das Hüttenwesen.

Wie auf allen Gebieten des geistigen und materiellen Lebens, so führten die Eisenbahnen auch auf dem Felde der Eisengewerke eine grosse Umwälzung herbei. Die Nothwendigkeit, jene gewaltigen Eisenmassen, welche die Konstruktionen des Oberbaues, der Fahrmittel und des Unterbaues der Eisenbahnen verschlangen, in kürzester Frist zu beschaffen, zwang die Hüttenwerke zur Erweiterung und Verbesserung ihrer Hochöfen- und Puddel-Anlagen.

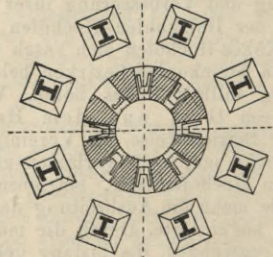
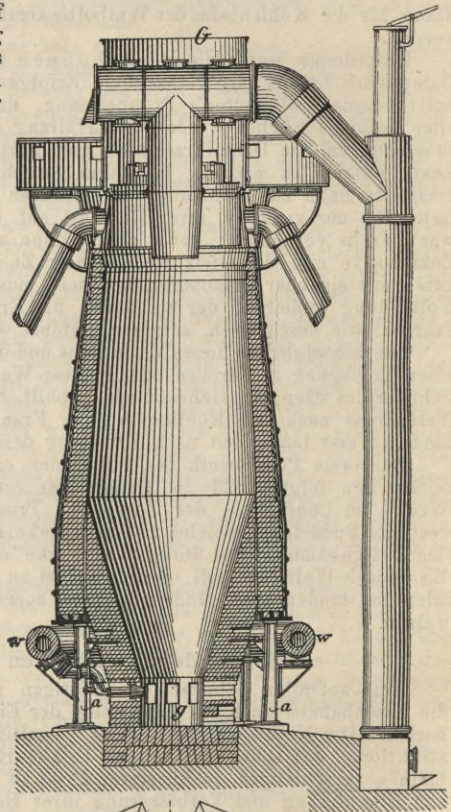
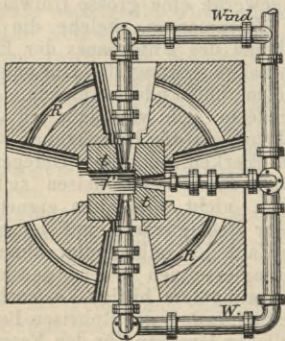
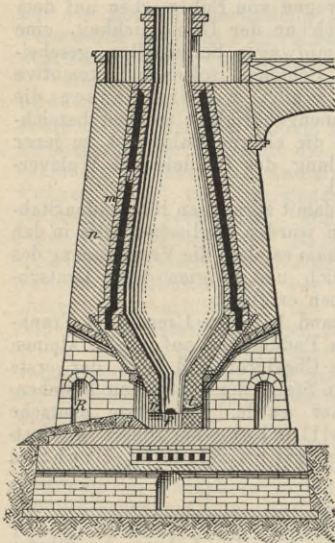
Die Zahl der Holzkohlen-Hochöfen verminderte sich von Jahr zu Jahr, während die Kokes-Hochöfen sich rasch vermehrten, da die Eisenbahnen selbst abseits von den Steinkohlen-Bezirken belegen Werken reichliche Gelegenheit zur Beschaffung billiger Kokes boten. Weil nun das Kokes-Roheisen sich zu unmittelbarem Guss aus dem Hochofen nicht besonders eignet, so wurde die alte Betriebsweise der Vereinigung der Eisengiesserei mit der Hochofen-Anlage mehr und mehr verlassen und die Zahl der selbständig, ohne Anschluss an ein Hochofenwerk, betriebenen Eisengiesserzien wuchs zusehends, um so mehr, je mehr die Ausbreitung des Eisenbahnnetzes billige Verfrachtung des Roheisens begünstigte. Durch die mächtige Steigerung des Roheisen-Bedarfs sah man sich gezwungen, die bislang gebräuchlichen Grenzen für den Fassungsraum der Hochöfen beträchtlich zu überschreiten, und dabei stellte es sich als zweckmässig heraus, auch die äussere Gestalt der Oefen (Fig. 38), einer Aenderung zu unterziehen.

Die Meinung unserer Vorfahren, man müsse nothwendigerweise den Ofenschacht durch eine möglichst dicke Mauerwerkshülle — den Rauchschat oder das Rauchgemäuer — vor Wärmeverlusten schützen, wurde angesichts der Kostspieligkeit, Unbequemlichkeit und Ausbesserungs-Bedürftigkeit einer

solchen Anlage, nicht mehr für maassgebend erachtet. Deshalb baute man, zuerst in Schottland, in den 40er Jahren, Hochöfen, bei denen an die Stelle des Rauchschachtes ein eiserner Blechmantel trat, welcher mitsammt dem Ofenschacht sich auf einen von Säulen getragenen Gusseisenkranz stützte, Fig. 42, 43.

Diese sogen. schottischen Oefen verschafften sich aber auf dem Kontinente erst ganz allmählig Eingang. Man behielt anfangs das Rauegemäuer doch noch bei und bequemte sich nur zur Anwendung

Fig. 42, 43.



des eisernen Schacht-Tragwerks, weil es dadurch möglich wurde, den untern Theil des Ofenschachtes, das Gestell, in welchem sich der Verbrennungs- und Schmelzraum befindet, frei liegend, zugänglicher und weniger der Ausbesserung bedürftig zu erhalten.

Einen grossen Fortschritt im Hochofen-Betriebe brachte die Einführung der erhitzten Gebläseluft mit sich. Auf die Vortheile der erhitzten Luft im Vergleich zur kalten hatten schon Seddler um 1799 und Leuchs um

1822 hingewiesen. Aber erst 1829 stellte Neilson in Glasgow, im Verein mit Mackintosh und Wilson, auf den Clyde Iron Works durch Versuche in grösserem Massstabe den Nutzen ihrer Anwendbarkeit beim Hochofenbetriebe fest. Es ergab sich dabei nicht allein eine bedeutende Ersparniss an Kohlen, sondern auch eine erhöhte Erzeugungsfähigkeit und in Folge dessen wurde die Benutzung erhitzter Gebläseluft bald auf allen Hochofen-Werken eingeführt.

Eine weitere Verbesserung des Hochofen-Betriebes trat durch die Ausnutzung der aus der oberen Oeffnung — der Gicht — abziehenden Gase ein. Die ersten Versuche dieser Art stellte 1792 Christie auf der Devonhütte in Schottland an und im Jahre 1818 wurden von Aubertot in Frankreich Gichtgase zum Kalkbrennen, Erzrösten u. dgl. verwendet. 1836 nahm Sire ein Patent auf Benutzung der Gichtgase zur Stabeisen-Bereitung. Obgleich ein solches Verfahren 1837 von dem Württembergischen Bergrath Faber du Four, dem Leiter des grossartigen Hüttenwerks zu Wasseralfingen, schon praktisch durchgeführt wurde, so hat sich doch im Verlaufe der Zeit herausgestellt, dass die Benutzung der Gichtgase wohl zur Erhitzung der Dampfkessel für die Gebläse-Maschinen, zur Erhitzung des Gebläsewindes und zum Rösten der Erze vorthellhaft ist, dass dagegen ihre Verwendung zu Zwecken, welche mit dem Hochofen-Betriebe nichts zu schaffen haben (z. B. Ziegelbrennen, Puddeln, Schweissen u. dgl.), nicht empfohlen werden kann. Faber du Four und gleichzeitig Taylor in Marseille waren die ersten, welche die Gase dem Hochofen in unverbranntem Zustande entzogen, um sie an beliebigen andern Orten zu verbrennen. Ersterer erhielt dadurch die Anregung zur Ausbildung der Gasfeuerung überhaupt und zur Darstellung von Heizgasen in Generatoren.

Das Herdfrisch-Verfahren hatte wenig Fortschritte zu verzeichnen, weil es mehr und mehr vom Puddel-Verfahren verdrängt ward. Auch konnte der jährliche Zuwachs an Holz, bezw. die Beschaffung der erforderlichen Holzkohlen mit dem wachsenden Eisenbedarf nicht Schritt halten. Alle Holzkohlen der Erde zusammen genommen würden z. B. nicht ausreichen, um mit ihrer Hilfe den heutigen Eisenbedarf der Menschheit in Frischherden allein zu erzeugen. Nur noch die vorzügliche Güte des Holzkohleneisens sprach für Beibehaltung der Frischherde.

Bei den Puddelanlagen war man um so eifriger auf Verbesserungen des Betriebes bedacht, als die Güte des ihnen entstammenden Eisens anfänglich sehr viel zu wünschen übrig liess; namentlich zeigte es starke Neigung zum Rothbruch (S. 4) und war häufig sehr verunreinigt. Diese Uebelstände wurden beseitigt, als man in den mit eisernen Böden (S. 32) versehenen Puddelöfen überall einen Schlacken-Herd einrichtete und gleichzeitig ein verbessertes Puddel-Verfahren, das Schlacken-Puddeln¹⁾ einführte, von welchem bereits S. 32 die Rede war und dessen Einzelheiten weiterhin (unter B.) beschrieben werden. Die Puddelwerke waren nunmehr in den Stand gesetzt, den Eisenbahn-Gesellschaften Massen von Schienen von guter Beschaffenheit zu liefern, um so mehr, als auch die Vorrichtungen zum Reinigen der Luppen durch Einführung der Press- und Damphämmer sich inzwischen vervollkommnet hatten. Schon der Erfinder der Dampfmaschine, James Watt, hatte im Jahre 1784 ein Patent auf die Konstruktion eines Damphammers genommen; er erlebte aber die Ausführung seiner Idee nicht. Erst ein halbes Jahrhundert später, nachdem der Aufschwung der Eisengewerke dazu gedrängt hatte, trat der Dampf-Hammer in Wirksamkeit. Seit 1833 war der Ingenieur Nasmyth in Patricoft bei Manchester mit seiner Konstruktion beschäftigt und im Jahre 1842 konnte er auf dem Eisenwerke Creuzot in Frankreich, wie auch auf der Königin-Marienhütte in Sachsen die ersten beiden Damphämmer betriebsfähig einrichten.

Bald darauf war der Dampfhammer in allen grössern Eisenwerken und Maschinenbau-Anstalten zu finden. Die Herstellung mancher Eisenkolosse für die Zwecke der Artillerie und Marine: Kanonen, Anker, Kurbelschäfte, Schiffsstevens, Knie und Wellen ist erst seit der Einführung der Damphämmer möglich geworden.

In Folge der massenhaften Schienenbestellungen gedieh gleichzeitig auch

¹⁾ *Wet puddling, pig-boiling, boiling-process.*

das Walzverfahren zu grösserer Vollendung und die Folge hiervon war die Einführung zweckmässiger Schienenprofile. Die gusseiserne Schiene wurde vollständig verdrängt und schon im Jahre 1831 kam die breitbasige Schiene, annähernd in der heutigen Form, durch Stevens, zur Einführung.

Bei den Fahrmitteln verwendete man bis 1826 noch gusseiserne Speichenräder mit angegossenen Reifen, welche sich aber schnell abnutzten, öfter sprangen und Unfälle veranlassten. Räder mit schmiedeisernen Reifen oder Bandagen¹⁾ wurden zuerst von Wood auf der Killingworth-Eisenbahn in den Betrieb gebracht und das erste Reifen-Walzwerk entstand 1827 auf der Bedlington-Hütte. Die schmiedeisernen Speichenräder erfand W. Losh im Jahre 1830. Eine Folge der Verbesserung in der Räderkonstruktion war Verstärkung der Schiene und Vergrösserung des Gewichts und der Leistungsfähigkeit der Lokomotive.

Als Beispiel für den gewaltigen Einfluss, den diese und andre einschneidende Verbesserungen der Fahrmittel, abgesehen von ihrer Wirkung auf den Verkehr, auf die Arbeitsthätigkeit der bei ihrer Herstellung beschäftigten Fabriken und Hütten ausübten, verzeichnen wir an dieser Stelle die Thatsache, dass innerhalb des Jahrzehnts von 1830—1840 das Gewicht der Lokomotiven sich annähernd verdreifachte, während das Gewicht des Zuges allein etwa um das 20fache und die Leistung der Lokomotive auf wagerechter Bahn etwa um das 10fache gesteigert wurde.

Der Lokomotivbau und die Schienenerzeugung, letztere der wichtigste Zweig des Eisenhüttenwesens, lagen anfänglich ganz in den Händen Englands. Amerika war das erste Land, das sich England bald selbstständig gegenüber stellen konnte. Im Dampfschiffbau hatte es ihm den Rang bereits abgelaufen und Lokomotiven bezog es schon seit 1838 nur noch ausnahmsweise vom Mutterlande. Die deutsche Eisenindustrie lag um diese Zeit, so zu sagen, noch in den Windeln; denn die deutsche Technik bewegte sich noch am Gängelbände des Auslandes in den Kinderschuhen. In Rasselstein (S. 33) machte man zwar schon 1 Jahr nach Gründung des neuen Puddelwerks (1825) mit der Stabeisen-Erzeugung den Anfang; im Jahre 1831 waltzte man dort das erste deutsche Winkelleisen und im Jahre 1835 die erste deutsche Eisenbahnschiene (für die Linie Nürnberg-Fürth). Aber die deutschen Werke, welche allmählich, besonders in Rheinland und Westfalen, heran wuchsen, vermochten im Wettbewerb neben England und den Nachbarländern Belgien und Frankreich nicht aufzukommen. Erst gegen die Mitte der 40er Jahre trat eine Wendung zum Bessern ein; die heimische Eisenindustrie erstarke und fühlte sich bald auf vielen Gebieten, so auch in der Schienen-Fabrikation, dem ausländischen Mitbewerb gewachsen.

d. Einfluss der Eisenbahnen auf die Ausbildung eiserner Tragwerke.

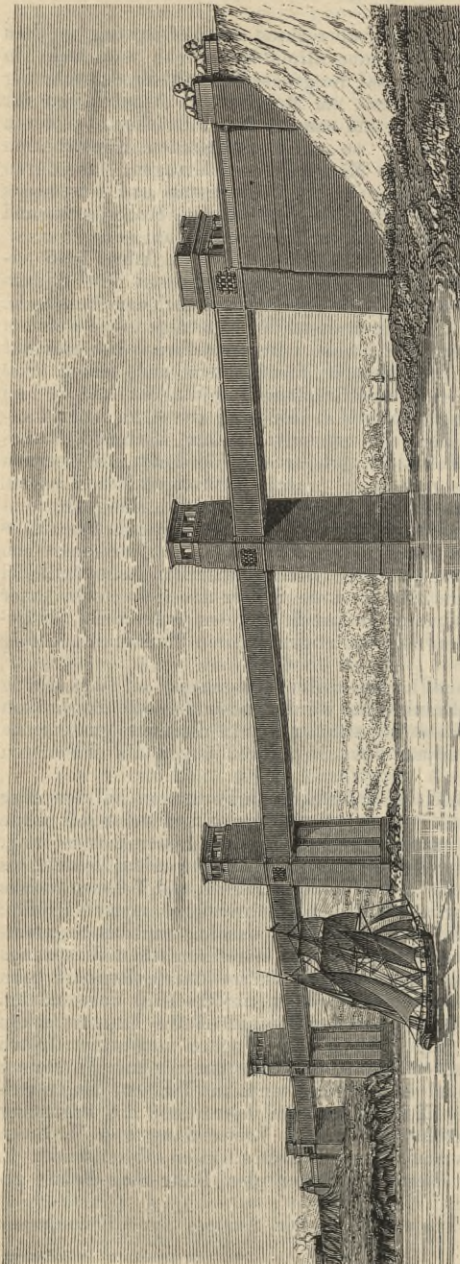
Die Schiene war Vorläuferin der Formeisen. Einfache Formen wie L Eisen und T Eisen wurden in England schon frühe zum Gebrauch für Kessel und Blechträger (S. 32, 33) gewalzt. Die schwierigeren Formen verdanken ihre Entstehung aber fast allein den Eisenbahnen, insbesondere den schmiedeisernen Brücken, welche eigentlich erst durch die Eisenbahngeschaffen worden sind. Bruyère errichtete zwar schon im Jahre 1808 für einen Fussweg über den Crou bei St. Denis eine schmiedeiserne Bogenbrücke von 12^m Spannweite, die in ihrer Bauart eine Nachbildung der Brücke von Coalbrooke Dale war (S. 31). Aber dies Vorgehen fand keine Nachahmung; denn man verwendete das Schmiedeisen, oder wie wir es heute, im Gegensatz zum Flusseisen, nennen, das

Fig. 46.



¹⁾ bande — tyre

Fig. 47.



Schweisseisen seiner grossen Zugfestigkeit wegen zuerst hauptsächlich zu Hängebrücken. Das waren Kettenbrücken mit geschmiedeten Gliedern, wie sie schon 1741 für die Fussgänger-Brücke über den Tees bei Winch angefertigt worden waren.

Die erste grössere Hängebrücke Europas war die 1819 erbaute Brücke über den Tweed bei Berwick in England, deren Spannweite 131,67^m beträgt. Etwa um dieselbe Zeit, 1821, führten die Gebrüder Seguin in Frankreich die Drahtseil-Brücken ein¹⁾. Später, im Jahre 1820, nachdem man gelernt hatte, grosse und starke Bleche auszuwalzen, gab die Einführung der Blechträger, die anfangs nur zu Hochbau- und Schiffsbau-Zwecken dienten (S. 33), und erst in den 40er Jahren, durch die Bestrebungen von Brunel und Fairbairn, in der Form von Kastenträgern für Strassen- und Eisenbahn-Brücken in Aufnahme kamen, Veranlassung zur allgemeineren Einführung von schmiedeisernen Konstruktionen und dadurch gleichzeitig das Zeichen zum beginnenden Kampfe zwischen Gusseisen und Schweisseisen.

Der erste Epoche machende Sieg des Schweisseisens über das Gusseisen ist bei Gelegenheit der Vorstudien zu den Entwürfen der Ueberbrückungen der Menai-Meerenge und der Conway-Bucht in der Eisenbahnlinie Chester-Holyhead zu verzeichnen, insofern, als damals durch die von Hodgkinson und Fairbairn angestellten ausgedehnten Versuche die Unzulänglichkeit des Gusseisens in so überzeugender Weise dargethan wurde²⁾, dass Stephenson sich zur Ausführung einer schmiedeisernen Röhrenbrücke, Fig. 46, 47, entschloss. Die Einführung dieser Brückenform bleibt für immer ein glänzendes

¹⁾ Orthey. Zur Geschichte der Hängebrücken. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 420.

²⁾ *The Britannia and Conway tubular Bridges; by Edwin Clark, resident engineer. Published with the sanction and under the supervision of Robert Stephenson 1850 — W. Fairbairn. An account of the construction of the Britannia and Conway tubular bridges etc. 1849.*

Denkmal in der Geschichte der Eisenkonstruktionen, weil durch sie zum ersten male die Möglichkeit der Ueberbrückung grosser Ströme durch schmiedeeiserne Balkenbrücken erwiesen ward.

Von der Erbauung der Britannia-Brücke ab rechnet der Aufschwung im Bau schmiedeeiserner Brücken; das Gusseisen kam allmählich mehr und mehr in Ungunst namentlich als man, in Hinblick auf die grosse Material-Verschwendung bei Ausführung vollwandiger Blechbrücken, um Material zu ersparen, zu der Idee gelangte, Gitterbrücken zu bauen und manche dieser Brücken, bei deren Herstellung Gusseisen und Schweisseisen zu einer tragenden Konstruktion vereinigt worden war, zusammen brachen. Man musste sich sagen, dass daran entweder die durch ungleiche Ausdehnung des Schweisseisens und Gusseisens entstehenden Spannungen oder die Neigung des Gusseisens, bei Stössen und Erschütterungen, namentlich in grosser Kälte, zu brechen, Schuld sei.

Die erste grössere schmiedeeiserne Gitterbrücke war die im Jahre 1845 erbaute Royal-Kanal-Brücke der Dublin-Drogheda Eisenbahn mit 43^m Spannweite. Von England aus verbreitete sich das neue System bald nach dem Festlande. 1846 entstand in Belgien das Neville'sche System der Netzträger, bei welchen die obere Gurtung aus Gusseisen hergestellt ward. In demselben Jahre empfahl Henz die Gitterbrücken für die preussischen Eisenbahnen und schon 1850 wurden der Bau der geschichtlich berühmten Brücken über die Weichsel bei Dirschau (121^m) und über die Nogat bei Marienburg (98^m) in Angriff genommen. Deutschen Männern, vor allen seien genannt: Henz, Mohnié, Hartwich, Culmann, Schwedler, Winkler, gebührt das Verdienst die eisernen Gitterbrücken aufs eingehendste theoretisch und praktisch durchgebildet zu haben.

Amerika that sich anfangs vornehmlich auf dem Gebiete des Hängebrücken-Baues hervor. Bereits 1790 erbaute Finley dort die erste Kettenbrücke, 21^m weit, über den Jacobs-Creek. Bald darauf wendeten sich die Amerikaner dem Bau von Drahtseil-Brücken zu, deren erste, die Brücke über den Schuylkill bei Pittsburgh, 124^m weit, aus dem Jahre 1815 stammt. Später haben die Amerikaner auch das System der Gitterbrücken, unter Beibehaltung des Gusseisens für gedrückte Theile und unter Einführung gelenkartiger Knoten-Punkte, eigenartig und grossartig ausgebildet.

Frankreich, Belgien und Holland leisteten Hervorragendes auf dem Felde der beweglichen Brücken; in Frankreich wurden besonders die Zugbrücken vervollkommenet. In Antwerpen erbaute Teichmann 1812 die erste gusseiserne Drehbrücke des Festlandes; sie war nur etwa 15 Jahre jünger als die ersten englischen eisernen Drehbrücken.

Die Fortschritte im Bau schmiedeeiserner Brücken in Form von Balken- oder Bogenbrücken, welche sich allmählig über alle zivilisirten Länder der Erde verbreiteten, führten naturgemäss zur völligen Ausbildung der Formeisen. Genauere Angaben darüber, welche Profile zuerst gewalzt wurden, fehlen; es steht nur im allgemeinen fest, dass die ältern Profile, \perp Eisen und Γ Eisen, sowie auch das neuere \sqsubset Eisen aus England stammen, während die neuern Profile: \boxplus Eisen, \cup Eisen und Belageisen (Zorès-Eisen), französischen, und das Segment-Eisen (Quadrant-, Quintant-, Sextanteisen usw.), amerikanischen Ursprungs sind. Auf dem Kontinente fand Quadrant-Eisen zuerst durch Ruppert beim Bau einer Brücke über den Donau-Kanal in Wien, 1868—1870 Verwendung. Segment-Eisen in Form der älteren Brückenschiene hatte Ruppert schon 1858 beim Bau der Gran- und Eipel-Brücke in Ungarn verworther. Nach den Angaben Mäurers¹⁾ haben in Deutschland das Rasselsteiner und Warsteiner Werk bezw. in den Jahren 1831 und 1839 die ersten \sqsubset und Γ Eisen, die Gesellschaft Phönix im Jahre 1857 das \boxplus Eisen und im Jahre 1862 die Burbacher Hütte das \sqsubset Eisen zuerst eingeführt. Die erste Verwendung von \sqsubset Eisen soll auf dem Werke der Kölnischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft in Bayenthal für die Herstellung eiserner Brücken der Ruhr-Sieg-Bahn gesehen sein. —

Die eisernen Brücken-Konstruktionen gaben den Anstoss zur allgemeineren

¹⁾ Mäurer. Die Formen der Walkkunst. 1865.

Einführung der Eisen-Konstruktionen des Hochbaues. Um die allmähliche Entwicklung der letztern verfolgen zu können, sei zunächst ein Blick in vergangene Jahrhunderte zurück geworfen, um zu erkennen, wie bis zum Ende des vorigen und Anfang des jetzigen Jahrhunderts das Vorkommen selbständiger Tragwerke des Hochbaues nur in vereinzelten Fällen nachzuweisen ist.

Die Anwendung des Eisens im Hochbau beschränkte sich Jahrtausende hindurch auf Nebenzwecke; in dieser Beziehung sei auf die Mittheilungen (S. 18), sowie über die byzantinischen, romanischen und gothischen Bauten (S. 23) zurück verwiesen.

Das Umlegen von eisernen Ringen zur Sicherung bedeutender Kuppelbauten, so geschehen z. B. bei der Markus-Kirche in Venedig durch Jacobo Sansovino im Jahre 1523, bei der Kuppel der Peterskirche in Rom zur Zeit ihrer Erbauung (1580), und nachmals später in den Jahren 1743—44 unter Leitung des Kirchen-Baumeisters Vanvitelli, ist ebenfalls nicht als die Herrichtung eines selbstständigen Tragwerks anzusehen. Die Anordnung und Zusammensetzung der aus einzelnen geschmiedeten Stäben von etwa 5^m Länge, 10^{cm} Breite und 6^{cm} Dicke bestehenden Ringe der letztgenannten Kuppel, offenbarten jedoch immerhin schon ein grosses Verständniss für die Wirkung der in den Ringen thätigen Kräfte¹⁾.

Auch die in französischen Renaissance-Bauten häufig in Anwendung gekommenen, sehr verwickelten Verankerungen, zu deren Anbringung man durch missverständene Nachahmung des griechischen Architrav-Baues und der wagerechten Steindecke sich gezwungen sah, bildeten noch keine selbständig tragenden eisernen Decken.

Die älteste bekannte selbständige Decken-Konstruktion rührte vom französischen Baugeschworenen Ango her, welcher im Jahre 1785 in einem Hause zu Boulogne Decken mit Hilfe eines Eisengerippes, bestehend aus mehren durch Querstäbe mit einander verbundenen gesprengten Flacheisen-Trägern hergestellt hat. Eine von der Pariser Akademie beordnete Kommission zur Untersuchung der Decke fand dieselbe vorzüglich fest und in jeder Beziehung nachahmenswerth, wonach die Konstruktion sich in Frankreich bald Eingang verschaffte. Ango war, so weit bekannt, auch der Erste, welcher schmiedeiserne Dachstühle konstruirte, worin ihm Labarre folgte. Die Konstruktionen beider Architekten ähnelten in der Anordnung ihrer einzelnen Theile den aus dem 16. Jahrhundert stammenden Holzbohlen-Dächern von Delormes und erregten im Ausgange des vorigen Jahrhunderts grosses Aufsehen²⁾.

Zur selben Zeit, als in Frankreich diese ersten selbständigen schmiedeisernen Tragwerke vorkamen, hatte in England, wie beschrieben, das Guss-eisen bereits seine Herrschaft auf dem Gebiete der Konstruktionen angetreten. Der englische Einfluss zeigte sich bald maassgebend für das Ausland, so dass die französischen schmiedeisernen Konstruktionen des Hochbaues von den englischen gusseisernen zunächst ganz in den Hintergrund gedrängt wurden.

Die Bedeutung des Gusseisens für den Hochbau wuchs um so mehr, je mehr sich dessen Unzulänglichkeit für wichtige Tragwerke des Eisenbahnwesens usw. heraus stellte und in demselben Maasse als sich, aus diesem Grunde, das Schmiedeisen oder Schweisseisen in Gestalt von Stabeisen, Formeisen und Blech, oder in Form von grossen Schmiedestücken, für Konstruktionszwecke der Eisenbahnen, des Kriegswesens, des Schiff- und Maschinenbaues weniger entbehrlich machte.

Während die Ingenieure sich mehr und mehr darauf beschränkten, das Gusseisen für Tragwerke nur da zu verwenden, wo es in einer grossen widerstandsfähigen Masse zur Wirkung gelangte, oder, wo es bei schwächeren Abmessungen ausschliesslich Druck zu erleiden hatte, suchten die Hüttenwerke den Abbruch, der ihnen dadurch geschah, auf andern Gebieten, namentlich des Hochbaues und der Gewerbe wieder einzubringen. Dies gelang ihnen bestens, vornehmlich wegen der vorzüglichen Eigenschaft des Gusseisens in der

¹⁾ Rondelet. *Traité de l'art de bâtir*. 7. Buch. I. Abthlg. 1812. Deutsch: Theoretisch-praktische Anleitung zur Kunst zu bauen, 1833.

²⁾ Rondelet. A. a. O. cap. X.

Stufenleiter: „roh bis künstlerisch“ oder „winzig bis ausserordentlich gross“ beliebige Formen mit Leichtigkeit anzunehmen. Man brachte es bald dahin, einerseits aus 1 kg Gusseisen viele Tausende von nützlichen Gebrauchs-Gegenständen zu giessen, andererseits auch kolossale Gussstücke herzustellen, die viele Tausende von Kilogrammen schwer waren.

Unter diesen Bedingungen entwickelte sich zunächst in England ein Hochbau in Gusseisen, welcher, mit den im Anfange unsers Jahrhunderts schon berühmten kleinen Treib- und Gewächshäusern beginnend, allmählig zu Bauten grossen Umfangs führte, als dessen gewaltigster Vertreter jener im Jahre 1851 fertig gestellte Riesenbau aus Glas und Eisen, der Weltausstellungs-Palast im Hydepark zu London¹⁾, zu bezeichnen ist, dessen metallenes Gerippe nicht weniger als 3500 t Gusseisen und 500 t Schmiedeseisen enthält, und der das Vorbild des 1854 in 9 Monaten vollendeten ersten deutschen Glaspalastes in München gebildet hat.

Innerhalb dieser Entwicklungs-Periode gewann das Gusseisen im Hochbau, nach dem Beispiele Englands, in allen zivilisirten Ländern Boden; gleichzeitig wusste aber auch das Schweisseisen in Folge der Rückwirkung die seine ausgezeichnete Bewährung im Ingenieurbau übte, im Hochbau neben dem Gusseisen seinen Platz zu erringen und zu behaupten.

In Frankreich gebrachte man das Gusseisen wohl zuerst für die Einrichtung von Kaufläden mit grossen Schaufenstern. Die hierbei in Anwendung gekommenen durch Säulen unterstützten Tragwerke, die sogen. „Pariser Roste“, waren eine Eigenthümlichkeit der Pariser Privathäuser in den ersten Jahrzehnten unsers Jahrhunderts. In derselben Zeit entstanden auch die ältesten französischen gusseisernen Dächer, die *Halle aux Blés* in Paris (1811) u. A.²⁾ Anfang der 30er Jahre führte Camille Polonceau die ersten schmiedeisernen Dächer seines bekannten Systems³⁾, das heute noch mustergiltig ist, für die Hochbauten der Eisenbahnlinie Paris-Versailles aus.

Wie Polouceau in Frankreich, so strebte der Ober-Baudirektor Moller⁴⁾ in Deutschland für die Einführung sachgemäss angelegter schmiedeiserner Tragwerke des Hochbaues. Schon im Jahre 1828 baute Moller eine schmiedeiserne Kuppel über den östlichen Thurm des Mainzer Doms. Aber die 1820 erbaute Thurmspitze der Kathedrale von Rouen war noch ganz in Gusseisen hergestellt. Die Spitze des Stephansthurms in Wien sollte 1841 aus Gusseisen und Schmiedeseisen zusammen erbaut werden. Bei dieser Gelegenheit, wie auch in andern Fällen, zeigte es sich, wie einzelnen Architekten anfänglich die Fähigkeit abging, die Wirkungen der neuen Tragwerke im voraus richtig abzuschätzen. Namentlich die Nichtbeachtung oder Unterschätzung der Temperatur-Einflüsse führte grosse Misserfolge herbei, ebenso wie in der ersten Zeit des Eisenbahnbaues der Mangel an Spielraum zwischen den Schienenstössen Gleisverwerfungen und nicht selten auch Unfälle verursacht hat. Beim Stephansthurm insbesondere hatte man der Ausdehnung des Eisens durch die Wärme keine Rechnung getragen. In Folge davon lockerte sich der Zusammenhang der Mauer mit dem Eisenwerk bald gänzlich, so dass man sich genöthigt sah, um einen Unglücksfall bei Sturm zu vermeiden, die Thurmspitze wieder abzutragen. Aehnliche Unfälle wiederholten sich. Andererseits lernte man auch, von der Ausdehnung des Eisens Nutzen zu ziehen. So wurde z. B. eine ausgewichene Mauer im Konservatorium der Künste und Gewerbe zu Paris nach Angabe des Direktors Mollard mit Hilfe warm gemachter Spannstangen wieder gerade gerichtet⁵⁾.

In Nordamerika, wo man, wie bereits erwähnt, das Gusseisen im Brückenbau mit Vorliebe benutzte, wurden die ersten gusseisernen Dächer beim Bau der Baltimore-Ohio-Bahn von James Murray errichtet. In keinem andern Lande hat das Gusseisen, besonders auch im Hochbau, eine so weit ausgebreitete

¹⁾ Gegenwärtig in Sydenham stehend.

²⁾ Allgem. Bauzeitung: 1838 S. 30; 1840 S. 280; 1844 S. 165. Jetzt als veraltet geltende Gusseisen-Konstruktionen vgl. auch in Brandt's Lehrbuch der Eisenkonstr. III. Aufl. S. 127–140.

³⁾ *Revue générale de l'Architecture*, 1839.

⁴⁾ Beiträge zu der Lehre der Konstruktionen.

⁵⁾ Rondelet. A. a. O. III. cap. I.

allgemeine Benutzung gefunden, wie dort. In allen Wohngebäuden, ob sie nun aus Holz oder Stein errichtet wurden, namentlich in den Verkaufsläden der Erdgeschosse, brauchte und braucht man Mengen dieses Materials.

Der Hochbau in Schmiedeeisen dagegen machte am meisten Fortschritte in Frankreich. Von dort stammt auch die hochwichtige **I** Form, die wir den Bestrebungen des Ingenieurs Ferdinand Zorès¹⁾ in Paris verdanken, welcher in den 40er Jahren gemeinschaftlich mit dem Bauunternehmer M. Chibon daselbst Studien über die zweckmässigste Trägerform machte; letzterer kam dabei auf die Idee, das (schon vorhandene) **T** Eisen noch durch eine zweite Rippe zu verstärken. Aber erst im Februar 1849 gelang es den Bemühungen von Zorès, dass das von Chibon konstruirte **I** Profil wirklich ausgeführt wurde. Dieses erste **I** Eisen hatte 140 mm Höhe und lag später auf 5,4 m frei als Deckenträger in dem Hause Nr. 18 Boulevard des Filles du Calvaire in Paris.

Von Zorès stammen ferner das gleichzeitig mit dem **I** Eisen entstandene **U** Eisen und das ihm 1852 patentirte Zorès-Eisen (Be.ag-Eisen), welches in neuester Zeit auch von deutschen Werken gewalzt wird²⁾. Die **T** Form wurde zuerst 1847 von Bleuze für eine Decke in dem neuen Schlachthause zu Paris verwendet.

Eine reiche Fundgrube von älteren Eisen-Konstruktionen des Hochbaues aus allen Ländern bilden die ältern Jahrgänge der „Allgemeinen Bauzeitung“. Mustergiltige Vorbilder der neuern und neusten Zeit bilden Schwedler's geniale Konstruktionen, unter denen besonders die eigenartig gegliederten Kuppeln hervor zu heben sind. Dieselben sind ausführlich beschrieben in verschiedenen Jahrgängen der „Zeitschrift für Bauwesen“. —

Wenn die Eisenbahnen auch nicht unmittelbar und allein dem Guss-Eisen und dem Schweiss-Eisen die passenden Verwendungs-Gebiete zugewiesen haben, so übten sie doch den wesentlichsten Einfluss auf das endliche Ergebniss. Denn vornehmlich die Unzulänglichkeit der ursprünglichen gusseisernen Tragwerke des Ober- und Unterbaues und der Fahrmittel hat auf allgemeine Verwendung des Schweisseisens, und dadurch zu anderweitigen wirthschaftlichen Verwerthungen des Gusseisens auf den Gebieten der Gewerbe und des Hochbaues gedrängt. Auch war die vorzügliche Bewährung des Schweisseisens im Eisenbahn-Brückenbau ein Sporn zum Versuchen ähnlicher Konstruktionen im Hochbau.

Ueber die neuesten Fortschritte in der Herstellung eiserner Tragwerke insbesondere was die Verwendung von Stahl und Flusseisen betrifft vergl. weiterhin (unter g).

e. Fortschritte in der Stahl-Bereitung.

Während Gusseisen und Schweisseisen im Eisenhütten-Wesen sich gegenseitig den Rang abzulaufen suchten, erwuchs ihnen ganz in der Stille ein mächtiger Gegner: ihr altbekannter Genosse der Stahl, dessen hervor ragende Eigenschaften, obwohl sie Jahrtausende lang nur in engen Kreisen zur Geltung hatten kommen können, in Folge neuer grundlegender Erfindungen ihm bald das ganze Gebiet der Eisen Gewerbe erobern helfen sollten. Bevor diesen Erfindungen näher getreten wird, sei zunächst der Stand der Stahl-Bereitung zur Zeit der Einführung des Puddel-Verfahrens betrachtet.

Sowohl bei der unmittelbaren Darstellungsweise des Alterthums, als auch bei dem Herdfrisch-Verfahren des Mittelalters konnte Stahl nur in geringen Mengen und dabei in gleichmässiger Güte nur durch besonders geschickte Arbeiter, bei Anwendung von Holzkohlen, erzeugt werden. Unter Anwendung von Holzkohlen kohlte oder zementirte man im Mittelalter auch nicht flüssiges Schmiedeeisen bis zu seiner Umwandlung in Stahl. Dies Verfahren wurde besonders in England, zu Sheffield, im 18. Jahrhundert sehr gepflegt. Bis heute nimmt die Sheffielder Industrie in dieser Beziehung noch den ersten Rang ein. In Deutschland ist die Remscheider Gegend, nach welcher das Verfahren um 1811 zuerst verpflanzt wurde, heute die Hauptstätte der Zementstahl-

¹⁾ Zorès. *Récueil des fers spéciaux, etc.* 1853.

²⁾ Anhan; zum Deutsch. Normalprofil-Buch.

Bereitung. Die vollständige Herstellungsweise des Zementstahls beschrieb zum ersten mal Réaumur in seinem 1772 erschienenen Werke „*L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu*“. In diesem Werke findet sich auch die erste Erwähnung der Darstellung von Flussstahl, welcher, wie in der Einleitung näher erörtert wurde, im allgemeinen durch Zusammenschmelzen von Schmiedeeisen mit Roheisen in flüssigem Zustande erzeugt wird. Der berühmte indische Stahl (S. 12) darf als Flussstahl in diesem Sinne nicht bezeichnet werden, weil er nur in unvollkommenen oder halb geschmolzenen Zustände dargestellt wird. Reaumur's Vorgang der Flussstahl-Erzeugung, welche auf einem gewöhnlichen Schmiedefeuer in Tiegeln erfolgte, scheint indess nicht in weitere Kreise gedrungen zu sein, oder ist später in Vergessenheit gerathen. Erst in unserm Jahrhundert ist das Verfahren wieder aufgenommen und mit Glück weiter gebildet worden.

Vorerst, und zwar noch zu Reaumur's Lebzeiten, im Jahre 1730, kam durch den englischen Uhrmacher Benjamin Huntsman der Gussstahl, ein durch Umschmelzen von Zement- oder Herdstahl in Tiegeln verbesserter Stahl, in Aufnahme. Man hatte zwar früher den Zement- oder Herdstahl schon auf andere Weise durch Gärben (Schweissen), unter Schlag oder Druck, zu verfeinern gesucht; der so erhaltene Gärbstahl genügte aber für die Herstellung von Gegenständen, die eine hohe und gleichmässige Politur annehmen und nach dem Härten sich nicht werfen sollten, z. B. Achsen für Uhren und astronomische Instrumente, immer noch nicht vollkommen. Der von Huntsman erfundene Tiegel-Gussstahl besass die verlangten ausgezeichneten Eigenschaften zwar in hohem Maasse; aber seine Darstellung war anfänglich, weil der Vorgang des Umschmelzens nur bei sehr hoher Temperatur und unter vollständigem Luftabschluss den gewünschten Verlauf nimmt, mit Schwierigkeiten und grossen Kosten verknüpft. Es war daher natürlich, dass sowohl der Gussstahl, als auch der Zement- und Herdstahl theils wegen ihrer Kostspieligkeit und theils, weil ihre Darstellung zur Zeit immer nur in geringen Mengen gelingen wollte, zur allgemeinen Verwendung nicht gelangen konnten.

Mit der Einführung des Puddelverfahrens erachtete man anfangs auch die Frage der Stahldarstellung bei Verwendung von Steinkohlen für gelöst. Man hatte aber die Schwierigkeiten der Erzeugung von Stahl im Flammofen bedeutend unterschätzt. Weder Cort, noch viele seiner Nachfolger lösten diese Aufgabe, besonders deshalb nicht, weil sie es nicht fertig brachten, die im Feuer befindliche Masse in allen ihren Theilen gleichmässig zu entkohlen und den Zeitpunkt, in welchem die Entkohlung weit genug vorgeschritten ist, mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen.

Deutschland und Oesterreich, welche von alters her schon vortrefflichen Herdfrisch-Stahl erzeugen hatten, lieferten den ersten Puddelstahl. Nach Tunner¹⁾ wurde 1835 von einem kärntenerischen Eisenwerke Puddelstahl dargestellt. Der Hütten-Direktor Anton Schlegl zu Prevali in Kärnthen erhielt 1836 ein österr. Patent²⁾ auf eine neue Art der Stahl-Darstellung; es scheint ihm jedoch nicht gelungen zu sein, brauchbaren Stahl zu liefern. Erst im Jahre 1846, nachdem inzwischen in Steyermark, an verschiedenen Orten Westfalens und in Wasseralfingen wiederholte vielversprechende Versuche zur Darstellung von Puddelstahl angestellt worden waren, brachte es der Ober-Hütteninspektor Zintgraff in Siegen auf den Werken zu Wickede und zu Geisweide bei Siegen zu völlig befriedigenden Ergebnissen.

Bald darauf, im Jahre 1850 begann in Limburg a. d. Lenne, zu Haspe und zu Hörde eine regelmässige Darstellung von Puddelstahl, und schon im Jahre 1851 konnte die Gesellschaft Lohage, Bremme & Co. in Haspe die erste Weltausstellung zu London, auf welcher auch die ersten grösseren Krupp'schen Gussstahlblöcke und Kanonenrohre erschienen, mit ihren Erzeugnissen beschicken. Das Stahlpuddeln wurde durch E. Riepe, einen Theilnehmer der genannten Gesellschaft, von Deutschland aus nach England eingeführt; die Stahlarbeit

¹⁾ Jahrbuch d. Bergakad. z. Leoben u. Pribam. 1853, S. 281.

²⁾ Fehland. Geschichtliches über die Puddelstahl-Fabrikation. Stahl u. Eisen 1886, S. 224.

begann dort zuerst in Low Moor im Oktober 1851, bald darauf, im Dezember auch in Frankreich, in St. Maurice-Charenton. Der Hauptsitz der Puddelstahl-Erzeugung verblieb aber in den preussischen Regierungs-Bezirken Arnberg und Koblenz, wo in Folge des reichen Vorkommens geeigneter Erze die Stahlbereitung schon seit Jahrhunderten heimisch ist.

Der Puddelstahl war wegen seiner Billigkeit vorzüglich geeignet, die weite Lücke zwischen dem Schmiedeisen und dem Herdstahl auszufüllen. Weil aber seine Güte diejenige der besten Sorten des Herdstahls, z. B. des steirischen und kärntnerischen, nicht erreichen konnte und naturgemäss noch weniger diejenige des Gussstahls, so verwendete man ihn weniger zu feinen und harten Schneidewerkzeugen u. dergl., als zu roheren Stahlwaren, besonders für den Eisenbahn-Bedarf, zu Reifen, Lokomotiv- und Wagen-Rädern und Schienen. Auch als Rohstoff für die Gussstahl-Bereitung wurde er beliebt.

Mit dem Gussstahl konnte der Puddelstahl auf gewissen Gebieten um so weniger wetteifern, als auch bei der Gussstahl-Bereitung inzwischen die Massendarstellung angebahnt worden war. Die ursprünglich für nur einen Schmelztiegel gebauten Ofen waren schon in den 20er Jahren unseres Jahrhunderts durch mehrtiegelige ersetzt worden. Weiter wurde um die Mitte der 50er Jahre, nach Erfindung der Siemens'schen Regeneratoren, anstatt der bisherigen Kokesheizung für den grossen Betrieb die Gasfeuerung eingeführt, und zwar zuerst auf dem Werke von Borsig zu Moabit bei Berlin. Endlich hatte man gelernt, die Füllung mehrer Tiegel zum Gusse eines einzigen Blockes zu verwenden. In Folge aller dieser Neuerungen machte man in der Kunst, grosse Blöcke zu giessen und unter Anwendung von Dampfämmern zu dichten, bald ungemeine Fortschritte.

Der von Fr. Krupp zu Essen auf der Welt-Ausstellung zu London (1851) vorgeführten Stahlblöcke, von denen einer 2250 kg schwer war, ist schon oben gedacht worden. Auf der Londoner Ausstellung im Jahre 1862 vermochte Krupp schon einen Block von 21 000 kg Gewicht auszustellen, der allgemeines Aufsehen erregte. In ähnlicher Weise lässt sich die Steigerung der Leistungsfähigkeit seines weltberühmten Werkes von Ausstellung zu Ausstellung verfolgen.

Die grösste Bedeutung hat der Tiegel-Gussstahl für das Geschützwesen erlangt. Kanonenrohre, welche in fertigem Zustande über 50 000 kg wiegen, sind heute keine Seltenheit mehr¹⁾. Es giebt auch keinen anderen Stoff, welcher so wie der Gussstahl, zu gleicher Zeit Zähigkeit genug besitzt, um die Wirkung des Schusses auszuhalten und Härte genug, um der Abnutzung durch die mächtige Reibung der Kugel zu widerstehen. Seit dem Jahre 1856, in welchem der Bochumer Verein für Bergbau und Gussstahlerzeugung, nachdem es den Gebrüdern Matthias und Johann Brandenburg dazselbst gelungen war, zum ersten male brauchbare Masse für Gussformen herzustellen, den sogen. Stahl-Façonguss oder Stahlformguss einführte, hat sich der Gussstahl weitere Gebiete erobert. Es war dem Direktor des genannten Werkes Jakob Meyer nämlich gelungen, die flüssige Stahlmasse unmittelbar in Masseformen zu giessen, während man vordem das Tiegel-Metall in gusseisernen Formen erstarren liess und der erstarrten Masse nachher, behufs Überführung in die endliche Form, noch eine weitere Bearbeitung angeidehen liess.

Der Stahlformguss kam in Bochum zuerst für Glocken in Anwendung. 3 solcher Glocken waren schon 1855 auf der ersten Pariser Industrie-Ausstellung zu sehen. Sie gaben dort zu einem Streite Veranlassung, weil man die Bezeichnung „Gussstahl-Glocken“ für eine Täuschung des Publikums hielt und sich nicht eher von der Echtheit des Materials überzeugen liess, als bis eine der Glocken in Stücke zerschlagen und die Stücke wiederholt ausgeschmiedet und gehärtet worden waren²⁾. Später goss man ausser Glocken auch verschiedene Eisenbahn-Bedarfsgegenstände, namentlich Scheibenräder sowie Maschinentheile. Das Bochumer Werk hatte 1867 zu Paris eine 15 000 kg

1) Nach einer Zeitungsnotiz fertigt Krupp zur Zeit (Frühjahr 1887) ein Geschützrohr, welches 143 000 kg wiegt. Da das grösste englische Rohr 111 760 kg wiegt, würde jenes das grösste Geschützrohr der Welt sein.

2) W. Baer. A. a. O. S. 291.

schwere Glocke ausgestellt und 1873 glänzte es in Wien durch die Meisterstücke einer gussstählernen Schiffsschraube im Gewicht von 9000 kg und eines Dampfhammer-Zylinders von 7000 kg Gewicht.

Die Vortrefflichkeit der Krupp'schen Erzeugnisse, welche selbst den Engländern zeitweise so rathen aufgegeben hat, ist allgemein bekannt. Wie sehr Krupp selbst gleich anfangs von der Güte seiner Waare überzeugt war, lehrt ein früheres Anerbieten: dass er für jede aus seinem Werke stammende Eisenbahnwagen-Achse, sobald sie während der ersten 10 Jahre ihrer Verwendung bräche, die Entrichtung einer Strafe von 45 000 *M.* übernehme. Im Vertrauen auf die Güte eines solchen Materials haben die Eisenbahn-Verwaltungen für die vornehmsten Theile ihrer Fahrmittel, die Radachsen und Bandagen, an Stelle des Eisens oder Puddelstahls, den Gussstahl gesetzt.

Zum Schluss ist an dieser Stelle noch die Darstellung des sogen. Erzstahls in Tiegeln zu erwähnen.

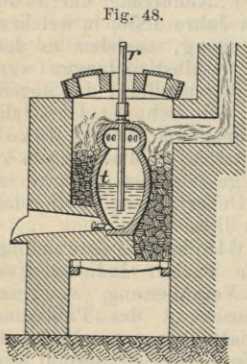
Uchatius, ein österreichischer Artillerie-Offizier, trat im Jahre 1855 mit der Mittheilung hervor, dass es ihm nach 11-jährigen Versuchen gelungen sei, einen guten Flussstahl unmittelbar aus dem Roheisen darzustellen. Seine Erfindung fand in Deutschland wenig Beachtung; dagegen ist Uchatius vom Auslande in seinen Bestrebungen unterstützt worden. Sein Verfahren gründet sich auf das Zusammenschmelzen von Roheisen und Eisenoxyden (Erzen) unter Abschluss von Luft. Luftabschluss ist wesentliche Bedingung, weil allein der Sauerstoff der Eisenoxyde auf den Kohlenstoff des Roheisens wirken soll.

Mischungen von Eisenoxyden mit Roheisen unter Luftzutritt kommen ja auch bei andern Gewinnungsarten, z. B. beim Herd- und Flammofen-Frischen vor. Das neue Verfahren ist aber zu keiner erheblichen Bedeutung gelangt, weil es sich nicht zur Massendarstellung eignet, und nur bei sehr sorgfältiger Arbeit und Anwendung vorzüglicher Rohstoffe einen guten Stahl liefert. Dass die Erzeugung der besten Stahlsorten dabei möglich ist beweist der schwedische Erzstahl, der gegenwärtig noch in Wikmannshyttann dargestellt wird, allerdings aus sehr reinem, siliciumarmen Roheisen und beinahe reinem Eisenoxyd-Oxydul (Magneteisenerz).

f. Die Flusseisen-Darstellung der Neuzeit.

Das 5. Jahrzehnt unseres Jahrhunderts, so fruchtbringend es auch schon in Folge der besprochenen Einführung und Verbesserung des Puddel- und Gussstahls, sowie des Stahlform-Gusses, namentlich für das deutsche Hüttenwesen gewesen war, sollte nicht zu Ende gehen, ohne weitere Neuerungen zu bringen und zwar Neuerungen von jenseits des Kanals, so überraschender Art und dabei von so gewaltiger Wirkung auf die Kultur des „eisernen Jahrhunderts“, dass ihre Einführung mit Recht als eine der grössten technischen Thaten desselben gefeiert worden ist.

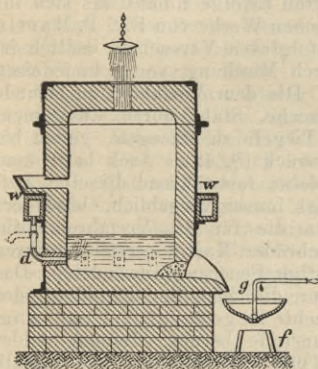
Ein englischer Gewerbsmann, Henry Bessemer, war auf die Idee gekommen, geschmolzenes Roheisen durch Einführung von Luft in Schmiedeeisen umzuwandeln. Mit dem in Fig. 48 dargestellten Apparate machte er seine ersten Versuche. Es war ein gewöhnlicher, mit Kaminzug betriebener Ofen, in welchem ein Thontiegel *t* mit etwa 5—6 kg Roheisen-Einsatz durch Kokesfeuer geschmolzen wurde. Das Einblasen der Luft geschah von oben her durch das



Thonrohr *r*. Die Verwandlung des Roheisens in Schmiedeeisen gelang ihm auf solche Weise vollkommen. Nun baute er einen grösseren, fest stehenden zylindrischen Ofen in der Gestalt der Fig. 49, bei dessen Betriebe ihm die hochwichtige Thatsache klar wurde, dass der erforderliche Hitzegrad beim Schmelzen des Roheisens durch den sich hierbei abspielenden chemischen Vorgang selbst, insbesondere in Folge der durch Verbrennung von Silicium (S. 5) dabei erzeugten Wärmemenge, geliefert werden

könne¹⁾. Auf den Rath Rennie's trug er zu Cheltenham seine neue Erfindung, deren Eigenthum er sich durch ein erstes Patent vom 17. Oktober 1855 bereits gesichert hatte, im Juli 1856, der British Association vor und erregte durch seine Mittheilungen zunächst im Schooße der Versammlung und, nach Bekanntwerden derselben, in allen eisengewerblichen Kreisen der Welt ungeheures Aufsehen. Es entspann sich sofort ein gewaltiger Sturm widerstreitender Meinungen über die Mög-

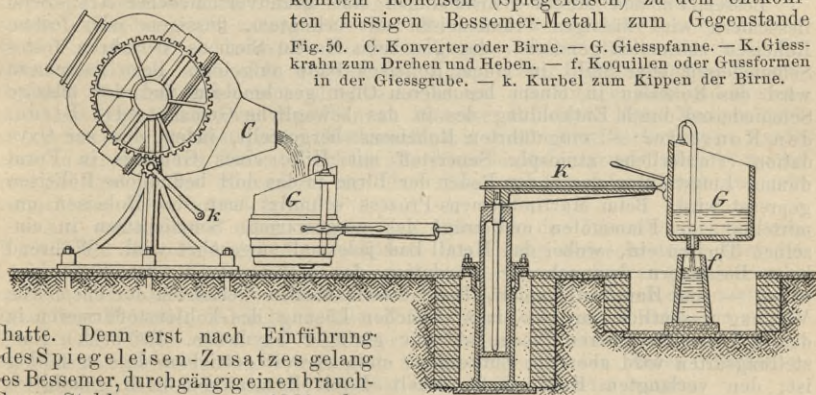
Fig. 49. w. Windzuführung; d. Windein- strömungs-Oeffnungen oder Düsen; g. Pfanne; f. Giessform.



lichkeit der praktischen Durchföhrung der neuen Erfindung, der sich nicht eher legte, als bis Bessemer nach einer Frist von etwa 3 Jahren, unter Ueberwindung grosser Schwierigkeiten, in seiner eigenen kleinen Fabrik zu Sheffield sich bis zur endlichen Vollendung seines Verfahrens durchgearbeitet hatte. Er kam dabei auf die noch heute gebräuchliche drehbare Kippform. Der erste in Sheffield in Betrieb gesetzte sogen. Konverter dieser Art ist mit den übrigen Einrichtungen des Betriebes in Fig. 50 dargestellt.

Während dieser mühseligen Versuchszeit fand er von aussen thatkräftige Unterstützung, vornehmlich durch das Eingreifen und Ausharren des schwedischen Eisenhüttenbesitzes Göransson zu Högbo, der die neue Erfindung übernahm und förderte. Wesentliche Hilfe leistete auch eine 1856 patentirte Erfindung von Rob. Mushet, welche die Beimengung von hochgekohltm Roheisen (Spiegeleisen) zu dem entkohlten flüssigen Bessemer-Metall zum Gegenstande

Fig. 50. C. Konverter oder Birne. — G. Giesspfanne. — K. Giesskrah zum Drehen und Heben. — f. Koquillen oder Gussformen in der Giessgrube. — k. Kurbel zum Kippen der Birne.



hatte. Denn erst nach Einführung des Spiegeleisen-Zusatzes gelang es Bessemer, durchgängig einen brauchbaren Stahl zu erzeugen. 1861 nahm Bessemer ein Patent auf den Gebrauch einer Legirung von Mangan, Eisen und etwas Silicium an Stelle des Spiegeleisens. Damit war der Anfang zur Ausbildung der Darstellung von Eisenmangan (S. 2) gemacht, welcher heute in der Fluss-eisen-Darstellung eine so wichtige Rolle spielt.

Die Beobachtung der aus der Bessemer-Birne während der Frischarbeit aufsteigenden, durch den Wechsel ihrer Farbe und Erscheinung eigenthümlichen Flammen mit Hilfe des Spektroskops versuchte zuerst Professor Roscoe im Jahre 1863 auf einem Eisenwerke in Sheffield.

Der allgemeinen Einführung des Bessemer-Verfahrens, welches nach dem Wortlaut des ersten Patents im wesentlichen „in dem Durchblasen von Luft durch flüssiges Roheisen bis zur Entkohlung zu Stahl und in dem Ausgießen

¹⁾ Ueber einige ältere Formen des Bessemer-Konverters vergl. Stahl und Eisen, 1886, S. 789. Nach Sir Henry Bessemer's Vortrag auf dem Herbst-Meeting des Iron and Steel Institute in London 1886.

des Stahls in Formen“ bestand, traten nunmehr Hindernisse nicht mehr in den Weg. Es verbreitete sich überraschend schnell über alle Eisen erzeugenden Länder, kam aber nicht, wie Bessemer anfangs geplant hatte, in Tiegeln, sondern in schmiedeisernen, mit feuerfesten Steinen ausgefütterten, um Zapfen drehbaren Gefässen Bessemer-Birnen oder auch in festen, sogen. schwedischen Oefen zur Ausführung. Heute beträgt die Jahres-Erzeugung der Bessemerhütten der Welt etwa rund 5 Millionen t Stahl- und Flusseisen-Sorten. Ausserdem werden auf der Erde 1,5 Million t anderweite Sorten und etwa 7 Millionen t Schweisseisen jährlich erzeugt.

Bessemer's Erfindung war kaum über die ersten Erfolge hinaus, als sich ihr eine neue Erfindung zugesellte. Auf dem französischen Werke von E. & P. Martin in Sireuil war man nach einer Reihe von erfolglosen Versuchen endlich im Jahre 1865 dahin gelangt, im Flammofen durch Mischung von Schmiedeisen mit flüssigem Roheisen Flussstahl zu erzeugen. Die dem Verfahren zu Grunde liegende Idee war nicht neu; denn die Versuche, Stahl durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeisen in Tiegeln zu erzeugen, gehen bis in das 18. Jahrhundert und wohl noch weiter zurück (S. 42). Auch hatte man nach erfolgter allgemeiner Einführung des Puddelns fortwährend dieselbe Aufgabe im Flammofen zu lösen gesucht, allerdings immer vergeblich, besonders deshalb, weil man keine Hilfsmittel besass, um die für das Verfahren nothwendigen hohen Hitzegrade zu erzielen. Die Gebrüder Martin erreichten ihren Zweck deshalb auch nicht eher, bis sie die richtige Feuerung anwendeten. Das war die von C. W. & F. Siemens etwa um die Zeit der Erfindung des Bessemer-Verfahrens an die Oeffentlichkeit gebrachte Regenerator-Feuerung, welche auf der Anwendung gasförmigen Brennstoffs beruht. Danach bildet die Siemens'sche Erfindung die Grundlage des neuen Verfahrens, das deshalb mit Recht neuerdings als Martin-Siemens-Verfahren bezeichnet wird.

Bessemer's und Martin's Erfindungen sind grundverschiedener Art: Beim Bessemer wird flüssiges Schmiedeisen mit erhitztem, flüssigem oder festem Roheisen zusammen gemischt, dagegen beim Martin-Siemens-Verfahren festes Schmiedeisen oder Stahl in einem Roheisen-Bade aufgelöst. Beim Bessemer wird das Roheisen in einem besonderen Ofen geschmolzen und das flüssige Schmiedeisen durch Entkohlung des in das bewegliche Gefäss — die Birne, den Konverter — eingeführten Roheisens hergestellt, indem der zur Oxydation erforderliche atmosph. Sauerstoff mit Hilfe eines Gebläses in Form dünner Luftstrahlen durch den Boden der Birne in das dort befindliche Roheisen gepresst wird. Beim Martin-Siemens-Prozess schmilzt man das Roheisen unmittelbar im Flammofen und trägt das vorgewärmte Schmiedeisen in einzelnen Theilen ein, wobei das Metall-Bad jedesmal umgerührt wird. Während beim Bessemer demnach die Oxydation des Roheisens — das Frischen (S. 4) — eine Hauptrolle spielt, besteht beim Martin-Verfahren der chemische Vorgang wesentlich nur in einer einfachen Lösung des kohlenstoffärmeren in dem kohlenstoffreicheren Eisen, mit nur geringer Oxydation. Bei beiden Darstellungsarten wird aber die Entkohlung stets so weit getrieben, dass es nöthig ist, den verlangten Kohlenstoff-Gehalt durch Zusatz von hoch gekohltem Eisen endgültig herzustellen. Dies Verfahren ist nämlich, bei der Schnelligkeit, mit welcher der ganze Vorgang sich abspielt, wirthschaftlicher und sicherer auszuführen, als die Entkohlung des Roheisens bis auf einen genau bestimmten Grad, wie sie in Schweden die Regel bildet.

Das Martin-Siemens-Verfahren ist theurer als das Bessemer: 1 t fertiges Eisen kann aus den Erzen mit einem Aufwande von etwa 4 t im Flammofen und von 3 t Steinkohlen durch Bessemer dargestellt werden¹⁾. Auch in Bezug auf Möglichkeit der Massen-Erzeugung kann sich die Flusseisen-Darstellung im Flammofen mit dem Bessemer-Verfahren nicht messen, da ein mittlerer Regenerativ-Gasofen im gleichen Zeitraum nur etwa $\frac{1}{16}$ des Inhalts eines Birnen-Paares liefert. Aber jenes bietet nicht zu unterschätzende andre Vortheile.

¹⁾ Beim Puddeln braucht man etwa 6 t Steinkohlen.

Man kann — was in der Bessemer-Birne bei dem schnellen Verlaufe des Processes nicht in demselben Maasse möglich ist — 1. mit grosser Sicherheit ein Eisen von vorgeschriebenem, beliebigem Kohlenstoff-Gehalt darstellen, weil Probenahmen im Laufe des Verfahrens zu jeder Zeit bequem ausführbar sind und 2., bei Zusatz von Erzen ein besser schweisbares Erzeugniss erhalten, als beim Bessemeren. 3. gestattet die Flammofen-Darstellung — und dadurch gewinnt sie für die Zukunft an Bedeutung — den Zusatz von Eisen- und Stahlabfällen aller Art, so dass sie im Laufe der Zeit auf den meisten Bessemer-Werken, die sonst für ihre massenhaften Stahl-Abfälle keine rechte nutzbringende Verwerthung hatten, als eine nothwendige Ergänzung derselben zur Einführung gelangt ist. Das Martin-Siemens-Eisen ist endlich auch besser als jedes andre Flussmetall für den Stahl-Formguss geeignet, da es sich in dichten, harten und zähen Stücken giessen lässt.

Vergleicht man die beiden Hauptarten der Flusseisen-Darstellung mit dem Puddel-Verfahren, so springt nur ein Vortheil des letztern besonders ins Auge: Beim Puddel-Verfahren (ebenso auch beim Renn- und Herdfrisch-Verfahren) wird es möglich, den ärgsten Feind des schmiedbaren Eisens, den Phosphor (S. 4) ohne ausserordentliche Hilfsmittel in genügendem Maasse aus dem Roheisen abzuscheiden. Diese Abscheidung ist aber sowohl beim Martin-Siemens- als auch beim Bessemer-Verfahren — ohne Hülfe besondrer Mittel — nur durch Anwendung eines reinen, stark siliciumhaltigen Roheisens, des sogen. Bessemer-Roheisens möglich, während beim Puddel-Verfahren selbst stark phosphorhaltiges Roheisen zu brauchbarem Schweisseisen verarbeitet werden kann.

g. Die Entphosphorung des Eisens.

Mit dem wachsenden Fortschritt der Flusseisen-Darstellung musste sich, so lange dieselbe an die Anwendung eines reinen, stark siliciumhaltigen Roheisens gebunden war, naturgemäss der Mangel an hinreichend phosphorfreien Erzen in den Eisen-Industrie-Bezirken Europas lebhaft fühlbar machen. In Deutschland sah man sich gezwungen, phosphorfreie Erze vornehmlich aus Spanien, Portugal und dem nördlichen Afrika mit erheblichem Zeit- und Kostenaufwande einzuführen, um dieselben zu Bessemer-Roheisen, Ferro-Mangan usw. zu verhütten. Die kostspielige Nothwendigkeit dieser Erz-Beschaffungen wurde aber zu einem Sporn, die zahlreichen, allerdings bis dahin vergeblichen Versuche zur Entfernung des Phosphors aus dem Eisen wieder aufzunehmen und mit vermehrtem Eifer fortzusetzen.

Am natürlichsten erscheint es, den Phosphor der Eisenerze schon beim Vorbereiten derselben für die Hochofen-Darstellung abzuscheiden. Dies ist auch auf nassem Wege durch Auslaugen mit verdünnten Säuren usw. versucht worden, aber ohne Erfolg. Ebenso sind die Bestrebungen, durch entsprechende Zuschläge Fluoride, Chloride, Jodide, Nitrate usw. zu erzeugen, welche im untern Theile des Ofens flüchtige Phosphor-Verbindungen bilden sollten, bislang ergebnisslos gewesen, da die erzeugten Verbindungen in den oberen Ofentheilen in Folge der hohen Hitzegrade daselbst stets wieder zersetzt wurden.

Beim Renn-, Heerdfrisch- und Puddel-Verfahren wird der Phosphor ohne ausserordentliche Hilfsmittel — obschon solche in grosser Anzahl vorgeschlagen und versucht worden sind — in genügendem Maasse (bis auf 80% des ursprünglichen Gehalts) aus dem Roheisen abgedindert, wenn der Herd, bezw. die Wände des Ofens aus Eisen hergestellt und mit Eisenoxyd besetzt werden und wenn die anfangs gebildete kieselsäurereiche Schlacke entfernt wird. Dieser Erfolg hat seinen Grund darin, dass während der Darstellung die einzige vorhandene Base, das Eisenoxyd, 2 Säuren gegenüber steht, der Kieselsäure und der Phosphorsäure. Ist Kieselsäure in grossen Mengen vorhanden, so wird wegen der grösseren chemischen Verwandtschaft der Base zur Kieselsäure vornehmlich Eisen-Silicat und nur wenig Phosphorsäure gebildet. Verringert man also die Menge der Kieselsäure durch Fortnehmen der in der Fein-Periode (S. 15) gebildeten sauren Schlacke und vergrössert ausserdem die Menge der Base, des Eisenoxyds, so wird auch die Ueberführung des Phosphors als Phos-

phorsäure in die Schlacke in grösserm Maasse vor sich gehen müssen. Hieraus lässt sich auch die schon länger bekannte Thatsache erklären, dass die Entfernung des Phosphors aus dem Eisen nicht allein von der Temperatur während der Darstellung, sondern hauptsächlich von der mehr oder minder basischen Natur der Schlacke abhängig ist.

Tunner in Leoben, der Nestor der deutschen Eisenhüttenleute, war der Erste, welcher den Ersatz des kieselsäurereichen Futters der Bessemer-Birne durch ein Futter aus gebranntem Magnesit in Vorschlag brachte und zwar bereits in den 60er Jahren, gleich nach der Einführung des Bessemer-Verfahrens auf dem Eestlande¹⁾. Später befürwortete Wedding eine Auskleidung der Bessemer-Birne und des Flammofens mit reichen Eisenoxiden; doch stand der praktischen Durchführung dieser Idee die leichte Schmelzbarkeit eines solchen Futters entgegen. Weitere von C. W. Siemens und Chatelin im Jahre 1863 mit verschiedenen basischen Futtern im Flammofen angestellte Versuche verliefen unbefriedigend. Gestampfter Bauxit und Bauxit-Ziegel hielten nicht, weil der Bauxit zu reich an Kieselsäure ist; Mischungen aus Kalk und Thon bewährten sich noch weniger. Am besten hielten gebrannte Magnesia-Ziegel, die aber zu theuer waren; dies bestätigte später auch Tessié du Motay in Terre-Noire, der eine Auskleidung der Bessemer-Birne mit Magnesia versuchte. — G. J. Snelus²⁾, welcher zuerst auf Grund seiner Versuche ausgesprochen hat, dass die Ausscheidung des Phosphors beim Bessemer-Verfahren wesentlich von der basischen Natur der Schlacke abhängig sei, schlug eine Verbindung von Magnesia mit Kalk und Eisenoxyd als Material zur Bekleidung des Innern von Kupol- und Flammöfen vor und versuchte im Jahre 1872 die Bessemer-Birne mit einem basischen Futter aus gebranntem Kalk oder Dolomit auszukleiden. Durch diesen Versuch wurde zum ersten Male die Möglichkeit der Entphosphorung des Eisens in einer Bessemer-Birne bewiesen.

Neben allen diesen vergeblichen Anstrengungen, die darauf gerichtet waren, anstatt des kieselsäurereichen (sauren) Futters der Bessemer-Birne ein haltbares basisches Futter ausfindig zu machen, sind noch die älteren Bestrebungen zu erwähnen, den Phosphor durch Einblasen von überhitztem Wasserdampf in die Birne zu entfernen. Der Wasserdampf zerlegt sich allerdings in Sauerstoff und Wasserstoff; aber die beabsichtigte Entfernung des Phosphors als Phosphor-Wasserstoff ist auf diesem Wege bislang nicht gelungen.

Die ersten neueren Versuche, welche von J. L. Bell in England und A. Krupp in Essen fast gleichzeitig in den Jahren 1876—79 unternommen wurden, haben die Anwendung eines basischen Futters, hergestellt aus Oxyden des Eisens und Mangans, zur Grundlage. Das flüssige Roheisen wird vom Hochofen oder Umschmelzofen aus in einen mit angegebemem Futter versehenen, sich drehenden Ofen geleitet und dort — während der Feinperiode, vor Eintritt der Entkohlungs-Periode — von seinen Silicium- und Phosphor-Gehalten befreit. Das so entkieselte und entphosphorte Roheisen wird dann rechtzeitig abgestochen und in einen Bessemer- oder Martin-Siemens-Apparat geleitet, wo die Entkohlung und nachherige Kohlung zu Eisen oder Stahl vollendet werden kann. Das Krupp'sche Verfahren ist aber, nachdem die neuste Zeit endlich die Versuche zur Entphosphorung des Eisens beim Bessemern mit Erfolg gekrönt hat, in den Hintergrund gedrängt worden.

S. G. Thomas und P. C. Gilchrist hatten auf Vorschlag von L. Gruner auf dem Blänavon-Eisenwerke in Südwaies eine kleine Bessemer-Birne mit einem Gemisch von Kalk und Natron-Wasserglas ausgekleidet und später, als sich zwar die Phosphor-Ausscheidung befriedigend, aber die Haltbarkeit des Futters als unzulänglich erwies, ein Futter aus sandigem, unter starkem Druck geformten und bei hoher Hitze erbrannten Dolomit-Steinen versucht. Nach mehren Proben, bei denen während der Darstellung, zur Neutralisirung der durch die Verbrennung des Siliciums erzeugten Kieselsäure, noch Stücke von Dolomit und Rotheisenstein in das aus stark phosphorhaltigem Roheisen bestehende

¹⁾ Wedding. Der basische Bessemer- oder Thomas-Prozess. S. 21.

²⁾ Dingler. Polytechn. Journ. 1873, Bd. 208, S. 463.

Eisenbad geworfen wurden, erzielte man ein haltbares Futter und zugleich ein genügend phosphorfrees Eisen.

Es wurde festgestellt, dass die hohe Temperatur beim Bessemer-Vorgang die Ausscheidung des Phosphors nicht hindert, wenn nur dafür Sorge getragen wird, dass die Schlacke basisch ist, d. h. nicht zu viel Kieselsäure (weniger als etwa 20%) enthält und nicht zu viel Phosphorsäure (höchstens etwa 12%) aufzunehmen braucht. Thomas in Battersea erhielt darauf — trotz vielfacher Anfechtungen von Seiten grosser, deutscher Hüttenbesitzer — unter dem 5. Oktober 1878 sein erstes Deutsches Reichspatent (Nr. 5869) zur Herstellung feuerfester basischer Ziegel. Im 2. Thomas'schen Reichspatent (No. 6080 vom 2. März 1878), welches die Einzelheiten des Verfahrens behandelt, wird bereits hervor gehoben, dass es möglich sei, fast den ganzen Phosphor-Gehalt des Roheisens auszuscheiden, wenn man mit einer basischen Schlacke arbeite, die höchstens 12 — 16% Kieselsäure enthalte. Das Verfahren selbst verläuft im allgemeinen wie jeder Frisch-Vorgang; jedoch liegt ein eigenthümlicher Unterschied diesem gegenüber darin, dass noch eine 4. Periode, die Entphosphorungs-Periode, vorkommt, da erfahrungsmässig die Verbrennung des Phosphors erst nach Verbrennung des Siliciums und Kohlenstoffs geschieht.

Wichtige Verbesserungen, welche im wesentlichen in der Verarbeitung eines siliciumarmen, aber phosphorreichen Roheisens, verdanken wir den unermüdliehen Bestrebungen des Hörder Bergwerks- und Hütten-Vereins, der im September 1879 zuerst das Entphosphorungs-Verfahren von England nach Deutschland verpflanzte. Die in Hörde mit einem beträchtlichen Aufwande von Zeit und Kosten ins Werk gesetzten Versuche führten nämlich zu dem Ergebniss, dass es möglich sei, an Stelle des Siliciums als Hitze-Erzeuger den sonst so gefürchteten Phosphor zu setzen, mit andern Worten: anstatt des theuren Bessemer-Roheisens das billige, gewöhnliche Puddel-Roheisen zu verarbeiten. Der Wärme-Effekt des Phosphors verhält sich nach einer Berechnung Dr. Ehrenwerth's¹⁾ zu demjenigen des Siliciums etwa wie 5 : 8, so dass unter sonst gleichen Umständen ein Roheisen mit etwa 2,4 % Phosphor hinsichtlich der Wärme-Entwicklung ebenso gut zu verbessemern ist, wie ein solches mit 1,5 % Silicium ohne Phosphor. — Das basische Verfahren in Hörde kennzeichnet den neuesten Standpunkt der Thomas'schen Erfindung, deren Grundlage die Anwendung feuerfester basischer Ziegel bildet. Den Hrn. Thomas und Gilchrist gebührt unstreitig das hohe Verdienst, zuerst ein brauchbares basisches Futter erfunden zu haben, wenn auch die chemischen Bedingungen für die Entphosphorung schon viel früher ermittelt worden waren.

Die Schwierigkeit der Herstellung eines solchen Futters beruht darin, dass das Futter sich widersprechende Aufgaben zu erfüllen hat: es soll während des Vorgangs, behufs kräftiger Aufnahme von Phosphor und Kieselsäure, möglichst erweichen und dabei, obgleich seine Schmelzbarkeit sich durch die Aufnahme erhöht, doch so viel Widerstand leisten, dass es eine genügende Anzahl von Sätzen aushält. Diese Schwierigkeit hat Thomas hauptsächlich durch die während des Verfahrens zugegebenen, besonders basischen Zuschläge überwunden, welche nicht allein die Kieselsäure der gebildeten Schlacke neutralisiren, sondern auch die Haltbarkeit des festen Futters unterstützen.

Die in Deutschland beim „Thomasiren“ erzielten Ergebnisse waren zum ersten male auf der Düsseldorfer Ausstellung des Jahres 1881 zusammen gestellt. Sie bekundeten, dass das Verfahren über die Zeit der ersten Versuche schon damals hinaus war. Wenn eine Zeit lang Zweifel gehegt wurden, dass es möglich sei, durch Thomasiren auch harte Stahlsorten von über 0,4 % Kohlenstoff-Gehalt herzustellen, so ist diese Frage, angesichts der von englischen und deutschen Werken zur Zufriedenheit der Auftrag gebenden Eisenbahn-Verwaltungen bewirkten Schienen-Lieferungen bis heute wohl endgültig zu gunsten des basischen Verfahrens entschieden worden. Allseitig wird jetzt anerkannt, dass es ohne technische Schwierigkeiten gelingt, durch Thomasiren aus phosphorhaltigem Roheisen weiche und harte Sorten von Flusseisen und Flussstahl zu erzeugen,

¹⁾ Oesterr. Zeitg. für Berg- und Hüttenwesen 1879. S. 277—432.

welche ein ebenso reines oder noch reineres Metall bilden, als das aus englischem Hämatit-Roheisen, oder deutschem Bessemer-Roheisen dargestellte Bessemer- oder Martin-Siemens-Eisen. Zahlreiche Werke in Deutschland, Frankreich, Amerika und England arbeiten bereits nach dem neuen Verfahren, während viele andere Werke zu diesem Zwecke Neuanlagen machen, oder die alten bestehenden Einrichtungen entsprechend abändern.

Die jährliche Erzeugung aller Thomas-Hütten der Welt, deren Anzahl etwa 50, mit mehr als 120 Birnen beträgt, beläuft sich zur Zeit auf rund 1 340 000 t. Bemerkenswerth ist, dass davon nicht weniger als 940 000 t Fluss-Schmiedeeisen (S. 3), mit einem Gehalt von weniger als 0,27% Kohlenstoff sind¹⁾. Die Gesamt-Erzeugung der Welt an Flussmetall beträgt zur Zeit jährlich etwa 6 500 000 t. Man sieht aus diesen Zahlen die rasch angewachsene Bedeutung des Thomas-Verfahrens.

Es gilt dies insbesondere für unser Vaterland, das in der Reihe der Thomas-Metall erzeugenden Länder den ersten Rang einnimmt. Deutschland kann die erziehbigen, phosphorhaltigen Erzlager im Saar-Gebiete, in Lothringen und dem benachbarten Luxemburg verwerthen; es verfügt über die ebenfalls phosphorhaltigen Erze des Nassauer Landes, des Siegener Distrikts, der Fundstätten am Harz und in Schlesien. Es hat ferner in der Fabrikation feuerfester basischer Ziegel inzwischen bedeutende Fortschritte zu verzeichnen und die zur Herstellung derselben erforderlichen Rohstoffe in ausgezeichnete Güte und in ausreichenden Mengen zur Verfügung. So steht zu erwarten, dass die künftige Verwendung der einheimischen Erze für die Flusseisen-Darstellung die selbständige Stellung der deutschen Eisen-Industrie gegenüber dem Auslande stärken wird. —

Thomas hat den Ruhm seiner Epoche machenden Erfindung nicht lange genossen; er starb — wohl in Folge starker geistiger Ueberarbeitung — am 1. Februar 1885, erst 35 Jahre alt²⁾.

h. Gegenwart und Zukunft.

Obwohl die Rennarbeit seit 4 Jahrhunderten ihre Rolle ausgespielt hat, so wird sie gegenwärtig nach urwüchsigem Verfahren doch in Indien, am Himalaya und in Mittelfrika von den Eingeborenen noch vielfach geübt. Selbst in zivilisirten Ländern haben sich die Rennfeuer (S. 24) lange erhalten. In Oberschlesien erloschen sie erst im Beginn unseres Jahrhunderts; heute noch finden sich solche Feuer in einzelnen Gegenden Spaniens, sowie auch in Nordamerika, woselbst man gewöhnlich schwer reduzierbare Magnet-Eisensteine auf diese Weise verarbeitet. Man nennt das in Nordamerika übliche Rennverfahren das katalonische, obgleich es mehr mit dem früheren deutschen, als dem in Katalonien üblichen, oder üblich gewesenen Verfahren überein stimmt.

In veränderter Gestalt ist die Rennarbeit neuerdings von William Siemens wieder aufgenommen worden. Derselbe hat im Regenerativ-Flammofen auf den Werken der Landore-Siemens-Stahlkompagnie in Wales seit einer Reihe von Jahren (1870), neben erfolgreichen Versuchen zur Erzeugung von Erzstahl, auch Versuche zur unmittelbaren Darstellung des schmiedbaren Eisens aus den Erzen angestellt. Der Vorgang vollzieht sich in der Weise, dass zunächst aus den Erzen das Eisen abgeschieden und darauf das abgeschiedene Metall — der Eisenschwamm — von den Gangarten des Erzes und den übrigen Unreinigkeiten befreit wird. Siemens benutzt dazu einen sich drehenden Ofen seiner Erfindung (vergl. weiterhin unter B.), in welchem nach etwa 1½ Stunden die Abscheidung des Erzes durch kohlenstoffhaltige Materialien derartig vorgeschritten ist, dass man beinahe chemisch reines Eisen in zusammengeballtem Zustande und eine flüssige Schlacke, welche die Verunreinigungen enthält, vorfindet. Neben dem 1870 verstorbenen Siemens haben in der neuesten Zeit besonders der Franzose Adrien Chenot, sowie die Amerikaner Blair und Dupuy die Rennarbeit in festen Retorten oder Büchsen praktisch durchzubilden versucht³⁾.

¹⁾ Stahl und Eisen, 1887. S. 68.

²⁾ Sidney Gilchrist Thomas. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 227.

³⁾ Neue Vorschläge. Vergl. Stahl und Eisen 1886, S. 465.

Der unmittelbaren Erzarbeit haften aber wesentliche Mängel an, die in der geringen Erzeugungsfähigkeit, dem grossen Abbrande und der Nothwendigkeit der Verwendung von reinen Eisenerzen bestehen, und ihre Einführung bei uns bislang verhindert haben¹⁾. Eine grössere Bedeutung, besonders für deutsche Verhältnisse, würde das Verfahren gewinnen, wenn die Entphosphorung des Eisens künftig auch im Regenerativ-Flammofen gelänge, da dann die im Drehofen erhaltenen Eisenballen aus deutschen, stark phosphorhaltigen Erzen dargestellt und zu Flammofen-Flusseisen weiter verarbeitet werden könnten.

Die mittelbare Eisenerzeugung beherrscht das Feld und die Darstellung des Roheisens im Hochofen ist in der Neuzeit zu immer grösserer Vollendung gelangt. Wenn es auch nicht gelungen ist, die Aufgabe der Entphosphorung des Eisens im Hochofen zu lösen, so hat man die Leistung des Hochofens doch nach anderer Seite hin merklich erhöht und vervollkommen. Die von alters her üblichen Hochöfen mit massigem Raughemäuer und eng eingebautem Gestell, Fig. 42, 43, verschwinden und machen schottischen Oefen, Fig. 44, 45, ohne Rauhschacht, mit Blechmantel, oder Einrichtungen noch anderer Art aus neuester Zeit Platz. Die neuesten Hochöfen stehen ganz frei, tragen keinen Blechmantel und sind nur durch Anlage eiserner Anker und durch Umlegen eiserner Ringe versichert (vergl. unter B. II.). Denn die Erfahrung hat gelehrt, dass die vollständige Freilegung des Schachtes keine Verschlechterung des Hochofenganges, insbesondere keine zu grosse Abkühlung oder übermässigen Brennstoff-Verbrauch herbei führt.

Einerseits, wie in diesem Falle, wurde durch die Erfahrung eine althergebrachte Ofenform beseitigt; andererseits wurde aber auch eine uralte, verlassene

Fig. 51, 52.



Ofen-Einrichtung wieder aufgenommen und verbessert. Nachdem man nämlich in Folge der Einführung des Betriebes mit erhitzter Gebläseluft (S. 34) in den Stand gesetzt worden war, die Temperatur im Schmelzraum der Hochöfen beträchtlich zu steigern, und auf diese Weise eine dünnflüssigere, weniger rasch erstarrende Schlacke erhalten konnte, vermochte man die gebräuchlichen Hochöfen mit offener Brust, Fig. 52, bei welchen die Schlacke durch eine Oeffnung der Herdwand über den sogen. Wallstein *w* abfloss, in Oefen mit geschlossener Brust, Fig. 51, nach Art der alten Blauöfen (S. 26) umzuwandeln. Den bei den ältern Oefen häufig zu Tage tretenden Uebelstand, dass durch die dünnflüssige Schlacke der Schlackenstich rasch ausgefressen und erweitert wurde, beseitigte man durch Anlage einer wassergekühlten metallenen Schlackenform — Lürmann'sche Schlackenform. Dieselbe hat sich vorzüglich bewährt und ist deshalb bei den meisten Hochöfen Deutschlands: vielfach auch in Nordamerika, Frankreich und andern Ländern zur Anwendung gekommen, sowohl für neu gebaute Oefen, als auch für solche, die früher mit offener Brust versehen waren. Weniger häufig findet sich die Lürmann'sche Schlackenform in England und Belgien, weil man dort die Oefen mit offener Brust meist noch beibehält.

Die neuesten Verbesserungen des Hochofen-Betriebes beziehen sich auf die planmässige Ausbildung der Anlagen für die Entziehung, Fortleitung und Verwendung der Gichtgase (S. 35) und insbesondere der Windhitz-Vorrichtungen (vgl. unter B. II.).

Das Herdfrisch-Verfahren, welches vor etwa 50 Jahren noch in allen Theilen des Festlandes von Europa blühte und damals nur in England von dem Puddel-Verfahren verdrängt wurde, wird gegenwärtig, obwohl durch dasselbe ein besonders zähes und dehnbares Schweisseisen erzeugt werden kann, nur noch in untergeordneter Weise, hauptsächlich in gebirgigen, durch Eisen-

¹⁾ Ledebur. Ueber Darstellung schiedbaren Eisens aus den Erzen. Stahl und Eisen. 1886, S. 576. — Westmann. Zur direkten Eisenerzeugung. Das. 1887, S. 182.

bahnen wenig aufgeschlossenen Gegenden, in der Stille „des einsamen Waldthals“ geübt, am meisten in Schweden, woselbst es heute sogar noch das herrschende Frischverfahren ist¹⁾, weit weniger in Deutschland, Oesterreich und Frankreich, in England nur noch zu einzelnen bestimmten Zwecken. Auch in manchen waldreichen Gegenden Russlands und Nordamerikas, besonders solchen, in denen es an mineralischer Kohle fehlt, wird das Herdfrischen noch vereinzelt geübt.

Die Schweisseisen-Erzeugung in Puddelöfen stand bis zur Zeit der Einführung des Bessemer-Metalls im Vordergrund des Eisenhüttenwesens. Der Puddelofen hat, neben dem eisernen Boden und dem Schlackenherde (S. 35) nach und nach noch andere wesentlich bessernde Zuthaten erhalten; dieselben beziehen sich auf die Kühlung der Herdwände und Vervollkommnung der Feuerungs-Anlagen.

Weitere Bestrebungen, nämlich die, mehr körperliche Kraft als Geschicklichkeit erfordernde Arbeit des Rührens durch mechanische Mittel zu bewirken, indem man die Handarbeit durch maschinelle Vorrichtungen genau nachzuahmen, oder das Puddeln durch eine Drehung des Herdes zu ersetzen sucht, haben bis heute einen durchschlagenden Erfolg nicht erzielt.

Schaffhäutl benutzte 1836 zuerst eine durch Dampfkraft bewegte Rührstange; nach ihm haben viele Andere von ähnlichen Vorrichtungen Gebrauch gemacht.

Den ersten drehbaren Heerd richtete Oestlund in Schweden im Jahre 1859 auf dem Eisenwerke zu Finspong ein.

Menelaus in Dowlais setzte einen Ofen mit einem sich drehenden Zylinder in Betrieb, welcher durch den Amerikaner Danks vervollkommenet wurde, indem es diesem gelang, ein dauerhaftes Ofenfutter aus kieselsäurearmem Eisenerz und Kalk und auch aus Eisenerz allein, herzustellen. Ungeachtet aller genannten Verbesserungen und anderer, welche sich bis in die neueste Zeit erstrecken²⁾ konnte die Schweisseisen-Erzeugung im Puddelofen neben dem Bessemer-Verfahren nur so lange noch auf der Höhe bleiben bis die Entphosphorung des Eisens in der Bessemer-Birne gelungen war. Fortan entspann sich der Kampf zwischen Schweisseisen und Flusseisen, welcher gegenwärtig noch nicht entschieden, aber voraussichtlich zu gunsten des Flusseisens enden wird.³⁾ Es herrscht zwar zur Zeit, hervor gerufen durch mannigfache, berechtigte Klagen über Ungleichmässigkeit des gelieferten Materials, noch ein starkes Misstrauen gegen das Flussmetall; doch wird dasselbe sicher rascher schwinden als die Vorurtheile, die man vor 50 Jahren, nach Erfindung des Puddel-Verfahrens und der Einführung des Walzeisens, bei uns lange Zeit gegen das gepuddelte und gewaltete Eisen — gegenüber dem auf dem Herde gefrischten und unter Hämmern geschmiedeten — zur Schau trug.

England und Frankreich gingen in der Verwendung des Fluss-Metalls zu mancherlei Tragwerken, insbesondere für den Schiffsbau⁴⁾, voran. Im Jahre 1859 versuchte man, zuerst in England, die Verwendung von Flussstahl zu den Rümpfen der Handelsschiffe. Für die Rümpfe von Kriegsschiffen kam Flussstahl zuerst 1874 in Frankreich zur Anwendung (für das Panzerschiff *le Redoutable*). Auch in Amerika,⁵⁾ Deutschland und Oesterreich ist der Verbrauch von Flusseisen, namentlich für Eisenbahn-Zwecke, z. B. für Schienen, Schwellen, Wagenachsen und Radreifen, in lebhafter Zunahme begriffen. Aus der beigefügten bildlichen Darstellung der Gewinnung des schmiedbaren Eisens Fig. 53, — Schmiedeisen und Stahl — in Preussen innerhalb des Zeitraums vom Jahre 1837 bis Ende 1885, ist zu entnehmen, dass die Menge des erzeug-

¹⁾ v. Ehrenwerth. Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Herdfrischerei, insbesondere G. A. Forsberg's dreiformiger Herd, genannt Schwedischer Herd. Stahl und Eisen 1886, S. 314. —

²⁾ Puddelöfen von Küpper. Stahl und Eisen 1886, S. 362.

³⁾ v. Junker, Ueber das Fortschreiten und Zurückweichen des Puddel-Prozesses. Oester. Zuzchr. f. Berg- u. Hüttenw. 1886, No. 31.

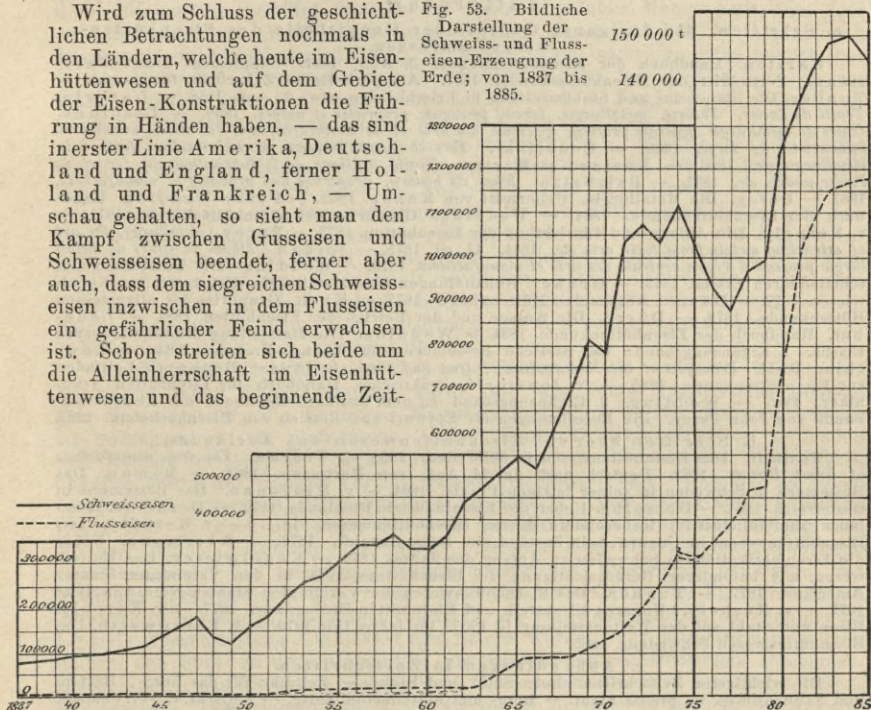
⁴⁾ Perissé. *De l'emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques*. 1884. S. 1—8.

⁵⁾ Kreuzpointner. Flusseisen für Dampfkessel. Stahl und Eisen 1886, S. 647.

ten Fluss-Metalls, obgleich dieselbe vom Jahre 1837 bis 1850 durch kaum nennenswerthe Zahlen dargestellt wird, im Jahre 1885 doch schon über 1 100 000 t¹⁾, also etwa $\frac{3}{4}$ der Menge des in demselben Jahre erhaltenen Schweisseisens betragen hat. Die Schweisseisen-Gewinnung hat zwar ihren Höhepunkt wohl noch nicht erreicht; wenn aber die Flusseisen-Erzeugung in ihrem raschen Wachstum weiter beharrt, so ist zu übersehen, dass sie die erstere bald überholt haben wird. Aber von dem Zeitpunkte an, wo es gelingen sollte, das Fluss-eisen in Form gewöhnlicher Handelswaare leicht und gut schweisssbar darzustellen — was zur Zeit allgemein noch nicht gelungen ist — wird das Schweisseisen seine Rolle in der Kultur zu Ende gespielt haben und der Augenblick näher rücken, wo es ganz vom Schauplatze seiner einstigen Grösse verschwindet. — —

Wird zum Schluss der geschichtlichen Betrachtungen nochmals in den Ländern, welche heute im Eisenhüttenwesen und auf dem Gebiete der Eisen-Konstruktionen die Führung in Händen haben, — das sind in erster Linie Amerika, Deutschland und England, ferner Holland und Frankreich, — Umschau gehalten, so sieht man den Kampf zwischen Gusseisen und Schweisseisen beendet, ferner aber auch, dass dem siegreichen Schweisseisen inzwischen in dem Flusseisen ein gefährlicher Feind erwachsen ist. Schon streiten sich beide um die Alleinherrschaft im Eisenhüttenwesen und das beginnende Zeit-

Fig. 53. Bildliche Darstellung der Schweiss- und Flusseisen-Erzeugung der Erde; von 1837 bis 1885.



alter des Stahls fängt an, seine Rechte naturgemäss auch auf dem Felde der Konstruktionen geltend zu machen. Für Hängebrücken, sowohl Ketten- als Drahtseil-Brücken hat sich der Stahl seit seiner erstmaligen Anwendung durch Mits im Jahre 1828 (beim Bau des Karls-Steges über den Donau-Kanal in Wien) schon eingebürgert. Für Bogen- und Balkenbrücken ist er jedoch erst in vereinzelten Fällen zur Anwendung gekommen, u. a. bei der 1886 erbauten Götha-Elf-Brücke in Schweden, bei einigen österreichischen Brücken, bei der 1874 vollendeten Brücke über den Mississippi bei St. Louis, bei verschiedenen grossen Brücken der niederländischen Staatsbahnen (1886—1878) u. A. Diese und andere Beispiele erweisen das Bestreben der Nationen, dem Stahl, insbesondere dem Flussmetall, als Konstruktions-Material Eingang zu verschaffen. Und wenn nicht alle Anzeichen trügen, so müssen wir in ihm den Zukunftsstoff für den Bau eiserner Brücken und anderer eiserner Tragwerke erblicken.

¹⁾ Die zeitige jährliche Schweisseisen-Erzeugung der Welt beträgt etwa 7 000 000 t gegenüber einer Flusseisen-Erzeugung von 6 500 000 t.

B. Darstellung des Eisens.

Litteratur.

a. Schriften, die das ganze Gebiet oder Haupttheile des Eisenhüttenwesens umfassen.

Karsten. Handbuch der Eisenhüttenkunde. 3. Aufl. 1841. Supplement dazu: Hartmann. Fortschritt der Eisenhüttenkunde. 1851. Als periodische Zeitschrift fortgesetzt. — Tunner. Die Stabeisen- und Stahlbereitung in Frischherden usw. 2. Aufl. 1858. — Landrin. *Traité de l'acier. Théorie, métallurgie, travail pratique, propriétés et usages.* 1859. — Lesoinne. *Cours de métallurgie générale professé à l'école des arts et de manufactures et des mines, annexée à l'université de Liège.* 1860. — Couailhac. *Fers et aciers; examen de la situation faite à la métallurgie etc.* 1860. — Ansiaux et Masion. *Traité pratique de la fabrication du fer et de l'acier puddlé etc.* 1861. — Fairbairn. *Iron, its history, properties and processes of manufacture.* 1861. — Percy. Die Metallurgie. Uebersetzt von Knapp. 1862. — Percy-Wedding. Handbuch der Eisenhüttenkunde. 1864. — Wedding. Grundriss der Eisenhüttenkunde. 1871. — v. Kerpely. Die Anlage und Einrichtung der Eisenhütten. 1873. — Percy. *Metallurgy, the art of extracting metals from their ores etc.* 1864. II. ed. 1875. — Jordan. *Album du cours de métallurgie professé à l'école centrale des arts et manufactures.* 1875. — Wedding. Die Darstellung des schmiedbaren Eisens. 1875. — Gruner. Abhandlungen über Metallurgie. Uebersetzt von Kupelwieser. 1877. — Dürre. Allgemeine Hüttenkunde 1877. — Kerl. Grundriss der allgemeinen Hüttenkunde. 1879. — Dürre. Die Anlage und der Betrieb der Eisenhütten. 1881. — Ledebur. Handbuch der Eisenhüttenkunde. 1884. — Wedding. Die Darstellung des schmiedbaren Eisens. I. Ergänzungsband: Der basische Bessemer- oder Thomas-Prozess. 1884. — Lowthian Bell. *Principles of the Manufacture of Iron and Steel, etc.* 1884. — Beckert. Leitfaden zur Eisenhüttenkunde. 1885. — v. Jonstorff. Praktisches Handbuch für Eisenhütten-Techniker. 1885. — Wedding. 2. Ergänzungsband zu dem ausführl. Handbuch der Eisenhüttenkunde von John Percy. Die Berechnungen für Entwurf und Betrieb von Eisenhochöfen. 1887.

b. Schriften über das Eisenhüttenwesen des Auslandes.

Tunner. Das Eisenhüttenwesen in Schweden. 1858. — Truran. *The iron manufacture of Great Britain.* 1862. Deutsch nach der II. Aufl. von Hartmann. 1864. — Boman. Das Bessemer in Schweden in seiner jetzigen Praxis. 1864. — v. Hingenau. Das Bessemer in Oesterreich. 1864. — Derselbe. Ueber die Eisenindustrie Russlands. 1870. — Derselbe. Russlands Montanindustrie, insbesondere dessen Eisenhüttenwesen. 1871. — v. Kerpely. Das Eisenhüttenwesen in Ungarn, sein Zustand und seine Zukunft. 1872. — Akermann. Ueber die Eisenfabrikation in Schweden zu Anfang des Jahres 1873. — Kupelwieser. Das Hüttenwesen, mit besonderer Berücksichtigung des Eisenhüttenwesens in den Vereinigten Staaten Amerikas. 1877. — Tunner. Das Eisenhüttenwesen der Vereinigten Staaten Nord-Amerikas. 1877. — v. Kerpely. Ungarns Eisenstein und Eisenhütten-Erzeugnisse. 1877. — v. Kerpely. Eisen und Stahl auf der Weltausstellung in Paris im Jahre 1878/1879. — v. Ehrenwerth. Das Eisenhüttenwesen Schwedens. 1885.

c. Abhandlungen in Zeitschriften.

Die wichtigsten Zeitschriften sind: Stahl und Eisen. — Zeitschr. für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preuss. Staat. — Berg- und hüttenmänn. Zeitg. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. — Annalen f. Gew. u. Bauw. — Dingler's Polytechn. — Zeitschr. d. Ver. z. Beförderung d. Gewerbef. — Oessert. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen. — v. Kerpely. Fortschritt der Eisenhütten-Technik. — *Annales des mines.* — *Revue universelle des mines.* — *The Journ. of the Iron and Steel Institute.* — *Iron.* — *Transactions of the American Inst. of Mining Engineers.* — *Jernkonkretors annaler.* — Bericht über die Fortschritte der Eisenhütten-Technik von v. Kerpely.

Angaben einzelner Aufsätze aus diesen Schriften sind an betr. Stellen des Textes beigefügt.

I. Die Rohstoffe und ihre Vorbereitung.

Zur Darstellung des Eisens bedarf man in erster Linie der Erze und der Brennstoffe. Erstere lassen sich selten ohne Zusatz gewisser anderer Stoffe — Zuschläge genannt — verhütten.

Zur Aufnahme der Rohstoffe dienen Oefen, welche mit geeigneten feuerfesten Stoffen ausgekleidet sind. Die wichtigen feuerfesten Stoffe, welche bei vielen Darstellungs-Arten auf den chemischen Vorgang wesentlichen Einfluss äussern, gewissermassen die Wirkung von Zuschlägen ausüben, gelangen an dieser Stelle ebenfalls mit zur Besprechung.

a. Vorkommen und Verbreitung der Eisenerze.

Wir treffen das Eisen in allen 3 Reichen der Natur: im Steinreich im geschwefelten, arsenisirten und oxydirten Zustande, im Meerwasser und den Quellen; selbst aus den Wolken fällt es in Form der Meteorsteine zur Erde herab. Aus dem Erdboden nehmen es die Pflanzen auf, um es als Nahrungsmittel wiederum in das Blut der Menschen und Thiere überzuführen¹⁾. Kein Land, in welcher Zone es auch liege, ist bei der Vertheilung zu kurz gekommen. Doch ist es nicht überall gleich leicht, das Eisen dem Boden abzurufen. Obwohl, wie uns das allgemeine Vorkommen des Eisens in den Pflanzen lehrt, die Rinde unsrer Erde überall eisenhaltig ist, so sind für die Darstellung des Eisens doch nur die eigentlichen Eisenerze gebrauchsfähig, d. h. „diejenigen Fossilien, welche das Eisen in solcher Menge enthalten, dass es sich daraus mit wirthschaftlichem Vortheil darstellen lässt.“ Am meisten bevorzugt erscheinen jene Länder, in denen schmelzwürdige Erze unmittelbar in der Nähe der Brennstoffe, der Steinkohlen, lagern, wie dies in Sachsen, am Rhein, an der Ruhr und Saar, hauptsächlich aber in England und Schottland, in der nordamerikanischen Union und in China der Fall ist.

Fast sämtliche Eisenerze bestehen aus Oxyden, Hydro-Oxyden oder Carbonaten des Eisens. Die wichtigsten derselben und die in ihnen enthaltenen Eisenverbindungen sind — abgesehen vom Meteorisen (vergl. S. 7), welches wichtiger für den Naturforscher als den Hüttenmann ist — auf folgender Seite tabellarisch zusammen gestellt. Erze mit weniger als 25% Eisengehalt werden in der Regel nicht mehr verhüttet. Doch lassen sich Erze von noch geringerem Eisengehalt wohl mit Nutzen verwenden, wenn ihre Gangarten eine für die Schlackenbildung günstige Zusammensetzung zeigen. Solche Erze bilden dann den Uebergang zu den sogen. eisenhaltigen Zuschlägen (mit bis 15% Eisengehalt).

1. **Magnet-Eisenerz** ist dasjenige Mineral, an welchem zuerst die Naturerscheinung wahrgenommen wurde, die wir heute Magnetismus nennen. Der Name stammt vom Fundorte, Magnesia in Lydien.²⁾ Der Magnetisenstein ist vorzugsweise an plutonische und vulkanische Gebirgsmassen gebunden und kommt meistens in Lagern oder Stöcken von bedeutender Mächtigkeit, dagegen selten auf Gängen vor. In gewaltigen Massen lagert dies Erz im hohen Norden von Norwegen, Schweden und Russland³⁾. Dort liegen unerschöpfliche Lager fast gänzlich unbenutzt da, weil der Mangel an Brennstoff bislang eine wirtschaftliche Ausnutzung verhindert. Berühmt sind die riesigen Eisengruben von Dannemora, die mächtigen Eisensteinlager des Bipsberges bei Falun und Gellivara in Schweden⁴⁾, ferner die Lager von Arendal und die Eisengruben von Persberg in Norwegen. Das Lager von Gellivara ist so ausgedehnt, dass schon eine 1 m tiefe Ausschachtung 3 000 000 t Erz liefern würde. Sehr manganreiche Sorten liefern den Stoff zu dem bekannten, ausgezeichneten, schwedischen Danemora-Eisen. Auch das berühmte schwedische Kanonen-Eisen wird aus Magneteisen-Erz erzeugt. Bemerkenswerth ist der Cerro del Mercado in Mexico, ein Magnetisen-Berg von etwa 1 km Länge, 335 m Breite und 200 m durchschnittlicher Höhe, welcher eine zu Tage liegende Erzmasse von 200 000 000 t vorstellt. Allein das unter dem Berg befindliche Erz soll mehr Eisen enthalten, als seit über 300 Jahren in England gewonnen worden ist. Er erhielt seinen Namen von Don Gines Vasquez del Mercado, der 1552 auf Befehl der Regierung von Neu-Galizen zur Eroberung des Thales von Durango, in welchem der Berg liegt, ausgeschiedt wurde. Man glaubte nämlich dort ein wunderbares Gebirge von gediegemem Gold und Silber vorzufinden und war nicht wenig enttäuscht, als sich alles nur als Eisen erwies. Dieser Eisenschatz, auf dessen Wichtigkeit

¹⁾ 100 menschliche Körper enthalten etwa 0,5 g Eisen.

²⁾ Plinius erzählt, die Entdeckung des Magnets sei auf dem Berge Ida von einem Hirten Namens Magnes, geschehen, dessen mit Eisen beschlagener Stock plötzlich am Boden festgehalten wurde.

³⁾ Die Eisenerze des europ. Russland. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 208

⁴⁾ Nordenström. *L'industrie minière de la Suède.*

No.	Name des Erzes	Eisenverbindung	Ungefährlicher Eisengehalt in %	A r t e n	Allgemeine Kennzeichen
1.	Magnetisenerz . .	Eisenoxydul-Oxyd Fe_3O_4 , Fe_2O_3	40 bis 70	Franklinit, ein Erz, in welchem ein Theil des Eisenoxyduls durch Zinkoxyd und ein Theil des Eisenoxyds durch Manganoxyd vertreten ist ¹⁾ .	Spezif. Gew.: 4.8—5.2. Härte 5.5—6.5. Sehr schwermelzig; in Salzsäure löslich, meist magnetisch, oft polarisch. Strich: schwarz. Farbe: schwarz oder grünlich-schwarz. Bruch: muschelrig bis uneben.
2.	Rotheisenerz . . .	Eisenoxyd Fe_2O_3	30 bis 70	a. Eisenglanz. Kristallisirt in grossen Rhomboedern. Eisenglimmer in schuppigen Kristallen. b. Rother Glaskopf (Hämatit). Kugelige u. nierenförmige Absonderungen mit strahligem Gefüge. c. Rotheisenerz. Dicht, erdig oder unmlig.	Spezif. Gew.: bis 5.3. Härte 1—6.5. Schwermelzig; schwarz und magnetisch vor dem Löthrohr; in Salzsäure langsam löslich. Strich: roth; Farbe: roth bis röthlich-schwarz; Eisenglanz: schwarz bis grau.
3.	Brauneisenerz . .	Eisenoxyd-Hydrat $3HO$, Fe_2O_3	20 bis 60	a. Brauner Glaskopf. Ausgezeichnet rein; kristallinisch-faseriges Gefüge, bei oft kugeligem oder nierenförmiger äusserer Form. b. Bohnerze und oolithische Erze, kugelig bis Nussgrösse, häufig durch eisenhaltigen Thon oder Quarz zu grösseren Massen verbunden. c. Gewöhnlicher Brauneisenerz. d. Saeerze. Noch gegenwärtig fortdauernde Bildungen.	a. Leichtschmelzig. Farbe: braun bis schwarz. b—d. Strich: Gelbbraun. Jüngere Erze (Gelbeisenstein) haben rein gelben Strich in Folge grössern Gehalts an Hydratwasser.
4.	Spath-, Thon- u. Kohleisenerz .	Kohlensaures Eisenoxydul FeO , CO_2	25 bis 48	Sphaeroiderit oder Thoneisenstein ist kohlensaures Eisenoxyd mit Thon oder Mergel vermenzt, nicht kristallinisch. Auch der rhombödrisch kristallisirende, selten körnige Spathisenerz wird, wenn er in trauben- oder nierenförmigen Bildungen erscheint, wohl Sphaeroiderit genannt. Kohleisenstein ist Thoneisenstein mit Kohle vermenzt.	Spathisenerz: Leichtschmelzig; rein von Phosphor. Farbe des frischen Erzes: gelblich weiss, an der Luft und unter dem Einfluss der Feuchtigkeit allmählich dunkelblau bis blauschwarz. Thoneisenstein. Farbe grau-grünlich oder -bräunlich.

¹⁾ Findet sich im Staate New-Jersey in einem mächtigen Lager zwischen Franklin und Ogdensburg.

erst im Jahre 1828 der Statthalter Santiago Baco de Ortez aufmerksam gemacht hat, liegt bis heute noch unbehoben; seine Ausbeutung steht jedoch bevor¹⁾.

Magneteisen-Berge in ähnlicher Mächtigkeit hat nur noch der Ural aufzuweisen. Doch sind auch die amerikanischen Lager am Lake Champlain und Lake Superior nennenswerth. Für die Eisenindustrie Norwegens, Schwedens und Russlands ist der Magneteisenstein von hoher Bedeutung; für Deutschland und die übrigen Länder Europas ist dies bei weitem weniger der Fall.

2. **Rotheisenerze** kommen weit häufiger vor als der Magneteisenstein und zwar in den in der Tabelle näher bezeichneten Arten. Eisenglanz findet sich in kristallinischen Gebirgsarten (Granit, Porphyr, Trachyt und Dolerit) eingewachsen und eingesprengt, selten in jüngern Sandstein-, Kalk- und Mergelgebilden, vorzugsweise aber auf Lagern und Gängen im kristallinischen Schiefer- und Uebergangs-Gebirge. Die Haupt-Fundorte liegen wie beim Magneteisenstein im Norden, besonders in Schweden und Lappland.

Die erst seit den 40 er Jahren in Ausbeute begriffenen nordamerikanischen Lager am Oberen See, am Michigan-See und am Missouri dehnen sich gewaltig in die Länge und Breite und gelten für so ausgiebig, dass sie den Gesammt-Eisenbedarf der Welt auf ein Jahrhundert hinaus, decken können. Dabei sind die Erze in diesen Fundstätten so rein und die Lagerungs-Verhältnisse so günstig, dass man mit dem Tagbau ausreicht.

In Deutschland kommt Eisenglanz nur in unbedeutenden Mengen vor. Geschichtliche Erinnerungen knüpfen sich an die mächtige Eisenglanz-Lagerstätte auf der Insel Elba (S. 20). Die übrigen Rotheisenerze kommen auf Lagern und Gängen in den kristallinischen Gebirgsarten, besonders im Uebergangs- und älteren Flötzgebirge vor. Sie finden sich seltener im Norden, dagegen häufiger in Frankreich, Deutschland und England. In England wird besonders der Glaskopf (Hämatit) in der Kohlenkalk-Formation (Lancashire, Cumberland, Forest of Dean) gefunden. Er ist neben den Erzen der Kohlenformation das wichtigste Eisenerz und sein Vorkommen von der grössten Bedeutung für die englische Eisenindustrie. Deutschlands Rotheisenerze finden sich vorwiegend im Gebiete der Lahn, in der Gegend von Giessen, Wetzlar, Nassau und Siegen.

3. **Brauneisenerze** kommen in verschiedenen Abarten in Gängen, Lagern und Nestern, sowohl im ältern Gebirge als auch in den tertiären Formationen vor, besonders im rheinischen Uebergangs-Gebirge in der Gegend von Siegen, im Nassauischen, in Steiermark, in Kärnthen, Oberschlesien, Böhmen, im Fichtelgebirge, Schwarzwald und Thüringen²⁾. Auch ausserhalb Deutschland giebt es bedeutende Ablagerungen von Brauneisenstein, in England bei Alston-Moore und Durham, in den Pyrenäen, den baskischen Provinzen, in Sibirien, Brasilien und Nordamerika. Die Erze aus Algier und Spanien³⁾ haben wegen ihrer Reinheit an Phosphor und wegen ihres Mangan-Gehaltes nicht unbedeutliche Bedeutung für deutsche, französische und englische Werke erlangt.

Der mit Kieselthon gemengte Brauneisenstein führt den Namen brauner Thoneisenstein.

Eine Gewinnung von Bohnerzen in besonders grossartigem Maassstabe findet in der Gegend von Peine bei Hannover statt. Sie treten dort in 7—10 m mächtigen Lagern auf, bestehen aus, durch kohlen-sauren Kalk oder Thon verbundenen Nieren und Kugeln und werden in den Hochöfen zu Ilse bei Peine verhüttet⁴⁾. Auch Frankreich ist reich an Bohnerzen.

Besonders hervor gehoben zu werden verdienen die grossartigen, an einzelnen Stellen bis zu 30 m mächtigen Lager der sog. Minette-Erze in Luxem-

¹⁾ Eisen in Mexico. Stahl und Eisen 1884, S. 296. — Mehrrens. Eisen und Eisenbahnen in Mexiko. Zentralbl. der Bauverwaltung. 1886.

²⁾ Jäger. Ueber den Betrieb des deutschen Eisenerz-Bergbaus. Stahl und Eisen 1884, S. 509, 597 und 641.

³⁾ Tappe. Der Bergbau und Mineralreichthum Algeriens. Berg- und Hüttenmännische Zeitg. 1877, S. 432. — Gill. Der Erzdistrikt von Bilbao. Stahl und Eisen 1882, S. 337. — Auch in *Le génie civil*, No. 12 und 13, 1883.

⁴⁾ Hollmann. Die Erzlagerstätten für Thomas-Roheisen in Hannover und Braunschweig. Stahl und Eisen 1886, S. 787.

burg-Lothringen¹⁾, welche erst anfangs der 60er Jahre ausgebeutet wurden. Die Minette ist ein phosphorhaltiger, kalkiger Brauneisenstein, bei dem man im allgemeinen 2 Sorten unterscheidet: die eisenärmere, aber kalkreiche graue Minette und die eisenreiche, aber kalkärmere rothe Minette. Auf vielen Hütten versteht man beide Sorten so zu mischen, dass ein besonderer Kalkzuschlag entbehrlich wird.

Der Gelbeisenstein findet sich meistens als Begleiter des Brauneisensteins, kommt jedoch, namentlich in den jüngeren Formationen, auch für sich allein vor. Eine grössere Bedeutung hat dies Erz für die Eisenindustrie nur in seiner Verbindung mit dem Thon, als thoniger Gelbeisenstein, der fast in allen neptunischen Gebirgsarten vorkommt.

Es sind endlich noch die minderhaltigen Rasenerze zu nennen, die theils in einzelnen kleinen Stücken, theils in grössern Klumpen oder Lagern sich finden. Die holländischen und belgischen Lager haben für Deutschland eine gewisse Wichtigkeit, da nicht unbedeutende Mengen dieser Erze in Rheinland-Westfalen verhüttet werden.

4. **Spatheisen erz**, in einzelnen Gegenden Stahlstein genannt, weil er dort von alters her ein geschätztes Material für die Stahldarstellung bildet, ist ein Hauptbestandtheil der Metall führenden Gebirgs-Formationen. Er findet sich am häufigsten in Nestern, Stöcken, Lagern und Gängen im kristallinischen Schiefergebirge, im Uebergangskalkstein, sowie im älteren oder jüngeren Flötzgebirge. Fundorte von Bedeutung sind: der Harz, das Siegen'sche, Westfalen (der Stahlberg bei Müsen), Nassau, der Thüringer Wald (der Stahlberg bei Schmalkalden), Steyermark (der Erzberg bei Eisenerz) und Kärnthen.²⁾ Der häufig in Form von Kugeln und Nieren faseriger Struktur vorkommende Spatheisenstein führt den Namen Sphärosiderit, mit Thon und Mergel vermengt gewöhnlicher oder thoniger Sphärosiderit. Dieses Erz erscheint vorzugsweise in der Steinkohlen-Formation (England, Frankreich, Deutschland) in der Oolith-Formation (an der Weser, in der Grafschaft Schaumburg, bei Minden und Osnabrück), seltener in der Kreide-Formation und in den tertiären Gebirgsarten. Auch Nordamerika ist reich an thonigen Sphärosideriten.

Der Kohleneisenstein (*Blackband*) ist eine besondere Abart des thonigen Sphärosiderits. Dieses für Englands Eisenindustrie so bedeutungsvolle und eigenthümliche Erz wurde zuerst im Jahre 1801 in Schottland entdeckt. Es enthält neben 20 bis 25% Kohle, 10 bis 15% Thon und 34 bis 41% Eisen, in rohem Zustande, 55 bis 60 % Eisen in geröstetem Zustande und liefert fast $\frac{9}{10}$ der Gesamtmenge des in England erzeugten Eisens.

Auch in Westfalen hat man in den 50er Jahren verschiedene Arten des Spatheisensteins in der Steinkohlen-Formation aufgefunden.

b. Gewinnung und Vorbereitung der Eisenerze.

Litteratur.

Plattner. Die metallurgischen Röstprozesse, theoretisch bearbeitet. 1856. — Akermann. Das Rösten der Eisenerze. Aus dem Schwedischen, 1880. — Rittinger. Lehrbuch der Aufbereitungskunde. 1867. — Linckenbach. Die Aufbereitung der Erze, 1887.

Die Gewinnung der Erze durch den Bergmann geschieht, je nach der Beschaffenheit der Lager, durch Tagebau oder unterirdisch, mit oder ohne Zuhilfenahme von Sprengmitteln. Das sogen. Feuersetzen — Erhitzen und Spalten der Felsmassen durch Anzünden grosser Holzhaufen — wird angewendet, wenn sehr feste Erze zu gewinnen sind, denen mit den gewöhnlichen Geräthschaften und Werkzeugen (dem Gezähe) des Bergmannes und selbst durch das Sprengen nicht wohl beizukommen ist.

¹⁾ Das Eisenerz „Minette“. Berggeist 1865, No. 73. — Dinglers Polytechn. Journ. Bd. 178, S. 164. — Habets. *Les minerais de fer oolithiques du Luxembourg et de la Lorraine. Rev. universelle des mines* t. 34, S. 40. — Giesler. Das oolithische Eisenstein-Vorkommen in Deutsch-Lothringen. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenwesen, 1875, S. 9. — Jäger. Ueber die Erzablagerungen von Lothringen-Luxemburg usw. Stahl und Eisen 1881, S. 158 und 171.

²⁾ Hauchecorne. Die Eisenerze der Gegend von Elbingen am Harz. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 1868, S. 199. — Gruner. *Mémoire sur la situation de la métallurgie du fer en Styrie et en Carinthie. Ann. des mines, Ser. VII, t. IX, S. 471.*

Die zur Hütte gelieferten Erze werden dort nach Raummenge übernommen und je nach ihrem Werthe verschieden gelagert.

Einzelne Erze können unmittelbar im Hochofen verschmolzen werden; die meisten unterliegen jedoch einer Vorbereitung, bei der es sich gewöhnlich um eine Auflockerung, Abscheidung schädlicher Beimengungen, chemische Aenderungen oder auch Zerkleinerungen handelt. Eine Vergrößerung von zu kleinen Stücken wird selten ausgeführt.

Festere Erze, insbesondere die sogen. milden, nicht steinigen, lässt man wohl bis zu 1 Jahr und länger im Freien liegen (verwittern), um dadurch eine förderliche, mechanische oder chemische Veränderung durch den Einfluss der Luft zu erreichen. Die mulmigen und lettigen Erze müssen dagegen sogleich nach der Förderung unter Dach gebracht werden, damit sie nicht zu viel Wasser aufnehmen.

Bei den sehr festen Eisenerzen würde die Verwitterung zu lange Zeit erfordern und auch keine genügende Veränderung ergeben. Solche Erze röstet man in Haufen (Meilern) im Freien, oder zwischen Mauern (Stadeln) oder in Oefen, theils um sie mürbe zu machen, theils um Wasser, Kohlensäure und Schwefel oder dergleichen auszutreiben, eine Vorbereitungs-Arbeit, die meistens auf den Hütten vorgenommen wird. Sie ist in Schachtöfen ausgeführt wirksamer, als das Haufen- oder Stadelnrösten, weil man die Erze im Ofen jedem entsprechenden Wärmegrade aussetzen kann. Weil das Rösten ferner um so wirksamer ist, je grösser die Oberfläche der einzelnen Erzstücke im Vergleich zu ihrem Inhalt ist, so empfiehlt es sich zuerst die Zerkleinerung und dann erst die Röstung vorzunehmen. Wenn trotzdem häufig die Vorbereitung in umgekehrter Folge vor sich geht, so geschieht dies, weil die gerösteten Erze sich leichter und billiger zerkleinern lassen, als die ungerösteten.

Am theuersten und am seltensten geübt wird die Zerkleinerung durch Handarbeit, das sogen. Aufbereiten mittels Handscheidung und Klauarbeit, wobei zuweilen noch eine Wasch- oder Läuterarbeit auf schiefen Ebenen vorauf geht.

Man zerschlägt die Erzstücke dabei mit Handfäusteln bis auf die Grösse eines Hühner- oder Taubeneies und sondert das Unhaltige und Schädliche möglichst ab. Das zerkleinerte Erz wirft man durch „Rätter“ (Siebe) um das Feine (Kläre) von den Stücken (Stufferzen) zu scheiden.

Die Zerkleinerung durch Maschinen ist zur Zeit am gebräuchlichsten. Man verwendet Pochhämmer, Pochwerke mit eisernen Stempeln, Quetsch-Walzwerke oder Brechwerke.

Pochhämmer und Pochwerke sind die ältesten und unvollkommensten Zerkleinerungs-Vorrichtungen;¹⁾ man erhält auf denselben sehr ungleiche Stücke, Walzen fördern mehr und gleichmässiger, geben aber viel Staub. Sie wurden im Anfange dieses Jahrhunderts in Cornwall zuerst eingeführt und verdrängten die Pochwerke.

Heute stehen die im Jahre 1858 vom Amerikaner Blake erfundenen Quetschen oder Steinbrecher im Vordergrund, weil sie weniger Raum beanspruchen als Walzen, beliebige und gleichmässiger Korngrösse der Erzstücke liefern, auf Gleisen auch transportabel und sehr leistungsfähig sind. Erzquetschen, die etwa 200 Hübe in 1 Min. machen, können mit einem Aufwande von 5 bis 10 Pferdek. in 12 Stunden durchschnittlich 60 t Erze zerkleinern²⁾. —

Die beschriebenen Vorbereitungs-Arbeiten werden nicht immer alle an einem Erze vorgenommen. Zuweilen genügt schon eine dieser Verrichtungen; häufig kommen aber mehrere oder alle, und dann in sehr verschiedener Reihenfolge, nicht selten sogar in mehrfacher Wiederholung zur Anwendung.

Einer Wascharbeit unterwirft man vorzugsweise nur die von Thon durchsetzten Bohnerze. Geröstet werden regelmässig: Spath-, Thon- und Kohlen-Eisenerze, um sie in Eisenoxyd umzuwandeln, oder Schwefel auszutreiben; Magnet-

¹⁾ 1507 legte Sigismund von Maltitz im Erzgebirge, das erste Pochwerk an. 1524 führte Peter Philipp zuerst ein solches im Harze ein. A. Gurlt, Bergbau- und Hüttenkunde, 2. Aufl., S. 104.

²⁾ Ueber Erzquetschen der Georgs-Marienhütte vergl. Hannov. Ztschr. 1871, S. 319.

eisenerze behufs höherer Oxydation; Zuschlags-Kalksteine und Dolomite, sofern sie für den Hochofen bestimmt sind. Ausnahmsweise werden geröstet: Roth- und Braun-Eisenerze wenn Schwefel ausgetrieben oder Mürbigkeit erzielt werden soll, die vorbenannten Zuschläge wenn sie für das Thomas-Verfahren Verwendung finden und eisenreiche Schlacken, welche im Hochofen eingeschmolzen werden sollen.

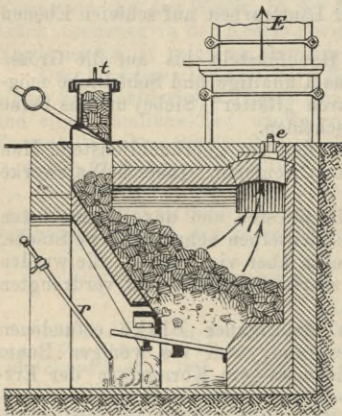
c. Brennstoffe und Oefen.

Litteratur.

Steinmann. Compendium der Gasfeuerung. II. Aufl. 1876. — Ledebur. Die Oefen für metallurgische Prozesse. 1878. — Steinmann. Bericht über die neusten Fortschritte auf dem Gebiete der Gasfeuerung. 1879. — Quaglio. Das Wassergas als Brennstoff der Zukunft. 1880. — Pütsch. Ueber Gasfeuerungen. Sonderabdruck aus der Zeitschr. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbf. 1880, S. 445. 1881. — Ramdor. Die Gasfeuerung. II. Aufl., 1881. — Stegmann. Gasfeuerung und Gasöfen. II. Aufl. 1881.

1. Der Hüttenmann gebraucht, um die zur Abscheidung des Eisens aus den Erzen erforderlichen hohen Wärmegrade zu erzielen, Brennstoffe, welche aus der Pflanzenfaser oder deren Derivaten herkommen. Das sind: Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle, ferner künstlich hergestellte Verkohlungs-Erzeugnisse, als Holzkohle und Kokes, endlich gasförmige Körper als Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe, welche durch Erhitzung von festen Brennstoffen in der Regel in sogen. Generatoren erzeugt werden. Wassergas¹⁾, durch Leitung von Wasserdampf über glühende Kohlen erzeugt, ist versuchsweise zu Seraing im Jahre 1882 durch Bull zur unmittelbaren Eisendarstellung verwendet worden; für Schweissarbeiten ist es in Essen mit Erfolg in Anwendung gekommen. Diesem Gas prophezeit man eine grosse Zukunft auch im Hüttenwesen. Auch die Elektrizität hat in der neuesten Zeit für das Schmelzen der Metalle Anwendung gefunden²⁾.

Fig. 54.



Die Oefen zur Aufnahme und Ausnutzung der Brennstoffe theilt man, je nach der Art der letztern, in Oefen mit Rostfeuerung und Oefen mit Gasfeuerung. Nach der äussern Form nennt man die Oefen: Schachtöfen, Herde, Flammöfen. Flammöfen mit länglichem Herde nennt man Drehöfen, mit schwingend beweglichem Herde wohl Schaukelöfen.

Die ersten erfolgreichen Versuche zur Ausnutzung gasförmiger Brennstoffe machte Faber du Four in Wasseralfingen in den 40er Jahren; aber erst nach Einführung der Regenerativ-Gasfeuerung durch William Siemens in London und F. Siemens in Dresden, im Jahre 1861, hat sich die Gasfeuerung Bahn gebrochen. Bei der Anordnung von Siemens liegt der Generator oder Gaserzeuger, Fig. 54, gewöhnlich ausserhalb der eigentlichen Schmelzhütte. Er besteht aus einem gemauerten

Schacht, welcher im Boden einen verhältnissmässig kleinen Rost hat. Die Brennstoffe werden durch den Trichter *t* eingefüllt; das Rohr *r* führt etwas Wasser zum Verdampfen in den Aschenfall, weil der Wasserdampf bei der Berührung mit den glühenden Brennstoffen sich in Sauerstoff und Wasserstoffgas zersetzt und und die Wirkung des Verbrennungs-Gases erhöht. *e* ist ein Guckloch, durch welches der Gang des Feuers beobachtet und auch mittels einer Stange geregelt werden kann. Die heissen Gase treten durch die gemauerte Esse *E* in eiserne Röhren, von welchen aus sie in den Schmelzöfen gelangen.

¹⁾ v. Ehrenwerth. Wassergas als Brennstoff. Stahl und Eisen. 1884. S. 325.

²⁾ W. Siemens schmolz mit einer 4,2pferd. dynamo-elekt. Maschine 1 kg Stahl in ¼ Stunde. Meidinger. Ueber die Anwendung der magnet-elekt. Maschine in der Metallurgie; Polytchn. Notizbl. Bd. 36, S. 321.

Unter oder hinter der Herdsohle des Schmelzofens liegt ein System von sogen. Regeneratoren, welche den Zweck haben, die dem Gase auf seinem Wege zum Ofen verloren gegangene Wärme wieder zu ersetzen. Ohne Anwendung dieser Regeneratoren würde man jedenfalls keine gasförmigen Brennstoffe wählen, da beim Verbrennen fester Stoffe im Heizraume eines Ofens mehr Wärme entwickelt wird, als durch das Gas.

Die Regeneratoren wurden zuerst von W. und F. Siemens eingeführt (S. 46). Es sind rechtwinklige, überwölbte Kammern, in denen durch das Einsetzen feuerfester Steine eine grosse Anzahl kleiner Zwischenräume gebildet ist, so dass beim Hindurchströmen heisser Gase eine allmähliche und gehörige Erwärmung des ganzen Systems erfolgen kann. Der Ofen enthält meistens 4 paarweise gruppierte Regeneratoren, von denen 1 Paar für die Erwärmung der von aussen einströmenden kalten Verbrennungs-Luft, das andere für die Erwärmung der von den Generatoren kommenden Gase bestimmt ist. Die Kammern eines jeden Regeneratoren-Paares stehen nach oben mit dem Schmelzraum in Verbindung und können ausserdem, vermöge einer Stellvorrichtung mit Wechsel-Klappen, beide unmittelbar mit dem Schornstein, oder die eine mit den Gas-Erzeugern, die andere mit der atmosph. Luft in Verbindung gesetzt werden. Ist während des Ofen-Betriebes eins der beiden Regeneratoren-Paare (z. B. *A*) gegen den Schornstein abgeschlossen, so sind die in dasselbe von aussen eintretenden, den beiden Kammern getrennt zugeleiteten gas- und luftförmigen Brennstoffe gezwungen, ihren Weg zum Schornstein mittelbar durch den Schmelzraum und das andere Regeneratoren-Paar (*B*) zu nehmen. Die in der Regel mit sehr hohem Hitzgrade aus dem Schmelzraume unbenutzt abziehenden Gase erhitzen also hier auf ihrem Wege zum Schornstein das Regeneratoren-Paar (*B*), welches nach aussen gegen Eindringen von Luft und Gas abgeschlossen ist. Lässt man nun mittels der Stell-Vorrichtung Gas und Luft den umgekehrten Weg zum Schornstein — von *B* durch den Schmelzraum nach *A* — machen, so erhitzen sich diese von aussen kalt eintretenden Brennstoffe in dem vorgewärmten Regeneratoren-Paar *B* und treten stets in gehörig erhitztem Zustande in den Schmelzraum ein, woselbst die Verbrennung des im Gase enthaltenen Kohlenoxyds durch den Sauerstoff der atmosphär. Luft erfolgt und zwar um so vollständiger, je richtiger die Mischung von Luft und Gas war. Auf diese Weise kann durch das regelmässige Spiel der Stell-Vorrichtung und der Klappen in Wirklichkeit die verloren gegangene Wärme in den Regeneratoren stets aufs neue wieder erzeugt werden. Wenn der Ofen zum ersten mal in Betrieb gesetzt werden soll, wird vorerst im Schmelzraum durch Anzünden von Holz oder Hobelspähnen eine Flamme erzeugt, welche die Entzündung des einströmenden Gases bewirkt.

Solche Regeneratoren werden neuerdings sowohl bei der Roheisen-Darstellung im Hochofen als auch bei der Schweisseisen- und Flusseisen-Darstellung im Flammofen mit grossem Erfolge angewendet. Man vermag durch dieselben bei niedrigem Brennstoff-Verbrauch eine sehr hohe und gleichmässige Hitze des Schmelzraumes zu erzeugen, wenn nur für gehörige Mischung von Luft und Gas und für öftere und regelmässige Umschaltung der Stell-Vorrichtung Sorge getragen wird. Beispiele von Regeneratoren s. weiterhin.

Neuerdings hat man mit Erfolg versucht, auf den Siemens'schen Grundsätzen fussend, einfachere Gasfeuerungen einzurichten, bei denen der Generator nicht weitab vom eigentlichen Ofen, sondern in unmittelbarer Nähe desselben angelegt ist. Durch diese Veränderung der Anlage bezweckt man den Wärmeverlust zu vermeiden, der bei der Siemens'schen Einrichtung durch die Abkühlung der Gase auf dem Wege vom Generator zum Ofen entsteht. Man beschränkt sich deshalb bei den neuern Gasfeuerungen darauf, die Gase aus dem Generator unmittelbar in den Ofen eintreten zu lassen und nur die Verbrennungsluft besonders vorzuwärmen. Dabei behält man noch einen Theil der Abhitze des Ofens zur Heizung von Dampfkesseln oder dergl. übrig, was bei den Siemens-Feuerungen nicht der Fall ist. Solche Gasfeuerungen sind diejenigen von Boëtius, Bicheroux, Ponsard, Pütsch u. a., über deren Einzelheiten in der Litteratur nachzulesen ist.

d. Zuschläge. Probiren der Erze.

In der Einleitung (S. 3) wurde bereits erwähnt, dass nur wenige Eisenerze ein derartiges Verhältniss von nicht eisenhaltigen Bestandtheilen zeigen, dass sie für sich allein auf Roheisen verschmolzen werden können. Kann dieses Verhältniss nicht ganz durch Gattirung, d. h. durch Mischung verschiedener Erzsorten erzielt werden, so muss man fremde Stoffe — Zuschläge genannt — beimengen. Die Mischung von Erzen und Zuschlägen nennt man Möller oder Möllering, die Möllering sammt der zugehörigen Brennstoffmenge die Beschickung.

Die Zusammensetzung der Gattirung, Möllering und Beschickung beeinflusst den Gang des Hochofens, den Verbrauch an Brennstoff und die Beschaffenheit des Erzeugnisses, weshalb sie nicht ohne vorher gehende Probung der in den Hochofen gelangenden festen Stoffe erfolgen kann.

Im allgemeinen soll die Möllering derartig zusammen gesetzt sein, dass die Verbindung ihrer eisenfreien Theile, das sind: Kieselsäure, Thonerde und Kalkerde (welche fast in keinem Erze fehlen) beim Schmelzpunkt des zu erzeugenden Roheisens eine flüssige Schlacke liefert, deren Menge zur Menge des Roheisens in zweckmässigem Verhältniss — höchstens etwa wie 5:1 mindestens wie 1:2.5 — steht. Wird das Verhältniss 5:1 überstiegen, so ergibt sich in der Regel unwirtschaftlicher Brennstoff-Verbrauch; und unter das Verhältniss 1:2.5 darf nicht gegangen werden, weil sonst eine Oxydation des Roheisens durch den Hochofenwind zu befürchten steht.

Man unterscheidet: *a*) Kalk und Magnesia, *β*) Kieselsäure und Thonerde führende Zuschläge, *γ*) Zuschläge, welche nur die Schlackenmenge vermehren, und *δ*) Zuschläge, welche eine wesentliche Aenderung des Schmelzpunktes der Schlacke herbei führen sollen.

Bei mindestens 90 % aller Erze ist man gezwungen, einem an Kieselsäure, bezw. Thonerde reichen Erze kalk- oder magnesiahaltige Zuschläge zu geben. Man benutzt hierbei meistens Kalkstein und Dolomit. Diese Zuschläge werden ebenso wie die Erze selbst vorbereitet. Nur ausnahmsweise, z. B. in Ilse, sind die Erze so kalkhaltig, dass Thonerde-Zuschläge erforderlich sind.

Die Eisenprobirkunst, welche es sich zur Aufgabe macht, behufs Ermittlung der zweckmässigsten Zusammensetzung der Gattirung, Möllering und Beschickung mit den Rohstoffen, die erforderlichen Proben oder Analysen vorzunehmen, wird als besonderer Wissenszweig gelehrt und erfordert umfassende analytische Vorkenntnisse. Behufs Anstellung der Proben werden aus den Erzhaufen genommene Probestücke fein gepocht; von dem erhaltenen Mehl entnimmt man gewöhnlich ein Probegut von 1 bis 2 kg, welches bei 100° getrocknet wird. Bei Anstellung der Probe kommt es darauf an, nach richtiger Beimengung der Zuschläge (Kieselsäure, Thonerde, Kalkerde) das oxydirte Eisen abzuscheiden, das abgeschiedene Eisen zu kohlen und die beigemengten Erdarten zu einer Schlacke zusammen zu schmelzen. Aus der Beschaffenheit der erhaltenen Schlacke lässt sich beurtheilen, ob die vorgenommene Mischung mit Erdarten die richtige war. Im allgemeinen hat bei gut gerathener Probe die vollständig geflossene Schlacke eine graue, gelbliche oder violette (keine grüne) Farbe und ist emailartig, bei muscheligen Bruch. War zu viel Kieselsäure vorhanden, so erfolgt eine glasige, mehr oder weniger vollständig durchsichtige, leicht zerbrechliche, im Bruch muschelige und scharfkantige, grün gefärbte Schlacke. Ist die Schlacke glasig, ohne grüne Färbung, so kann die Probe noch als richtig angesehen werden. Eine steinige, erdige Schlacke mit rauhem Bruche, grauer, gelber oder brauner Farbe deutet einen grossen Gehalt von Basen an; bei einem bedeutenden Ueberschusse von Kalkerde zerfällt die Schlacke bei der Berührung zu Pulver¹⁾.

e. Die feuerfesten Stoffe.

Litteratur: Scheidhauer. Die Eigenschaften feuerfester Materialien und deren Verwendung in der metallurgischen Industrie. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1885. S. 821 u. 842.

Absolut feuerfeste Stoffe giebt es nicht; man versteht darunter solche Stoffe, welche in bestimmten Feuerungs-Anlagen bei hoher Hitze nicht gerade

¹⁾ Muspratt. Techn. Chem. 3. Aufl. II. S. 508.

schmelzen. Natürliche feuerfeste Steine, welche nur noch einer entsprechenden Bearbeitung bedürfen, kommen viel seltener in Anwendung, als künstliche, d. i. aus natürlichen, mineralischen Rohstoffen hergestellte feuerfeste Steine oder „Masse“.

Die Grundbestandtheile der feuerfesten Stoffe sind: kiesel saure Thonerde, Kalkerde und Magnesia mit Eisenoxyd, also dieselben Stoffe, welche regelmässig als Zuschläge Verwendung finden. Zuschläge und feuerfestes Ofenfutter ergänzen oder unterstützen sich daher auch in den meisten Fällen.

1. **Kieselsäure** (Quarz) ist an und für sich fast unerschmelzbar. Die gebräuchlichsten kiesel säurereichen feuerfesten Stoffe sind:

Quader-Sandstein aus Quarzkörnchen mit thonigem Bindemittel bestehend;

Puddlingstein, der vorwiegend in England und Belgien als Gemenge oder Gerölle von runden Feuersteinen mit feuerstein- oder hornsteinartigen Bindemitteln vorkommt;

Kieselschiefer aus der Gegend von Brieg in Schlesien;

Ganister, feine Quarzkörner mit 1 bis 7% Thonerde und Eisenoxyd, bei Sheffield unter den Steinkohlen-Schichten und bei Düsseldorf vorkommend. Wird vielfach als Stampfmasse zur Herstellung des sauren Futters von Bessemer-Birnen (S. 45) benutzt, indem es vorher zerkleinert, mit etwas Thon als Bindemittel gemengt und mit Wasser angefeuchtet wird.

Dinasstein; durch Mahlen von Quarzfels erhaltene Körner, mit etwas gebranntem Kalk und Wasser vermischt, künstlich zu Steinen geformt und gebrannt. Verträgt sehr hohe Wärmegrade, ohne dass chemische Einflüsse, besonders durch basische Körper, sich geltend machen können. Der ursprüngliche Stoff zur Herstellung dieser Steine stammte vom Dinasfels im Thale von Neath in Glasmorganshire.

2. **Thonerde** ist (nach Bischof) noch schwerer schmelzbar als Kieselsäure. Die gebräuchlichsten Thonerde haltigen feuerfesten Stoffe sind:

Bauxit, so genannt von seinem Fundorte Baux bei Arles in Frankreich; enthält 50—65% Thonerde, 35—10% Eisenoxyd und mitunter 25% Kieselsäure. Nachdem sein Wassergehalt durch Brennen ausgetrieben ist er sehr widerstandsfähig und kann zu Ziegeln geformt und gebrannt werden. (Vergl. S. 48.)

Chamotte oder feuerfester Thon. Ein Thonerde-Silicat mit mechanisch beigemengtem Quarz, als Nebenbestandtheile auch Eisenoxyd u. dgl. mit 25 bis 35% Thonerde, 45—65% Gesamt-Kieselsäure und 10—15% Wasser enthaltend. Je mehr Thonerde, desto werthvoller der Thon als feuerfester Stoff, weil sein Schmelzpunkt mit dem Thonerde-Gehalt steigt. Beigemengter Quarz kann in ziemlich beträchtlicher Menge vorhanden sein, ehe durch die chemische Vereinigung der Thonerde mit dem Quarz zu leichtem schmelzbarem Silicat, die Feuerfestigkeit erheblich beeinträchtigt wird¹⁾.

Um dem Reissen des Thones beim Schwinden durch Wasserverlust während des Trocknens und Brennens zu begegnen, setzt man ihm unerschmelzbare Magerungsmittel, als gebrannten feuerfesten Thon, Quarz, Graphit, Kokes oder Holzkohlenstückchen u. dgl. zu. Die so erhaltene, mit Wasser angefeuchtete Masse verwendet man entweder unmittelbar zum Ausstampfen der Oefen, oder man formt und brennt in bekannter Weise Chamottesteine daraus, um sie in dieser Gestalt zum Auskleiden von Feuerungsanlagen zu benutzen. Sie dient auch zur Herstellung feuerbeständiger Tiegel bei Darstellung von Tiegel-Flussstahl.

3. **Kalkerde und Magnesia** sind beide an und für sich unerschmelzbar. Sie bilden den Grundbestandtheil der neuerdings im Eisenhüttenwesen zu so hoher Bedeutung gelangten feuerfesten basischen Stoffe, bezw. Ziegel (S. 49), welche künstlich aus Kalkstein und Dolomit bereitet werden²⁾.

¹⁾ Bischof. Die feuerfesten Thone. Leipzig 1876. S. 62 ff. — Kerl. Abriss der Thonwaren-Industrie. II. Aufl. 1879.

²⁾ Das Verhalten der erdbasischen feuerfesten Materialien gegen die in der Praxis des Hüttenbetriebes vorkommenden chemischen und physikalischen Einflüsse. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbf. 1884. H. II.

Gewöhnlich wird zu diesem Zwecke ein eisenarmer Dolomit, welcher im wesentlichen etwa 45% Kohlensäure, 30—45% Kalkerde, bis 20% Magnesia, 1—2% Kieselsäure und eben so viel Thonerde enthält, zur Austreibung von Kohlensäure und Wasser bis zur Sinterung gebrannt, dann gemahlen, gesiebt und, um den Stoff wieder bildsam zu machen, mit gekochtem Theer — 8 Theile Dolomit auf 1½ Theile Steinkohlen-Theer — gemischt. Das so gewonnene bildsame Gemenge gelangt unmittelbar als Stampfmasse oder in Ziegelform zur Verwendung. Die Ziegel werden in eisernen Formen gestaltet und mit einem Mörtel, welcher aus fein gemahlener, mit Theer vermengter basischer Masse besteht, vermauert. Die ersten brauchbaren, feuerfesten Dolomitziegel stellte Thomas her (S. 49). Der Dolomit des Durhamer Kohlenbeckens enthält etwa 7% Kieselsäure, 3,5% Thonerde und Eisenoxyd und 88% kohlensauren Kalk mit Magnesia, eine Mischung, wie sie Thomas als die beste für ein feuerbeständiges basisches Futter bezeichnet hat und wie sie in Deutschland die Dolomite von Ratingen, Letmathe und Westhain aufweisen. Die natürliche, oder (falls solche nicht zu haben ist) die künstliche Mischung wird fein gemahlen, bei mässiger Wärme getrocknet und endlich bei stärkster, nicht weit von Platin-Schmelzhitze entfernter Weissglühhitze in Oefen mit basischem Futter gebrannt¹⁾. In Folge des starken Brennens und des Entweichens der Kohlensäure ist das Schwinden der Steine sehr gross; die Düsseldorf'sche Ausstellung zeigte z. B. in der Gruppe des Hörder Bergwerks- und Hüttenvereins und der Rheinischen Stahlwerke in Ruhrort Proben von Dolomit und Thon für die Herstellung basischer Ziegel in rohen und gebrannten Stücken neben einander, deren lineares Schwindmaass 20—25% betrug.

Das starke Schwinden dauert sogar noch in der Birne fort und bereitet daher der Herstellung gut schliessender Stücke in den Birnen-Böden, erhebliche Schwierigkeiten, aus welchem Grunde die meisten Hüttenwerke beim Thomasiren heute mit, aus basischer Masse gestampften Böden arbeiten. Obwohl ein gestampfter Boden (*pin-bottom*), in welchem die Löcher durch Einsetzen von Bolzen hergestellt werden, viel widerstandsfähiger ist, als ein gemauerter, so hält er doch höchstens 18 Sätze aus, während die Dauer des aus Theermasse-Ziegeln hergestellten Birnen-Futters heute durchschnittlich die Zahl von 60—90 Sätzen und mehr erreichen kann. Ein mit Theermasse aufgestampftes Futter dauert sogar 100—120 Hitzen, obgleich Thomas noch im Jahre 1881²⁾ 50 Sätze als Durchschnitt für die Dauer eines basischen Futters angab.

Die Haltbarkeit des Futters wächst mit dem Gehalte an Magnesia, die bekanntlich in reinem Zustande für sich allein den stärksten Säuren widersteht und selbst in Platin-Schmelzhitze noch unerschmelzbar bleibt³⁾. Daher gehen neuere Versuche darauf aus, nicht zu theure Ziegel aus reiner Magnesia herzustellen. Solche basischen Magnesiaziegel (und auch Magnesia-Chamotte) sind in Hörde probirt worden⁴⁾ und haben sich vorzüglich bewährt. Sie sind allerdings theurer als Dolomit-Ziegel lassen sich aber in den verwickeltesten Formen herstellen und ohne zu reissen oder zu schwinden brennen. Auch sind sie gegen Wasser unempfindlich, während die Dolomit-Ziegel, wenn sie nicht bald zerfallen sollen — ihres Kalk-Gehaltes wegen — sorgfältig vor Berührung mit Wasser in Acht genommen und aus diesem Grunde mit Theer, Petroleum usw. vermauert werden müssen.

Magnesia kommt in der Natur im Magnesit, der aber sehr selten ist, fast rein vor. Deshalb kam es bei den Versuchen darauf an, Magnesia in reinem Zustande darzustellen⁵⁾.

¹⁾ Die Feuerbeständigkeit der in Hörde nach der Vorschrift von Thomas hergestellten Ziegel war so gross, dass die Platinschale, in der man ein Stück eines Ziegels zum Schmelzen zu bringen suchte, wagschmolz, ehe nur das Ziegelstück an den Kanten abzuschmelzen anfing, Ann. f. Gew. u. Bauw., 1880. II. S. 79.

²⁾ Stahl und Eisen. 1881. S. 183.

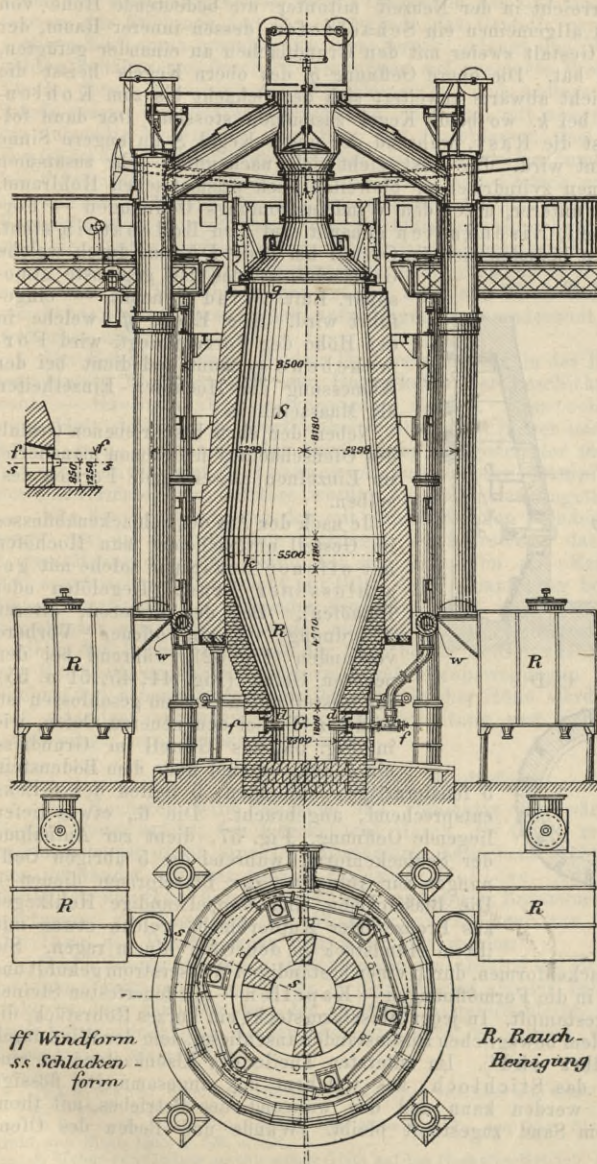
³⁾ Ueber die Schmelzbarkeit der in basischen Ziegeln vorkommenden Körper vergl. Dingler. Polyt. Journ. 1880. Bd. 237. S. 136.

⁴⁾ Fortschritte in der Fabrik. von basischen Ziegeln und basischen Ofenausfütterungen von Massenez in Hörde.

⁵⁾ Vgl. darüber Closson's Verfahren; D. R. P. No. 11 456; Scheibler's Verfahren, D. R. P. No. 14 936; ferner die D. R. P. No. 8777, 9473, 11 540, 11 746, 17 058 u. A.

Auch Kalk, Strontian, Baryt und Thonerde sind als Stoffe zur Herstellung feuerfester basischer Ziegel zur Benutzung gezogen worden¹⁾.

Fig. 55, 56, 57.



4. Eisenoxyd und Eisenoxydul-Oxyd erweichen nur in sehr hoher Hitze, werden aber als feuerfeste Stoffe, meistens in Form von Rotheisen-erzen, Hammer-schlag oder Schlacken nur dann benutzt, wenn die Anwendung anderer Stoffe ausgeschlossen ist.

II. Roheisen-Erzeugung.

Nachdem die Eisenzerze auf die beschriebene Weise vorbereitet worden, werden sie mit den festen Brennstoffen in dem Hochofen verschmolzen.

a. Der Hochofen.

Die Entwicklung der Hochofen aus den niedrigen Ofen der älteren Zeit, in denen man nur stahlartiges Eisen erzeugen konnte, ist bereits auf S. 24—26 mitgetheilt. Auf S. 34 wurden auch bereits die ältern Ofen mit massigem Rauhemauer (Fig. 42, 43) und die schottischen Ofen mit Eisenblech-

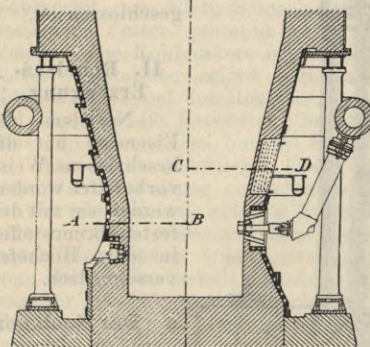
Mantel ohne Rauhemauer (Fig. 44, 45) unterschieden. Neuerdings lässt man vieler Orten auch den zum Schutz gegen äussere Beschädigungen angebrachten Blechmantel fallen, weil er die Zugänglichkeit des Schachtes während des Betriebes erschwert usw., und baut Hochofen mit

¹⁾ Vergl. D. R. P. No. 13 614, 11 360, 13 086, 16 510, 14 226, 9701 u. a.

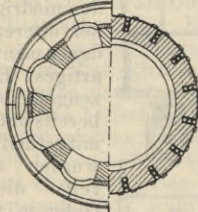
völlig frei stehendem, durch umgelegte Anker gehörig gesicherten Schacht. Die Fig. 55—56 stellen einen solchen neuern Hochofen von der Georgs-Marienhütte in Osnabrück im Querschnitt und Grundriss dar.

Der Hochofen erreicht in der Neuzeit mitunter die bedeutende Höhe von über 30 m. Er ist im allgemeinen ein Schachtöfen, dessen innerer Raum, der Kernschacht, die Gestalt zweier mit den Grundflächen an einander gefügten, abgestumpften Kegel hat. Die obere Oeffnung *g* des obern Kegels heisst die Gicht. Von der Gicht abwärts erweitert sich der Schacht bis zum Kohlen sack in der Ebene bei *k*, wo beide Kegel zusammen stossen. Der dann folgende Kegel *R* heisst die Rast, während der obere Kegel *S* im engeren Sinne der Schacht benannt wird. Die Rast zieht sich nach unten sehr zusammen und bildet bei *G* einen zylindrischen, bisweilen auch prismatischen Hohlraum, das Gestell, dessen unterer, unter den Windeinströmungs-Oeffnungen — Formen — liegender Theil, Eisenkasten genannt, auf dem Bodenstein steht. Ueber dem Bodenstein befinden sich im Gestell bei *d* die Düsen, durch welche

Fig. 58, 59.



Schritt A B. C D



Gebläseluft — das ist gepresste atmosphär. Luft, Wind genannt — eingeführt wird. Die Ebene *ff*, welche in der Höhe der Formen liegt, wird Formenebene genannt und dient bei der Abmessung der Hochofen-Einzelheiten als Maasseinheit.

Neben der eben beschriebenen Gestalt des Ofenschachtes findet man mancherlei im Einzelnen abweichende Formen desselben.

Je nach der Art des Schlackenabflusses im Gestell unterscheidet man Hochofen mit offener Brust und solche mit geschlossener Brust (Tiegelöfen oder Blauöfen). Bei der ersteren, älteren Anordnung ist ein offener Vorherd vorhanden (Fig. 52), während bei den neueren Oefen (Fig. 44, 45, 51 u. 55), das Gestell unten rundum geschlossen ist. Bildet z. B. bei den neueren Oefen, wie in Fig. 56, das Gestell im Grundriss ein 6-Eck, so sind über dem Bodenstein

5 fensterartige Oeffnungen, 5 Seiten des 6-Ecks entsprechend, angebracht. Die 6., etwas tiefer liegende Oeffnung, Fig. 57, dient zur Aufnahme der Schlackenform, während die 5 übrigen Oeffnungen zur Aufnahme der Blaseformen dienen¹⁾. Die Blaseformen sind doppelwandige Hohlkegel aus Bronze oder Kupferblech, welche etwas mit ihrem Mundstück in den Ofen hinein ragen. Sie

werden, wie die Schlackenformen, durch einen beständigen Wasserstrom gekühlt und nach dem Einlegen in die Formöffnungen — Kapellen — mit feuerfesten Steinen und Thon dicht eingestampft. In jeder Blaseform steckt ein kurzes Rohrstück, die Düse, welche sich dem beweglichen Düsenständer anschliesst, dem der Wind durch eine Leitung zugeführt wird²⁾. Im untersten Theile des Eisenkastens ist eine Oeffnung gelassen, das Stichloch, aus welchem das angesammelte flüssige Roheisen abgezapft werden kann und das während des Betriebes mit thonhaltigem, feuerfestem Sand zugestopft bleibt. Wände und Boden des Ofens

¹⁾ Die Einführung der Schlackenform rührt von J. Lürmann her, welcher dadurch eine wesentliche Verbesserung der Einrichtung zum Abblasen der Schlacken herbei geführt hat. S. auch S. 51.

²⁾ Dornbusch. Ueber Düsenvorrichtungen bei Hochofen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1877. S. 103.

werden aus besten feuerfesten Steinen hergestellt und Schacht, Rast und Gestell aussen durch umgelegte schmiedeiserne Ringe versichert. Seit der Einführung des erwärmten Windes hat sich eine wirksame Kühlung aller dem Wegschmelzen vorzugsweise ausgesetzten Ofentheile, das sind die Wind- und Schlackenformen, das Stichloch und die Ofenwände des Gestells usw., durch Wasser als nothwendig heraus gestellt. Zu dem Zweck gelangt das Wasser von einem erhöhten Behälter aus durch Rohrleitungen auf geeignete Weise in alle genannten Theile, derart, dass ein ununterbrochener Zu- und Abfluss stattfindet. Die Ofenwände tragen eingelassene Kühlkästen, oder sind mit eisernen Platten bekleidet, die inwendig Hohlräume zum Ein- und Durchlassen des Wassers enthalten¹⁾. Fig. 58, 59 zeigen Kühl-Vorrichtungen von den Hochöfen *C* und *B* zu Edgar Thomson bei Pittsburgh. Der Ofen *C* ist von aussen mit Platten umgeben, welche, um sie widerstandsfähiger zu machen und um die Mauerdicke und die Tiefe der Formöffnungen zu verringern, die Wölbform erhalten haben. Bei dem Ofen *B* sind die Platten senkrecht zum Ofenumfang eingelassen.²⁾

Die Gicht ist nur ausnahmsweise ganz offen, meist zeitweise geschlossen³⁾, oder doch mit Einrichtungen versehen, um einen Theil der aus dem Ofen entweichenden brennbaren Gase aufzufangen und anderweit auszunutzen (vergl. weiterhin unter *d*).

Der Beschickungs-Boden liegt zweckmässig in der Höhe der Gicht, damit maschinelle Vorrichtungen zum Heraufholen der Beschickung von der Hüttensohle — Gichtaufzüge — vermieden werden. Eine solche günstige Anordnung lässt sich aber der Oertlichkeit halber nicht immer leicht erzielen. Meistens bedarf man zum Heben der Beschickung ausgedehnter maschineller Anlagen: Wasserdruck- und Luftdruck-Aufzüge oder Dampfmaschinen nach Art der Fördermaschinen; letztere werden am häufigsten angetroffen⁴⁾.

Für die Unterbringung der mit den Rohstoffen beladenen Wagen dient der rings um die Gichtöffnung angelegte Gichtboden, das Gichtplateau. Die Unterstützung desselben kann bei den Hochöfen mit Raughemäuer oder bei den schottischen Oefen leicht mit Hilfe der Ummantelung bewerkstelligt werden. Bei den neuesten frei stehenden Hochöfen wird zu diesem Zwecke gewöhnlich ein eigenes auf Säulen ruhendes eisernes Tragwerk aufgestellt, Fig. 55. Dabei bleiben der Kernschacht und der Gichtboden völlig unabhängig von einander, um Formänderungen des letztern durch Ofenbewegungen auszuschliessen. Die Gichtböden benachbarter Hochöfen von gleicher Höhe werden durch eine Brücke mit einander verbunden. Ueber die Fortleitung und Verwendung der Gichtgase vergl. man weiterhin unter *d*.

b. Betrieb des Hochofens.

Der Hochofen wird langsam und vorsichtig angewärmt, indem man im Gestell Feuer macht, den Kernschacht durch die Gicht mit Brennstoff anfüllt und das, meist durch eine Dampfmaschine betriebene Gebläse, in Gang setzt; man verwendet fast ausnahmslos Zylinder-Gebläse. Auf Vorführung von Einzelheiten der Gebläse-Anordnung und deren Zusammenhang mit den Vorrichtungen zur Regelung der Windpressung und zur Leitung und Vertheilung des Windes muss hier verzichtet werden⁵⁾.

Durch die Gicht werden schichtenweise wechselnd die Brennstoffe und die Beschickung eingegeben, und zwar in dem Maasse als der Inhalt im Ofen niedersinkt, so dass der Ofen stets bis zur Gicht angefüllt bleibt. Das Erz erhitzt sich dann beim allmählichen Niedergehen und wird bei seinem Vorrücken gegen den Schmelzraum abgeschieden.

¹⁾ Lürmann. Eisenkonstruktion zur Kühlung von Rast und Gicht von Hochöfen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 992.

²⁾ Derselbe. Die Herstellung des Roheisens in den Ver. Staaten von Nordamerika. Stahl und Eisen 1885, S. 552 u. 621.

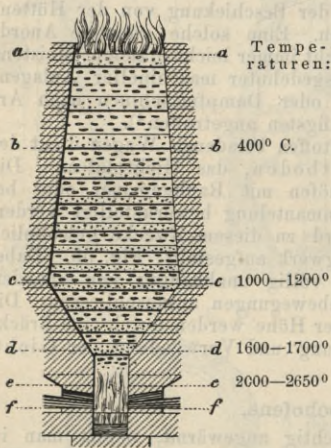
³⁾ Ueber den Einfluss geschlossener Gicht auf den Hochofen-Betrieb. Dinglers Polytech. Journ. B. 232, S. 445.

⁴⁾ v. Hauer. Die Hüttenwesens-Maschinen. II. Aufl. 1876. — Rühlmann. Allgem. Maschinenlehre, Bd. 4, 1876. — Weissbach. Ingenieur- u. Maschinen-Mechanik. Bearbeitet von Herrmann. III. Th. 2. Abth. 1880.

⁵⁾ Schlink. Ueber Gebläse-Maschinen. Sonderabdruck aus Ann. f. Gew. u. Bauw. 1880.

Die Abscheidung ist ein chemischer Vorgang, der keineswegs in allen seinen Einzelheiten schon vollkommen aufgeklärt ist, sich im allgemeinen aber in folgender Weise abspielt: Die Gebläseluft verbrennt den glühenden Kokes im Gestell zu Kohlensäure (CO_2). Letztere verbindet sich, indem sie aufsteigt, mit glühendem Kokes, wobei sie 1 Atom Sauerstoff abgibt und in Kohlenoxydgas (CO) verwandelt wird. Das Kohlenoxydgas reduziert das im Eisenerz enthaltene Eisenoxyd, d. h. es wandelt die im Eisenerz enthaltenen Verbindungen zwischen Eisen und Sauerstoff um, indem es denselben ihren Sauerstoff entzieht und demnächst, im Verein mit andern Kohlenstoff-Verbindungen, das schmelzende Eisen kohlt. Bestand der Zuschlag der Beschickung aus Kalkstein — wie es meistens der Fall sein muss, um den Ueberschuss der Erze an Mineral-Säure durch Kalk an eine Mineral-Base zu binden —, so verbindet sich die stark basische Kalkerde (CaO) des Kalksteins mit den nicht gesättigten Mineral-Säuren (hauptsächlich Kieselerde oder Kieselsäure, SiO_2) und bildet mit Thonerde-Silicat eine leicht flüssige Schlacke. Das gekohlte, geschmolzene Roheisen scheidet aus, tropft durch das Gestell und sammelt sich im tiefsten Punkte des Eisenkastens, wo es durch die oben schwimmende, leichtere Schlacke gegen weitere Oxydation, d. h. gegen Aufnahme von Sauerstoff geschützt wird. Die Schlacke steigt rasch und wird fortwährend aus der oben erwähnten Schlackenform abgezapft. Allmählig sammelt sich auch das flüssige Roheisen an und würde zuletzt mit der Schlacke ausfließen; man stösst jedoch rechtzeitig das Stichloch ein und lässt die Masse entweder unmittelbar in die vorbereiteten Masselbeete fließen, in denen jenes sich in eine Anzahl handlicher Barren — Masseln — theilt, oder man schöpft es zum weitem Gebrauch in eiserne Kellen.

Fig. 60.



Zur bessern Veranschaulichung der chemischen Vorgänge im Hochofen dient Fig. 60, in welcher (nach Scheerer) verschiedene Zonen abgetheilt sind. In der Vorwärmzone ($a-b$) entlassen die Beschickungsstoffe ihre flüchtigen Bestandtheile und lockern sich um so mehr, je länger sie mit den aufsteigenden Gasen in Berührung sind. Die Abscheidungs-Zone ($b-c$) reicht bis zum Kohlsack ($c-c$). Hier erfolgt die Reduktion des Eisenoxyds durch Kohlenoxydgas; auch entlassen in dieser Zone der Zuschlagkalk

und rohe Spatheisensteine den grössten Theil ihrer Kohlensäure. Hier verlieren auch die Brennstoffe etwa vorhandenen Schwefel, welcher dann in das abgeschiedene Eisen übergeht. Die Kohlunzone ($c-d$) umfasst im wesentlichen die Rast; die Kohlun findet um so vollständiger statt, je langsamer die ungeschmolzene, gut vorbereitete Beschickung in's Gestell einrückt; eine unvollkommene Kohlun veranlasst eine vermehrte Aufnahme von Silicium, Schwefel und Phosphor. Durch die Aufnahme des Kohlenstoffs wird das Eisen schmelzbar, es tritt in die Schmelzzone ($d-e$), welche etwa vom Ende der Rast bis so weit oberhalb der Formebene reicht, wo die Reduktion der ursprünglich gebildeten Kohlensäure zu Kohlenoxydgas vollendet ist. Die Verbrennungs- oder Oxydations-Zone ($e-f$) umfasst den Raum von der Formebene so hoch hinauf, als noch Kohlensäure vorhanden ist. Die Hitze kann hier bei einem Kokes-Hochofen bis auf $2650^{\circ}C$. steigen.

Um gutes Roheisen zu liefern, sind natürlich während des Betriebes allerlei Regeln zu beobachten, auf deren Einzelheiten hier nicht eingegangen werden kann. Man sagt, der Ofen sei in gutem oder garem Gange, wenn die Reduktion des Erzes vollständig ist und nach Wunsch ein graues oder weisses Roheisen erzielt wird. Bei heissem oder hitzigem Gange — d. h. bei

hoher Hitze im Schmelzraume — (durch Anwendung von Kokes und stark erhitzter Gebläseluft erreichbar) wird graues, und bei kaltem Gange weisses Roheisen erzeugt. Bei scharfem oder übersetztem Gange (Rohgange), wobei gewöhnlich ein Uebermaass der Beschickung gegenüber der Kohle eintritt, entsteht, unter unvollständiger Reduktion, ein kohlenstoffarmes, weisses Eisen und eine stark eisenhaltige Schlacke. Die in der Beschickung enthaltenen fremden Stoffe als Phosphor, Schwefel, Mangan und Silicium usw. gehen zum grössten Theil in das fertige Roheisen über.

Wie lange ein Hochofen ununterbrochen im Betriebe sein kann, hängt von verschiedenen Umständen ab. Manche Oefen halten nur 1 bis $1\frac{1}{2}$ Jahre, andere 8 bis 9 Jahre aus; in England hat man deren sogar selbst bis zu 20-jähriger Dauer. Wenn eine solche Kampagne oder Hüttenreise (Ofenreise) zu Ende ist, wird der Ofen ausgeblasen, indem man zuletzt blos Kohle statt Erz aufgiebt und damit den Ofen kalt werden lässt. Die durchschnittliche Leistung der gebräuchlichen Hochöfen beträgt in 24 Stunden etwa 5 t Eisen; doch giebt es viele Hochöfen, welche erheblich mehr leisten, wie z. B. ein Hochofen der Edgar Thomson Steel Works in Pittsburgh täglich 258,5 t und ein Hochofen der Ilseder Hütte, dessen Leistung zu den bedeutendsten der europäischen Hochöfen gehört, täglich 135 t. Der Lucy-Ofen No. 2 der Chicago Rolling Mill Co. bei Pittsburgh lieferte im März 1884 im ganzen 7919 t und an einem Tage betrug die Leistung sogar 340 t¹⁾.

Ein Hochofen, der 60 t in 24 Stunden erzeugen soll, bedarf täglich etwa 100 t Koke, 68 t Kalkstein und 150 t Eisenerz.

Diese Rohstoffe werden in mehreren Sätzen (Chargen) — d. h. Wagenladungen, deren jedesmaliger Inhalt hinter einander ohne Unterbrechung in den Ofen gestürzt wird — durch die Gichtöffnung eingelassen.

Wo die Oertlichkeit es gestattet, lässt man die mit den Rohstoffen beladenen Eisenbahn-Fahrzeuge unmittelbar, ohne lästigen Zwischentransport, auf Luftbrücken in das Werk einfahren und stürzt ihren Inhalt aus grösserer Höhe auf die geräumigen Vorrathsplätze. Die tägliche Verbrauchsmenge an Erzen wirkt man in richtigem Mischverhältniss auf die, gleich den Vorrathsplätzen überbrückten Möllerplätze und schaufelt sie dort in kleine Kippwagen, welche zum Einsturz nach der Gicht geführt werden.

c. Das Roheisen und seine Eigenschaften.

Litteratur.

Wachler. Vergleichende Qualitäts-Untersuchungen rheinisch-westfälischen und ausländischen Giesserei-Roheisens. Sonderabdruck aus Ann. für Gew. u. Bauw. 1879. — Ledebur. Das Roheisen mit besonderer Berücksichtigung seiner Verwendung für die Eisengiesserei, II. Aufl., 1879. Ledebur. Ueber Giesserei-Roheisen. Ann. f. Gew. u. Bauw., 1884, II, S. 41.

Im allgemeinen nennt man diejenigen Roheisen-Gattungen, bei welchen auf der frischen Bruchfläche bei oberflächlicher Betrachtung nur der Graphit wahrgenommen wird, graues Roheisen; diejenigen, auf deren Bruchfläche mit unbewaffnetem Auge kein Graphit zu entdecken ist, weisses Roheisen; diejenigen endlich, bei denen ausser Graphit unschwer auch eine weisse Grundmasse zu Tage tritt, halbirtes Roheisen.

Ausser diesen allgemeinen Bezeichnungen sind noch andere im Gebrauch, die in der Regel entweder auf die Gewinnungsart oder die besondere Verwendungsart des Roheisens Bezug haben. Je nach Art der bei der Darstellung benutzten Brennstoffe spricht man von Holzkohlen- und Kokes-Roheisen, bezw. Anthrazit- und Steinkohlen-Roheisen. Das Holzkohlen-Roheisen²⁾ zeichnet sich vor dem mit mineralischen Brennstoffen erzeugten Roheisen durch grössere Reinheit und demgemäss auch grössere Festigkeit aus, weil bei seiner Darstellung niedrige Hitzegrade herrschen, ferner weil die Holzkohlen-Asche und somit auch die Schlacke nur geringe Mengen ausmachen, so dass eine Aufnahme fremder Stoffe in das Roheisen weniger Begünstigung findet. Es kommt in

¹⁾ Stahl und Eisen. 1885, S. 275 u. 595.

²⁾ Belani. Der Werth von Holzkohle und Kokes im Hochofenbetriebe. Stahl und Eisen, 1885, S. 603.

Masseln von etwa 41 cm Stärke, 15—20 cm Breite und 30—40 cm Länge in den Handel, dagegen das Kokes-Roheisen in Masseln von 10—12,5 cm Stärke, 8—10 cm Breite, welche zur Erleichterung des Zerstückelns in Abständen von etwa 25—30 cm mit eingegossenen Kerben versehen sind. Die Benennungen: Puddel-Roheisen, Bessemer-Roheisen, Giesserei-Roheisen deuten die Art der Verwendung an.

Das graue Roheisen schmilzt plötzlich ein, — ist rohschmelzig — und lässt sich daher nicht so rasch entkohlen als weisses Roheisen, welches beim Einschmelzen einen teigigen Zustand durchläuft, d. h. garschmelzig ist.

α. Graues Roheisen.

Nach der chemischen Zusammensetzung kann man das graue Roheisen als eine Legirung aus Eisen, Kohlenstoff und Silicium bezeichnen. Nebenbestandtheile sind Mangan bis etwa 5%, Phosphor bis etwa 2%, Schwefel bis etwa 1% und geringe Mengen an Kupfer, Kobalt und Nickel.

Der Graphit erscheint in hexagonalen Blättchen als selbständiger Körper in das Gefüge des Roheisens eingesprengt. Während die einzelnen Blättchen bei manchen Sorten in ihren Umrissen kaum noch für das Auge erkennbar sind, erreichen sie bei anderen Sorten einen Durchmesser von mehren Millimetern und können mit einem scharfen Werkzeuge zum grossen Theile von dem darunter liegenden Eisen losgetrennt werden.

Flüssiges Roheisen enthält keinen Graphit. Die Bildung desselben geht erst vom Beginne des Erstarrens an, bis zu einer Temperatur von etwa 500° C. abwärts, vor sich. Je rascher die Abkühlung erfolgt, desto geringer ist die Graphitbildung und umgekehrt. Deshalb lässt sich aus einer und derselben flüssigen Masse nach Belieben entweder graphitärmeres oder auch graphitreicheres Roheisen erzeugen; es erhellt danach auch, dass der Graphitgehalt in starken, langsamer erkaltenden Querschnitten eines Gussstücks immer grösser ist, als in schwächeren, sich rascher abkühlenden Theilen desselben Stückes, ebenso dass dieser Gehalt nahe der Mitte einer Querschnittsfläche grösser ist, als in der Nähe des Umfangs. Ueber die Veränderung des Graphit-Gehalts in einem fertigen Gussstücke durch Tempern vergl. unter C. II.

Durch die Ausscheidung von Graphit im erstarrenden Zustande lockert sich das Gefüge des Roheisens. Dieses wird körnig und zwar derart, dass die Korngrösse mit dem Graphit-Gehalte wächst. Dabei verringern sich Festigkeit und spez. Gew., während die Bearbeitungs-Fähigkeit durch schneidende Werkzeuge erhöht und die Sprödigkeit gemildert wird.

Entzieht man flüssigem, grauem Roheisen seinen Gehalt an Silicium, so erstarrt es, selbst bei langsamer Abkühlung ohne Graphit-Ausscheidung und geht so in weisses Roheisen über. Eine ähnliche Erscheinung tritt ein, wenn ein Mangan-Gehalt des Roheisens dessen Silicium-Gehalt gewissermaassen im Gleichgewicht hält. Es erstarrt dann bei rascher Abkühlung an der Oberfläche zu weissem Roheisen (vergl. Hartguss unter C. I.). Da die Ausscheidung des Graphits (nach S. 4) durch Silicium befördert wird, so entsteht das graue Roheisen vorwiegend unter Verhältnissen, welche die Aufnahme von Kohlenstoff und Silicium neben einander befördern, d. h. bei heissem Gange (vergl. S. 68) vorzugsweise bei Anwendung von Roth- und Brauneisen-Erzen, gerösteten Sphärosideriten usw. Diesen Entstehungs-Bedingungen entsprechend wachsen die Darstellungskosten im allgemeinen mit dem Graphit-Gehalt. Man pflegt deshalb auf den Werken das graue Roheisen in mehre Sorten einzutheilen, wobei die Art des Gefüges und die Farbe der Bruchfläche Ausschlag gebend sind.

Beim Holzkohlen-Roheisen unterscheidet man tiefgraues (hochgares), graues (gares), schwach halbirtes, stark halbirtes (melirtes) und grelles Roheisen, je nach dem Graphit-Gehalt und dem Korne. Das grelle Roheisen ist ein misslungenes Erzeugniss und weder für Giesserei- noch Frischerei-Zwecke brauchbar.

Beim Kokes-Roheisen wendet man Nummern an, um die Abstufungen zu kennzeichnen:

No. I. Tiefgraues Roheisen, am grobkörnigsten und graphitreichsten, 2 bis 3,5% Silicium, 3,5 bis 4,0% Kohlenstoff. Kommt als Zusatz-Eisen zur Bereicherung des Graphit-Gehalts billiger Roheisensorten in den Handel.

No. II. Graues Roheisen, weniger grobkörnig. Wird entweder unmittelbar zu Giesserei-Zwecken verbraucht oder in einzelnen Stücken mit No. I oder III gemischt in den Handel gebracht.

No. III. Lichtgraues Roheisen, an seinem bedeutend feinkörnigeren Bruch, welcher in der Regel vollkommen graue Farbe zeigt, erkennbar. Es enthält in den meisten Fällen einen geringern Silicium-Gehalt als No. I und II und ist, wenn es aus der nämlichen Beschickung, wie diese Sorten, erblasen wurde, in Folge einer durch äussere Zufälligkeiten des Betriebes hervorgerufenen Abkühlung des Schmelzraumes erzeugt worden. Wird in Eisen-Giessereien gewöhnlich nur als Zusatz zu No. I verwendet.

No. IV. Halbirtes Roheisen, zeigt einen deutlich erkennbaren weissen Grund, auf welchem die einzelnen Graphitblättchen entweder gleichmässig vertheilt oder zu vereinzelt grösseren Gruppen vereinigt, hervor treten. Ist sehr feinkörnig, besitzt stets einen geringern Silicium- und fast immer einen geringern Kohlenstoff-Gehalt als die höhern Sorten und pflegt das Erzeugniss eines unregelmässigen Ganges zu sein (vergl. S. 68).

Abgesehen von kleinen Mengen feinkörnigen, grauen Roheisens, welches im Puddelofen, z. B. zu Draht, verarbeitet wird, dient das als graues Roheisen oben bezeichnete vorzugsweise als Giesserei-Roheisen. Neuerdings wird auch graues Roheisen, mit hohem — über 10% hinaus gehendem Silicium-Gehalt — dargestellt. Man nennt es Ferro-Silicium oder Silicium-Eisen und verwendet es als Zusatz zu geschmolzenem, kohlenstoffarmem Flusseisen, um dichte Güsse zu erzielen. Silicium-Eisen, welches auch grössere Mengen von Mangan enthält, nennt man Silicium-Mangan oder Eisenmangan-Silicium.

Das Bessemer-Roheisen dient, wie sein Name schon besagt, für den besonderen Zweck der Darstellung von Flusseisen oder Flusstahl nach dem Bessemer-Verfahren. Es ist ein graues, hochsilicirtes Eisen mit 3 bis 3,5% Graphit und 2 bis 3% Silicium, in welchem das letztere bei seiner Verbrennung die zur Flüssigkeit des Metallbades erforderliche hohe Temperatur erzeugt. Das deutsche Bessemer-Eisen wird grösstentheils aus ziemlich phosphorfreien ausländischen Erzen (von Santander, Bilbao, Bona, Elba), das englische Bessemer-Roheisen aus den bekannten sehr reinen Cumberlander Hämatiten erzeugt (S. 57). Der Phosphor-Gehalt darf nicht über 0,08% steigen.

Die Einführung des Verfahrens von Thomas zur Entphosphorung des Metallbades beim Bessemer-Prozess hat den einstigen hohen Werth des Bessemer-Roheisens gedrückt, dagegen denjenigen der phosphorhaltigen Erze gehoben.

β. Weisses Roheisen.

Wie schon bemerkt wurde, enthält das — im Bruche weisse Farbe zeigende — weisse Roheisen den Kohlenstoff chemisch gebunden; es ist im wesentlichen als eine Legirung von Eisen und Kohlenstoff zu betrachten. Silicium fehlt, oder ist nur in solchen Mengen vertreten, dass eine Graphit-Ausscheidung dadurch nicht hervorgerufen wird. Mangan, wenn er vorhanden ist, steigert die Fähigkeit Kohlenstoff aufzunehmen und in gebundenem Zustande zurück zu halten; auch gestatten manganreichere Sorten das Vorhandensein einer grösseren Menge von Silicium bei gleichem Kohlenstoff-Gehalt, ohne das Roheisen in graues zu verwandeln. Wie flüssiges graues Roheisen durch Silicium-Abscheidung in weisses zu verwandeln ist, so wird weisses Roheisen durch Zuführung ausreichender Mengen von Silicium zur Graphit-Ausscheidung, bezw. zur Umwandlung in graues Roheisen veranlasst. Im übrigen enthält das weisse Roheisen die nämlichen Neben-Bestandtheile wie das graue. Es ist ausserordentlich hart, so dass es von einer Feile nicht angegriffen wird, und sehr spröde. Gegen chemische Einflüsse besitzt es eine bedeutend grössere Widerstandsfähigkeit als metallisches Eisen und vermag auch der Einwirkung feuchter

Luft längere Zeit zu widerstehen, ohne zu rosten. Der Preis des zur Schmied-eisen-Erzeugung besonders geeigneten weissen Roheisens — im besondern auch Puddel-Roheisen genannt — steigt im allgemeinen mit der Abnahme des Phosphor-Gehalts und der Zunahme des Mangan-Gehalts. Der Cleveland-Bezirk im Nordosten von Yorkshire und die Minette-Bezirke zwischen Mosel und Maas (vgl. S. 57) sind die Hauptstätten für die Darstellung des gewöhnlichen billigen Puddel-Roheisens.

Abarten des weissen Roheisens sind:

Spiegeleisen, Ferromangan und Weissstrahl, von denen die beiden ersten, höchstgekohlten Sorten als Zusatz-Eisen bei der Flusseisen-Darstellung und der Weissstrahl als Rohmaterial für das Puddeln bestimmter Eisensorten (Rohstahl, Draht, Blech usw.) dienen.

Der Einfluss der Brennstoffe bei der Darstellung tritt beim weissen weniger als beim grauen Roheisen hervor. Die Unterschiede der Abarten beruhen vornehmlich auf dem verschiedenen Kohlenstoff- und Mangan-Gehalt.

Spiegeleisen, so genannt wegen seiner glänzenden, grossblättrigen, spiegel-ähnlichen Absonderungs-Flächen, ist ein stark manganhaltiges, schwefel- und phosphorarmes Roheisen mit dem höchsten vorkommenden Kohlenstoff-Gehalte (bis 5,1 %). Die Bruchfarbe ist rein weiss, häufig jedoch, besonders bei grösserem Mangan-Gehalt (von 6 bis 20 %), mit purpurnen oder blauen Anlauffarben überzogen; Härte und Sprödigkeit sind bedeutend. Es eignet sich besonders zur Darstellung reiner kohlenstoffreicher Sorten schiedbaren Eisens, vorzüglich des Stahls.

Bis vor etwas mehr als 20 Jahre, wo das Hochdahler Werk zuerst Kokes-Spiegeleisen erbliete, war die Spiegeleisen-Darstellung im Alleinbesitz des Siegerlandes, dessen leicht reduzierbare, manganhaltige Spatheisen-Steine vorzüglich hierzu geeignet sind. Von dort aus verbreitete sich der Ruf des Spiegeleisens über die ganze Welt und sein deutscher Name ging in andere Sprachen über.

Mit der Vervollkommnung der Flusseisen-Darstellung hat sich der Verbrauch von Spiegeleisen und auch das Erzeugungs-Gebiet desselben bedeutend vergrössert. Im Handel pflegt man je nach dem Mangan-Gehalt, welcher in erster Linie den Preis bestimmt, und nach der Beschaffenheit der Bruchfläche, noch hoch manganhaltiges (20 % und mehr), Grobspiegel, Kleinspiegel und Grauspiegel oder Saumpiegel zu unterscheiden. Grauspiegel enthält am Saum der Spiegelflächen ausgeschiedenes Graphit. Daher nennt man wohl alle eigentlichen normalen Spiegeleisen-Sorten ohne Graphit-Ausscheidung Weisspiegel.

Weissstrahl ist ein manganhaltiges Roheisen mit einem Kohlenstoff-Gehalt unter 4 %, dessen Bruch ein strahliges Gefüge erkennen lässt. Die verschiedenen Abstufungen des weissstrahligen Roheisens entstehen bei niedrigeren Hitzegraden als das Spiegeleisen, entweder also durch unregelmässigen Gang des Ofens beim Erblasen von Spiegeleisen oder absichtlich, durch Verhüttung von Erzen mit niedrigem Mangan-Gehalt (Sphärosiderite und Brauneisenerze). Es findet seine hauptsächlichste Verwendung beim Puddeln auf schiedbares Eisen. Je nach der Grösse des Mangan- und Kohlenstoff-Gehalts unterscheidet man in Deutschland: spiegelig strahliges Roheisen oder Halb-Spiegeleisen (zwischen Kleinspiegel und eigentlichem Weissstrahl liegend), hochstrahliges Roheisen und gewöhnlichen Weissstrahl.

Gewöhnliches Weissisen ist ein etwas manganhaltiges Roheisen mit einem Kohlenstoff-Gehalt unter 3 %, dessen Bruch ein strahliges Gefüge nicht deutlich mehr erkennen lässt, sondern ein eigenthümliches feines Korn, wie etwa das Gefüge eines durchgebrochenen frischen Käses zeigt. Es wird unab-sichtlich bei gestörtem Betriebe und — namentlich seit 1879 als Rohstoff für das Thomas-Verfahren —, absichtlich aus phosphorreichen Erzen (Minette, Bohnerze u. a.) dargestellt. Man verwendet es auch als Puddel-Roheisen II. Güte.

γ. Ferromangan oder Eisenmangan.

Litteratur.

Stöckmann. Einführung der Ferromangan-Fabrikation in Deutschland. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 725. — Pourcel-Stöckmann. Ueber Ferromangan (aus *Le Génie civil*, 1885). Stahl und Eisen 1885, S. 475.

Dies ist eine früher in Tiegel, neuerdings im Hochofen dargestellte stark kohlenstoffhaltige Eisenmangan-Legirung, deren Mangangehalt in der Regel 30 bis 50 %, mitunter auch 85 % und deren Kohlenstoff-Gehalt 5,5 bis 7,5 % beträgt. Ferromangan zeichnet sich durch grosse Härte und Sprödigkeit aus; der Bruch ist dicht, unregelmässig, fast muschelrig, von gelblich-weisser Farbe, oft mit prächtigen Anlauffarben bedeckt. Man verwendet das Eisenmangan vorwiegend bei der Flusseisen-Darstellung als Zusatzmittel, um das im Metallbade gelöste Eisenoxydul zu reduzieren.

d. Nebenerzeugnisse der Hochofen-Darstellung und ihre Verwendung.

Neben dem Roheisen kommen hier hauptsächlich die Schlacke und die Gichtgase in Betracht. Die Schlacken sind Doppelsalze aus kieselsaurer Kalkerde und kieselsaurer Thonerde (S. 62) und enthalten neben den nicht in das Roheisen übergegangenen oder verflüchtigten Beschickungs-Stoffen, bei gutem Ofengange nur geringe Mengen von Eisenoxydul oder Eisenoxyd. Man fängt die flüssige Schlacke entweder in gusseisernen, lose auf Wagen stehenden Kasten auf und entledigt sich ihrer nach dem Erkalten, durch Abfahren nach den Sturzhalden, oder man lässt sie in Wasser fliesen¹⁾. Im letztern Falle zerfällt sie dort in sogen. granulirten Schlackensand²⁾, welcher durch Baggerwerke aus dem Wasser gewöhnlich unmittelbar zur Abfuhr auf Eisenbahnwagen gehoben wird. Dies Nebenerzeugniss wird zuweilen für die Herstellung von Schlackenziegeln, neuerdings auch bei der Mörtelbereitung³⁾, auch als Zusatz für Flaschenglas usw. verwendet, oder auch zu Schlackenwolle verarbeitet, jedoch nicht in solchem Umfange, dass sich überall eine regelmässige Darstellung desselben lohnte. In einzelnen Fällen hat man ohne weiteres die in den Schlackenwagen erstarrten Blöcke als Baustoff benutzt. z. B. bei den Dammbauten am Teesflusse in Cleveland, wo die einzelnen Blöcke bis 3½ t schwer waren. In Cleveland kommt auch ein, zuerst durch Lürmann auf der Georgs-Marienhütte zu Osnabrück ausgebildetes Verfahren zur Herstellung besonders gleichartiger Schlackenziegel aus granulirtem Schlackensand in besonders grossartigem Maasstabe zur Anwendung⁴⁾. Die Unmöglichkeit, alle erhaltene Schlacke als Bau- oder Pflastermaterial u. dgl. entsprechend zu verwerten und die Schwierigkeit, sie passend zu lagern, bildet eine lästige Zugabe des Hochofenbetriebes.

Die aus der Hochofengicht abziehenden Gase enthalten ausser Stickstoff, Kohlensäure usw. in der Regel einen mehr als hinreichenden Gehalt von Kohlenoxyd⁵⁾, um als Brennstoff dienen zu können. Sobald diese Gase ungehindert aus der Gicht an die Luft treten, verbrennen sie mehr oder minder lebhaft and bilden die sogen. Gichtflamme, welche man jetzt zur Heizung von Dampfkesseln, zur Vorwärmung des Gebläsewindes usw. ausnutzt. Zu diesem Zwecke ist die Gichtöffnung meistens geschlossen und zum Auffangen der entweichenden Gase mit besondern Vorrichtungen versehen, welche

¹⁾ Lürmann. Ueber Schlackentransport. Stahl und Eisen 1884, S. 143.

²⁾ Taschen. Ueber Ausnutzung der Hochofenschlacken durch Granulation. Zeitschr. der Ver. deutsch. Ingen. 1874, S. 321.

³⁾ Roth. Der Bauxit und seine Verwendung zur Herstellung von Zement aus Hochofen-Schlacke. 1882. — Bosse. Ueber Zementfabrikation aus Hochofen-Schlacke und deren neueste Vervollkommnung. Stahl und Eisen 1885, S. 497. — Ueber Hochofen-Schlacken und Schlacken-Zement (Puzzolan-Zement) usw. Dasselbst 1886, S. 133.

⁴⁾ Lürmann. Ueber die Fortschritte der Schlackenziegel-Fabrikation in Osnabrück und über andere Schlacken-Präparate. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1875, S. 185. — Tunner. Die Fortschritte der Schlacken-Industrie usw. Zeitschr. des berg- u. hüttenm. Ver. für Steyermark u. Kärnth. 1877, S. 404. — Dasselbst 1880, S. 353; Ueber Verwendungsarten der Schlacken in Grossbritannien. Schlacken-Formstücke. Dingl. Polyt. Journ. 1884. B. 253, S. 232.

⁵⁾ 1 kg Kohlenoxyd entwickelt bei seiner Verbrennung zu Kohlensäure 2400 W.-E.

gleichzeitig einer mechanischen Beschickung des Hochofens dienen, und dabei die Entweichung von Gasen möglichst verhindern, Fig. 55—57, S. 65. Von den Gasfängen aus werden die Gase durch Blechröhren und unterirdische Kanäle an den Ort ihrer Bestimmung geleitet.

Eine der wichtigsten Neuerungen im Hochofen-Betriebe war die Einführung des mit Hilfe der Gichtgase erhitzten Gebläsewindes. Die Winderhitzung durch besondere Brennstoffe wurde zuerst 1829 von Neilson zu Glasgow eingeführt (S. 35), und damit eine wesentliche Brennstoff-Ersparnis und vergrößerte Leistungsfähigkeit erzielt. Es sind seitdem Windheiz-Vorrichtungen der mannigfachsten Art in Betrieb genommen worden, darunter auch diejenigen, welche die Gichtgase selbst als Brennstoff ausnutzen. Im allgemeinen kann man zwei verschiedene Arten des Windheiz-Verfahrens unterscheiden: entweder wird der Wind in eiserne Röhren geleitet, welche innerhalb einer gemauerten Kammer oder eines Ofens erhitzt werden, sog. Röhren-Winderhitzer, oder die Erhitzung findet nach dem Regenerativ-Verfahren in steinernen Kammern statt, sog. Kammer-Winderhitzer. Bei neuern Einrichtungen letzterer Art, von Cowper-Siemens und Whitwell sind grosse, zylindrische, stehende Eisenblech-Kessel vorhanden, welche mit feuerfesten Steinen derart ausgemauert sind, dass eine Anzahl durch Scheidewände gebildete Kammern entstehen. Durch diese Kammern, Regeneratoren genannt, ziehen die Gichtgase, verbrennen darin und erhitzen die Steinwände überall fast bis zur Rothgluth. Sobald die Erwärmung der Steine hinreichend vorgeschritten ist, werden die Gichtgase von den Kammern abgesperrt und einen andern Weg geleitet. Dagegen lässt man von der entgegengesetzten Seite den Wind der Gebläse-Maschine eintreten, um ihn in den Wärme abgebenden Kammern gehörig zu erhitzen¹⁾. Von den beschriebenen Regenerator-Vorrichtungen besitzt jeder Hochofen mehre, von denen gewöhnlich regelmässig abwechselnd immer nur einer seine Wärme an den Hochofen abgibt, während die übrigen sich im Gasfeuer befinden. Der Wind kann mit ihrer Hilfe, auf 500—800° C. erhitzt, vor die Formen gebracht werden, während in den eisernen Röhren-Winderhitzern höchstens eine Wärme von etwa 500° erreicht werden kann. Die Einrichtungen zum Ein- und Auslassen der Gase und des Windes sind sehr verwickelter und verschiedener Natur; eine nähere Beschreibung muss hier unterbleiben.²⁾ In Fig. 55—57 sind diese Einrichtungen im Aufriss angedeutet.

Durch die Anwendung warmen Windes erspart man bei Holzkohlen-Oefen etwa 15—20%, bei Steinkohlen-Oefen 40% und (nach Potter) in den schottischen Oefen sogar 72%. Die mittelbaren Vortheile des heissen Windes sind von noch grösserer Bedeutung. Sie bestehen in vermehrter Erzeugungsfähigkeit, in einem regelmässigeren Gange des Hochofens, in der Möglichkeit aus unreinen, namentlich schwefelhaltigen Erzen, bei Anwendung schwefelhaltiger Brennstoffe, ein gutes Roheisen darzustellen. Dagegen ist bei Anwendung sehr reiner Erze, kalter Wind am Platze; z. B. wird das zum Kanonenguss gebrauchte Danemora-Eisen und das bekannte Low-Moor-Eisen ausschliesslich mit kalter Luft erblasen.

e. Beispiel einer Hochofen-Anlage.³⁾

In Fig. 61 ist der Lageplan von der Hochofen- und Giesserei-Anlage der Georgs-Marien-Hütte zu Osnabrück⁴⁾ mitgetheilt, welche im Jahre 1857 behufs Verhüttung der nahezu phosphorfreien Braun- und Spath-Eisensteine des

¹⁾ Lürmann. Ueber Windhitz-Apparate. Stahl und Eisen, 1883, S. 23. Auch Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 81. — Macco. Ueber steinerne Winderhitzungs-Apparate. Dasselbst 1886, S. 520 mit vielen Abbild.

²⁾ Jung. Ueber Hochofen-Gasfänge mit besonderer Berücksichtigung des zweckmässigsten Begichtens und der Gasentnahme. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 969 u. 1005. Mit zahlreichen Abbildungen.

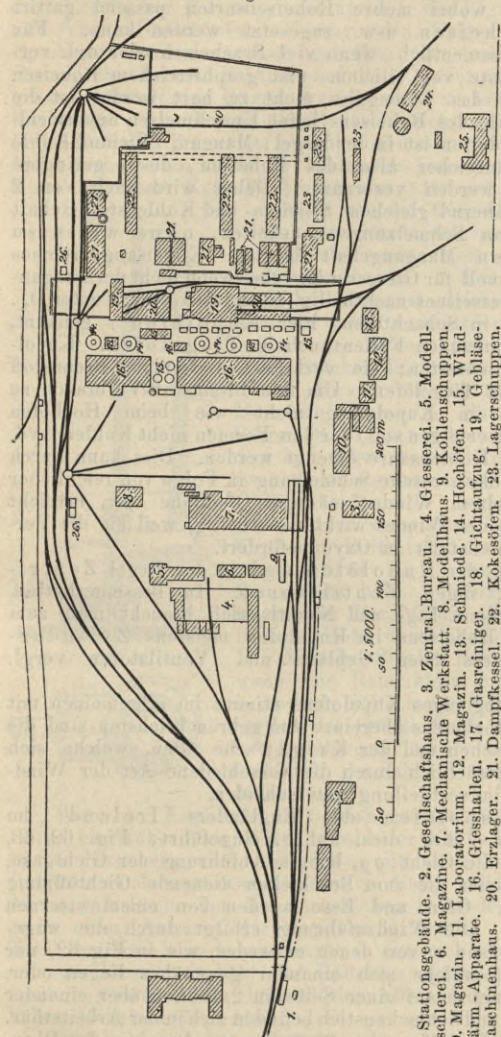
³⁾ Weitere Beispiele vergl. man: Wiebmer. Hochofen-Anlage u. Hochofen-Betrieb in der K. Eisen-Giesserei zu Gleiwitz. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenw. Bd. 22, S. 253. — Schlink. Die neue Hochofen-Anlage der Friedr.-Wilh.-Hütte zu Mühlheim a. d. Ruhr. Ann. f. Gew.- u. Bauw. 1879, S. 87. — Lürmann. Ueber den neuen Hochofen zu Neuss bei Düsseldorf. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1874, S. 614. — Ueber amerikanische Hochofen. Stahl u. Eisen 1884, S. 625 u. 679. Dasselbst 1885, S. 84 und 552.

⁴⁾ Funk. Die Georgs-Marien-Hütte. Zeitschrift d. hann. Archit. u. Ingen. Ver. 1871. S. 295 und Deutsche Bauzeitg. 1885. S. 265.

Hügels bei Osnabrück erbaut wurde. Die sog. Hügelbahn und ein Verbindungsgleis zwischen der Hütte und der Venlo-Hamburger Bahn dienen zur Beförderung von Erzen und Kohlen.

Die Erzförderung am Hügel und in den übrigen dem Werke gehörigen Grubenfeldern beträgt monatlich rund

Fig. 61.



1. Stationsgebäude. 2. Gesellschaftshaus. 3. Zentral-Bureau. 4. Giesserei. 5. Modell-tischlerei. 6. Magazine. 7. Mechanische Werkstatt. 8. Modellhaus. 9. Kohlenschuppen. 10. Magazin. 11. Laboratorium. 12. Magazin. 13. Schmiede. 14. Hochöfen. 15. Wind-wärm-Apparate. 16. Giesshallen. 17. Gasreiniger. 18. Gichttaufzug. 19. Gebläse-Maschinenhaus. 20. Erzlager. 21. Dampfkessel. 22. Kokesöfen. 23. Lagerschuppen. 24. Gasanstalt. 25. Wohnhaus. 26. Waagen.

16—19 000 t. Als Zuschlag werden mit den Erzen zusammen brechender Kalk und magnesiareicher Eisenstein benutzt. Den Bedarf an Brennstoff (Koke) deckt eine eigene Kokerei. Die Erze werden von ihrem am Ende des Hüttenplatzes belegenen Lagerraum (20) durch eine Kettenfahrt nach dem Gicht-thurm gefördert, woselbst das Aufziehen der Beschickung durch einen Dampf-Gichtauf-zug geschieht. (18).

Die Hochofen-Anlage besteht zur Zeit aus 4 Hochöfen von je 250 cbm Raum inhalt, von denen 3 in un-unterbrochenem Betriebe ttehen. Die Oefen sind sämtlich mit geschlossener Brust und geschlossener Gicht hergestellt (Fig. 55—57).

Die Hochofengase dienen theils zum Heizen der Wind-heiz-Vorrichtungen, theils zum Kesselheizen und der Wind kann in den vorhanden älteren Vorrichtungen mit wagerecht liegenden Röhren auf 450° C., in denen mit senkrecht stehenden Röhren auf 550° erhitzt werden. Die Windpressung, welche 0,3 bis 0,35 kg für 1 qm beträgt, wird durch 5 Gebläse-Maschinen erzeugt.

Das Haupterzeugniss bildet Bessemer-Roheisen; ausserdem werden verschiedene Sorten von Puddel-Roheisen und Giesserei-Roheisen bester Sorte erblasen. Die Schlacke wird theils granulirt und dann zur Herstellung von Schlackensteinen oder als Bettungsstoff für Eisenbahnen

usw. verwendet, theils dient dieselbe für Wegebefestigungen usw.

Die tägliche Leistung der 3 Hochöfen bezieht sich — bei einer verschmolzenen Erzmenge von 580 bis 590 t — auf 165 bis 170 t Roheisen; das Ausbringen ist demnach 29%. Als Nebenbetriebe, welche zuerst für den Bedarf des eigenen Werks, dann aber auch für fremde Abnehmer arbeiten, sind zu nennen: eine Giesserei mit einer monatlichen Leistung von 250 t Guss-waren und eine mechanische Werkstatt mit 40 Arbeits-Maschinen.

f. Umschmelzen des Roheisens. Schmelzöfen.

1. Das Roheisen wird behufs Umwandlung in Gusseisen oder schmiedbares Eisen selten unmittelbar aus dem Hochofen entnommen, vielmehr, weil entweder die örtlichen Verhältnisse es nicht zulassen, oder weil Menge oder Güte des erblasenen Roheisens in der Regel nicht die gewünschten sind, vorerst durch Umschmelzen vorbereitet, wobei mehre Roheisensorten passend gattirt und nöthigenfalls auch Brucheisen usw. zugesetzt werden kann. Für Giesserei-Zwecke ist meistens, namentlich, wenn viel Brucheisen oder dgl. verarbeitet werden soll, der Zusatz von silicium- und graphitreichem Roheisen No. I (S. 71) geboten. Damit das Erzeugniss nicht zu hart werde, ist die Oxydation einzelner Bestandtheile des Roheisens beim Umschmelzen unvermeidlich. Die Reihenfolge der Oxydation ist in der Regel: Mangan, Silicium, Kohle und Eisen (S. 3). Je manganreicher also das Roheisen, desto geringere Mengen der übrigen Körper werden verbrannt. Daher wird auch von 2 grauen Roheisensorten mit annähernd gleichem Silicium- und Kohlenstoff-Gehalt dasjenige die grösste Zahl von Schmelzungen aushalten, ohne weiss zu werden, welches den grössern Mangangehalt besitzt. Ein manganreiches graues Roheisen wäre also werthvoll für Giesserei-Zwecke, wenn nicht der Mangan-Gehalt die Eigenschaften des Gusseisens nachtheilig beeinflusste (vergl. unter D.).

Das Umschmelzen erfolgt in Schachtöfen, hier Kupolöfen¹⁾ genannt, seltener in Flammöfen, in einzelnen Fällen auch in Tiegelöfen. Kupolöfen sind am beliebtesten; sie verbrauchen weniger Brennstoff als Flammöfen und Tiegelöfen. Um den Brennstoff-Verbrauch zu verringern muss im Kupolofen (nicht wie beim Hochofen (wo eine Reduktion erfolgen soll) vor den Formen nicht Kohlenoxyd, sondern möglichst Kohlensäure erzeugt werden. Dies kann durch Anwendung von Kokes, rasche Schmelzung in Folge von reichlicher Zuführung von kaltem Winde, mässige Ofenhöhe usw. erreicht werden. Erhitzung des Windes wirkt nachtheilig, weil sie die Verbrennung des Kohlenstoffs zu Oxyd befördert.

Die Gebläse der Kupolöfen sind in der Regel Zentrifugal-Gebläse, sogen. Ventilatoren. In Bessemerhütten, bei ununterbrochenem Tag- und Nachtbetrieb braucht man zum Umschmelzen des Roheisens im Kupolofen meistens Zylinder-Gebläse. Näheres über Gebläse und Ventilatoren vergl. unter C.

Die Einrichtung eines Kupolofens stimmt im allgemeinen mit derjenigen eines Hochofens überein. Am gebräuchlichsten sind die sogen. Ireland'schen und der Krigar'sche Ofen, welche sich von einander hauptsächlich durch die verschiedene Art der Windzuführung und Windvertheilung unterscheiden.

2. Beim Kupolofen des Engländers Ireland, im Anfang der 60er Jahre dies. Jahrh. eingeführt, Fig. 62, 63, schliesst sich an die Gicht *gg*, behufs Abführung der Gichtgase, eine Esse, in welcher die zum Beschieken dienende Gichtöffnung *a* angebracht ist. Ofen und Esse werden von einem eisernen Mantel umgeben. Die Windzuführung erfolgt durch die waagrecht liegenden Düsen *c*, von denen entweder, wie in Fig. 62, nur 2 vorhanden sind, welche sich einander gegenüber liegen oder, wie in Fig. 63, mehre auf einer Seite in 2 Reihen über einander liegend. Stichloch und Schlackenstich befinden sich in der Arbeitsthür.

Ein Ireland'scher Ofen von 90 cm innerm Durchm. des Oberschachtes und in einer Höhe bis zur Gicht von 3,50 m schmilzt stündlich etwa 2,5 t bei einem Kokes-Verbrauch von 120 kg auf 1 t Eisen²⁾.

3. Bei dem Kupolofen von Krigar, von H. Krigar in Hannover erfunden, Fig. 64, 65 erfolgt die Windzuführung von einem den Schmelzraum um-

Fig. 62.

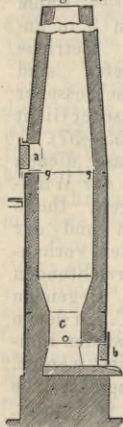
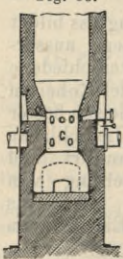


Fig. 63.



¹⁾ Ein neuer englischer mit Gas geheizter Kupolofen ist gezeichnet und beschrieben von Daelen in der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 915.

²⁾ Abbildungen von 2 Ireland-Ofen in „Zeichnungen zur Hütte“ 1867. Bl. 23.

schliessenden Kanal *e* aus, senkrecht abwärts in den Herdraum *v*; letzterer ist als Vorherd seitlich am Ofen angebracht. Dabei gewährt der zur Hälfte von Säulen getragene Ofen von unten freien Zutritt, so dass mittels der dort angebrachten Klappe *d* eine bequeme Reinigung des Schachtes erfolgen kann. Der Wind gelangt aus dem Kanal *e* in den hufeisenförmigen Schlitz *c* und von dort in schräger Richtung nach unten in den engen Kanal *f*, welcher Ofenschacht und Vorherd verbindet. Vorzüge des Krigar'schen Ofens sind: Eisen und Brennstoff werden getrennt gehalten; das zeitweise Abstechen des flüssigen Eisens übt keinen Einfluss auf den Niedergang der Schmelzsäule im Ofen; grosse Reinheit des Eisens, weil es nicht zu lange mit dem Koke in Berührung bleibt usw. Im übrigen ähnelt die Einrichtung des Ofens dem vorbeschriebenen Ireland'schen. Bei etwa gleichen Abmessungen des Ofenschachtes vermag ein Krigar'scher Ofen mehr zu leisten als jener: stündlich etwa 3^t geschmolzenes Eisen bei einem Koke-Verbrauch von 0,11^t auf 1^t Eisen.

Fig. 64.

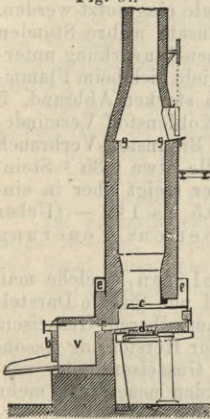
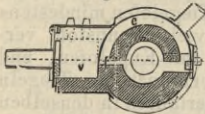


Fig. 65.



Auch Ireland-Oefen sind vielfach mit Krigar'schem vorgelegten Herde eingerichtet worden¹⁾.

Eine neuere beachtenswerthe Art von Kupolofen ist derjenige von Fauler in Freiburg²⁾. Bei demselben wird die Aufgabe möglichst gleichmässiger Windvertheilung vollkommen gelöst; ausserdem gestattet der eigenthümliche Aufbau des Ofens aus einzelnen ringförmigen abnehmbaren Stücken leichte und schnelle Ausbesserungen.

4. Beschickung der Kupolöfen. Behufs Zerkleinerung der im Handel gebräuchlichen Roheisen-Barren (S. 70), sowie kleiner Stücke von Brucheseisen bedient man sich schwerer zueihändiger Hämmer. Grössere Brucheseisenstücke werden auf einem sogen. Rammwerk zerschlagen. Dasselbe besteht aus einem 3beinigen, mit einer Winde versehenen Bock von 12–16^m Höhe, dessen Kopf eine Rolle trägt, in welcher die Windekette, deren zangenartiges Ende den gewöhnlich 400 kg schweren Rammklotz hält, geführt wird. Das Oeffnen der Zange bezw. das Herabfallen des Rammklotzes erfolgt in beliebiger Höhe durch Anziehen einer Schnur.

Massige Stücke lassen sich auf diese Weise selbst wenn der Rammklotz bis 600 kg schwer gemacht wird, immer nur mittelbar zerschlagen, indem man an passenden Stellen der Stücke Keile einlegt oder Löcher von etwa 3^{cm} Durchmesser bohrt, diese mit Wasser füllt, mit einem Stahlstift verschliesst und auf letztern den Rammklotz fallen lässt³⁾.

Wenn der Kupolofen in Betrieb gesetzt werden soll, macht man zuerst im Herde ein Kokesfeuer, füllt, sobald der Kokes vor den Windöffnungen in volle Gluth gekommen sind, den Ofen mit abwechselnden Gichten von Kokes und Roheisen und setzt das Gebläse in Gang. Behufs Verschlackung der Kokes-Asche und des an den Roheisenstücken haftenden Sandes giebt man jeder Kokesricht einen gewissen Zuschlag von Kalkstein. Das Stichloch wird, damit ein Theil der Gase aus demselben noch entweichen und den Herd erwärmen kann, erst geschlossen, sobald das Roheisen anfangen will, auszufliessen. Nach erfolgtem Umschmelzen beträgt der Abbrand gewöhnlich 3–5% vom ursprünglichen Roheisen-Gewichte.

5. Flammöfen werden ausnahmsweise da verwendet, wo es sich um die Niederschmelzen grosser Stücke oder um die Herstellung grosser Gussstücke, z. B. Walzen oder dgl., aus einem graphitararmen Roheisen von grosser Härte

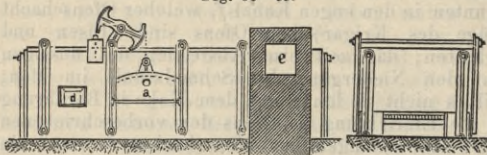
¹⁾ Fälschlich auch Voisin's Kupolöfen genannt. Aehnlich ist auch der Kupolofen des Franzosen Hamélin's. D. R.-P. No. 10 848.

²⁾ D. R.-P. No. 12 563.

³⁾ Ueber eine Maschine zum Zerstückeln der Roheisen-Barren vgl. Stahl und Eisen 1882 S. 77 (nach „Scientific American“ 1881).

und Festigkeit handelt. Im allgemeinen hat der Flammofen die in Fig. 66—69 dargestellte Form, obwohl viele Abweichungen in Einzelheiten vorkommen. *a* ist die Einsatzthür, *b* der durch die Feuerbrücke vom Rost *c* getrennte Herd, *d* die Einführungs-Oeffnung für die Brennstoffe, *e* der Fuchs. Das geschmolzene

Fig. 66—69.



Eisen fließt durch das Stichloch *g* in Giesspfannen oder in einen sogen. Tümpel, um von dort aus in die Giessformen zu gelangen. Die Sicherung des Ofens durch eiserne Platten und Anker ist in Fig. 66, 67 angedeutet.

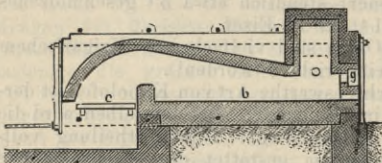


Fig. 70.

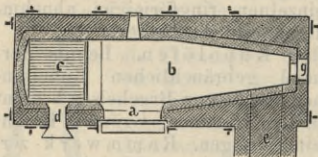


Fig. 71.

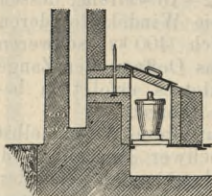
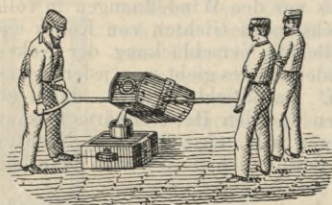
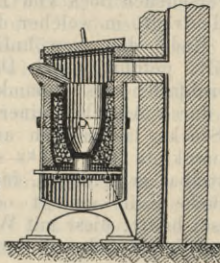


Fig. 72.



eines gleichartigen Erzeugnisses wächst. Die Füllung eines Tiegels beträgt 25—50 kg. Brennstoff-Verbrauch etwa 0,8—1,5 t auf 1 t Roheisen; Abbrand 0,5 bis höchstens etwa 2 %.

Der Franzose Piat¹⁾ ersann einen während des Schmelzens in gusseisernen Lagerböcken aufgehängten, herausnehm baren, tragbaren Tiegelofen, in welchem der Tiegel fest steht und ohne heraus-

Während im Kupolofen das Schmelzen ununterbrochen fortgeht, muss im Flammofen gewöhnlich die gesammte Schmelzmenge mit einem male eingesetzt werden. Dabei bleibt der Einsatz mehre Stunden hindurch der Flammen-Einwirkung unterworfen. Daraus ergibt sich beim Flammofen-Schmelzen ein starker Abbrand, 5 bis 7 %, und auch eine Kohlenstoff-Verminde- rung des Einsatzes. Der Brennstoff-Verbrauch beträgt im günstigsten Falle etwa 0,35 t Steinkohle auf 1 t Roheisen; er steigt aber in einzelnen Fällen sogar auf 0,5 bis 1 t. — (Ueber Flammöfen mit Siemens-Feuerung vergl. unter B.)

6. Tiegelöfen, welche man in der Regel nur für die Darstellung von schmiedbarem Gusseisen, auch wohl für Herstellung besonders feiner Gusseisentheile verwendet, werden neuerdings mehr und mehr von dem billiger arbeitenden Kupolofen verdrängt, weil man im Tiegelofen mindestens 10 mal so viel Brennstoff verbraucht als im Kupolofen, und weil der Verbrauch an Tiegeln das Schmelzverfahren in denselben auch noch vertheuert. Die Oefen

haben gewöhnlich die Form eines niedrigen, unten durch einen Rost abgeschlossenen Schachts, Fig. 70, und enthalten entweder nur einen oder mehrere, aus feuerfestem Thon oder Graphit bestehende Tiegel, welche auf dem Roste durch rund um sie eingeschüttete Kokes erhitzt werden. Die Zahl der Tiegel steigt selten über 4 bis 5, weil mit der grössern Anzahl die Schwierigkeit der gleichmässigen Erhitzung aller Tiegel, bezw. die Erzielung

¹⁾ D. R. P. No. 152. Vertreten durch die Maschinenfabrik Deutschland in Dortmund.

genommen zu werden, entleert wird. Fig. 71 zeigt die Einrichtung eines solchen Ofens im Innern, Fig. 72 die Handhabung beim Gießen, welche nöthigen Falls bei schweren Ofen unter Zuhilfenahme eines Krahns erfolgt. Diese Ofen werden für 20—120 kg Fassung gebaut, scheinen aber in Deutschland bislang nicht zur Einführung gelangt zu sein. (Ueber Tiegelöfen mit Siemens-Feuerung vergl. unter B.)

III. Schweisseisen-Erzeugung.

a. Allgemeines über Renn-, Herd- und Flammofen-Frischen.

Litteratur.

Richard. *Études sur l'art d'extraire immédiatement le fer de ses minerais sans convertir le métal en fonte*. 1838. — François. *Recherches sur le gisement et le traitement direct des minerais de fer dans les Pyrénées, particulièrement dans l'Ariège*. 1843. — Egleston. *The American bloomery process for making iron direct from the ore*. *Transact. of the Americ. Inst. of Mining Eng.* Vol. VIII, S. 51. — Akermann. Die schwedische Eisenindustrie. *Zeitschr. d. berg- u. hüttenm. Ver. f. Steiermark n. Kärnthen*. 1877, S. 120.

1. Die Darstellung des Schweisseisens durch Rennarbeit, mit Ausnahme des Verfahrens von Siemens, und das Herdfrischen haben heute fast nur noch geschichtliche Bedeutung. Bezüglich dieser Darstellungs-Arten kann daher auf den Theil unter A (S. 24, 28, 50 u. 52) verwiesen werden.

Mit Hilfe des Puddel-Verfahrens erzeugt man heute in einem und demselben Ofen — einem Flammofen — dreierlei Sorten von Schweisseisen:

- a) nicht härtpbares Eisen, gewöhnlich Schmiedeeisen genannt;
- b) härtpbares Schweisseisen, zu welchem das sogen. Feinkorneisen und der Puddelstahl gehören.

Im wesentlichen unterscheidet man diese Erzeugnisse nach dem Aussehen ihres Bruches. Beim Schmiedeeisen zeigt derselbe Sehne, beim Feinkorneisen und Stahl entsprechende Korngrößen.

2. Der allgemeine Verlauf der Frischarbeit ist bereits in der Einleitung (S. 4) beschrieben worden. Er stimmt beim Herd- und Flammofen-Frischen im wesentlichen überein. Während bei ersterm der Gebläsewind die Oxydation einleitet (S. 28) und man durch Zusatz von eisenoxydreichen Schlacken die Wirkung desselben unterstützt, beginnen im Flammofen bereits die über das schmelzende Roheisen hinstreichenden Verbrennungsgase oxydirend zu wirken. Mangan, Silicium und Eisen verbrennen und die Abscheidung des Kohlenstoffs wird durch den Oxydulgehalt des Schlackenherdes und event. von Schlackenzusatz beschleunigt. Die vorweg beigegebene Schlackenmenge verringert auch den Eisenabbrand. Wegen der schon vor dem Flüssigwerden des Roheisens stattfindenden starken Oxydation hat die sich bildende Puddel-Schlacke bereits die Zusammensetzung einer Garschlacke (S. 5).

Erst in Folge fortschreitender Verbrennung von Silicium wird dieselbe allmählig in die eigentliche Rohschlacke der ersten Frischperiode zurück geführt. Letzter Umstand und ferner das unausgesetzte Durchrühren der Schlacke — um eine stets erneuerte und kräftige Oxydation zu bewirken — bezeichnen die besondere Eigenthümlichkeit des Flammofen-Frischens gegenüber dem Herdfrischen.

Weil ein dickflüssiger Zustand offenbar die erwünschte Mischung von Schlacke und Eisen mehr fördert, als ein dünnflüssiger, so muss die Temperatur niedrig gehalten und dabei die Dauer der Frischarbeit möglichst verlängert werden, um ein gleichmässig entkohltes und von fremden Beimengungen freies Erzeugniss zu erhalten. Diese Umstände sind auch bei der Wahl des zu erfrischenden Roheisens zu beachten.

Rohschmelziges oder rohfrischendes graues Roheisen, so genannt, weil es — namentlich wegen seines Gehaltes an Mangan und Silicium — sich nur langsam entkohlen lässt, ist deshalb im allgemeinen nicht so vorthellhaft für die Schmiedeeisen-Erzeugung als ein garfrischendes oder garschmelziges, manganarmes Roheisen, welches sich rasch in schmiedbares Eisen umwandeln lässt, dagegen grossen Abbrand und Brennstoff-Verbrauch herbei führt.

Zuweilen führt man rohschmelziges, graues Roheisen, um es für die Schweiss-

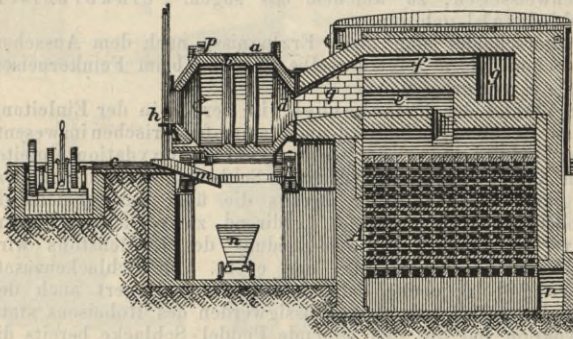
eisen-Erzeugung im Herde oder Flammofen vorzubereiten, durch Feinen oder Läutern in besondern Herden oder Oefen in garschmelziges weises Roheisen, gefeintes Eisen genannt, über (S. 5). Ueber das ältere, von Cort herstammende Verfahren — das Trocken-Puddeln auf Sandboden — im Gegensatz zu dem gegenwärtig gebräuchlichen Schlacken-Puddeln (fettes oder Koch-Puddeln) vergl. unter A. S. 32.

b. Der Drehofen von Siemens¹⁾.

Siemens schmilzt das passend beschickte und gemöllerte Erz in einem sich drehenden Ofen mit Regenerativ-Gasfeuerung (S. 60) ein und giebt dann Steinkohlen zu, wobei sich sehr reines Eisen abscheidet, während die Unreinigkeiten sich verschlacken. Dabei entweicht Kohlenoxydgas, welches durch Verbrennung bei Luftzutritt den erforderlichen Hitzegrad unterhält. Während der Ofen sich dreht und nachdem die Schlacke abgestochen worden ist, vereinigen sich die Eisentheilen zu mehrern Ballen (Luppen). Ein Einsatz von 1^t Erz giebt nach 2 Stunden 0,5^t Eisen, bei einem Verbrauch von 1,25 Theilen Steinkohlen auf 1 Theil Eisen.

Der Drehofen, Fig. 73, besteht aus einem mit einem Futter *b* aus Bauxit, Graphit und Thon versehenen, auf Rollen gelagertem Eisenblech-Zylinder *a*, welcher von der Vorgelegewelle *c* aus durch eine Zahnrad-Uebersetzung in Umdrehung versetzt wird. *h* ist die Arbeits-Oeffnung. Unterhalb derselben

Fig. 73.



befindet sich der Schlackenabstich, durch welchen die Schlacken in den Hals *m* und von dort aus in die Wagen *n* gelangen.

Die erhitzten Generator-Gase treten aus dem Regenerator *A* durch den Kanal *e* in den Raum *q*; die heisse Verbrennungs-Luft kommt aus dem benachbarten Regenerator durch die Kanäle *g*

und *f* ebenfalls in den Raum *q*. Hier mischen sich beide und geben die Flamme, welche bei *d* in den Ofen tritt und bei hinreichend starker Pressung der Gase bis gegen die Arbeitsseite *h* schlägt. Dort wendet sich die Flamme und gelangt durch entsprechende Kanäle, wie *e* für Gas, *f* und *g* für Luft, zu dem abgekühlten Regenerator-Paar um dieses zu erhitzen und endlich durch die Esse ab-zuziehen.; *r* ist die Gaseintritts-Oeffnung.

c. Der Puddelofen.

Der Puddelofen, Fig. 74—78, gehört zur Gruppe der Flammöfen, bei welchen Brennstoff und Rohstoff vollständig von einander getrennt sind und nur die Feuerungs-Gase in den eigentlichen Erzeugungs- und Arbeitsraum treten. Man nennt das Puddeln daher auch Flammofen-Frischen.

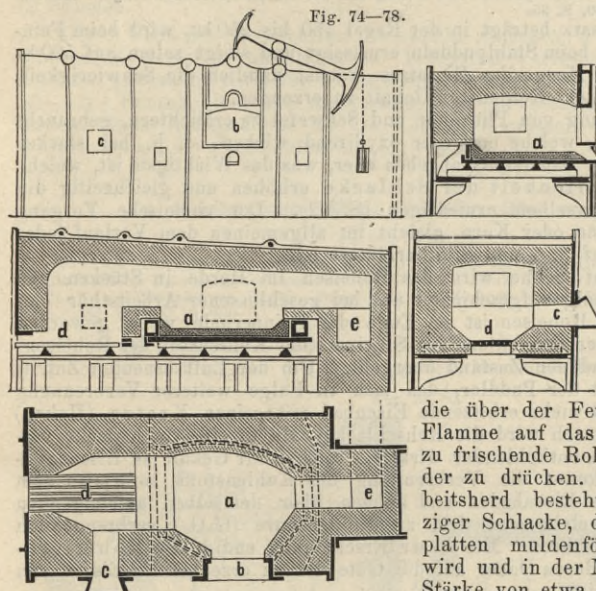
Wie jeder Flammofen enthält der Puddelofen 3 wesentliche Theile: den Herd *a*, den Feuerraum *d* und die Esse, welche für mehre Oefen gemeinsam sein kann. Den Feuerraum und den Herd verbindet das Flammenloch, den Herd und die Esse der Fuchs *e*. Die im Herde in Umwandlung begriffenen Rohstoffe werden gegen den Uebertritt in den Feuerraum durch die

¹⁾ Siemens. Some further remarks regarding the production of iron and steel by direct process. The Journal of the Iron and Steel Inst. 1877, S. 345.

Feuerbrücke *f* und ebenso gegen den Uebertritt in den Fuchs durch die Fuchsbrücke *g* geschützt. *b* ist die Arbeitsthür zum Einbringen der Rohstoffe; sie enthält eine kleine Oeffnung zum Durchstecken der Haken oder Krücken (Kratze) mit deren Hilfe das Umrühren oder Puddeln (S. 32) des geschmolzenen Bades besorgt wird. Unterhalb *b* liegt der Schlackenstich; *c* ist das Schürloch zum Einbringen der Brennstoffe.

Die Fuchsbrücke, und ähnlich auch die Feuerbrücke, bestehen je aus einem mit feuerfesten Steinen unkleideten hohlen Gusseisen-Kasten — Herdeisen — durch welchen, behufs geringer oder grösserer Abkühlung der Umgebung, um die Dauer der Anlage zu erhöhen, Luft bezw. Wasser eingelassen wird.

Fig. 74—78.



Die Herdsohle, auf der die beiden Herdeisen begrenzend liegen, besteht aus gusseisernen Platten, welche, um eine wirksame Abkühlung zu ermöglichen, durch gusseisernes Tragwerk oder Mauerwerk abgestützt sind. Dabei wird der ganze Herdraum von einem feuerfesten Tonnen- gewölbe überspannt, welches nach der Fuchsbrücke zu eine Neigung erhält, um

die über der Feuerbrücke eintretende Flamme auf das zu schmelzende und zu frischende Roheisen im Herde nieder zu drücken. Der eigentliche Arbeitsherd besteht aus schwerschmelziger Schlacke, die über den Sohlenplatten muldenförmig eingeschmolzen wird und in der Mitte des Herdes eine Stärke von etwa 5 cm hat.

Die Herd-Abmessungen richten sich wesentlich nach der Art des zur Verwendung gelangenden Brennstoffs und nach der Grösse des Einsatzes an Roheisen, weil es beim Frischen darauf ankommt, der Eisenmasse eine grosse Oberfläche zu geben, um alle Theile möglichst gleichmässig mit der oxydierenden Schlacke in Berührung bringen zu können.

Je nach der Art des Brennstoffs wendet man bei der Feuerung Planroste, Treppenroste oder Regeneratoren (S. 61) an.¹⁾ Planrost-Feuerung ist vorherrschend, Gasfeuerung selten, weil die im Puddelofen nothwendigen Wärmegrade auch bei anderer Feuerung leicht zu erzielen sind. Der Querschnitt des Fuchses muss, damit die Feuergase, wie es der Erzeugungs-Vorgang erfordert, weder zu schnell, noch zu langsam aus dem Herdraum entweichen, in richtigem Verhältniss zur freien Rostfläche stehen.

Um die Abhitze des Ofens auszunutzen, werden die aus dem Fuchs tretenden Feuergase, ehe sie in die Esse gelangen, noch zur Erhitzung eines Dampfkessels verwendet, so dass derart ein Puddelwerk bei gutem Kessel mehr Dampf liefern kann, als es für seine Betriebsmaschinen braucht.

Der ganze Puddelofen ist mit gusseisernen Platten umgeben und allseitig gut verankert. Die Asche fällt bei neuern Werken in einen unterirdisch belegenen Aschenkasten, um von dort durch einen unter dem ganzen Werke fort-

¹⁾ Anwendung des Bicheroux-Systems auf Puddelöfen in der Eisenhütte zu Ongrée. Stahl und Eisen 1882, S. 459. — v. Borbely. Ueber den Betrieb der Regenerativ-Puddelöfen. Zeitschr. d. Berg- u. Hüttenm.-Ver. f. Steyer. u. Kärnth. 1878, S. 208.

laufenden Kanal auf die Halde befördert zu werden. Jeder Puddelofen — die grossen Doppelöfen mit 2 Arbeitsthüren sind nur selten — bedarf je nach den örtlichen Umständen zu seiner Bedienung 2 bis 3 Mann. Der Betrieb wird behufs Wiederinstandsetzung der beschädigten Ofentheile nur alle 8 oder 14 Tage unterbrochen.

d. Das Puddelverfahren.

Litteratur.

Roberts, *The puddling process, past and present. Transact. of the Americ. Inst. of Min. Eng. vol. VIII, S. 355* und i. d. Zeitschr. d. Berg- u. Hüttenm. Ver. f. Steyermark u. Kärnthen 1880, S. 19. — Petersen. Der Puddelprozess mit Bezug auf die Entphosphorungs-Frage. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1880, S. 35.

Der Roheisen-Einsatz beträgt in der Regel 150 bis 250 kg, wird beim Feinkorn-, und noch mehr beim Stahlpuddeln ermässigt und steigt selten auf 500 kg und darüber. Mit der Menge des Einsatzes wächst nämlich die Schwierigkeit, ein Eisen mit bestimmtem Kohlenstoff-Gehalt zu erzeugen.

Um die Abscheidung von Phosphor und Schwefel zu erleichtern, gebraucht man auch Zuschläge, welche entweder oxydierend wirken, d. h. bei starker Hitze einen Theil ihres Sauerstoffs abgeben oder, was das Wichtigste ist, welche die basische Beschaffenheit der Schlacke erhöhen und gleichzeitig die Schmelz-Temperatur derselben erniedrigen (S. 62). Der chemische Vorgang beim Puddeln auf Sehne oder Korn gleicht im allgemeinen dem Verlauf jeder Frischarbeit, wie er auf S. 4 und S. 79 erläutert ist.

Beim Puddeln auf Sehne wird das Roheisen im Herde in Stücken von 6—12 kg pyramidenförmig aufgeschichtet und bei geschlossener Arbeitsthür eingeschmolzen. Graues Roheisen ist am Ende der Feinperiode weiss geworden (S. 70), indem nach der Oxydation des Siliciums der Kohlenstoff des Roheisens in den chemisch gebundenen Zustand übergeht. Um der Luft erneuten Zutritt zu verschaffen, beginnt der Puddler, das sich in Folge weiterer Verbrennung von Silicium mehr und mehr erhaltende Eisenbad mit seiner Kratze (Haken) durchzurühren. Hierdurch wird die Rohschlacke bald in eine Garschlacke verwandelt, welche um so entkohlender wirkt, je reicher ihr Gekalt an Eisenoxyd-Oxydul ist. Man erkennt die Verbrennung des Kohlenstoffs sofort an dem heftigen Aufwallen des Eisenbades und an den über denselben aufsteigenden blauen Flämmchen, welche von dem zu Kohlensäure ($C O_2$) verbrennenden Kohlenoxyd ($C O$) herrühren. Mit dieser Erscheinung endigt die Rohfrisch- oder Kochperiode, deren Dauer auf die Güte des zu erzeugenden Eisens von wesentlichem Einfluss ist.

Die Fein- und Kochperiode dauern bei einem Einsatz von 250—300 kg gewöhnlichem weissen Puddel-Roheisens (S. 72) etwa je 35 Minuten. Vergl. die bildlichen Darstellungen Fig. 81—83.

Nach der Verbrennung des Kohlenstoffs beginnt die Garfrisch-Periode. Die Eisenmasse erstarrt jetzt zu kleinen Kristallen, lässt sich mit dem Haken nicht mehr umrühren und muss mit einer spitzen Brechstange, der Spitze, bewegt werden. Es beginnt damit das sogen. Umsetzen, bei welchem das Eisen zu kleinen teigartigen Massen geschweisst, zwischen der Schlacke im Herde von einer Seite nach der andern bewegt, und so in einzelnen Theilen gleichmässig entkohlt wird. Während dieser Zeit und nach der Entkohlung wird der meiste Phosphor, etwa bis auf 80%, verschlackt.

Endlich beginnt das Luppenmachen, indem die Eisenkörnchen zu mehreren grösseren Ballen, den Luppen, vereinigt werden. Eine Luppe hat meistens ein Gewicht von 30—40 kg; zuweilen bringt man auch den ganzen Einsatz in eine einzige Luppe. Mit dem Herausbringen der Luppen aus dem Ofen ist das Puddel-Verfahren beendet.

Beim Puddeln auf Korn bilden die passenden Eigenschaften der Rohstoffe die wesentliche Grundlage. Ausserdem unterscheidet sich diese Arbeit vom Sehnepuddeln dadurch, dass schneller eingeschmolzen und das Garen unter der Schlacke vorgenommen wird, um eine starke Oxydation, bezw. eine zu rasche Entkohlung zu verhüten. Ein für Korn geeignetes Roheisen muss möglichst frei von Phosphor und Schwefel, rohschmelzig (S. 70) und manganreich

(S. 4) sein; am besten dient dazu Spiegeleisen und reines graues Roheisen. Je kohlenstoffreicher das Erzeugniss ausfallen soll, um so mehr muss die Arbeit verzögert und um so sorgfältiger unter steter Bedeckung der Schlacke gegart werden.

Die Dauer eines Satzes (Charge) beträgt $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden; Stahlpuddeln dauert natürlich am längsten.

Auf den rheinisch-westfälischen Werken werden bei einem Einsatz von 200—300 kg in 12 Stunden 6—8 Sätze gemacht, oder, je nach der Güte des Roheisens und des zu erzielenden Luppeneisens, 1500—2000 kg Schweisseisen erzeugt. Bei Stahl kommt man nur auf etwa 5, bei Feinkorn auf 6 Sätze in 12 Stunden.

Der Abbrand (Eisenverlust) schwankt zwischen 9 und 16 %; beim Puddeln auf Korn ist er am stärksten. Brennstoff-Verbrauch, wenn ungefeintes Roheisen gebraucht wird, für 1 t Luppeneisen etwa 0,8—1,0 t Steinkohlen, oder 1,2—1,5 t Braunkohlen; bei Anwendung von gefeintem Eisen 0,75—0,9 t Steinkohlen. Beim Kornpuddeln ist der Verbrauch grösser, am grössten für Stahl, nämlich etwa 1,7 t Steinkohlen auf 1,0 t Stahl.

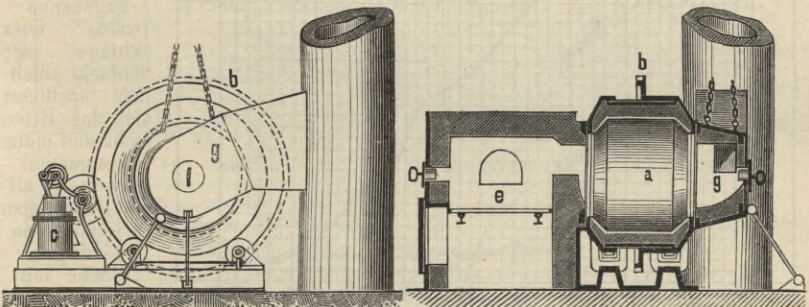
e. Mechanische Puddelarbeit. Ofen von Danks.

Literatur.

Snelus. Die chemischen Vorgänge beim Puddeln im Danks-Ofen. *Dinglers Polytechn. Journ.* Bd. 204. S. 216. — Howson. *On mechanical puddling. The Journ. of the Iron and Steel Inst.* 1874. S. 384. — *Mechan. Puddeln von Danks. Engineering and Mining Journ.* 1883. Bd. 36. — *Dingl. Polytechn. Journ.* 1884. Bd. 253. S. 120.

Ueber geschichtl. Angaben vergl. S. 52. Der Ofen von Danks, welcher in seiner Einrichtung für die Drehung dem Siemens'schen Drehofen, Fig. 73,

Fig. 79, 80.



gleich, ist in Fig. 79, 80 dargestellt; derselbe hat in Deutschland bislang keine Verwendung gefunden. Vom Dampf-Zylinder *c* aus wird die Drehbewegung auf den Zahnkranz *b*, welcher mit dem auf Rollen ruhenden Eisenmantel des Herdes *a* befestigt ist, übertragen. Das Roheisen wird flüssig eingeführt. Diese Arbeit, sowie das Ausbringen der Luppe erfolgt mit Hilfe des der Feuerung gegenüber liegenden Herdendes, welches so eingerichtet ist, dass der Theil *g* des Fuchses, welcher in dem Schornstein mündet, sich vollständig bei Seite drehen lässt. Die Oefen werden für 600 kg Einsatz, der zu einer Luppe vereinigt wird, erbaut.

Der Amerikaner Sellers hat den Danks'schen Ofen verbessert, Ponsard bei denselben ununterbrochene Regenerator-Feuerung angebracht, bei welcher die brennbaren Gase aus dem Generator unmittelbar in den Puddelofen gelangen, während der Wind in Kanälen eines Regenerators, die mittels der abwärts strömenden Feuergase erhitzt werden, empor zieht. v. Ehrenwerth lässt einen scheibenförmigen Herd sich wagrecht drehen und Perrot einen eben solchen in geneigter Lage. Die Versuche über die wirthschaftlichen Erfolge solcher Oefen sind zur Zeit noch nicht abgeschlossen.

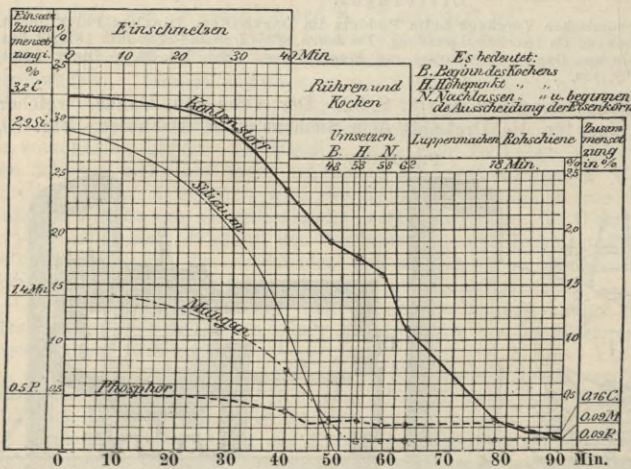
f. Beschaffenheit und weitere Verarbeitung der Erzeugnisse des Puddelofens.

Es handelt sich hier um das Eisen und die Schlacke.

Das durch Puddeln (auch beim Herdfrischen) erzeugte Eisen ist ein Gemenge von meistens vollkommen ausgebildeten Eisen-Kristallen und Schlacke. Die Grösse der Kristalle richtet sich hauptsächlich nach dem Kohlenstoff-Gehalt, mit welchem sie bis zu einer Höhe von etwa 2% steigt. Phosphor wirkt auf Bildung grosser, Mangan, Silicium, Arsen, Zinn, Wolfram, Titan, Chrom wirken auf Bildung kleiner Kristalle.

Die Schlacke ist stets eine Garschlacke, d. h. ein an Oxyd-Oxydul reiches Eisen — Singulo-Silicat (S. 4), welches von beinahe reinen Singulo-Silicat alle Abstufungen bis zum Hammerschlag oder dem einfachen Oxyd-Oxydul zeigen kann. Dieselbe hat einen weit geringern Schmelzpunkt als die Eisen-Kristalle, so dass es möglich ist, sie vor ihrer Erstarrung durch Druck aus den Zwischenräumen der Eisen-Kristalle heraus zu pressen. Dies geschieht durch das sogen. Zängen der glühend aus dem Ofen kommenden Luppen unter Hämmern, Walzen oder andern Vorrichtungen. Dabei hinterlässt sie wegen ihrer Lösungsfähigkeit, für Eisenoxyd-Oxydul metallisch reine Oberflächen, welche, wenn sie weissglühend sind, bei der Berührung unter Druck zusammen schweissen.

Fig. 81. Chemischer Verlauf der Darstellung von Schmiedeeisen.



Bei der Arbeit des Zängens gestaltet sich die Luppe, während unter dem anfangs schwächeren, später stärker gegebenen Drucke oder Schläge, die Schlacke reichlich ausfliesst und das Eisen mehr und mehr zusammen schweisst, allmählig zu einem prismatischen 4-seitigen Blöcke mit abgestumpften

Kanten. Schon das Verhalten der Luppe beim Zängen lässt einen Schluss auf die Beschaffenheit des Eisens zu. Gleichmässig entkohltes Eisen schweisst mit Leichtigkeit, während rohe Stellen, die sich durch das Auftreten blauer Flämmchen daselbst als solche offenbaren, schlecht schweissen. Sehr rohe Luppen fallen mitunter auseinander und müssen nochmals in den Puddelofen zurück, obgleich sie dort nicht mehr zu ganz tadellosem Eisen umgewandelt werden können.

Während man die erste Luppe zängt wird die zweite herbei geholt usw. Die noch glühende erste Luppe gelangt in das inzwischen angelassene, benachbarte Luppen-Walzwerk, um hier zu Rohschienen ausgewalzt zu werden.

Die Rohschienen, gewöhnlich Flacheisenstäbe, werden nach dem Auswalzen auf einer gusseisernen Richtplatte mit hölzernen Hämmern gerade gerichtet. Sie erscheinen noch rissig und unganzz und sind reichlich von Schlacke durchsetzt. Nach dem Erkalten werden sie gewogen, dann gewöhnlich unter einer Presse gebrochen und je nach der Beschaffenheit der Bruchfläche (ob sehnig, feinkörnig, grobkörnig oder gemischt) sortirt.

Um klarer überblicken zu können, wie sich das Eisen allmählig während des Puddelns bis zur Umwandlung in Rohschienen mit Bezug auf seine che-

mische Zusammensetzung verhält, vergleiche man die in den Fig. 81—83 bildlich vorgeführten Beispiele von Untersuchungen (Analysen). Die im Kopf der Tabelle angegebenen Minuten-Zahlen von 40 bzw. 47 an geben die Zeiten an, wo Probenahmen stattfanden; ebenfalls geben diese Zahlen annähernd die Dauer der Abschnitte des Verlaufs der Darstellung an.

Fig. 82. Chemischer Verlauf der Darstellung von Schweissstahl.

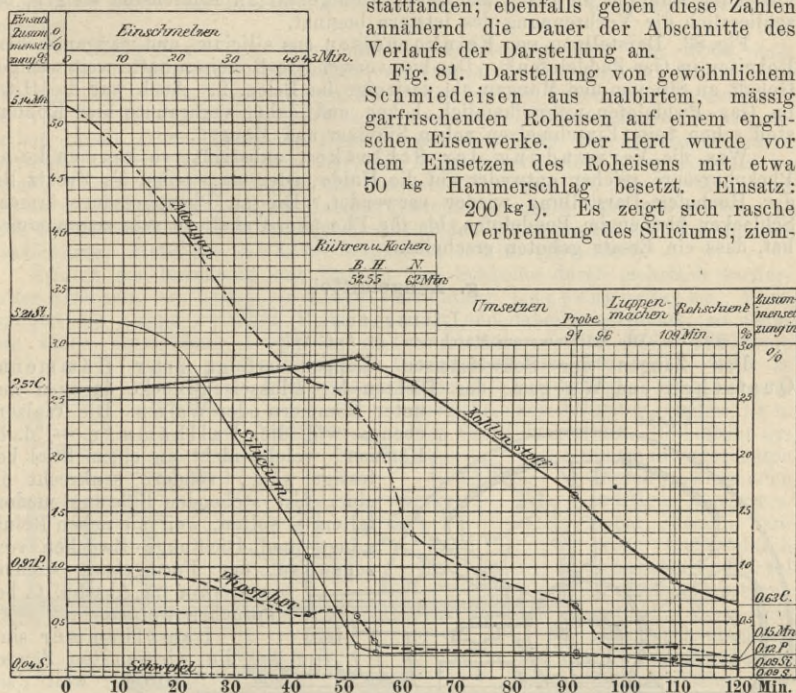
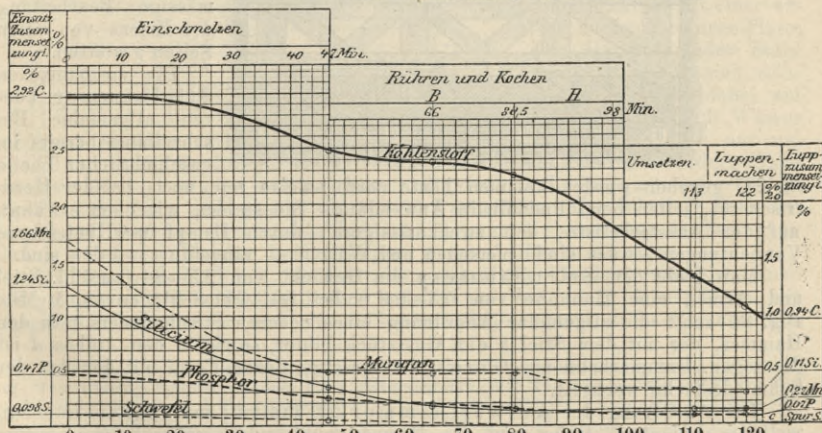


Fig. 81. Darstellung von gewöhnlichem Schmiedeeisen aus halbirtem, mässig garfrischem Roheisen auf einem englischen Eisenwerke. Der Herd wurde vor dem Einsetzen des Roheisens mit etwa 50 kg Hammerschlag besetzt. Einsatz: 200 kg¹⁾. Es zeigt sich rasche Verbrennung des Siliciums; ziem-

Fig. 83. Chemischer Verlauf der Darstellung von Feinkorn-Eisen.



lich gleichmässige Abnahme des Kohlenstoffs, während dPhosphor, besonders im Anfange und während des Luppenmachens, in die Schlacke übergeführt wird.

¹⁾ The Journal of the Iron and Steel Institute 1879, S. 219.

Fig. 82. Darstellung von Schweissstahl aus silicium- und manganreichem, rohfrischenden Roheisen in einem gewöhnlichen Steinkohlen-Puddelofen eines oberschlesischen Werkes. Schlackenzusatz wurde erst nach dem Einschmelzen des Roheisens gegeben¹⁾. Silicium und Mangan treten rasch in die Schlacke über; der Abbrand an Eisen und der Prozentgehalt an Kohlenstoff steigen, bis schliesslich die Verbrennung des letztern beginnt.

Fig. 83. Darstellung von Feinkorneisen aus silicium- und manganreichem Roheisen im Gas-Puddelofen²⁾. Das hier verwendete Roheisen hatte weit weniger Gehalt an Silicium und Mangan als dasjenige im Beisp. 2. Auch war die Hitze im Gas-Puddelofen wahrscheinlich höher und daher verbrannte hier Kohlenstoff schon beim Einschmelzen neben Silicium und Mangan. —

Was die Verwendung der Schlacken anbetrifft, so kommen die an Phosphorsäure reichen entweder auf die Halde, oder sie werden als Zusatz bei der Hochofen-Darstellung wieder verwendet. Die an Phosphorsäure ärmern Schlacken bleiben im Puddelofen, bis ihr Phosphor-Gehalt so sehr zugenommen hat, dass ein Ersatz geboten erscheint.

g. Zängemittel.

Litteratur:

v. Hauer. Die Hüttenwesens-Maschinen. II. Aufl. 1876.

Das Zängen der Schweisseisen - Luppen erfolgt unter Hämmern, Quetschen und Walzen; das Dichten der Flusseisen-Blöcke dagegen nur unter Hämmern oder Walzen. Die Walzen, ebenso wie die Fallhämmer — d. h.

Hämmer, welche nicht an einem Stiel befestigt sind, sondern senkrecht in einer fest stehenden Führung niederfallen — sollen, weil sie neben Reinigungs- und Dichtungs-Zwecken vorzugsweise der Formgebung dienen, weiterhin im Abschn. C. besprochen werden.

Dampfhammer sind die wirksamsten Zängemittel, weil sie eine sehr gleichmässige Bearbeitung des Eisens von allen Seiten gestatten.

Die mechanischen Stielhämmer (deren allgemeine Beschreibung bereits im geschichtlichen Theile

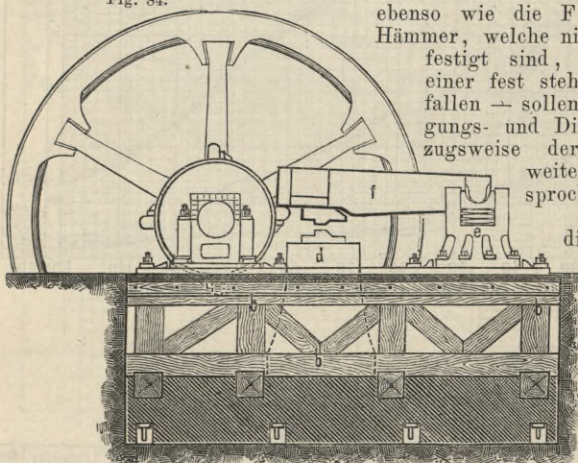
(S. 28) gegeben wurde) kommen heute vorzugsweise nur noch bei der Herdfrischerei, selten beim Puddeln in Anwendung. Sie stehen, wie oben erwähnt, auf der Aussterbeliste, seit zweckmässiger, durch Dampf usw. betriebene Vorrichtungen — das sind Quetschen und Walzen — eingeführt worden sind.

Man giebt den Stirnhämmern ein Gewicht von 2,5—8^t (einschl. Stiel und Arme), eine Hubhöhe von 0,3—0,6 m bei 50—100 Schlägen in 1 Min. Fig. 84 zeigt die allgemeine Anordnung eines neueren Stirnhammers. In den Hammer, der mit dem Stiel *s* ein Gussstück bildet, sowie in den Ambos *d* ist die sogen. Hammerbahn aus Gusseisen eingesetzt, deren Form mit der Art der Schmiedestücke wechselt.

Die Anordnung der Aufwerfhämmer ist ähnlich; nur liegt die Daumenwelle *w* bedeutend tiefer und die Daumen sind anders geformt. Sie werden

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingen. 1874, S. 326.

²⁾ Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1863, S. 313.

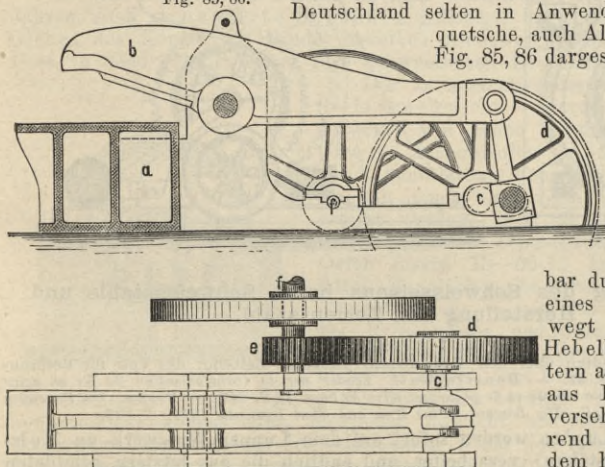


mit einem Gewicht des Hammerkopfes von 0,15—0,5 t, bei 0,5—0,8 m Hubhöhe und 80—150 Schlägen in 1 Min. gebaut. Noch in der 1. Hälfte dies. Jahrh. besass der Aufwerfhammer als Zubehör einer Frischfeuer-Anlage eine herv. ragende Bedeutung; später wurde er auch zum Zängen der Puddel-Luppen herno. gezogen an Stelle des kostspieligern und schwieriger zu handhabenden Stirnhammers.

Viel häufiger als den Stirn- und Aufwerfhammer sieht man heute noch den Schwanzhammer. Selbst da, wo Dampf als Betriebskraft dient, zieht man ihn nicht selten kostspieligern Einrichtungen vor, indem man ihn unmittelbar von der Dampfmaschine oder auch von einer Uebertragungswelle aus antreiben lässt. Diese Thatsache liegt in den Vorzügen des Schwanzhammers begründet, unter denen insbesondere die Möglichkeit, eine grosse Hubzahl zu geben, leichte Zugänglichkeit und bequeme Prellung (S. 29) im Erdboden hervor zu heben sind. Das Hammergewicht wechselt von 0,05—0,35 t, je nach der Verwendung, zum raschen Ausschmieden kleinerer Stücke oder für die Verdichtung. Hubhöhe 15—48 cm, Schläge in 1 Min. 120—130¹⁾.

Erfolgt die Reinigung der Luppen von Schlacke durch mehrfach wiederholtes Drücken, so heisst die Zänge-Vorrichtung Luppenquetsche. Wird dagegen die Luppe zwischen Walzen gerollt und dabei ausgepresst, so nennt man diese Vorrichtung Luppenmühle. Letztere — im Jahre 1840 vom Amerikaner Gerard Ralston erfunden — sind in Deutschland selten in Anwendung. Eine Luppenquetsche, auch Alligator genannt, ist in Fig. 85, 86 dargestellt. Sie besteht aus

Fig. 85, 86.



einem in wagerechten Zapfen schwingenden kräftigen Gusseisenhebel, dessen längeres Ende durch Schubstange, Kurbel u. Räderübersetzung mittels Vorgelege, oder auch unmittelbar durch die Kolbenstange eines Dampfzylinders bewegt wird. Die kürzere Hebelbacke *b*, mit einer untern auswechselbaren Platte aus Hartguss oder Stahl versehen, bewegt sich, während die Luppe dabei auf dem hohlen, durch Wasser gekühlten Ambos *a* zu liegen kommt, etwa 60- bis 90 mal in 1 Min. auf und nieder, wodurch die Luppe bis auf etwa 6 cm gestreckt und am vordern Ende auf etwa 25 cm gestaucht werden kann. Eine solche Luppenquetsche erfordert etwa 8—10 Pfdkr. und genügt für 10—12 Puddelöfen. Man führt sie auch mit 3armigem Hebel aus, derart, dass der senkr. Arm zur Uebertragung der Bewegung dient, während jeder der beiden wagar. Arme als Backe dient.

Die Luppen-Mühlen besitzen als wesentliche Theile gewöhnlich einen fest gelagerten hohlen Halbzyylinder, welcher auf der innern Mantelfläche mit Längsrippeln versehen ist und eine in letztere sich langsam drehende, ebenfalls

¹⁾ Die Daumenwelle der Stielhämmer muss ein Schwungrad erhalten, dessen Gewicht Q bei einer Umfangs-Geschwindigkeit V des Schwungrades, sich aus der Gleichg.: $Q V^2 = 100 K$ in kg bestimmt, worin K die erforderliche Betriebskraft in mkg für 1 Sek. Die in 1 Sek. verrichtete Arbeit A des Hammergewichts G ist: $A = \frac{G h n}{60}$, wenn h Hubhöhe und n Anzahl der Schläge in 1 Min. ist. Die dabei ausgeübte Kraft, in Pfdkr. ausgedrückt, bei 80% Nutzwirkung:
$$= \frac{G h n}{3600}$$

geriffelte Walze. Diese ist exzentrisch gelagert, so dass zwischen ihr und dem Halbzylinder ein sich von der Stärke der rohen Luppe bis zur Dicke der gestreckten Luppe verjüngender, sichelförmiger Schlitz gebildet wird. Die Luppe wird, während die Walze sich dreht, an der weiten Seite des Schlitzes eingeführt und zwängt sich darauf an der Zylinder-Mantelfläche durch, wobei sie die entsprechende Streckung erlangt.

Fig. 87 zeigt eine solche Luppenmühle für gewöhnliche Puddelöfen mit senkrecht stehender Walze, welche mittels Räderwerk von einer mit Schwungrad versehenen Vorgelege-Welle, unter Aufwendung einer Arbeit von etwa 6 Pfdkr. getrieben wird.

Fig. 88 stellt eine Luppenmühle für Danks'sche Puddelöfen dar. Auf der wagrecht liegende Walze, von 1,5^m Durchm. und 2^m Länge wird die 600 kg schwere, 0,5 m starke rohe Luppe bis auf 0,25 m Stärke gestreckt. Die Maschine, welche 12 Umdrehungen in 1 Min. macht und für 12 Oefen ausreicht, ist ausserdem mit einer Einrichtung zum Einlegen der Luppe mittels eines durch Dampf bewegten Hebels versehen; auch sind in der Austritts-Oeffnung mehre Messer zum Zerschneiden der gezängten Luppe angebracht.

Fig. 87.

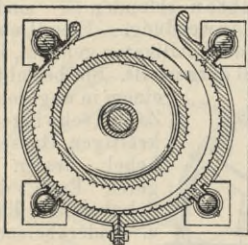
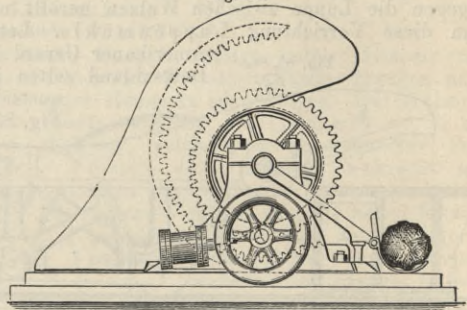


Fig. 88.



h. Verbesserung des Schweisseisens bezw. Schweisstahls und Herstellung von Zementstahl.

Litteratur.

Mannesman. Studien über den Zementstahl-Prozess. Zeitschr. des Ver. für Beförderung d. Gewerbl. 1879, S. 31. — Boussingault. *Etudes sur la transformation du fer en acier par la cémentation. Ann. de chimie et de physique; série V, tome V, S. 146.* — Percy. *On the cause of the blisters on blister-steel. The Journal of the Iron and Steel Institute, 1877, S. 460.*

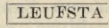
Die gezängten Luppen werden sofort auf dem Luppen-Walzwerk zu Rohschienen (Luppenstäben) verarbeitet und endlich die aus letztern gebildeten Pakete unter Hämmern oder Walzen geschweisst. Die Wirkung dieser Formgebungs- und Verbesserungs-Arbeiten äussert sich bei den verschiedenen Schweisseisen-Sorten in der Art, dass beim sehnigen Eisen das ursprüngliche Korn der Luppe sich in Sehne umwandelt, während beim Feinkorneisen und Stahl das Korn bleibt, sich aber stark verfeinert.

Ueber Einzelheiten der Formgebungs-Arbeiten, sowie über die allgemeine Anlage eines Puddel- und Walzwerks vergl. unter C., über den Werth verschiedener Schweisseisen Sorten unter D.

Die Verbesserung des Schweisstahls durch Ausstrecken, Packetiren und Schweissen nennt man Gärben, das Stahlpaket heisst eine Garbe und das veredelte Erzeugniss Gärbstahl. In England, wo die Gärbstahl-Darstellung um die Mitte des vorigen Jahrh. zuerst durch Crawley eingeführt wurde, nennt man diesen Stahl *shear-steel*, weil er ursprünglich häufig zur Herstellung grosser Tuchscheren benutzt wurde. Die Darstellung des Gärbstahls wird besonders in den österr. Alpenländern gepflegt. Man benutzt dort als Rohstoff den Herdfrisch-Stahl und verarbeitet den Gärbstahl behufs Verwendung zu Sensen, Sichel, Messern, Federn, gröbern Werkzeugen u. dgl.

Ausser durch Gärben wird der Schweissstahl auch durch Umschmelzen in Tiegeln verfeinert, indem man ihn in Flussstahl umwandelt, welcher schlackenfrei und gleichartig in seiner Zusammensetzung ist. Ueber die Erfindung des Tiegel-Gussstahls vergl. S. 42. Ausführlicheres über seine Darstellung vergl. unter IV: Flusseisen-Erzeugung.

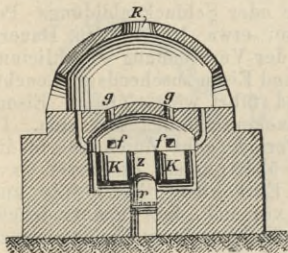
Durch anhaltendes Glühen von kohlenstoffarmen Schweisseisen mit Holzkohlen wandelt man Schmiedeeisen in Zementstahl um (S. 42). Die Engländer nennen den Zementstahl *blister steel*, Blasenstahl, weil seine Oberfläche mit Blasen bedeckt ist.

Als Rohstoff benutzt man vorzugsweise das sich durch Reinheit auszeichnende Herdfrischeisen oder auch kohlenstoffarmes möglichst schlackenreines Puddelisen, das wegen anhaltender Entkohlung sehr rein von fremden Stoffen ist. Der vorzüglichste Rohstoff ist das schwedische Danemora-Eisen und unter den verschiedenen Marken desselben ist der Stempel  allgemein anerkannt der allervorzüglichste. Dieses Eisen enthält meistens weniger als 0,01% Phosphor.

Da der Zementstahl theurer ist, als unmittelbar dargestellter Schweiss- oder Flussstahl, so gelangt er nur in beschränkter Weise zur Anwendung, insbesondere für Herstellung sehr feiner Werkzeuge, Feilen u. dgl. Er ist ferner ein geschätztes Material für Erzeugung von Gärbstahl und Tiegel-Gussstahl.

In dem Hüttenwerke Phönix zu Laar wurden eine Zeit lang, in den 60er Jahren, auch zementirte Schienen gefertigt, bei denen durch mehrtägiges Glühen des Kopfes die Rinde desselben zementirt wurde, während Steg und Fuss, in Sand gehüllt, dabei ihre Schweisseisen-Beschaffenheit nicht änderten.

Fig. 89.



Die zu zementirenden Gegenstände — etwa 8—14 t an Gewicht — werden in gemauerte Kisten gepackt, von denen in der Regel 2 in einem Ofen — Zementirofen — beisammen liegen und durch unmittelbare Feuerung — selten durch Gas — von einem unterhalb liegenden Roste aus erhitzt werden. Fig. 89 zeigt die Einrichtung eines englischen Zementirofens. (Die Sheffielder Oefen fassen 15—30 t.) Die Kisten *K* werden durch Mannlöcher des Ofens mit Eisenstäben und Zementirpulver — gesiebte Holzkohle von Nussbis Erbsengrösse und darunter — bis auf etwa 100 mm Höhe unterhalb des oberen Randes gefüllt und zwar derart, dass Eisen- und Holzkohlenlagen abwechseln und nirgends Eisen mit Eisen sich berührt. Auf die oberste Holzkohlenschicht kommt eine möglichst luftdicht schliessende Decke. Einige Eisenstäbe lässt man aus der senkrechten Wand der Kiste, bei *f*, durch die Stirnwand des Ofens vorragen, um später den Fortgang des Zementirens durch Herausnehmen dieser Stäbe kontrolliren zu können. Nach dem Laden der Kisten vermauert man die Mannlöcher, verstreicht die Oeffnungen für die Probestäbe mit Thonmörtel und heizt die Oefen bis zur lichten Rothgluth, was 2—3½ Wochen dauert.

Nach 7—9 Tagen, je nachdem weicher oder härterer Stahl erzeugt werden soll, ist das Glühverfahren beendet, und nach weiteren 5—7 Tagen, wenn die Abkühlung genugsam vorgeschritten, kann das Austragen der Kiste beginnen. Die erkalteten Stäbe lassen sich leicht brechen und zeigen kristallinisches Gefüge von grosser Verschiedenheit. Ein erfahrener Arbeiter ist im Stande, den Kohlenstoff-Gehalt der Stäbe nach dem Bruchaussehen zu schätzen. Das Schweisseisen nimmt beim Glühen zu Zementstahl etwa 0,5—0,75% an Gewicht zu. Holzkohlen-Verbrauch auf 1 t Stahl etwa 30 kg. Brennstoff-Verbrauch 0,8 bis 1,0 t Steinkohle. Ein Paar Kisten kann 20—40 mal benutzt werden, ehe es erneuert zu werden braucht.

Ueber Zementstahl-Sorten, sowie über Eigenschaften des Tiegelstahls und seine Härtung vergl. unter D.

IV. Flusseisen - Erzeugung.

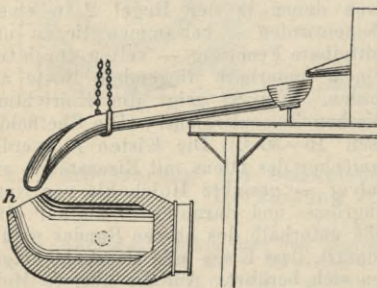
Es kommen hier die Darstellungs-Arten von Bessemer, Thomas und Martin, sowie die Erzeugung von Tiegel-Flussstahl in Betracht. Die behufs Umwandlung der Roherzeugnisse in Stahlguss-Waaren nothwendigen Formgebungs-Arbeiten werden unter C beschrieben.

a. Allgemeiner Verlauf des sauren oder Bessemer-Verfahrens.

Der gewöhnlich 5—7 t betragende Roheisen-Einsatz wird meistens in Kupolöfen geschmolzen; die unmittelbare Entnahme aus dem Hochofen ist wenig gebräuchlich. Die Birne wird inzwischen mit Hilfe eines in ihr durch schwachen Windstrom vom Gebläse aus unterhaltenen Kokesfeuers bis zur Rothgluth erhitzt, sodann derart umgekippt, Fig. 90, dass man das geschmolzene Roheisen vom Ofen aus durch den offenen Hals der Birne bei *h* einlaufen lassen kann. Nachdem die Füllung ausgeführt ist, wird die Birne wieder aufgekippt, so dass ihr Hals unter einen Rauchfang zu stehen kommt, welcher zum Auffangen der Gase, sowie des Funken-, Schlacken- und Eisenauswurfs bestimmt ist. Gleichzeitig, bevor das flüssige Roheisen den mit Öffnungen — Düsen — versehenen Birnenboden berührt, wird auch das Gebläse angelassen und dadurch der atmosphär. Luftstrom durch das Metallbad getrieben. Damit hat das Frischverfahren seinen Anfang genommen. Der Verlauf desselben ist im allgemeinen bekannt (S. 4).

Anfänglich sieht man einen nicht selbst leuchtenden, sondern nur von innen roth durchscheinenden Gasstrom austreten, der sich allmählich in eine selbstleuchtende orangefarbene Flamme verwandelt, die mit blauen Streifen untermischt und von einer weissen Hülle umgeben ist. Die Flamme gewinnt

Fig. 90.



in dieser ersten Periode, der Feinperiode oder Schlackenbildungs-Periode (von etwa 10—12 Min. Dauer), in Folge der Verbrennung von Silicium, Mangan und Eisen zusehends an Leuchtkraft und führt weissglühende Eisen- und Schlackentheilchen mit sich. In der 2. Periode geht durch das in die Schlacke übertretende Eisenoxyd-Oxydul die Entkohlung so heftig und plötzlich vor sich, dass in stark leuchtender, beinahe weisser Flamme ganze Garben von Eisen und Schlacke ausgeworfen werden, wobei die flüssige Masse der Birne in heftige Wallungen

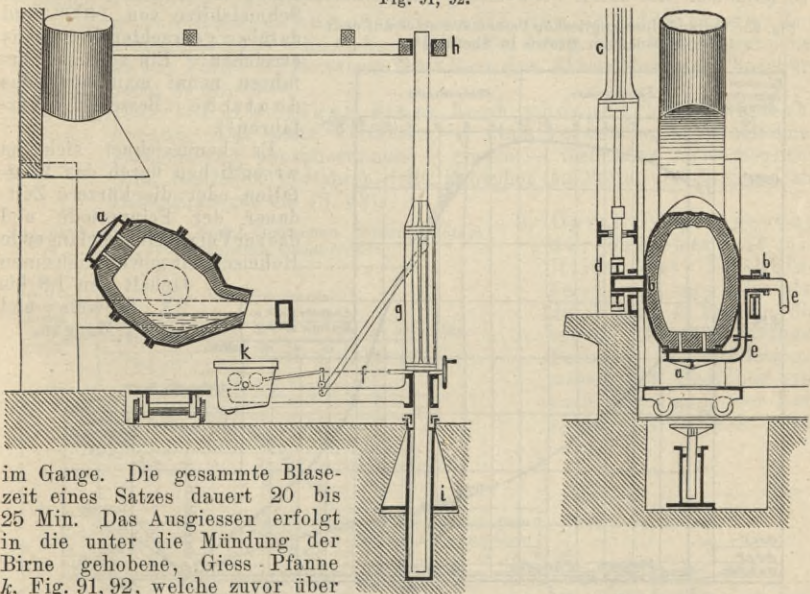
geräth. Daher nennt man die Rohfrisch-Periode hier auch Koch- oder Eruptions-Periode. In der nun folgenden letzten, der Garfrisch- oder Entkohlungs-Periode, nimmt die Flamme ihren höchsten Glanz an; sie wird ruhiger und durchsichtiger, zeigt blaue und violette Streifen und verschwindet allmählich fast ganz, wodurch sich das Ende der Entkohlung anzeigt.

Das im Verlaufe des Satzes (der Charge) zu beobachtende Spektrum der Bessemer-Flamme (S. 45) ist in allen seinen verschiedenartigen Erscheinungen zur Zeit wissenschaftlich noch nicht endgültig festgestellt. Im wesentlichen zeigt sich ein Mangan-Spektrum, dem die Linien des Eisens und der aus dem feuerfesten Futter herrührenden Alkalien beigemischt sind. Man betrachtet das Verfahren als beendet, wenn bestimmte Linien im grünen Felde, gewöhnlich die Kohlenstoff-Linien genannt, verschwinden. In diesem Augenblick wird vornehmlich, um den verlangten Kohlenstoff-Gehalt des fertigen Erzeugnisses zu erzielen, ein Zusatz von hoch gekohltem Eisen, d. i. Spiegeleisen oder Ferro-Mangan beigemischt. Dadurch geräth das Bad für kurze Zeit wieder in lebhaftes Kochen, so dass plötzlich eine hell leuchtende Flamme von verbrennendem Kohlenoxyd aus dem Halse aufsteigt, oder in einzelnen Fällen sogar eine Gasexplosion erfolgt. Dies Verfahren nämlich, die Entkohlung so

weit zu treiben, dass eine Rückkohlung nothwendig wird, ist bei der Schnelligkeit, mit welcher die ganze Frischarbeit vor sich geht, wirthschaftlicher und sicherer auszuführen, als die unmittelbare Entkohlung des Roheisens bis auf einen bestimmten Grad, wie sie in Schweden die Regel bildet.

Der Zusatz von Spiegel-Eisen oder Ferro-Mangan geschieht aber nicht allein aus dem Grunde, um eine Rückkohlung des entkohlten Fluss-Metalls, sondern um gleichzeitig auch eine Desoxydation desselben zu bewirken, wozu das leicht oxydirbare Mangan sich vorzüglich eignet. Das Eisenbad enthält nämlich nach der Entkohlung noch mehr oder minder grosse Mengen von Sauerstoff in Lösung oder in Form von Oxyden, welche die Schmiedbarkeit des fertigen Erzeugnisses erheblich beeinträchtigen würden, falls man ihre Entfernung durch Desoxydation unterliesse. Je mehr Mangan dieser Zusatz, welcher in fester oder flüssiger Form beigegeben wird, auf dieselbe procentuale Menge von Kohlenstoff enthält, um so schwächer fällt natürlich die Rückkohlung aus; deshalb wendet man zur Darstellung weicher Flusseisen-Sorten möglichst hochprozentiges Ferro-Mangan an (S. 73). Behufs guter Vermischung des Zusatzes bleibt das Gebläse noch etwa $\frac{1}{2}$ Min.

Fig. 91, 92.



im Gange. Die gesammte Blasezeit eines Satzes dauert 20 bis 25 Min. Das Ausgiessen erfolgt in die unter die Mündung der Birne gehobene, Giess-Pfanne *k*, Fig. 91, 92, welche zuvor über Kokesfeuer rothglühend gemacht worden ist und aus deren im Boden angebrachten Abstichloche das Fluss-Metall in die in der Giessgrube stehenden eisernen Formen (Coquillen) eingelassen wird. Die dabei erforderlichen Handhabungen, also das Kippen der Birne, das Heben und Senken des in der Giessgrube stehenden Krahnens, der die Giesspfanne trägt, sowie auch das Setzen der Formen und das Ausheben der erstarrten Gussblöcke — Ingots — wird mit einem gleichmässigen Wasserdrucke von etwa 10—12 Atmosph. bewirkt. 1 Krahn bedient in der Regel 2 Birnen, die in einer gemeinsamen Giessgrube stehen und von denen die eine im Betriebe ist, während die andere ausgehoben wird.

Ueber Probenahmen während des Frischens vergl. weiterhin.

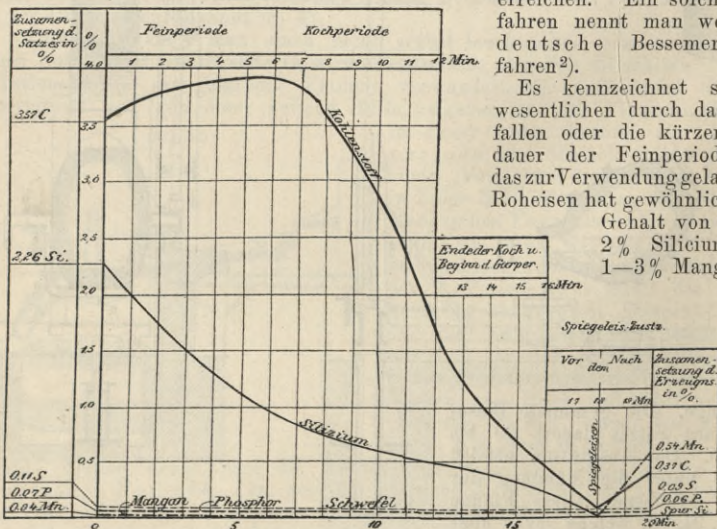
b. Eigenthümlichkeiten des englischen, deutschen und schwedischen Bessemer-Verfahrens.

Der allgemeine Verlauf des Bessemer-Verfahrens zeigt mehr oder minder abweichende Erscheinungen, je nach Art des Roheisen-Einsatzes und der Hitze

des Metallbades in den einzelnen Perioden der Frischarbeit. Ein zu hoher Silicium-Gehalt (über 3%) ruft einen sog. heissen Gang, d. h. zu grosse Dünflüssigkeit, ein zu geringer Silizium-Gehalt einen kalten Gang oder Dickflüssigkeit, hervor.

Das unter a beschriebene englische Verfahren beruht auf Verwendung eines Roheisens mit einem Gehalt von mindestens 1,8%, häufiger 2% an Silicium, welches über seine Schmelz-Hitze nur insoweit — auf 1300° C. — erwärmt wird, dass es bis zum Beginn des Frischens noch ausreichend flüssig bleibt. Der Silicium-Gehalt des Roheisens hält dann bei seiner Verbrennung (S. 5) die erforderliche Hitze des Metallbades bis zu Ende des Verfahrens aufrecht. Denselben Erfolg kann man auch mit Hilfe eines siliciumärmeren Roheisens erzielen, wenn man dasselbe beim Schmelzen stark überhitzt (S. 5). Ausserdem kann man dadurch bewirken, dass der Kohlenstoff schon sofort anfangs, neben dem Silicium mit zu verbrennen anfängt, was wiederum eine Verzögerung der Verbrennung von Mangan und Silicium zur Folge hat. Will man also für gewisse Zwecke ein silicium- und manganhaltiges Erzeugniss erhalten, so kann man dies durch Verwendung eines siliciumarmen bis auf eine anfängliche

Fig. 93. Verlauf eines englischen Bessemer-Satzes auf dem Werke von John Brown in Sheffield¹⁾.



Schmelzhitze von 1400° und darüber gebrachten Roheisens erreichen. Ein solches Verfahren nennt man wohl das deutsche Bessemer Verfahren²⁾.

Es kennzeichnet sich im wesentlichen durch das Wegfallen oder die kürzere Zeitdauer der Feinperiode und das zur Verwendung gelangende Roheisen hat gewöhnlich einen Gehalt von 1,3 bis 2% Silicium und 1—3% Mangan.

In Schweden, wo man gezwungen ist, noch siliciumärmeres Roheisen als in den vorstehend beschriebenen Fällen anzuwenden, unterbricht man die Frischarbeit, sobald die Silicium-Verbrennung ihr Ende erreicht hat, während der Kohlenstoff-Gehalt des Flussmetalls noch beträchtlich sein kann. Diese Unterbrechung — das schwedische Verfahren — ist notwendig und ausführbar; denn ein fortgesetztes Blasen würde das Bad zu sehr abkühlen, weil das Silicium als Hitze-Erzeuger nicht ausreichend wirken kann und eine Desoxydierung (S. 91) ist nicht notwendig, weil das flüssige Eisen wegen seines reichlichen Kohlenstoff-Gehaltes Sauerstoff wenig oder gar nicht enthalten wird.

Das schwedische Verfahren kennzeichnet sich durch den Wegfall der Entkohlungs-Periode und man verwendet dabei gewöhnlich ein Roheisen mit einem Gehalt von 0,8—1,2% Silicium und 0,6—1% Mangan. Es wird übrigens, ebenso

¹⁾ Nach Zeitschr. f. Bauw. 1876, S. 427 zusammen gestellt.

²⁾ Müller. Untersuchungen über den deutschen Bessemer-Prozess. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1878. S. 385, 453.

wie das englische Verfahren neuerdings, nachdem sich ein zwischen dem deutschen und schwedischen stehendes Verfahren heraus gebildet hat, bei welchem man nicht bis zur vollständigen Entkohlung bläst, aber vor dem Ausgießen des Bades demselben eine mässige Menge (1—2%) von hochprocentigem Eisenmangan zusetzt, seltener in seiner ursprünglichen Form geübt. Dies gemischte Verfahren ist um so zweckmässiger, je kohlenstoffärmer das Erzeugniss werden soll und je mehr Sauerstoff das Metallbad bei Beendigung des Blasens schon aufgenommen hatte.

Die bildlichen Darstellungen in Fig. 93 und 94 veranschaulichen den Verlauf eines sauren Satzes ohne besondere Erläuterung,

c. Allgemeiner Verlauf des basischen oder Thomas-Verfahrens.

Litteratur:

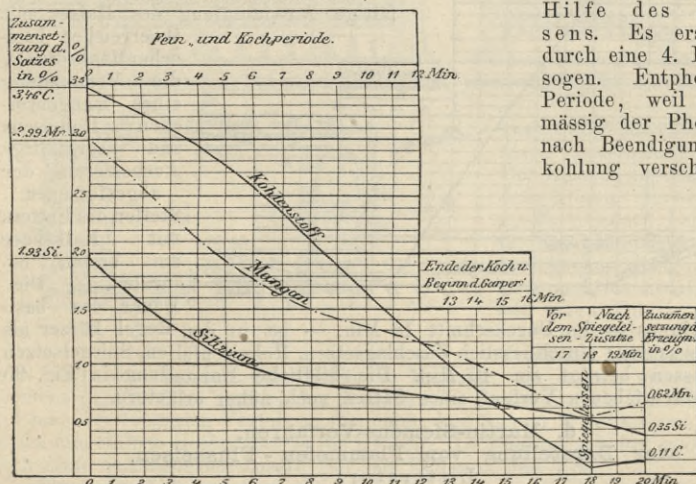
Mathesius. Einige Beiträge zur Theorie und Praxis des Thomas-Prozesses. Stahl u. Eisen 1886, S. 637.

Das basische Verfahren, dessen geschichtliche Entwicklung auf S. 48—50 ausführlich dargestellt wurde, unterscheidet sich vom sauren Verfahren durch folgende wesentliche Punkte:

1. durch Anwendung einer basischen Ausfütterung der Birne behufs Phosphor-Abscheidung. Das kieselsäurereiche, saure Futter der Bessemer-Birne lässt eine Abscheidung des Phosphors nicht zu (S. 47).
2. Durch Verwendung eines hoch phosphorhaltigen Roheisens. Das saure Verfahren ist ohne Verwendung eines siliciumhaltigen und phosphorreinen — grauen — Roheisens nicht möglich; beim basischen Verfahren tritt Phosphor an Stelle des Siliciums als Hitze-Erzeuger ein (S. 49).

Fig. 94. Verlauf eines sogen. deutschen Bessemer-Satzes auf dem Stahlwerk Osnabrück¹⁾.

3. Durch Verlängerung der Frischarbeit mit Hilfe des Nachblasens. Es erscheint dadurch eine 4. Periode, die sogen. Entphosphorungs-Periode, weil erfahrungsmässig der Phosphor erst nach Beendigung der Entkohlung verschlackt wird.



Der Verlauf der Frischarbeit ist folgender: Erst nachdem der erforderliche Kalkzuschlag — etwa 14—16% des Roheisen-Einsatzes — in die Birne gebracht worden ist, beginnt das Einlassen des Roheisens, welches gewöhnlich 1,5—3% Phosphor, 0,0—1,5% Silicium und bis zu 4% Mangan enthält. Darauf beginnt mit dem Blasen und Aufkippen der Birne die Frischarbeit.

Der Kohlenstoff verbrennt sofort, weil die Anfangs-Hitze des Bades wegen der Verwendung eines siliciumarmen Roheisens eine sehr hohe sein muss

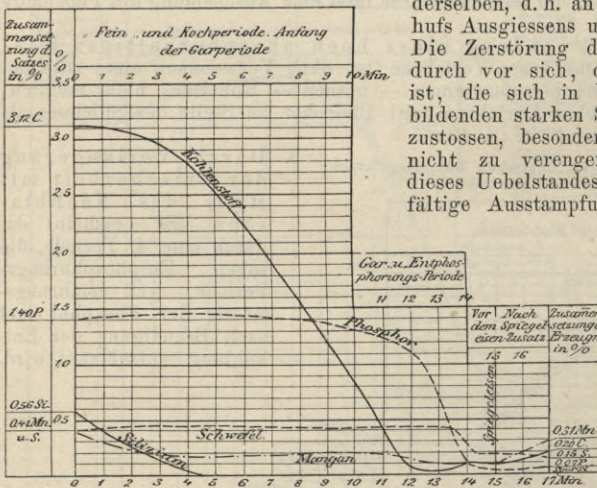
¹⁾ Nach Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1878. S. 390 zusammen gestellt.

Die Feinperiode ist sehr kurz. Koch- und Garfrisch-Periode verlaufen im allgemeinen wie beim sauren Verfahren; die anfangs lebhafter werdende Flamme verschwindet ziemlich rasch. Dies ist der Augenblick der erfolgten Entkohlung und des beginnenden Nachblasens bzw. des Anfangs der Entphosphorungs-Periode. Gewöhnlich reicht die vorhandene Schlacke aus, um die Entphosphorung zu bewirken, so dass das Nachblasen, welches etwa halb so lange wie die Entkohlungszeit dauert, sich der Entkohlung ohne Unterbrechung anschliessen kann.

Der übliche Zusatz von Spiegeleisen oder Eisenmangan erfolgt erst, nachdem man durch Kippen der Birne die an Phosphorsäure reiche, in grosser Menge vorhandene Schlacke abgeossen und sich durch rasche Probenahme von der ausreichenden Güte des Erzeugnisses versichert hat. Ein Zusatz vor dem Ablassen der Schlacke würde eine Zurückführung des bereits verschlackten Phosphors in das Eisenbad zur Folge haben.

Die Schlacke übt den schädlichsten Einfluss auf das Birnenfutter aus und zwar nicht etwa an denjenigen Stellen, wo die auf der Oberfläche des Metallbades schwimmende Schlacke mit dem Futter in Berührung tritt, sondern an der Mündung der Birne und am Rücken derselben, d. h. an der beim Kippen behufs Ausgiessens unten liegenden Seite. Die Zerstörung des Futters geht dadurch vor sich, dass man gezwungen ist, die sich in bezeichneter Gegend bildenden starken Schlackenansätze abzustossen, besonders um die Mündung nicht zu verengen. Zur Verhütung dieses Uebelstandes hat sich eine sorgfältige Ausstumpfung des Halses mit

Fig. 95. Verlauf eines Thomas-Satzes auf dem Hörder Werk¹⁾.



theerreicher basischer Masse (S. 64), die Verwendung eines manganreichen Roheisens und sorgfältige Ausbesserung der abgestossenen Stellen des Futters mit Kalktheer am besten bewährt. — Die Dauer des basi-

schen Verfahrens — im Durchschnitt 18 Min. — ist in der Regel kürzer als diejenige des sauren; einschliesslich Zuschlagsetzens, Roheisenfüllen, Spiegelsetzen und Ausgiessens beträgt sie 40 Min. Die bildliche Darstellung in Fig. 95 wird den beschriebenen Verlauf eines Satzes noch näher erläutern.

d. Martin-Siemens-Verfahren, oder Darstellung von Flammofen-Flusseisen.

Litteratur:

Kupelwieser. Studien über den Martinprozess. Oest. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1882, S. 293. — v. Odelstierna. Notizen über die Erzeugung des Martin-Metalls. Dasselbst 1883, S. 201. — Prochaska. Notizen über den Siemens-Martinprozess auf dem Grazer Südbahn-Walzwerke. Dasselbst 1883, S. 475 und Stahl u. Eisen 1883, S. 586. — Daelen. Fortschritte in der Darstellung von Flusseisen und Gussstahl durch das Herd-Schmelz-Verfahren. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 641 u. 925. — Martinofen-Betrieb in Schweden. Stahl u. Eisen 1886, S. 209. — Steffen. Neue Martinstahl-Anlage; dasselbst 1887, S. 382.

Wie bereits (S. 46) erwähnt wurde, erfolgt die Darstellung des Martin-eisens auf dem Herde eines mit Regenerativ-Gasfeuerung versehenen Flammofens²⁾. Ein solcher Ofen ist in den Fig. 96—98 dargestellt.

¹⁾ Vergl. Mittheil. der K. technisch. Versuchs-Anstalten zu Berlin 1883, S. 81.

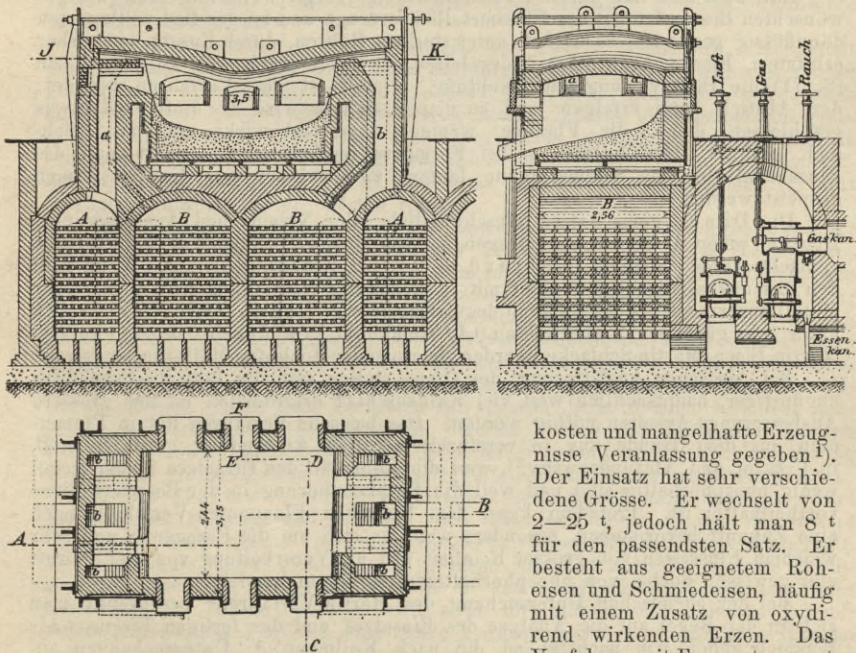
²⁾ Hearth Process, Deutsch auch Herdschmelz-Verfahren.

Aus den Gas-Regeneratoren *AA* führen je 2 Kanäle *a*, aus den Luft-Regeneratoren *BB* je 3 Kanäle *b* nach dem Herdraume, wo Luft und Gas, gehörig erhitzt, sich mischen und verbrennen. Die aus dem Herde abziehenden Feuer-gase werden, wie S. 67 beschrieben, zur Erhitzung der Regeneratoren benutzt.

Für die Zwecke des Eisetzens, Rührens, Probenehmens und zur Vornahme von Ausbesserungen sind an den Seitenwänden des Ofens mehrere mit Schieb-thüren versehene Oeffnungen angebracht. Unter der mittlern Einsatzthür befindet sich in der Regel das Stichloch, durch welche das Erzeugniss in die Giesspfanne oder auch wohl unmittelbar in die auf einem Wagen befindlichen Gussformen abfließt.

Pernot-Ofen mit drehbarem Herd sind weniger empfehlenswerth. Sie haben überall, nur mit Ausnahme des Hüttenwerks in St. Chamond, welches unter Leitung von Pernot selbst steht, zu Klagen über grosse Unterhaltungs-

Fig. 96, 97, 98.



kosten und mangelhafte Erzeugnisse Veranlassung gegeben¹⁾. Der Einsatz hat sehr verschiedene Grösse. Er wechselt von 2—25 t, jedoch hält man 8 t für den passendsten Satz. Er besteht aus geeignetem Roheisen und Schmiedeeisen, häufig mit einem Zusatz von oxydierend wirkenden Erzen. Das Verfahren mit Erzzusatz nennt

man nach dem Landore-Eisenwerke in England, wo es zum ersten Male von Siemens durchgeführt wurde, den Landore-Prozess. Mit Vorliebe verwendet man bei letzterem Verfahren die unter dem Namen Mocta-Erze aus Nordafrika eingeführte Rotheisenerze (62% Eisen). In England arbeitet man zuweilen auch ohne Schmiedeeisen-Zusatz, nur mit Roheisen und Erz.

Flusseisen-Abfälle aller Art, Ausschussstücke von Walzen, Alteisen oder Schrott u. dgl. können beim Schmiedeeisen-Einsatz in grosser Menge mit verbraucht werden; daher die Wichtigkeit der Einführung des Martin-Verfahrens als Ergänzung der Bessemer-Anlagen. In der Regel überwiegt die Menge des einzusetzenden Schmiedeeisens diejenige des Roheisens; im allgemeinen schwankt die Roheisenmenge zwischen 10 und 60% des ganzen Einsatzes. Die Oxydations-Wirkung des Ofens, chemische Beschaffenheit der Einsatzstoffe und erforderliche Beschaffenheit des Erzeugnisses sind bei der Festsetzung dieses Verhältnisses

1) Stahl und Eisen 1884, S. 153.

massgebend. Um den Zusatz grosser Roheisenmengen zu ermöglichen, hat man neuerdings versucht, Wind in das flüssige Metallbad einzublasen¹⁾.

In der Regel wird das am leichtesten schmelzbare Roheisen zuerst eingesetzt, geschmolzen und stark überhitzt. Dann werden nach und nach die Schmiedeisen-Stücke, Schrott u. dgl. in kleinen Mengen dem Roheisenbade, in welchen sie sich auflösen, hinzu gefügt.

Etwaige Erzstücke müssen ganz zuletzt und ebenfalls nach und nach beigegeben werden, damit das Bad nicht zu sehr abgekühlt und ein heftiges Kochen desselben vermieden werde. Um das Auflösen der Zusätze und die gleichmässige Mischung zu befördern, wird das Bad mit eisernen Stangen umgerührt. Die Temp. des Bades wird unterdessen durch angemessene Regelung der Gas- und Luftzufuhr mehr und mehr gesteigert, bis sie gegen Ende des Verfahrens so hoch geworden ist, dass der Haken schon nach kurzem Durchrühren vorne abschmilzt.

Hat man sich nun durch Probenahmen (vergl. weiterhin) von der gewünschten Beschaffenheit des Flussmetalls überzeugt, und ist das Bad vollkommen dünnflüssig geworden, so erfolgt, unter starkem Rühren, durch Zusatz von vorher erhitztem Eisenmangan oder Spiegeleisen, zuweilen auch von Silicium-Eisen (S. 71) die Desoxydierung und Kohlung. Damit ist das Verfahren beendet; der Abstich kann erfolgen und zu diesem Behufe wird das Luftventil etwas geschlossen, damit die Flamme weniger oxydirend wirkt und das Sticho Loch geöffnet. Gewöhnlich — bei Formguss regelmässig — lässt man das Flussmetall in eine Sammelpfanne laufen, von welcher aus die Gussformen gespeist werden.

Die Dauer eines Satzes einschliesslich aller Neben- und Ausbesserungs-Arbeiten pflegt 8—10 Std. zu betragen, so dass binnen 24 Stunden etwa 2—3 Sätze gemacht werden können. Abbrand 6—9%, bei Erzzusatz kleiner. Wenn man den Eisengehalt des Erzes nicht mit in Rechnung zieht, kann man sogar mehr Metall ausbringen als das Gewicht des Satzes betrug. Brennstoff-Verbrauch unter sehr günstigen Verhältnissen 0,4 t Steinkohle, gewöhnlich 0,6—0,8 t auf 1 t Martin-Eisen. Martin-Schlacken werden vielerorts der Hochofen-Möllerung zugesetzt.

Bei basischer Ausfütterung des Ofens stellen sich die Betriebs-Ergebnisse ungünstiger, hauptsächlich weil viel Kalkzuschlag erforderlich ist und grössere Ausbesserungs-Arbeiten nöthig werden. Das basische Verfahren hat in Flammöfen aus dem Grunde nur in vereinzelt Fällen Anwendung gefunden z. B. in Creuzot und Alexandrowsky²⁾, weil die Rohstoffe des Einsatzes in der Regel wenig phosphorhaltig sind und weil die Entphosphorung in der Bessemer-Birne vortheilhafter ist. Trotzdem kann dem basischen Flammofen-Verfahren noch eine Zukunft bevor stehen, besonders wenn es sich um die Erzeugung von sehr weichem Flusseisen von grosser Reinheit und um Verarbeitung von viel Schrott und gewissen Sorten von phosphorhaltigem Roheisen handelt³⁾.

Bei der chemischen Untersuchung des Martin-Verfahrens beschränkt man sich in der Regel auf die Analyse des Einsatzes und des fertigen Eisens. Als Beispiel geben wir nachstehend die nach Kollmann's⁴⁾ Untersuchungen angefertigte Tabelle über Darstellung von Martineisen auf der Gutehoffnungs-Hütte

	Chemische Zusammensetzung.				
	C.	Si.	P.	S.	Mn.
Der Einsatz	0,497	0,48	0,089	0,016	0,86
Nach 7—8 Std. bei höchster Temp. des Bades . .	0,06	0,15	0,09	0,02	Spur
Nach Zusatz von 0,3 t Mochaerz	0,05	Spur	0,09	0,02	Spur
Nach Zusatz von 70 kg Eisen-Mangan mit 60 % Mangan enthalten die gegossenen Blöcke	0,10	Spur	0,09	0,02	0,37

1) Würtemberger's Verfahren. D. R.-P. No. 13 679.

2) Ueber das Martin-Stahlwerk zu Alexandrowsky bei Petersburg. Vergl. Stahl und Eisen 1882, S. 478, 599 u. 1883, S. 184.

3) Gillott. Der basische Herdschmelz-Prozess. Stahl u. Eisen 1885.

4) Dr. Kollmann. Die Eigenschaften, Darstellung und Verwendung des Flusseisens. Zeitschr. des Ver. z. Beförderung. des Gewerbef. 1880, S. 211.

zu Oberhausen. Der Einsatz von 5 t bestand aus 0,4 t grauem Roheisen, 3 t Flusseisen-Blockenden, 1 t Flusseisenblech-Abfällen, 0,6 t Schweisseisenblech-Abfällen.

e. Probennehmen beim Bessemern und Martiniren.

Obwohl der Verlauf eines Satzes beim Bessemern nach dem Aussehen der Flamme unter Anwendung des Spektroskops genau verfolgt werden kann, so pflegt man doch ausserdem vor beendigter Entkohlung durch Probiren der Flussmasse und der Schlacke von der Beschaffenheit des Erzeugnisses Kenntniss zu nehmen.

1. Beim sauren Verfahren taucht man häufig eine kalte Eisenstange tief in das Metallbad ein und zieht sie bald wieder heraus. Dann haftet an der Stange eine Schlackenkruste, in welcher sich auch kleine Eisen-Kügelchen vorfinden. Nachdem man die Stange in Wasser getaucht, die Schlacke mit einem Hammer abgeschlagen, zerklöpft und die Eisenkügelchen aus ihr abgesondert hat, kann man nach dem Aussehen der Schlacke und ferner aus dem Verhalten der Eisen-Kügelchen auf dem Amboss unter einem Hammer sich die gewünschte Kenntniss verschaffen.

Mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt des Eisens nimmt der Eisengehalt der Schlacke zu; diese wird dann schwärzer und blasiger, während sie bei geringerem Eisengehalt zwar an der Oberfläche ebenfalls schwärzlich aussieht, jedoch, wegen des reichlicheren Mangangehalts, olivengrünen bis graugrünen Bruch zeigt. Die Güte des Eisens muss man nach dem Widerstande schätzen, welchen die Kügelchen dem Hämmern entgegen setzen. Kohlenstoffärmeres Eisen lässt sich leicht und ohne Kantenrisse zu bekommen, platt schlagen, während härtere Sorten reissen.

Die sicherste Kenntniss von der Beschaffenheit des Erzeugnisses erlangt man durch Schmieden eines besonderen Probblocks oder eines Blockstückes (vergl. Schmiedeprobe unter D). Beim sauren Verfahren wird die Blockprobe häufig nicht vorgenommen, dagegen regelmässig beim basischen Verfahren; hier giesst man vor dem Spiegeleisen-Zusatz, während dem Ablassens der an Phosphorsäure reichen Schlacke, einen kleinen Probblock. Diese mit Schlacke gemischte Probe erhält unter dem Hammer ein sehniges Gefüge; bei reinem Eisen erscheint der Bruch seidenartig, während phosphorhaltiges Eisen kristallinisch bleibt. Nach dem Verhalten des Eisens beim Brechen und dem Aussehen der Bruchfläche — glänzende Streifen deuten auf Vorhandensein von Phosphor — wird man demnach zu beurtheilen haben, ob die Entphosphorung weit genug vorgeschritten oder ein fortgesetztes Nachblasen erforderlich ist¹⁾.

2. Das Martin-Verfahren hat den besondern Vorzug, dass es öftere Probenahmen gestattet und demnach auch schon aus diesem Grunde die sichere Erzeugung eines Eisens von genau vorgeschriebener Beschaffenheit ermöglicht. Vor Entnahme einer Probe ist es rathsam, das Bad mit einer Krücke durchzurühren, weil der Kohlenstoff-Gehalt in den verschiedenen Tiefen des Bades wechselt. Auf österr. Werken wird z. B. die mittels eines kleinen Schöpföffels entnommene Probe in eine runde Form gegossen, der erhaltene Kuchen unter dem Dampfhammer zu einem Stabe von 3—5 mm Dicke verarbeitet und noch bei Gelbwärme in Wasser gehärtet. Aus der Biegungsfähigkeit des Stabes schliesst man auf den Härtegrad des Bades. In England lässt man die Schöpfprobe erkalten, biegt sie bis zum Bruche und schätzt den Kohlenstoffgehalt usw. des Erzeugnisses nach dem Bruch-Aussehen, ob mehr Sehne als Korn, grobkörnig oder feinkörnig usw. In Frankreich werden meist ziemlich grosse Proben entnommen, zu Vierkantstäben gehämmert, gehärtet und gebogen. In Deutschland, wie auch in Schweden nimmt man Proben, wie beim Bessemern und auch Schöpfproben. Eine Ausnahme macht man bei Krupp, wo ein Probblock von 100 × 400 mm gegossen, erhitzt und unter dem Dampfhammer bis auf einen Querschnitt von genau 39,2 mm im Quadrat verarbeitet wird. Ein 200 mm langes Stück dieser Probestange wird rein gefeilt, mit Vorsicht im Ofen auf Gelbhitze gebracht, in Oel gehärtet und alsdann zerbrochen.

¹⁾ Eine besondere chemische Kontrolle, die sich für das Thomas- und Martin-Verfahren empfiehlt und die es gestattet, in der Zeit von nur 1/2 Stunde den Phosphorgehalt auf 0,01 % genau zu bestimmen, hat Weding angegeben. Stahl u. Eisen, 1887, S. 118.

Der Rand der Bruchfläche erscheint hell silberweiss, das Innere grau und uneben. Die Beurtheilung des Härtegrades erfolgt nach dem Verhältniss der von den beiden Bruchansichten eingenommenen Flächentheile; die Probe ist um so härter, je weiter die Randfärbung sich in's Innere erstreckt¹⁾.

f. Einrichtung, Einzelheiten und Leistung der Bessemer-, Thomas- und Martinhütten.

Litteratur.

Holley. Die *Bethlehem Iron and Steel Works* in Nordamerika. Stahl u. Eisen 1882, S. 53. Copeland. Die Bessemer-Anlage der *Erinus-Works, Middlesborough*. Dasselbst 1882, S. 57. — Kent. Ueber die Fortschritte in den amerikanischen Bessemer-Werken. Dasselbst 1883, S. 184. — Ueber die Thomas-Stahlwerke zu Arthus in Belgien. Dasselbst 1884, S. 556. — Riedler. Das Bessemer-Gebläse im Stahlwerk; Heft der österr. Alpen Montan-Gesellschaft. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 2 u. 25. — Daelen. Das Herbstmeeting des *Iron and Steel Institute* in Glasgow. Stahl u. Eisen 1885, S. 563. Enthält bemerkenswerthe Angaben über neuere englische Werke. — Derselbe. Ueber neuere Bessemer-Stahlwerke. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 554 u. 1016. — Thomas- und Martinwerke. Stahl u. Eisen 1886, S. 598, 656 u. 705 (nach *Jernkontorets annaler* 1886, No. 3—5).

a. Bessemerhütten.

1. Jede Bessemer-Hütte enthält mindestens zwei Birnen, weil das Arbeiten mit nur einer Birne, ohne eine zweite in Reserve zu haben, wegen der in regelmässiger Wiederkehr nothwendig werdenden Ausbesserungen zu unliebsamen Betriebs-Unterbrechungen führen müsste.

Die Gruppierung der Birnen gegen einander und gegen die übrigen Hilfsvorrichtungen als: Giesspfannen-Krahn, Schmelzöfen u. dgl. ist von Wichtigkeit für die Leistungsfähigkeit der Hütte. Man findet in dieser Beziehung verschiedene Anordnungen des Grundrisses und auch der Höhenlage der Arbeitsböden.

Bessemer's erstes Werk zu Sheffield (Fig. 50, S. 45) besass eine Birne. Die erste Anlage mit 2 Birnen war die Atlas-Hütte von John Brown in Sheffield. In ihr waren die Birnen parallel angeordnet, so dass ihre Achsen in eine gerade Linie fielen. In Dowlais ordnete man zuerst die Birnen-Achsen parallel an, so dass die Birnen sich diametral gegenüber und dabei ziemlich weit von einander standen. Später führte man diese Anordnung auch in der Weise aus, dass man die Birnen-Achsen rechtwinklig gegen die vom Krahnkreis-Mittel bis zum Birnen-Mittel gezogenen Fahrstrahlen anlegte. In einzelnen Fällen fügte man bei letztbeschriebener Anordnung eine mittlere dritte Birne hinzu. Auf dem Krupp'schen Werke sind die Birnen zu je 5 oder 6 in eine Reihe gelegt und werden durch einen fahrbaren Dampfkrahn bedient.

Die Höhenlage der Arbeitsböden kann verschieden sein. Im allgemeinen sind 5 solcher Böden vorhanden:

1. die Gichtbühne, von welcher das Aufgeben der Schmelzstoffe in die Kupolöfen erfolgt,
2. die Ebene, auf welcher die Kupolöfen stehen, Fig. 99 und von welcher aus das Einlassen des Roheisens in die Birne bewerkstelligt wird,
3. eine Ebene behufs Vornehmen von allerlei Handhabungen mit der Birne und ihren Theilen, gewöhnlich etwas tiefer als die Zapfen liegend,
4. die Hüttensohle,
5. die Sohle der Giessgrube.

2. Die Fig. 91, 92, 97 und 100 zeigen die Einrichtung der älteren, heute noch die Mehrzahl bildenden Bessemer-Hütten mit 2 Birnen. Die gezeichnete Anlage ist für ununterbrochenen Betrieb, Fassung einer Birne von 5 t und eine Leistung von 80 bis 100 t in 24 Stunden bemessen. Es sind vorhanden: 4 Kupolöfen (b) zum Umschmelzen des Roheisens und 2 Flammöfen (c) für das Schmelzen des Spiegeleisen-Zusatzes. Vor den Kupolöfen befinden sich 2 Pfannen (d), aus denen das geschmolzene Roheisen durch die Rinne (e) in die Birne geleitet wird (vergl. Fig. 90); f sind Wasserdruck-Krähne, mit deren Hilfe das Einsetzen und Ausheben der Giessformen, Fortschaffen der Blöcke usw. besorgt wird. Die Giess-

¹⁾ Mittheil. über die Darstellung und Verarbeitung des Martin-Metalle (aus *Jernkontorets annaler* I. u. II. 1883) sowie Stahl u. Eisen 1884, S. 153 u. 212.

formen stehen im Halbkreise in der 1,0 bis 1,5 m vertiefen Giessgrube. Im Maschinenhause (g) befinden sich die Gebläse-Maschinen und Pumpen, wie die Birnen in doppelter Zahl; im Kesselhause liegen 9 Dampfkessel, zusammen für etwa 1000 Pfdk. Die Hebung von Roheisen und Kokes erfolgt durch 2 Aufzüge (h); ein Schienengleis (i) dient zur Abführung der Schlacke aus den Birnen, ein zweites Gleis zur Beförderung der Blöcke und der Pfannen, welche letztere im Nebengebäude ausgebessert werden.

3. Fig. 91, 92 zeigen besonders die nähere Einrichtung der Birne, des Giesskrahns und der Giessgrube¹⁾.

Die mit einem starken Blechmantel versicherte Birne hat bei 5—8 t Inhalt etwa 1,7—2,0 m innern Durchm. und 4,0—4,5 m Höhe und ist mit etwa 20—30 cm

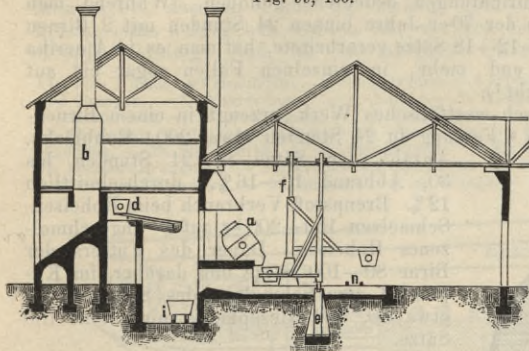
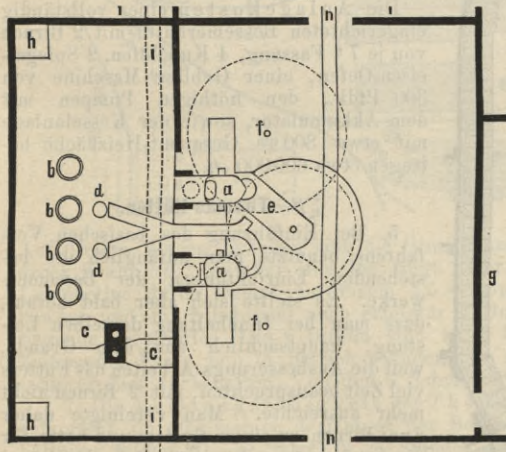


Fig. 99, 100.

starkem, feuerfestem, saurem Futter (S. 63) versehen. Neuere Birnen sind in 4 Theile zerlegbar, welche die Haube, das Mittelstück, das Bodenstück und der Boden genannt werden. Mitunter werden Mittel- und Bodenstück als Ganzes vereinigt; der Boden bildet aber bei allen neuern Birnen ein selbständiges Stück. Er wird deshalb Losboden genannt oder auch Dornboden, weil er in der Regel aus Stampfmasse in einer besonderen Form, unter Anwendung von Dornen für die Düsenlöcher, hergestellt wird²⁾.

Die Haube läuft nach oben in den verengten Hals aus, dessen Mündung derart gerichtet sein muss, dass ein Herausschleudern von Metall während des Frischens möglichst verhindert wird. Am Mittelstück, Fig. 92, ist ein kräftiger Ring befestigt, welcher die beiden Zapfen (b) zum Aufhängen der Birne trägt. Auf dem einen Zapfen sitzt ein Triebrad (d), in welches der mit einer Zahnstange versehene Kolben einer Wasserdruk-Presse (c) eingreift, um die Drehung der Birne



zu bewirken. Durch den andern Zapfen, welcher hohl und durch eine Stopfbüchse mit dem Windzuleitungs-Rohr (e) verbunden ist, wird der Wind nach dem Boden geleitet. Unter dem Boden liegt der Windkasten (a), welcher durch ein gekrümmtes Rohr mit der Windleitung in Verbindung steht. Die Oeffnungen für die Windeinströmung — Düsen — liegen entweder gleichmässig über den Boden vertheilt, oder sie befinden sich in einzelnen, aus feuer-

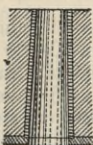
1) Daelen. Die Giessvorrichtungen in den Stahlwerken. Stahl und Eisen 1882, S. 152. — Daelen & Wrightson. Ueber Bessemer-Krahne. Dasselbst 1883, S. 667.

2) Nach dem Verfahren von Rühle v. Lillienstern. Verhandl. des Ver. z Bef. d. Gewerbf. 1879. Ein anderes Verfahren von Koppmayer s. D. R. P. No. 9384.

festem Stoffe hergestellten Einsatzstücken — gewöhnlich 13—17 an der Zahl —, von denen jedes 7—12 durchgehende Oeffnungen von 10—20 mm enthält, Fig. 101.

Ein Boden hält in der Regel nicht mehr als 30 Sätze aus; dann muss seine Auswechslung erfolgen. Zu diesem Zwecke befindet sich unterhalb der Birne in einer Mauervertiefung eine Wasserdruck-Presse *p*, deren Kolben eine wagrechte Tischplatte mit einem Wagen *w* zur Aufnahme des der Ausbesserung bedürftigen Bodens senkr. heben und senken kann. Sobald die ganze Birne schadhaft geworden ist, wird sie in ihre einzelnen Theile zerlegt; diese werden mittels der Krähne gehoben und behufs Beförderung nach der Werkstatt auf bereit stehende Wagen nieder gelassen.

Fig. 101



4. Die Leistungsfähigkeit der Bessemer-Hütten hat sich in der Neuzeit in Folge mannichfacher Verbesserungen der Betriebs-Einrichtungen bedeutend gehoben. Während man gegen die Mitte der 70er Jahre binnen 24 Stunden mit 2 Birnen selten mehr als 12—18 Sätze verarbeitete, hat man es in Amerika heute auf 60 und mehr, in einzelnen Fällen sogar bis auf 80 Sätze gebracht¹⁾.

Ein rheinisch-westfälisches Werk erzeugt in einem Birnen-Paar von je 7,5 t Fassung in 24 Stunden etwa 200 t Rohblöcke.

Fig. 102.

Anzahl der Sätze in 24 Stunden bis 30, Abbrand 10—16%, durchschnittlich 12%. Brennstoff-Verbrauch beim Roheisen-Schmelzen 150—200 kg auf 1 t ungeschmolzenes Roheisen. Dauer des Futters der Birne 80—100 Sätze und darüber, im Kupolofen zum Schmelzen des Spiegeleisens etwa 30, der Giesspfanne mindestens 100 Sätze.

Die Anlagekosten einer vollständig eingerichteten Bessemerhütte mit 2 Birnen von je 7 t Fassung, 4 Kupolöfen, 2 Spiegeleisen-Oefen, einer Gebläse-Maschine von 300 Pfdk., den nöthigen Pumpen mit dem Akkumulator, sowie der Kesselanlage mit etwa 800 qm Gesamt-Heizfläche betragen etwa 600 000 M.

β. Thomas-Hütten.

5. Bei Einführung des basischen Verfahrens benutzte man anfänglich die bestehenden Einrichtungen der Bessemerwerke. Es stellte sich aber bald heraus, dass man bei Innehaltung derselben Leistung, hauptsächlich aus dem Grunde, weil die Ausbesserungs-Arbeiten des Futters viel Zeit beanspruchten, mit 2 Birnen nicht mehr ausreichte. Man vereinigte daher drei Birnen zu einem System und hatte für diese mindestens 6, gewöhnlich aber 8 und mehr Losböden im Betrieb; die geringe Haltbarkeit der Böden — durchschnittlich 18 Sätze — bei sorgfältiger Beobachtung

und Ausbesserung während dieser Zeit machte dies nothwendig.

Ferner erwies sich die bisherige Verbindung der Giessgrube mit dem Birnenraum störend für den Betrieb, so dass man veranlasst war, bei neuen Werken beide Räume von einander getrennt anzulegen. Bei solchen Neuanlagen arbeitet man mit verhältnissmässig grossen Birnen von 9 bis 15 t Fassungsraum, deren Einrichtung von derjenigen einer gewöhnlichen Bessemer-Birne nicht

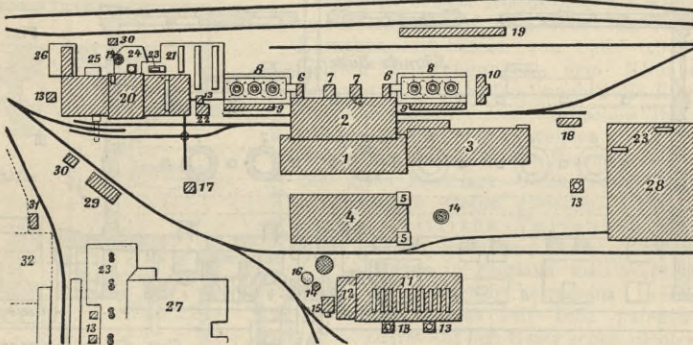
¹⁾ Hohe Produktion einer Bessemer-Anlage. Stahl u. Eisen, 1886, S. 67.

wesentlich abweicht. Die Grösse der Schlackenmenge — auf 1 t Güsse rechnet man 0,4—0,5 t Schlacken — beim basischen Betriebe bedingt aber für gleiche Fassung wie beim sauren Verfahren eine grössere Birne, derart, dass eine für 10 t Roheisen berechnete saure Birne, nachdem sie mit basischem Futter versehen ist, mit höchstens 7 t Roheisen gefüllt werden darf.

Fig. 102 zeigt den Längsschnitt einer früher sauren, jetzt basischen Birne der Rheinischen Stahlwerke zu Ruhrort.

Fig. 103 giebt den Lageplan der für 6 Birnen, mit je 9 t Fassung, ganz neu eingerichteten Peiner Thomashütte, welche in unmittelbarer Nähe des alten Puddelwerkes erbaut ist. Fig. 106 zeigt einen Querschnitt durch die Schmelzhütte und den Birnenraum (Frischhütte), Fig. 105, den Grundriss dieser beiden Räume und des Giesshauses, Fig. 104 den Längsschnitt durch Giesshaus und Birnenraum. Man sieht, dass in Peine die bislang gebräuchliche Anordnung der Drehkräne ganz aufgegeben worden ist; vor den Birnen, welche zu je 3 zu einer Gruppe vereinigt sind, ist ein fahrbarer Giesskrahnen-Wagen (*w*) aufgestellt.

Fig. 103. 1. Thomas-Frischhütte. — 2. Schmelzhütte. — 3. Giesshütte. — 4. Maschinenhaus für Gebläse und Pumpen. — 5. Wasserturm. — 6. Aufzug. — 7. Waagen. — 8. Kalköfen. — 9. Theerziegelei. — 10. Bureau. — 11. Kesselhaus. — 12. Pumpenhaus. — 13. Schornstein. — 14. Brunnen. — 15. Gasanstalt. — 16. Gasbehälter. — 17. Theerraum. — 18. Lokomotivschuppen. — 19. Kohlen-schuppen. — 20. Steinfabrik. — 21. Trockenöfen. — 22. Theerkochelei. — 23. Dampfkessel. — 24. Dolomit-Brennofen. — 25. Brechraum für Steine. — 26. Brennöfen. — 27. Altes Walzwerk. — 28. Neues Walzwerk. — 29. Magazin. — 30. Waage. — 31. Werkstatt. — 32. Schlackenhalde



Auf diesem Wagen befinden sich die Giesspfanne (*p*) und zugleich der Wasserdruk-Krahn (*k*), welcher dieselbe trägt. Der Wagen selbst wird wie eine Lokomotive durch Dampf auf einem 4,5 m vom Birnenmittel entfernten Gleis bewegt und fährt jedesmal nach erfolgter Füllung der Pfanne in die nebenan liegende Giesshalle. Die 6 Birnen sind zu 3 Paaren gruppirt, von denen zur Zeit erst 2 Paare sich in Betrieb befinden; die Ausführung des 3. Paares bleibt später Zeit vorbehalten. Von den 6 Schmelzöfen sind bisher erst 3 ausgeführt.

7. Die Leistungsfähigkeit der Thomas Hütten mit 2 oder 3 Birnen entspricht im allgemeinen derjenigen der Bessemer-Hütten. Für deutsche Verhältnisse bilden 20—40 Sätze in 24 Stunden die Regel. Ohne den Aufenthalt, der durch Vornahme von Boden-Ausbesserungen bedingt wird, könnte man etwa 38 Sätze machen. Das Ansetzen eines fertigen Losbodens dauert etwa 45 Min. Der Abbrand in der Birne und im Kupolofen wechselt zwischen 11 und 19 %.

γ. Kleinbessemerie.

In neuester Zeit haben Bestrebungen Boden gewonnen, welche die Einführung der sogen. „Kleinbessemerie“ nach saurem oder basischem Verfahren

Litteratur. Stercken. Ueber Kleinbessemerie und ihre Bedeutung für Deutschland. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 585 u. 613. — Derselbe. Die Kleinbessemerie und ihre Fortschritte. Dasselbst 1887, S. 489, 509 u. 633.

zum Gegenstande haben. Darunter versteht man nicht blos das Bessemer- oder Thomas-Verfahren für kleinern Betrieb, sondern ausserdem eine bestimmte Gattung desselben, dessen Erzeugniss weiches schweisbares, auch sehniges Flusseisen bildet. Den Anstoss zu Versuchen auf diesem Gebiete scheinen ältere schwedische Hütten-Einrichtungen gegeben zu haben¹⁾.

Fig. 104. A. Aufzug. — K. Kalkbahnen. — K. Giesspfannen-Krahn.

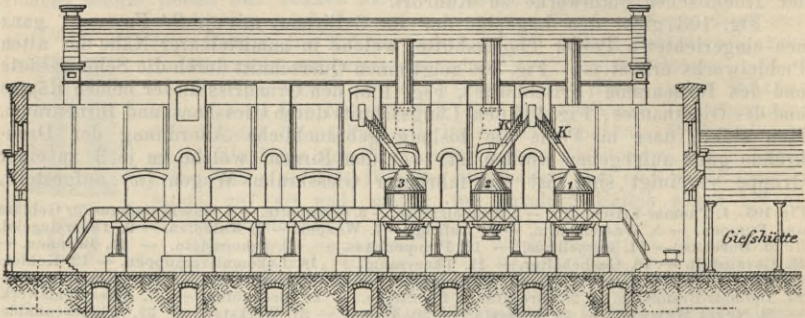
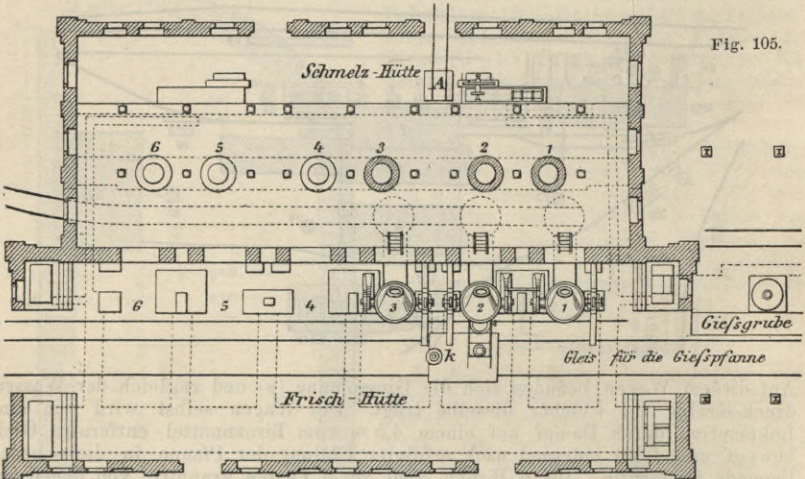


Fig. 105.



Seit 1877 ist auf der Hütte Avesta in Schweden eine Kleinbessemerie mit Erfolg in Betrieb, deren Einzelheiten aus Fig. 107, 108, 109 zu entnehmen sind. Die dicht neben den Hochöfen liegende Bessemer-Hütte ist derart angeordnet, dass jede der beiden Birnen (B) bei wagrechter Lage das Roheisen aus dem Abstich des ihm gegenüber liegenden Hochofens mittels einer Rinne aufnehmen kann. Die Birnen, in denen anfänglich mit einem Satze von etwa 0,45—0,75 t gearbeitet wurde, und deren Bewegung mit Hilfe eines Handrades (h) erfolgt, werden unmittelbar in die Formen entleert, welche mit einem einfachen, durch 1 Mann bedienten Holzkrahn (k) zu bewegen sind. Neuerdings hat man die eine Birne vergrößert, so dass in ihr bis zu 1,275 t Einsatz verarbeitet werden können. Während man anfänglich den Satz jedesmal, ohne die Schlacke zurück zu halten, in die Formen goss, ist man jetzt im Gegentheil bestrebt, den Guss von Schlacke rein zu halten, indem man

1) Anwendung des Bessemer-Prozesses für kleinen Betrieb. Stahl u. Eisen 1884, S. 410.

bei der kleinen Birne einen feuerfesten Ziegel, den sogen. Schaumfänger, in die Mündung legt und bei der grössern Birne eine geeignete Pfanne, in welcher sich Schlacke und Flussmetall sondern, anwendet. Der ganze Satz wird entweder

Fig. 106. O. Kuppelofen. — A. Aufzug. — B. Birne. — K. Kalkbännen. — k. Giesspfannen-Krahn. — p. Pfanne. — w. Wagen mit Krahn und Pfanne.

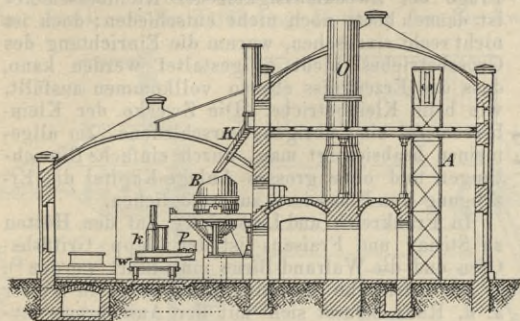
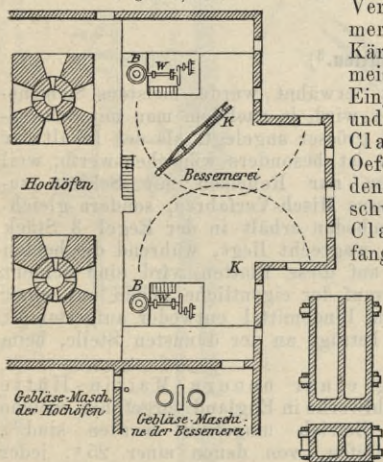


Fig. 107, 108.



Das Avesta-Verfahren gab die Anregung zu Versuchen behufs Einführung des Kleinbessemer-Betriebes auf dem Werk zu Prävali in Kärnten mit Sätzen von 0,65—0,9 t²⁾. Die meisten Anstrengungen, dem Kleinbetriebe Eingang zu verschaffen, machen die Engländer und Amerikaner. Die englischen Ingenieure Clapp und Griffiths wenden kleine stehende Oefen von etwa 1—3 t Fassung an, welche den alten Bessemer-Oefen (S. 45) und den schwedischen Oefen gleichen. Das sogen. Clapp-Griffiths-Verfahren wurde anfangs geheim gehalten; heute giebt es viele Hütten in England und Amerika, die es mit Erfolg betreiben. In Deutschland ist es seit 1882 patentirt und zuerst auf den Remy'schen Blechwerken zu Rasselstein bei Neuwied eingeführt worden³⁾. Walrand u. A. arbeiten mit kleinen, drehbaren oder auch mit auf Wagen fahrbaren Birnen⁴⁾.

Ueber die Vorzüge⁵⁾ des Verfahrens ist in neuester Zeit viel berichtet worden; es soll möglich sein, mit Hilfe desselben sogar ein siliciumarmes aber phosphorreiches weiches Erzeugniss herzustellen, das hohen Anforderungen an Festigkeit und Zähigkeit genügt. Einzelne deutsche Fachmänner verhalten sich — vielleicht nicht mit Unrecht — zur Zeit gegen das Verfahren noch ablehnend⁶⁾;

1) Gödicke. Mittheilungen über den gegenwärtigen Stand des Kleinbessemerie-Betriebes in Avesta. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwes. 1886. Nr. 33.

2) Hupfeld. Die Bedeutung der Kleinbessemerie für die alpine Eisenindustrie. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwes. 1855. No. 1 u. 3. Vergl. auch Stahl u. Eisen 1885, S. 107. — Sorge. Notizen über den Clapp-Griffiths-Prozess in den Vereinigt. Staaten. Das. 1887, S. 316.

3) D. R. P. No. 18 250.

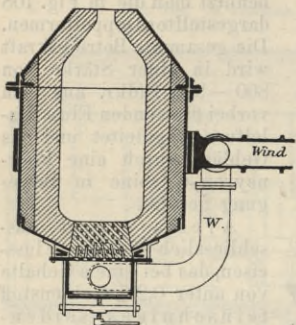
4) Ein neuer Konverter für Kleinbessemerie. Stahl u. Eisen 1885, S. 170. D. R. P. No. 29 571. — Kleinbessemerie-Anlage von Davy. Stahl u. Eisen 1887, S. 29. — Walrand. Erzeugung von Flusseisen im Konverter von Walrand-Delatre. Das. 1887, S. 316.

5) Stahl u. Eisen 1885, S. 261 u. 440. — Vergl. auch Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885. S. 585, 613, 686 u. 1886, S. 695.

6) Daelen. Ueber Kleinbessemerie. Stahl u. Eisen 1885, S. 367. — Tunner. Oest. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwes. 1885, No. 7. — Steffen. Zur Charakteristik des Clapp-Griffiths und des Walrand-Prozesses. Stahl u. Eisen 1882, S. 537.

Andere prophezeien der Kleinbesemerei im allgemeinen eine grosse Zukunft, weil ihr Erzeugniss die Vorzüge des Schweisseisens und des Flusseisens mit einander verbinden soll. Wenn übrigens dabei, wie es in Amerika vielfach geschieht, mit 3 t-Sätzen gearbeitet wird, so kann von einer Klein-Besemerei kaum noch die Rede sein. Die Frage der Zweckmässigkeit der Kleinbesemerei ist danach heute noch nicht entschieden; doch ist nicht recht einzusehen, warum die Einrichtung des Grossbetriebes nicht so gestaltet werden kann, dass das Erzeugniss ebenso vollkommen ausfällt, wie beim Kleinbetriebe. Die Zwecke der Kleinbesemerei sind übrigens verschiedene. Im allgemeinen beabsichtigt man, durch einfache Einrichtungen und ohne grosses Anlage-Kapital die Erzeugung von Flusseisen zu ermöglichen.

Fig. 109.



leger ein kleine Birne von etwa 0,75 t Fassung unmittelbar verbunden und im Kreise bewegbar ist²⁾.

δ. Martin-Hütten.³⁾

Die Martinöfen sind, wie S. 95 bereits erwähnt wurde, meistens Siemens-selten Pernot-Oefen. Das Bett des Herdes wird, je nachdem man mit Schrott- oder Erzzusatz arbeitet, etwa 12 oder 30% grösser angelegt, als der Inhalt der Flussmasse. Grosse Oberfläche des Bades ist besonders wünschenswerth, weil das Martin-Verfahren, selbst wenn man nur Roheisen mit Schrott zusammen schmilzt, immerhin nicht ein blosses Misch-Verfahren, sondern gleichzeitig ein Frischverfahren ist. Der Ofenboden erhält in der Regel 3 Stück Gusseisen-Platten, von denen die mittlere wagrecht liegt, während die beiden andern seitlich geneigt sind. Unmittelbar auf diese Platten wird eine Schicht Dinasziegel hochkantig eingesetzt und hierauf der eigentliche Boden aus einer Mischung von Quarzsand mit irgend einem Bindemittel entweder aufgestampft oder eingesintert. Die Dicke des Bodens beträgt an der dünnsten Stelle, beim Abstich, mindestens 0,5 m,

Als Beispiel der Einrichtung einer neuern Martin-Hütte seien in Fig. 110, 111 die Blocha'irn-Stahlwerke in England vorgeführt, welche 1883 bis 1884 für ununterbrochenen Betrieb umgebaut worden sind⁴⁾. Parallel zu einer Reihe von 12 Siemens-Oefen, von denen einer 25 t, jeder der übrigen 15 t fasst, läuft auf dem Gleis 1 eine kleine Lokomotive, welcher ein Wagen mit einer Pfanne für das Flussmetall und einer Form für Schlacken angehängt ist; dann lässt man das Metall sammt der Schlacke in die Pfannen laufen, wobei die Schlacke in die für sie bestimmte Form überläuft. Der Wagen fährt darauf unter den Wasserdruck-Hebekrahn k von 20 t Tragkraft, der die Pfanne hoch hebt, so dass sie in die Pfanne des gegenüber stehenden Giesskrahn k_1 entleert werden kann. Der Giesskrahn von 20 t Tragkraft — steht im Mittel einer halbkreisförmigen, vertieften Giessgrube von etwa 12 m Durchmesser. Nachdem der Guss in den Formen ausgeführt ist, stehen zu weitem Handhabungen 3 Krahn k_2 , von

1) Ueber die Kleinbesemerei-Bestrebungen in Frankreich und Luxemburg. Dasselbst 1885, S. 718.

2) Trappen. Einrichtung von Bessemer- und Thomas-Hütten für den Kleinbetrieb. Stahl u. Eisen 1884, S. 524. — Horn. Neuerungen an Bessemer-Birnen für Kleinbetrieb. Dasselbst 1886, S. 718.

3) Vergl. Litteratur-Angaben S. 94.

4) Rileu. Ueber neuere Fortschritte im Herdschmelz-Prozess. Stahl u. Eisen 1844, S. 657.

je 5 t Tragkraft, bereit. Die beiden äussern Krähne setzen die Formen zum Giessen fertig, heben die gegossenen Blöcke aus und setzen sie in die sogen. Ausgleich- oder Durchweichungs-Gruben *g* (vergl. unter *i*). Der mittlere Krahn hebt die Blöcke, sobald sie in den Gruben gehörig durchglüht sind, wieder aus und legt sie auf einen Kippwagen *w*, der mit einer entsprechenden Vorrichtung versehen ist, um die Blöcke in richtiger Lage und ohne Stoss auf die Zuführungs-Rollen *f* der Blockwalzen-Strasse *b* bringen zu

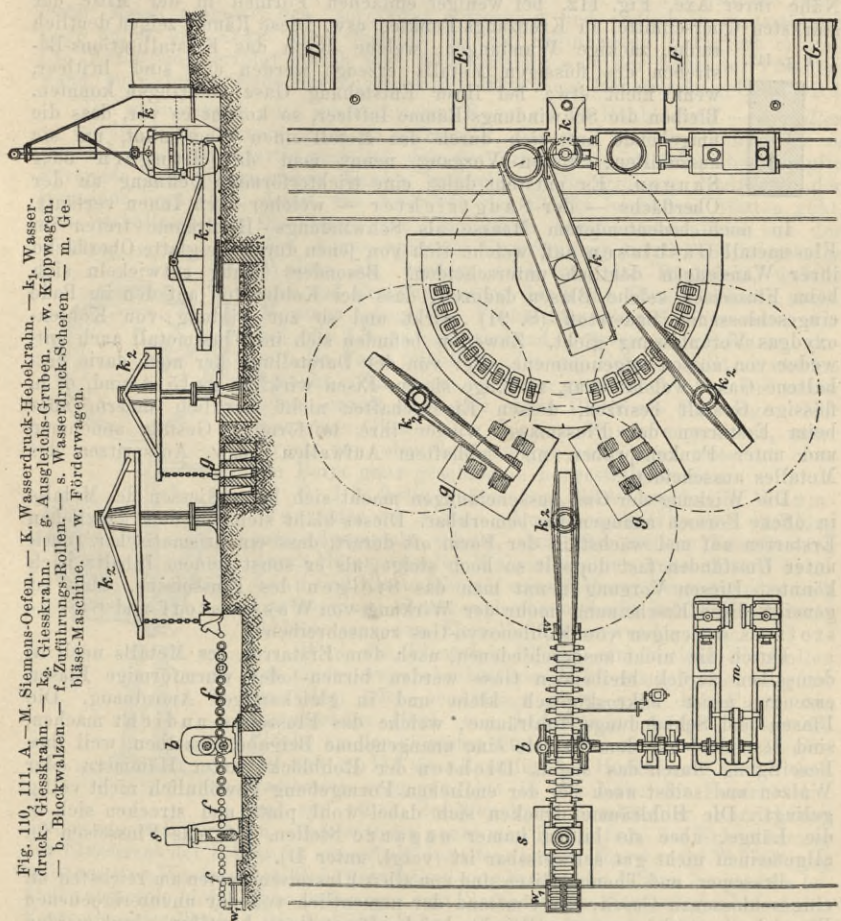


Fig. 110, 111. A.—M. Siemens-Oefen. — K. Wasserdruck-Hebekrahn. — *k₁*. Wasserdruck-Giesskrahn. — *k₂*. Giesskrahn. — *g*. Ausgleichs-Gruben. — *w*. Kippwagen. — *b*. Blockwalzen. — *f*. Zuführungs-Rollen. — *s*. Wasserdruck-Scheren. — *m*. Gebläse-Maschine. — *w*. Förderwagen.

können. Von den Blockwalzen gelangen die vorgewalzten Stücke — Brammen — durch weitere Führungsrollen weiter zu den Wasserdruck-Scheren *s*, welche mit einem Drucke von 1000 t Blöcke von 610×203 mm zerschneiden und endlich auf den Förderwagen *w₁*, der die geschnittenen Blöcke auf dem äussersten Gleis nach dem Warmofen bringt.

Die Arbeiten des Abstechens, Umgießens und Giessens dauern 14—15 Min. Etwa 20 Min. nach dem Guss kommen die Blöcke in die Ausgleichgruben, wo sie ungefähr 55 Min. verbleiben. Vorwalzen und Schneiden nimmt noch 5 Min. in Anspruch; demnach dauert die Verarbeitung des Metalls vom Abstich bis zu dem Schneiden der fertigen Brammen etwa 95 Min.

g. Verhalten des Flussmetalls beim Giessen.

Während des Erstarrens der Flussmasse beim Giessen und in der Form entstehen erfahrungsmässig in Folge des Schwindens und durch die Einwirkung von im Metall eingeschlossenen Gasen Hohlräume im Innern der Gussstücke. Die Schwindungs-Hohlräume entstehen gewöhnlich an denjenigen Stellen, wo das Metall am längsten flüssig war, bei prismatischen Blöcken also in der Nähe ihrer Axe, Fig. 112, bei weniger einfachen Formen in der Mitte der stärksten Querschnitte, an Kreuzungs-Punkten usw. Diese Räume zeigen deutlich

Fig. 112.



rauhe, zackige Wandungen, welche durch das Kristallisations-Bestreben des flüssigen Metalls erzeugt werden und sind luftleer, wenn nicht etwa bei ihrer Entstehung Gase eindringen konnten. Bleiben die Schwindungs-Räume luftleer, so kommt es vor, dass die umgebende Luft sich durch das Metall einen Weg bahnt, um sie auszufüllen; diesen Vorgang nennt man das Lungern oder Saugen. Es entsteht dabei eine trichterförmige Oeffnung an der Oberfläche — der Saugtrichter — welcher nach Innen verläuft.

In noch bedeutenderem Maasse als Schwindungs-Hohlräume treten im Flussmetall Gasblasen auf, welche sich von jenen durch die glatte Oberfläche ihrer Wandungen deutlich unterscheiden. Besonders häufig entwickeln sich beim Flusseisen solche Blasen dadurch, dass der Kohlenstoff auf den im Bade eingeschlossenen Sauerstoff (S. 91) wirkt und so zur Bildung von Kohlenoxydgas Veranlassung giebt. Zuweilen befinden sich im Flussmetall auch entweder von aussen aufgenommene, oder von der Darstellung her noch darin enthaltene Gase, welche zwar, so lange sie im Eisen wirklich gelöst sind, d. h. flüssige Gestalt besitzen, dessen Eigenschaften nicht merklich ändern, aber beim Erstarren der Flussmasse wieder ihre luftförmige Gestalt annehmen und unter Funksprühen und lebhaftem Aufwallen bezw. Aufspritzen des Metalles ausscheiden.

Die Wirkung der Gas-Ausscheidungen macht sich beim Giessen des Metalls in offene Formen unangenehm bemerkbar. Dieses bläht sich vor dem gänzlichen Erstarren auf und wächst in der Form oft derart, dass ein prismatischer Block unter Umständen fast doppelt so hoch steigt, als er sonst seinem Inhalte nach könnte. Diesen Vorgang nennt man das Steigen des Flusseisens. Man ist geneigt, diese Erscheinung mehr der Wirkung von Wasserstoff und Stickstoff als derjenigen von Kohlenoxyd-Gas zuzuschreiben¹⁾.

Durch die nicht ausgeschiedenen, nach dem Erstarren des Metalls noch in demselben zurück bleibenden Gase werden birnen- oder wurmförmige Blasen erzeugt, meist mikroskopisch klein und in gleichartiger Anordnung. Die Blasen und Schwindungs-Hohlräume, welche das Flusseisen undicht machen, sind besonders aus dem Grunde eine unangenehme Beigabe desselben, weil ihre Beseitigung durch das sogen. Dichten der Rohblöcke unter Hämmern oder Walzen und selbst auch bei der endlichen Formgebung gewöhnlich nicht völlig gelingt. Die Hohlräume drücken sich dabei wohl platt und strecken sich in die Länge, aber sie bilden immer unganze Stellen, weil das Flusseisen im allgemeinen nicht gut schweisbar ist (vergl. unter D).

Bessemer- und Thomas-Eisen sind von allen Flusseisen-Sorten am reichsten an eingeschlossenen Gasen, ein Umstand der namentlich von der ununterbrochenen Einwirkung stark gepressten Windes bei der Darstellung herrührt. Jene werden deshalb zum Stahlformguss, d. h. zum unmittelbaren Guss von Gebrauchsgegenständen nur ganz ausnahmsweise benutzt, vielmehr in der Regel in Blöcken (Ingots) gegossen, welche später durch die Formgebung ihre endliche Gestalt erhalten müssen. Der Stahlformguss ist daher entweder Tiegel-Gussstahl (vergl. unter k) oder Flammofen-Gussstahl (Martin-Gussstahl). Der Tiegel-Gussstahl entwickelt beim Giessen am wenigsten Gase, zeichnet sich also vor allen andern Flussstahl-Sorten durch seine Dichtigkeit aus.

¹⁾ Stöckmann. Ueber Gaseinschlüsse im Stahl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 374.

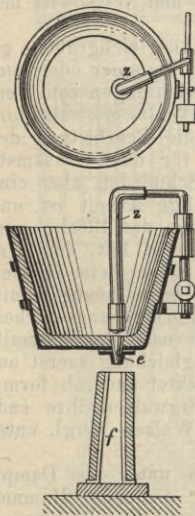
h. das Giessen und die weitere Behandlung der Rohblöcke.

1. Die gebräuchlichen Anordnungen der mit Wasserdruck betriebenen Giesskrahne, die entweder als Drehkrahne, Fig. 91, 110, eingerichtet sind, oder sich als Rollkrahne, Fig. 105, 106, auf Schienen bewegen, sind im Vorstehenden schon erläutert¹⁾.

Die aus Eisenblech hergestellte Giesspfanne, Fig. 113, 114 wird mit feuerfester Masse ausgestrichen, sorgfältig getrocknet und endlich in umgestülpter Lage durch ein Koks- oder Gasfeuer bis zur beginnenden Rothgluth erhitzt. Die Entleerung erfolgt durch eine Bodenöffnung *e* in der Nähe der Pfannwand, zu welchem Ende der Zapfen *z* mit Hilfe eines Hebelwerks gelüftet wird.

Die gusseisernen oder gusstählernen Formen für Rohblöcke *f* — *coquillen* — werden beim Giessen meist so aufgestellt, dass die Blockaxe senkrecht zu stehen kommt und derartig gestaltet, dass der fertige Block wie eine abgestumpfte Pyramide mit abgerundeten Kanten erscheint. Die grössere Endfläche der Pyramide liegt oben, damit das Ausheben der Blöcke leicht von Statten geht. Das Verhältniss der Blocklänge zur Blockstärke hängt nicht allein von der Art seiner späteren Verarbeitung durch Schmieden oder

Fig. 113, 114.



Walzen ab, sondern auch von der Rücksicht, welche man auf Erzielung eines dichten Gusses nehmen muss. Meistens pflegt das Verhältniss etwa 3:1 zu sein, wobei die Länge entsprechend grösser zu wählen ist, damit die Form nicht ganz bis zum Rande gefüllt zu werden braucht. Die Form ist dabei gewöhnlich oben und unten offen, erhält aber eine ebene Platte als Unterlage. Nur wenn das Giessen, um dichte Güsse zu erzielen, unter Druck von oben her erfolgen soll (vergl. unter i.) muss die Form ganz geschlossen hergestellt werden.

2. Die fertig gegossenen Blöcke werden in Wärmöfen oder in sogen. Ausgleich-Gruben (*soaking pits*) dergestalt erhitzt, dass ihre weitere Verarbeitung durch Hämmern oder Walzen erfolgen kann. Die Wärmöfen sind Flammöfen mit unmittelbarer Feuerung oder auch Gasfeuerung; vorzugsweise benutzt man solche Öfen, deren Abhitze man zum Kesselheizen verwenden kann.

Weil die Flusseisen-Blöcke ein leichtes Fortrollen auf einer etwas abschüssigen Bahn ermöglichen, so giebt man dem Ofen neuerdings einen nach dem Fuchs hin ansteigenden Herd von bedeutender Länge, setzt die Blöcke an der kältesten Stelle, also am Ende des Herdes ein und rollt sie allmählig der Herdflamme bezw. dem Gasstrom entgegen, bis in die Nähe der Feuerbrücke, wo sie unter Zuhilfenahme maschineller Vorrichtung heraus genommen werden. Solche Öfen nennt man Rollöfen. Zur Erleichterung des Einsetzens der Blöcke ist ausserhalb des Ofens unmittelbar vor der Thüröffnung meistens eine Wasserdruck-Hebevorrichtung angebracht. An beiden Langseiten befinden sich viele kleine Thür-Oeffnungen zum Einführen von Eisenstangen behufs des Fortrollens der Blöcke. Die Rollöfen haben oft eine bedeutende Grösse. So hat z. B. jeder Ofen in Kladno, der mit 2 neben einander liegenden Treppenrosten für Steinkohlenfeuer versehen ist, Raum für 80 Blöcke, welche in 2 Reihen neben einander eingesetzt werden und je 10 Stunden im Ofen bleiben. Für 1^t Blöcke verbraucht man in Rollöfen etwa 2^{kg} Steinkohlen, wenn die Blöcke kalt, 100^{kg}, wenn sie heiss eingesetzt werden.

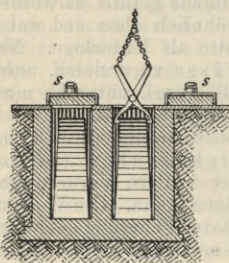
Das Verfahren die Blöcke ohne Anwendung besonderer Brennstoffe in engen, aus schlechten Wärmeleitern gebildeten Räumen, sog. Ausgleich-

¹⁾ Vergl. Litteratur-Angaben am Fuss zu S. 99. Ferner: Daelen. Ueber verschiedene Systeme von hydraul. Krahnen für Stahlwerke. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 74.

Gruben oder Durchweichungs-Gruben (vergl. Fig. 110, 111) gleichmässig durchzuwärmen, ist zuerst im Jahre 1882 von John Gjers in Middelsborough auf den Darlington Steel and Iron Works versucht und seitdem auf vielen Hütten, deren Betriebsweise eine ununterbrochene rasche Verarbeitung der Blöcke verlangt, eingeführt worden. Gjers¹⁾ legt für jeden Block eine besondere mit feuerfesten Steinen umgebene, durch einen Schiebedeckel *s* zu bedeckende Kammer an, Fig. 115, und alle Kammern lagen in einem Doppelkreise in der Nähe des Giessrahns, so dass derselbe die Blöcke aus der Giessgrube entnehmen und in die Ausgleich-Kammern einsetzen konnte. Später richtete Gjers Ausgleich-Kammern ein, welche in einem Wagen in einem vertieften Kanal der Hüttensohle fahrbar waren²⁾. Cooper³⁾ zu Linthorpe hat diesen Kanal zu einem vollständigen, die Giessgrube mit dem Walzwerk verbindenden gemauerten Tunnel ausgebildet.

Die Blöcke bleiben etwa 20—30 Min. in den Gruben; in dieser Zeit geben sie einen Theil ihrer Wärme an die feuerfesten Steine ab und erhalten durch und durch eine gleichmässige Hitze. Die verbleibende Wärme der Kammer kommt den Blöcken des nächsten Satzes zugute; gleichwohl ist die durch Ausgleich-Gruben den Rollöfen gegenüber erzielte Brennstoff-Ersparniss keine sehr bedeutende, weil erstere nicht, wie die Rollöfen, ihre Abhitze zum Kesselheizen hergeben können. Neuerdings hat man in Teplitz und Witkowitz mit heizbaren Ausgleichgruben Versuche gemacht⁴⁾.

Fig. 115.



Von den Wärmöfen oder Ausgleichgruben gelangen die Blöcke sofort unter den Hammer oder zum Walzwerk. Ueber mechanische Vorrichtungen zum Verbringen der Blöcke zwischen Ofen und Walzwerk weiterhin.

Früher hielt man allgemein die Bearbeitung der Blöcke unter dem Dampfhammer für das wirksamste Dichtungs-Verfahren. Weil das Schmieden aber eine zeitraubende und darum kostspielige Arbeit ist und viel Brennstoff für öftere Erhitzung der Blöcke verlangt und weil man inzwischen gelernt hat, dem Undichtwerden der Blöcke möglichst schon beim Giessen zu begegnen, so begnügt man sich heute häufig damit, die Arbeit des Dichtens mit der Formgebungs-Arbeit zu verbinden, indem man die Blöcke nach der erstmaligen Anwärmung, bezw. Wärme-Ausgleichung zuerst auf schweren sog. Blockwalzen dichtet und roh formt,

dann nochmals anwärmt und ihnen darauf in Vor- und Fertigwalzen ihre endliche Gestalt giebt. Ausführlichere Beispiele über das Walzen vergl. unter C., Formgebung.

Grosse schwere Blöcke werden auch heute noch unter dem Dampfhammer gedichtet. Der grösste, für solche Zwecke dienende Hammer von 80 t Gewicht ist in den 70er Jahren zu Creuzot in Frankreich erbaut worden. Fig. 116 giebt die allgemeine Einrichtung der dortigen Hammerhütte. Der Hammer steht mitten in einer 17 m hohen Eisenhalle im gusseisernen Gestell *G* gelagert. Das Fundament *F* ruht in 11 m Tiefe unter dem Boden auf einem Felsen; auf demselben ist zunächst 4 m hohes Zement-Mauerwerk hergestellt; dann folgt eine Eichenholz-Bettung von 1 m Höhe und endlich der aus 11 Theilen zusammengesetzte, 622 t schwere Hammerstock. Zylinder-Durchm. 1,9 m; Kolbenhub bis 5 m; Kolbenstangen-Durchm. 36 cm. 4 Eisenblech-Krahne *K*, jeder durch eine 60pferd. Dampfmaschine betrieben — 2 an jeder Seite des Hammers — bedienen denselben; 3 der Krahne besitzen 100 t, der vierte 160 t Tragkraft. Der Halb- des Ausleger-Kreises beträgt 9,35 m. Jedem Krahne entspricht ein Glühofen *O*. Schienengleise verbinden die Hammerhütte mit der nahe gelegenen Stahlhütte, in welcher die Blöcke erzeugt werden.

1) D. R. P. No. 21 716.

2) D. R. P. No. 22 803.

3) D. R. P. No. 25 486.

4) Heizbare Durchweichungs-Gruben. Stahl u. Eisen 1885, S. 530. — Durchweichungs-Gruben für Radreifen. Dasselbst 1886, S. 65.

Der bekannte Krupp'sche Dampfhammer in Essen hat 50 t Hammergeicht bei 3^m Hubhöhe; es ist der zweitgrösste der Erde.

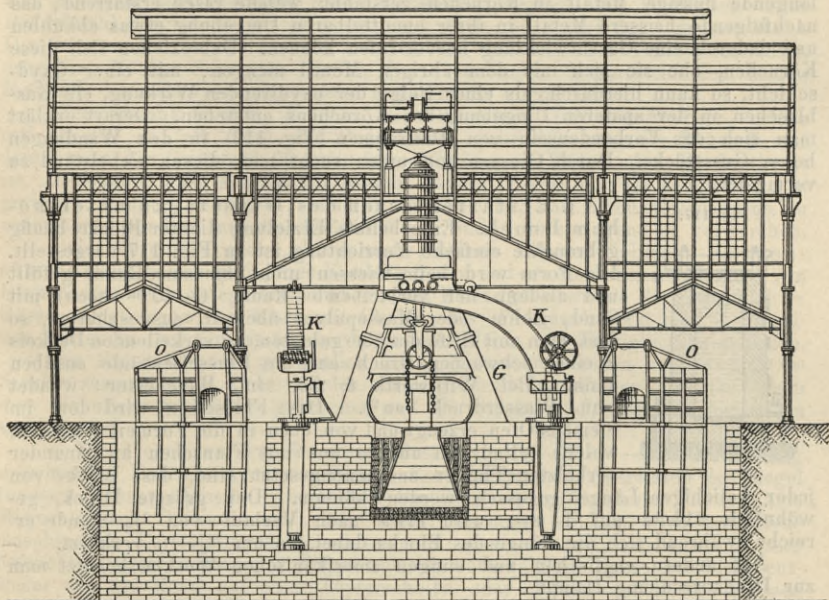
i. Mittel zur Erzielung dichter Güsse.

Die nachstehend unter α — δ bezeichneten einfachen Mittel kommen vielfach schon beim Giessen der Rohblöcke in Anwendung.

α . Zusatz von Silicium-Eisen oder Silicium-Eisenmangan bei der Darstellung (S. 71), wegen der Eigenschaft desselben, der Gasentwicklung beim Erstarren des Flussmetalls entgegen zu wirken. Mitunter lässt sich auch die Darstellung von vorn herein so leiten, dass das Flussmetall ohne diesen Zusatz beim Giessen den erforderlichen Silicium-Gehalt bereits besitzt, z. B. bei der Darstellung von Tiegel-Gussstahl und beim Bessemer-Verfahren.

β . Ueberhitzung des Metallbades und Abstehenlassen desselben in dem Ofen oder der Giesspfanne vor dem Giessen, weil die Gasabscheidung um

Fig. 116.



um so wirksamer ist, je länger das Erstarren dauert und weil das Schwinden um so weniger eintritt, je weniger erhitzt das Metall in die Formen gelangt.

γ . Angiessen eines verlorenen Kopfes, welcher später abgearbeitet wird. In ihm sammeln sich vorzugsweise die Undichtigkeiten und wenn er lange genug flüssig erhalten wird, gross genug ist und passende Gestalt erhält, wirkt der Druck seiner Masse auf Ausfüllung von Undichtigkeiten in den unteren Theilen des Blocks.

Der „verlorene Kopf“ ist ein vorzügliches Mittel zur Erzielung dichter Güsse in der Eisengiesserei (vergl. C. II); auch bei Herstellung von Stahlgussformen wird dies Mittel häufig gebraucht. de Laval in Schweden wendet zum Warmhalten des Kopfes einen aus feuerfestem Stoffe gebildeten, durch einen Deckel verschliessbaren Hohlzylinder an, welcher vor dem Gusse sammt seinem Deckel bis auf Weissgluth erhitzt und unmittelbar nach dem Gusse über den Kopf gestülpt wird¹⁾. Bei Krupp in Essen sucht man denselben Zweck dadurch zu

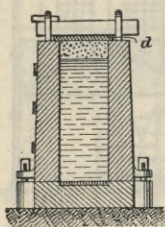
1) D. R. P. No. 10 295.

erreichen, dass man die Gussform mit einem Mantel umgibt und den Raum zwischen Mantel und Form mit flüssiger Schlacke ausfüllt¹⁾.

δ. Herstellung möglichst grosser Blöcke, z. B. so schwerer, dass aus einem Blocke gleich 3 Schienenlängen hergestellt werden können. Denn je grösser das Gewicht desto langsamer die Erstarrung und desto weniger plötzlich die Gasausscheidung.

ε. Das Giessen von unten. Es kommt vielfach in der Eisengiesserei, auch bei Herstellung von Stahlformguss in Anwendung, seltener beim Giessen von Rohblöcken. Bei diesem Verfahren wird das flüssige Metall veranlasst, vom Boden der Form aus empor zu steigen; auf solche Weise erreicht man nicht allein eine leichtere Entfernung der Gase aus der Form, es werden ausserdem auch Schäden der Form und des Abgusses, welche beim Giessen von oben durch das Herabfallen des flüssigen Metalls in die Form häufig herbeigeführt werden, vermieden. Namentlich wenn die Form sehr hoch ist, kommt es beim Guss von oben leicht vor, dass das zuerst auf dem Boden der Form anlangende flüssige Metall in Körnchen zerstäubt, welche rasch erstarrend, das nachfolgende heissere Metall in ihrer unmittelbaren Umgebung etwas abkühlen und dadurch eine Gasentwicklung hervor rufen können. Ueberziehen sich diese Körnchen, ehe sie sich mit dem übrigen Metall mengen, mit einer Oxydschicht, so kann hierdurch, als einer Folge der oxydirenden Wirkung, ein Gasbläschen in der späteren Umgebung des Körnchens entstehen. Derart erklärt man sich das Vorhandensein von Hohlräumen (Fig. 112) in den Wandungen hoher Gussstücke. Durch Giessen von unten sucht man diesen Uebelstand zu vermeiden.

Fig. 117.



ζ. Erstarrenlassen des Gussstücks unter hohem Druck. Eine behufs Erzielung dichter Blöcke häufig gebrauchte einfache Vorrichtung ist in Fig. 117 dargestellt. Die Form wird beim Giessen nicht bis zum Rande gefüllt und alsdann der verbleibende Raum (6—10 cm hoch) mit Sand, Lehm- oder Massepulver übervoll ausgeschüttet, so dass man mit Hilfe des übergelegten, zu verkeilenden Deckels *a* einen schwachen Druck auf die Flusseisensäule ausüben kann. Bei Withworth & Co. in Manchester wendet man Wasserdruck an²⁾. Das Flusseisen wird dort im Siemens-Ofen erzeugt und von oben in die Formen gegossen, welche zylindrisch und so aus mit Flanschen an einander verbolzten Theilen zusammengesetzt sind, dass Blöcke von jeder beliebigen Länge gegossen werden können. Der grösste Druck, gewöhnlich 914 kg auf 1 q^{cm}, wird etwa nach Verlauf von 1/2 Stunde erreicht, während sich die Länge des Blocks dabei bis um 1/6—1/8 verkürzt.

Auf andern englischen und einigen amerikanischen Werken benutzt man zur Druckerzeugung Dampf.

Krupp³⁾ verwendet Kohlensäure-Gas, welches aus flüssiger oder fester Kohlensäure entwickelt wird usw.⁴⁾

Ueber Einrichtung und Stellung der Formen behufs Erzielung dichter Güsse vgl. unter C, I.

k. Darstellung von Tiegel-Flussstahl.

Litteratur.

Seebohm. Ueber die Darstellung des Tiegelgussstahls. Stahl u. Eisen 1884, S. 661 und 708. — Sheffield und der Tiegelgussstahl. Dasselbst 1885, S. 111. — Müller. Untersuchungen über den Tiegelstahl-Prozess. Dasselbst 1885, S. 176 und 1886, S. 695. — Ledebur. Ueber das

1) D. R. P. No. 21 324.

2) Das Withworth'sche Verfahren zur Herstellung von dichten Blöcken. Stahl und Eisen 1885, S. 332.

3) Krupp. Verfahren zur Herstellung dichter Güsse. Dingl. Polyt. Journ. 1882, Bd. 245, S. 20; 1883, Bd. 248, S. 504. — Stahl u. Eisen 1882, S. 161.

4) Ueber Gasentwicklung, Undichtigkeiten, Mittel zur Erzielung dichter Güsse. Desgl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1882, S. 257. — Stahl u. Eisen 1882, S. 385 u. S. 531; 1883, S. 250 u. S. 443; 1884, S. 69. — Ueber ein neues im Versuch begriffenes Verfahren der Société des aciéries de Longwy vergl. D. R. P. No. 33 316.

Verhalten des Mangans beim Tiegelstahlschmelzen. Dasselbst 1885, S. 370. — Bischoff, Werkzeug-Gussstahl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 780. — Böker, Werkzeugstahl, seine Herstellung und Verwendung. Stahl u. Eisen 1886, S. 33. — Die neue Gussstahl-Fabrik von W. Jenop and Sons in Sheffield. Dasselbst 1886, S. 67. — Die Bedeutung des Thomas-Prozesses für die Tiegelstahl-Erzeugung. Das. 1887, S. 431.

1. Ursprünglich bezweckte man durch Umschmelzen von Rohstahl — Herdfrisch-Puddel- oder Zementstahl — in Tiegeln nur eine verfeinerte, gleichmässige Waare (Huntsman-Stahl) zu erhalten. (S. 42.) Später benutzte man in einzelnen Fällen die Tiegel auch zur unmittelbaren Darstellung von Flussstahl durch Zusammenschmelzen von Roheisen und Schmiedeeisen, auch von Erzen und Roheisen (Uchatius-Stahl, S. 44). Der Tiegel-Gussstahl-Darstellung verwandt, ist das indische Verfahren zur Erzeugung von Wootz- oder Damast-Stahl (S. 12), obwohl dieser Stahl — durch Zusammenschmelzen von Stücken eines in Rennfeuer erhaltenen Schweisseisens mit kohlenstoffhaltigen Körpern (Holz u. dgl.) — mehr im teigartigen als flüssigen Zustande erzeugt wird. Der Tiegel-Gussstahl wird heute aus den vorzüglichsten, besonders von Phosphor und Schwefel freien Rohstoffen meistens aus Herdfrisch- oder Puddelstahl dargestellt; er ist deshalb der beste, aber auch der teuerste Stahl. Die feinsten Sorten werden aus zementirtem schwedischem Dannemora-Eisen erhalten. Nächst Schweden liefern die Alpenländer Oesterreichs den besten Rohstoff; besonders der steyerische Rohstahl ist vorzüglich.

Zementstahl (S. 89), welcher in allgemeinem kohlenstoffreicher, reiner und theurer ist, als Herd- und Puddelstahl, gebraucht man als Rohstoff nur dann, wenn der Gussstahl für sehr feine Werkzeuge, Feilen oder dgl. bestimmt ist. Bessemer- und Martinstahl werden in der Regel nur als Zusatztheile in geringen Mengen gebraucht, nicht in der Absicht, das Erzeugniss dadurch zu verbessern, sondern um die Abfälle dieses Stahls nutzbringend zu verwerthen.

Andre Zuschläge giebt man seltener, behufs höherer Kohlhung Kohlenstückchen, behufs geringerer Kohlhung Schmiedeeisen-Brocken. Zusätze von Eisenmangan oder Spiegeleisen und Silicium-Eisen befördern die Erzielung dichter Güsse. Legirungen von Eisen mit Chrom oder Wolfram¹⁾ setzt man in einzelnen Fällen zu, um Gussstahl von besonderer Härte und Festigkeit zu erhalten.

Der Rohstahl wird gewöhnlich zu quadratischen Stäben von etwa 20 mm Stärke ausgestreckt; diese werden dann glühend ins Wasser geworfen, nach dem Erkalten in Stücke gebrochen und die Stücke nach dem Bruchaussehen wohl sortirt.

2. Die Tiegel werden für einen Einsatz von 10—35 kg — bei Anwendung maschineller Vorrichtungen zum Heben, Fortschaffen und Ausgiessen der Tiegel für noch grössere Mengen — berechnet. Die Tiegelmasse (feuerfester Thon) behufs Magerung mit Chamottmehl und Graphit vermengt (S. 64), wird mit Hilfe maschineller Vorrichtungen gemahlten und gemischt und darauf mit Wasser befeuchtet. Daz Formen der Tiegel aus der vorbereiteten Masse geschieht entweder von der Hand auf einer Töpferscheibe oder durch maschinelles Pressen in einer Form.

Die geformten Tiegel werden, wenn sie gehörig lufttrocken geworden sind, theils mit, theils ohne Stahleinsatz, in Glühöfen bis zu lichter Rothgluth erhitzt. Vom Glühofen gelangen sie in den Schmelzofen, wo die Stahlstücke, falls sie noch nicht eingegeben waren, durch Eisenblech-Trichter eingefüllt und schliesslich, um den Inhalt vor unmittelbarer Berührung mit den Brennstoffen zu schützen, Deckel aufgelegt werden.

Der Schmelzofen ist entweder ein Schachtofen mit Kokesfeuerung, wie sie zum Umschmelzen von Roheisen gebraucht werden und in Fig. 70 dargestellt sind oder im Flammofen mit Gasfeuerung. In französischen Schmelzhütten hat man auch den in Fig. 71, 72 gezeichneten Piat-Ofen mit Erfolg verwendet.

Flammöfen mit Gasfeuerung haben wegen ihrer grossen Vorzüge — vornehmlich hohe, gleichmässige, zu regelnde Hitze, keine unmittelbare Berührung der Tiegel mit festen Brennstoffen — die Schächtefen vielfach verdrängt; dieselben verlangen aber grossen, ununterbrochenen Betrieb. Fig. 118 zeigt einen

¹⁾ Wolfram-Eisenlegirungen. Stahl u. Eisen 1885, S. 332.

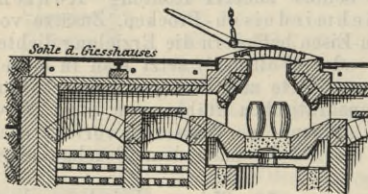
Theil eines Siemens-Tiegelofens. Er enthält gewöhnlich 3 bis 4, je mit einem maschinell beweglichen Deckel versehene Herd-Kammern *a*, von denen jede 4 bis 6 Tiegel, in zwei oder drei Reihen hinter einander gestellt, aufzunehmen pflegt. Unterhalb der Tiegel sind in der eisernen Herdplatte durch Thondeckel verschliessbare Oeffnungen *b* angebracht, welche bei vorkommendem Leckwerden von Tiegeln zum Ablassen des Flussmetalls und der Schlacke dienen.

Die Luft tritt aus dem Regenerator-Paar durch einen wagrechten Kanal, woselbst sie kurz vor Eintritt in die Herdkammer, um die Flamme zu erzeugen, mit dem aus dem andern Regenerator-Paar entströmenden Gase in gehöriger Geschwindigkeit und Richtung zusammen trifft. Im Siemens-Tiegelofen, mit 18—20 Tiegeln à 25—30 kg Einsatz und einer Leistung von 2—3 t Gussstahl in 24 Min., braucht man für die Erzeugung von 1 t etwa 1,2—1,6 t Steinkohle, dagegen im Schachtofen für ein egleichwerthige Leistung etwa 2,5—3,0 t Kokes.

Das Schmelzen einschliesslich Ein- und Aussetzen der Tiegel dauert bei Gasfeuerung etwa 4 Stunden, bei grossen Kokes-Schachtofen 5—6 Stunden. Während des Schmelzens wird der Zustand des Flussmetalls durch Einsenken eines Eisendrahtes untersucht, zu welchem Zwecke der Deckel eines jeden Tiegels eine kleine Oeffnung hat.

Ist die Schmelzung vollendet und hat die Gasentwicklung aufgehört, so lässt man den Stahl noch eine Weile im Ofen „abstehen“ (vergl. S. 109), um der Gefahr des Steigens in der Form möglichst zu begegnen. Die Engländer nennen diesen Vorgang „killen“, tödten des Stahls, und führen ihn bei Erzeugung von edlem Stahl mit grosser Vorsicht durch, um die Reduktion bezw. Ausscheidung von Oxyden und Gasen vor dem Gusse vollständig zu bewirken. Hierauf wird der Ofendeckel entfernt, der Tiegel. event. unter Zuhilfenahme von

Fig. 118.



Hebevorrichtungen, mit einer Zange aufgehoben und zur Giessstätte befördert. Dort wird der Inhalt mehrerer Tiegel in eine Form gegossen oder in einer Giesspfanne vereinigt, aus welcher dann der Guss bewirkt wird. Das Giessen aus mehren Tiegeln erfordert grosse Geschicklichkeit, weil der Stahl gleichmässig fliessen soll und nicht unterbrochen werden darf, damit nicht in Folge von Oberflächen-Oxydation unganze

Stellen im fertigen Guss entstehen. Die Arbeiter entleeren daher ihre Tiegel gewöhnlich in strenger Aufeinanderfolge in eine Rinne, von welcher aus das Flussmetall in die Form gelangt. Ueber Eigenschaften des Tiegelstahls vergl. unter D.¹)

1. Allgemeine Uebersicht der Erzeugnisse der Flusseisen-Darstellung und ihre Verwendungs-Gebiete.

Es kommen in Frage: Tiegel-Gussstahl, Flammofen-Gussstahl, Martin-, Bessemer- und Thomas-Eisen und die verschiedenen Schlacken.

1. Nachstehende Tabelle (nach Ledebur) zeigt die chemische Zusammensetzung einiger bekannten Tiegel-Gussstahl-Sorten:

Sorten.	Chemische Zusammensetzung in %.					
	C.	Si.	Mn.	P.	S.	Cu, Co, Ni.
1. Werkzeugstahl von Kapfenberg . . .	0,92	0,09	0,12	0,02	0,005	Spur
2. Werkzeugstahl von Etienne	1,00	0,06	0,08	0,02	0,015	Spur
3. Marine-Geschützstahl von Fr. Krupp .	0,50	0,11	0,16	0,04	0,03	0,26
4. Eisenbahn-Wagenrad von Fr. Krupp (Formguss)	1,09	0,26	0,52	0,11	0,05	0,20
5. Herzstück von Bochum (Formguss) . .	1,31	0,09	0,98	0,13	0,05	0,26

¹) Die ausführlichsten Mittheilungen über Einzelheiten der Tiegel-Gussstahl-Darstellung finden sich in Wedding. Darstellung des schmiedbaren Eisens, S. 606 ff.

Chromstahl zu Werkzeugen enthält selten mehr als 1%, meistens nur 0,3—0,5% Chrom, bei einem Kohlenstoff-Gehalt von etwa 1%. Für Tragwerks-Theile, von denen hohe Elastizität und Festigkeit verlangt wird, ist der Chromstahl viel empfohlen worden. Es unterliegt jedoch wohl kaum einem Zweifel, dass Chrom vor dem Wolfram keinerlei Vorzüge besitzt¹⁾.

Wolframstahl pflegt 2—5%, mitunter sogar 9% Wolfram zu enthalten. Er wird besonders für die Herstellung von Werkzeugen zur Bearbeitung ganz harter Metalle, sowie zur Anfertigung von Magneten verwendet. Titan soll denselben Nutzen leisten wie Wolfram; indessen findet man in angeblichen Titanstahl-Sorten kein Titan, sondern nur Wolfram.

Der Kohlenstoff-Gehalt im Tiegel-Gussstahl pflegt bei Feilen, Grabsticheln, harten Drehstäben u. dgl. 1—15%, bei Gewindebohrern, Schneidbacken, Reibahlen usw. 0,8—1%, für Prägstempel, Meissel etwa 0,75% zu betragen. Guter Tiegel-Gussstahl wird bezüglich seiner hohen Gleichmässigkeit, Elastizität und Festigkeit von keiner andern Stahlsorte übertroffen. Ausser zu Werkzeugen, Geschützen, Glocken (S. 43) eignet er sich sehr für solche Theile von Maschinen, Brücken u. dgl., welche durch unmittelbaren Formguss hergestellt werden können²⁾.

2. Der Flammofen-Gussstahl aus Martin-Metall dient vorzugsweise für solche Gegenstände, welche nicht die hohe Elastizität des Tiegel-Gussstahls bedürfen. Das sind meistens grössere Gegenstände, deren Kohlenstoff-Gehalt zwischen 0,3—0,5% zu liegen pflegt, als Eisenbahn-Bedarftheile, Maschinentheile usw. Martin-Eisen mit einem Kohlenstoff-Gehalt von etwa 3% und weniger ist heute ein geschätzter Stoff für Tragwerktheile, welche eine grössere Festigkeit als Schweisseisen besitzen müssen, aber nicht geschweisst zu werden brauchen, als: Nieteisen, Hufstabeisen, Wellen, Achsen, Draht u. dgl., ferner Bleche für Schiffe und Dampfkessel usw. Das Martin-Eisen ist demnach ein starker Nebenbuhler sowohl des Schweisseisens als auch der gewöhnlichen Sorten des Tiegel-Gussstahls.

3. Das Bessemer- und Thomas-Metall wird wegen seines grossen Gehalts an eingeschlossenen Gasen zum unmittelbaren Formguss nur ausnahmsweise verwendet. Dagegen ist es, namentlich wegen der Möglichkeit seiner Massendarstellung, der bevorzugteste Stoff für die Herstellung grober Gegenstände des Eisenbahn-Bedarfs, insbesondere der Schienen, geworden.

Das kohlenstoffarme Thomaseisen, welches hauptsächlich in Folge des Nachblasens bei seiner Darstellung (S. 93) fast stets sehr rein ausfällt, sich durch Zähigkeit und Dehnbarkeit, bei geringer Härte und meistens auch durch leichte Schweissbarkeit auszeichnet, findet zur Zeit zur Herstellung von solchen Blechen und andern Handelseisen-Sorten, für welches früher das beste und phosphorfreieste Schweisseisen benutzt wurde, vielfach Verwendung. $\frac{3}{4}$ des zur Zeit erzeugten Thomas-Metalls sind sogen. Fluss-Schmiedeeisen mit weniger als 0,27% Kohlenstoff-Gehalt.

Die Erzeugnisse der Kleinbessemerie erscheinen besonders geeignet, in die Form des gewöhnlichen Handelseisens übergeführt zu werden; sie werden dazu beitragen, das hierfür bislang fast ausschliesslich zur Verwendung gelangende Schweisseisen rascher zu verdrängen.

4. Von der Martinschlacke (S. 93) und der Schlacke des sauren Bessemer-Verfahrens macht man in der Regel keinen besondern Gebrauch. Dagegen finden die phosphorreichen Thomas-Schlacken, bezw. die daraus dargestellten Phosphate als Düngemittel Verwendung³⁾. Es sind in neuerer Zeit auch Versuche gemacht worden, dieser Schlacke die Phosphorsäure auf geeignete Weise behufs Wiederverwendung zu entziehen⁴⁾.

¹⁾ Leo. Ueber die Herstellung und Verwendung des Chromstahls. Stahl u. Eisen 1887, S. 142.

²⁾ Ueber Nickelstahl vergl. Dingler's Polyt. Journ. 1886, Bd. 262, S. 233.

³⁾ Ueber die Nutzbarmachung der beim basischen Entphosphorungs-Prozesse fallenden Schlacke in der Landwirthschaft. Stahl und Eisen. 1882, S. 303. — Dasselbst. Zum Verbräuche und zur Werthbestimmung von Thomas-Schlacken. 1885, S. 593. — Frank. Ueber den Werth u. die Verwendung des Thomas-Schlackenmehls f. d. Ackerbau. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 9. Bücking u. Linck Ueber die Zusammensetzung der Thomasschlacke. Stahl u. Eisen 1888, S. 245.

⁴⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 206.

C. Formgebung des Eisens.

Litteratur.

a. Werke über allgemeine Technologie der Hütte und Werkstatt.

Wagner. Die Metalle und ihre Verarbeitung. 1866. — Ledebur. Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege. 1877. — Karmarsch-Heeren. Technologisches Wörterbuch, bearb. von Kick u. Gintl. III. Aufl. 1878. — Hoyer. Lehrbuch der vergleichenden mechanischen Technologie. 1878. — Karmarsch-Hartig. Handbuch der mechanischen Technologie. III. Aufl. 1886.

b. Werke über Formgebungs-Arbeiten der Hütte.

Hierher gehören auch einige der S. 54 angegebenen Werke über Hüttenwesen, übrigens:

Guettier. *Traité de la fonderie*. 1858. — Mäurer. Die Formen der Walkkunst und des Façoneisens, seine Geschichte, Benutzung und Fabrikation. 1865. — v. Tunner. Ueber die Walzenkalibrirung für die Eisen-Fabrikation. 1867. — Daelen, Hollenberg und Diekmann. Die Kalibrirung der Eisenwalzen. Gekrönte Preisschrift. 1869/70. — Petzhold. Fabrikation von Eisenbahn-Material. 1872. — Abbas. Metallgiesserei. 1875. — Dürre. Handbuch des Eisengiesserei-Betriebes 1875. — v. Hauer. Die Hüttenwesens-Maschinen. II. Aufl. 1876. — Neveu & Henry. *Traité pratique du laminage de fer*. 1881. — Ledebur. Vollständiges Handbuch der Eisengiesserei. 1883. — Japing. Draht und Drahtwaaren. 1884. — Fehland. Die Fabrikation des Eisen- und Stahlrahtes, gewalzt und gezogen sowie der Drahtstifte. 1886.

c. Werke über Formgebungs-Arbeiten der Werkstatt und Werkzeug-Maschinen.

Wiebe. Die Maschinenbau-Materialien. 1858. — Hartig. Versuche über den Arbeitsverbrauch der Werkzeug-Maschinen. 1873. — Hart. Die Werkzeug-Maschinen für den Maschinenbau zur Metall- u. Holzbearbeitung. II. Aufl. 1874. — v. Hesse. Die Werkzeug-Maschinen auf der Wiener Weltausstellung. 1874. — Wencelides. Hilfsmaschinen und Werkzeuge für Eisen und Metallbearbeitung 1877. — Neumann. Handbuch der Metalldreherei 1882. — Oberstadt. Die Technologie der Eisenbahn-Werkstätten. 1882.

Die erstmalige rohe Form, in welche die Hütten-Erzeugnisse gebracht werden, ist für sie, mit Ausnahme der Gegenstände des unmittelbaren Hochofen- oder Stahlform-Gusses keine endliche. Masseln, Luppen und Blöcke haben, um jene endliche Form zu erlangen, in welcher sie bei Herstellung von Konstruktionen u. dgl. unmittelbare Verwendung finden, durch die nämliche Reihe von Arbeiten, welcher sie bereits ihre Gestalt verdanken — d. i. durch Formen, Giessen, Schmieden, Pressen, Schweissen oder Walzen — nöthigenfalls auch noch durch andre Arbeiten weitere Formänderungen zu erleiden. Die durch Umschmelzen (S. 76) vorbereiteten Roheisen-Barren, bezw. Rohstahlstücke werden durch Formen und Giessen in Gusseisen- bezw. Gussstahl-Waare umgewandelt; Luppen und Blöcke unterliegen zuerst einer Verbesserung bezw. Dichtung (S. 108) und werden endlich durch Schweissen bezw. Schmieden, Walzen und Drahtziehen entweder in die Form von Stabeisen, Blech oder Draht übergeführt oder durch Schweissen, Schmieden und Pressen zu besonders gestalteten Gegenständen verschiedenster Art — im allgemeinen Schmiede- oder Presstücke genannt — verarbeitet.

Diejenigen Formgebungs-Arbeiten, um welche es sich bei der Umwandlung der rohen Form in die endliche handelt, sind hauptsächlich Arbeiten der Hütte. Nur die Herstellung von Schmiede- und Presstücken (Schrauben, Muttern, Nieten, Ketten usw.) pflegt in Sonder-Fabriken oder Werkstätten zu erfolgen. Die Arbeiten der mechanischen Werkstatt treten erst ein, sobald eine weitere Vollendung der Form, welche in der Regel in einer Bearbeitung von Flächen mit Hilfe von Hand-Werkzeugen oder Werkzeug-Maschinen besteht, nothwendig wird. Diese Vollendungs-Arbeiten werden weiterhin unter E. besprochen.

I. Formerei.

a. Allgemeines über die Formen.

Jede Form hat einen hohlen Raum zu begrenzen, welcher in seiner Ausdehnung überall derart bemessen sein muss, dass das fertige Gussstück nach

dem Erkalten die verlangte Gestalt zeigt. Es müssen daher alle Abmessungen des hohlen Raumes um das Schwindmaass grösser sein, als die verlangten.

Erfahrungsmässig ist das lineare Schwindmaass, welches angiebt, um wie viel jede Abmessung eines Gegenstandes beim Erkalten seiner flüssigen Masse durch Schwinden kleiner wird, durchschnittlich:

$$\begin{array}{l} \text{für Gusseisen} \dots\dots\dots \frac{1}{96} \\ \text{„ Gussstahl} \dots\dots\dots \frac{1}{50} - \frac{1}{72}. \end{array}$$

Das kubische Schwindmaass, welches die Abnahme des Inhalts anzeigt, ist sehr nahezu das Dreifache des linearen¹⁾. Durch das Schwinden können im fertigen Gussstück auch Spannungen, Risse, Hohlräume und andre Fehler hervor gerufen werden, deren Entstehen man durch zweckmässigste Wahl der Form eines Gebrauchs-Gegenstandes von vorn herein zu begegnen suchen muss. Im allgemeinen muss jede Form 2 Haupt-Eigenschaften besitzen:

1. Festigkeit gegenüber den verschiedenen mechanischen Einflüssen des flüssigen Metalls, unter denen das sogen. Treiben, d. i. Ausdehnung bezw. Formänderung unter dem statischen Drucke der Flussmasse, besonders zu beachten ist;

2. Durchlässigkeit gegen die beim Gusse sich entwickelnden Gase und Dämpfe.

Die Formen sind entweder an der nach oben gekehrten Seite offen, oder sie sind geschlossen und nur mit den erforderlichen Oeffnungen zum Einströmen des Metalls — Eingüssen — und zum Entweichen der Luft — Windpfeifen — usw. versehen. Geschlossene Formen ermöglichen mannichfaltigere, schärfere und dichtere Güsse, als offene, sind dagegen schwieriger und kostspieliger herzustellen als diese. Offene Formen bestehen ferner gewöhnlich aus einem Ganzen, während geschlossene Formen mindestens aus 2 Hälften, häufig aber aus mehren Theilen bestehen und in besondern Kästen — Formkästen — hergestellt werden. Raumaussparungen in einem Gussstück, z. B. Kanäle, zylindrische oder andre Hohlräume stellt man durch besonders eingelegte Formstücke, sogen. Kerne, dar, welche verhindern, dass der betr. Hohlraum sich mit Metall füllt.

Im Hinblick auf die Stoffe, aus denen sie gefertigt werden, unterscheidet man zweierlei Gruppen von Formen:

1. einmalige oder verlorene Formen, aus bildsamem Stoffe, die nur ein mal zum Guss zu benutzen sind,

2. beständige Formen, aus Metall gefertigt, auch Schalen und Coquillen genannt, für wiederholte Benutzung bestimmt.

Das Arbeitsverfahren zur Herstellung verlorener Formen nennt man die Förmerei oder Formerei und unterscheidet drei Arten derselben:

1. Herdformerei oder die Herstellung offener Formen auf dem Herde, d. i. des mit Formstoff angefüllten Flurs der Giesserei; 2. Kastenformerei oder die Herstellung geschlossener Formen in Formenkästen; 3. freie Formerei oder die Herstellung geschlossener Formen ohne Formkasten.

Ueber die vereinzelte Anwendung sich drehender Formen bezw. Zentrifugal-Guss vergl. unter II b. weiterhin.

b. Formstoffe.

1. Die hauptsächlichsten Stoffe zur Bildung der Formen sind Quarzsand und Thon, denen durch besondere Zuthaten die nothwendige Bildsamkeit, Festigkeit, Durchlässigkeit und Unschmelzbarkeit verliehen wird. Unter Umständen beabsichtigt man auch durch die Zuthaten chemische Wirkungen auf das Flussmetall auszuüben.

Magerer Sand bietet nur in feuchtem, fest gestampftem Zustande die erforderliche Bindekraft, d. h. Festigkeit und Bildsamkeit. Sehr thonhaltige Stoffe besitzen diese Eigenschaften nur in vollkommen getrocknetem Zustande.

Der gewöhnliche Formsand hat einen mittleren Thongehalt; er lässt zwar den Guss in feuchten Formen zu, bietet aber grössere Sicherheit für das

1) Den Nachweis dieses Satzes s. in Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1869, S. 2.

Gelingen, wenn die Form getrocknet wird. Sowohl der magere Sand als auch der Formsand werden in nassem — grünem — Zustande mehr oder minder mit Kohlenpulver gemischt, damit die Form genügende Durchlässigkeit für die beim Giessen sich entwickelnden Dämpfe oder Gase erhält. Vorzüglicher Formsand findet sich im Buntsandstein, z. B. der rothe englische und der Formsand von Ilsenburg usw.

Stark thonhaltigen Formsand nennt man Masse und die daraus gefertigten Formen, welche, behufs Erzielung der erforderlichen Durchlässigkeit vor dem Gusse sorgfältig getrocknet werden müssen, Masse-Formen. Der thonreichste Formstoff, der Lehm, lässt sich nicht zu Formen stampfen, sondern muss schichtenweise aufgetragen werden. Damit er beim Trocknen keine zu starken Risse bekommt und gehörige Bindekraft und Durchlässigkeit erhält, vermengt man ihn mit gehacktem Stroh, Pferdedünger oder Kuhhaaren u. dgl.

Die Herstellung von Stahlformguss erfolgt in der Regel in Masse-Formen; in neuester Zeit hat man für den Guss von Flussstahl auch möglichst reinen Quarzsand angewendet, dem man durch Zusatz organischer Stoffe (Melasse, Mehl oder dgl.) die nöthige Bildsamkeit verleiht¹⁾.

Beim Eisenguss verwendet man für die einfachsten, gewöhnlichen Arbeiten magern Sand, für Stücke mit feineren Verzierungen und scharfen Profilen, auch für kleinere Kerne Masse und für grosse, besonders schwierigere, oder sonst dafür geeignete Stücke, sowie auch für

Fig. 120, Grundriss.

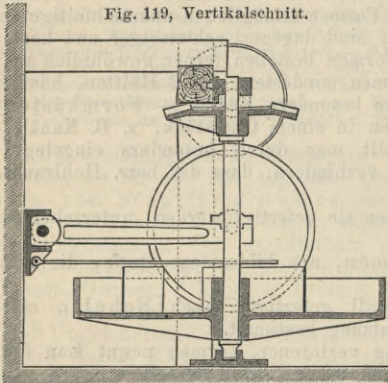
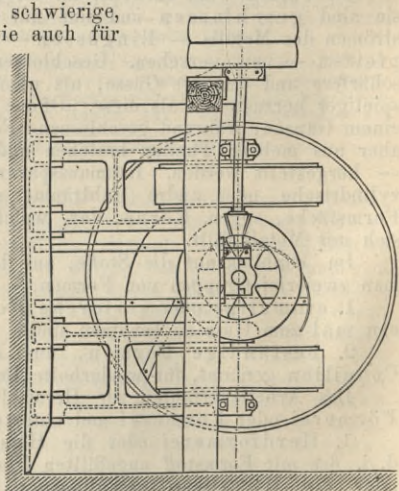


Fig. 119, Vertikalschnitt.



alle grösseren Kerne, Lehm. Gebrauchte Masseformen sind durch Sieben und Mahlen zu neuem Gebrauche wieder tauglich zu machen, während beim magern Sande zu demselben Zwecke das einfache Sieben genügt.

Kohle — Steinkohle, Graphit, Kokes, Holzkohle — verwendet man als Zusatz, um die Durchlässigkeit der Form zu erhöhen und als Ueberzugmittel, um durch Herstellung einer unverbrennlichen Schicht zwischen Form und Metall ein Zusammenfritten beider beim Gusse zu vermeiden. Bei „grünem“ Sande wird der Ueberzug gewöhnlich in Pulverform gestäubt, bei Masse- und Lehmformen als dünner Brei aus geschlämmtem Graphit, Holzkohle oder einer Mischung beider Stoffe — Schwärze genannt — mit dem Pinsel aufgetragen. Sehr fette Masse, welche zum Reissen neigt, wird wohl erst ohne Schwärze-Ueberzug getrocknet, darauf mit Wasser und Bimstein abgerieben, ausgebessert, endlich geschwärzt und nachgetrocknet.

2. Die Aufbereitung der Formstoffe besteht entweder in einer Zerkleinerung oder Mischung, oder in beiden Arbeiten zugleich und wird durch Handarbeit, oder in grösseren Giessereien durch Maschinenarbeit ausgeführt.

1) Cowing in Cleveland, Nordamerika. D. R.-P. 10 114.

Für grobe Zerkleinerung, namentlich von Tiegelscherben, Chamottesteinen für Stahlgussformen, dienen Vorrichtungen, wie sie bei der Aufbereitung der Erze (S. 59) benutzt werden, vornehmlich Pochwerke und Steinbrech-Maschinen. Zum Mahlen von Masse und Lehm, sowie auch von Kohle und feuerfesten Stoffen dienen Kollermühlen oder Kollergänge, Trommeln und Schleudermühlen oder Desintegratoren.

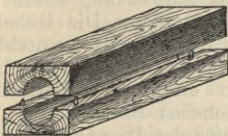
Fig. 119, 120 stellen einen Kollergang dar. Auf einer stehenden Welle ist ein ringförmiger Trog befestigt, in welchem 2 eiserne sog. Läufer von etwa 1^m Durchmesser mit wagrechter Achse in beweglichen Armen gelagert, ruhen. Die Welle macht etwa 20 Umdrehungen in 1 Min. und versetzt dabei die Läufer ebenfalls in Drehung; einige feste Schaufeln leiten die seitlich ausweichenden Stoffe den Walzen wieder zu. In grösseren Giessereien gebraucht man solche Vorrichtungen als Lehm-, Sand- und Mörtelmühlen und benutzt für das Zerkleinern der Kohle sog. Trommel-Vorrichtungen, bestehend aus einer sich um eine liegende oder geneigt stehende Achse drehenden Trommel, in welcher eiserne Kugeln rollen. Eine solche Trommel macht etwa 30—60 Umdreh. in 1 Min., erfordert etwa $\frac{3}{4}$ Pfdkr. und besorgt bei einem Durchm. von 0,6—1,0^m den Bedarf für eine tägliche Leistung von 3—4^t Gusswaaren.

Die von Carr¹⁾ erfundenen Schleuder-Mühlen zum Zerkleinern und Mischen des Formsandes mit andern Sandarten wie auch mit Kohle besitzen als wesentlichsten Bestandtheil 2 mit grosser Geschwindigkeit (900 Umdreh. in 1 Min.) nach entgegengesetzten Richtungen in einander laufende Scheiben, in denen je 2 hervor stehende Bolzenreihen im Kreise angeordnet sind. Durch diese Bolzenreihen werden die Stoffe geführt, wobei sie in Folge der erhaltenen starken Schläge und Bewegungen zerkleinert und gemischt werden. Zum Mischen von Lehm finden auch die von Schlickeysen eingeführten Thonschneider — eine senkrecht sich drehende Welle mit einer Reihe von über einander liegender schraubenförmig gekrümmter Messer besetzt — vielfache Anwendung.

c. Hilfsmittel der Formerei.

1. Die Formen werden meistens nach Modellen, häufig auch nach Schablonen hergestellt. Kerne formt man in hölzernen, gewöhnlich zweitheiligen Kästen, den Kernkästen, Fig. 121, in denen

Fig. 121.



der betreffende Kern-Hohlraum gebildet ist, oder nach Schablonen. Das Einlegen eines Kerns, bezw. die Anfertigung desselben im Kernkasten oder nach der Schablone kann man umgehen, wenn es zugänglich ist, einzelne Theile der Form so anzuordnen, dass sie die Wirkung des Kerns ersetzen. Solche Formtheile nennt man Kernstücke. Kernkästen und Modelle werden nach den nämlichen Regeln angefertigt.

Modelle werden gewöhnlich aus Tannenholz, oft aus Metall, selten aus Blei, Gips, Wachs oder dergl. gefertigt. Meistens ist jedes Modell in mehre Theile zerlegbar, derart, dass man diese vor dem Gusse leicht aus der Form heben und auch wieder zusammen setzen kann. Modelle aus Wachs (für Buchstaben oder dergl.) können durch Schmelzen aus der Form entfernt werden. Metall gebraucht man vielfach zur Herstellung von Theilen hölzerner Modelle, z. B. für anzusetzende Verzierungen, auch zum Röhrenguss usw. Um die Lage eines Kerns äusserlich anzuzeigen, versieht man das Modell mit entsprechenden Ansätzen, Kernmarken oder Kerndrücken, Fig. 125, genannt, welche gleichzeitig den Zweck haben, Vertiefungen in die Form zu drücken, um die Stellung des Kerns in derselben zu markieren.

Holzmodelle erhalten zum Schutze gegen Feuchtigkeit vor dem Gebrauche gewöhnlich einen Schellack-Ueberzug.

Schablonen — aus Holz, Eisen oder Holz mit Eisenbeschlag — werden vorzugsweise bei der Lehmformerei, jedoch vielfach auch in Sand und Masse gebraucht (vergl. unter d. 2). Sie leisten vorzügliche Dienste, wenn es sich um

¹⁾ Rittinger. Aufbereitungs-Kunde, 2. Nachtrag. 1873. S. 10.

Darstellung von grossen Umdrehungs-Körpern oder von Stabkörpern mit unveränderlichem Querschnitte handelt. Für Formen benutzt man in der Regel Schablonen, welche sich im Kreise um eine fest gelagerte Achse drehen, während bei der Anfertigung von Kernen in der Regel die Schablone fest liegt und der Kern gedreht wird. Für Kerne in Stabform verwendet man auch Schablonen, welche auf einer eisernen, nach dem Grundriss des zu formenden Körpers begrenzten, Ziehplatte geführt werden.

2. Da der Formstoff nur selten ausreichende Festigkeit besitzt, um für sich allein die aus ihm gefertigten Formen und Kerne einerseits bei allen mit ihnen vor dem Gusse vorzunehmenden Handhabungen, andererseits auch während des Gusses vor Beschädigungen in Folge von Einwirkung äusserer Kräfte zu schützen, so bedarf es besonderer Zurüstungen, um seine Widerstandsfähigkeit zu vergrössern.

Alle Formen — mit Ausnahme der sogen. Herdformen, welche unmittelbar im Giesserei-Flur — auf dem Herde — eingestampft werden und die meisten Lehm- wie auch einzelne Masseformen — werden daher durch eiserne, auch wohl hölzerne Kästen ohne Boden und Deckel, sogen. Formkästen, umschlossen. Die nöthige Widerstandsfähigkeit der durch Drehen nach der Schablone erzeugten Kerne erreicht man durch Einlegen guss- oder schmiedeiserner Kern-

Fig. 122.

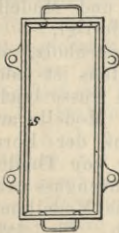


spindeln, Fig. 122, welche im Querschnitt, um Gase und Dämpfe durchzulassen, entweder voll und mit Nuthen versehen sind oder aus Röhren mit durchlöcherter Wand bestehen. Bei den

nicht durch Drehung gefertigten Kernen legt man Stäbe aus Guss- oder Schmiedeisen — Kerneisen — ein, welche nöthigenfalls ein tragendes Gerippe bilden. Für grosse Zylinder- Kerne verwendet man zuweilen Spindeln mit verstellbarem Durchmesser — Differential-Spindeln — damit der Kern-Durchmesser der Schwindung gehörig angepasst werden kann.

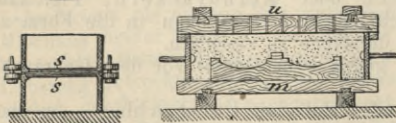
Der Formkasten wird gewöhnlich aus Gusseisen gefertigt und besteht, wie das Modell, meistens aus mehren Theilen, welche sowohl unter sich, als auch mit etwa vorhandenen Kernen, nöthigenfalls unter Anwendung eiserner Kernstützen verbunden, bezw. versteift und verankert werden. Die Dübel, Haken und Klammern zum Zusammenhalten der Kastentheile einschl. der Handhaben u. dergl. nennt man den Beschlag. Häufig unterstützt man das Zusammenhalten der einzelnen Formtheile auch durch unmittelbare Belastung mit Roheisen-Barren.

Fig. 123, 124.



Bei zweitheiligen Formkästen ersetzt man den Unterkasten, falls derselbe nicht getragen oder umgewendet werden muss, manchmal durch eine Herdform, welche dann zusammen mit dem Oberkasten die vollständige Form bildet. Um das Herausfallen von Formstofftheilen beim Abheben des Oberkastens zu verhüten, sind die Ränder der Formkasten mit einer nach innen vorspringenden sogen. Sandleiste, Fig. 123, 124, versehen; nöthigenfalls werden auch Querrippen, Zwischenwände usw. eingelegt oder angegossen. Erhält der Unterkasten ebenfalls eine Sandleiste, so ist derselbe auch als Oberkasten benutzbar. Wenn der Unterkasten gewendet werden soll, spannt man ihn aus demselben Grunde zwischen 2 mit Querleisten versehene

Fig. 125.



Bretter oder Tafeln aus trockenem Holze — Formbretter, Lehrbretter, Unterlagen —, welche ausserdem sowohl als Unterlagen beim Formen, als auch beim Giessen dienen. Das Brett *m*, Fig. 125, auf welchem das Modell beim Einformen liegt, nennt man Modell-

brett, das andere *u*, auf welchem gegossen wird, Unterlage. Letztere muss bei grössern Formkästen, zur Erzielung der nothwendigen Durchlässigkeit, mit zahlreichen kleinen Löchern versehen sein.

3. Die Geräte und Werkzeuge der Formerei, so weit sie oben nicht bereits erwähnt wurden, dienen hauptsächlich zum Vorbereiten, Feststampfen, bezw. Festdrücken des Formstoffs und zur Vollendung der Formen. Es sind Siebe, Stampfer, Fig. 126, Schaufeln, Besen, Staubbeutel für die Vor-

Fig. 126.

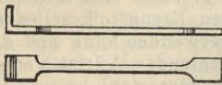


Fig. 127.

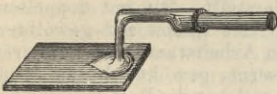


Fig. 128.

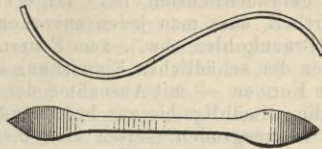


Fig. 129.



bereitung und Verarbeitung der Formstoffe, Walzen, zum Festdrücken des Formsandes ferner Schrauben verschiedener Grösse, zum Heben der Modelle, lange Nadeln, sog. Luftspiesse zur Anbringung von Kanälen für das Entweichen von Gasen und Dämpfen,

Blechgabeln zum Aufspiesen und Bewegen kleiner Kerne, Dämmbretter, Dämmblätter, Fig. 127, zum Nacharbeiten gerader Kanten, Streichbleche, Putzhäkchen oder Spatel u. dgl., Fig. 128, zum Glätten und Ausbessern der Form, Formerstifte — d. h. Drahtstifte mit flachen, schmalen Köpfen, zum Befestigen scharf hervor tretender Formtheile, welche beim Ausheben des Modells leicht losgerissen werden können — Pinsel verschiedener Grösse zum Lackiren der Modelle usw., ein Blasebalg zum Entfernen kleiner, in die Form gefallener Körper, Blechlöffel, Fig. 129, zum Anschneiden von Einläufen, Hämmer, Bürsten, Schraubzwingen, Richtscheite und Setzwaage usw., endlich Beschwerungseisen (oft in Stücken über 5 t) zur Belastung der Formen, um in einzelnen Fällen ein Auseinandertreiben derselben in Folge des statischen Druckes des flüssigen Eisens zu verhindern; zu letzterem Zwecke dienen auch Roheisen-Barren. Vielfach werden auch Maschinen für die Zwecke der Formerei verwendet; namentlich solche, die das Stampfen, bezw. Festdrücken des Formmaterials besorgen, ferner solche, die dazu dienen, ein Modell aus der Form zu heben, und endlich noch andere, die in besonderen Fällen ein volles Modell entbehrlieh machen, z. B. Räder- oder Röhren-Formmaschinen¹⁾.

In einzelnen Fällen verwendet man auch Strohseil-Spinnmaschinen zur Anfertigung der Seile, welche bei Herstellung von Lehmformen verbraucht werden (S. 116).

4. Zum Trocknen der Masse- und Lehmformen benutzt man in der Regel Darr- oder Trockenkammern; dagegen trocknet man Formen von grossem Umfange, mit denen nicht hantirt werden kann, am Platze, wo man sie fertigte und der Guss vor sich gehen soll, mit Hilfe besonderer Heizvorrichtungen.

Ein einfaches Kohlenfeuer, rings um die Form angefacht, genügt nur ausnahmsweise; wirksamer sind eiserne, zylindrische Heizkörbe, an passenden Stellen angebracht. Zum Trocknen von Röhrenguss-Formen benutzt man wohl fahrbare Oefen, deren Verbrennungsgase in die Form geleitet werden. (Fig. 146 S. 125.) Auch erhitzte Gebläseluft und Zentral-Feuerungen, von denen die Wärme nach verschiedenen Orten geleitet wird, sind für sehr grosse Formen in Gebrauch.

Man unterscheidet Trockenkammern mit unmittelbarer und solche mit

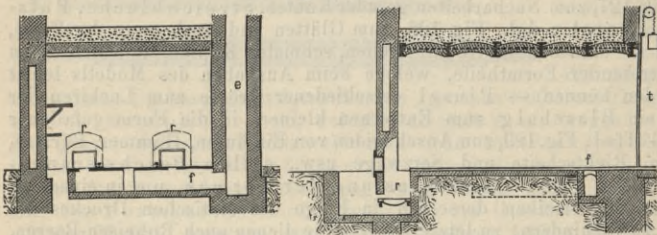
¹⁾ Stentz. Ueber die Anwendung von Maschinen in der Formerei. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 1864, S. 324. Vergl. auch die Beschreibung vieler patentirten Maschinen in Ledebur's Handbuch der Eisengiesserei. S. 238 u. f. — Ferner: Ueber Sandform-Maschinen. Dingler's Polyt. Journ. 1882, Bd. 246, S. 6, 49, 167, 544 und Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 448. — Ueber Herstellung von Formkästen mit Anwendung gepresster Luft. Engineering v. 4. März 1884.

mittelbarer Feuerung, je nachdem die Verbrennungs-Gase unmittelbar durch die Kammer selbst geführt werden und gemeinsam mit den gebildeten Wasserdämpfen durch die Esse abziehen, oder mit Hilfe eines Systems von in der Kammer befindlichen Röhren oder Kanälen ihre Wärme mittelbar an die ersten abgeben.

Die höchsten Wärmegrade, sowie rascheste Ableitung des Wasserdampfes erzielt man bei der unmittelbaren Heizung, welche demnach für alle Fälle, wo es sich um scharfe Trocknung, namentlich von grösseren Masseformen handelt, am geeignetsten und gebräuchlichsten ist. Dagegen gewährt das mittelbare Heizverfahren den Vortheil, dass man jeden unverkohlten Brennstoff, selbst mit hohem Wassergehalt (Braunkohlen usw.), zum Feuern verwenden kann und dass dabei die Formen unter der schädlichen Einwirkung strahlender Wärme weniger leiden. Man setzt alle Formen — mit Ausnahme der für Gussstahl bestimmten, wirklich feuerfesten, die allmählig bis zur beginnenden Rothgluth erhitzt werden — nur niedrigen Wärmegraden (selten über 200° C.) aus, damit dieselben nicht durch zu stürmische Dampfbildung usw. leiden.

Die meisten Trockenkammern mit unmittelbarer Feuerung besitzen eine Einrichtung, wie Fig. 130, 131 sie im allgemeinen darstellt. Die mit doppelten Mauerwänden umschlossenen Kammern sind als feuerfeste Räume mit gewölbter oder eiserner Decke hergerichtet. Auf der nach dem Arbeitsraum der Formerei belegenen Seite der Kammer befindet sich eine eiserne, gewöhnlich zum Aufziehen eingerichtete und ausbalanzirte Schiebethür *t*, welcher die Rost-Feuerung *r*

Fig. 130, 131.



(Plan- oder Treppenrost) gegenüber liegt und zwar entweder in der Kammer selbst oder in unmittelbarer Nähe derselben. Der Fuchs *f* zum Absaugen der

Gase und Wasserdämpfe befindet sich am Boden. Um Wärmeverluste durch die Eisentür oder die Kammerdecke zu verhüten, schützt man diese Theile zuweilen durch eine passend angebrachte Lage von Schlackenwolle.¹⁾

An den Längswänden der Kammern bringt man eiserne Konsolen zur Aufstellung von kleinern Formen und Kernen an; grosse und schwere Formen werden durch eiserne Wagen auf Schienen-Gleisen in die Kammern geführt.

d. Herdformerei.

1. Unter dem Herde versteht man einen in der Höhe der Hüttensohle liegenden, mit Formsand angefüllten Flur, in welchem die Formen nach Modellen oder Schablonen hergestellt werden. Der eigentliche Herdguss entstammt ganz offenen Formen, in denen das flüssige Metall beim Erkalten mit wagerechter Oberfläche erstarrt. Zuweilen bedeckt man die offenen Formen auch mit getrockneten Lehmplatten, welche Oeffnungen für den Einguss und behufs der Luftabführung erhalten und durch Roheisen-Barren beschwert werden. Der auf solche Weise hergestellte Guss ist von grösserer Dichtigkeit als der eigentliche Herdguss.

Denkt man sich an Stelle der Lehmplatte einen Oberkasten mit einem Theil der zu giessenden Form, so erhält man eine verdeckte Herdform. Die Herstellung einer solchen Form mit Hilfe von Schablonen nennt man gewöhnlich Schablonen-Sandformerei, ein Verfahren, welches in neuer Zeit grosse Bedeutung erlangt hat.

Bei Herstellung einer offenen Form besprengt man zuerst den betr. Herd-

¹⁾ Nach Emery's Versuchen leitet Schlackenwolle die Wärme 5–6 mal schlechter als Luft. Oestr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen, 1881, S. 615.

theil, sofern er von der letzten Benutzung her trocken ist, mit Wasser, gräbt den Sand auf, schaufelt und siebt ihn und ebnet die Oberfläche mit Hilfe einzuzelegender Richtscheite genau nach der Setzwage. Darauf klopft man das Modell, unter steter Benutzung der Wage, mit einem Holzhammer ein, und zwar entweder bis zu einer Tiefe, welche der Stärke des Abgusses entspricht oder etwas tiefer. Im letzteren Falle schneidet man später an den Rändern sogen. Niveaus *n*, Fig. 132, an, durch welche das überflüssige Metall ablaufen kann. Nachdem nun die Ränder des Modells mit Formsand umstampft und mit dem Luftspieß eine genügende Zahl von Luftkanälen gestochen, oder für Herstellung der Durchlässigkeit vorher in anderer Weise, z. B. durch Einlegen von dünnen Seilen, welche wieder heraus gezogen werden, oder durch blosses Einlegen von locker geflochtenen Strohseilen gesorgt worden ist, wird das Modell ausgehoben und die Form, falls sie zum Anbrennen neigt, mit Holzkohle ausgestäubt. Um das Metall in die Form zu leiten, setzt man diese, je nach der Ausdehnung des Gussstückes, mit einer kleinern oder grössern Zahl von Eingüssen in Verbindung.

Eingüsse sind muldenförmige Rinnen, welche mit Blechlöffeln ausgeschnitten und von einer etwas erhöht angelegten, sumpftartigen Sammelstelle *s* aus, in welche das flüssige Metall gegossen wird, gespeist werden, Fig. 133.

Man formt im Herde zweckmässig nur flache oder wenig tief greifende Gegenstände, weil andernfalls eine ausreichende Durchlässigkeit schwierig zu bewerkstelligen ist. Solche Gegenstände sind namentlich: Platten aller Art, ungerippt, oder auf einer Seite gerippt, Fenster, Ofentheile, Schwungräder, Ringe oder dergl. Viele einfachen Gegenstände können auch ohne Zuhilfenahme eines vollständigen Modells ge-

Fig. 132.

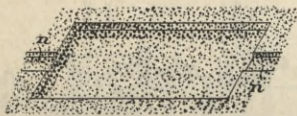


Fig. 133.

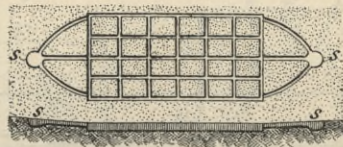
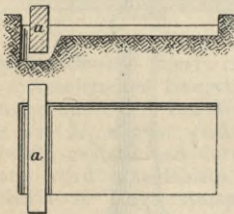


Fig. 134.



formt werden; z. B. eine 6seitige Platte mit Hilfe einer Bretttafel, auf welcher die Grundform der Platte durch aufgeheftete schmale Leisten angegeben ist. Um Platten mit Falz zu gießen, legt man an betreffender Stelle eine eiserne, mit Lehm beschriebene Leiste *a*, Fig. 134, in die Form. Kerne für Oeffnungen in einer Platte stellt man einfach dadurch her, dass man an der betr. Stelle der Form durch Einlegung eines kleinen Rahmens den Kern-Raum abgrenzt, den Rahmen vollstampft und ihn nachher wegnimmt. Einen grossen Ring formt man unter Anwendung eines Segmentstückes, das man an einem

festen Arme um das Ringmittel dreht, usw.

2. Die Schablonen-Sandformerei eignet sich für die Herstellung von weniger einfachen Gegenständen. Sie wird in der Regel unter Zuhilfenahme eines Oberkastens ausgeführt, wobei die Form in dem letzteren über einem im Herde mit Schablonen erzeugtem Sandmodell ausgebildet wird.

Fig. 135 u. 136 zeigen beispielsweise die Herstellung der Form für eine flache Schale mit offenem Boden. Die Schablone *s* lässt sich um die senkr. Spindel des im Herde aufgestellten Schablonen-Halters *S* drehen. Mit ihrer Hilfe wird im Sande durch Drehen eine Form hergestellt, welche als Modell zum Eindrücken der im Oberkasten *O* zu bildenden Form benutzt wird. Zu diesem Zwecke muss das Sandmodell sehr fest sein und nach Fertigstellung ausserdem mit Kohlenpulver oder Sand bestreut werden, damit es beim Aufstampfen des Oberkastens nicht klebt oder verdrückt wird. Sobald der Ober-

kasten derart eingeformt ist, wird er zum Verputzen bei Seite gestellt und das Sandmodell, nachdem man dessen harte Oberfläche durch Aufgraben und Auffüllen von neuem Sand gelockert und vorbereitet hat, mit Hilfe einer zweiten Schablone, welche die Form der innern Laibung der Schale darstellt, nochmals abgedreht. Durch Aufsetzen des Oberkastens erscheint dann die fertige Form, wie sie in den Figuren dargestellt ist.

In ähnlicher Weise formt man viele Umdrehungs-Körper als Riemen-scheiben, Turbinen, Räder, usw. Für vorkommende Naben mit Armen, Speichen und Rippen fertigt man hölzerne Modelle, welche gewöhnlich über die Spindel geschoben und in den Herd mit eingeformt werden; nöthigenfalls legt man auch Kerne ein. Trommeln mit schraubenförmigen Gängen am Umfange z. B. werden um senkr. Spindeln geformt, die man auf eine entsprechende spiral-förmige Bahn stellt.

Fig. 135, 136.

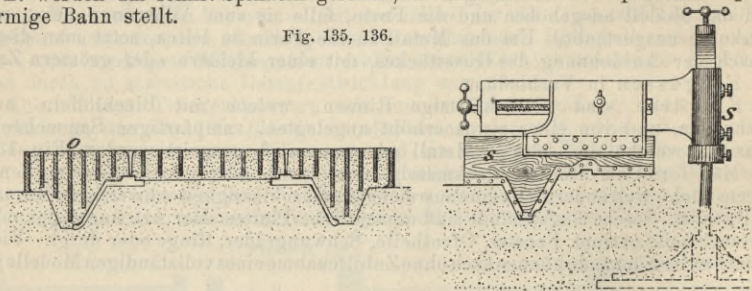
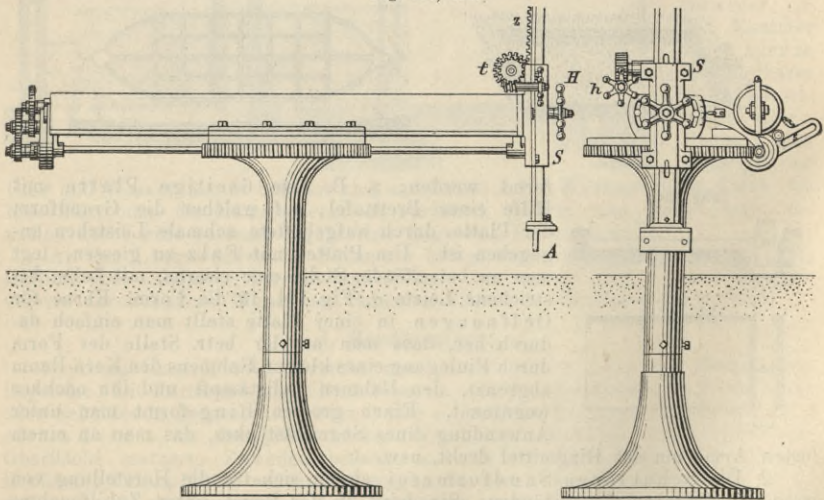


Fig. 137, 138.



Zahnräder formt man neuerdings meistens mit Hilfe einer Maschine, deren Grundgedanke bereits im preussischen Patente vom 11. October 1839 J. G. Hoffmann's ausgesprochen liegt. Die gebräuchlichste Zahnrad-Formmaschine rührt vom Engländer Scott aus dem Jahre 1865 her. Mit Hilfe derselben wird ein Modell, welches nur 2 Zähne enthält und um eine senkr. Achse drehbar ist, im Zahnkreise herum geführt. Die Einstellung des Modells auf verschiedene Zahnrad-Durchmesser usw. erfolgt von einer im Radmittel aufgestellten senkr. Säule aus, um welche ein die Modell-Achse tragender Support drehbar ist. Fig. 137, 138 stellen eine der Scott'schen Maschine ähnliche Räderform-Vorrichtung dar, wie sie neuerdings von der Chemnitzer Werkzeugmaschinen-Fabrik

vorm. Joh. Zimmermann eingeführt worden ist. An der mit *A* bezeichneten Stelle des Stössels wird das Zahnsegment befestigt. Das Heben und Senken erfolgt durch die Zahnstange *z* mit Trieb *t*. Andere neuere Maschinen sind diejenigen von Jackson¹⁾, Buckley & Taylor²⁾ und von Briegleb, Hansen & Co.³⁾

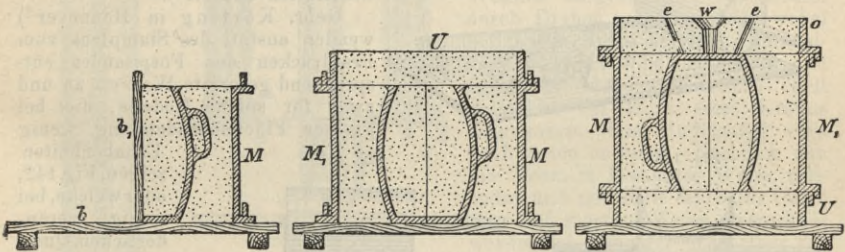
e. Kastenformerei.

1. Dies Arbeitsverfahren besitzt wegen seiner grossen Vortheile (S. 118) die weiteste Ausbreitung. Der Kastenguss eignet sich vorzüglich für die meisten Konstruktions-Theile der Bau- und Maschinenfächer usw., z. B. für auf beiden Seiten gerippte Platten, Träger aller Art mit kreuzförmigem, Γ förmigem auch kastenartigem Querschnitt, ferner Räder, Riemenscheiben, Rollen oder dergl., Gefässe mit geschlossenem Boden, hohle Säulen, Röhren und Walzen, endlich Dampf- und Pumpen-Zylinder usw.

Das Formmaterial ist Sand und Masse, selten Lehm. Sandformen werden weniger fest gestampft als Masseformen, weil für erstere besonders Durchlässigkeit, für letztere Festigkeit erzielt werden muss. Es ist aber zu beachten, dass zu loses Stampfen der Sandformen die Gefahr des Treibens, d. i. einer Vergrößerung der Form unter dem statischen Drucke des flüssigen Metalls erhöht, während bei zu festem Stampfen ein Kochen des Metalls, in Folge zu geringer Durchlässigkeit der Form zu befürchten steht. In der Regel wendet man bei der Kastenformerei Modelle an, Schablonen sehr selten und gewöhnlich nur bei Lehmformen.

Ein Beispiel des Verfahrens ist in den Fig. 139 — 141 dargestellt.

Fig. 139—141.



Es betrifft das Einformen eines Henkeltopfes. Das Modell besteht aus 2 symmetrischen Haupttheilen und dem ebenfalls getheilten Henkel, der Formkasten aus Ober- und Unterkasten *O* und *U* und 2 symmetrischen Mittelkästen *M* und *M*₁. Zuerst wird die eine Hälfte des Modells, Fig. 139, auf das Modellbrett *b* gestellt und durch ein senkr. stehendes Formbrett *b*₁ seitlich begrenzt; dann wird eine Hälfte eines Mittelkastens aufgestellt und, während man den Henkel so lange stumpf an das Modell hält, bis er festsitzt, mit Sand ausgestampft. Nachdem darauf das Formbrett entfernt, die andere Hälfte des Modells, desgl. des Mittelkastens aufgestellt und letzterer ausgestampft worden ist, wird die Oberfläche des Sandmantels beider Kästen dünn mit Ziegelmehl oder scharfkantigem, groben Sande bestreut, der Unterkasten aufgesetzt, Fig. 140, und, ebenso wie das Topfinnere, mit Sand ausgefüllt. Sodann werden bis zum Topfboden reichende Luftlöcher gestochen und die derart vorbereiteten Formtheile mit Hilfe eines Modellbrettes um 180° gewendet, so dass sie in der Lage nach Fig. 141 erscheinen. Auf die vorher zu besandenden Mittelkästen wird endlich der Oberkasten, in welchem die Modelle *e* für den Einguss und *w* für die Windpfeife — zum Ablassen der Luft — eingeformt sind, aufgesetzt. —

¹⁾ Dinglers Polyt. 1882, Bd. 246, S. 169.

²⁾ Revue industr. 1884, S. 315.

³⁾ D. R.-P. 28 591 vom 26. Febr. 1884.

Nachdem die Kastentheile in bestimmter Reihenfolge auseinander genommen, die Modelltheile ausgehoben und die Formen nöthigenfalls ausgebessert worden sind, werden die Sandformen, gewöhnlich aus Staubbeuteln, mit Kohle bestäubt (S. 116). Sie sind dann zum Zusammensetzen fertig, falls nicht vorher noch etwaige Kerne — natürlich fertig getrocknete — einzulegen und zu befestigen sind. Masse- und Lehmformen werden vor dem Trocknen mit Schwärze bepinselt.

Beim Guss grosser Stücke ist oft zu befürchten, dass durch den Auftrieb der flüssigen Masse der Zusammenhang des Formkastens gelockert werden könne. In solchen Fällen beschwert man den Kasten in ausreichender Weise mit Roheisen-Barren oder besonders dazu bestimmten Beschwerungs-Eisen.

2. Das beschriebene Einspannen und Wenden des Unterkastens verursacht bei grösseren Kästen oft Schwierigkeiten, weshalb man grosse Sandformen manchmal nicht durch Aufstampfen über dem Modell, sondern wie, im Herde, durch Einklopfen des Modells von oben herstellt. In vielen Fällen lässt man den Unterkasten ganz fort und setzt an seine Stelle den Herd, in welchem dann nach dem Modell oder der Schablone geformt werden kann.

Will man viele 2theilige Modelle neben einander gemeinschaftlich in einem Kasten formen, so bedient man sich zweckmässig der sogen. Modellplatten, auf welchen die Modelle befestigt werden, so dass man sie nach erfolgtem Einformen alle mit einem male aus der Form heben kann. Man hat entweder 2 Modellplatten, je eine für Ober- und Unterkasten, oder nur eine,

welche auf der einen Seite die Modellhälfte für den Unterkasten, auf der andern Seite diejenige für den Oberkasten enthält!).

Gebr. Körting in Hannover²⁾ wenden anstatt des Stampfens zum Festdrücken des Formsandes entsprechend geformte Walzen an und zwar für solche Modelle, die bei grosser Flächenausdehnung wenig

Erhabenheiten zeigen, Fig. 142, oder welche, bei wenig veränderlichem Querschnitt, eine lang gestreckte Gestalt haben, z. B. Röhren,

Fig. 142.

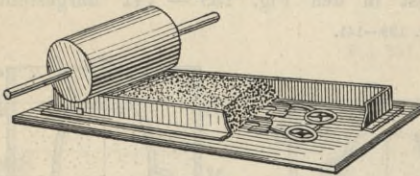


Fig. 143.

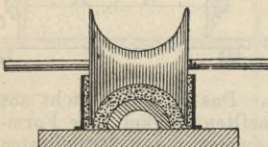
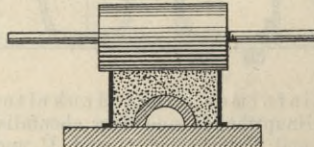


Fig. 144.



Träger, Säulen, Fig. 143, 144. Die Figuren veranschaulichen das Verfahren in genügendem Maasse. Ersichtlich ist, dass die vortheilhafte Anwendbarkeit desselben auf eine nur kleine Anzahl von Gegenständen beschränkt ist.

3. Die Röhrenformerei bildet einen hoch wichtigen Zweig des Eisen-giesserei-Betriebes. In den 60er Jahren formte man auf dem Festlande die Röhren noch in einem gewöhnlichen, wagrecht liegenden, 2theiligen Formkasten über einem gusseisernen Modelle, legte auch den Kern in wagrechter Lage ein und brachte erst die fertige Form in senkrechte Stellung, um den Guss, zur Erzielung genügender Dichtigkeit, stehend auszuführen, während schon in den 40er Jahren in England die Röhren senkrecht in einem zylindrischen Kasten geformt und auch in dieser Stellung gegossen wurden. Das englische Verfahren³⁾ wurde zuerst in Frouard bei Nancy⁴⁾ ausgebildet und ist seitdem Gemeingut aller Röhren-Giessereien geworden.

1) Wollnough & Dehne. D. R.-P. No. 1391, 8669 u. 15271.

2) D. R.-P. 29 840. — Ferner: Neues Formverfahren. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1885, I., S. 10.

3) Dinglers Polyt. Journ. Bd. 104, S. 245; Bd. 137, S. 12; Bd. 140, S. 272; Bd. 176, S. 284. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenw. i. preuss. Staate. Bd. 12, S. 324.

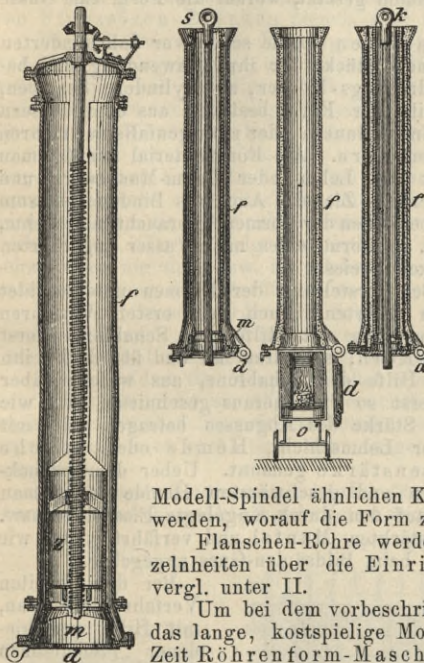
4) Dinglers Polyt. Journ. Bd. 189, S. 310. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenw. i. preuss. Staate. Bd. 15, S. 237.

Das heute geübte Verfahren wird durch die Fig. 145—147 erläutert. Fig. 147 zeigt den Formkasten mit eingesetztem Modell, Fig. 146 die im Trocknen begriffene Form, Fig. 147 die zum Gusse fertige Form mit eingesetztem Kern. Das gusseiserne (sauber gedrehte) Modell besteht aus 2 Theilen, dem Muffenstück *m* und dem zylindrischen Stücke, welche beide, genau in einander passend, auf einer schmiedeisernen Spindel *s* befestigt und mit Hilfe der letzteren eingesetzt und ausgehoben werden. Das Modell und der später, mitsammt seiner Kernspindel, einzusetzende Kern *k* stützen sich auf den Deckel *d* des Formkastens, welcher zum Abnehmen oder Aufklappen eingerichtet ist, Fig. 146. Bei kleinen Röhren legt man die Muffe einfacher nach oben.

Die Ansichten darüber, ob für die Güte des Muffentheils das Giessen mit nach unten oder nach oben gekehrter Muffe vorzuziehen sei, sind noch getheilt. Von Einfluss auf die Entscheidung dieser Frage sind auch die besondere Beschaffenheit des Giesserei-Roheisens und die technischen Einrichtungen des Giesshauses.

Fig. 148.

Fig. 145—147.



Ob die Muffe beim Giessen am oberen oder untern Ende der Röhre belegen ist, immer wird das Modell mit einer entsprechenden Verlängerung versehen, welche als Einguss dient. Der Formkasten *f* besteht aus 2 sorgsam mit einander verdübelten, auseinandernehmbaren Halbzylindern.

Beim Formen verfährt man wie folgt: Die Form wird zwischen dem Modell und den Formkastenwänden ausgestampft, das Modell durch Drehen um seine Axe, wobei ein langer Hebel durch das Spindelaug gesteckt wird, gelockert und darauf der obere zylindrische Theil desselben mit Hilfe eines Krahns ausgehoben. Das Muffenstück wird nach unten entfernt. Nachdem nun die Form in bekannter Weise vollendet und mit Hilfe fahrbarer Oefen oder auf sonstige Weise getrocknet worden ist, kann der über einer der

Modell-Spindel ähnlichen Kernspindel angefertigte Kern eingesetzt werden, worauf die Form zum Gusse fertig ist¹⁾.

Flanschen-Rohre werden in derselben Weise gegossen. Einzelheiten über die Einrichtung einer Röhren-Giesserei vergl. unter II.

Um bei dem vorgeschriebenen Verfahren der Röhrenformerei das lange, kostspielige Modell zu ersparen, hat man in neuerer Zeit Röhrenform-Maschinen in Gebrauch genommen, deren Grundidee darin besteht, dass ein kurzes Modellstück *z* mit Hilfe einer Schraubenspindel im Formkasten empor gewunden wird, sobald der Raum zwischen ihm und dem Formkasten ausgestampft worden ist, Fig. 148. Schraubenspindel und Modell sind durch Blechumhüllung gegen Verunreinigung geschützt.

Mechanische Stampf-Vorrichtungen haben sich bei der Röhrenformerei nicht bewährt.

f. Freie Formerei.

Nach diesem Verfahren werden geschlossene Formen ohne Anwendung von Formkästen, jedoch, zur Erzielung der nöthigen Festigkeit der Form, mit Hilfe

¹⁾ Vergl. auch Stühlen, D. R.-P. No. 8600. Desgl. Königl. Hüttenamt Gleiwitz D. R.-P. No. 15 674. Ferner Kleinstüber; Verfahren von Kudliez zur Herstellung gusseiserner Röhren Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 290; mit Abbildg.

von Rüstungen, als Eisen- und Mauerwerk, Gips u. dgl., in der Regel aus Lehm hergestellt. Auch das Verfahren zur Anfertigung von Lehmkernen ohne Hilfe eines Kernkastens durch Drehen oder Ziehen von Schablonen (S. 118) rechnet man hierher. Schablonen werden überhaupt regelmässig angewendet insbesondere bei Herstellung von grossen Bildsäulen, welche die Rüstung eines blossen Formkastens nicht mehr zulassen, Modelle nur in seltenen Fällen.

Beim Bildsäulen-Guss verfährt man im allgemeinen wie folgt: Ueber dem — vom Bildhauer gelieferten — Gipsmodell stellt man den Mantel, d. i. die Form, in so vielen Theilen her als nöthig, damit jeder Formtheil sich bequem abheben lässt. Eine umgegossene Gipschülle verleiht der Form die nöthige Steifigkeit. Ist das Gussstück inwendig hohl, so benutzt man den wie vor dargestellten Mantel als Kernkasten, indem man zuvor seine Theile inwendig in einer solchen Stärke mit Thon auskleidet, wie sie der künftigen Metalldicke des Abgusses entspricht, sie zusammen fügt und den Kern darin formt. Hierauf wird der Mantel wieder in seine Theile zerlegt, die Thonfütterung beseitigt und er endlich um den Kern wieder zusammen gesetzt, worauf die Form zum Gusse fertig ist.

Die freie Formerei mit Schablonen wurde schon vor Jahrhunderten beim Glockenguss usw. geübt. Geeignete Stücke für ihre Anwendung sind besonders grosse hohle, oder volle Umdrehungs-Körper, als Zylinder, Scheiben, Ringe, Glocken usw. Die Haupttheile der Form bestehen aus dem äussern abnehmbaren Mantel, welcher aus einem Ganzen oder nöthigenfalls aus mehreren Theilen besteht, und dem innern festen Kern. Als Formmaterial benutzt man fast nur Lehm oder Lehm-Mauerwerk und feuerfeste Ziegel. Auch als Bindemittel zum Ueberziehen der Formen gebraucht man Lehm, u. z. in Form eines mit Wasser angerührten dicken Breies.

Bei Herstellung der Formen unterscheidet man 2 Arten. Nach dem ersten Verfahren formt man mit Hilfe der Schablone zuerst den Kern, schwärzt ihn und überdeckt ihn mit Hilfe der Schablone, aus welcher aber vorerst so viel heraus geschnitten ist, wie die Stärke des Abgusses betragen soll, mit einer Lehmschicht, Hemde oder falsche Eisenstärke genannt. Ueber dem getrockneten und geschwärzten Hemde formt man darauf den durch eingelegte Eisenstäbe usw. verstärkten Mantel und verfährt weiter wie vor beim Bildsäulen-Guss angegeben.

Bei dem zweiten Verfahren formt man, mit Hilfe verschiedener Schablonen Kern und Mantel je für sich, voraus gesetzt, dass die Form ohne Theilung des Mantels möglich ist und setzt sie zusammen. Theile, welche sich durch Schablonen nicht

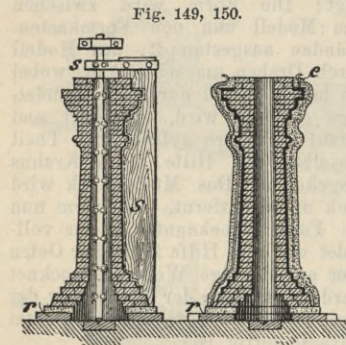
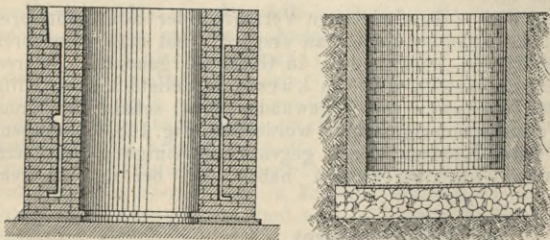


Fig. 151, 152.



formen lassen, werden als Modelle in Holz, Metall, Wachs oder dgl., je nachdem sie vorspringend nach aussen oder innen erscheinen sollen, entweder auf das Hemde gesetzt oder in den Kern gedrückt.

Die in Fig. 149, 150 gezeichnete Herstellung des Kerns und des Mantels für die Form einer starken Säule nach dem ersten Verfahren bedarf keiner besonderen Erläuterung.

Fig. 151 stellt die Einformung eines Gebläse-Zylinders nach dem zweiten Verfahren dar.

Das Auseinandertreiben freier Formen lässt sich nicht wie beim Kastenguss durch Beschwerung (S. 124) verhüten. Man schützt daher solcher Gefahr ausgesetzte freie Formen dadurch, dass man sie entweder von vorn herein in einer sogen. Dammgrube anfertigt oder später dort einstellt und durch Umstampfen mit Sand sichert. Unter einer Dammgrube, Fig. 152, versteht man eine vor Erdfeuchtigkeit geschützte Vertiefung von zylindrischer oder prismatischer Form im Flur des Giessraumes. Sie erhält gewöhnlich eiserne oder gemauerte Ummantelung und dient ausser zu vorgenanntem Zwecke auch für die Aufstellung von Formen grösserer Höhe. Jede grössere Giesserei pflegt mindestens eine Dammgrube von etwa 3—4 m Durchm. bei etwa 4 m Tiefe zu besitzen.

g. Beständige Formen; Schalen für Hartguss.

1. Die gusseisernen oder gussstählernen Formen, welche zur Herstellung von Flusseisen-Blöcken dienen, sind bereits S. 107 erwähnt worden.

Für die Zwecke der Eisengiesserei benutzt man gusseiserne Formen-Schalen — Coquillen — um den sogen. Hartguss herzustellen, ein Verfahren, welches sich auf die Eigenschaft gewisser Roheisensorten, bei rascher Abkühlung mit weisstrahliger Bruchfläche zu erstarren (S. 70), gründet. Weil die eisernen Wände der Form dem flüssigen Metall rasch die Wärme entziehen, so erhält das erkaltete Gussstück eine weisstrahlige harte Kruste und einen grauen, weichen Kern. In der Regel verlangen die Besteller, dass nicht die Gesamt-Oberfläche eines Stückes, sondern nur einzelne Theile desselben gehärtet seien, während die Möglichkeit einer Bearbeitung der übrigen Theile bestehen bleiben muss. Daraus folgt die Nothwendigkeit, Schalen in Sand-, Masse- oder Lehmformen nur da, bezw. an solchen Theilen eines Gegenstandes anzuordnen, wo eine Härtung der Oberfläche des Gusses erzielt werden soll.

Vor dem Gusse werden die Schalen angewärmt und, um ein Anbrennen durch das Metall zu verhüten, zweckmässig mit Graphit oder Oel eingerieben. Ueber die Wahl der Roheisensorten für Hartguss vgl. weiterhin.

2. Laufräder für Wagen erhalten nur eine gehärtete Lauffläche. Die Art ihrer Einformung ist aus Fig. 153 ersichtlich. Das Mittelstück *s* wird durch die gusseiserne, sauber ausgedrehte Schale gebildet, während Ober- und Unterkasten Sandformen enthalten. Sehr ausgebildet ist die Rädergiesserei in Nordamerika¹⁾.

Herz- und Kreuzungsstücke für Eisenbahnen brauchen nur an der Oberfläche der Schienenköpfe gehärtet zu sein. Fig. 154, 155 stellen ihre Einformung

Fig. 153.

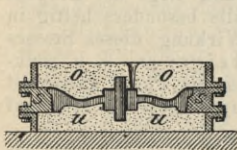


Fig. 154.

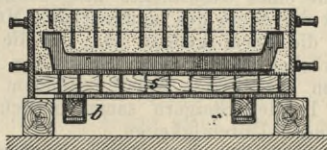
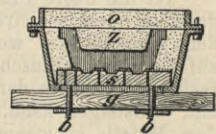


Fig. 155.



dar. Die gusseiserne Schale *s* ist mit vielen kleinen Oeffnungen für den Durchlass von Gasen und Dämpfen versehen und an der obern Seite dort, wo ein Halt für den Formsand zu bilden ist, mit zahlreichen gekrümmten Drahtstiften, welche bei der Herstellung der Schale gleich mit eingegossen werden, besetzt. Die gehobelten Flächen der untern Seite der Schale ruhen auf vorspringenden Formkasten-Leisten. Ausserdem ist die Schale mit 2 eingegossenen, schmiedeisernen Bügeln *b* versehen, welche dazu dienen, ihre genaue Lage mit Hilfe von Keilen und durchgesteckten Gusseisen-Balken zu erhalten.

¹⁾ Kupelwieser. Das Hüttenwesen usw. Amerikas 1877, S. 97. Dingler's Polyt. Journ. 1881. Bd. 242, S. 328.

Aehnlich wie die vorgeschriebenen Gegenstände werden Hartguss-Walzen und Hartguss-Geschütze eingeformt. Kleinere Hartguss-Gegenstände, z. B. Büchsen und Geschosse werden in ganz eisernen Formen gegossen.

h. Einfluss der Form und ihrer Stellung auf die Dichtigkeit des Gusses.

Die Beschaffenheit des Form-Materials, die Anordnung und Stellung der Eingüsse und Windpfeifen, sowie die Stellung der Form üben oft erheblichen Einfluss auf das Gelingen eines Gusses aus. Brauchbare Güsse sollen rein oder dicht sein, d. h. ihre Aussenfläche und ihr Inneres soll Hohlräume und fremde Eingemengsel — Schlacken oder Kohlenstückchen, losgerissene Formtheilchen, Garschaum (s. weiterhin) — nicht enthalten. Mangelhafte Durchlässigkeit des Form-Materials ruft blasigen oder undichten Guss hervor, als eine Folge des Einschlusses von Gasen und Dämpfen. Zu geringe Festigkeit des Form-Materials befördert die Wirkung des Treibens, und giebt ausserdem Veranlassung zum Losreissen von Formtheilchen, welche dann an anderer Stelle der Form erstarren und den Guss verunreinigen. Zu dick aufgetragene oder nicht fest haftende Ueberzüge der Form geben ebenfalls zu Verunreinigungen des Gusses, feuchte Ueberzüge dagegen zu Dampfbildung Anlass. Bei den Eingüssen kommt besonders ihr Querschnitt, sowie ihre Höhe und Lage in Betracht. Der Querschnitt muss während des Giessens stets ganz mit flüssigem Metall angefüllt bleiben. Im Einguss sammeln sich beim Giessen nämlich nicht allein alle vom flüssigen Eisen zufällig mitgerissenen fremden Körper, sondern es bilden sich daselbst immerwährend Oxyde. Sobald sich also der Einguss nur einen Augenblick leert, wird auch der Guss meistens misslungen ausfallen.

Der Querschnitt des Eingusses muss ferner so bemessen sein, dass die gegebene Menge des flüssigen Eisens mit angemessener Geschwindigkeit in die Form strömt. Der Einwirkung einer zu grossen Geschwindigkeit zeigt sich die Festigkeit der Form häufig nicht gewachsen; zu langsamer Guss wirkt schädlich, weil in diesem Falle erneute Oxydbildung des Metalls in der Form zu befürchten steht. Aus diesen Gründen pflegt man bei Formen von grosser Ausdehnung, bei verhältnissmässig geringen Stärken ihrer Theile, anstatt eines grossen Eingusses, mehre solche geringeren Querschnitts einzulegen.

Je grösser die Höhe h des Eingusses über der Form ist, desto stärker wirkt der statische Druck (D) des in ihm stehenden flüssigen Eisens auf die Wände der Form. Es ist $D = h \gamma = 0,00725 h$ auf 1 qcm Wandfläche, wenn γ das Gewicht von 1 cbcm flüssigen Roheisens vorstellt. Durch die Wirkung dieses Druckes auf das Metall wird die Dichtigkeit desselben vergrössert, in demselben Masse aber auch sein Bestreben in der Form zu treiben. Wie man der Wirkung des Treibens in der Kasten- und freien Formerei begegnet, ist auf S. 123 und S. 126 bereits besprochen worden.

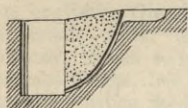
Ist die obere Fläche eines Gussstückes ausgedehnt und liegt der Einguss daselbst hoch, so wirkt der Stoss des einflussenden Metalls besonders heftig in dem Augenblicke, wo die Form gefüllt ist. Um die Wirkung dieses Stosses auf die Form abzuschwächen, bringt man häufig sog. Steiger an, d. h. senkrechte Kanäle, in denen das flüssige Metall, nachdem es die Form ausgefüllt hat, aufsteigen kann. In den Steigern sammeln sich ausserdem die etwa auf dem Metalle schwimmenden Unreinigkeiten.

Die Lage des Eingusses hat grossen Einfluss auf die Dichtigkeit des Gusses¹⁾. Der Einguss darf niemals an solchen Stellen einmünden, welche besonders dicht sein sollen, weil die Schwindungs-Hohlräume (S. 106) sich in der Nähe des Eingusses, wo das Metall in der Form am längsten flüssig bleibt, am leichtesten bilden. Den Einguss oben auf die Gussform zu setzen, ist nur zulässig, wenn das flüssige Metall bei dieser Art seiner Einströmung keine Beschädigungen der Form herbeiführen kann; nöthigenfalls versetzt man den Einlauf seitlich, tiefer oder, bei einer hohen Form, an den Boden derselben. In letzterem Falle steigt das flüssige Metall in der Form — steigender Guss (S. 110) — ein Umstand, welcher die Erzeugung eines reinen, dichten Gusses

¹⁾ Schneider. Vorrichtung zur Herstellung dichter Gussstücke durch besonders angelegte Einguss-Trichter. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 232.

wesentlich fördert, einerseits weil den in der Form enthaltenen Gasen das Entweichen nach oben erleichtert wird und andererseits weil auch mit dem Metall schwimmende Verunreinigungen, Oxyde u. dgl. zu Stellen geführt werden können, wo sie dem Gusse später nicht schaden. Solche Stellen schafft man sich meist künstlich durch einen später abarbeitenden Anguss, den sogen. verlorenen Kopf, ein Verfahren, das bereits bei Besprechung des Giessens von Flussisen-Blöcken Erwähnung fand.

Fig. 156.



Windpfeifen, (Fig. 141, S. 123), welche zuweilen angewendet werden, sind schräg gerichtete Kanäle, welche, wie die Eingüsse, mit Hilfe eines Modells eingeformt werden. Damit sie ihren Zweck, Luft auszulassen, erfüllen, setzt man sie an solche Stellen, welche vom flüssigen Metall zuletzt erreicht werden.

Von bedeutendem Einfluss auf die Güte des Gusses ist die Stellung der Form. Wenn z. B. vorzugsweise eine bestimmte Seite eines Gusstückes — weil sie bearbeitet oder stark beansprucht werden soll, Verzierungen trägt usw. — besonders dicht ausfallen soll, so wird man versuchen, die Form so einzurichten, dass jene Seite eine unten liegende wird. Unten liegende Seiten des Gusses sind nämlich regelmässig dichter als die obern, weil verunreinigende Körper, Gas und Luftblasen usw. spezifisch leichter sind als das flüssige Metall und daher in letzterm oben zu schwimmen streben. Lange Gusstücke als Röhren, Säulen, Zylinder, Walzen oder dgl. formt und giesst man aus demselben Grunde stehend und bringt einen verlorenen Kopf (Fig. 151, S. 126) an, in welchem sich die vorerwähnten Unreinigkeiten sammeln.

Säulen pflegt man häufig nicht ganz senkrecht stehend, sondern halb liegend mit etwa um $10-20^{\circ}$ gegen den Horizont geneigter Axe zu giesen.

i. Anfertigung von Modellen für Gusstücke.

Das herzustellende Stück muss so geformt werden, dass es mindestens eine Fläche aufweist, die wo möglich eine Ebene ist, auf welcher projiziert alle Kanten des Stückes Linien ergeben, die in der Zeichnung sichtbar sind. Besser ist es noch, wenn mehre solche Flächen bezw. Ebenen, welche der Modelltschler als Trennungs-Flächen für sein Modell wählt, angebracht werden können. Erwünscht ist es, nur eine Trennungsfläche zu erhalten; bei groben Stücken muss man immer eine solche zu erhalten suchen. Bei Kunstguss ¹⁾ — d. h. Stücken, bei welchen es hauptsächlich auf feine, scharf ausgeprägte Formen ankommt — wird es oft nicht zu vermeiden sein, neben der Haupt-Trennungsfläche noch mehre kleinere anzulegen. Nöthigenfalls bleibt auch das Auskunftsmittel der Herstellung getrennter Theile, z. B. solcher, die mit dem Hauptstück zusammen hängend, sog. Unterschneidungen oder dergl. geben, und Verbindung derselben mit dem Hauptstück durch Kitten oder Schrauben.

Höhlungen von einfachen Umdrehungs-Körpern verursachen beim Guss keine erheblichen Schwierigkeiten; gewundene oder verzettelte Hohlräume machen indess den Guss theuer, weil er leicht misslingt; auch benachtheiligen sie seine Güte. Zahlreiche kleine Löcher werden, besonders wenn es auf Genauigkeit ihrer Lage ankommt, besser nicht durch den Guss erzeugt, sondern nachträglich durch Bohren.

Im übrigen kommt es bei allen vorstehend gegebenen Regeln darauf an, wie oft ein Stück gegossen wird. Je öfter der Guss wiederholt werden muss, um so weniger Strenge ist bei der Formgebung des Gusstückes anzuwenden nöthig. Je massiger das Stück, je gleichmässiger seine Wandstärken, bezw. seine Massen vertheilt sind, desto besser wird der Guss ausfallen. Schwache Verbindungs-Stege zwischen massigen Theilen reissen leicht ab oder bekommen im Entstehen unauffindbare Spannungen, welche später den Bruch des Gusstückes herbei führen können.

Die Wandstärke der Stücke darf mit Rücksicht auf die Möglichkeit der Herstellung, des Transportes, der Bearbeitung usw. nicht zu gering bemessen

¹⁾ Eisen-Kunstguss. Metallarbeiter 1884, No. 3083 u. Zentralbl. d. Bauverwaltung. 1884, S. 64.

werden; grobe Gussstücke sollten nicht unter 8—10 mm Wandstärke haben; tragende Säulen nicht unter $\frac{1}{10}$ des Durchmessers. Einfache Massen-Gegenstände, welche keine grosse Last aufzunehmen haben und nicht bearbeitet werden, z. B. kleine Gefässe, Abflussröhren, Oefen usw. können mit Wandstärken von 3—6 mm hergestellt werden. Röhren, die keinen nennenswerthen innern Druck auszuhalten haben, müssen z. B. mindestens erhalten:

bei 50 mm Durchm.,	2,0 m Länge	. 7,0 mm Wandst.
„ 150 „ „	3,0 „ „	. 9,5 „ „
„ 300 „ „	3,5 „ „	. 11,0 „ „
„ 500 „ „	4,0 „ „	. 12,0 „ „ ¹⁾

II. Eisengiesserei.

Ueber die Bedingungen für die Lieferung brauchbarer Gussstücke vergl. unter D.

a. Wahl der Roheisen-Sorten.

1. Die Gattirung verschiedener Marken beim Umschmelzen (S. 76) ist nicht allein vortheilhaft, sondern in den meisten Fällen, namentlich dann, wenn viel Brucheisen verarbeitet wird, eine Nothwendigkeit. Die Art und Weise der Gattirung ist je nach der Darstellungsweise, der Eigenart des Werkes und den vielseitigen Anforderungen, welche an die Beschaffenheit der Erzeugnisse gestellt werden, so sehr verschieden, dass dazu hier nur die hauptsächlichsten allgemeinen Regeln angedeutet werden können. Zunächst ist der Einfluss fremder Beimengungen des Roheisens in Betracht zu ziehen.

Phosphor beeinträchtigt die Elastizität und Festigkeit des Roh- und Gusseisens; Roheisen mit mehr als 1,5 % Phosphor sollte daher nie anders, als durch Gattirung mit phosphorärmeren Marken verarbeitet werden. Dagegen erniedrigt Phosphor die Schmelzhitze, macht das Eisen dünnflüssig, so dass es die Form scharf ausfüllt und mit glatten Oberflächen erstarrt. Aus diesem Grunde ist für manche Erzeugnisse ein Phosphorgehalt (unter 1 %) erwünscht.

Schwefel erzeugt zum Theil entgegen gesetzte Wirkungen als Phosphor (S. 3). Derselbe begünstigt die Entstehung weissen, kohlenstoffarmen Roheisens und macht das Eisen, selbst in höhern Hitzeegraden, dickflüssig. Soll das Roheisen Formen mit geringen Querschnitten voll ausfüllen, so darf sein Schwefelgehalt nicht über etwa 0,05—0,06 % steigen. Die Elastizität und Festigkeit des Gusseisens wird durch einen Schwefelgehalt von 0,1—0,2 % nicht merklich beeinträchtigt; selbst das durch seine Festigkeit berühmte schwedische Holzkohlen-Roheisen enthält mitunter über 0,1 % Schwefel.

Ueber den Einfluss von Mangan und Silicium ist S. 70, 71 zu vergleichen.

Ein grösserer Mangangehalt (etwa über 1 %) macht das Gusseisen hart und spröde, vermehrt das Schwinden und die Neigung zur Gasentwicklung. Ein entsprechender Siliciumgehalt kann die schädlichen Einflüsse des Mangans mindern (S. 71).

2. Meistens werden Gusswaaren verlangt, welche vollständig graue Bruchfläche zeigen und durch schneidende Werkzeuge leicht zu bearbeiten sind; zu ihrer Erzeugung bedarf man eines Roheisens, das nicht an Garschaum-Bildung leidet, die Formen, selbst in den dünnern Querschnitten voll ausfüllt, mit glatten Oberflächen erstarrt, eine mässige Festigkeit besitzt, möglichst frei von Gasen ist und wenig schwindet. Ein Roheisen, das nach dem Umschmelzen etwa 3,5 % Kohlenstoff, 1,5—2 % Silicium, nicht über 0,7 % Phosphor, nur Spuren von Schwefel und möglichst wenig Mangan enthielte, würde vorgenannten Anforderungen am besten genügen.

Die als Zusatz zum Brucheisen in den Giessereien bislang so beliebten bessern schottischen Marken (Langloan, Coltness, Gartsherry u. a. m.) zeigen bei mässigem Mangangehalt (1—1,5 %), hohen Siliciumgehalt (2,5—4 %), weshalb schon ein verhältnissmässig geringer Zusatz derselben genügt, um das

¹⁾ Westendarp. Die Bestimmung der Wandstärken gusseiserner Röhren. Zeitschr. d. hann. Archit. u. Ingen. Ver. 1872, S. 495 und Wertheim. Das Röhrennetz der Wiener Hochquellen-Leitung, Leipzig 1872.

Brucheisen beim Umschmelzen vor der Gefahr des Weisswerdens zu schützen. Auch deutsche Hochofenwerke — Hörde, Gutehoffnungshütte in Oberhausen, Main-Weserhütte in Lollar, Harzer Werke zu Blankenburg, Friedrich-Wilhelmshütte zu Mühlheim a. d. R. u. a. m. — haben im letzten Jahrzehnt die Erzeugung ähnlicher Marken (Kokesroheisen No. I.) mit grossem Erfolg betrieben¹⁾. Das englische Giesserei-Roheisen, welches in Cleveland in ungeheuren Mengen dargestellt wird, ist zwar von geringerem Werthe als das schottische und deutsche, wegen seiner grossen Billigkeit aber ein beehrter Rohstoff für viele deutsche Werke. Die bessern Marken desselben: Newport, Claylance, Clarence u. a. m. enthalten neben 2—3% Silicium 0,5—1% Mangan, so dass sie ein öfteres Umschmelzen, ohne weiss zu werden, ertragen. Der Phosphorgehalt (1,5%) giebt ihnen eine gewisse Leichtflüssigkeit, gleichzeitig aber auch grosse Sprödigkeit.

Für den Guss schwerer Stücke von gedrungener Form, welche sehr langsam abkühlen (S. 70) wird man, um eine übermässige Graphit-Ausscheidung und die damit zusammenhängende Auflockerung des Gefüges zu vermeiden, an Stelle des grauen Roheisens No. I. von einer silicium- und kohlenstoffärmeren Nummer zusetzen. Für Gegenstände von grosser Festigkeit und Zähigkeit sucht man eine möglichst phosphorfreie Gattirung zu erzielen, welche nicht mehr als etwa 3% Kohle, wenig Mangan und nur so viel Silicium (1—1,5%) enthält, als zur graphitischen Ausscheidung der Kohle erforderlich ist.

Bei Herstellung von Hartguss ist die Anwendung eines etwas manganhaltigen Roheisens, um die weissstrahlige Kruste zu erzielen, kaum zu umgehen (S. 70). Für Hartwalzen genügt ein Kohlenstoff-Gehalt von 2,7—3%¹⁾, bei 1% Mangan und 0,5% Silicium, für Laufräder und weniger schwere Theile etwa 3,0—3,2% Kohle, sowie je ein 1% Mangan und Silicium. Solche Mischungen erreicht man nöthigenfalls durch Zusatz von manganhaltigem Weisseisen (S. 72) oder von Eisenmangan (S. 73).

Die meisten Schwierigkeiten bereitet die richtige Mischung von Roheisenarten für den Guss von Gegenständen, welche starken, chemischen Einflüssen ausgesetzt werden sollen. Mit wachsendem Gehalt an gebundener Kohle — welcher gleichzeitig das Vorhandensein einer grösseren Menge von Mangan bedingt, um die Graphit-Ausscheidung zu erschweren — steigt zwar die Widerstandsfähigkeit des Gusses gegen derartige Einflüsse, ebenso aber auch seine Sprödigkeit, besonders seine Neigung bei Temperatur-Änderungen zu zerspringen. Festigkeit und Zähigkeit einerseits und Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse andererseits lassen sich daher bei einem und demselben Gussstücke schwer vereinigen. —

Wenn unbrauchbar gewordene Gussstücke, welche unter oxydirenden Einflüssen längere Zeit der Glühhitze unterworfen gewesen sind, als Roststäbe, Glühzylinder, Windheiz-Röhren u. dgl. — sog. Brandeisen — als Zusatz mit verschmolzen werden, ist besondere Vorsicht nöthig, damit nicht weisses, grelles Eisen (S. 72) erzeugt wird.

b. Das Giessen; Zentrifugal-Guss.

Die Nachteile der alten Betriebsweise des unmittelbaren Hochofengusses wurden bereits im geschichtlichen Theile (S. 33) erwähnt. Unmittelbar vergossenes Roheisen ist reich an Gasen und ungleich in seiner Beschaffenheit, weil ein Wechsel im regelmässigen Gange des Hochofens (S. 68) trotz aller Umsicht der Betriebsleitung manchmal nicht zu umgehen ist. Auch ist es häufig unbequem, kleine Mengen von Roheisen, wie sie der unmittelbare Guss gewöhnlich verlangt, täglich wiederholt aus dem Ofen zu entnehmen. Diese Schwächen des unmittelbaren Gusses machen sich um so bedeutsamer geltend, je grösser der Rauminhalt und die tägliche Leistung des Hochofens ist. Wo ein Hochofen mit Holzkohlen auf Erzeugung von grauem Roheisen betrieben wird, übt man zwar die althergebrachte Betriebsweise noch heute; beim Betriebe von Kokes- oder Steinkohlen-Hochöfen hat man sie jedoch meistens aufgegeben und unter-

¹⁾ Wachler. Vergleichende Qualitäts-Untersuchung rheinisch-westfälischen und ausländ. Giesserei-Roheisens. Berlin 1879. Sonderabdruck aus Ann. f. Gew. u. Bauw.

wirft das Roheisen, ehe man es zu Giesserei-Zwecken verwendet, einem Umschmelz-Verfahren (S. 67).

2. Das aus dem Schmelzofen entnommene flüssige Roheisen wird in der Regel in Giesspfannen aufgefangen, die nöthigenfalls mit Hilfe von Krabnen oder dgl. nach dem Giessraum befördert werden. Ausnahmsweise, besonders für den Guss grosser Stücke, welche in der Dammgrube eingegraben sind, benutzt man auch Gossen (Rinnen), welche das Stichloch des Ofens mit der Form unmittelbar verbinden und in denen der Strom des durchfliessenden Metalls mit Hilfe von Schütz-Vorrichtungen usw. geregelt werden kann.

Das flüssige Roheisen soll dem Schmelzofen derart erhitzt entströmen, dass man im Stande ist, mit ihm selbst die feinsten Querschnitte der Formen vollständig auszufüllen. Es ist Sache des Giessers, für den Guss gröberer Gegenstände das Metall in den Pfannen ausreichend lange abstehen zu lassen, wobei behufs Bestimmung der Zeit die Farbe des flüssigen Metalls und das Aussehen seiner Oberfläche als Anhalt dienen müssen. Das anfangs dem Schmelzofen mit blendend weisser Farbe entströmende und mit einer Schicht von brennendem Wasserstoffgas bedeckte Metall wird allmählich gelblich-weiss und seine Gashülle verschwindet. Darauf beginnt auf der Oberfläche, während dieselbe unter der oxydierenden Wirkung der Luft mehr und mehr röthlicher und fleckiger erscheint, ein Spiel beweglicher Figuren, deren Gestalten mit der Art des Roheisens in ursächlichem Zusammenhange stehen. Das Spiel endet bei nahender Erstarrung des Metalls zuerst an den Rändern und beschränkt sich endlich nur noch auf die mittleren, heissern Theile der Oberfläche. In diesem Augenblicke pflegt, selbst für gröbere Stücke, der richtige Zeitpunkt für den Guss gekommen zu sein; nur für sehr schwere Stücke wartet der Giesser noch den Eintritt deutlich rother Farbe unmittelbar vor der Erstarrung ab.

3. Das flüssige Roheisen verhält sich beim Giessen wie das Flussmetall, nur mit dem Unterschiede, dass sowohl die Erscheinungen des Schwindens und der Gasentwicklung beim Flusseisen stärker auftreten (S. 106). Die Mittel zur Erzielung dichter Güsse gestalten sich in der Eisengiesserei deshalb einfacher als bei Herstellung von Stahlformguss und beschränken sich hauptsächlich auf:

- 1) passende Wahl der Roheisen-Sorten,
- 2) Vermeidung der Ueberhitzung des flüssigen Metalls, da die Schwindung usw. mit der Zunahme der Schmelzhitze wächst,
- 3) Anwendung des sogen. verlorenen Kopfes, d. h. eines nachträglich durch mechanische Bearbeitung zu entfernenden Gussstück-Ansatzes von solcher Form und Grösse, dass innerhalb desselben das flüssige Metall später als in dem eigentlichen Gussstücke erstarrt, und
- 4) vorsichtige Regelung der Abkühlung des erstarrenden Gussstückes, um die in Folge der Schwindungs-Einflüsse etwa entstehenden Spannungen allmählig auszugleichen.

Wie ausserdem zweckmässige Einrichtung und Stellung der Form auf die Erzielung eines dichten Gusses förderlich wirkt, wurde schon oben erläutert.

Ehe der Guss beginnt, und so weit möglich, auch während des Giessens, wird die Oberfläche des Metalls mit Hilfe geeignet geformter Stangen oder dgl. sorgfältig von allen dort schwimmenden fremden Körpern gesäubert.

Auf die Nothwendigkeit, den Einguss der Form während des Giessens stets gefüllt zu erhalten, ist bereits S. 128 hingewiesen worden. Durch eine Unterbrechung des Strahls kann sogen. Kaltguss hervorgerufen werden, indem sich auf den getrennten Oberflächen eine oxydierende Schicht bildet, welche später als eine unganze Stelle des Gussstücks erscheint.

Damit das Metall nicht allzu beschleunigt in die Form falle, pflegt man wohl die darin enthaltene Luft anfänglich zurück zu halten, was dadurch geschieht, dass man die Windpfeifen, bis zur nahezu vollendeten Füllung der Form, je durch eine lose aufgelegte Thonkugel verschlossen hält. Nach Entfernung der Kugeln steigt dann das Metall auch in die Windpfeifen. Die aus der Form tretenden Gase werden sofort unschädlich gemacht, indem man sie durch Anhalten eines glühenden Spahns oder dergl. anzündet.

4. Will man Umdrehungs-Körper mit senkr. Axe und besonders dichter Oberfläche giessen, so ordnet man häufig den Einguss tangential zur Form an. Dann geräth das flüssige Metall, indem es in der Form steigt, in kreisende Bewegung, wobei die schwereren (dichteren) Bestandtheile der Metallsäule unter der Wirkung der Zentrifugalkraft an die Aussenfläche gedrängt werden. Es ist auch versucht worden, die nämliche Wirkung dadurch zu erzielen, dass man die Form selbst in drehende Bewegung um ihre senkrechte Axe versetzte. Das Verfahren nennt man Zentrifugalguss¹⁾. Hierher gehört auch das Verfahren von Whitley, bei welchem unter Benutzung der Zentrifugalkraft in sich drehenden feuerfesten Formen Flusseisen-Rohbleche gegossen werden²⁾.

Schwenk- oder Stürzguss nennt man das — selten geübte — Verfahren, einen hohlen Gegenstand ohne Anwendung eines Kerns zu giessen, indem man die Form nach erfolgtem Gusse, sobald das Metall an seiner Oberfläche genügend erstarrt ist, umkehrt und das noch im Innern befindliche flüssige Metall durch eine zweckentsprechend angebrachte Oeffnung wieder abfliessen lässt.

Ueber Gussstücke aus Schmiedeseisen nach dem Verfahren von Nordenfeldt s. Deutsche Industr.-Zeitg. 1886, S. 157.

c. Behandlung der Gussstücke.

Grössere Stücke, deren Gestalt die Entstehung schädlicher Spannungen erwarten lässt, verbleiben in der Regel mindestens bis zum Morgen des auf den Guss folgenden Tages in der Form. Besitzt das Gussstück neben schwächeren, einzelne stärkere, langsamer abkühlende Theile, so entfernt man von letzteren das Formmaterial, während man die schwächeren Theile bedeckt hält. Schalen-Gussräder bringt man in Nordamerika noch glühend in gemauerte zylindrische Kühlkammern, in denen je etwa 10 Räder mit senkrecht stehender Axe aufgeschichtet, vor starker Wärme-Ausstrahlung geschützt, 3 Tage aufbewahrt zu werden pflegen. Solche Kühlkammern erfüllen also eine ähnliche Aufgabe, wie die Ausgleichgruben für Blöcke (S. 108).

Das sogen. Putzen, d. h. die Reinigung der Stücke von anhaftendem Sande oder dergl., das Entfernen der Gussnähte oder Grate usw. geschieht sofort nach dem Erkalten. Das Abschlagen der Eingüsse erfolgt meistens schon, während das Gussstück noch glüht.

Zur Entfernung des Sandes, wenn derselbe nicht festgebrannt ist, benutzt man steife, pinselartige oder auch um eine wagrechte Achse sich drehende Drahtbürsten. Neuerdings kommt für die Zwecke des Putzens auch das von Tilghmann erfundene Sandstrahl-Gebläse in Anwendung. Miteiner Sandstrahl-Putzmaschine können etwa 80—120^{qm} Fläche in 1 Stunde sauber hergestellt werden³⁾.

Zum Abarbeiten der Gussnähte, des Grats oder dgl. benutzt der Putzer Hammer und Meissel, Feilen oder auch Schleifsteine bezw. Schmirmgelscheiben.

Das Angiessen oder Anschweissen von Gusseisen an Gusseisen wird zuweilen bei der Wiederherstellung gebrochener Gegenstände, z. B. des Zapfens einer grossen Walze oder dgl. geübt. Bei dieser Arbeit kommt es darauf an, die Bruchfläche metallisch rein zu erhalten und dieselbe durch starkes Anwärmen sowie durch anhaltendes Aufgiessen flüssigen Roheisens in dem Maasse zu erweichen, dass sie mit dem neuen Anguss eine genügend feste Verbindung eingeht. — Meister in der Kunst des Schweißens von Gusseisen sind die Chinesen, welche das Verfahren häufig für das Flicken von Töpfen anwenden.

Die vollständige Fertigstellung der meisten Gussstücke erfolgt ausserhalb der Giesserei in der Schlosserei und der mechanischen Werkstatt.

Gas- und Wasserleitungsröhren erhalten innen und aussen einen Asphaltüberzug, aus eingekochtem Steinkohlentheer mit Zusatz von Asphalt, auch wohl, um Dickflüssigkeit zu erzielen, von etwas gebranntem Kalk. Um diesen Ueberzug gut zu erhalten, muss vor dem Auftragen eine Erwärmung des Rohrs auf etwa 100^o C. stattfinden.

¹⁾ Näheres Dinglers Polyt. Journ. Bd. 153, S. 461; Bd. 176, S. 14. — Vergl. auch D. R.-P. No. 8416 von Taylor u. Wallis.

²⁾ Stahl und Eisen 1884, S. 296 u. 374.

³⁾ Sandstrahl-Gebläse: Dinglers Polyt. Journ. 1871. Bd. 201, S. 29; 1872, Bd. 206, S. 265; 1874, Bd. 212, S. 14, 524; 1880, Bd. 236, S. 258; Bd. 237, S. 77.

d. Temper-Guss; Temper-Eisen, schmiedbarer Guss und getemperter Stahlguss.

Litteratur.

Dürre. Bemerkungen über die Darstellung des schmiedbaren Gusses. Deutsche Industrie-Zeitung 1871. Nr. 36. — Dinglers Polyt. Journ. 1871, Bd. 202, S. 2C. — Forquignon. *Recherches sur la fonte malleable et sur le recuit des aciers. Annal. de chimie et de physique.* 1881. Ser. 5, Bd. 23, S. 433. — Rott. Fabrikation des schmiedbaren und Temper-Gusses. Deutsche Industr.-Zeitg. 1881, S. 442. — Getemperter Stahlguss. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884, I. S. 33. — Platz. Chemische Vorgänge beim Glühen und Tempern von Roheisen. Stahl und Eisen 1885, S. 471.

Das Verfahren, harte Gusswaaren durch Glühen und allmähliche Abkühlung weich zu machen, nennt man im allgemeinen Tempern. Es ist bereits sehr alt und findet sich zum ersten male in einem Werke von Réaumur¹⁾ beschrieben. Man verfolgt beim Tempern verschiedene Zwecke und erhält dem entsprechend verschieden beschaffene Erzeugnisse: Temperguss, Glühstahl oder Tempereisen und schmiedbarer Guss benannt.

1. Um aus grauem Roheisen gegossene Waaren, die in Folge zu rascher Abkühlung weiss und hart geworden sind, wieder in graues, der Bearbeitung fähiges Eisen, sog. Temperguss, zu verwandeln, wendet man das einfachste Verfahren an. Die Stücke werden in einen mit Holzkohlenstaub gefüllten eisernen Behälter — Blechbüchse oder gusseisernen Kasten — gepackt, darin verschlossen und mehrere Stunden der Glühhitze ausgesetzt. Dabei findet eine eigentliche chemische Beeinflussung nicht statt; es wird vielmehr, ohne dass sich der Gesamt-Kohlenstoff-Gehalt des Eisens ändert, nur ein Theil des gebundenen Kohlenstoffs in Graphit und dadurch das dichte, weisse Gefüge des Gusseisens in körniges, graues umgewandelt. Man beschränkt dies Verfahren meistens auf Gegenstände des unmittelbaren Hochofen-Gusses, da seine Anwendung beim mittelbaren Guss aus dem Kupolofen selten nothwendig wird.

2. Ein zweites von Tunner eingeführtes Verfahren bezweckt die Herstellung von leichtschmelzigem, niedrig gekohletem Zusatzstoff für die Tiegelstahl-Darstellung. Das unmittelbar dem Hochofen entnommene Roheisen wird zu dünnen, flachen Schienen ausgegossen und diese werden in gemauerte Kisten, ähnlich wie sie bei der Zementstahl-Bereitung (S. 89) Anwendung finden, zwischen grobkörnigem Sand oder Erzklein gebettet, verpackt. Durch Glühen der Kästen verwandelt sich das Gusseisen, indem sich sein Gehalt an gebundenem Kohlenstoff verringert, in sog. Glühstahl, den man aber zweckmässiger, weil sein Kohlenstoffgehalt erheblich tiefer als der des wirklichen Stahls liegt, Temper-Eisen nennt. Die Darstellung desselben wird zur Zeit nur vereinzelt (auf dem Eisenwerke Donawitz bei Leoben in Steyermark) betrieben.

3. Der eigentliche schmiedbare Guss entsteht, wenn man Gusswaaren durch Glühfrischen (S. 3) unter Anwendung chemischer Mittel derart temper, dass ihr Gehalt an gebundenem Kohlenstoff in Folge oxydirender Einflüsse verbrennt und sie in schmiedbares Eisen umgewandelt werden. Die Entkohlung bewirkt man durch Glühen mit Hammerschlag, Rotheisenstein, Braunstein, Zinkasche oder andere Sauerstoff abgebende Körper. Obwohl diese Körper anfangs nur unmittelbar auf die Oberfläche des zu tempernden Stückes einwirken, so erstreckt sich bei fortgesetztem Glühen ihr oxydirender Einfluss erfahrungsmässig auch auf das Innere, so dass man Gegenstände mit dünnen Querschnitten — und solche nimmt man vorzugsweise nur in Behandlung — durch und durch geschmeidig bzw. schmiedbar, auch schweisbar, erhalten kann. Viel kleine Maschinentheile für Nähmaschinen, Metallbearbeitungs- und landwirthschaftliche Maschinen usw., ebenso Schlüssel und Theile gewöhnlicher Schlösser, selbst Scheren und Messer niedriger Sorte usw. werden heute als schmiedbarer Guss hergestellt, weil das Schmieden und Pressen solcher Gegenstände aus schmiedbarem Eisen zu theuer zu stehen kommt. Es ist bei dieser Art des Temperns, wenn man brauchbare Waare erhalten will, Bedingung, weisses, mangan-, silicium- und phosphorfreies Roheisen zu verwenden, da beim Glühen sich nur gebundene Kohle verbrennen lässt. Graphit bleibt unbeeinflusst, auch Mangan,

¹⁾ *L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu* 1722. Desgl. auch: *Nouvel art d'adoucir le fer fondu et de faire des ouvrages de fer fondu aussi finis que de le fer forgé.* 1762.

Silicium und Phosphor können dadurch nicht entfernt werden. Gewöhnlich gattirt man mehre passende Roheisensorten um die Dickflüssigkeit und das Schwindvermögen usw. des weissen Roheisens möglichst unschädlich zu machen und schmilzt den Satz im Tiegel. Das Glühen geschieht in gusseisernen Töpfen von etwa 30 cm Durchm. und 50 cm Höhe, in welche die Stücke mit dem fein gepulverten und gesiebten Glühmittel eingebettet werden. Die durch einen mit Lehm verstrichenen Deckel sorgfältig verschlossenen Töpfe gelangen — etwa 30—50 an der Zahl — in einen gemeinschaftlichen, gewöhnlich mit Rostfeuerung, zuweilen auch mit Gasfeuerung eingerichteten Glühofen, wo sie auf Hellrothgluth erhitzt werden. Das Anfeuern, Glühen und Abkühlen des Ofens pflegt 5—8 Tage zu dauern. — Die geglühten Stücke werden nach dem Erkalten einzeln mit Hammer und Feile geprüft und wenn sie für gut befunden worden sind, geputzt. Zu harte Stücke müssen abermals getempert werden.

4. Getemperter Stahlguss ist ein Mittelding zwischen schmiedbarem Guss und Stahlformguss. Seine Herstellung besteht darin, dass alter Stahl und Stahlabfälle, in kleine Stücke zerschnitten, im Kupolofen mit Kokes geschmolzen und wie Roheisen in gewöhnlichen, schwach getrockneten Sandformen vergossen werden. Die Gusswaren werden in feuerfeste Kisten, mit Rotheisenstein-Pulver umgeben, verpackt und in Oefen getempert. Der so erhaltene Stahl-Temperglass besitzt bedeutende Vorzüge. Er ist sehr viel fester und zäher und auch billiger als schmiedbarer Eisenguss. Allerdings lässt seine Dichtigkeit häufig zu wünschen übrig. Zur Herstellung von Laufrädern für Grubenwagen findet der getemperte Stahlguss in einzelnen Ländern, besonders in Belgien, heute ausgedehnte Anwendung.

e. Hilfsmittel des Giesserei-Betriebes.

Fig. 157.

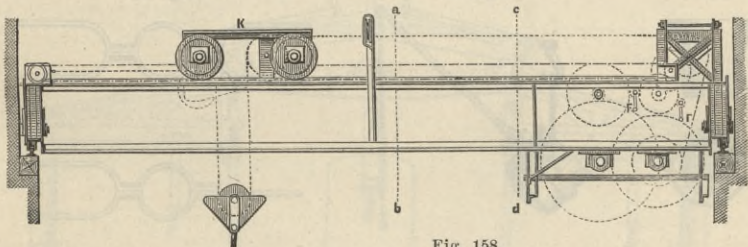
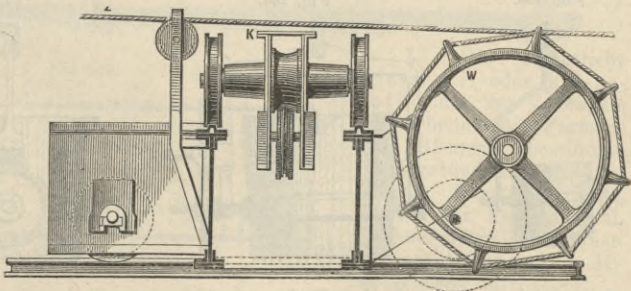


Fig. 158.

Zu Fig. 157—159.
K. Katze. r. Kurbel
der Winde, zur Be-
wegung der Katze.
— F. Kurbel zur
Lastwinde. — W.
Sprossenrad mit un-
gelegtem Seil für
die Bewegung des
Krahns.



Ausser Hammer- und Fallwerken zum Zerkleinern der Rohstoffe kommen die Krahnne zum Heben und Verbringen grosser Lasten, zunächst in Frage. Man unterscheidet fest stehende Drehkrahnne und Laufkrahnne.

1. In Giessereien dienen die Krahnne zum Heben und Verbringen von schweren Giesspfannen, Formen, Kernen und Kasten, sowie fertiger Gussteile. Ihr Betrieb erfolgt gewöhnlich durch Hand, selten durch Dampf, ausnahmsweise durch Wasserdruck. Beim mechanischen Betriebe erfolgt die Ueber-

tragung der Bewegung gewöhnlich mittels einer durchgehenden Welle oder durch rasch laufende Seile. Mit Rücksicht auf die Wärmestrahlung in der Giesserei ist es rathsam, Holztheile für die Krahne und sonstige Hilfsvorrichtungen zu vermeiden; kleinere hölzerne Drehkrahne für Handbetrieb sieht man trotzdem häufig. Laufkrahne werden nur ausnahmsweise unter Anwendung von Holz hergestellt.

Fig. 159.

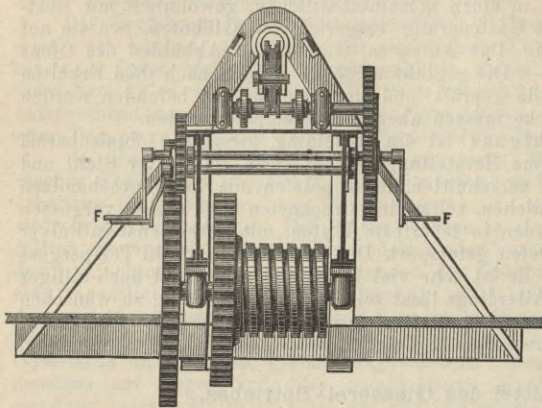


Fig. 160.

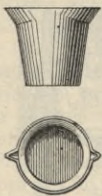


Fig. 161.

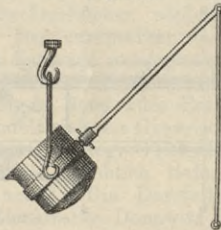


Fig. 162.

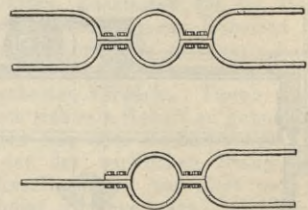


Fig. 163.

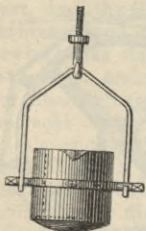


Fig. 164.

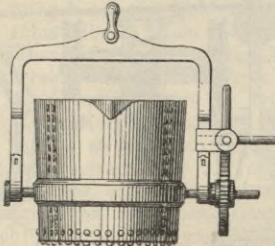
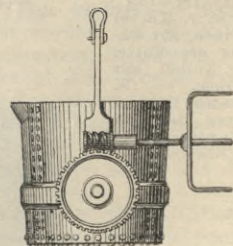


Fig. 165.



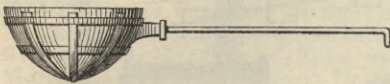
dient zugleich an ihren beiden Enden als Achse für die Laufräder des Trägers. Die Lastwinde, Fig. 159, enthält die Kurbelwelle *F*, sowie 2 Vorgelegswellen, eine Trommelwelle und die Leitrollen-Achse. Die Winde zum Fortbewegen der Katze enthält die Kurbelwelle *r*, eine Vorgelegswelle und eine Rollenachse für die zugehörige Kette ohne Ende.

2. Handpfannen oder Kellen, Fig. 160, werden zweckmässig aus Schmiedeeisen gefertigt und pflegen für einen Inhalt bis etwa 15 kg berechnet zu sein. Schmiedeeiserne oder gusseiserne Gabelpfannen, Fig. 161, fassen bis

etwa 100 kg. Sie haben ihren Namen von den sogen. Gabeln, Fig. 162, Geräthen, welche zum Tragen und Entleeren der Pfannen benutzt werden, wozu bei kleinern Pfannen 2, bei grössern 4—6 Arbeiter erforderlich sind.

Für über 100 kg wiegende Metallmassen bedient man sich der aus Kesselblech gefertigten Krahnpfannen, welche mit Hilfe der Krähne bewegt werden. Fig. 163 stellt eine kleinere Krahnpfanne dar, welche mit Hilfe von, auf sogen. Vierkante gesteckten Gabeln gekippt wird. Fig. 164 zeigt eine andere einfache Kippvorrichtung, Fig. 165 eine solche, bei welcher Schneckenrad-Bewegung in Anwendung kommt, für grosse Pfannen¹⁾.

Fig. 166.



Einfache gusseiserne Kipppfannen für einen Inhalt von 1,5—5 t pflegt man in solchen Giessereien zu verwenden, wo man fern von den Schmelzöfen grössere Stücke giesst, ohne dort im Besitz von Hebe- und Förder-Vorrichtungen zu sein. Die Pfannen erhalten, um sie vermöge des Stiels leicht mit der Hand kippen zu können, halbkugel- oder kalottenförmige Gestalt, Fig. 166.

f. Allgemeine Anlage der Eisen-Giesserei.

1. Jede vollständig eingerichtete Giesserei pfeht ausser dem Verwaltungs-Gebäude folgende räumlich von einander getrennte, gedeckte Arbeitsräume zu enthalten:

Fig. 167.

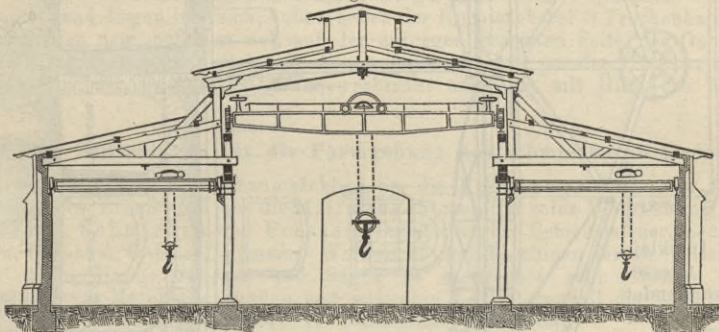
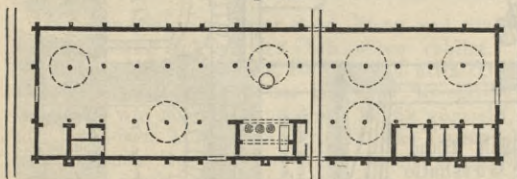


Fig. 168.



1. Die eigentliche Giesserei oder Giesshalle, das zur Vornahme der Arbeiten des Formens und Giessens bestimmte Hauptgebäude, Ofenanlagen, Gebläse, Trockenkammern, Mühlen für Formmaterial, Krähne, Betriebsmaschinen usw. enthaltend und von Arbeitsgleisen durchzogen;

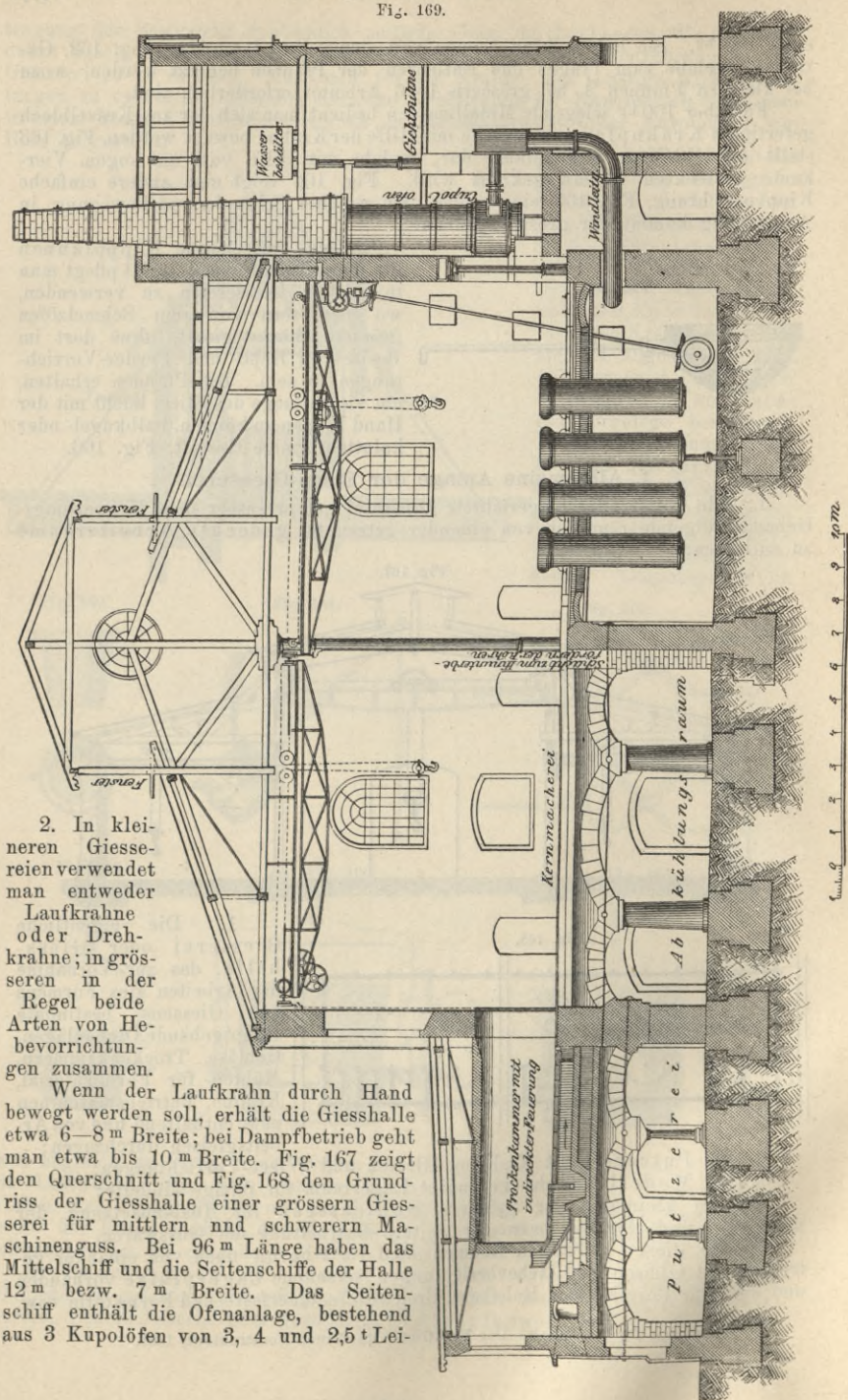
2. die Putzerei, mit Krähnen, Gleisen und Wiege-Vorrichtungen;

3. die Modell-Tischlerei nebst Lagerraum für fertige Modelle;

4. eine kleinere oder grössere Schlosserei für Instandsetzung der Werkzeuge und Geräte, bezw. für weitere Bearbeitung der Gusswaren.

Ausser diesen gedeckten Räumen sind im Freien noch von einander getrennte, mit Gleisen und Hebevorrichtungen versehene Lagerplätze vorhanden und zwar für Formkasten, Roheisen, Brennstoffe, feuerfeste und Formstoffe usw.

¹⁾ Giesspfanne für 7 t Inhalt. Der Praktische Maschinen-Konstrukteur, 1881.



2. In kleineren Giesereien verwendet man entweder Laufkräne oder Drehkräne; in grösseren in der Regel beide Arten von Hebevorrichtungen zusammen.

Wenn der Laufkran durch Hand bewegt werden soll, erhält die Giesshalle etwa 6—8 m Breite; bei Dampftrieb geht man etwa bis 10 m Breite. Fig. 167 zeigt den Querschnitt und Fig. 168 den Grundriss der Giesshalle einer grösseren Gieserei für mittlern und schwerern Maschinenguss. Bei 96 m Länge haben das Mittelschiff und die Seitenschiffe der Halle 12 m bezw. 7 m Breite. Das Seitenschiff enthält die Ofenanlage, bestehend aus 3 Kupolöfen von 3, 4 und 2,5 t Lei-

stung in der Stunde und einen Gichtaufzug neben dem vorbei führenden Gleis, ferner am rechten Ende die Trockenkammern, am linken die Meisterzimmer. Die 6pferdige Betriebs-Maschine nebst Kesselanlage, die Kupolöfen Gebläse und 2 Mühlen für Formstoffe sind ausserhalb der Halle in besonderen Räumen untergebracht. Im Mittelschiff arbeiten 2 Laufkräne von je 15^t Tragkraft, in den Seitenschiffen solche von je 3^t Tragkraft, sämtlich mittels rasch laufender Hanfseile betrieben. Ausserdem sind an 6 Säulen Drehkräne mit Handbetrieb angebracht, von denen einer eine Dammgrube von 4^m Durchm. bestreicht. Die Giesserei kann im Jahre etwa 4000^t Gusswaren mit Hilfe von etwa 150 Arbeitern erzeugen. Die Putzerei, welche gewöhnlich nur zum Putzen mittelgrosser Stücke benutzt wird, während grössere Stücke in der Giesshalle verputzt und verwogen werden, enthält nur einen leichten Krahn nebst desgl. Wage. Die allgemaine Lage der Giesserei auf dem Hochofenwerke der Georgs-Marien-Hütte zu Osnabrück ist aus Fig. 61, S. 75 zu entnehmen.

3. Fig. 169 zeigt den Querschnitt der im Jahre 1875 angelegten Röhren-Giesserei zu Gröditz bei Riesa, welche bei vollem Betriebe mehr als 5000^t Waren jährlich liefern kann. In dem von kräftigen Gewölben getragenen, mit Beton abgedecktem Fussboden der zum Formen und Giessen bestimmten einen Hälfte der Giesshalle befinden sich 9 rechtwinklig gegen die Längsseiten des Gebäudes gerichtete, parallele, durchgehende 8^m lange, 0,5 bis 1,5^m breite Schlitz zur Aufnahme der senkrecht aufgehängten Formkasten von verschiedenem Durchmesser. Ueber jedem Schlitz ist ein fester Krahnträger angebracht, auf welchem ein sogen. Rollkrahne von 10, bezw. 5 oder 2 $\frac{1}{2}$ ^t läuft. Die für die Kernmacherei bestimmte Hälfte der Halle ist nur mit einem einzigen durch Hand zu betreibenden Laufkrahne ausgerüstet. Den Formkasten-Schlitz entsprechend liegen in einem Anbau neben der Kernmacherei 8 Trockenkammern. 2 Kupolöfen usw. befinden sich auf der entgegen gesetzten Seite des Gebäudes. Die Giesspfanne wird mittels Wagens auf einem Gleis an der Längswand der Halle zur betr. Formkasten-Reihe verbracht und dort mit Hilfe des Krahns bewegt¹⁾.

III. Hilfsanlagen für die Formgebung des schmiedbaren Eisens.

Es handelt sich hier hauptsächlich um die Feuerungs-Anlagen zur Erhitzung des Eisens und um die Hilfsmaschinen für seine Verarbeitung durch Walzen, Schmieden und Pressen. Danach werden Schmiedefeuer, Schweissöfen, Glühöfen, Gebläse, Hämmer, Walzwerke und Maschinen für die Vollendung der rohen Form: Scheren und Sägen zu besprechen sein. Einige andre Formgebungs-Maschinen werden erst weiterhin bei Gelegenheit der Besprechung der betr. Formgebungs-Arbeiten zur Behandlung kommen.

a. Schmiedefeuer nebst Zubehör.

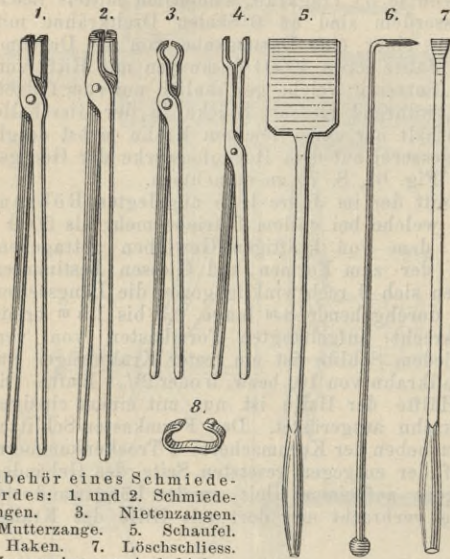
1. Im Schmiedefeuer wird Eisen und Stahl unter Verwendung von Steinkohlen bezw. Kokes oder Holzkohlen erhitzt. Die Brennstoffe lagern in der Vertiefung eines offenen Herdes von etwa 0,6—0,8^m Höhe, welcher entweder aus Mauerwerk besteht, das mit einer 15—20^{mm} starken Blechplatte abgedeckt ist, oder, wie man es neuerdings häufig vorzieht, zum grossen Theile oder ganz aus Gusseisen hergestellt ist. In die Feuergrube münden Düsen, denen bei ganz kleinem Betrieb der Wind durch einen Blasebalg, bei etwas grösserem Betriebe durch eins der weiterhin beschriebenen Gebläse zugeführt wird. Ueber dem Feuer liegt die mit einem gemauerten oder eisernen Rauchmantel — Schirm — versehene Esse, und neben dem Feuer ist gewöhnlich ein Löschtrog angebracht, der mit Wasser gefüllt wird und aus welchem der Schmied mit Hilfe des Löschwedels u. a. die Kohlen des Feuers nassen kann. Zu jedem Feuer gehört ein Satz von Schmiedezangen verschiedener Grösse, mit verschieden geformtem Mäule und graden Schenkeln, Fig. 170. Mehrere Feuer

¹⁾ Ueber die Einrichtung der 1883 in Betrieb gesetzten Röhrengiesserei zu Gleiwitz in Oberschlesien vergl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 326. Mit Skizzen.

vereinigt man unter einem gemeinschaftlichen Rauchfange; zuweilen legt man sie kreisförmig um die in der Mitte stehende Esse.

Die Einzelheiten der Schmiedefeuer-Einrichtung sind wechselnd; namentlich gilt dies in Bezug auf die Anordnung

Fig. 170.



Zubehör eines Schmiedeherdess: 1. und 2. Schmiedezangen. 3. Nietenzangen. 4. Mutterzange. 5. Schaufel. 6. Haken. 7. Löschiess. 8. Zaugering zum Aufschieben.

Fig. 171.

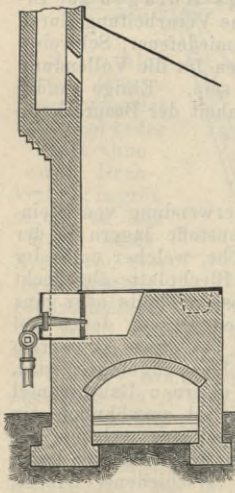


Fig. 172.

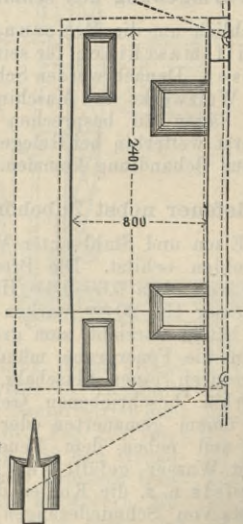
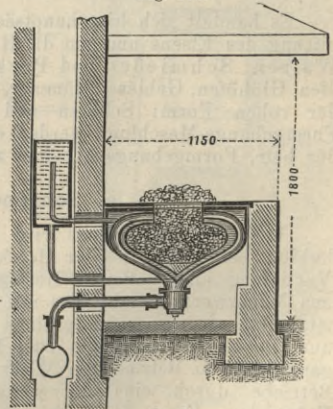


Fig. 173.



die Behandlung von Stücken dar, die grosse Hitze erfordern. Die Feuergrube hat eine bedeutende Tiefe und wird durch einen birnförmigen, doppelwandigen

deutet ist, bedienen die 4 Feuer; die Einrichtung dieser Krähne ist in Fig. 184 angegeben. — Fig. 173 stellt den Querschnitt eines Feuers für

¹⁾ Schmiedeformen von Scheller und Dr. Ebbinghaus. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1864, S. 449 u. 451. Vergl. andre ähnliche Konstr. v. Morgan, *Engineering*, Bd. 20, S. 475; Dingl. Polyt. Journ., Bd. 221, S. 81; von Steinecker, *Dinglers Polyt. Journ.* Bd. 221, S. 115 usw.

Eisenmantel, in welchem an entgegen gesetzten Seiten 2 Windrohre liegen, umschlossen. Der zwischen beiden Mänteln befindliche Hohlraum ist mit Wasser gefüllt, welches sich beständig im Umlauf befindet, weil es sowohl am tiefsten Punkt als auch nahe unter Spiegelhöhe durch Röhren mit einem hoch gestellten Wasserbehälter in Verbindung steht.

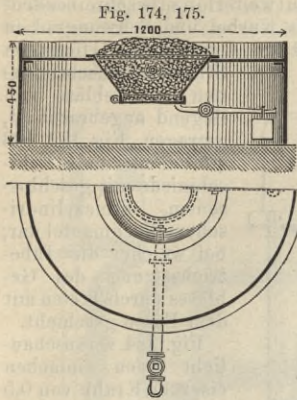
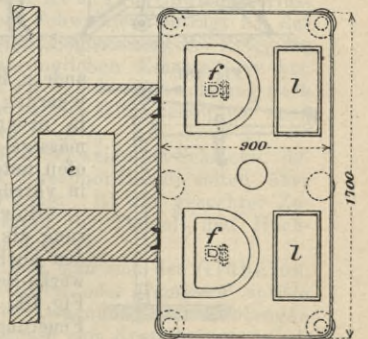
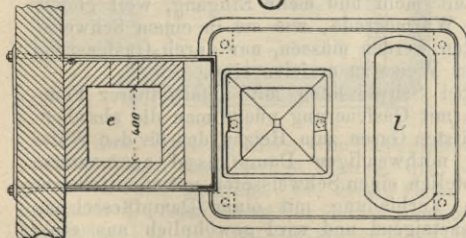
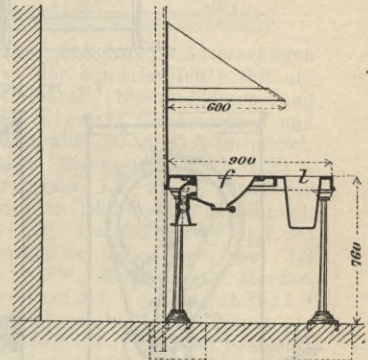
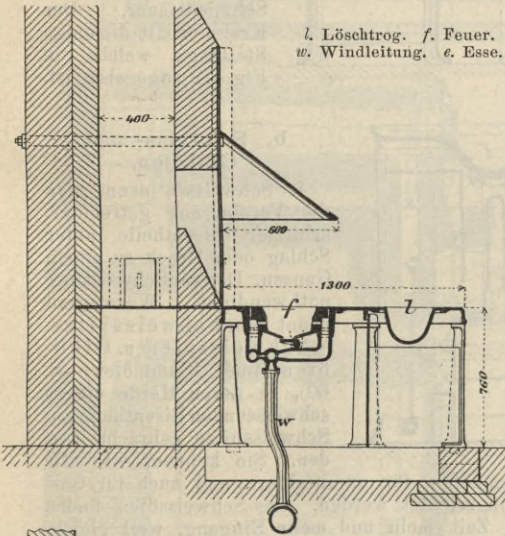


Fig. 176, 177.

Fig. 174, 175 veranschaulichen im Grundriss und Querschnitt ein ganz aus Eisen hergestelltes sogen. Zentralfeuer, welches zur Erhitzung grosser Stücke dient, die unter dem Dampfhammer bearbeitet und zwischen Feuer und Hammer mit Hilfe eines Kranes bewegt werden; solche Feuer besitzen ebenfalls 2 sich gegenüber liegende Düsen. Die Bodenplatte der Feuerung ist drehbar angelegt und wird meist durch einen belasteten Hebel verschlossen gehalten. — Fig. 176 und 177 zeigen die Einrichtung neuerer ganz gusseiserner Herde¹⁾ mit nur einem Feuer, die sich an eine gemauerte Esse lehren. Fig. 178, 179 stellen ein Doppelfeuer mittlerer Grösse dar.

Fig. 178, 179.



Für verschiedene Aussenarbeiten auf Bauplätzen, bei Montirungen usw. benutzt man mit Vortheil kleinere tragbare oder grössere fahrbare Feuer, gewöhnlich

¹⁾ Aus der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhart.

Feld-Schmieden genannt. Sie sind meistens ganz aus Gusseisen gefertigt und das Gebläse ist unterhalb des Herdtisches angebracht, um Platz zu sparen. Fig. 180, 181 zeigeneine solche Feldschmiede mit einem (weiterhin zu beschreibenden) Gebläse von Roots, das durch Handbetrieb mittels Kurbel und Schwungrad in Gang gesetzt wird. Der Herdtisch wird von 4 im Querschnitt Uförmigen

Fig. 180, 181.

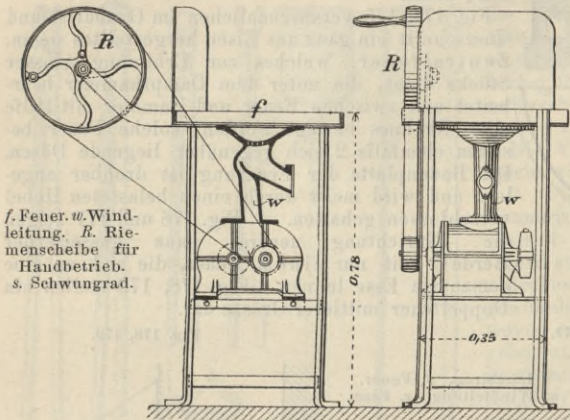
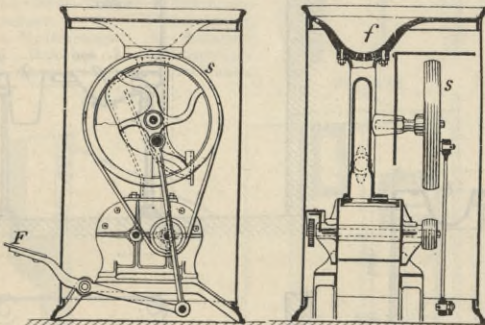


Fig. 182, 183.

Stützen, zwischen denen das Gebläse frei liegend angebracht ist, getragen. Fig. 182, 183 stellen eine andre Feldschmiede mit geschlossenem, kreiszylindrischem Blechmantel dar, bei welcher die Inbetriebsetzung des Gebläses durch Treten mit dem Fusse geschieht.

Fig. 184 veranschaulicht einen einfachen eisernen Krahn von 0,5 bis 0,6 t Tragkraft zur Bedienung zweier Schmiedefeuere. Der Krahn erhält diejenige Stellung, welche in Fig. 172 angegeben ist.



b. Schweiss- und Glühöfen.

1. Schweißen nennt man die Vereinigung getrennter, erhitzter Eisentheile unter Schlag oder Druck zu einem Ganzen. Den zur Schweißung nothwendigen Wärmegrad nennt man Schweißhitze.

Schweißöfen u. Glühöfen sind Flammöfen (S. 60), in deren Herde die zu schweisenden Eisentheile auf Schweißhitze gebracht werden. Sie können, wie alle

andern Flammöfen, für unmittelbare und auch für Gasfeuerung eingerichtet werden. Gas-Schweißöfen finden in neuerer Zeit mehr und mehr Eingang, weil gleichmässige hohe Wärmegrade, wie sie in einem Schweißofen unterhalten werden müssen, nur durch Gasfeuerung in vorzüglicher Weise zu erzielen sind.

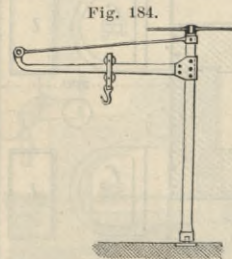


Fig. 184.

Sowohl bei Schweißöfen mit unmittelbarer Feuerung als auch mit Gasfeuerung pflegt man die abziehenden hoch erhitzten Gasen zum Heizen der für den Walzwerks-Betrieb nothwendigen Dampfkessel auszunutzen. Fig. 185, 186 stellen einen Schweißofen mit unmittelbarer Feuerung, in Verbindung mit einer Dampfkessel-Anlage dar. Der Ofenherd ist flach ansteigend und wird gewöhnlich aus einer Sandschüttung auf Gusseisen-Platten gebildet. Wasserkühlung, wie bei den Puddelöfen (S. 81), wird sehr selten ausgeführt, weil beim Schweißen die zerstörende Wirkung der Schlacke fortfällt; dagegen findet sich nicht selten

eine Einrichtung zur Luftkühlung der Fuchsbrücke. Der Schlackenstich befindet sich in einer Senkung des Fuchses. Der Kessel ist an 2 auf Säulen ruhenden Trägern aufgehängt; 2 andere Säulen dienen zur Unterstützung des Schornsteins. Grössere Schweissöfen erhalten gewöhnlich mehrere Arbeitsthüren. In jeder Schicht pflegen 2 Mann, 1 Vorarbeiter und 1 Gehilfe zur Bedienung eines Ofens auszureichen.

Fig. 185 186.

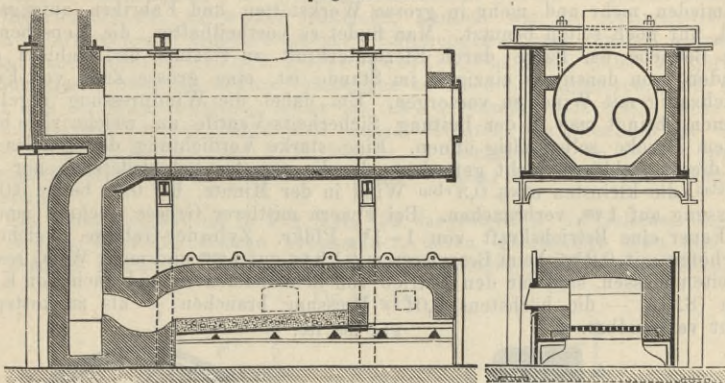
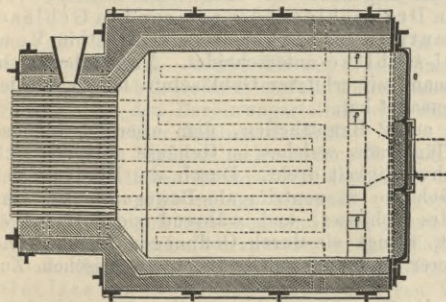
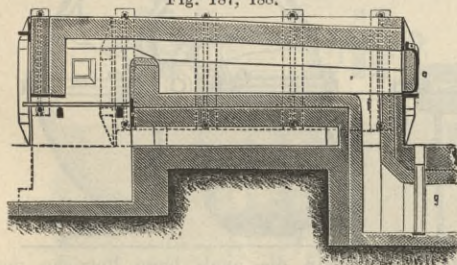


Fig. 187, 188.



Die üblichsten Abmessungen usw. der Schweissöfen¹⁾ mit un mittelbarer Steinkohlenfeuerung sind: Einsatz für Feineisen und Walzdraht 0,60—0,85 t, für mittelstarke Eisensorten 0,60—1,25 t, für grobe 1,4—2,5 t. Zahl der Sätze in 24 Stunden gewöhnlich 16—20; Rostfläche 0,8—1,3 qm; Herdfläche 2,2—3 qm, bei 1,3 bis 1,8 m Breite des Herdes. Brennstoff-Verbrauch für 1 t ein mal geschweissten Eisens gewöhnlich 0,4—0,7 t, bei Siemens-Oefen etwa 0,2—0,35 t Steinkohle.

Der Abbrand (Gewichtsverlust beim Schweissen) beträgt bei der ersten Schweissung 9—12 % des ursprünglichen Einsatz-Gewichts, bei wiederholter Schweissung nach der zweiten Hitze ausserdem noch etwa 4—5 %.

Die Schweissöfen-Schlacke, deren Phosphor-Gehalt selten über 1 % steigt, ist ein gesuchter Zusatzstoff für Puddel- und Hochöfen-Zwecke.

2. Zum Wiedererhitzen von Blechplatten bedient man sich der Glühöfen, in denen man auch fertige Platten, die beim Walzen oder Hämmern spröde geworden sind, ausglüht. Bei diesen Oefen ist die Anwendung von Kühlungen und auch die Ausnutzung der entweichenden Feuergase zum Kesselheizen u. dgl. ungräblich. Fig. 187, 188 stellen einen Glühofen für Platten bis zu 2,5 m Breite

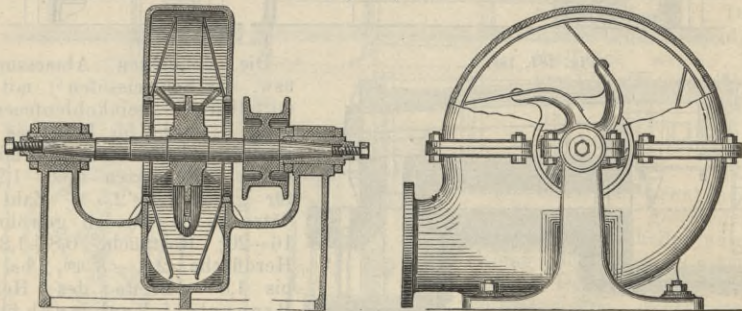
¹⁾ Zusammenstellung der Betriebs-Verhältnisse von Puddel- und Schweissöfen. Von dem techn. Verein f. Eisenhüttenw. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1872, S. 673.

dar. Die Feuergase entweichen durch den Fuchs erst nachdem sie 6 Kanäle die im Boden des Ofens liegen, durchstrichen haben. Die Arbeitsthür liegt dem Roste gegenüber. Für einzelne lange Platten, auch Formeisen, erhalten die Oefen eine gestreckte Gestalt, so dass die Flamme den Einsatz der Länge nach bestreichen kann.

c. Gebläse.

1. Als Gebläse für Schmiedefeuer werden Blasebälge heute, wo die kleinen Schmieden mehr und mehr in grosse Werkstätten und Fabriken aufgegangen sind, nur noch selten benutzt. Man findet es vortheilhafter, die Menschenkraft zum Betriebe der Bälge durch Elementarkraft zu ersetzen und Gebläse anzuwenden, von denen ein einziges im Stande ist, eine grosse Zahl von Feuern gleichzeitig mit Wind zu versorgen. Um dabei die Windpressung regeln zu können, bringt man in der Leitung Sicherheits-Ventile an, welche sich bei zu hohem Drucke selbstthätig öffnen. Eine starke Verdichtung des Windes wird bei diesen Gebläsen nicht gefordert, da die grössten Schmiedefeuer nur etwa 2,5 cbm, die kleinsten etwa 0,3 cbm Wind in der Minute, bei 0,02 bezw. 0,015 kg Pressung auf 1 qm, verbrauchen. Bei Feuern mittlerer Grösse rechnet man auf 10 Feuer eine Betriebskraft von 1—1 $\frac{1}{4}$ Pfdkr. Zylinder-Gebläse, welche bei Hochöfen mit 0,2 kg, beim Bessemern mit 1,5 kg auf 1 qm und mehr Windpressung arbeiten müssen, sind für den Betrieb von Schmiedefeuern und auch von Kupolöfen (S. 76) — die höchstens 0,04 kg Pressung brauchen — als zu kostspielig nicht verwendbar.

Fig. 189, 190.



Man verwendet für Schmiedefeuer allgemein die auch beim Betriebe von Kupolöfen in Anwendung kommenden Drehgebläse oder rotirenden Gebläse, bei denen man 2 Gattungen, die Zentrifugal-Gebläse — schlechthin Ventilatoren genannt — und Kapsel-Gebläse unterscheidet. Man arbeitet in der Regel mit kaltem Wind, da man mit erhitzter Gebläseluft bei Schmiedefeuern keine guten Erfahrungen gemacht hat.

2. Jeder Ventilator besteht aus 2 Haupttheilen, dem eisernen Gehäuse und dem eisernen oder bronzenen Flügelrade, welches im Gehäuse gelagert, sich in demselben mit bedeutender Geschwindigkeit dreht. Durch die Drehung des Flügelrades geräth die Luft im Gehäuse in zentrifugale Bewegung; sie verdichtet sich deshalb am Umfange des Gehäuses, und während sie dort an geeigneter Stelle verdichtet ausströmt, dringt sie durch Oeffnungen in der Nähe der Radachse, wo Luft von geringerer Pressung sich befindet, in frischem Zustande in das Gehäuse wieder ein.

Die Ventilatoren sehen meist dem in Fig. 189, 190 dargestellten Lloyd'schen ähnlich. Abweichungen beziehen sich fast nur auf die Gestalt des Gehäuses und der Flügel. Die Flügelrad-Welle muss leicht herausnehmbar sein. Ein guter Ventilator soll ausserdem folgende durch Erfahrung festgestellte Bedingungen erfüllen: Er muss, wenn seine Leistungen durch die von ihm in der Zeiteinheit gelieferte Luftmenge und Pressung ausgedrückt wird, mit einem Güteverhältniss η von mindestens 0,3¹⁾, und zwar geräuschlos, arbeiten. Um

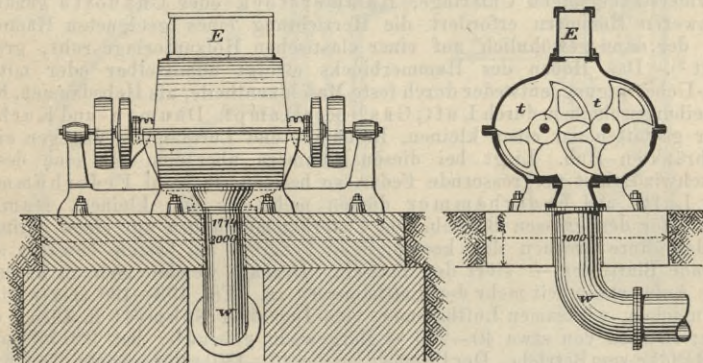
¹⁾ Güte-Verhältniss = Verhältniss der wirklich aufgewendeten Arbeit zu der für die Luft-Verdichtung theoretisch erforderlichen Arbeit.

diese Bedingungen zu erfüllen, muss insbesondere das Verhältniss seiner Umdrehungszahl zur Luftmenge einerseits und zur Windpressung andererseits richtig gewählt sein. Die Umfangs-Geschwindigkeit der Flügel pflegt zwischen 50 und 80^m in 1 Sek. zu liegen¹⁾.

3. Die Wirkung der Kapsel-Gebläse — welche zuerst in den 50er Jahren dieses Jahrh. von George Jones erfunden, aber ohne befriedigenden Erfolg nur in Gasanstalten²⁾ als Exhaustoren benutzt wurden — beruht nicht auf der Zentrifugalkraft; sie wirken vielmehr, ähnlich wie die Zylinder-Gebläse, durch Fortdrücken eingeschlossener Luftmengen, und man nennt sie darnach auch wohl drehende Kolbengebläse. Sie lassen selbst bei geringer Drehungszahl, erheblich höhere Pressungen zu als die Ventilatoren, und dabei stellt sich ihr Güteverhältniss höher als 0,3 (durchschnittlich 0,4). Diese vorzüglichen Eigenschaften haben den Kapsel-Gebläsen, nachdem sie im Jahre 1866 von F. M. Roots und P. H. Roots zu Connersville im Staate Indiana wesentlich verändert und verbessert worden waren, überall raschen Eingang verschafft.

Ein Roots-Gebläse ist in Fig. 191, 192 dargestellt³⁾. Im Gehäuse liegen 2 um Achsen drehbare eiserne Trommeln *t*, deren Querschnitt etwa das Bild der Zahl 8 gewährt. Der Luft-Einlass *E* befindet sich in der Decke, der

Fig. 191, 192.



Auslass *W* im Boden des Gehäuses. Die Trommeln drehen sich mit mässiger Geschwindigkeit — 250 bis 320 Umdrehungen in 1 Min. — und mit grossem Geräusch, wobei sie sich sowohl unter einander als auch die Gehäusewände berühren. An den Berührungsstellen wird durch eingebrachte steife Schmiere ein möglichst dichter Schluss bewirkt.

4. Das Krigar'sche Schrauben-Gebläse⁴⁾, seit 1878 eingeführt, beruht auf ähnlichen Grundsätzen wie das Roots'sche Gebläse. Anstatt der Flügel des letztern sind neben einander gelagerte Walzen vorhanden, welche mit Schraubengängen versehen sind, die, genau schliessend, gegenseitig in einander greifen und die Luft dergestalt in der Walzenaxe kolbenartig fortdrücken.

5. In einigen Fällen sind für Schmiedefeuer auch sogen. Dampfstrahl-Gebläse zur Anwendung gelangt, deren Wesen auf der Erscheinung beruht, dass durch seitliche Oeffnungen eines Rohres Gase oder Flüssigkeiten angezogen und ins Innere geführt werden können, wenn sich daselbst ein Strahl eines mit grosser Geschwindigkeit fortbewegten Körpers befindet. Das erste Gebläse solcher Art, das sich C. W. Siemens in London im Jahre 1870 patentiren

1) Ueber dynamometrische Versuche an Ventilatoren, vergl. Hartig. Versuche über Leistung und Arbeitsverbrauch von Werkzeugmaschinen, 1873, S. 230–240.

2) Jahn. Die Gasbeleuchtung und die Herstellung des Leuchtgases, 1862.

3) Aus der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhart.

4) D. R. P. No. 4121.

liess¹⁾, fand wenig Eingang. In verbesserter Gestalt brachten es die Gebrüder Koerting in Hannover im Hüttenwesen zur Geltung; in der Anwendung für Schmiedefeuer konnten sie jedoch keinen nachhaltigen Erfolg erzielen. Ein Dampfstrahl-Gebläse ist zwar billig, einfach zu bedienen, nimmt wenig Raum ein usw., aber es liefert mit Wasserdampf gesättigten Wind, welcher die Hitze des Feuers und die Beschaffenheit des zu erhitzenen Eisens beeinträchtigt.

d. Hämmer.

1. Im geschichtlichen Theil und auch bei Beschreibung der Zängemittel (S. 86) sind die ältesten mechanischen Hammer-Vorrichtungen — die Jahrhunderte hindurch benutzten Wasserhämmer des Mittelalters — bereits besprochen worden. Es sind Stielhämmer, als: Stirnhämmer, Brusthämmer, Aufwerfhämmer und Schwanzhämmer, welche alle heute (mit Ausnahme des Schwanzhammers, der für leichtere Schmiede-Arbeiten noch ziemlich oft, auch mit Dampf betrieben, Anwendung findet), für die Formgebung keine Bedeutung mehr haben. Auf diesem Gebiete herrschen jetzt die Fallhämmer, auch Rahmen- oder Parallel-Hämmer genannt. Bei denselben fällt der Hammerkopf, der hier Bär, Fallblock oder Hammerblock heisst, zwischen festen Führungen in der Regel senkrecht herab. Der Bär besteht aus Gusseisen und trägt an seinem untern Ende die, meistens auch aus Gusseisen gefertigte Hammerbahn. Der Ambos aus Gusseisen oder Gussstahl ruht in einer widerstandsfähigen Unterlage, Hammerstock oder Chabotte genannt; bei schweren Hämmern erfordert die Herrichtung eines geeigneten Hammerstocks, der dann gewöhnlich auf einer elastischen Holzunterlage ruht, grosse Sorgfalt²⁾. Das Heben des Hammerblocks erfolgt unmittelbar oder mittels Wellen-Übertragung, entweder durch feste Maschinentheile, als Hebedaugen, Kurbeln, Reibungsscheiben, durch Luft, Gas³⁾ oder Dampf. Daumen- und Kurbelhämmer gestatten nur einen kleinen, Reibungs- und Lufthämmer dagegen einen unbeschränkten Hub. Liegt bei diesen Hämmern über dem Bär eine dessen Fallgeschwindigkeit vergrössernde Feder, so heissen sie wohl Federhämmer.

2. Luft- und Federhämmer dienen mehr für den kleinen, Dampfhammer für den grossen Betrieb. Die Federhämmer haben nur einen geringen Hub; das öftere Brechen der kostspieligen Feder — am besten bewährt sich die gerade Blattfeder — stört den Betrieb. Deshalb wendet sich in neuester Zeit die Aufmerksamkeit mehr den Lufthämmern zu. Fig. 193—196 zeigen einen sehr einfachen, wirksamen Lufthammer, vom Ingenieur Schmidt in Zürich eingeführt; er wird von etwa 40—200 kg Bärgewicht gebaut⁴⁾; bei 200 kg bedarf er nur 3 Pfdkr. zum Betriebe. Der Hammer hat von 40—130 kg Bärgewicht. Der in den festen Führungen *F* auf- und abwärts gehende Zylinder *Z* theilt dem Bär *B*, der durch den Kolben *k* mit dem Zylinder verbunden ist, dessen Bewegung mit. Ueber und unter dem Kolben befinden sich Lufträume, in denen durch Öffnen und Schliessen des Luftventils *V* — was mittels des Handrades *R* geschieht — die Luft in verschiedener Pressung öffnen erhalten werden kann. Die Luftöffnungen bei *l* und das sich nach innen öffnende Luftventil gestatten der Luft bei der Auf- und Abwärtsbewegung des Zylinders genügenden Eintritt bzw. Austritt. Das Ventil kann aber den Luftaustritt versperren, so dass der Kolben beim Abwärtsgehen den Druck der gepressten Luft nicht überwindet, sondern in der Mitte des Zylinders stehen bleibt und sich mit dem letztern bewegt. Die eingeschlossene gepresste Luft wirkt beim Schlage als elastisches Zwischenmittel. Je mehr Luft man durch Drehung des Handrades *R* bei *V* auslässt, um so grösser wird der Weg sein, den der Kolben und mit ihm der Bär beim Schlagen zurück legt, desto grösser also auch die Wucht des Schlages. Der dargestellte Hammer kann

¹⁾ *Engineering* 1871, November, S. 344.

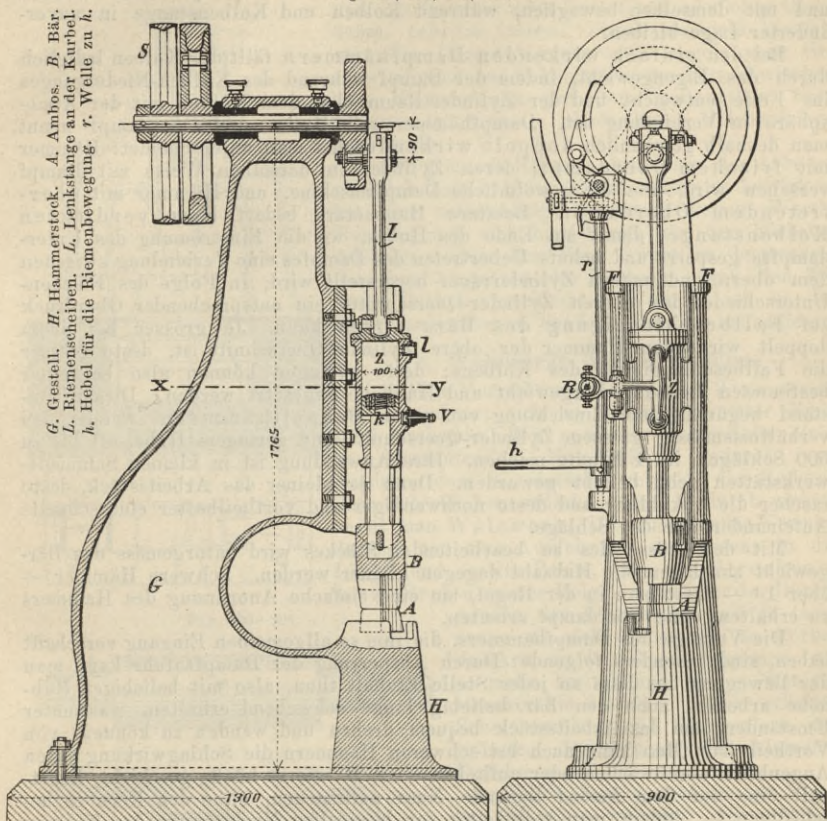
²⁾ Die Fundamentirung der Dampfhammer. Stahl und Eisen 1885, S. 71. Fehland empfiehlt in seiner Arbeit über „die Fabrikation des Eisen- und Stahlrahmes auf S. 21 Hämmer ohne elastische Unterlage des Hammerstocks.

³⁾ Der Patent-Gashammer von Robertson (*The Engin.* 1886, II., S. 206) beruht auf demselben Prinzip wie die älteren Gasmachines; nur dass das Explosions-Gemisch sich über dem Kolben bildet. Das Hochsteigen des Hammers wird durch Federn bewirkt.

⁴⁾ Von der Maschinenfabrik Konstanz zu Konstanz in Baden.

leicht auch mit einer Einrichtung versehen werden, welche es gestattet, die Bewegung des Handrades durch den Fuss des Arbeiters auszuführen.

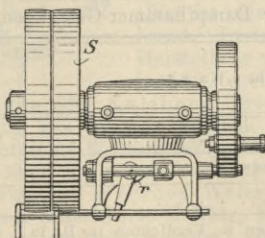
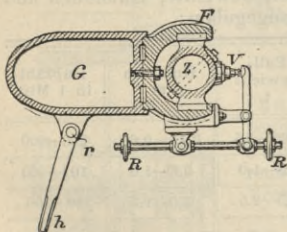
Fig. 193, 194, 195, 196.



G, Gestell. H, Hammerstock. A, Ambos. B, Bär.
L, Lenkstange an der Kurbel.
h, Hebel für die Riemenbewegung. r, Welle zu h.

Schnitt x-y.

Grundriss.



Wegen weiterer Einzelheiten über Fallhämmer ist in der unten angeführten Literatur¹⁾ nachzusehen.

3. Die Dampfhammer finden auch zu den mannigfachsten, formgebenden Schmiedearbeiten allgemeine Anwendung. Dieselben werden meistens nach dem System

Nasmyth ausgeführt, bei welchem der in einer senkrechten Führung des Ge-

¹⁾ v. Hauer. Die Hüttenwesens-Maschinen. II. Aufl. S. 290-468. — Ledebur. Die Verarbeitung der Metalle auf mechanischem Wege. S. 395-454. — Kurtz. Ueber neuere Konstruktionen von Dampfhammern, Federhammern u. Fallwerken. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886. S. 544. — Beil's patent Steam hammer. The Americ. Engin. 1886, I., S. 17. — Hädicke. Ueber Transmissions-Hämmer; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. S. 465 u. 494.

stells auf- und nieder gehende Bär mit der Kolbenstange eines über ihm fest gelagerten Dampf-Zylinders verbunden ist. Bei der — weniger beliebten — Anordnung von Condié ist der Bär fest mit dem Dampf-Zylinder verbunden und mit demselben beweglich, während Kolben und Kolbenstange in unveränderter Lage bleiben.

Bei den einfach wirkenden Dampfhammern fällt der Kolben lediglich durch das Eigengewicht, indem der Dampf während des Kolben-Niederganges ins Freie entweicht und der Zylinder-Raum über dem Kolben mit der Atmosphäre in Verbindung ist. Dampfhammer mit Unter- und Oberdampf nennt man deshalb gewöhnlich doppelt wirkende, und man unterscheidet: Hämmer mit frischem Oberdampf, deren Zylinder in derselben Weise mit Dampf versehen wird, wie die gewöhnliche Dampfmaschine, und Hämmer mit übertretendem Oberdampf. Letztere Hammerart bedarf einer verdickten Kolbenstange, damit am Ende des Hubes, wo die Einströmung des Unterdampfes gesperrt und behufs Uebertreten des Dampfes eine Verbindung zwischen dem obern und untern Zylinderraum hergestellt wird, in Folge des Flächen-Unterschiedes des oberen Zylinders-Querschnitts ein entsprechender Oberdruck auf Fallbeschleunigung des Bärs wirken kann. Je grösser bei einem doppelt wirkenden Hammer der obere Zylinder-Querschnitt ist, desto grösser die Fallbeschleunigung des Kolbens; desto geringer können also bei einer bestimmten Leistung Bärgewicht und Hubhöhe angesetzt werden. Dieser Umstand begünstigt die Einrichtung von sogen. Schnellhämmern, welche, bei verhältnissmässig grossem Zylinder-Querschnitt und geringem Hube, oft bis zu 500 Schlägen in 1 Minute machen. Ihre Anwendung ist in kleinen Schmiedewerkstätten sehr beliebt geworden. Denn je kleiner das Arbeitsstück, desto rascher die Abkühlung und desto nothwendiger und vortheilhafter eine schnelle Aufeinanderfolge der Schläge.

Mit der Grösse des zu bearbeitenden Stückes wird naturgemäss das Bärgewicht zunehmen, die Hubzahl dagegen kleiner werden. Schwere Hämmer — über 1 t — lässt man in der Regel, um eine einfache Anordnung des Hammers zu erhalten, ohne Oberdampf arbeiten.

Die Vorzüge des Dampfhammers, die ihm so allgemeinen Eingang verschafft haben, sind besonders folgende: Durch Absperrung der Dampfzufuhr kann man der Bewegung des Bärs an jeder Stelle Einhalt thun, also mit beliebiger Hubhöhe arbeiten, auch den Bär beliebig lange schwebend erhalten, was unter Umständen, um das Arbeitsstück bequem drehen und wenden zu können, von Vortheil ist. Man kann auch bei schweren Hämmern die Schlagwirkung jeden Augenblick abschwächen oder aufheben — z. B. wie es häufig geschieht, kunstvoll eine auf dem Ambos liegende Nuss aufknacken, ohne den Kern zu beschädigen —, indem man rechtzeitig vor beendeter Niedergange des Kolbens frischen Dampf unter denselben treten lässt.

In nachstehender Tabelle sind die gebräuchlichen Gewichte, Hubhöhen und Hubzahlen verschiedener Dampfhammer-Gattungen angegeben:

	H a m m e r a r t	Fallgewicht t	Hubhöhe m	Hubzahl in 1 Min.
1.	Schnellhammer	0,05—0,5	0,15—0,60	200—500
2.	Grössere Schmiedehämmer	0,5—1,0	0,6—1,0	100—200
3.	Luppenhammer	1,5—2,5	1,0—1,5	80—100
4.	Hämmer zum Schweißen u. Verdichten (z. B. in Blechwalzwerken)	5—10	1,5—2,5	60—80
5.	Hämmer zum Dichten von mittelgrossen Flusseisen-Blöcken	10—20	2—3	60—80
6.	Desgl. für grössere Blöcke (vergl. Fig. 116, S. 109)	80	5	60

4. Fig. 197, 198 stellen einen doppelt wirkenden Dampfhammer, der mit einem Druck von etwa 2 Atmosph. arbeitet, in seinen Haupttheilen dar. Die Steuerung

geschieht durch einen Kolbenschieber, der von Hand bewegt werden kann, im übrigen aber am Ende seines Hubes selbstthätig umgesteuert wird. Mit Hilfe eines Steuerhebels kann man die Hubhöhe regeln und den Hammer nach Bedarf mit oder ohne Oberdampf arbeiten lassen. Durch passende Einstellung des Dampf-Absperrventils regelt man Geschwindigkeit und Schlagstärke des Bärs. Zwischen dem Hammerstock und dem gemauerten Fundamente ist eine — elastische — Holzunterlage angebracht.

Fig. 197, 198.

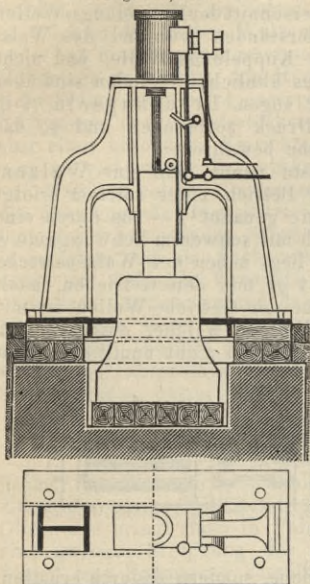


Fig. 199—201.

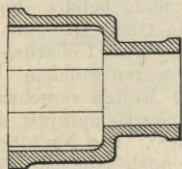
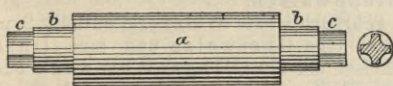
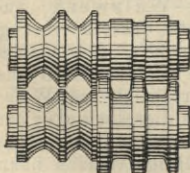


Fig. 202.



Unterwalze gebildet werden, offene Kaliber heissen.

Die zylindrischen Zapfen *b* der Walze, Fig. 199, heissen Läufer; sie laufen in Lagern der gusseisernen Walzenständer, von denen je 2 zu einem

Für grössere Hämmer, bei denen der Arbeiter reichlich Zeit hat, die Umsteuerung zu bewirken, hat eine selbstthätige Steuerung keinen Werth. Man begnügt sich hier damit, nur den höchsten zulässigen Hub des Bärs derart zu begrenzen, dass ein Anstossen des Kolbens gegen den Zylinder-Deckel unterbleibt. Weiteres ist in der S. 147 angegebenen Sonder-Litteratur nachzulesen.

e. Walzwerke im allgemeinen.

1. Eine Vorrichtung, bei welcher 2 von aussen her betriebene, sich in entgegengesetzter Richtung drehende Walzen den Querschnitt eines zu bearbeitenden Metallstücks dadurch vermindern, dass sie dasselbe vermöge der Reibung ihrer Oberflächen zwischen sich hindurch ziehen, nennt man Walzwerk. Die Querschnitts-Verminde- rung hat eine Ausdehnung des Eisens in die Länge und in die Breite, eine sog. Streckung, bezw. Breitung zur Folge. Je grösser der Durchmesser der Walzen ist und je langsamer sie sich drehen, um so stärker drücken sie das Eisen zusammen, um so mehr breiten und um so weniger strecken sie dasselbe. Daher erhalten Schweisswalzen und Stahlwalzen den grössten, Drahtwalzen den kleinsten Durchmesser.

Die Walzen werden in der Regel aus Gusseisen gefertigt. Der mittlere, die eigentliche Walzarbeit verrichtende zylindrische Theil *a* der Walzen, Fig. 199, ist der Ballen oder Walzenbund. Er ist glatt, wenn er nur zur Herstellung von Blechen benutzt wird; in der Regel gefurcht — mit Fur-

chungen oder Kalibern versehen — wenn er zur Erzeugung von Formeisen dient. Wird ein Kaliber durch 2 ungefurchte Walzenpaare gebildet, von denen eins wa- gerecht liegt, das andere senkrecht steht, so nennt man die Vorrichtung Universal-Walzwerk, worüber weiter unten.

Je 2 benachbarte Kaliber, Fig. 202, sind durch Ringe, Ränder genannt, begrenzt. Greifen vorstehende Ränder der Oberwalze in entsprechende Furchen der Unterwalze, so entstehen sogen. geschlossene Kaliber, wogegen Kaliber, die durch gleichmässige Furchung der Ober- und

Walzgerüst gehören. Die Drehung der Walzen eines Walzgerüsts wird auf die Walzen eines daneben liegenden Walzgerüsts durch die kantigen Kuppelzapfen *c* der Walze unter Zuhilfenahme von Kuppelungs-Muffen und Kuppelungs-Wellen, Fig. 200, 201, übertragen. Der Querschnitt der Kuppelungs-Wellen wird schwach gehalten, damit bei grössern Widerständen während des Walzvorganges ein etwa eintretender Bruch stets die Kuppelungs-Welle, und nicht einen wichtigeren Theil des Walzwerks treffe. Aus ähnlichen Gründen sind über den Lagern der Oberwalze hohle Zwischenlager sogen. Brechkapseln (*i* in Fig. 207) angebracht, welche bei zu starkem Druck zerbrechen und so das Lager entlasten, bezw. den Zapfen vor dem Bruche bewahren.

Mehre neben einander gekuppelte Walzgerüste nennt man eine Walzenstrecke oder Walzenstrasse, Fig. 203. Der Betrieb einer solchen erfolgt von der Kraftmaschine — Walzenzug-Maschine genannt¹⁾ — aus durch eine mit Ausrück-Vorrichtung *a* und in der Regel auch mit schwerem Schwungrade *S* versehene Wellenleitung *w*. Zu diesem Behufe liegt neben der Walzenstrecke ein mit derselben gekoppeltes Getriebe-Gerüst *g*, mit den Getrieben, auch Kammwalzen oder Krauseln genannt, und eine der Getriebe-Wellen ist mit der Betriebswelle gekuppelt. Walzen, welche, entgegen der gewöhnlichen Anordnung, ihren Antrieb nicht unmittelbar von

Fig. 203.

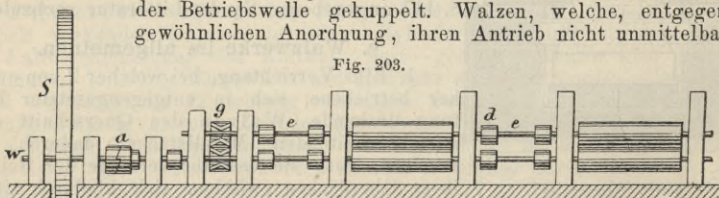
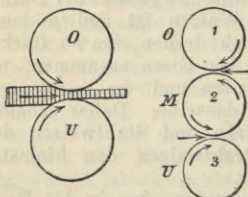


Fig. 204, 205.



aussen her durch Getriebe, sondern dadurch erhalten, dass die Reibung des von der ersten Walze mitgenommenen Arbeitsstücks sie in Drehung versetzt, heissen Schleppwalzen.

2. Das gebräuchlichste Walzwerk enthält 2 parallele Walzen, eine Oberwalze und eine Unterwalze und heisst ein Zwillingen-Walzwerk oder Duo-Walzwerk, Fig. 204. Ein solches führt den Nachtheil mit sich, dass das Arbeitsstück jedesmal nach erfolgtem Durchgange gehoben und behufs Fortsetzung der Walzarbeit, über die Oberwalze hinaus, auf die andere Walzenseite zurück gegeben werden muss. Das Ueberheben, bezw. Aufheben ist sehr zeitraubend und erfordert bei schweren Stücken, besonders bei grossen, starken Blechen, die Anlage von mit Rollen versehenen Walztischen, mit deren Hilfe, gewöhnlich unter Anwendung von Dampfkraft, das Heben und Senken mechanisch selbstthätig ausgeführt wird²⁾. Die Nachtheile des Ueberhebens können vermindert werden, wenn man noch eine Mittelwalze hinzu fügt, Fig. 205, derart dass das Arbeitsstück, nachdem es die Walzen 1 und 2 verlassen hat, in umgekehrter Richtung zwischen den Walzen 2 und 3 zurückläuft. Es entsteht dann das Drillings-Walzwerk, auch Trio-Walzwerk oder Walzen-Trio genannt. Man benutzt dasselbe vorzugsweise bei solchen Stücken, deren rasches Erkalten man dadurch, dass man sie in möglichst kurzer Zeit einen langen Walzenweg zurücklegen lässt, verhüten muss.

Die Drillings-Walzen sind aus vorstehendem Grunde vorzüglich zum Walzen der Luppen, des Feineisens und Drahts geeignet; man benutzt dieselben aber auch zur Herstellung schwerer Formeisen, z. B. Schienen, um diese in einer Hitze fertig walzen zu können. Man spart beim Gebrauch von Drillings-Walzen haupt-

¹⁾ Daelen. Ueber neuere Walzenzug-Dampfmaschinen. Stahl u. Eisen, 1887, S. 184.

²⁾ Ueberhebe-Vorrichtung mit beweglicher Trittplatte. Stahl u. Eisen, 1881, S. 147. — Ueberhebe-Vorrichtungen für Walzwerke. Dinglers Polyt. Journ., Bd. 244, S. 363.

sächlich dadurch an Zeit, dass das Arbeitsstück erst nach zweimaligem Durchgange auf die Oberkante der Mittelwalze gehoben zu werden braucht. —

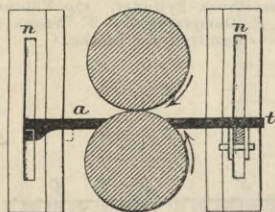
Das nachtheilige Heben und Senken des Walzguts kann ganz vermieden werden, wenn man ein sogen. Kehr- oder Reversir-Walzwerk anwendet, in welchem die beiden Walzen, sobald das Arbeitsstück seinen Durchgang beendet hat, eine entgegengesetzte Drehrichtung erhalten, so dass das Stück ohne seine Höhenlage zu ändern, den Rückweg durch die Walzen antreten kann. Bei den Kehr-Walzwerken wird ausserdem der Zeitverlust vermieden, der mit dem leeren Rückgange des Arbeitsstückes beim Duo-Walzwerk verbunden ist. Es bedarf aber einer besondern Einrichtung, damit nicht beim Umsteuern der Walzenrichtung zu viel an der Betriebskraft verloren geht.

Man hat solche Umsteuerungs-Vorrichtungen mit und ohne Beibehaltung des Schwungrades der Betriebswelle zur Ausführung gebracht. Die Beibehaltung des Schwungrades erfordert die Anlage einer geeigneten Kuppelung, welche je nachdem man sie nach rechts oder links mit dem Getriebe in Verbindung setzt, die verlangte Vorwärts- bezw. Rückwärts-Drehung der Walzen bewirkt, ohne dass das Schwungrad dabei seine Bewegungsrichtung ändert. Vollkommene Kuppelungen dieser Art, die ohne zu heftige Stösse arbeiten, giebt es zur Zeit noch nicht. Deshalb zieht man meistens vor, das Kehrwalzwerk unmittelbar durch eine entsprechend stark gebaute Betriebsmaschine, ohne Anwendung eines Schwungrades, umzusteuern¹⁾.

f. Zwillings- und Drillings-Walzwerke.

1. Damit in Zwillingen-Walzen, in Folge der Reibung an der Walzen-Oberfläche, das Walzstück sich nicht um die Oberwalze wickle, erhält diese stets einen um einige Millimeter grösseren Durchmesser, als die Unterwalze; die Oberwalze bringt dann in Folge ihrer beschleunigten Umfangs-Geschwindigkeit eine grössere Streckung der oberen Fläche des Arbeitsstückes und in Folge dessen eine Krümmung desselben nach unten, nach der Unterwalze hin, hervor. Um auch für die letztere der Gefahr des Aufwickelns zu begegnen, ordnet man an der Ausgangsseite vor der Unterwalze sogen. Abstreif-Meissel *a*, Fig. 206, an, welche sich mit zugeschärfem Ende gegen den Walzenumfang

Fig. 206.



lehnen. Dem Abstreif-Meissel gegenüber, auf der Einlassseite, liegt der Walzentisch *t*, auf welchem das Arbeitsstück zwischen die Walzen eingelassen wird. Die Einlässe haben von Kaliber-Walzen, bei denen es auf genaue Zuführung ankommt, häufig auch die Form von Rinnen, Büchsen oder Kästen. Die Befestigung der Abstreif-Meissel und Walzentische erfolgt in den Nuthen *n* der Walzenständer.

Während die Unterwalze meistens frei, nur in einem Unterlager ruht, ist die Lagerung der Oberwalze verschieden, je nachdem glatte oder kalibrierte Walzen zur Anwendung kommen. Beim Blech-Walzwerk ist die Oberwalze leicht verstellbar gelagert und dabei ihr Gewicht ganz oder zum grössten Theil durch Gegengewichte ausgeglichen; ihre höchste Stellung wird stets durch Druckschrauben begrenzt. Eine nach Art der Blechwalzen bewegliche Oberwalze haben von den Kaliberwalzen bloß die Luppen- bezw. Block-Walzwerke, welche nur eine ganz rohe Formgebung bezwecken.

Bei Kaliber-Walzen kommt es in der Regel darauf an, die Lagerung so einzurichten, dass die Walzen durch festes Anziehen der Druckschrauben vor jedem Durchgange des Walzstückes genau in ihrer Normalstellung festgehalten werden können, d. h. in derjenigen Stellung, welche dem richtigen Abstände der Walzenachsen von einander entspricht. Bei Walzen mit unveränderlichen Kalibern

¹⁾ Stevenson. *Reversing rolling mills. The Journal of the Iron and Steel Institute 1872, II. S. 47;* ebendasselbe auch S. 43. — Helmholtz. *Ueber Reversir-Methoden bei Walzwerken.* Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. Bd. 16, S. 667. — Tunner. *Kitson's hydraulische Kuppelung für Kehrwalzwerke.* Zeitschr. d. Ver. zur Beförderung des Gewerbfleisses, 1881, S. 152.

lagert man daher die Oberwalze, wie in der Fig. 207 veranschaulicht ist. Die obere und untere Lagerhälfte der Oberwalze sind an den Bolzen *b* derart aufgehängt, dass sowohl mit Hilfe der Muttern *m* eine Höhenänderung der Lager ausgeführt werden kann, als auch einem Emporsteigen der Oberwalze, falls das Arbeitsstück beim Walzen gegen dieselbe einen zu starken Druck ausüben sollte, möglich bleibt. Die genaue Lage der Walzenachse kann durch Drehen der Druckschraube *d* immer wieder hergestellt werden.

Fig. 207.

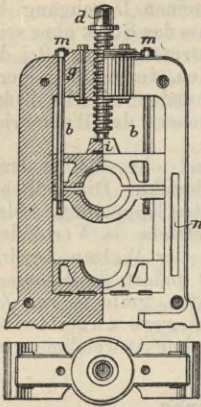
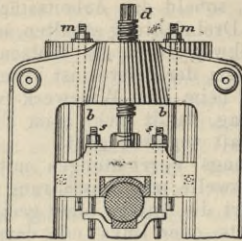


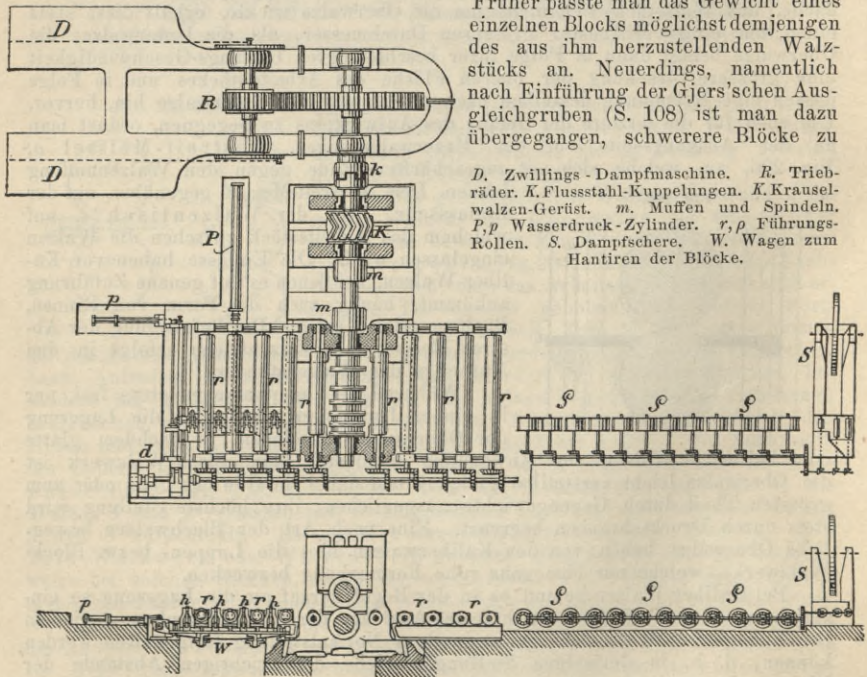
Fig. 208.



208 zeigt, besser derart, dass der von der Druckschraube ausgeübte Druck ohne Einfluss auf die Zapfenreibung derselben bleibt. Man bewirkt dies dadurch, dass man nur die obere Hälfte des Lagers an die Schrauben *b* hängt und die untere Lagerhälfte an die obere mit besondern Schrauben *s* befestigt¹⁾.

2. Die neuern Zwillings-Blockwalz-Gerüste bedürfen besonderer Erwähnung. Früher passte man das Gewicht eines einzelnen Blocks möglichst demjenigen des aus ihm herzustellenden Walzstücks an. Neuerdings, namentlich nach Einführung der Gjers'schen Ausgleichgruben (S. 108) ist man dazu übergegangen, schwerere Blöcke zu

Fig. 209, 210.



D. Zwillings - Dampfmaschine. *R.* Triebäder. *K.* Flussstahl-Kuppelungen. *K.* Krauselwalzen-Gerüst. *m.* Muffen und Spindeln. *P, p* Wasserdruck-Zylinder. *r, ρ* Führungs-Rollen. *S.* Dampfschere. *W.* Wagen zum Hantieren der Blöcke.

giessen und diese durch Vorwalzen und Zertheilen in mehr kleinere Blöcke von geeignetem Gewicht und Querschnitt umzuwandeln.

¹⁾ Daelen. D. R.-P. No. 28592.

Zu diesem Zwecke baute man zuerst in England und Amerika schwere Blockwalz-Gerüste. Während man in England dabei von Anfang an Kehrwalzen wählte, bevorzugte man in Amerika die Drillings-Walzen, hat indessen dort in letzter Zeit auch das Kehr-

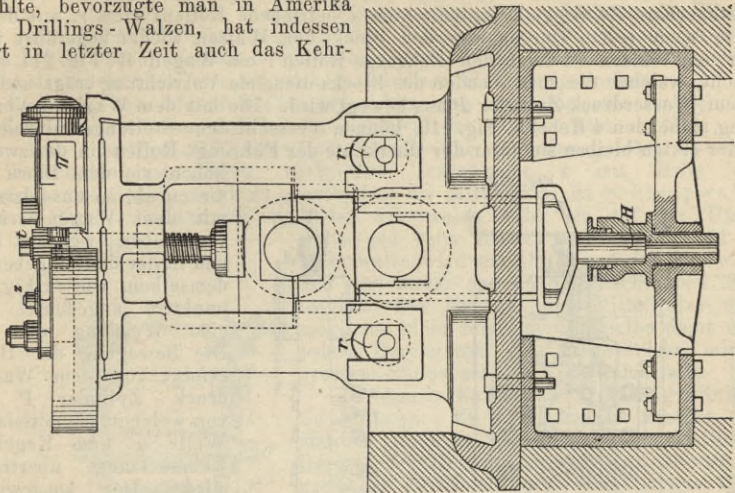
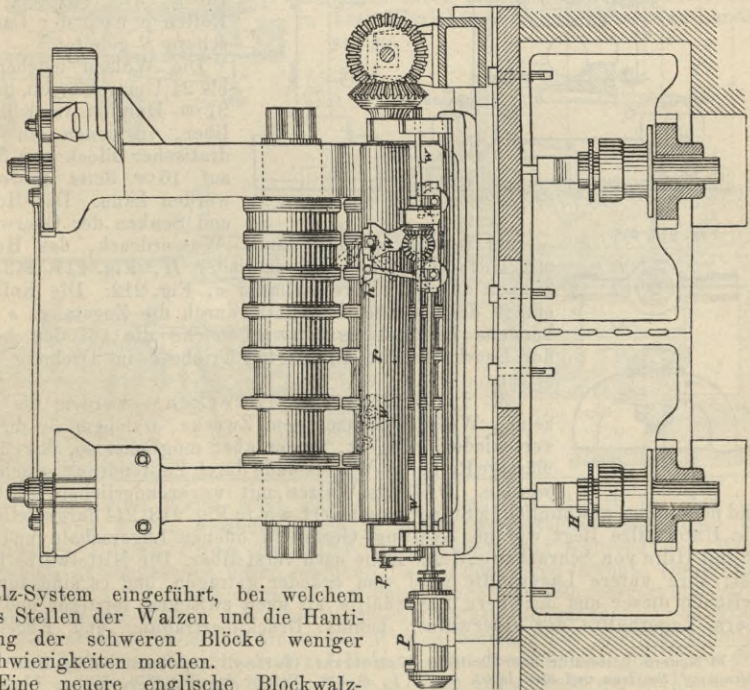


Fig. 211, 212.



walz-System eingeführt, bei welchem das Stellen der Walzen und die Handlung der schweren Blöcke weniger Schwierigkeiten machen.

Eine neuere englische Blockwalzwerk-Anlage, von den Elbow Vale Works ist in den Fig. 209—212 dargestellt¹⁾. Fig. 209, 210 zeigen die allgemeine Anordnung; die Inbetriebsetzung erfolgt von

¹⁾ Daelen. Ueber neuere Blockwalzwerke. Stahl und Eisen 1885, S. 495 u. 774.

der umsteuerbaren Zwillings-Dampfmaschine *D* aus mit einer Zahnrad-Uebersetzung von 1:3. Vor und hinter den Walzen liegt das durch eine besondere umsteuerbare Zwillings-Dampfmaschine *d* betriebene Rollensystem *r*, mit dessen Hilfe nach jedem Durchgange der Block den Walzen wieder zugeführt wird. Vor den Walzen ist unter den Führungs-Rollen *r* ein Wagen *W*, Fig. 211 angebracht, welcher die zum Wenden des Blocks dienende Vorrichtung trägt und von einem Wasserdruck-Zylinder *P* aus bewegt wird. Die mit dem Wagen in Verbindung stehenden 4 Hebel *h*, Fig. 210, können 3 verschiedene Stellungen einnehmen: in der ersten bleiben sie unter der Oberkante der Führungs-Rollen; in der zweiten

Fig. 213, 214.

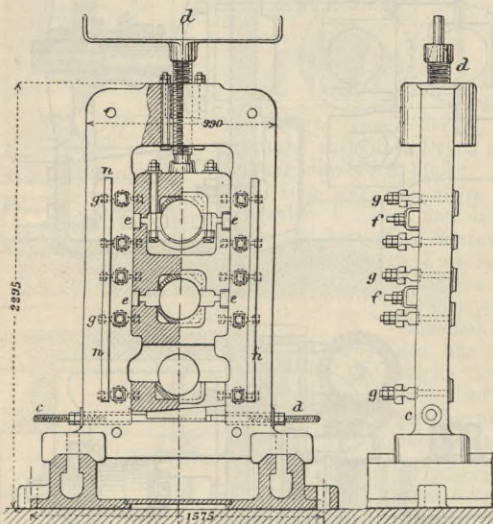
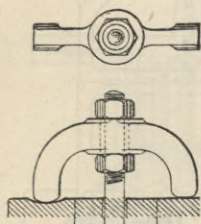


Fig. 215, 216.



heben sie den Block von diesen ab, so dass derselbe mit dem Wagen seitlich verschoben werden kann und in der dritten geben sie demselben, wie in Fig. 211 punktirt angedeutet ist, eine Wendung um 90°. Die Bewegung der Hebel erfolgt von dem Wasserdruck-Zylinder *P* aus, von welchem sie mittels der Welle *w* und Kegelrad-Uebersetzung übertragen wird. Der ausgewalzte Block wird mittels der Rollen *ρ* nach der Dampfmaschine *S* geleitet.

Die Walzen machen 18 bis 24 Umdrehungen, haben 91 cm Durchm. und 6 Kaliber, in denen ein quadratischer Block von 37 cm auf 16 cm Seite gestreckt werden kann. Das Heben und Senken der Oberwalze — um 5 cm — erfolgt durch Wasserdruck, das Heben mit Hilfe der beiden Presszylinder *H*, Fig. 211, 212 das Senken durch den Presszylinder *π*, Fig. 212. Die Kolbenstange des letzteren bewegt 2, durch die Zugstange *s* verbundene Zahnrad-Segmente *z*, welche die auf der Achse der Druckschraube befestigten Triebe *t* in Drehung versetzen.

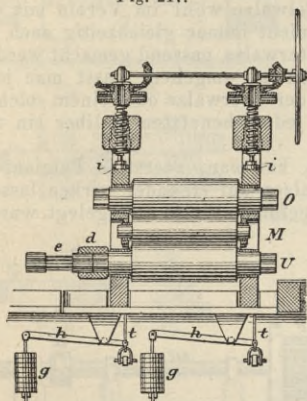
3. In Drillings-Walzwerken¹⁾ werden die einzelnen Walzen, je nach dem Zwecke, welchem sie dienen, verschieden gelagert, immer aber möglichst so, dass übermäßige Reibungs-Widerstände durch Zapfendruck vermieden werden. Drillings-Walzen mit unveränderlichen Kalibern sind neuerdings gewöhnlich in Ständern gelagert, wie in Fig. 213, 214 dargestellt ist. Die Unterwalze liegt wie im Zwillings-Gerüst in offener Lagerschale und sie ist mit Hilfe von Schrauben *c*, *d* der Höhe nach verstellbar. Die Mittelwalze liegt fest; ihre untere Lagerhälfte wird vom Ständer getragen, und es sind sowohl zwischen dieser und der obren Lagerhälfte als auch zwischen letzterer und der obren Lagerhälfte der Oberwalze, behufs Druckübertragung und Regelung

1) Neuere Litteratur über Drillings-Walzwerke: Holley. American Rolling-mills. *The Journal of the Iron and Steel Instit.* 1873, I, S. 348. Ferner daselbst 1874, II. — Thomas. *Improvements in Belgian. Three-high Rolling-mills.* Daselbst 1877, II, S. 439. — Schwarz. Die Präzisions-Stellung der Walzen bei Trio-Walzwerken. *Zeitschr. des berg- u. hüttenm. Ver. f. Steyermark u. Kärnthen* 1881, S. 14. — Daelen. Trio-Walzenständer mit Präzisions-Lagerung. Daselbst 1881, S. 284. — Spannagel. Neue Schnell-Walzwerks-Anlage der Eisenhütte Phoenix. *Stahl u. Eisen* 1882, S. 186.

der Stellung der Oberwalze, Keilstücke *e, e* eingelegt, welche mit Schrauben-Ansätzen versehen sind und ferner übergestülpter Bügel *f* mit Hilfe von Muttern angezogen werden können. Einer seitlichen Verschiebung der Walzen und ihrer Kaliber in der Richtung der Walzenachse wird durch mit Verschraub-Vorrichtung versehene Spannbügel *g, g*, Fig. 215, 216, vorgebeugt, deren Enden durch die Ständerwand reichen und diese klauenartig umfassen.

4. Drillings-Blech-Walzwerke hat man neuerdings mit beweglichen, durch Gewichte ausgeglichenen Oberwalzen eingerichtet. Fig. 217 zeigt ein derartiges Drillings-Gerüst nach der Anordnung von Lauth¹⁾. Die Oberwalze ist durch senkrechte Tragstangen *t* mit Hilfe von Hebeln *h* und Gegengewichten *g* entlastet; die Mittelwalze ist Schleppwalze.

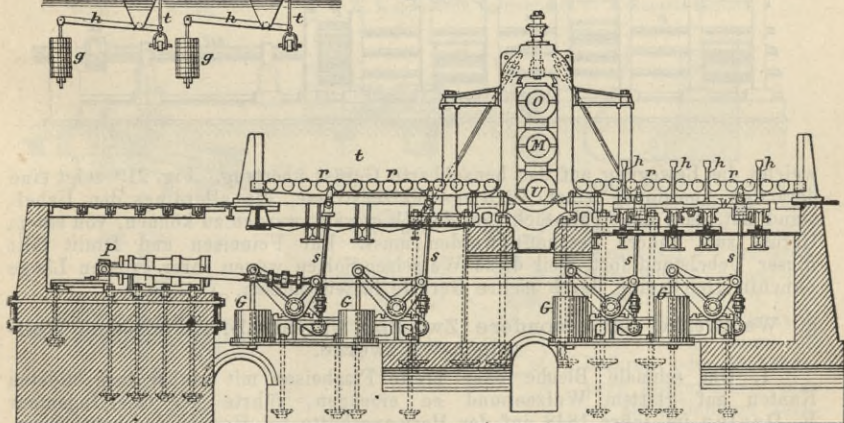
Fig. 217.



und der Oberwalze ruht sie auf der Unterwalze und beim Walzen zwischen ihr und der Unterwalze wird der Druck auf die Oberwalze und von dieser auf die Druckschrauben übertragen. Das Gewicht der Mittelwalze muss möglichst klein sein, damit dieselbe nicht nach jedem Durchgange des Arbeitsstücks mit zu grossem Stosse auf die Unterwalze falle.

5. Amerikanische Drillings-Schienenwalzen. Es wurde bereits bemerkt, dass man in Amerika für Blockwalzen Drillings-Gerüste den Kehrwalzen vorzieht. Die amerikanischen Drillings-Blockwalzen-Anlagen übertreffen in ihren Abmessungen und meist auch in ihrer Einrichtung diejenigen anderer Länder.

Fig. 218.



In vollkommenster Weise zeigt sich die amerikanische Bauart bei der von Holley und Fritz erfundenen, in Fig. 218 dargestellten Anordnung des Walzwerkes Edgar Thomson. Der Block dort während des Walzvorganges ausschliesslich durch mechanische Vorrichtungen bewegt. Die Walzen *O, M U* von 0,9 m Durchm. und 2,25 m Ballenlänge sind fest gelagert und haben 12 offene Trapez-Kaliber mit einer durchschnittlichen Höhenabnahme von 30 mm. Die Rollentische *t* vor und hinter den Walzen bestehen aus je einem schmiedeisernen Rahmen, der mittels 4 auf Hebeln ruhender Schubstangen *s* von dem durch Wasserkraft bewegten Kolben *P* aus gehoben und gesenkt werden kann. Die Last der Tische usw. ist durch die Gegengewichte *G* ausgeglichen. Die Rollen

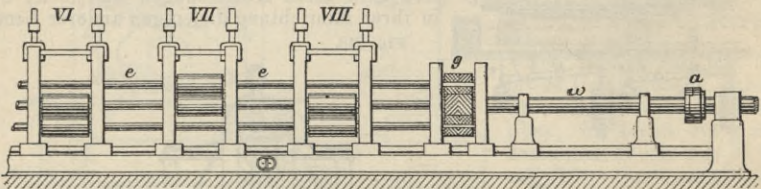
¹⁾ Lauth's Patent. *Three-high Plate and Sheet-rolls. The Journal of the Iron and Steel Inst.* 1872, II, S. 86.

der Tische werden von einer Langseite her durch eine Dampfmaschine mittels besonderer Wellen und Getriebe in Drehung versetzt. Die Vorrichtung zum Verschieben und Wenden des Blocks — 4 Hebel oder Daumen *h*, welche auf einem 16rädernen Wagen *W* stehen, der senkrecht zur Walzrichtung durch einen Wasserdruck-Kolben hin und her bewegt werden kann — ist ähnlich wie diejenige des vorhin beschriebenen Kehrwalzwerks von Elbow Vale. Beim Walzen sind 3 Arbeiter beschäftigt: je ein Walzer vor und hinter den Walzen und ein Maschinist zum Steuern der Tisch-Bewegungen der Rollen und Daumen *h*. Die unmittelbar gekuppelte Walzenzug-Maschine macht 45 Umdrehungen in 1 Min. und besitzt ein Schwungrad von 60 t Gewicht, bei 7,5 m Durchm. Das Fertigwalz-Gerüst der Edgar-Thomson-Werke ist in ähnlicher Weise mit vollkommen selbstthätiger Hub-, Schieb- und Wende-Vorrichtung versehen¹⁾.

6. Die Kalibrirung von Drillings-Walzen bietet insofern Schwierigkeiten, als die Gestalt einer Furche der Mittelwalze wohl im Verein mit der Furche der Oberwalze oder Unterwalze aber nicht immer gleichzeitig auch im Verein mit der Furche der Oberwalze und Unterwalze passend gemacht werden kann. Um diese Schwierigkeit am einfachsten zu umgehen, passt man jede Furche der Mittelwalze entweder dem Kaliber der Oberwalze oder einem solchen der Unterwalze an, so dass über oder unter jedem benutzten Kaliber ein unbenutztes Blindkaliber erscheint.

Um die Blindkaliber ganz zu vermeiden, hat man, zuerst in Belgien, in einem und demselben Gerüst immer nur 2 Walzen auf einander wirken lassen, während an Stelle der dritten Walze eine Kuppelungs-Welle *e* eingelegt wurde,

Fig. 219.



welche die Bewegung auf das benachbarte Gerüst übertrug. Fig. 219 zeigt eine derartige Anordnung einer Drillings-Walzenstrasse, die allerdings den Uebelstand hat, dass das Walzstück, um zurück gewalzt werden zu können, von einem Gerüst zum andern geschafft werden muss. Für Feineisen und Draht fällt dieser Uebelstand fort, weil diese Walzeisen-Sorten wegen ihrer grossen Länge ohnehin gleichzeitig durch mehre Gerüste laufen müssen.

g. Walzwerke für besondere Zwecke. Universal-, Reifen- und Wellblech-Walzwerke.

1. Um schmale Bleche oder breite Flacheisen mit sauber ausgebildeten Kanten auf glattem Walzenbund zu erzeugen, führte der Ober-Ingenieur R. Daelen im Jahre 1848 auf der Hermannshütte bei Hoerde das erste sogen. Universal-Walzwerk, Fig. 220, aus. Es vereinigt 2 Walzenpaare, *aa*, *bb*, das eine Paar mit wagrecht liegenden, das andere mit senkrecht stehenden Achsen, welche kurzweg Stehwalzen und Liegewalzen heissen. Die 4 Walzen im Verein bilden das erforderliche Kaliber; ihre Drehung erfolgt vom Getriebe-Gerüst aus; doch ist zur Ingangsetzung der in den Querbalken *q*, *q* gelagerten Stehwalzen eine besondere Welle mit den Kegelrädern *k*, *k* vorhanden.

Beim Walzvorgange ist es von Einfluss, ob das Arbeitsstück zuerst von den Stehwalzen oder von den Liegewalzen erfasst wird; im ersten Falle werden die Oberflächen, im zweiten Falle mehr die Kanten zur vollständigen und glatten Ausbildung kommen. Verschiedene Ingenieure haben versucht, Universal-

¹⁾ Daelen. Die Schienenwalze der Edgar Thomson-Werke; mit Abbildungen. Stahl u. Eisen 1886, S. 667.

Walzwerke herzustellen, in denen man sowohl die Kanten als auch die Oberflächen der Stücke gleich scharf und eben erhalten kann. Die Walzwerke von Hutchinson¹⁾, Flotat²⁾ und E. Daelen³⁾ besitzen 2 Liegewalzen, jede mit einem aufgeschobenen Ringe, welcher das Kaliber seitlich begrenzt und in eine Furche der benachbarten Walze eingreift. Eine Aenderung der Kaliberbreite erfolgt durch Verschiebung einer der beiden Walzen in wagrechter Richtung, wobei sie den Ring der andern Walze mit sich nimmt. Das Walzwerk von Wenström⁴⁾ und Sack⁵⁾ enthält 4 Walzen, deren Achsen sich in einer gemeinschaftlichen senkrechten Ebene drehen: 2 Liegewalzen, welche eigenen Antrieb besitzen und 2 Stehrollen, welche Schleppwalzen sind. Alle genannten neuern Universal-Walzwerke haben aber das einfachere, ältere Daelen-

Fig. 220.

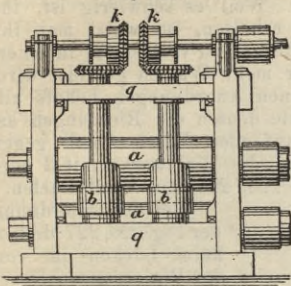


Fig. 221, 222.

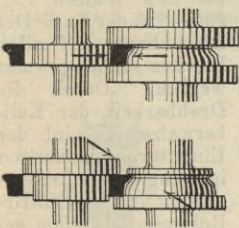


Fig. 225.

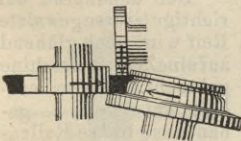


Fig. 229.

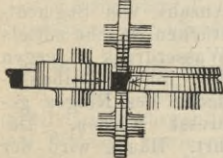


Fig. 223.

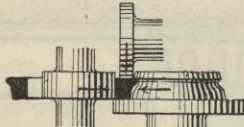


Fig. 224.

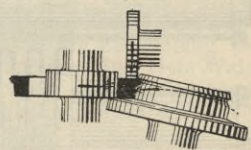
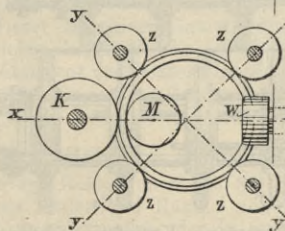
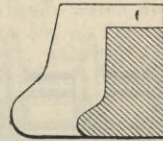
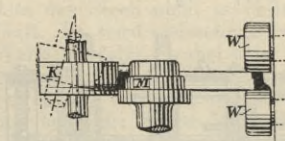


Fig. 226, 227, 228.

K. Kaliber - Schleppwalze. — M. Mittelwalze (getrieben). — W. Kopfwalzen (getrieben). — Z. Zentrir-Rollen.



sche zur Zeit noch nicht zu verdrängen vermocht⁶⁾. Das neueste Universal - Verfahren rührt von Dr. Kögel her. Dasselbe gestattet u. a. Eisen ohne Anwendung eines Dorns usw. zu Röhren oder Hohlkörpern auszuwalzen oder sie auf beliebigen Quer-

schnitt in einem Durchgange auszustrecken⁷⁾.

2. Die schweisseisernen und schweisstählernen Radreifen — Tyres, Bandagen — der Eisenbahn-Fahrzeuge, deren Schweissstellen, obwohl man dieselben seit dem Jahre 1839 schon parallel zum Umfange des Radkranzes zu legen wusste, immerhin Gefahr bringende Stellen blieben, sind seit der Einführung des Bessemer-Verfahrens verdrängt worden⁸⁾. Die Anfertigung eines Radreifens erfolgt heute in der Weise, dass zuerst, in der Regel durch den

¹⁾ D. R.-P. No. 8895. — ²⁾ Armengaud. *Publications industrielles*, vol. 27. — ³⁾ Stahl u. Eisen 1883, S. 161. — ⁴⁾ D. R.-P. No. 12 860.

⁵⁾ Sack. Neue Profleisen-Universalwalzwerke. Stahl u. Eisen 1886, S. 766.

⁶⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1964, S. 262; 1866, S. 294; 1881, S. 570.

⁷⁾ Ein neues Universal-Walzverfahren s. Stahl u. Eisen 1887, S. 451. D. R. P. Nr. 34 617.

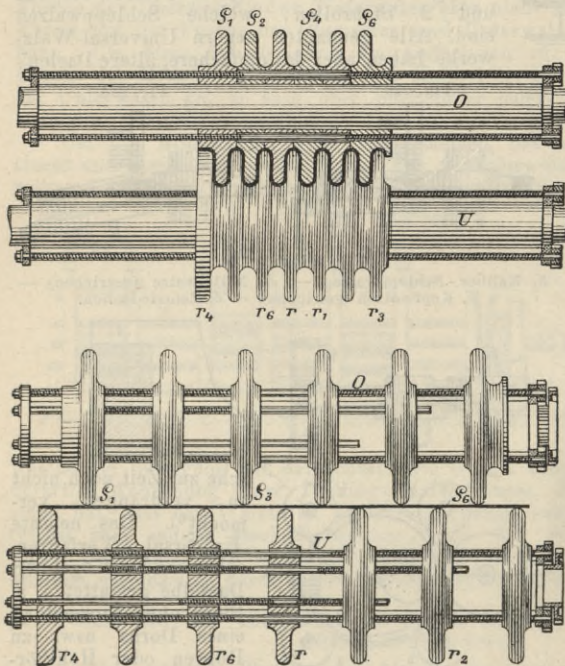
⁸⁾ In Preussen rechnet die Einführung der Flussstahl-Radreifen vom 4. Februar 1862 ab. Vergl. Erlass des preuss. Handelsminist., nach welchem „Gussstahlreifen (auch Flussstahlreifen) für die Folge bei Lokomotiven und Personenwagen ausschliesslich angewendet werden sollen.“

Guss, ein Ring in roher Form hergestellt wird, den man darauf, behufs Auswalzens seiner endlichen Form, über eine der Walzen des Reifen-Walzwerks schiebt.

Je nachdem Walzen mit wagrecht oder senkrecht laufenden Achsen in Anwendung kommen, steht oder liegt der Reifen. Weil es schwierig ist, ihn während des Walzens in senkrechter Lage zu erhalten, so walzt man ihn meistens in wagrechter Lage, und, um rasche Abkühlung zu vermeiden, in einem einzigen veränderlichen Kaliber, das durch 2 oder mehr Walzen gebildet wird.

Die Fig. 221 bis 229 stellen die verschiedenen Anordnungen behufs allmählicher Ausbildung der Form dar¹⁾. Die Pfeile deuten die Richtungen an, nach welchen die Walzen mit Hilfe von Dampf oder Wasserdruck gegen einander verschoben werden. Am besten arbeiten die Walzwerke mit 3 oder 4 Walzen, Fig. 224, von R. Daelen und Fig. 225, 226, 227 von Vital Daelen.

Fig. 230, 231.



Bei der Anordnung der Fig. 226, 227 bleiben keine Lücken im von den Walzen umschlossenen Profil, wie z. B. bei den Walzen Fig. 222—225 der Fall. Der Ring kann auf allen Flächen sauber gewalzt werden. Durch die Drehbarkeit der Kaliberwalze *K* wird der Eintritt von Spannungen im Ringemöglichst vermieden und die Zentrirrollen *z* geben ihm genaue Kreisform.

Der annähernd auf richtige Grösse gewalzte Reif wird noch glühend auf eine Zentrirmaschine gebracht. Diese enthält entweder 3 genau einstellbare Rollen-Paare sowie einige Leitrollen, oder eine Anzahl von Segmentstücken, welche mittels Wasserdruck gegen die innere Laibungsfläche des Ringes gepresst werden. Da-

durch wird er in die vollkommene Kreisform übergeführt. Häufig wird der Reifen, um jede schädliche Spannung in ihm auszugleichen, zum Schluss noch in Glühgruben (S. 108) zum Erkalten gebracht²⁾.

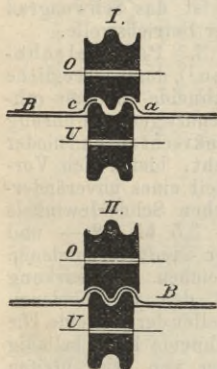
3. Die älteste Walz-Vorrichtung für Wellbleche, bei der gewöhnliche Furchung angenommen wurde, hat den Uebelstand, dass in Folge der nothwendigen seitlichen Bewegung und der dadurch entstehenden starken Reibung zwischen Blech und Walzen, ersteres verzerrt wird. Dieser Fehler wird durch Anwendung kannelirter Walzen vermieden; jedoch sind solche Walzen nur bis zu einer geringen Wellenhöhe anwendbar; auch ist die Länge der Bleche eine beschränkte. Wellbleche mit grosser Wellenhöhe sog. Träger-Wellbleche werden daher meistens in Pressen angefertigt und erst neuerdings hat man mit Erfolg ver-

¹⁾ Nach Wedding. Vergl. auch Geitel. Die Radreifen-Befestigungen der Eisenbahnfahrzeuge. III. Die Radreifen-Walzwerke. Preisgekürnte Arbeit. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1886, II., S. 103—106.

²⁾ Durchweichungs-Gruben für Radreifen. Stahl u. Eisen 1886, S. 65.

sucht, Walzwerke zu diesem Behuf einzuführen. Das erste derselben ist von Vital Daelen konstruirt¹⁾. Die Grundidee ist in den Fig. 230—231 veranschaulicht. Es sind 2 Walzen, die fest liegende Unterwalze U und die senkrecht stellbare Oberwalze O vorhanden. Mit der Unterwalze drehen sich mehre Formringe r, r_1, r_2 usw., von denen r unveränderlich fest sitzt, während die übrigen in der Richtung nach r hin verschoben werden können. Mit der Oberwalze drehen sich eben solche Formringe ρ, ρ_1, ρ_2 usw., welche aber alle in der beschriebenen Weise beweglich sind. Fig. 231 zeigt die Anfangsstellung der Formringe beim Beginn des Walzens, Fig. 230, ihre Endstellung beim Fertigwalzen. Im Anfange der Walzarbeit ist die seitliche Bewegung der Formringe und die Senkung der Oberwalze, bewirkt durch ein System von Trieben bezw. Schnecken, eine ununterbrochene, woraus folgt, dass das Wellblech sich anfangs konisch gestaltet, da die Wellenhöhe an der zuletzt die Walzen berührenden Blechseite grösser werden muss, als an der gegenüber liegenden Seite. Aus diesem Grunde ist das Walzwerk als Kehrwalzwerk eingerichtet, derart, dass beim Rückwärtswalzen des Bleches die Bewegung der Formringe und der Oberwalze unveränderlich bleibt, d. h. nicht mit umgesteuert wird. Gegen Ende der Walzarbeit, wenn die Formringe die Stellung nach Fig. 230 eingenommen haben, wird eine Ausrück-Vorrichtung in Thätigkeit gesetzt, welche bewirkt, dass die Verschiebung der Formringe und der Oberwalze aufhört. Nach ein- oder mehrmaligen Durchgange in der Endstellung der letztern ist dann das Wellblech fertig. Das erste Walzwerk dieser Art ist im Jahre 1883 auf der erzherzoglichen Karlsruhte in Oesterreichisch-Schlesien mit Erfolg in Betrieb gesetzt worden²⁾.

Fig. 232.



Das Wellblech-Walzwerk von Potthoff & Golf in Berlin, Fig. 232, zeigt eine ähnliche Einrichtung, wie das Daelen'sche, nur mit dem Unterschiede, dass das Blech nicht in voller Breite durch die Walzen läuft. Es wird vielmehr anfangs, bei a , nur eine halbe Welle gewalzt, wobei das Blech während des Durchgangs durch die Walzen bei B geführt wird. Sobald der Durchgang vollendet ist, wird die Maschine umgesteuert und bei c die zweite halbe Welle gebildet. So entsteht eine halbe Welle nach der andern, Fig. 232 II. Auf dieser Maschine können, wie auf der Daelen'schen, beliebig lange Bleche gewalzt werden. Besondere Vortheile vor der letztern bietet sie insofern, als das Wellen

gleichmässig über die ganze Länge derselben erfolgt und jede Welle 3 mal die Furchungen durchlaufen muss, wodurch sie vollkommen ausgerichtet wird³⁾.

h. Maschinen zum Zertheilen und Beschneiden der Arbeitsstücke.

1. Das Zerschneiden der Rohschienen (S. 84), das Abschneiden der stets unvollständig ausgebildeten Enden und Ränder von Stäben bezw. Blechen nach dem Walzen, sowie auch das Zertheilen der in mehrfachen Längen gewalzten Formeisen usw. erfolgt unter Scheren und Sägen.

Die Scheren dienen zum Zerschneiden von Arbeitsstücken, die nicht stark sind und einfachen Querschnitt zeigen, als Bleche bis zu etwa 35 mm Stärke, im rothwarmen oder kalten Zustande, und einfache Stabeisen bis zu etwa 70 mm Stärke im rothwarmen Zustande. Schwerere Formeisen, als Träger, Schienen usw. würden beim Schneiden mit Scheren zu sehr leiden; man zertheilt sie daher auf Kreissägen. Die auswechselbaren Scherblätter zum Kaltschneiden bestehen aus gehärtetem Stahl, zum Schneiden von rothwarmem Eisen genügen auch verstärkte Eisenblätter. Die Scheren zerfallen in Hebelscheren,

¹⁾ D. R.-P. No. 19949 vom 4. November 1882.

²⁾ Neues Wellblech-Walzwerk von Vital Daelen in Berlin. Stahl u. Eisen 1884, S. 207. — Schneider. Ueber das Wellblech-Walzwerk von Vital Daelen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen., 1887, S. 11.

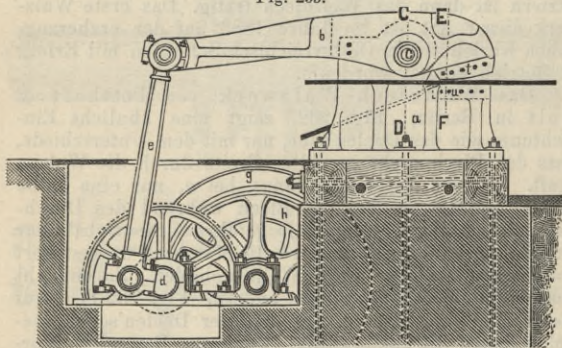
³⁾ Vergl. Deutsche Bauzeitg. 1885, S. 450.

deren eine Schneide fest liegt, während die andere um eine wagrechte Achse schwingt, in Parallelscheren, bei denen die bewegliche Schneide sich senkrecht auf- und nieder bewegt und in Kreisscheren, bei welchen die Schneiden am Rande zweier sich drehenden Scheiben liegen.

2. Hebelscheren gehören zu den ältesten aller Zertheilungs-Maschinen und wirken ähnlich wie die gewöhnlichen Handscheren. Die schneidende Kante des beweglichen Blattes ist bogenförmig gestaltet, damit in jeder Stellung der Schneidewinkel — 14 bis 18° — derselbe bleibe. Ihrer Einfachheit wegen sind die Hebelscheren für das Schneiden von Rohschienen und einfachem Stabeisen sehr gebräuchlich; die Schnitzzahl schwankt je nach der Stärke des Arbeitsstückes und je nachdem kalt oder rothwarm geschnitten wird, zwischen 10 und 60 in 1 Min. Das Schneiden breiterer Stücke ist dabei mit Unbequemlichkeiten verknüpft, weil das Arbeitsstück nach jedem Schnitte vorgeschoben werden muss.

Der Betrieb erfolgt mittels Kurbel und Lenkstange, nöthigenfalls unter Zuhilfenahme eines Rädervorgeleges. Fig. 233 stellt eine derart betriebene Hebelschere dar. Die bewegliche Schneide ist an einem kräftigen, um wagrechte Drehungszapfen schwingenden Gusseisen-Hebel *b* befestigt, die wagrecht liegende Schneide *u* am festen Lagerbock *a*. Die Hebelbewegung wird durch die Kurbel *d* und Lenkstange *e* von der Antriebs-Riemenscheibe *h* aus mit Hilfe eines Räder-

Fig. 233.



Vorgeleges übertragen, *g* ist das Schwungrad der Betriebswelle.

3. Parallelscheren¹⁾, deren bewegliche Schneide in einer rahmenartigen Führung senkrecht auf und nieder geht, bieten den Vortheil eines unveränderlichen Schneidewinkels — 3,5 bis 7° — und der damit verbundenen gleichen Kraftwirkung an den verschiedenen Stellen der Schneide. Die Schneide kann beliebig

lang sein — bis 3 m — und vortheilhaft zum Zertheilen von sehr breiten Arbeitsstücken dienen. Der Betrieb erfolgt durch eine eigne Dampfmaschine. Anzahl der Schnitte meistens nur 6—12 in 1 Min.

Fig. 234, 235 stellen eine Parallelschere für das Schneiden von Blechen dar. Die Parallelführung des Schlittens *s*, in welchem das obere Scherblatt befestigt ist, erfolgt bei Drehung der Kurbelachsen mit Hilfe der zu dem Kurbelzapfen *z* führenden Lenkstange *w*. Der Schlitten kann mit Hilfe der Hebel *h*, indem man die Lenkstangen *w* zur Seite zieht, selbstthätig so hoch gehoben werden, dass bei unterbrochenem Gange der Maschine, ohne einen vorzeitigen Schnitt befürchten zu müssen, eine Blechtafel auf dem mit der festen Schneide versehenen Tische zwischen die beiden Scherblätter in die gewünschte Lage gebracht werden kann. Die Ingangsetzung der Maschine erfolgt von der als Schwungrad ausgebildeten Riemenscheibe *o* aus durch Zahnrad-Getriebe.

Blechscheren, die ein volles Durchstecken des Arbeitsstückes nicht gestatten, werden ohne Gegengewicht und Hebelvorrichtung zum Ausrücken bezw. Heben des Scherenschlittens ausgeführt; auf solchen Scheren kann man aber nur Bleche schneiden, die nicht breiter sind, als die nutzbare wagrechte Scherenöffnung.

¹⁾ Vergl. u. a. Neuere Scheren: Daelen. Blockschere mit hydraul. Betriebe. Stahl u. Eisen 1884, S. 727. — Doppelte Dampfschere zum Schneiden von Eisenschrott; daselbst S. 726. — Daelen. Dampf-Blockschere mit Wasserdruck-Uebersetzung. Das. 1887, S. 184.

4. Kreisscheren werden zum Schneiden schwacher und langer Bleche benutzt, derart, dass das Blech, wie bei den vorgenannten Scheren fest auf

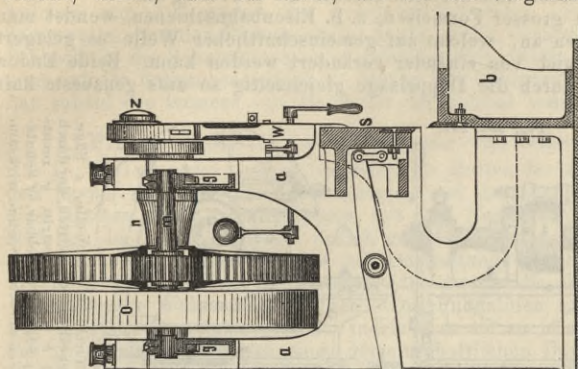
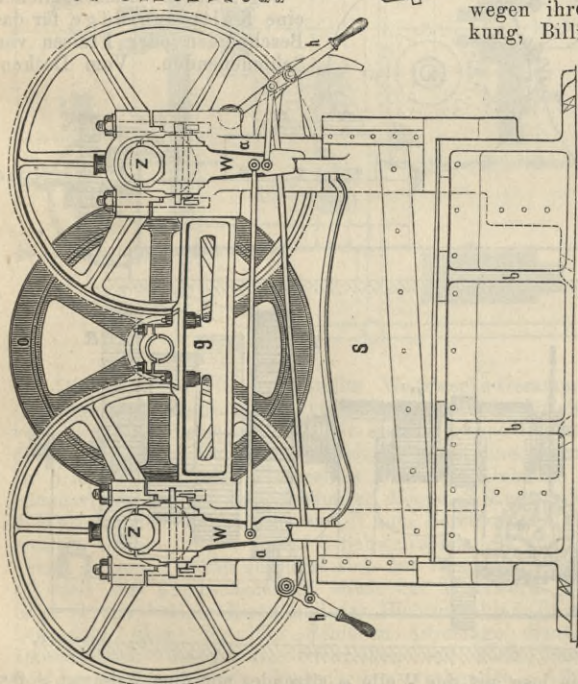


Fig. 234, 235.

a Symmetrische Gestellteile auf gemeinschaftlicher Grundplatte, *b* Tisch mit dem festen Scherblatt, *s* Schlitten mit dem oberen Scherblatt, durch das Gewicht *g* ausbalanzirt, *m* Antriebswelle mit der als Schwungrad gestalteten Riemenscheibe *o*, *w* Lenkstangen.



einem Tische liegt und auf einem Wagen durch die Schere geführt wird. Sie bestehen aus 2 stählernen, oder an den Schneiden verstellten Kreisscheiben, die sich entgegengesetzt mit grosser Geschwindigkeit (4 bis 5^{cm} in 1Sek.) drehen und deren Schneidkanten so weit über einander fortgreifen, wie es die Dicke des Arbeitsstückes — 6 bis 13 mm — erfordert. Die

Kreisscheren kommen seltener in Eisenwerken, häufiger aber in Werkstätten zum Bearbeiten anderer Metalle vor.

5. Kreissägen dienen zum Zertheilen grosser Formeisen, wegen ihrer vollkommenen Wirkung, Billigkeit und Einfachheit

aber auch zum Zerschneiden von einfachen Stabeisen, die sonst sehr wohl auf Scheren verarbeitet werden könnten. Die Säge besteht aus einer gezahnten 3 bis 6 mm starken Eisen- oder Stahlscheibe, die sich — etwa 800—2000mal in 1 Min. — dreht. Das Arbeitsstück wird auf einem Schlitten* mittels eines Handhebels oder dergl. allmählig derart vorgeschoben, dass die Zähne der Säge, welche dabei durch Wasserkühlung gegen zu grosse Erhitzung geschützt werden, gehörig zur Wirkung kommen. Zuweilen liegt auch das Arbeitsstück fest und die Säge wird demselben entgegen geführt. Der

Sägedurchmesser beträgt gewöhnlich 0,8—1,5 m, ausnahmsweise bis 2 m.

Wenn angängig zerschneidet man die Arbeitsstücke in noch glühendem Zustande.

Die Heissägen sind geringerm Widerstande ausgesetzt, erhalten daher auch grössern Durchmesser und arbeiten rascher als Kältsägen.

Für das Ablängen grosser Formeisen, z. B. Eisenbahnschienen, wendet man ein Paar von Kreissägen an, welche auf gemeinschaftlicher Welle so gelagert werden, dass ihr Abstand von einander verändert werden kann. Beide Enden einer Schiene werden durch die Doppelsäge gleichzeitig so aufs genaueste kalt beschnitten.

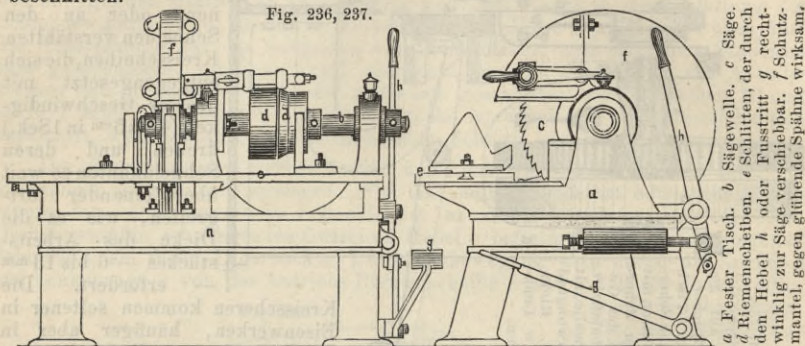


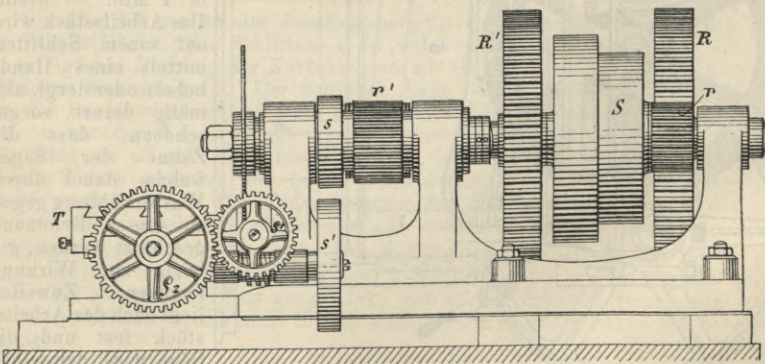
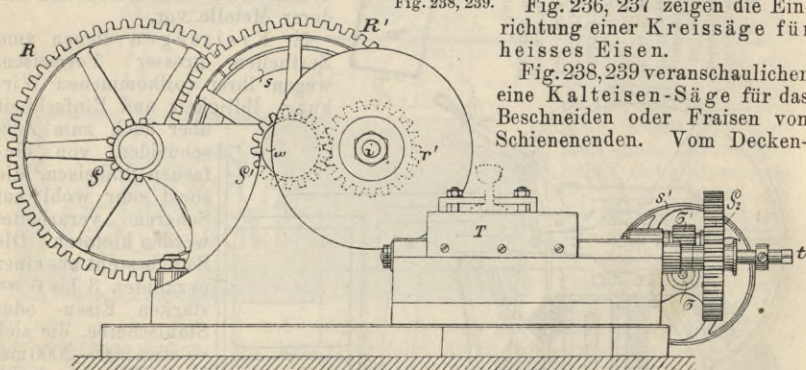
Fig. 236, 237.

a Fester Tisch, *b* Sägewelle, *c* Säge, *d* Riemenscheiben, *e* Schlitten, der durch den Hebel *h* oder Fusstritt *g* rechtwinklig zur Säge verschiebbar, *f* Schutzmantel, gegen glühende Spähne wirksam.

Fig. 238, 239.

Fig. 236, 237 zeigen die Einrichtung einer Kreissäge für heisses Eisen.

Fig. 238, 239 veranschaulichen eine Kalteisen-Säge für das Beschneiden oder Fräsen von Schienenenden. Vom Decken-



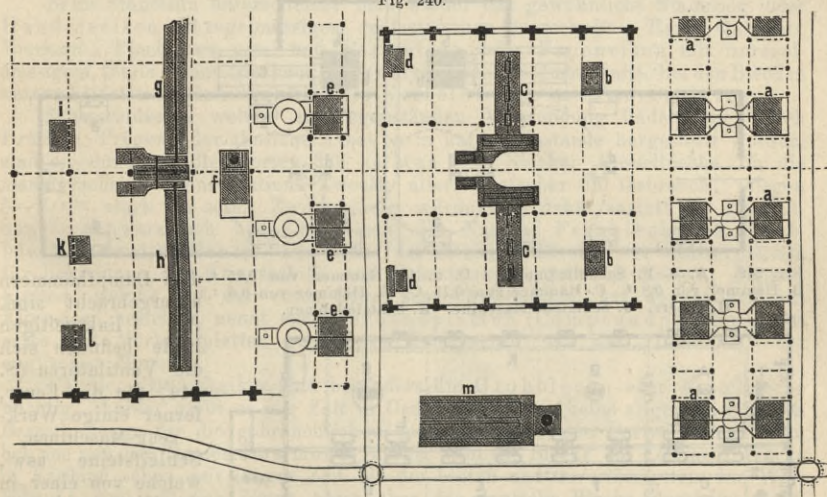
Vorgelege aus wird die lose auf der Welle ω sitzende, mit dem Zahnrad r fest verbundene Riemenscheibe S betrieben. Dadurch kommt ein starkes Vorgelege in Gang, welches aus den Zahnrädern R, ρ, R', ρ' besteht, und die Bewegung

von der Welle ω aus auf das, auf der Sägenwelle festsitzende Zahnrad γ' überträgt. Die selbstthätige Nachstellung des in Prismen-Führung gehenden Tisches T , welcher zum Aufspannen des Arbeitsstückes dient, erfolgt von der auf der Sägenwelle sitzenden Riemenscheibe s aus, durch Vermittlung der Scheibe s' , der Schnecke σ , des Schneckenrades σ' nebst den Stirnrädern ρ_1 und ρ_2 . Das letztere sitzt auf der Schraubenspindel t , welche den Schlitten bewegt und ist ausrückbar sobald der letztere von Hand mit der Kurbel bewegt werden soll.

i. Plan-Anordnung der Walzwerke und Schmiedewerkstätten.

1. Walzwerke bilden besonders in Hütten für Schmiedeisen-Darstellung den hervor ragenden Theil der Anlagen und Geräte. Man belegt daher wohl diese Hütten selbst im allgemeinen mit dem Namen Walzwerke. Ihre Anlagen zerfallen in 2, in der Regel örtlich getrennte Gruppen. Die erste umfasst die vor behandelten Einrichtungen zur Darstellung des Schweisseisens und Verarbeitung desselben zu Rohschienen, die zweite die eigentlichen, S. 149—159 beschriebenen Walzwerks-Anlagen. Die Puddelöfen und Schweissöfen werden gewöhnlich reihenweise gestellt, indem man sie zu je zweien an einander legt; für je 2 oder 4 hat man einen gemeinschaftlichen Dampfkessel. Die Walzenstrassen legt man möglichst in die Nähe der Schweissöfen.

Fig. 240.



Die in Fig. 240 dargestellte Walzwerks-Gesamtanlage dient zur Herstellung von Kesselblechen und Stabeisen und ist für eine wöchentliche Leistung von etwa 300 t bemessen. In der ersten Gruppe liegen 24 Puddelöfen (a), von denen je 4 einen Dampfkessel heizen, unter einer gemeinsamen Ueberdachung. In dem zwischen den Ofenreihen liegenden Gebäude befinden sich 2 Dampfhammer (b), die als Luppenhammer dienen, 2 Luppen-Walzwerke (c), jedes mit 2 Walzgerüsten und 2 Scheren (d) zum Zerschneiden der Rohschienen. In der zweiten Gruppe liegen zuerst 8 Schweissöfen (e), von denen je 2 einen Dampfkessel heizen. Daran schliesst sich das Blech-Walzwerk (g) mit dem Glühofen (f) und der Blechschere (i), sowie das Walzwerk (h) für Stabeisen mit der Säge (k) für heisses Eisen und der Richtmaschine (l), welche auch zum Lochen, besonders aber für die Schienen-Adjustage dient. m sind 2 Reserve-Dampfkessel. Längs der Ofenreihen und nach dem Walzwerk hin liegen Schienenstränge, durch Drehscheiben verbunden. Alle Maschinen haben besondern Dampftrieb; doch sind die Dampfrohrleitungen gemeinsam.

2. Bei den Schmieden unterscheidet man Werkstätten für eigentliche

Schmiedearbeit: Hammerschmieden, und solche für Herstellung von Kesseln und ähnlichen Blecharbeiten: Kesselschmieden.

Die Hammerschmiede enthält nur Schmiedefeuer, bezw. Schweissöfen, und Hämmer mit Krähnen. In der Hammerschmiede, Fig. 241, sind die Schmiedefeuer *a* paarweise angeordnet; 4 Schweissöfen *b* sind mit Kesselanlagen *c* für die Dampfhammer versehen und werden durch die abziehenden Gase geheizt. Die 4 Dampfhammer, *d*, haben bezw. 0,25 bis 2,5 t Hammergewicht; die grösseren sind mit Drehkrähnen versehen, von denen beim Zusammenschweissen grosser Schmiedestücke je 2 gleichzeitig in Thätigkeit treten. Ein Schienenstrang, der quer durch das Gebäude führt, vermittelt das Verbringen schwerer Schmiedetheile zwischen den Schweissöfen und den Hämmern, wie überhaupt den Transport der Materialien. Das Gebläse für die Essen liegt ausserhalb des Gebäudes. Ein zweites Beispiel zweckmässiger Einrichtung und Gestaltung einer Hammerschmiede bietet Fig. 242. Das 67,5 m lange, 28,5 m breite und bis zur Traufkante nur 6 m hohe Gebäude ist der Länge nach durch eine offene Bogenstellung in 2 Hälften zerlegt, in deren jeder 2.8.2 = 32 Schmiedefeuer nebst

Fig. 241.

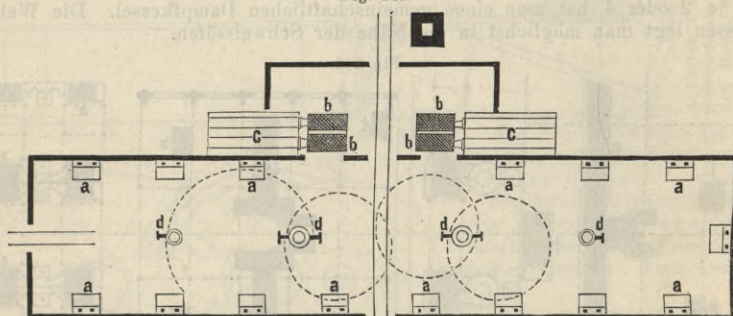
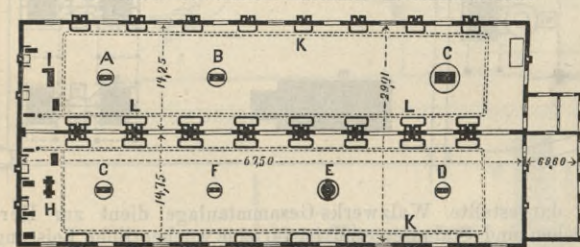


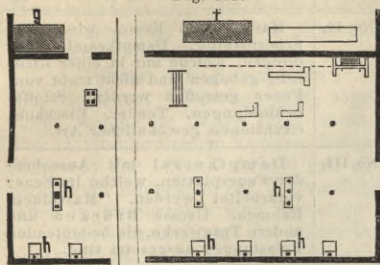
Fig. 242. A. u. F. Schnellhämmer. D. u. G. Hammer von 0,25 t. drei Dampfhammern untergebracht sind. Am linksseitigen Ende befinden sich die Ventilatoren (S. 144) für die Feuer, ferner einige Werkzeug-Maschinen, Schleifsteine usw., welche von einer in der Mitte der kurzen Wand angebrachten Dampfmaschine getrieben werden. Am rechtsseitigen Ende liegen: 1 Bureau-, 1 kleiner und 1 grosser Magazin-Raum, der zugleich eine Ketten-Probir-Maschine aufnimmt. Das Dach ist aus 2 Satteldächern mit Eisen-Bindern hergestellt, deren Durchzüge horizontal gelegt und, in steifer Konstruktion, als Laufschienen für Katzen von 250 kg Tragfähigkeit, zur Bedienung der Hämmer und Schmiedefeuer ausgebildet sind.



Eine Kesselschmiede enthält ausser den Schmiedefeuern und Glühöfen in der Regel einen Laufkrahnen. Wenn mit demselben nicht der Transport fertiger Kessel vorgenommen werden soll, kann der Krahnen ein sogen. leichter sein, nöthigenfalls auch durch Katzen, die auf den Durchzügen an den Dachbindern laufen, ersetzt werden. Ferner enthält die Schmiede manche der weiterhin unter E. zu beschreibenden Maschinen zum Pressen, Biegen, Richten, Lochen usw. der Platten und Formeisen. Die Kesselschmiede Fig. 243 hat z. B. im Mittelschiff den eigentlichen Montir-Raum mit dem Lauf-

krahn und ausserhalb, an der Langseite des Gebäudes liegen unter einer einfachen Ueberdachung ein Glühofen *f* für lange Formeisen und ein Glühofen *g*, in dessen Nähe die Richtplatten für Bleche aufgestellt sind. Das eine Seitenschiff enthält die Schmiedefeuer *h*, das andere die oben angegebenen Werkzeug-Maschinen, die Betriebs-Maschinen usw. Pressen und Biege-Maschinen müssen möglichst in der Nähe der Glühöfen und des Gleises liegen. Die Dampfkessel sind ausserhalb des Gebäudes angelegt.

Fig. 243.



IV. Herstellung von Walzeisen und Draht.

a. Arten, gebräuchliche Abmessungen und Kosten des Walzeisens.

1. Man unterscheidet gewöhnlich die beiden Hauptgruppen:

Blech, nach 2 Abmessungen hin ausgedehnt,

Stabeisen und Draht, vorwiegend nach der Längenrichtung hin ausgedehnt.

Beim Stabeisen unterscheidet man wieder das gewöhnliche Stabeisen oder Handeisen mit regelmässigem, geometrischen Querschnitt — Rund-, Quadrat-, Vierkant-, Flacheisen usw. und Formeisen oder Façoneisen mit unregelmässigem, theils symmetrischem, theils unsymmetrischem Querschnitt. Bei den Blechen unterscheidet man Schwarzbleche, Kesselbleche und Panzerplatten.

Schwarzbleche, welche zu Gegenständen Verwendung finden, die durch Drücken, Prägen oder ähnliche Arbeiten in kaltem Zustande hergestellt werden, sind die dünnsten Blechsarten, bis zu etwa 5 mm Stärke. Kesselbleche, für die mannigfachsten Konstruktions-Zwecke aller Bauächer in Gebrauch, pflegen 5—20 mm stark zu sein. Zweckmässig würde man daher anstatt der Bezeichnungen Schwarzblech und Kesselblech, die Namen: Feinblech und Grobblech anwenden können. Die Dicke der stärksten Bleche, der Panzerplatten, für Bekleidung der Kriegsschiffe und Befestigungen, geht bis 250 mm. Panzerplatten, welche auf der einen Seite aus Schweisseisen, auf der andern aus Flusseisen bestehen, nennt man Verbundplatten (Compoundplatten). Das erste mit Verbundplatten gepanzerte Kriegsschiff war der „Inflexible“ der englischen Marine.

Für den Bautechniker sind besonders die Grobbleche oder Kesselbleche wichtig. Leider giebt es zur Zeit in Deutschland noch keine allgemein gültigen Bezeichnungen für die gebräuchlichen Sorten. Die besten Sorten belegt man bei uns mit dem Namen Lowmoor-Bleche, weil die Bleche der Lowmoor-Werke in England schon seit langer Zeit als die besten und zuverlässigsten der Welt bekannt sind. Dieser Name passt aber für deutsche Bleche durchaus nicht, er ist sogar geeignet, die Abnehmer zu täuschen. Denn, wie weiterhin erörtert werden wird, wird das echte Lowmoor-Blech in eigenthümlicher Weise, anders als die deutschen Bleche, hergestellt. Wenn man für Deutschland 4 Sorten mit der Bezeichnung: Kastenbleche, gewöhnliche Bleche, Bessere Bleche und Beste Bleche einführt, so würde deren Verwendung, im Vergleich mit derjenigen der Grobblech Sorten anderer Länder, wie in nachstehender Tabelle angegeben, erfolgen können.

Vergleichung der Grobblech-Sorten.

	Deutschland	England	Frankreich	Belgien	Holland	Verwendung für:
I.	Kastenbleche	Gewöhnliche Cleveland- und Middleborough-Marken.	Tôles communes	No. II.	No. I.	Kasten, Kessel mit graden oder schwach gebogenen Wänden, welche dem Feuer nicht ausgesetzt sind und keinen hohen Druck auszuhalten haben. Belagplatten für Brücken, Schiffe, Lokomotiven usw. Eisenkonstruktionen gewöhnlichster Art.

	Deutschland	England	Frankreich	Belgien	Holland	Verwendung für:
II.	Gewöhnliche Bleche	Best Staffordshire.	Tôles ordinaires	No. III.	No. II.	Kasten und Kessel wie oben. Schornsteine, Dampfkessel-Wandungen, welche nur in einer Richtung gebogen und nicht mehr vom Feuer getroffen werden. Schiffsbekleidungen, Tender, Eisenkonstruktionen gewöhnlicher Art.
III.	Bessere Bleche, Feuerbleche	Best, best Staffordshire. Triple best Staffordshire	Tôles supérieures	No. IV.	No. III.	Dampfkessel mit Ausnahme der Feuerplatten, welche im Feuer verarbeitet werden. Maschinen-Rahmen. Grosse Brücken und andere Tragwerke, die bedeutenden Belastungen ausgesetzt sind.
IV.	Beste Bleche (fälschlich Lowmoor-Bleche genannt)	Die Yorkshire Marken Lowmoor, Bowling und Farnley Iron Works in der Grafschaft Yorkshire	Tôles fines	Extra	No. IV.	Feuerplatten, welche im Feuer verarbeitet werden. Wasserkasten-Vorderrände an Lokomotiven, Feuerbüchsen der Schiffskessel u. dergl. Rohre.

2. Das gewöhnliche Stabeisen theilt man ein in Grobeisen und Feineisen. Eine allgemein gültige Grenze zwischen Grobeisen und Feineisen giebt es nicht; beide Eisensorten weichen nur durch ihre Querschnittsgrösse von einander ab; nach Karmarsch liegt die Grenze bei etwa 7^{cm} Querschnittsfläche. Derselbe unterscheidet ferner folgende gebräuchliche Sorten: Quadratische oder, Vierkantisen etwa von 6—130 mm Stärke; Flacheisen, etwa

Fig. 244. Halbrund-Eisen.

Fig. 245. Reifen-E.

Fig. 246. Oval-E

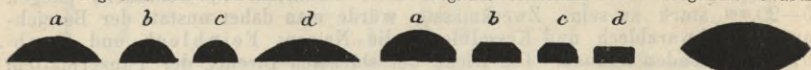
Fig. 248, 249.
Keil-E. und
Dreikant-E.Fig. 250.
Höhlkant-E.Fig. 251.
Geländer-E.

Fig. 247. Abgeflachtes Rund-E.

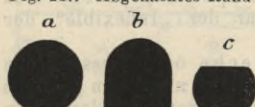
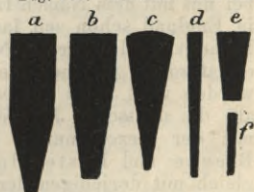
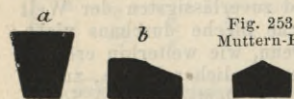


Fig. 252. Hufstab-E.

Fig. 254.

Fig. 255. Roststab- und Sieb-E.

Einfaches Leisten-E.

Fig. 253.
Muttern-E.

6—40 mm stark, wenigstens 2 mal, höchstens 24 mal so breit als dick; Rundeisen 4 bis 250 mm stark; schwächere Rundeisensorten nennt man Draht. 6eckiges oder 8eckiges Eisen ist wenig gebräuchlich; meistens kommt es für Gitter in Anwendung, das 8eckige auch zu Bolzen beim Schiffsbau, das 6eckige zu Schraubenmuttern.

Dünnes Vierkantisen heisst auch Nageleisen, — Flacheisen von 6 mm Dicke bei 19—20 mm Breite: Hufnagel-Eisen, — dasselbe 0,8—7 mm dick und 10—32 mal so breit als dick: Bandeseisen, Reifeisen (zu Fässern oder Rädern). — Besonders zähes Rundeisen von etwa 10—26 mm Stärke kommt als Nieteseisen, bis 50 mm stark als Ketteneisen in den Handel.

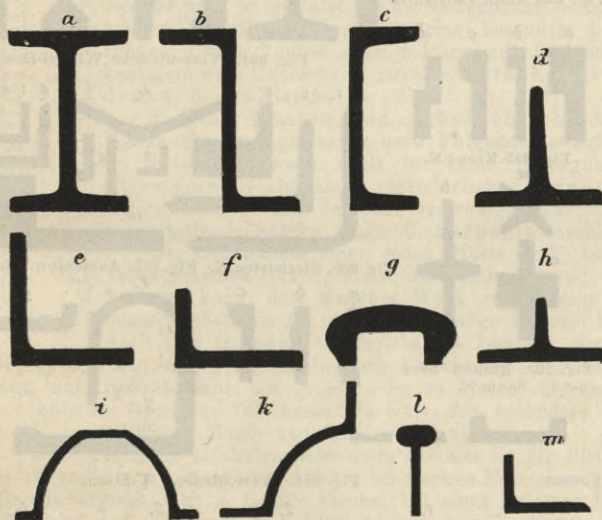
Ausserdem kommen noch mancherlei verschiedene Formen des Stabeisens, für besondere Zwecke brauchbar, vor, welche man zum Theil als Uebergangs-

formen zwischen Stabeisen und Formeisen liegend, ansehen muss, z. B. Oval-eisen, Abgeflachtes Rundeisen, Halbbrundeisen, Omnibus-Reifen, Dreikanteisen, Geländereisen, Hohlkanteisen usw. Diese Formen sind in den Fig. 244—255 skizzirt. Näheres darüber ist in den Profilbüchern der Hütten¹⁾ nachzusehen.

3. Unter den Formeisen verdienen an dieser Stelle, abgesehen von den Schienen, besonders die sogen. deutschen Normal-Profile Beachtung, welche im Jahre 1880 zunächst durch Uebereinkunft mehrerer technischer und hüttenmännischer Vereine festgestellt²⁾, später durch Verfügung des preuss. Ministers der öffentl. Arb.³⁾ und des Chefs der Reichsmarine-Verwaltung⁴⁾ wie auch noch anderswo zur Verwendung im Bauwesen vorgeschrieben worden sind. Auch in Oesterreich sind derartige Normalprofile im Gebrauch.

Die Grundformen der deutschen Normalprofile sind in der Fig. 256 veranschaulicht und benannt. Ueber weitere Einzelheiten, als Nummern, Abmessungen, Gewichte, Tragfähigkeit ist an späterer Stelle zu vergleichen⁵⁾. Anderweite Formeisen, die nicht als Normalprofile gelten und vielfach gebraucht

Fig. 256. Deutsche Normalprofile. a. Doppel T-Eisen. — b. T-Eisen. — c. U-Eisen. — d. Hochstegiges T-Eisen. — e. Gleichschenkliges Winkелеisen. — f. Ungleichschenkliges Winkелеisen. — g. Handleisten- oder Geländereisen. — h. Breitfüßiges T-Eisen. — i. Belageisen. — k. Quadranteisen. — l. Wulsteisen. — m. Ungleichschenkliges Winkелеisen. (Die Profile l. und m. dienen für Schiffbauzwecke)



werden, sind in der Fig. 257 bis 275 zusammen gestellt. Ausserdem giebt es noch eine ganze Reihe von Formeisen, welche zu Eisenbahn-Zwecken dienen, insbesondere zur Herstellung von Laschen, Unterlagsplatten, Klammern, Klemmplatten, Zungenschienen usw.⁵⁾

Lindsay's Formeisen ähnelt dem Belageisen, ist aus 3 Theilen genietet und kann auch wellblechartig benutzt werden⁶⁾.

4. Draht kommt als gröberer Walzdraht und feinerer, gezogener Draht in den Handel.

Die Drahtdicke wird auf Drahtklinken oder Drahtlehren gemessen. Die gebräuchlichste Lehre, Fig. 276, besteht aus einem Blech, das mit zahlreichen, zur Aufnahme der Drähte dienenden Ausschnitten versehen ist. Die Zahlen unter den Ausschnitten geben die entsprechenden Stärken oder Nummern des Drahts an. Seit dem 1. Januar 1874 gilt für Deutschland

¹⁾ Gabriel & Bergenthal in Soest. Gesellschaft Humboldt in Kalk bei Köln a. Rh. u. a.

²⁾ Vergl. Deutsche Bauzeitg. 1878 S. 269 u. 339; 1881, S. 1, 11, 23, 61.

³⁾ Verfügung vom 14. April 1881; Deutsche Bauzeitg. 1881, S. 213, 246.

⁴⁾ Verfügung vom 27. März 1883; Deutsche Bauzeitg. 1883, S. 305.

⁵⁾ Eingehende Angaben über diese Profile vergl. Deutsches Normalprofil-Buch für Walzeisen, bearb. von Heinzerling & Jntze. III. Aufl. 1886. Desgl. auch Ziebarth. Gewichts-Tabellen für Walzeisen. II. Aufl. 1884. — Lauter und Ritter. Taschenbuch der Burbacher Hütte bei Saarbrücken. Façoneisen und dessen praktische Verwendung. — Melbeck. Tabellen zur rationellen Anwendung der eisernen T-Träger und anderer Profileisen. 1884. — Walzeisen-Profile zu den Normalien für die Betriebsmittel der preussischen Staatsbahnen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 264, auch Ann. f. Gew. u. Bauw. 1885, I, S. 130. Mit Abbildungen.

⁶⁾ Engin. 1884. II., S. 214.

Fig. 257. Zierleisten-E. Fig. 256. Einfache Fenster-E. Fig. 259. Versch. Fenster. u. Schlagleisten-E.

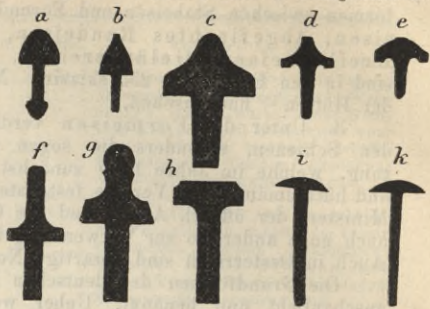
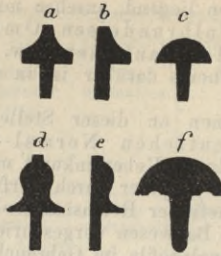
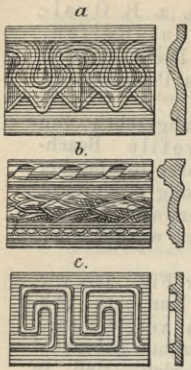


Fig. 260. Z.-Eisen.

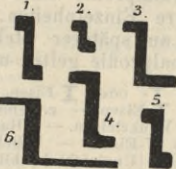


Fig. 261. Schienen- und Lauf-E.

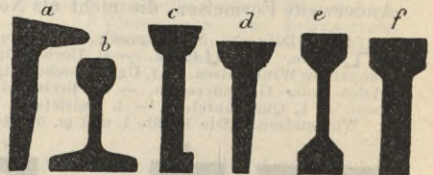


Fig. 262. Gewundenes Kreuz-E. oder Säuben-E.

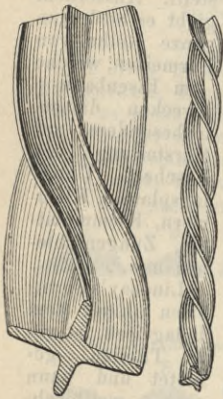


Fig. 253. Einf. Leisten-E.

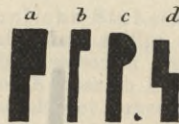


Fig. 264. Verschiedene Winkel-E.

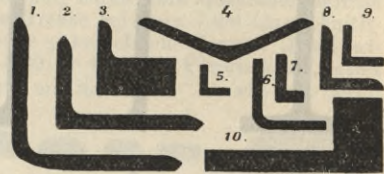


Fig. 265. Kreuz-E.

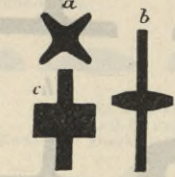


Fig. 266. Zierleisten-E. Fig. 267. Aussergew.Winkel-E.

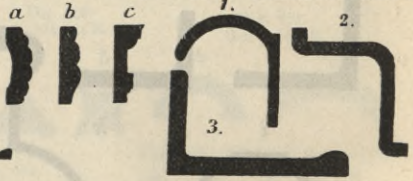


Fig. 268. Gitter-E.

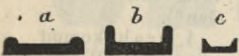


Fig. 269. Rinnen- oder Saum-E.

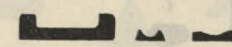


Fig. 271. Verschiedene T-Eisen.

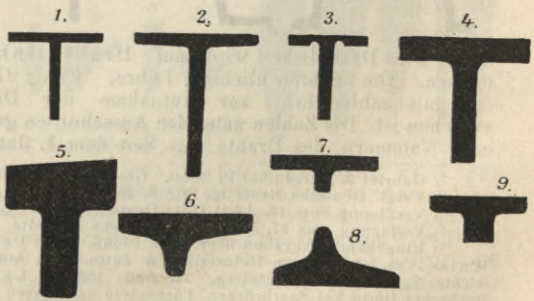


Fig. 270. Aussergewöhnl. Formen.

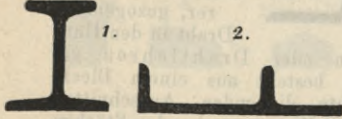


Fig. 272. Leisten-E. f. verschiedene Zwecke.

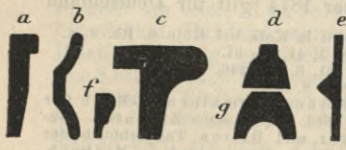


Fig. 273. Rinnen-E.

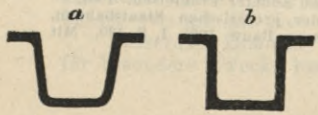


Fig. 274. Trommel-E.

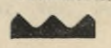
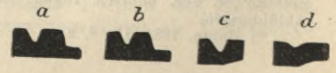


Fig. 275. Hufstab-E.

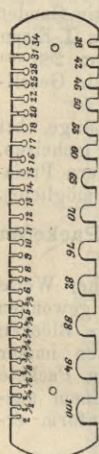


eine Millimeter-Lehre, deren Nummern das Zehnfache der Drahtstärke bilden, so dass z. B. Nr. 100, 10, Nr. 5, 0,5 mm dick ist. Folgende Tabelle enthält das Nähere.

Neue deutsch. Lehre	Dicke in mm	Neue deutsch. Lehre	Dicke in mm	Neue deutsch. Lehre	Dicke in mm	Neue deutsch. Lehre	Dicke in mm	Neue deutsch. Lehre	Dicke in mm	Neue deutsch. Lehre	Dicke in mm
100	10	60	6,0	31	3,1	14	1,4	7	0,7	$\frac{3}{4}$	0,34
94	9,4	55	5,5	28	2,8	13	1,3	6	0,6	$\frac{3}{1}$	0,31
88	8,8	50	5,0	25	2,5	12	1,2	$\frac{5}{5}$	0,55	$\frac{2}{8}$	0,28
82	8,2	46	4,6	22	2,2	11	1,1	5	0,5	$\frac{2}{6}$	0,26
76	7,6	42	4,2	20	2,0	10	1,0	$\frac{4}{5}$	0,45	$\frac{3}{4}$	0,24
70	7,0	38	3,8	18	1,8	9	0,9	4	0,4	$\frac{3}{2}$	0,22
65	6,5	34	3,4	16	1,6	8	0,8	$\frac{3}{7}$	0,37	$\frac{2}{2}$	0,2

Eine kurze Erklärung zu der Tabelle steht S. 25, Bd. I der Hilfswissenschaften.

Fig. 276.



Im Auslande gelten andere Lehren. In England ist seit 1884 eine auf englische Zolle begründete neue Lehre eingeführt worden, während in Frankreich nach einer Ueberinkunft vom Jahre 1857 die *Jauge de Paris* gilt. In Oesterreich hat man neben der ältern gewöhnlichen Lehre eine neue, von Fischer in St. Egidien aufgestellte, angenommen.

Der gewöhnliche Walzdraht wird den Drahtziehereien als Nr. 55 geliefert; nur ausnahmsweise werden dünnere Drähte bis No. 40 und 38 gewalzt. Für Kettendraht — 5,5 bis 14 mm Durchmesser — gilt in Westfalen eine besondere Lehre. Ausser dem runden Draht kommt auch solcher mit flachem, halbrundem, dreikantigem usw. Querschnitt, auch mit Stacheln versehen, als Zaundraht, in den Handel¹⁾.

5. Ueber Kosten und gebräuchliche Abmessungen der Walzwerks-Erzeugnisse ist noch Folgendes anzuführen:

Jedes Walzwerk stellt für seine Erzeugnisse einen mit der allgemeinen Geschäftslage veränderlichen Grundpreis für die Gewichts-Einheit fest, dem es für weniger gängige oder schwieriger herzustellende Stücke einen Ueberpreis zuschlägt.

Die Ueberpreise einer jeden Hütte sind, im Gegensatz zu den veränderlichen Grundpreisen, fest stehend, und wenn es auch vorkommen kann, dass manches Werk regelmässig schon Ueberpreise beansprucht, wo ein anderes, vermöge besserer Einrichtungen usw., noch zum Grundpreise abgiebt, so kommen doch im allgemeinen

Ueberpreise nur in folgenden Fällen zur Berechnung: Für bestimmt vorgeschriebene, aussergewöhnliche, zu grosse oder zu kleine Abmessungen; für aussergewöhnliches Gewicht; für besondere Güte; für besondere Form (z. B. Flach- und Universal-Eisen, Rund- und Quadrat-Eisen) usw.

Das praktische Höchstgewicht eines Stückes ist für Bleche und Flacheisen im allgemeinen zu etwa 400—450 kg, bei starken Formeisen grösser anzunehmen. Hieraus ergibt sich z. B. für Bleche, bei einer grössten Breite von 1,0 m bis 1,5 m und den gebräuchlichen Blechstärken von 7—15 mm die Maximal-Länge. Dabei ist aber zu beachten, dass bei Annahme einer gleichen Breite ein dünneres Blech aus praktischen Gründen kürzer zu halten ist, als ein stärkeres, weil dünnere Bleche bei gleichem Gewichte eine längere Walzzeit beanspruchen und vorzeitiger abkühlen als stärkere. Die grösste Blechbreite kann in dem neuen Walzwerke der 1788 in der Nähe von Bradford gegründeten Lowmoor Iron Works²⁾ in England erzielt werden, nämlich 10' oder 3,047 m, bei einer Ballenlänge der Walzen von 3,3 m. Kesselböden sind auf deutschen Werken bis zu 2,8 m Durchm. zu erhalten.

Das mögliche Gewicht einer Blechtafel überschreitet das praktische bedeutend. Bereits im Jahre 1867 hatte die Firma Pétin, Gaudet et Co. in Paris ein Blech von 1,57 m Breite, 19,20 m Länge und 2860 kg Gewicht ausgestellt; ähnliche Abmessungen bis 2,5 m Breite und 12 m Länge sah man ferner 1881 auf der Düsseldorfer Ausstellung als Schaustücke.

¹⁾ Stacheldraht wurde in Europa zuerst von Felten & Guillaume in Mühlheim a. Rh. eingeführt.

²⁾ Das neue Blech-Walzwerk auf den Lowmoor Iron Works. Zeitschr. des berg- und hüttenm. Ver. f. Steyermark u. Kärnten 1880. S. 19. —

Die Preise für Flacheisen wachsen mit zunehmender Breite und abnehmender Stärke eines Stückes, weil breitere Stücke leichter zu Blasenbildungen Anlass geben als schmalere und auch schwieriger zu richten sind als letztere und ferner weil dünnere Stücke schwieriger in der Herstellung sind. Die praktische Höchstbreite ist bei Stärken von 10—20 mm etwa 400 bis 600 mm und die grösste Länge dabei etwa 9 m. Selbstverständlich sind Flacheisen in grössern Abmessungen zu haben; die Akt.-Gesellschaft für Eisen-Industrie in Styrum walzte früher 1 m breite Universal-Eisen. Diese Fabrikation ist aber aufgegeben worden, weil schon bei einer Breite über 600 mm Bleche sich billiger stellen als Universal-Eisen.

Das Neunkirchener Eisenwerk bei Saarbrücken liefert Breiten von 700 mm, dabei Längen von 22 m, ausnahmsweise selbst 26 m¹⁾. Ferner hatte die Dortmunder Union in Düsseldorf eine beachtenswerthe Reihe von Flacheisen aus Schweisseisen zur Schau gestellt, welche nämlich je 20 m Länge bei nur 10 mm Stärke zeigten. Das grösste dieser Stücke war 500 mm breit und wog 800 kg; das kleinste war 20 mm breit und wog dabei nur 35 kg.

Das bisher grösste deutsche I-Profil wiegt bei 10 m Länge 1400 kg. Pétin, Gaudet et Co. stellten 1867 in Paris ein im Universal-Walzwerk hergestelltes I-Eisen von 1 m Höhe, 10 m Länge und 2500 kg Gewicht, sowie ein anderes von 280 mm Höhe, 32 m Länge und 1350 kg Gewicht aus. In Düsseldorf hatte die Gesellschaft Union die schwersten Formeisen ausgestellt.

Im allgemeinen darf man die Normal-Länge, d. h. diejenige Länge, bei der noch kein Ueberpreis eintritt, zu 8 m annehmen und ferner Flacheisen, L-Eisen und I-Eisen als die günstigsten Profile bezeichnen. Genauere Preis-Feststellung usw. ist nur mit Hilfe der Preis-Verzeichnisse der Hüttenwerke möglich²⁾.

b. Rohschienen-Darstellung, Packet-Bildung, Hantiren von Packeten und Blöcken.

1. Auf S. 84 wurde bereits im allgemeinen angedeutet, in welcher Weise das Walzeisen aus den Schweisseisen-Luppen bzw. Flusseisen-Blöcken gewonnen wird. Der Regel nach werden Flusseisen-Walzformen aus ganzen Blöcken hergestellt, während der Herstellung von Walzgut aus Schweisseisen immer noch eine sogen. Packetirung voraus geht. Die zu schweisenden Packete sind prismatische Bündel, welche hauptsächlich aus Rohschienen, einem ausschliesslich für die Packetbildung auf Luppen-Walzen in Flacheisenform erzeugtem Halbfabrikat, zusammen gestellt werden.

Ein Luppen- oder Rohschienen-Walzwerk ist gewöhnlich ein Zwillingen-Walzwerk mit verstellbarer Oberwalze und 2 Gerüsten, das eine zum Strecken, das andere zum Schlichten. Die Streckwalzen enthalten 6—8 offene Spitzbogen-Kaliber, Fig. 202, S. 149, deren Breite sich allmählig auf etwa 80 mm verengt. Die Spitzbogenform ist besonders wichtig, weil in derselben der Stab, in Folge des gleichmässigen, starken Druckes, den er von allen Seiten erhält, wenig gebreitet, aber rasch gestreckt und geschweisst wird, also einer zu starken Abkühlung der nicht mehr sehr warmen, gezängten Luppen vorgebeugt wird. Man lässt den Stab gewöhnlich 2 mal, 1 mal mit Wendung um 90° durch das letzte Streckkaliber gehen, wodurch er einen nahezu quadratischen Querschnitt erhält und im Schlichtwalz-Gerüst bequem in die rechteckige Form übergeführt werden kann. Die Schlichtwalzen haben 6—10 rechteckige Kaliber von gleicher Breite und abnehmender Höhe. Zuweilen versieht man das Luppen-Walzwerk, um die Streckerarbeit noch mehr zu beschleunigen, mit Drillings-Walzen (S. 150). Die gewöhnlichen Luppenwalzen erhalten 45—50 cm Durchm., 100—160 cm Länge, machen 40—100 Umdrehungen in 1 Min., erfordern 30—100 Pfrk. zum Betriebe und erzeugen mit 20 Puddelöfen etwa 300 t in 1 Woche.

2. Die Rohschienen werden in der Regel nur ein mal geschweisst und dann ihrer Bruchfläche nach sortirt (S. 84). Sie bilden den Hauptbestandtheil des Packets; der Rest besteht aus mehrere male — 2 oder 3 mal — geschweisstem Eisen, das gewöhnlich in Form von Deckplatten (Deckel, Schweissdeckel) oder

¹⁾ Wild. Die Anfertigung von Universal-Eisen auf dem Neunkirchener Eisenwerk. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1880. S. 209.

²⁾ Vergl. auch die Tabellen S. 25—27 im I. Bd. der Hilfswissenschaften.

Seitenplatten eingelegt wird. Auch Eisenabfälle aller Art: Ausschusstücke, Abschnitte, Alteisen usw. werden mit grossem Nutzen zur Packetbildung verwendet. Durch das Einlegen von aus besondern Packeten geschweissten Platten bezweckt man entweder Formen mit gut ausgebildeten Kanten, besonders aber saubere, gleichartigen Oberflächen (ohne Schweissnähte) zu erzielen, in denen auch eine Lochung ohne Zerstörung des Materials später möglich ist. Oder man will dadurch an gewissen Stellen des Packet-Querschnitts einer grösseren Verschiebung des Metalls beim Walzen-Durchgang vorbeugen. Das Einlegen der Deckplatten soll aber nur dort erfolgen, wo es unbedingt erforderlich ist, weil die Platten im allgemeinen die Schweissbarkeit des Packets beeinträchtigen und in Folge der durch sie herbei geführten Behinderung des Schlackenausflusses leicht Anlass zur Bildung innerer Fehler geben.

Jedes Packet, ebenso auch jeder zu walzende Flusseisen-Block hat im allgemeinen eine rechteckige Form und geht mit Ausnahme der Packete für Bleche und schwere Flacheisen, welche stets vor dem Walzen erst unter dem Hammer vorgeschmiedet werden — vom Schweisssofen, S. 142, unmittelbar durch die Walzen.

Fig. 277, 278.

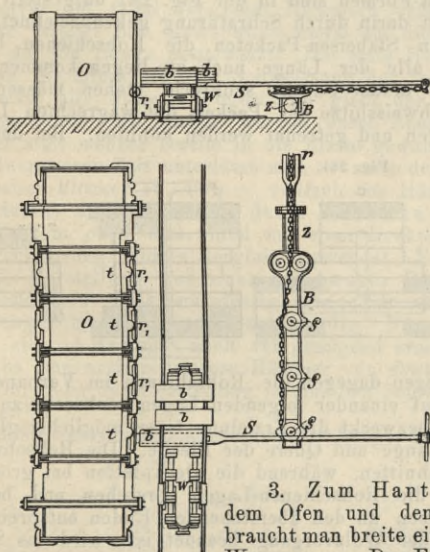
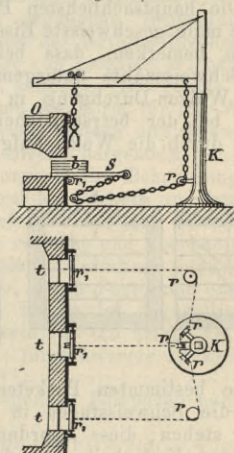


Fig. 279, 280.



3. Zum Hantieren der Packete zwischen dem Ofen und dem Walzwerk oder Hammer gebraucht man breite eiserne Schaufeln, Zangen, niedrige Wagen usw. Das Einsetzen des Packets in den Ofen erfolgt auf der Schaufel, das Herausnehmen mit der

Zange, oder bei sehr grossen Packeten durch weiterhin näher beschriebene mechanische Hilfsmittel. Das Verbringen zum Walzwerk oder Hammer erfolgt bei kleinen Stücken durch Tragen oder Schleifen auf der Hüttensohle, bei grösseren Stücken auf Schaufeln oder in Haken, welche mittels Rollen an Hängeschienen laufen, bei noch grösseren Packeten (bis etwa 0,5 t Gewicht) auf 2 oder 4rädri gen Wagen. Längere Stäbe, z. B. für Eisenbahnschienen, laufen auf beständig sich drehenden, etwas über die Hüttensohle vorragenden Rollen zu den Walzen und nöthigenfalls von diesen zu den Oefen zurück.

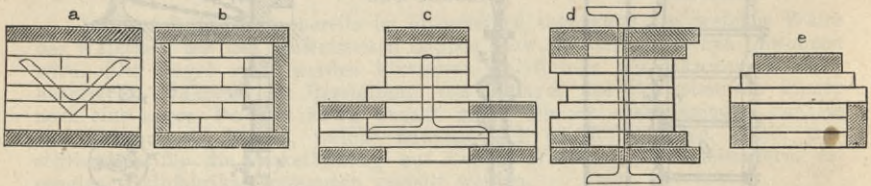
Für das Einsetzen und Herausziehen grösserer Flusseisen-Blöcke, z. B. solcher vom Gewichte mehrerer Schienen, in und aus den Oefen werden vielfach mechanische Vorrichtungen benutzt; der Ausbildung solcher Vorrichtungen hat man in Amerika grosse Aufmerksamkeit zugewandt. Man benutzt dort durch Wasserkraft bewegte Schiebe- oder Krahn-Vorrichtungen. Eine Schiebe-Vorrichtung für Schienen-Rohblöcke ist in Fig. 277—280 dargestellt. Unter einer

Bank *B* liegt ein Wasserdruck-Zylinder *Z*, dessen Kolbenstange eine Rolle *r* trägt, so dass mit der über dieser laufenden Kette ein einfacher Flaschenzug gebildet wird. Auf der Bank sind den Ofenthüren *t* gegenüber Führungsrollen *p* angebracht, mittels welcher der Kettenzug senkrecht zur Axe des Ofens *O* auf die Schaufel *S* übertragen wird. Um letztere unter den heraus zu ziehenden Block *b* stecken zu können, sind die Langbalken des Förderwagens *W* mit geeigneten Erhöhungen versehen. Vor jeder Ofenthür ist eine Rolle *r*₁ angebracht, auf welcher die Schaufel beim Einschieben läuft. Fig. 279, 280 zeigen die Handtierung eines Blocks bei einem 3thürigen Ofen mit Hilfe eines Wasserdruck-Krahns, welcher gleichzeitig auch zum Auflegen des Blocks auf die Schaufel *S* dient. *r* sind fest gelagerte Rollen.

4. Auf der Vorwalze oder Schweisswalze, bezw. Blockwalze erhält das Packet, bezw. der Block annähernd seine Querschnittsform; auf der Fertigwalze wird die Form vollendet. Die letzte Furche der Fertigwalze, welche ein Stab zu durchlaufen hat, um seine endliche Gestalt zu erhalten, nennt man die Fertig-Furche oder das Fertig-Kaliber. Alle Stabeisen-Sorten werden in der Regel in einer Hitze fertig gewalzt, dagegen müssen die Bleche in der Regel ein oder mehrere male von neuem geglüht werden.

Die hauptsächlichsten Packet-Formen sind in der Fig. 281 dargestellt; das mehre male geschweisste Eisen ist darin durch Schraffirung gekennzeichnet. Es ist zu bemerken, dass bei den Stabeisen-Packeten die Rohschienen, bezw. die Schweissnähte naturgemäss alle der Länge nach zu liegen kommen und beim Walzen-Durchgang in der ersten Furche senkrecht stehen müssen, da sonst bei der beträchtlichen Schweisshitze des Packets die wagrechten Lagen leicht durch die Walze aufgebogen und getrennt werden könnten. Bei den für

Fig. 281.



Bleche bestimmten Packeten liegen dagegen die Rohschienen im Verband, so dass die Schweissfugen in 2 auf einander folgenden Lagen senkrecht zu einander stehen; diese Anordnung bezweckt die Erzielung einer möglichst gleichmässigen Festigkeit nach der Länge und Quere der Bleche. Die Rohschienen werden auf Packetlänge zugeschnitten, während die Deckplatten bei grössern Stücken wohl ein wenig über die Rohschienen-Lagen vorstehen und behufs besserer Einführung in die Walzen an den überstehenden Enden entsprechend beschnitten werden. Nachdem der Walzvorgang beendet ist, wird das Stück zur Vollendung der rohen Form beschnitten und gerichtet, worüber Näheres weiterhin.

c. Herstellung der Bleche.

1. Schwarzbleche werden aus gewalzten Stäben hergestellt, die man auf solche Längen theilt, dass die Abschnitte — Sturze genannt — je für die Erzeugung einer Blechtafel ausreichen. Die Sturze werden nach erfolgter Erhitzung im Schweisssofen auf dem Sturz-Walzwerk derart gestreckt, dass ihre Länge der künftigen Breite des herzustellenden Bleches entspricht. Dann werden die Sturze unter mehrmaligem Erhitzen bis zur hellen Rothgluth meistens in einem zweiten Walzgerüst, dem Schlicht-Walzwerk, auf die verlangte Stärke herunter gewalzt, wobei man sie, um die erforderliche Länge der Blechtafel zu erzielen, quer legt, so dass ihre Breite nahezu unverändert bleibt. Sobald mehre Tafeln auf diese Weise eine gewisse Stärke erreicht haben, legt man wohl, um die Arbeit zu beschleunigen, eine grössere Anzahl derselben auf einander, um sie gemeinschaftlich fertig zu walzen. Nach dem Ausglühen der

beim Walzen hart gewordenen Bleche nehmen diese eine schwarze Farbe an, von welcher sie ihren Namen haben. Bleche, welche zur Weissblech-Darstellung dienen, oder eine vorzüglich glatte Oberfläche zeigen sollen, werden mit verdünnter Schwefelsäure gebeizt, nochmals in verschlossenen Töpfen geglüht, langsam abgekühlt und endlich unter gehärteten Stahlwalzen in kaltem Zustande geglättet.

Man benutzt gewöhnlich Duowalzwerke mit einem oder auch mit zwei Walzgerüsten; in neuerer Zeit auch das Walzentrio von Lauth, Fig. 217 S. 255. Walzendurchm. 20—30 cm; Walzenlänge 100—150 cm bei 30—40 Umdrehungen in 1 Min. Betriebskraft 15—20 Pfdkr.

2. Grobbleche oder Kesselbleche (S. 165) werden aus Packeten gefertigt, die im allgemeinen etwa zu $\frac{1}{4}$ aus mehre male geschweisstem Eisen und zu $\frac{3}{4}$ aus Blech und Eisenabfällen oder Rohschienen bestehen. Für Bleche besonderer Güte nimmt man sorgfältig sortirte Rohschienen aus Feinkorn-eisen. Die Packetlagen müssen gehörig fest liegen und werden daher unter Scheiben-Pressen zusammengedrückt und durch Umwicklung mit Draht gehalten. Das Packet wird meistens unter einem schweren Dampfhammer — bei einem Stückgewicht von 400—500 kg in einer Hitze, bei schweren Blechen in 2 oder 3 Hitzten — zu einer Brame oder Bramme ausgeschmiedet und diese, nachdem sie zuvor im Ofen die beim Hämmern verloren gegangene Weissglühhitze wieder erlangt hat, gewöhnlich zuerst auf die Breite des fertigen Bleches und dann auf die Länge ausgewalzt. Die erste Hitze ist von grösster Wichtigkeit, da von ihr allein die gute Schweissung des Innern abhängt. Die zweite Hitze schweisst alle äussern Fugen und giebt der Brame die Form für die Walze. Besonders schwere Bleche werden durch Zusammenschweissen und Auswalzen zweier oder mehrer bereits in die Breite gewalzter Bleche hergestellt.

In neuerer Zeit unterlässt man — nach dem Vorgange der Behandlung von Flusseisen-Blöcken (S. 408) — vielfach das Hämmern der Packete und begnügt sich damit, die Schweissung durch Walzen zu erzielen, wobei man gewöhnlich die Packete oben und unten mit einer Deckplatte versieht und überhaupt auf die Packetirung grösste Sorgfalt verwendet. Ein solches Verfahren dürfte aber für die Herstellung besserer und bester Bleche, deren Festigkeit eine bedeutende sein muss, unzulässig sein. Für solche Bleche ist sogar die Anwendung schwerer Hämmer nothwendig. Für Packete von 0,9 bis 1^t Gewicht wird ein 5^t Hammer noch für genügend erachtet; für schwerere Packete gebraucht man auch schwerere Hämmer von etwa 10^t 1).

Der Gang der Herstellung ist aus den beiden folgenden Beispielen näher zu ersehen²⁾:

a) Schweres Brückenblech von 4,3 m Länge, 1 m Breite und 10 mm Stärke, Fig. 283:

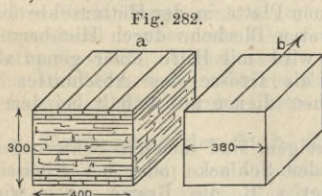


Fig. 282.

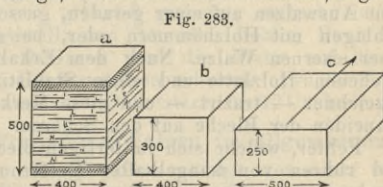


Fig. 283.

		Gewicht in kg.
(4.3. 10) 7,78	Fertiges Blech	334,54
	Verlust für Abschnitte an 4 Seiten	33,45
10 0/0	Rohblech	367,99
	Schweiss-Verlust in der II. Hitze	18,39
5 0/0	Brame No. 2 (Fig. 283 c)	386,58
	Schweiss-Verlust in der I. Hitze	38,63
10 0/0	Brame Nr. 1 (Fig. 283 b)	425,01
	Schweiss-Verlust des Packets	63,75
15 0/0	Packet-Gewicht	488,76

1) Ueber die Fabrikation von Qualitäts-Blechen. Stahl u. Eisen 1885, S. 26.

2) Petzhoid. Fabrikation, Prüfung und Uebernahme von Eisenbahn-Material.

b) Gurtblech von 400 mm Breite, 12 m Länge und 10 mm Stärke durch Universal-Walzen (S. 156) hergestellt, Fig. 282:

		Gewicht in kg
(0,4. 12. 10) 7,78 3 %	Fertiges Blech	373
	Enden-Abschnitte	7
5 %	Rohblech	
	Walz-Verlust	380 20
10 %	Brame (Fig. 282 b)	
	Schweiss-Verlust	400 40
Packet-Gewicht		440

Die Steh-Walzen werden hierbei zu Anfang auf 420 mm Weite gestellt und später, wenn durch die Liegewalzen sich die Brame auf 420 mm verbreitet hat, allmähig bis auf 400 mm gegen einander geschraubt. — Aus den beiden vorgeführten Fällen ergibt sich, dass in den Universal-Walzen erfahrungsgemäss die Breitung fast = 0 (man rechnet immer nur einige mm und die Streckung etwa das 30fache der Bramen-Länge ist).

Bei den einfachen Blechwalzen herrschen wesentlich andere Verhältnisse. Z. B. betrug im Fall a) die Breitung etwa 100 % und die Streckung 400—500%. Von der im Verhältniss zur Streckung also geringen Breitung rührt die geringe Festigkeit der Bleche quer zur Walzrichtung gegenüber derjenigen in der Walzrichtung her. Bleche, die nach der Länge und der Quere möglichst gleiche Festigkeit haben sollen, müssen abwechselnd nach zwei Richtungen gewalzt werden; diese Arbeit nennt man Kreuzwalzen.

Die durch ihre grosse Güte ausgezeichneten Lowmoor-Bleche (S. 165) werden ohne Packetirung aus 4—5 Stück auf einander gelegter und etwa auf 10 cm Stärke herunter geschmiedeter Luppen hergestellt und in Hartwalzen fertig gewalzt.

Die Rohbleche fallen stets uneben aus und zeigen an allen Kanten unganze Ränder, weil die einzelnen Theile des Eisens nach dem Walzen ungleich gespannt sind, bzw. während des Walzens dem Zusammendrücken ungleiche Widerstände entgegengesetzt haben. Die Bleche müssen deshalb, wenn es keine Universal-Bleche sind, durch Richten und Beschneiden geebnet und abgeglichen werden, was man Adjustiren nennt.

Das Richten (Heissrichten) erfolgt noch im warmen Zustande, sofort nach dem Auswalzen auf einer geraden, gusseisernen Platte in der Hüttensohle durch Schlagen mit Holzhämmern oder, bei schweren Blechen, durch Hinüberrollen einer eisernen Walze. Nach dem Erkalten wird mit Hilfe einer genau abgeglichenen Holzlatte und eines Stahlstiftes die Grösse des Abschnittes vorgezeichnet — trazirt — und diese Merkmale dienen als Anhalt bei dem Beschneiden der Bleche auf den Scheren.

Fehler, welche sich im fertigen Bleche zeigen, sind meistens Schweissfehler und rühren von mangelhafter Entfernung der Schlacke oder bei Flusseisen-Blechen von Gasausscheidungen her. Zeigt z. B. die Brame nach wieder erlangter Schweisshitze an einzelnen Stellen Blasen, so ist das ein Zeichen dafür, dass das Packet unter dem Hammer daselbst nicht gut geschweisst worden ist. Diese Blasen müssen vor dem Auswalzen aufgestossen werden, damit die Schlacke einen Ausweg findet. Sind solche Blasen nicht entfernt worden, so findet ein geübter Arbeiter dieselben im fertigen Blech durch Abklopfen leicht heraus.

Beim Walzen von Flusseisen-Blöcken werden auch häufig Aufblähungen oder Blasenbildungen bemerkt, welche in der Regel von den Gasausscheidungen des ursprünglichen Blocks herrühren. Hat der Block in Folge der Gasausscheidungen eine sog. Bienenwaben-Zone, so entstehen bereits nach dem Vorwalzen unter der Oberfläche liegende Höhlungen; hat er eine starke Gasansammlung im Innern, so wird es erst nach einer starken Breitung beim Fertig-

walzen zur Bildung einer Mittelblase kommen können.¹⁾ Um unganze oder hohle Stellen im Bleche zu entdecken werden diese, wie bereits erwähnt, „abgeklopft“. Dies geschieht mittels eines leichten Handhammers, nachdem die Oberfläche der Bleche durch Kreide oder Holzkohle flüchtig in schmale Streifen getheilt worden ist.

Der auf den Blechtafeln beim Glühen und Walzen sich bildende Hammer-schlag würde, falls man ihn mit einwalzte, die Reinheit der Oberfläche beeinträchtigen; deshalb entfernt man ihn vor jedem neuen Durchgange durch Abkehren mit dem Besen.

Bei den Kesselblech-Walzwerken sind gewöhnlich 2 Walzgerüste und stets besondere Vorrichtungen zum Ueberheben (S. 150) — oder zum Umdrehen der Walzen-Bewegung — Kehrwalzen (S. 151) — vorhanden. Walzen-Durchm. 30—80 cm; Walzen-Länge 150—300 cm bei 25—40 Umdrehungen. Betriebskraft 20—120 Pfdkr. und mehr. Leistung im allgemeinen etwa 4^t auf 1 Pfdkr. und Woche.

3. Panzerplatten. Ihre Herstellung erfolgt aus vorzüglich sehnigem Eisen durch vielmaliges Schweißen und Packetiren grosser Bleche unter Anwendung schwerer Kehrwalzwerke. Zuerst walzt man Bleche von etwa 35 mm Stärke, 1,1 m Länge und 0,5 m Breite, von denen je 2 zu Deckplatten für ein Packet dienen, dessen Zwischenlagen aus 25 mm starken, 150—180 mm breiten Stäben bestehen. Aus je 4 zusammen geschweissten Packeten dieser Art walzt man darauf Platten von 50—60 mm Stärke, und aus diesen werden neue Pakete gebildet und zu Platten von 75—80 mm Stärke, bei etwa 3,5 m Länge und 1,3 m Breite ausgewalzt. Von den letztgenannten Platten werden darauf 5 bis 7 Stück, so viel wie zur Erzielung der gewünschten Abmessungen erforderlich sind, auf einander gelegt, die Lagen zusammen geschweisst, auf etwa das Doppelte ihrer Länge ausgewalzt und in 2 Hälften zertheilt. Endlich erfolgt das Schweißen und Walzen der beiden Hälften und nach Ausführung des Richtens und Glättens (was durch Ueberrollen mit einer etwa 5^t schweren Gusseisen-Walze geschieht)

Fig. 284.



zwischen beiden Platten ein Raum von etwa 125 mm Höhe verbleibt. Die Platten-Verbindung wird darauf hellroth glühend gemacht, aufrecht in eine entsprechend vorbereitete Giessform gestellt und ihr noch hohler Raum mit Martin-Flussstahl ausgegossen. Zum Schlusse wird die Platte auf die gewünschten Abmessungen ausgewalzt²⁾. Die Vorwalzen erhalten etwa 60 cm, die Fertigwalzen 160 cm Durchm.; erstere machen etwa 20, letztere 10—12 Umdrehungen.

ist die Panzerplatte fertig. — Behufs Herstellung einer Verbund-(Compound-) Platte fertigt man zuerst, wie vorherbeschrieben, eine Schweisseisen-Panzerplatte, Fig. 284, von etwa 300 mm Stärke, 3 m Länge und 1,8 m Breite und verbindet sie, unter Anwendung von verschraubten Saumleisten auf den Langseiten, mit einer 50 mm starken, aus weichem Martin-Metall gewalzten Flusseisen-Deckplatte derart, dass ein Raum von etwa 125 mm Höhe verbleibt. Die Platten-Verbindung wird darauf hellroth glühend gemacht, aufrecht in eine entsprechend vorbereitete Giessform gestellt und ihr noch hohler Raum mit Martin-Flussstahl ausgegossen. Zum Schlusse wird die Platte auf die gewünschten Abmessungen ausgewalzt²⁾. Die Vorwalzen erhalten etwa 60 cm, die Fertigwalzen 160 cm Durchm.; erstere machen etwa 20, letztere 10—12 Umdrehungen.

d. Kalibrirung der Stab- und Formeisen-Walzen im allgemeinen.

Die Festlegung der Druckflächen eines Kalibers erfolgt von einer wagenrecht Linie aus, welche durch die Mitte der wirksamen Kaliberfläche gelegt wird und Walzlinie genannt wird. Den Abstand der Druckflächen eines Kalibers von der Walzlinie nennt man den Druck. Weil im Zwillings-Gerüst die Oberwalze immer stärker ist, als die Unterwalze (S. 151), so fällt die Walzlinie nicht mit der Mittellinie zwischen den Walzenaxen zusammen; den Abstand beider Linien nennt man den Oberdruck. Bei der Festsetzung der Einzelheiten und Reihenfolge der Kaliber ist besonders die Querschnittsform der Furchen, ihre Lage gegenüber den Walzenaxen und das Abnahme-Verhältniss

¹⁾ Müller. Ueber die Aufblühhung von Flusseisen-Blöcken während des Walzens. Stahl u. Eisen 1885, S. 79. Zur Blasenbildung in Puddelblechen. Dasselbst S. 529.

²⁾ Brix. Ueber den jetzigen Stand der Panzerplatten-Fabrikation. Ann f. Gew. u. Bauw. Bd. X, S. 13. — Brink. Ueber Eisen- und Compound-Panzerplatten. Stahl u. Eisen 1885, S. 61. 131 u. 184.

der einzelnen Kaliber-Querschnitte vom Vor-Kaliber bis zum Fertig-Kaliber in Betracht zu ziehen. Bei den Stabeisen-Walzen gelingt die Ueberführung der Kaliber von der rechteckigen Paketform bis zum Fertiggaliber, weil sie allmählich geschehen kann, leicht. Man nimmt die Abnahme des Furchen-Querschnitts möglichst gross, um eine starke Streckung zu fördern; doch hängt das zulässige Mass der Abnahme des Druckes, d. i. der Entfernung der Druckflächen der Furchen, wesentlich mit von den physikalischen Eigenschaften des Eisens ab. Den grössten Druck verträgt ein phosphorhaltiges, den geringsten ein schwefelhaltiges Eisen. Jedenfalls muss der Stab in einer Hitze fertig gewalzt werden.

Bei den Formeisen-Walzen fängt man — umgekehrt wie bei den Stabeisen-Walzen — mit der Festsetzung der Furchenform beim Fertiggaliber an, dessen Warmprofil unter Hinzurechnung des Schwindmasses aus dem Kaltprofil berechnet wird. Weil aber bei neuen Walzen in Folge der Abnutzung bald eine Erweiterung der Furchen eintritt, so macht man das Warmprofil der Fertigfurchen von vorn herein etwas enger als es unter Berücksichtigung des richtigen Schwindmasses sein müsste. Fallen dann auch die ersten Formeisen etwas schwächer aus, so ist das ohne Bedeutung, da die Abnehmer in allen Fällen ein Mehr- oder Mindergewicht jedes Stückes von etwa $\pm 1,5\%$ zulassen. Der grösste Druck muss so viel wie möglich schon in den ersten Furchen erfolgen, weil das Eisen in den letzten Kalibern schon kälter und härter geworden ist. Im ganzen legt man zwischen dem Warmprofil und dem Packet-Querschnitt etwa 11—15 Furchen, die in 1 maliger, bei schweren Stückes in 2 maliger Hitze durchlaufen werden müssen. In einzelnen Fällen gestaltet man schon die Packetform nicht rechteckig, sondern der Fertigform sich nähernd, Fig. 281c u. d. Sehr schwierig ist es nun, bei hohen, in die Walzen tief eingreifenden Formen, die Vorkaliber richtig zu wählen. Es muss nämlich, damit der Unterschied zwischen der Umfangs-Geschwindigkeit nicht eine ungleichmässige Streckung der Stabtheile erzeuge, in jedem Punkte der Furche die durch grössere Umfangs-Geschwindigkeit hervorgerufene stärkere Streckung durch geringeren Druck wieder ausgeglichen werden; sonst würden in dem fertigen Stabe die Festigkeit desselben beeinträchtigende Spannungen vorhanden sein. Dabei bleibt zu beachten, dass der stärkste Druck durch jede der Walzenaxe parallele Furchenfläche ausgeübt wird, während senkrecht dazu stehende Flächen gar keinen Druck ausüben, sondern die Streckung durch die an ihnen stattfindende Reibung hindern.

Den Schwierigkeiten beim Auswalzen schwacher Theile, welche stark abkühlen, sich also mehr breiten als strecken und solcher Theile, welche von senkrechten oder nahezu senkrechten Flächen begrenzt werden (z. B. dünnen senkrecht stehenden Stegen) begegnet man durch Anwendung von Stauch-Kalibern, welche durch starken Druck eine Breitung erzeugen und dadurch den betr. schwachen Theil, ohne dass er selbst starken Druck erleidet, in den für ihn bestimmten Kaliber-Theil hinein stauchen. Ausserdem müssen Stege, die in senkrechter Lage gewalzt werden, z. B. bei **I**-, **T**-, **U**-Eisen, Fig. 256a, c u. d. S. 167, stets einen sogen. „Anlauf“ erhalten, weil der Druck der Furchenfläche, wie oben erwähnt, um so geringer wird, je mehr sie sich der Senkrechten nähert und gleichzeitig die zwischen ihr und dem sich breitenenden Eisen entstehende starke Reibung nachtheilige Spannungen im Stege und ein Festklemmen desselben in der Furche zur Folge haben kann.

Das Verstellen der Oberwalze, um in den Fertig-Kalibern verschiedene Stärken, Breiten oder Längen zu erzielen, ist in einigen Fällen, z. B. beim **L**-Eisen, welches schräg stehend gewalzt wird, ohne Bedenken zulässig. Wenn aber dadurch die Abmessungen der Fertig-Form sich derart ändern, dass weder ein richtiges Abnahme-Verhältniss noch ein genaues Schwindmass mehr aufrecht erhalten werden kann, so ist dies Verfahren zu verwerfen.

Ausser den allgemeinen vorstehend gegebenen Regeln ist bei Festsetzung der Querschnitts-Form einer Furche noch Folgendes zu beachten:

Fig. 285—287.

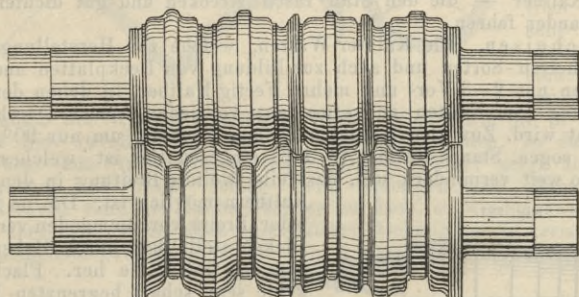
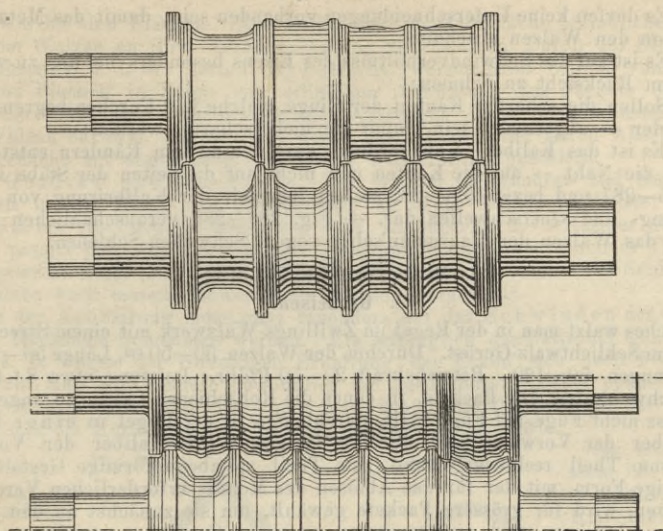
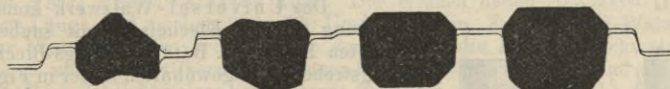


Fig. 288—290.

Blockwalzen

Maabstab 1:20.



Vormalzen



Fertigwalzen

℞. Für die Nuten und Federn im Steg sind Vertiefungen resp. Erhöhungen in den Walzen angebracht.

1. Es dürfen keine Unterschneidungen vorhanden sein, damit das Metall sich leicht von den Walzen abschält;
2. Es ist auf das Schwindverhältniss des Eisens besonders bei der zu walzenden Form Rücksicht zu nehmen;
- 3) Sollen die scharfen Kanten der Ringe, welche je 2 Furchen begrenzen, — die Ränder — abgerundet sein, damit sie nicht schartig werden;
- 4) Es ist das Kaliber so anzuordnen, dass der an den Rändern entstehende Grat — die Naht — auf die Kanten und nicht auf die Seiten der Stäbe kommt. Fig. 285—287 und bezw. 288—289 stellen Beispiele der Kalibrirung von Eisenbahn-Lang- und Querschwellen dar. — Fig. 286—288 veranschaulichen im besondern das Walzen der Haarmann'schen sogen. Schwellen-Schienen.

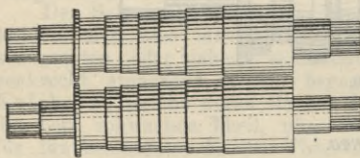
e. Stabeisen-Darstellung.

a. Grobeisen.

Solches walzt man in der Regel im Zwillings-Walzwerk mit einem Streckwalz- und einem Schlichtwalz-Gerüst. Durchm. der Walzen 30—50 cm, Länge 50—100 cm, Umdrehungen 50—120, Betriebskraft 20—50 Pfdkr.; Leistung etwa 8 t täglich mit 2 Schweissöfen. Die Packete, in denen die Rohschienen-Lagen so angeordnet sind, dass nicht Fuge auf Fuge fällt, durchlaufen in der Regel in einer Hitze die Kaliber der Vorwalze und der Fertigwalze. Die Kaliber der Vorwalze haben zum Theil rechteckige und zum Theil spitzbogenförmige Gestalt. Die rechteckige Form, mit der für das Ablösen des Metalls erforderlichen Verengung nach unten, wird für grössere Packete gewählt, um sie zunächst an den Flachseiten zu schweissen und einigermaßen zu einem Ganzen zu vereinigen, damit die Rohschienen-Lagen unter dem schief gerichteten Drucke der folgenden Spitzbogen-Kaliber — die den Stab rasch strecken und gut dichten sollen — nicht auseinander fahren.

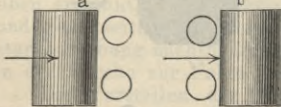
1. Flacheisen. Die Kaliber-Walzen, welche zur Herstellung der gangbarsten Flacheisen-Sorten und auch zur Bildung von Deckplatten und Brammen dienen, zeigen nur 2—3 Vor- und mehre Fertig-Kaliber, in denen der Stab, um die Ausbildung von Nähten zu vermeiden, vor jedem neuen Durchgange um 180° gedreht wird. Zuweilen kommt auch eine Drehung um nur 90° vor, wenn nämlich ein sogen. Stauch-Kaliber (S. 176) eingeschaltet ist, welches die Breite des Stabes so weit vermindern soll, dass eine weitere Breitung in den folgenden

Fig. 291.



Kalibern möglich ist. Die im Handel bei jeder Breite vorkommenden verschiedenen Dicken stellt man durch Heben und Senken der Oberwalze her. Flacheisen, das keine sehr scharf begrenzten Kanten gebraucht, wird in Walzen ohne Ringe, aber mit verschiedenen Ballen-Durchmessern, sogen. Staffelwalzen, Fig. 291, hergestellt.

Fig. 292.



Das Universal-Walzwerk kommt für Erzeugung breiter Flacheisen mit sauber ausgebildeten Kanten, z. B. für Gurtungs-Bleche und Schrägstreben usw. gewöhnlich in der in Fig. 292 b dargestellten Anordnung mit voran liegenden Stehwalzen zur Anwendung, weil dabei die Stäbe zuletzt mit ihrer Flachseite die Walzen berühren und demzufolge ebene Oberflächen leichter erzielt werden können, als bei dem System mit zurück liegenden Stehwalzen. Flacheisen von über 400 mm Breite können aber selbst in Universal-Walzen nur schwierig mit ganz sauberen Kanten hergestellt werden.

Das Heiss-Richten der breiten Flacheisen erfolgt meist auf einer mit einem Rande versehenen Platte, so dass es möglich ist, durch seitlich angebrachte Schrauben das Flacheisen an den Rand zu drücken und in diesem Zustande auf der Platte erkalten zu lassen.

Die im fertigen Flacheisen auftretenden Fehler sind im allgemeinen die-

selben wie bei den Flächen. Etwa dicht unter der Oberfläche befindliche Blasen sind beim Walzen an ihrer dunklen Färbung zu erkennen. Durch das Einwalzen des Glühspans, d. i. der harten Oxyd-Schicht, welche beim Walzen von Flacheisen und Blechen in Folge von allmählicher Abkühlung des Packets entsteht, erhält die Oberfläche ein pockenartiges Aussehen. Diese Schicht muss daher beim Walzen entfernt werden, was durch nasse Besen oder durch Abschrecken der Oberfläche mit einem stark gepressten Wasserstrahl geschieht.

2. Quadrat- und Rundeisen. Die Walzen für Quadrat- und Rundeisen enthalten in der Regel nur gleichmässig an beide Walzen vertheilte, sogen. offene Kaliber (S. 149), in denen der Stab, nachdem er 2—3 Kaliber der Vorwalzen passiert hat, bei mehrmaligem Durchgange und entsprechender Drehung fertig gewalzt wird. Ausserdem werden auch hier durch Heben und Senken der Oberwalzen noch manche abweichende Stärken hergestellt.

Bei der Kalibrirung muss ganz besonders auf das Schwinden des warmen Metalls Rücksicht genommen werden. Ein anfänglich quadratischer Querschnitt würde z. B. wegen der vorzeitigen Erkaltung der Ecken sich nach Fig. 293 a verändern. Man legt deshalb gewöhnlich die Quadrateisen-Kaliber etwas rautenförmig an ($\angle a = 91^\circ 54' 10''$) oder man behält die Quadratform bei und erweitert nur die Kanten an der Walzen-Oberfläche, Fig. 293 b.

Fig. 293.

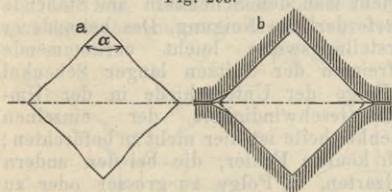
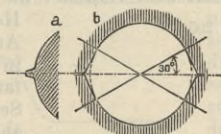


Fig. 294.



Am schwierigsten ist die Gestaltung der Rundeisen-Kaliber. Nähert sich die Form der Kaliber-Hälfte zu sehr dem Halbkreise, so entstehen beim Walzen an den abge-

rundeten Kanten der Walzen-Oberfläche Nähte, Fig. 294 a, die in dem folgenden Kaliber nur unvollkommen wieder eingewalzt werden, so dass die Naht als lose Faser am Stabe entlang liegt. Dieser Fehler zeigt sich deutlich beim Abdrehen und noch besser beim Reinigen der Stäbe mit verdünnter Salzsäure. Sind die Kaliber-Hälften zu flach, so werden zwar die Nähte vermieden, aber man erzielt dann trotz öfterer Drehung keinen kreisrunden Stab. Die gebräuchlichste Profilform ist die von 6 Kreisbögen begrenzte, Fig. 294 b.

β. Feineisen.

Dasselbe wird ausschliesslich unter Drillings-Walzen von grosser Umfangsgeschwindigkeit und kleinem Durchm. vor- und fertig gewalzt und zwar in der Art, dass ein passender Grobeisenstab in Stücke — sog. Prügel oder Knüppel — geschnitten und weiter ausgewalzt wird. Grobeisen ist demnach 2 mal, Feineisen ist 3 mal geschweisstes Eisen. Die Walzen haben 20—30 cm Durchm., 40—60 cm Länge und machen 200—500 Umdreh./1 Min. Es sind 2—7 Walzgerüste zu einer Walzenstrecke vereinigt, von denen etwa die Hälfte Streckwalzen mit Spitzbogen- und Oval-Kalibern (unter denen letztere noch wirksamer sind als erstere) und der Rest Schlichtwalzen enthalten. Zuweilen — für schwache Flacheisen- und Bandeseisen — sind auch noch Polirwalzen vorhanden, die mit Abschabevorrichtung für Glühspan versehen sind und reichlich mit Wasser gekühlt werden.

f. Herstellung von Form- oder Façon-Eisen.

1. L-, T-, V- und U-Eisen. Das Walzen der L-Eisen kann nach 3 verschiedenen Methoden geschehen: Es können die Schenkel: 1. abwechselnd wagrecht liegend oder senkrecht stehend, 2. beide gleichmässig schräg stehend und 3. beide wagrecht liegend gewalzt werden. Die beiden letzten Walzverfahren sind die gebräuchlichsten.

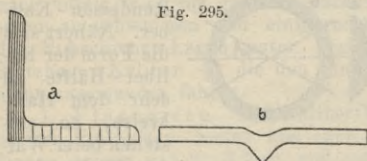
Bei dem ersten Verfahren kann auf den wagrecht liegenden Schenkel ein grösserer Druck ausgeübt, also das Eisen dichter hergestellt werden, als bei der zweiten Walzart, wo der Schenkel stets schräg liegt. Auch bilden sich

nicht so leicht Barte an den Schenkel-Spitzen und kommt ferner das Austreten der Stäbe beim Walzen in schiefer Richtung nicht so leicht vor.

Schenkel mit parallelen Begrenzungs-Flächen kann man auf diese Weise aber nicht erzeugen; man müsste denn — was nicht unzweckmässig erscheint und auch in Frankreich geschieht — für einige der letzten Kaliber das zweite der angegebenen 3 Verfahren in Anwendung bringen.

Beim 2. Verfahren wird das Packet nicht schräg liegend, sondern stets, wie in Fig. 279 a, S. 172, angedeutet, in das Kaliber eingeführt, damit die Schweissnäthe in beiden Schenkeln gleichmässig und nicht, wie in Fig. 295 a zu liegen kommen. Die Herstellung von L-Eisen mit ungleich langen Schenkeln ist hier etwas schwieriger, weil ein Schenkel gewöhnlich stärker gedrückt wird als der andere, was zur Folge hat, dass der Stab leicht schief aus den Walzen heraus tritt. Aus diesem Grunde wird die Anbringung von verstellbaren Führungen oder Leiteisen nothwendig.

Das 3. Verfahren ist heutzutage, namentlich für Erzeugung grosser Schenkel-Längen, das verbreitetste. Die Schenkel werden dabei auf Kaliberwalzen — seltener auf entsprechend geformten Universalwalzen — in Flachkalibern gewalzt, Fig. 295 b, die allmählich den rechten Winkel ausbilden, so dass das Zusammenbiegen im Fertig-Kaliber ohne Schwierigkeit vor sich gehen kann. Um beim Uebergang des Stabes vom letzten Flach-Kaliber in das Fertig-Kaliber ein Fassen der Walzen herbei zu führen, giebt man den Schenkeln am Stabende über einem Sattel mit dem Hammer die erforderliche Neigung. Das bei anderer



Herstellungsweise leicht vorkommende Aufreissen der Spitzen langer Schenkel in Folge der Unterschiede in der Umfangs-Geschwindigkeit der einzelnen Schenkeltheile ist hier nicht zu befürchten; auch können Fehler, die bei den andern Walzarten, in Folge zu grosser oder zu geringer Hitze des Stabes, oder durch falsche

Kalibrirung entstehen — z. B. nicht volle Schenkelspitzen und zu volle Schenkelspitzen unter Bildung von Nähten — hierbei am leichtesten vermieden werden.

L-, V- und U-Eisen können ebenfalls mit, aus den Verschiedenheiten der Formen sich ergebenden Abweichungen nach diesem Verfahren in Flach-Kalibern hergestellt werden. Doch werden diese Formen auch in gewöhnlichen Kalibern — das U-Eisen mit senkrecht stehenden, L- und V-Eisen mit schräg liegenden Schenkeln — gewalzt.

2. I-Eisen¹⁾. Diese Form wird liegend gewalzt, um den Unterschied in der Umfangs-Geschwindigkeit der Kaliber-Theile möglichst gering zu machen. Es ist daher nothwendig, dass die Kaliber-Breiten zur Ermöglichung der Streckung bezw. Breitung allmählich zunehmen und dass ausserdem die innere Begrenzungsfläche der Füsse einen Anlauf erhält.

In neuerer Zeit wird das I-Eisen mit Erfolg auch auf dem Universal-Walzwerk hergestellt, wo ein Walzen-Paar den Steg und das zweite die Füsse ausbildet. Dies Verfahren wurde zuerst in den 60er Jahren von der Firma Pétin, Gaudet & Cie. in Rive de Gier ausgeführt.

Die Fehler, welche beim fertig gewalzten I-Eisen zuweilen vorhanden, sind hauptsächlich: 1. ein nicht voller Fuss an der der Oberwalze zugekehrten Seite, 2. eine Wellung des Steges nach dem Erkalten, 3. Risse zwischen Steg und Fuss; alle sind wegen der symmetr. Querschnittsform unschwer zu vermeiden. Der erstgenannte Fehler kommt nicht vor, wenn nur die Hitze des Stabes beim Walzen gross genug ist; sonst kann man auch dafür Sorge tragen, dass der betr. Theil des Fusses mit etwas grösserer Höhe in das Fertig-Kaliber tritt, damit durch Stauchung das Kaliber vollständig ausgefüllt werde. Dem Wellen des Steges, welches vom ungleichen Schweissen herrührt, ist durch entsprechendes Nacharbeiten der Fertigfurchen vorzubeugen. Die Risse zwischen Steg und

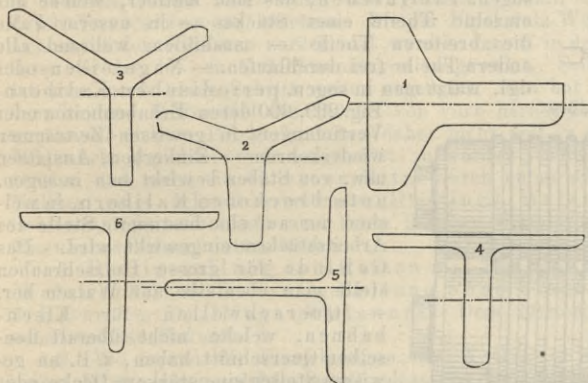
¹⁾ Meyer. Das Walzen von Doppel-T-Trägern. Zeitschr. d. berg- und hüttenm. Ver. für Steyermark und Kärnthen, 1878, S. 319.

Fuss sind durch Vergrößerung des Halbmessers der Abrundung in den Ecken zu vermeiden. Das nachträgliche Schweißen solcher rissigen Stellen gelingt selten vollkommen und darf daher nicht gestattet werden.

3. **T**-Eisen. Das **T**-Eisen ist wegen seiner unsymmetrischen Form und der dadurch herbei geführten ungleichen Umfangs-Geschwindigkeit der Kaliber-Theile im allgemeinen schwieriger zu walzen, als das **I**-Eisen. Man giebt daher auch dem Packet-Querschnitt annähernd schon die Form der Fertig-Kaliber. Nach Ch. Bender sollen die ersten derartig façonirten Packete für **T**-Eisen auf den Phönixville Works in Pennsylvania in Anwendung gekommen und von dort nach Europa verpflanzt worden sein¹⁾.

Man walzt **T**-Eisen in der Regel in theils liegenden, theils stehenden Kalibern und dreht den Stab vor jedem neuen Kaliber-Durchgang um 90°. Auf solche Weise erhält man ein sehr dichtes Eisen und ist in Folge der Stauchung im Stande, die Kaliber-Breite bis zum Fertig-Profil allmählich zu verringern. Die innern Steg- und Fuss-Flächen müssen auch hier einen Anlauf erhalten. Ein Verstellen der Oberwalze ist nur im Fertig-Kaliber möglich, da in den vorher gehenden Kalibern, wegen der Drehung um 90°, die Stärken des Stegs oder Fusses für jedes Kaliber genau vorgeschrieben sind. Da die Schwierigkeit des Auswalzens mit der Steghöhe zunimmt, so stellt man namentlich hochstellige **T**-Eisen auch wohl ans dem **I**-Eisen durch Zerschneiden des letzteren in 2 Hälften her. Dabei muss der Stab zwischen Leitungen grade geführt werden und die Scherenmesser müssen so weit von einander abstehen, dass das Eisen

Fig. 296.



nicht ganz durchgeschnitten wird, sondern eben noch zusammen hängt, weil es sonst in Folge der ihm noch inne wohnenden Spannungen leicht krumm und windschief wird. Die Trennung geschieht daher ohne Mühe durch wenige Stöße oder Hammerschläge.

In Frankreich walzt man die **T**-Eisen häufig in **V**-förmigen Kalibern; dies Verfahren ist in Fig. 296

dargestellt. Der aus dem ersten Kaliber der Fertig-Walze tretende Stab gelangt stehend in das zweite, woselbst die Füße aufwärts gebogen werden. Vor dem Durchgange durch das 3. stehende Kaliber wird der Stab um 120° nach links gedreht, so dass der linke Theil des Fusses aus Kaliber 2 im Kaliber 3 rechts zu liegen kommt. Der Steg aus Kaliber 2 wird in Kaliber 3 stark gedrückt und gebreitet, um im Kaliber 4 wiederum als Steg zu dienen; das 5. Kaliber und das 6. (Fertig-) Kaliber haben die gewöhnliche **T**-Form. Es findet also bei dieser Herstellungsweise die Längen-Ausdehnung zweier Flügel durch Verminderung der Dicken derselben und die Längen-Ausdehnung des 3. senkrecht zur Walzen-Axe stehenden Flügels durch Stauchung statt.

4. Durch Zuhilfenahme verschiedener Kunstgriffe und unter Einschaltung besonders gestalteter Kaliber kann man sehr mannigfaltige Formen herstellen, von denen man nach der Vollendung oft kaum glauben möchte, dass sie durch Walzen hergestellt sind. Gemusterte Eisen oder Ziereisen (vgl. u. a.

¹⁾ Ebendasselbst sollen auch die ersten 380 mm hohen **I**-Träger gewalzt worden sein. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1873, S. 718.

Fig. 257, S. 168) walzt man in Furchen, welche die Verzierung, erforderlichen Falls auch Schriftzeichen oder dergl., als Vertiefungen oder Vorsprünge erhalten, je nachdem das Muster erhaben oder vertieft erscheinen soll. — Leichte, niedrige Wellbleche stellt man auf kannelirten Walzen her, die nach Art der Zahnräder in einander greifen. — Unterlagsplatten für Schienen, Klammern, Klemmplatten usw. zur Befestigung von Schienen oder dergl. werden ebenfalls zuerst aus Packeten, bezw. Flusseisen-Stäben gewalzt, dann auf passende Länge geschnitten und nöthigenfalls durch Pressen und Lochen fertig gestellt. — Scheibenräder für Eisenbahnwagen, überhaupt Umdrehungskörper walzt man, nachdem das Stück nöthigenfalls roh vorgeschmiedet ist, derart, dass man sie liegend durch Furchen laufen lässt, die als offene Kaliber erscheinen, Fig. 297, und nach jedesmaligem Durchgange das Stück um seine senkrechte Axe ein wenig — etwa um 30° — dreht. Dadurch erfolgt endlich nach sechsmaligem Durchgang eine gleichmässige radiale Streckung; die Kaliber werden darauf enger gestellt und die beschriebene Arbeit wird bis zur Vollendung wiederholt. — Stabeisen mit einzelnen breiteren Theilen, z. B. Ketten-

Fig. 297.



Fig. 298.

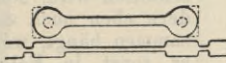
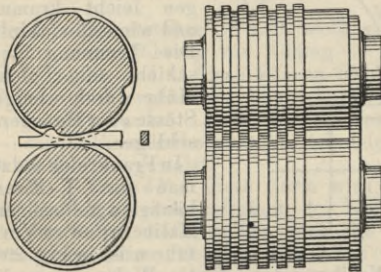


Fig. 299, 300.



glieder für Brücken, mit Augen, Fig. 298, walzt man erst der Länge nach, wie Zierrisen, indem man an denjenigen Stellen, wo die breiteren Theile erscheinen sollen, regelmässig entsprechende Vertiefungen entstehen lässt. Die einzelnen Kettenglieder werden darauf von dem Stabe abgeschnitten und jedes derselben geht endlich durch eine Reihe von sogen. Freifurchen, das sind Kaliber, welche nur einzelne Theile eines Stückes — in unserm Falle die breiteren Theile — ausbilden, während alle andern Theile frei durchlaufen. — Nageleisen oder dgl. walzt man in sogen. periodischen Kalibern, Fig. 299, 300 deren Erhabenheiten oder Vertiefungen in gewissen Zeiträumen wiederkehren. — Einkerben, Anspitzen usw. von Stäben bewirkt man in sogen. unterbrochenen Kalibern, in welchen nur auf eine bestimmte Stelle des Arbeitsstückes eingewirkt wird. Das Gewinde für grosse Holzschrauben stellt man ebenfalls auf Walzen her. — Querschwellen für Eisenbahnen, welche nicht überall denselben Querschnitt haben, z. B. an gewissen Stellen eine stärkere Decke, oder an den Enden abweichende Form zeigen usw. werden in ähnlicher Weise durch besondere Gestaltung einer gewissen Reihe von Kalibern hergestellt¹⁾. — Endloses Stabeisen für Radreifen — Bandagen oder tyres — werden, wie bereits S. 157 beschrieben, heute in besondern Radreifen-Walzwerken erzeugt.

5. Das Richten der Formeisen erfolgt in rothglühendem Zustande, wie bei den Blechen oder auch in Walzen-Pressen. Schwierigere Formen, wie verschiedene Eisenbahn-Lang- und Querschwellen und Belag-Eisen besitzen, (auch breite L-Eisen) werden besser in besondern gusseisernen Lehren (Matrizen, Gesenken) gerichtet, wobei man häufig belastete, genau nach der äussern Form des Stabes abgedrehte Walzen über dieselben hin und her rollen lässt. Die Bewegung der Walzen erfolgt am besten mittels einer Kette durch Dampf- oder Wasserkraft. Stärkeren Formeisen, welche sich in Folge ihrer Querschnitts-Gestalt beim Erkalten in einem bestimmten Sinne krümmen würden, falls sie grade gewalzt wären, giebt man noch im warmen Zustande die umgekehrte Krümmung, wobei passende Unterlagen und mechanische Hilfsmittel

¹⁾ Eisenbahn-Oberbau mit veränderlichem Profil, System Post. Deutsche Bauzeitg. 1886, S. 381.

zum Andrücken, als Daumen oder Rollen zur Anwendung kommen. Erwähnenswerth ist auch die Wasserdruck-Richtepresse der Edge Moor Iron Works ¹⁾, in welcher die Stäbe zwischen 2 Gesenken, von denen das eine fest liegt, während das andere durch eine Reihe paralleler Kniehebel gegen das erstere gedrückt wird, gerichtet werden.

Nach der Arbeit des Richtens werden die Stäbe in der Regel auf einer Kreissäge auf beiden Enden gleichzeitig beschnitten. Ueber das Kaltrichten in der Werkstatt vergl. unter E.

g. Herstellung von Eisenbahnschienen.

1. Die bis zur Mitte der 60er Jahre dieses Jahrhunderts allgemein gebräuchlichen Schweisseisen-Schienen, ebenso die in den 70er Jahren noch häufiger verwendeten Puddelstahl-Schienen, die zusammen gesetzten Schienen mit Puddelstahl-, Feinkorneisen- oder Bessemerstahl-Kopf und schweißeisener Fuss haben sich überlebt. Fast alle Eisenbahn-Verwaltungen verlegen heute durchweg nur noch Flussstahl-Schienen, vorwiegend aus Bessemerstahl, häufig auch aus Thomasstahl, seltener aus Martinstahl gewalzt. Die nachfolgenden Angaben beziehen sich daher auf die Herstellung von Flussstahl-Schienen.

Ueber die Behandlung der Blöcke, namentlich deren Erhitzung vor dem Auswalzen ist S. 107, 108 zu vergleichen. Dort wurde bereits erwähnt, dass man in neuerer Zeit, nach dem Vorgange der Amerikaner, ein Dichten der Blöcke unter Hämmern nicht mehr für nothwendig hält. Deshalb begnügt man sich in Werken, deren Einrichtung dies gestattet, damit, das Dichten der Blöcke durch Vorwalzen zu ersetzen. Die im Blockwalz-Werk verdichteten Blöcke kehren in den Glühofen zurück und werden darauf in der zweiten Hitze je nach ihrer Grösse bis zu 3 Schienenlängen ausgewalzt. Seit Mitte der 70er Jahre ist man noch einen Schritt weiter gegangen; man hat allmählig gelernt, durch verschiedene Hilfsmittel die Blöcke von vorn herein dicht zu giessen. Solche annähernd dichten Blöcke brauchen daher nicht erst in einem besondern Block-Walzwerk gedichtet und vorgewalzt zu werden; man giesst sie in passender Grösse und walzt sie in einer Hitze durch entsprechende Vor- und Fertig-Kaliber eines schnell arbeitenden Drillings-Walzwerks bis zu fertigen Schienen. Danach kann man heute 2 Haupt-Verfahren zur Herstellung der Eisenbahnschienen unterscheiden:

1. Fertigstellung in 2 Hitzen mit Hilfe eines schweren Block-Walzwerks und: 2. Fertigstellung ohne Block-Walzwerk und in 1 Hitze im Drillings-Walzwerk. Dem letzten Verfahren gehört ansehnend die Zukunft.

2. Wo irgend die Einrichtungen des Werkes es ermöglichen, giebt man einem Blocke einen solchen Inhalt, dass aus ihm 3 Schienen in einem Stücke gewalzt werden können. Das Blockgewicht beträgt dann, je nach dem Gewicht der fertigen Schiene, etwa 0,8 bis 1,0^t und darüber. Gewöhnlich giebt man dem Block die Form einer schlanken, abgestumpften Pyramide mit etwa 230—320, bezw. 200—300 mm Seitenlänge der obern und untern Grundfläche.

Die Block-Walzwerke sind auf S. 152 bereits im allgemeinen beschrieben. In Amerika benutzt man danach meistens Drillings-Walzen mit verstellbaren Kalibern und selbstthätigem Vorschub auf den Walztischen; in Europa verwendet man zu gleichem Zwecke gewöhnlich Kehrwalzwerke mit Walzen von 0,75—1,00 m Durchm. und 5—6 Trapez-Furchen. Der Block geht mindestens 2 mal, mitunter 4—6 mal durch jedes Kaliber; nach jedem Durchgange wird er um 90^o gewendet und die durch Gegengewichte entlastete Oberwalze durch die Druckschrauben gesenkt.

Das Schienen-Walzwerk enthält gewöhnlich ein Vor- und ein Fertig-Walzgerüst und Drillings-Walzen mit 11—17 Furchen. Zuweilen kommt an dessen Stelle auch ein Kehrwalzwerk in Benutzung. Wird

¹⁾ Gleim. Der amerikanische Brückenbau der Neuzeit. Zeitschr. d. Hannov. Archit.- u. Ingen.-Ver. 1876, S. 88.

die Schiene nach dem vorangegebenen zweiten Verfahren, ohne vorher gegangene besondere Dichtung des Blockes in einer Hitze gewalzt, so muss sie beim Verlassen des Fertig-Kalibers noch hellroth glühend sein, damit sie nicht spröde werde und in ihr keine schädlichen Spannungen entstehen. Die

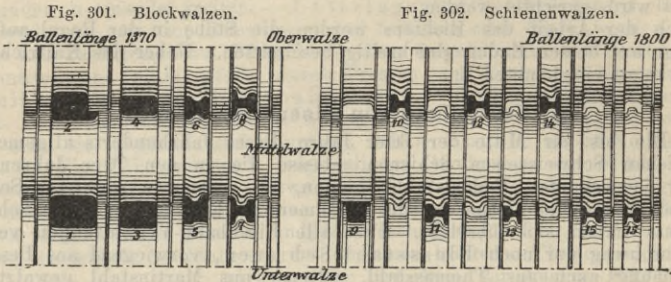
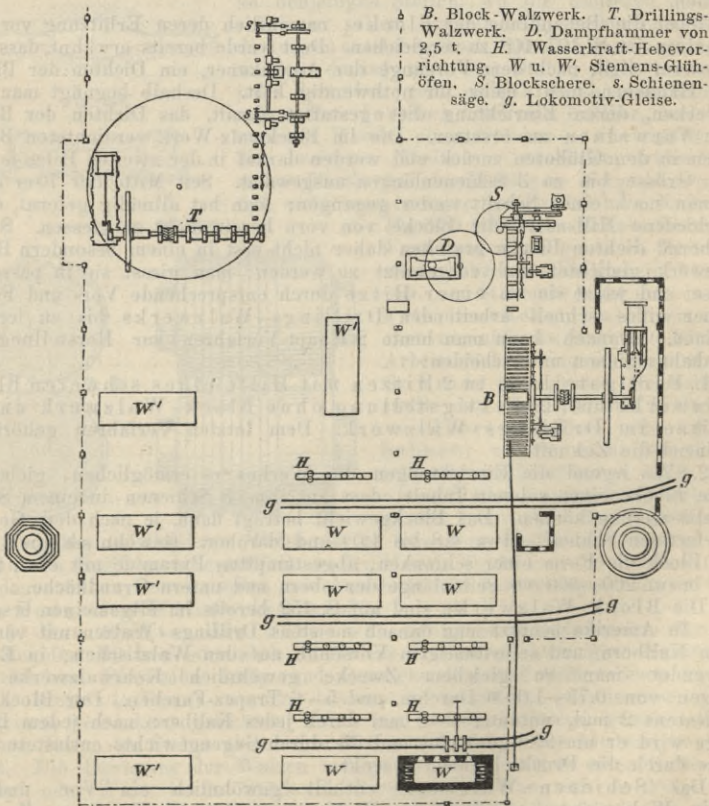


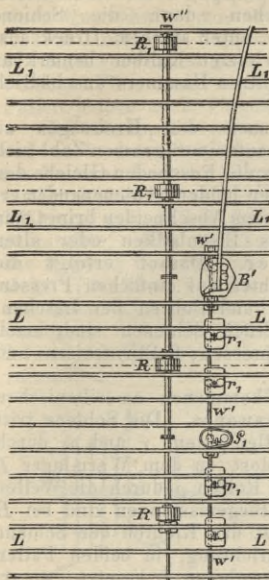
Fig. 303.



B. Block-Walzwerk. *T.* Drillings-Walzwerk. *D.* Dampfhammer von 2,5 t. *H.* Wasserkraft-Hebevorrichtung. *W* u. *W'* Siemens-Glühöfen. *S.* Blockschere. *s.* Schienensäge. *g.* Lokomotiv-Gleise.

Drillings-Walzen müssen daher möglichst rasch laufen; gewöhnlich machen sie, bei etwa 0,65 m Durchm., 100—120 Umdrehungen, was einer Umfangs-Geschwindigkeit von 3—4 m entspricht. Auch walzt man die Schienen dann gewöhnlich nur in 2 Längen in etwa 15 Kalibern, deren Form und Lage das Beispiel Fig. 301, 302

Fig. 304.



veranschaulicht; die unbezeichneten Furchen der Fertigwalzen sind sogen. Blindkaliber (S. 156). Der Block wird in den Kalibern 2 und 5 der Vorwalze vor dem Durchgange um 90° gewendet, so dass die in den vorher gehenden Kalibern 1 und 4 erzeugte Breite durch starken Druck wieder vermindert wird. Die erste Furche (9) der Fertigwalze ist ein offenes Stauch-Kaliber (S. 176), in welchem die Höhe gestaucht und dadurch der Fuss, ohne selbst grossen Druck zu erleiden, vorgebildet wird. Das Fertig Kaliber 15 ist 2 mal vorhanden, um bei Abnutzung des einen, das andere im Rückhalt zu haben.

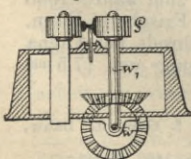
Während die Schiene die Kaliber der Fertigwalze durchläuft, wird bei grossem, ununterbrochenem Betriebe der nachfolgende Block bereits wieder vorgewalzt. Um diese Doppelarbeit mit der erforderlichen Geschwindigkeit bewältigen zu können, ist die Benutzung einer 500—800 pferd. Dampfmaschine und eines Schwungrades von etwa 30—50 t Gewicht Bedingung. Bei einem derartigen Betriebe, wie er z. B. auf dem Werke von Krupp in Essen, ferner auf der Bochumer Gussstahl-Fabrik und an andern Orten stattfindet, ist man im Stande, eine Schiene in 1 Min., d. h. in 24 Stunden etwa 300 t zu fertigen.

Noch grösser sind die Leistungen amerikanischer Walzwerke mit besonderer Einrichtung von Block-Walzwerken¹⁾. Eine Erzeugung von 600 t in 24 Stunden ist dort nichts Ungewöhnliches, so dass in Zwischenräumen von 30 Sek. je 1 Schiene das Fertig-Kaliber verlässt.

Das Schienen-Walzwerk von Edgar Thomson kann für amerikanische Verhältnisse als Vorbild dienen. Fig. 303 stellt die Grundriss-Anlage dar. Man giesst dort Blöcke für 4—6 Schienen-Längen, befördert sie durch eine Lokomotive auf Gleisen *g* nach den mit Siemens-Feuerung versehenen Glühöfen *W* des Block-Walzwerks *B*, dann nach dem Verlassen der letztern unter die Blockschere *S*, wo sie in Stücke vom Gewicht einer Schiene zerschnitten werden. Vor dem Wiedereinsetzen in die Glühöfen *W'* der Schienen-Drillingswalzen *T* werden etwaige Fehler der Blöcke durch Aushauen unter dem Dampfhammer *D* beseitigt. An das Drillingswalzgerüst *T* schliesst sich der Raum für die Adjustage oder das Fertigmachen der Schienen. Die Einrichtung der Blockwalzen (von Holley und Fritz) ist schon S. 155 beschrieben worden.

3. Die beim Schienenwalzen vorkommenden Fehler sind im allgemeinen dieselben, wie sie beim Walzen von T- und I-Eisen (S. 179 ff.) sich zeigen. Besonders zu erwähnen sind weiter die häufig auftretenden Stegblasen, welche die nämlichen Ur-

Fig. 304 a.



¹⁾ Schienen-Fabrikation in Nordamerika. Zeitschr. d. berg- und hüttenmänn. Ver. für Steyermark und Kärnthner 1881, S. 360. — Daelen. Ueber die Fabrikation der Stahl-schienen in den Verein. Staaten Stahl und Eisen 1886, S. 317 u. 407.

sachen haben, wie die Blasen bei den Blechen (S. 174). Sie entstehen in der Regel erst im Fertig-Kaliber und machen dann die Schiene unabnehmbar. Beim Anbohren sieht man das Gas unter starkem Druck ausströmen. Sobald sich eine Stegblase schon im vorletzten Kaliber bemerkbar macht, kann man sie durch Oeffnen mittelst eines spitzen Hammers unschädlich machen¹⁾.

Um die fertig gewalzten Schienen rasch nach den Kreissägen zu befördern, lässt man sie vom Fertig-Walzgerüst aus auf einer grossen Zahl sich drehender eiserner Rollen, deren Lauffläche ein wenig die Fussboden-Gleiche der Hüttensohle überragt, fortlaufen. Das Abschneiden der beiden Schienenenden erfolgt gleichzeitig, wie bereits S. 162 beschrieben. Nach dem Abschneiden bringt man die Schienen behufs der Abkühlung auf eine, aus Eisenbalken oder alten Schienen gebildeten Unterlage, das Warmlager. Darauf erfolgt die Adjustage oder das Fertigmachen²⁾ durch Graderichten auf einfachen Pressen, durch Kaltfraisieren beider Enden auf genaue Länge und Bohren der Laschenlöcher. Zur täglichen Fertigstellung von 1500 Stück Schienen sind, nach Braune³⁾, für deutsche Verhältnisse etwa 6 Richtpressen, 6 Stirnfraisieren und 36 Bohrspindeln erforderlich.

Fig. 304 giebt ein Bild von einer recht vollkommenen amerikanischen Einrichtung dieser Art aus dem Walzwerk von Lakawanna. Die Schiene tritt nach dem Verlassen des Fertig-Kalibers in das Rollensystem r und ρ , durch welche sie zu den Warmsägen S und S_1 und von dort zu dem Warmlager L geführt wird. Die Rollen r laufen lose, während die Rollen ρ durch die Wellen w und w_1 , Fig. 304a, getrieben werden. Die Warm-Biegemaschinen sind bei B und B_1 angebracht; in B erfolgt die Biegung, bezw. das Richten der Schiene senkrecht zu ihrer Axe; in B_1 desgl. in der Axenrichtung, in beiden Fällen sind die Biegerollen genau verstellbar. Ist das Warmlager L besetzt, so erhalten die Schienen erst bei B_1 ihre Biegung, und gelangen auf das Warmlager L_1 . Die Rollen r_1 und ρ_1 sind so eingerichtet, dass sie unter das Warmlager L sinken, sobald dieses benutzt wird. Mittels der Kettenrollen R und R_1 werden für jedes Warmlager 2 Ketten getrieben, deren Glieder an geeigneten Stellen Daumen tragen, um die Schienen an das Ende des Lagers zu schieben. Sämmtliche Bewegungen gehen von der Dampfmaschine M aus, welche stets die nämliche Drehrichtung inne hält, während für die verschiedenen Wellen durch Handhebel h zu steuernde Brems-Kuppelungen angebracht sind.

Bei der Abnahme der Schienen in Amerika ist man weniger streng als in Europa; deshalb ist auch die Adjustage eine einfachere. Die Schienen werden nicht gefraist, und Schienen mit fehlerhaften Stellen werden mittels der Kaltsäge geschnitten, wenn sie noch nutzbare Längen enthalten.

Ueber Lieferungs-Bedingungen für Schienen vergl. unter D. und im Anhang.

h. Das Drahtwalzen.

1. Im Anschluss an die geschichtlichen Mittheilungen auf S. 25 ist vorerst zu bemerken, dass noch im vorigen Jahrhundert in einigen Gegenden Deutschlands, Frankreichs und Schwedens Eisendraht ohne Maschinen und Wasserkraft blos von Hand gezogen worden ist. Man verwendete dabei mit Vorliebe das weiche Osmund-Eisen (S. 25) und es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass die Handzieherei ihren Ursprung in solchen Gegenden hatte, woselbst das Osmund-Eisen am frühesten zur Herstellung von Draht benutzt wurde, d. i. in Westfalen, wo in Iserlohn die uralte und ehrwürdige „Panzerzunft“ zu Hause war. 1822 wurde zuerst in Eschweiler Draht gewalzt; bis etwa zum Jahre 1835 verbrauchte man als Rohstoff für die Drahtherstellung nur Frischerei-Eisen. Von diesem Zeitpunkt ab lieferte zuerst das Puddelwerk zu Nachrodt, bei Altena an der Lenne gelegen, brauchbares Puddeleisen zur Anfertigung von (7,5 mm

¹⁾ Stahl u. Eisen 1885, S. 81.

²⁾ Betriebs-Einrichtungen zum Fertigstellen von Schienen. Ann. f. Gew. u. Bauw., 1881, II, S. 53.

³⁾ Die Fabrikation der Stahlschienen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1880, S. 241

starken) Drahtknüppeln, wie die von Feineisen im Luppen-Walzwerk auf einen Querschnitt von etwa 48—65 mm im Quadrat geschweissten und ausgebreiteten Drahtluppen heißen.

Man verwendet gutes reines Feinkorneisen und für Stahldraht vorwiegend weiches Flusseisen, namentlich Thomas- und Bessemer-Eisen, in besonderen Fällen jedoch auch Tiegelstahl usw.

Die Knüppel werden unter Fallhämmern, Pressen oder dergl. gebrochen und nach dem Bruchaussehen sortirt, auch mit Scheren dergestalt auf Länge geschnitten, dass ihr Gewicht je 20—25 kg beträgt. Das Auswalzen der Knüppel erfolgt unter sehr rasch laufenden Drillings-Walzen in je etwa 0,6—0,7 Min. Zeit. Während man früher dabei ein Vorwalz-Gerüst und 6 bis 7 Fertigwalz-Gerüste gebrauchte, giebt man heute, um Zeit zu sparen, einer Draht-Walzenstrasse in der Regel 2 Vorwalz- und 8 Fertigwalz-Gerüste, obwohl schon im ganzen höchstens 17 Kaliber, von denen gewöhnlich 7, auf den Vorwalzen liegende, genügen, um einen Knüppel auf die gewöhnliche Stärke des Walzdrahts von 5,5 mm zu verdünnen. Von den Drillings-Walzen der Fertiggerüste liegen immer nur je 2 in einem Gerüste, eine Anordnung, bei welcher man die Blindkaliber (S. 156) vermeidet.

Fig. 305, 306.

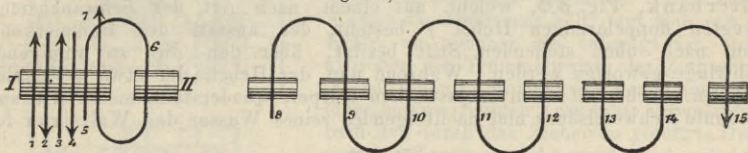
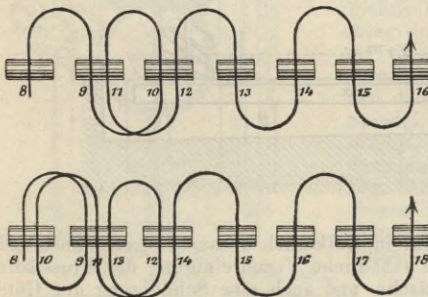


Fig. 307, 308.



2. Wie aus den Fig. 305—308 zu ersehen ist, läuft der Draht in mannigfachen Windungen gleichzeitig durch mehre Kaliber. Die aus neuerer Zeit von Krieger in Haspe stammende Anordnung Fig. 306 erscheint als die vortheilhafteste, weil bei derselben in der Fertigwalzenstrasse kein Rück- oder Umwalzen des Drahts nöthig wird, wie in Fig. 307 zwischen dem dritten und zweiten, in Fig. 308 zwischen dem 1., 2. und 3. Walzgerüst. Die ersten Kaliber der Vorwalzen haben Spitzbogenform,

die letzten Kaliber derselben, ebenso wie sämtliche Kaliber der Fertigwalzen, sind gewöhnlich abwechselnd oval und quadratisch und derart gereiht, dass der Draht aus der Vorwalze mit quadratischem Querschnitt in das 1. Fertikaliber gelangt. Damit der Draht genau in ein Kaliber ein- und ausgeführt werden kann, sind röhrenartige Einlässe und Auslässe vorhanden, welche bis dicht an die Walzen reichen. Beim Ausreten fasst ihn der Arbeiter mit der Zange und führt ihn weiter bis zum nächsten Gerüst, was trotz der eisernen Schutzpfähle oder Schutzhaken, an denen der Draht entlang gleitet, eine gefährliche Arbeit ist, da der Draht mit einer Geschwindigkeit von nahe 6 m aus den Walzen tritt. Drahtwalzen haben nämlich, je nachdem Eisen oder Stahl verarbeitet wird, einen Durchm. von 21 bezw. 26 cm und machen etwa 500 Umdrehungen. Die Vorwalzen machen bei 32 cm Durchm. etwa 220 Umdrehungen.

3. Um das Umstecken des Drahts von einer Walze zur andern ohne Handarbeit zu verrichten, sind auch mechanische Leitungen eingeführt worden¹⁾.

¹⁾ D. R.-P. Nr. 29 841. Vergl. darüber, sowie über andere Einzelheiten der Drahtfabrikation das S. 114 mit aufgeführte Werk von Fehland.

Auch hat man, um das lästige Wenden des Drahts um 10^0 beim Uebergange vom Oval- zum Quadrat-Kaliber zu vermeiden, Walzwerke angewendet, in denen ein Paar Stehwalzen immer mit einem Paar Liegewalzen abwechselt¹⁾.

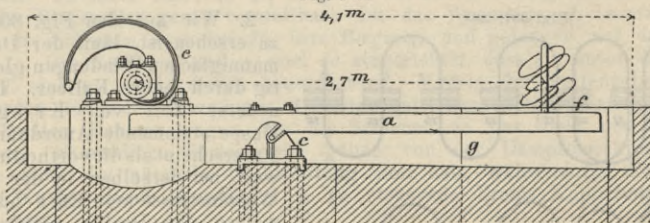
Vom Fertig-Kaliber aus wird der etwa 60^m lange Draht nach einem Haspel geführt und dort zu einem Ringe aufgerollt. Bevor der Draht ring verkäufliche Waare wird, muss er, damit man ihn ohne weiteres ziehen kann, noch an einem Ende zugespitzt werden, wozu man sich besonderer Spitzöfen behufs Erwärmung des Drahtes und eigener Spitzmaschinen, meistens Walzen mit unterbrochenen Kalibern (S. 182), bedient.

Ein neueres Drahtwalzwerk erzeugt mit einem Schweißofen durchschnittlich $600-700^t$, mit zwei Schweißöfen $800-900^t$ Eisendraht; Stahldraht bezw. 1000 bis 1200^t und $1300-1500^t$ im Monat.

i. Das Drahtziehen.

1. Der Walzdraht wird zuerst dekapirt, d. h. von dem ihm anhaftenden Glühspan befreit, was durch Beizen in einem Bade aus verdünnter Schwefelsäure geschieht; die schädlichen Beizreste werden sodann durch Waschen und Abdampfen entfernt. Das Waschen erfolgt in der sogen. Klopfwäsche oder Polterbank, Fig. 309, welche aus einem, nach Art der Schwanzhämmer bewegten doppelarmigen Hebel f besteht, der anstatt des Hammerkopfes einen nach oben stehenden Stift besitzt, über den die zu reinigenden Drahtringe geworfen werden. Während nun der Hebel, der etwa 30 Schläge in 1^2 Min. macht, auf einen unelastischen Körper, Quaderstein, niederfällt, spült verdünnte Schwefelsäure und nachfolgendes reines Wasser den Walzsinter fort.

Fig. 309.



Nach erfolgter Wäsche wird der Draht in Kalkmilch getaucht, getrocknet und zum Ziehen weggeschafft. — Um die schädliche Verunreinigung der Flussläufe durch Rückstände von Beize und Wäsche und auch eine Schädigung der Güte des Drahts durch das Beizen zu verhüten, hat man neuerdings auch versucht, den Walzdraht auf mechanischem Wege ohne Anwendung von Schwefelsäure zu dekapiren. Das Verdienst, in dieser Beziehung zuerst praktisch und erfolgreich vorgegangen zu sein, gebührt dem Drahtzieher-Meister Betz in St. Ingbert, welcher im Jahre 1876 in Preussen eine Drahtreinigungs-Maschine patentirt erhielt. Die Versuche sind wiederholt worden, zur Zeit aber noch nicht als abgeschlossen zu betrachten²⁾.

Die Verdünnung des Drahtes erzielt man dadurch, dass man ihn durch sogen. Zieheisen aus gehärtetem Gussstahl laufen lässt, welche in der Regel je mit einem Loche versehen sind, das sich nach der Seite hin, von welcher der zugespitzte Walzdraht eingesteckt wird, allmählig etwas erweitert. Der Draht wickelt sich dabei von einem Haspel (Krone) h , Fig. 310, 311, ab und

¹⁾ D. R.-P. Nr. 11 838. — Vertikal-Walzwerk von Erkenzweig. D. R.-P. Nr. 17 422. Auch Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 546.

²⁾ Näheres mit Abbildungen verschiedener Drahtreinigungs-Maschinen in Wedding. Ueber das Ziehen des Drahtes ohne Beizung mit Säuren. Stahl und Eisen 1886, S. 14. — Ebendasselbst S. 181: Wedding. Ueber Draht und Beize. — Ferner: Baedeker. Draht und Beize, ein Wort aus der Praxis über die Wedding'schen Vorschläge. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 244 u. 352.

legt sich, nachdem er das Zieheisen *Z* verlassen hat, um die Ziehscheibe *T*. Man unterscheidet Grobzüge, Mittelzüge, Feinzüge und Kratzen- oder Webedraht-Züge. Auf den „Groscheiben“ verdünnt man heute Walzdraht Nr. 51 auf die Nr. 46—34, auf den „Mittelscheiben“ von Nr. 34 bis Nr. 22. Beim Feinzug fertigt man aus Drähten Nr. 25 solche von Nr. 22 bis Nr. 7 und im „Kratzenzug“ wird von Nr. 11 ab dünner gezogen. Die grössten Feinzüge nennt man in Westfalen auch Banddraht-Züge, weil man auf denselben Draht herstellt, welcher nach der alten westfälischen Lehre mit „Band“ bezeichnet wurde.

Fig. 310, 311.

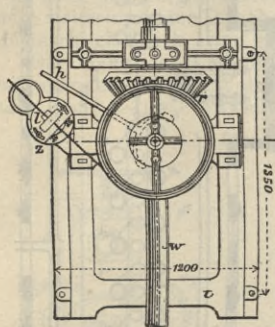
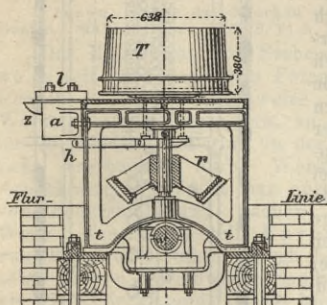


Fig. 312.

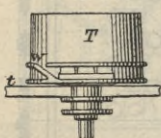


Fig. 313.

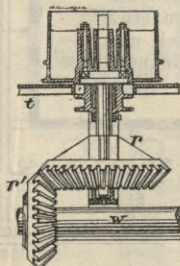


Fig. 314.

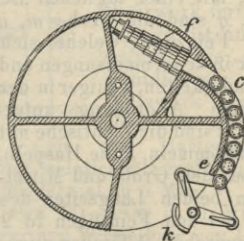


Fig. 314 zeigt in den Einzelheiten eine neuere, von Gerhards in Lüdenscheid ausgeführte Zangenbefestigung, welche dazu dienen soll, die bei der plötzlichen Ingangsetzung der Ziehtrommel durch den Mitnehmer auftretenden Stöße zu mildern. Die Ziehkette *k* legt sich um ein Bogenstück der Trommel und ist mit einer gespannten Rollfeder *f* verbunden, welche beim Beginn des Zuges zusammen gedrückt wird¹⁾.

¹⁾ Vergl. auch D. R. P. Nr. 30 223.

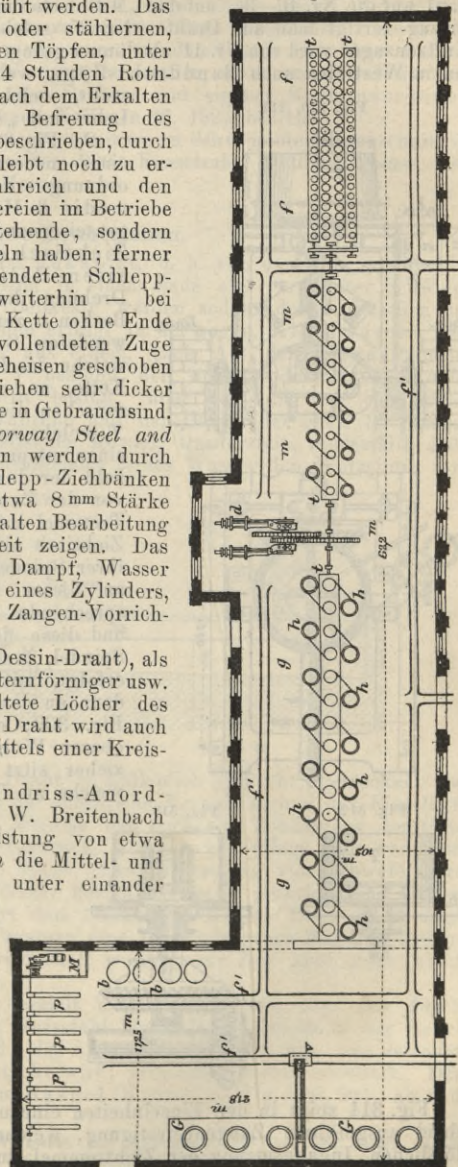
3. Weil der Draht durch das Ziehen leicht hart und brüchig wird, so ist es nothwendig, ihn, nachdem er einige mal durch das Zieheisen gegangen ist, auszuglühen. Harter Stahldraht muss schon vor dem ersten Zuge geglüht werden. Das Ausglühen erfolgt in eisernen oder stählernen, bis etwa 1,4 t Einsatz haltenden Töpfen, unter denen in einem Glühofen 3 bis 4 Stunden Rothgluthhitze unterhalten wird. Nach dem Erkalten in Abkühlgruben erfolgt die Befreiung des Drahtes vom Glühspan, wie vor beschrieben, durch Beizen und Waschen. — Es bleibt noch zu erwähnen, dass in Belgien, Frankreich und den Reichslanden vielfach Drahtziehereien im Betriebe sind, welche nicht senkrecht stehende, sondern wagrecht liegende Ziehtrommeln haben; ferner dass die früher häufig angewendeten Schleppzangen - Ziehbänke — vergl. weiterhin — bei denen die Schleppzange in eine Kette ohne Ende eingehakt ist und nach jedem vollendeten Zuge ausgehakt und wieder vor das Zieheisen geschoben wird, heute nur noch für das Ziehen sehr dicker Drähte, besonders Messing-Drähte in Gebrauch sind.

Fig. 315.

In der amerikanischen *Norway Steel and Iron Company* in South Boston werden durch Kaltziehen auf besondern Schlepp-Ziehbänken Eisen- und Stahlstäbe bis zu etwa 8 mm Stärke hergestellt, welche in Folge der kalten Bearbeitung grosse Elastizität und Festigkeit zeigen. Das Ziehen erfolgt mit Hilfe von Dampf, Wasser oder Luft unter Anwendung eines Zylinders, dessen Kolbenstange mit einer Zangen-Vorrichtung versehen ist¹⁾.

4. Formdraht (Façon- oder Dessin-Draht), als halbrunder, dreieckiger, ovaler, sternförmiger usw. wird durch entsprechend gestaltete Löcher des Zieheisens gezogen. Halbrunder Draht wird auch durch Spalten von Runddraht mittels einer Kreisschere hergestellt.

5. Fig. 315 giebt die Grundriss-Anordnung der Drahtzieherei von W. Breitenbach in Unna, mit einer täglichen Leistung von etwa 10 t. *g, g* sind die Grob-, *m, m* die Mittel- und *f, f* die Feinzüge, welche sich unter einander meist nur in den Abmessungen und Geschwindigkeiten, weniger in der allgemeinen Anordnung unterscheiden. *t* sind die Ziehtische mit den Ziehtrommeln, *h* die Haspeln, welche bei den Grob- und Mittelzügen zu beiden Langseiten des Tisches, bei den Feinzügen in 2 Reihen zwischen 2 Tischen angeordnet sind. *pp* sind die Geschläge des Pölderwerks, von einer besondern 8 pferdigen Maschine *m* betrieben, *G G* die Glühöfen, *bb* die Heizbottiche; *v* ist ein Laufkahn, sogen. Veloziped-Kahn, welcher oben zwischen Trägern geführt wird, unten auf einem Schmalspur-



¹⁾ Stahl u. Eisen 1886, S. 177. Mit Abbildungen.

Gleis läuft und zum Ausheben der Glühtöpfe dient. $f f$ sind Fördergleise für das Verbringen des Walzdrahts und der fertigen Ware. Für die Erzeugung von 1^t gezogenem Draht verbraucht man etwa 1,05^t Eisen bezw. 1,02^t Stahl-Walzdraht. Grobscheiben machen etwa 14—32, Mittelscheiben 32 bis 42, Feinscheiben 42—65 Umdrehungen. Dabei ist die höchste Leistung für 1 Zug und Tag bezw. 2^t, 0,65^t und 0,05^t.

k. Das Walzen auf kaltem Wege.

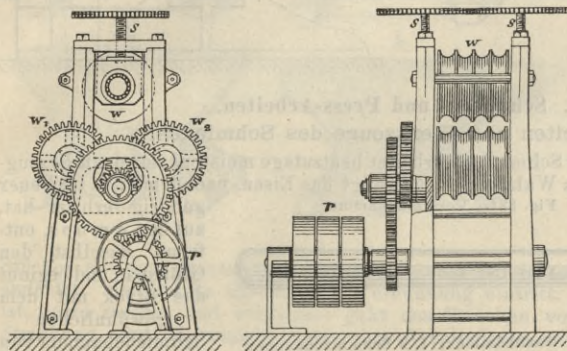
Litteratur.

Freson. Ueber das Strecken von Eisen und Stahl auf kaltem Wege in den Vereinigten Staaten. Stahl u. Eisen 1886, S. 91 u. 177.

Das Kaltwalzen von Stabeisen wird fast ausschliesslich in Amerika geübt, wo es seit 1851 nach dem Patente von Bernhard Lauth eingeführt ist. Man wendet es dort vorzugsweise zur Herstellung von kreisrunden Stäben für Wellen, Kolbenstangen usw. an, weil man solche durch Kaltwalzen derart genau im Querschnitt und glatt in der Oberfläche erhält, dass jede weitere nachträgliche Bearbeitung durch Werkzeug-Maschinen entfallen kann. In geringer Ausdehnung verwendet man auch in Europa kalt gewalztes Eisen. Das Strecken von Federstahl und flachen Drähten geschieht schon lange auf kaltem Wege. Neuerdings stellt Ehrhardt in Düsseldorf Bandsägen zum Schneiden von Eisen und Stahl¹⁾ durch Kaltwalzen her. Ferner erzeugt man auf dem schwedischen Hüttenwerke Sandvikens Jernverks auf solche Weise Stahlbänder bis 80 mm Breite und 0,15 mm kleinster Stärke. Das kalt gewalzte Eisen zeichnet sich, nach den eingehendsten Versuchen von Professor Thurston, ausser durch andre weiterhin unter D. näher erörterte Vorzüge vor dem warm gewalzten Eisen hauptsächlich durch seine grössere Elastizität und Festigkeit aus.

Der Gang des Verfahrens ist auf amerikanischen Werken etwa folgender: Das aus dem Warm-Walzwerk kommende Eisen wird durch eine Säge in Stäbe von 5—6 m, bisweilen auch 12 m Länge zerschnitten und die Stücke

Fig. 316, 317.



werden in einem Bade von verdünnter Schwefelsäure so rein gebeizt, dass die Schweissnähte sichtbar hervor treten. Behufs Neutralisirung der noch anhaftenden Säure werden die Eisenstäbe in Kalkwasser getaucht und dann abgetrocknet; sie sind dann für das Kaltwalzwerk fertig. Das letztere ist im allgemeinen wie ein gewöhnliches Warmwalzwerk beschaffen, aber viel stärker gebaut und genauer montirt. Die Walzen sind aus Hartguss, ihre Oberfläche ist hoch polirt und die Kalibrirung mit peinlicher Sorgfalt angelegt und ausgeführt; sie drehen sich langsam — 40 bis 60 mal in 1 Min. —, so dass das Walzgut mit einer Geschwindigkeit von etwa 30—50 m in 1 Min. fortschreitet. Die Druckschrauben lassen nur eine geringe Verstellung von 1,5—2 cm zu. Jeder Stab wird in einem einzigen Kaliber, welches er mehre mal durchläuft, fertig gewalzt; dabei nimmt seine Dicke jedesmal etwa um 0,1 bis 0,2 mm ab. Rundstäbe walzt man bei gleich bleibendem Drucke mehre mal unter entsprechender Drehung.

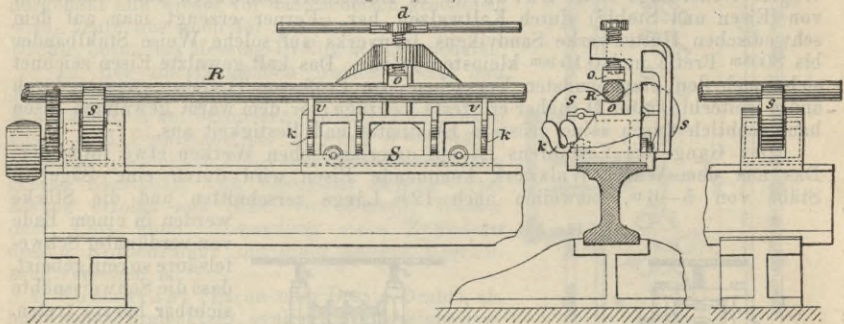
Das Richten der Stäbe erfolgt, ehe sie auf's Lager geschafft werden, in besondern Pressen. Fig. 316, 317 zeigen eine gewöhnliche Richtepresse mit 3 kali-

¹⁾ Stahl u. Eisen 1884, S. 743.

brüten Walzen w , w_1 und w_2 . Die Walzen w_1 und w_2 drehen sich in demselben Sinne, indem sie durch Zahnräder in Verbindung mit einander stehen. Der Antrieb erfolgt durch Riemenscheiben r . Die Oberwalze w wird durch die Druckschrauben s auf den zu richtenden Stab gepresst und die äussere Seite der Krümmung wird mit der Walze w , deren Höhenstellung der zu erzielenden Biegung entspricht, in Berührung gebracht.

Für besonders genaue Fertig-Richtung z. B. für Transmissions-Wellen oder dergl. dient die in Fig. 318—320 dargestellte Presse. Der zu richtende Stab R wird mit seinen Enden auf die Scheiben s gelegt, welche sich drehen und den Stab dadurch gleichfalls zur Drehung zwingen. Die Richt-Werkzeuge sind 4 Unterlagen u , welche in einem wagrecht verschiebbaren Schlitten S ruhen und durch Keile k hoch oder niedrig gestellt werden können, und ein Oberstempel o , welcher mit Hilfe der Druckschraube d eingestellt werden kann. Beim Richten führt der Arbeiter zuerst den Schlitten am sich drehenden Stabe entlang und markirt jede Krümmung desselben durch Kreide. Beim Beseitigen einer Krümmung stellt er zuerst den Schlitten und die Unterlagen an passender Stelle fest und vollführt durch die Druckschraube, während er die Drehung einstellt, eine der Grösse der Krümmung entsprechende Biegung des Stabes.

Fig. 318, 319, 320.



V. Schmiede- und Press-Arbeiten.

a. Arbeiten und Werkzeuge des Schmiedes.

1. Der Schmied verarbeitet heutzutage meistens nur noch Erzeugnisse des Walzwerks. Er bringt das Eisen, nachdem er es im Feuer gehörig erhitzt hat, auf den Amboss, entfernt daselbst den Glühspan und beginnt das Stück mit dem gewöhnlichen Schmiedehammer von 1—2 kg Gewicht, zu bearbeiten. Meistens hilft ihm ein Zuschläger; für grössere Stücke braucht er mehre derselben, welche schwere sogen. Zuschlaghämmer — etwa 10 kg — führen.

Fig. 321. Vorschlaghammer

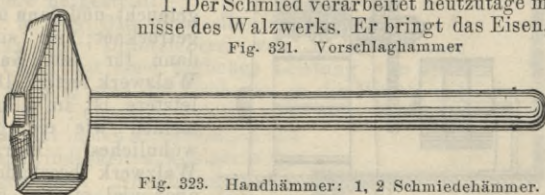
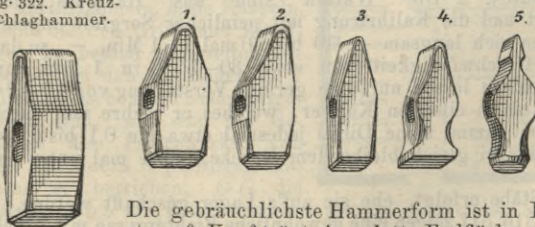


Fig. 322. Kreuzschlaghammer.

Fig. 323. Handhämmer: 1, 2 Schmiedehämmer. 3, 4 u. 5 Schlosserhämmer.



Die gebräuchlichste Hammerform ist in Fig. 321 gezeichnet. Der stumpfe Kopf trägt eine glatte Endfläche von quadratischer, runder, recht- oder vieleckiger Gestalt, die Bahn; der keilförmig zugeschärfte Kopf heisst

die Finne. Einen derartigen Schmiedehammer mit flacher oder nur ganz schwach gewölbter Bahn nennt der Schlosser Bankhammer. Man unterscheidet ferner Handhämmer, die mit einer Hand geschwungen werden, und Zuschlaghämmer, die mit beiden Händen angefasst werden. Letztere zerfallen wieder in Vorschlaghämmer, Fig. 318, bei denen die Finne senkrecht zum Stiel gerichtet ist, und Kreuzschläge, Fig. 319, bei denen die Finne parallel zum Stiele liegt. Der Ambos für Handhämmer wird gewöhnlich aus Schmiedeseisen mit verstärkter oberer Fläche (Bahn) hergestellt, auch aus Gusseisen mit gehärteter Fläche oder ganz aus Gussstahl.

Die einfachste Ambosform zeigt Fig. 324. Fig. 325 veranschaulicht Ambose mit einem sogen. Horn, welches vorzugsweise zu Biegearbeiten benutzt wird¹⁾.

Beim Schmieden wendet und dreht der Schmied das Eisen derart, dass alle Schläge auf diejenige Stelle fallen, welche er den Zuschlagern durch Aufschlagen mit seinem Schmiedehammer andeutet.

2. Unter den mannigfachen Arbeiten des Schmiedes, die er im Einzelnen oder in geeigneter Reihenfolge behufs endlicher Gestaltung eines Stückes in Anwendung bringt, sollen zuerst diejenigen besprochen werden, welche sich in der Regel ohne besondere Hilfswerkzeuge, allein mit Hammer und Ambos, bewerkstelligen lassen. Diese Arbeiten, zugleich die wichtigsten des Schmiedes, sind Strecken, Stauchen, Treiben und Schweissen.

Fig. 324.

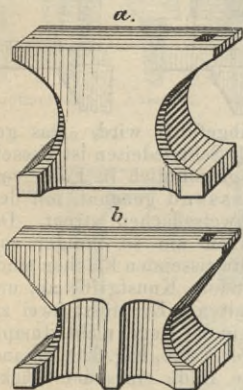


Fig. 325.

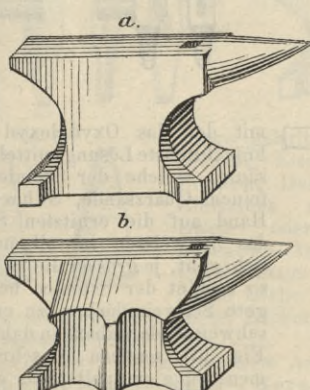
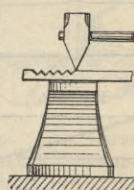


Fig. 326.



Beim Strecken will der Schmied eine starke Längen-Ausdehnung des Stückes erzielen, ohne dabei die Breite wesentlich zu vergrößern. Dies Ziel erreicht er durch Bearbeitung des

Stückes mit der Hammerfinne dergestalt, dass bei jedem Schläge, wie Fig. 326 andeutet, eine starke Querschnitts-Verdünnung eintritt. Je schmaler die Finne ist, desto rascher und wirksamer geht das Strecken vor sich. Nach beendeter Streckung wird die nunmehr gefurchte Arbeitsfläche mit der Bahn des Hammers geschlichtet, d. h. geebnet und geglättet.

Beim Stauchen verfährt der Schmied umgekehrt wie beim Strecken. Es wird die zu verdickende Stelle erhitzt und nöthigenfalls werden ausserdem noch die angrenzenden Theile des Stückes abgekühlt. Kleine Stücke kann man, so vorbereitet, dann dadurch stauchen, dass man sie senkrecht auf den Ambos stellt und die Verkürzung durch von oben her ausgeführte Hammerschläge bewirkt. Bei grössern Stücken genügt es, sie in solcher Richtung heftig gegen den Ambos oder dergl. zu stossen, dass in Folge der Rückwirkung des Stosses die gewünschte Verdickung eintritt. Zu diesem Zwecke versieht man den

¹⁾ Es sind in verschiedenen Ländern mannigfache Formen von Hammer und Ambos gebräuchlich. Auskunft darüber geben die illustrierten Preishefte der Sonderfabriken, in Westfalen z. B.: W. Bongardt in Hohenlimburg, C. D. Paddinghaus in Milspe, H. Remy, Herm. Harkort, Söding & Halbach, Heyden & Käufer in Hagen usw.

Ambos zuweilen mit einem entsprechenden Vorsprung, dem sogen. Stauch, Fig. 336 bei s.

Das Treiben ist eine dem Strecken verwandte Arbeit, welche vorzugsweise bei Anfertigung von Hohlgefässen in Anwendung kommt, häufig auch, um gerade Stäbe oder Platten nach einer gewissen Richtung zu krümmen oder krumm gewordene Stücke wieder gerade zu richten. Beim Formen von Hohlkörpern schlägt man dabei in plattenförmigen Stücken mit Hilfe eines Hammers, dessen Bahn kreisrunde Form von nicht zu grossem Durchmesser besitzt und etwas erhaben gewölbt ist, Fig. 327, an bestimmten Stellen zahlreiche Beulen in bestimmter Folge neben einander. Dadurch strecken sich gewisse Abmessungen der Platte, während andere sich verkürzen und die Platte nimmt allmählig die gewünschte Krümmung an.

Schweissen nennt man die Vereinigung von zwei erhitzten Eisentheilen unter Schlag oder Druck zu einem Ganzen. Den zur Schweissung nothwendigen Wärmegrad des Eisens nennt man Schweisshitze. Die vollkommene Vereinigung zweier Eisentheile erfolgt nur, wenn dieselben metallisch reine Oberflächen haben. Deshalb gebraucht der Schmied, um die auf dem Eisen sich bildende Schicht von Oxyduloxyd — Hammerschlag — zu entfernen, besondere Lösungsmittel, welche die Bildung einer dünnflüssigen Schlacke bewirken,

Fig. 328.

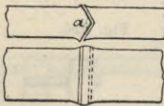


Fig. 327.

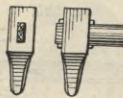


Fig. 332.

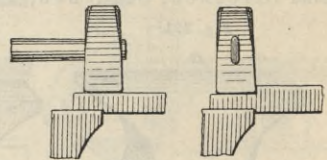


Fig. 329.

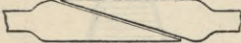


Fig. 330.

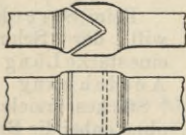
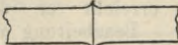


Fig. 331.



mit der das Oxyduloxyd abgeführt wird. Das gebräuchlichste Lösungsmittel für Schmiedeeisen ist Kieselsäure, welche der Schmied gewöhnlich in Form von feinem Quarzsande, Schweissand genannt, mit der Hand auf die erhitzten Schweissflächen streut. Da das Schweissen im allgemeinen um so inniger vor sich geht, je grösser die zu schweisenden Flächen sind, so wendet der Schmied besondere Kunstgriffe an, um gute Schweissflächen zu erhalten. Er stösst zwei zu schweisende Stabenden daher in der Regel nicht stumpf, Fig. 331, sondern mit schräger Fuge, Fig. 329, zusammen; oder er spaltet das eine Ende eines der Stücke auf und steckt das andere Stück mit einem keilförmigen Zapfen in den Spalt, Fig. 330. Müssen 2 Enden stumpf gegen einander geschweisst werden, so geschieht die

Vereinigung in der Schweisshitze durch Stauchen in der Längsrichtung der zu verbindenden Stäbe, Fig. 331. Beim Schweissen schwerer Stücke ist eine Gestaltung der Schweissflächen wie in Fig. 328 fehlerhaft; der Winkel α ist zu stumpf und gleichzeitig die Zugabe an Eisenstärke für den voraussichtlichen Abbrand beim Schweissen und Nachschmieden zu klein. Fig. 330 zeigt, wie eine derartige Schweissstelle aussehen müsste¹⁾. Ueber die besondern Vorsichtsmassregeln und Mittel, um richtige Schweisshitze, reine Schweissflächen und vollkommene Schweissung zu erzielen, vergl. unter b.

3. Andere Arbeiten des Schmiedes, bei denen er in der Regel ausser Hammer und Ambos noch besondere Hilfswerkzeuge brauchen muss, sind das Ansetzen, Abhauen, Lochen, Biegen, Schlichten und das Schmieden in Gesenken oder das Gesenkschlagen.

Unter Ansetzen versteht man die Bildung einer plötzlichen Querschnittsverminderung an einem Ende des Schmiedestücks, eines sogen. Ansatzes.

¹⁾ Putnam. *The manipulation of heavy forgings.* Engineering 1885, Nr. 1038 u. 1039. — Auch Stahl u. Eisen 1886, S. 168.

Diese Arbeit wird meistens mit Hilfe eines Setzhammers, Fig. 332, vorgenommen, auf dessen Kopf ein Schmiedehammer wirkt. Behufs Herstellung besonders geformter Ansätze oder Eindrücke muss der Bahn oder Finne des Setzhammers eine geeignete Gestalt gegeben werden. Als Unterlage beim Schmieden mit dem Setzhammer dient häufig das Stöckchen, ein parallelepipedisch geformtes Stück Gusseisen oder Stahl mit flacher oder besonders geformter Oberfläche, welches mit einem 4kantigen Zapfen im Ambos steckt.

Für die Arbeiten des Abhauens gebraucht der Schmied Schrotmeißel und Abschrot. Der Schrotmeißel, Fig. 333a, ist ein Setzhammer mit verstärkter, meißelartig zugespitzter Finne, welche zum Abtrennen, Abhauen einzelner Theile des Schmiedestücks dient. Der mit seinem Vierkant-Ansatz im Ambos zu befestigende Abschrot, Fig. 333b, dient als Unterlage für den Schrotmeißel.

Zum Lochen gebraucht der Schmied in der Regel einen Durchschlag, Fig. 334—335, d. h. einen etwas kegelförmig zulaufenden Stahlstempel, dessen untere geschliffene Fläche gleich dem Lochquerschnitt ist, und als Unterlage einen Lochring, in welchen der Stempel, nachdem er durchgetrieben ist, hineinpasst. Der Durchschlag ist mit einem Stiel versehen, oder wird beim Lochen mit der

Fig. 333.

Fig. 334, 335.

Fig. 336.

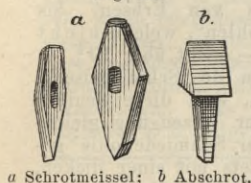
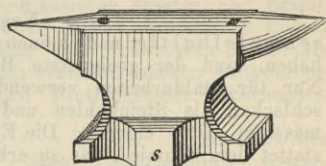
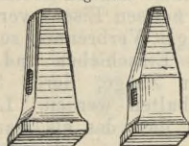
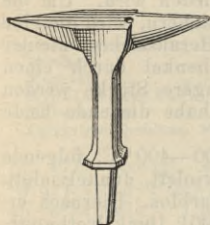


Fig. 337.

Fig. 338.



Zange gehalten. Das heraus getriebene Eisenstück nennt man Putzen. Durch Ausdornen — Eintreiben eines kegelförmigen Eisen- oder Stahlstabes, des Dornes, — kann man mit Hilfe des Durchschlags erhaltene kleinere runde Löcher erweitern oder auch, bei Anwendung eckiger Dorne, Löcher mit beliebig eckigem Querschnitt herstellen.

Das Biegen kann auf dem Ambos erfolgen, wenn derselbe mit einem sogen. Horn, das kegelförmig, oder pyramidenförmig, Fig. 336, gestaltet sein kann, versehen ist. Bilden die Hörner den Hauptbestandtheil des Ambos und zwar derartig, dass beide in eine gemeinschaftliche quadratische Grundform auslaufen, so entsteht das Sperrhorn, Fig. 337. Das Schmiedestück wird beim Biegen quer über das Horn gelegt und die nicht unterstützte Stelle gehämmert. Statt des Horns gebraucht man häufig auch einen Dorn, um den man das Eisen hämmert.

In Fällen, wo man den Querschnitt des Eisens durch Austreiben des Putzes nicht schwächen will, bedient man sich zur Hervorbringung von Löchern des Schrotmeißels, indem man mit Hilfe desselben einen Schlitz in das Eisen haut, den man nachher ausdornet. Dieses Lochverfahren heisst Aufhauen. Es tritt dabei eine Stauchung des Metalls rings um das Loch ein.

Das Schlichten (Ebnen, Glätten) einzelner Flächen erfolgt mit Hilfe von Setzhämmern oder besondern Schlichthämmern, Fig. 338.

Gesenke sind gusseiserne oder gussstählerne, selten schmiedeiserne Formen, die als Hilfswerkzeuge zur Herstellung besonders gestalteter Schmiedestücke auf dem Ambos benutzt werden. Wie man beim Giessen offene und geschlossene Formen unterscheidet, so hat man beim Schmieden einfache Gesenke, bei welchen die offene Fläche durch die Hammerbahn geschlossen wird, und doppelte Gesenke, aus Ober- und Untergesenk bestehend. Das

Untergesenk erhält einen Vierkant-Ansatz zum Einstecken in den Ambos, Fig. 339a; das Obergesenk wird an einem Stiele gehalten, Fig. 339b.

Fig. 340.

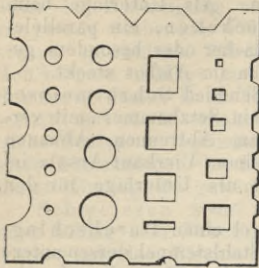
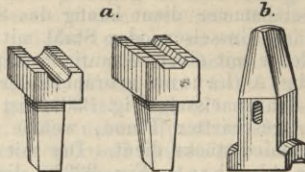


Fig. 339.



Gesenkstöcke, d. s. gusseiserne oder gussstählerne Blöcke von der Grundform eines halben Würfels, Fig. 340, deren Umfang mit vielen gesenkartigen Einschnitten, und deren Flachseiten mit durchgehenden quadratischen und kreisrunden Oeffnungen von verschiedenen Durchmessern versehen sind, werden heute als Ersatz für Ambos und Gesenke nur noch selten benutzt.

b. Behandlung des Eisens im Feuer. Schweißen und Härten des Stahls (Werkzeugstahl).

1. Backende Steinkohlen von Erbsen- bis Nussgrösse sogen. „Schmiedekohlen“, welche nicht schwefelhaltig und keinen zu hohen Aschengehalt — nicht über 10% — haben, sind der geeignetste Brennstoff für das Erhitzen des Schmiedeisens. Nur für Stahlarbeiten verwendet man noch Holzkohlen, weil diese weniger schlacken als Steinkohlen und sich besser, als diese zur Erzeugung gleichmässiger Hitze eignen. Die Eigenschaft des Backens der Schmiedekohle gestattet dem Schmied, das zu erhaltende Eisen im Feuer stets mit einer dicken, abschliessenden Kohlenschicht bedeckt zu halten, wodurch nicht allein die entwickelte Wärme am günstigsten ausgenutzt und an Brennstoff gespart, sondern auch eine schädliche Oxydation des heissen Eisens vermieden wird. Um die schützende Kohlendecke gegen vorzeitiges Verbrennen zu sichern, wird dieselbe mit dem Löschwedel benetzt. Das Einschieben und Herausziehen kleiner Arbeitsstücke erfolgt mit Hilfe einer Zange, deren Schenkel durch einen übergeschobenen Ring geschlossen gehalten werden. Längere Stücke werden ohne Zange in's Feuer gelegt u. z. so, dass das als Handhabe dienende Ende unerhitzt bleibt.

Blankes Eisen zeigt bei steigender Erwärmung auf 200—400° C. folgende wechselnde Anlauffarben: blassgelb, strohgelb, orange, violett, dunkelviolet, dunkelblau, hellblau, grün, blassgrün; zuletzt wird es farblos. Hiernach erscheinen die Glühhitzen: bei 525° anfangende Rothgluth, 700° Dunkelrothgluth, 800—1000° anfangende bis volle Kirschrothgluth, 1100—1200° dunkel Orange bis lichte Gluth, 1300° Weissgluth, 1400—1600° blendende Weissgluth mit Funkensprühen, 1900—2250° Schmelzung.

Ob das Eisen den richtigen Hitzeegrad erreicht hat, wird an der Farbe der Gluth erkannt. Der Schmied unterscheidet gewöhnlich: blauroth, braunroth, kirschroth, dunkelgelb, hellgelb und weiss. Die Schweisshitze ist hohe Weissgluth und ihr Eintritt wird vom Schmied an der weiss leuchtenden Funkenfarbe erkannt, welche vom Eisen ausgeht und durch die Kohlendecke sprüht. Bleibt das Eisen noch über Schweisshitze hinaus im Feuer, so verbrennt es, und jeder Versuch, es dann noch zu schweißen, misslingt, weil die Eisentheile unter dem Hammer, ohne sich zu vereinigen, ähnlich wie Butter aus einander fließen¹⁾. Wenn bei der Verbrennung keine chemische Aenderung in der Zusammensetzung erfolgt ist, so kann verbranntes Eisen, auch der Stahl, durch vorsichtiges Wiedererhitzen und Schmieden „regenerirt“ werden.

Stahl kann keine grosse Hitze vertragen; er verliert dadurch seinen seidenartigen Bruch und seine Feinkörnigkeit. Bei der Bearbeitung des Stahls muss

¹⁾ Ledebur. Das Verbrennen des Eisens und Stahles. Jahrb. für Berg- u. Hüttenw. im Königr. Sachsen, 1883, S. 19.

daher mit grösster Vorsicht vorgegangen werden. Namentlich darf Stahl nicht in jener Temperatur, welche als Blauhitz bekannt ist — vergl. unter D — bearbeitet werden. Wird diese Hitze während des Schmiedens erreicht, so muss eine neue Erwärmung stattfinden. Stücke, welche starke Bearbeitung in der Hitze ertragen haben, sollen nachträglich ausgeglüht werden. Das Ausglühen verbessert den Stahl und gleicht vorhandene Ungleichheiten der Spannungen aus; im allgemeinen nimmt dabei die Festigkeit ab, die Zähigkeit aber zu. Beim Schmieden grosser Stahlstücke, wie Achsen u. dergl. kommt es vor, dass in einer Hitze nur ein Ende der Bearbeitung unterzogen wird; in solchen Fällen ist es von Wichtigkeit, dass jedes der beiden Enden in der gleichen Hitze behandelt wird usw.¹⁾

2. Das Schweißen gelingt vollkommen nur, wenn die Schweissflächen metallisch rein sind; zur Lösung des Glühspans usw. dient dem Schmied der Schweissand, und er hat auch darauf zu achten, dass die Schweissflächen im Feuer sich nicht gleich anfangs zu innig berühren, damit eine Lösung der Oxydschichten noch gelingen kann.

Beim Schweißen des Stahls, dessen Schweisshitze nicht so hoch liegt, wie diejenige des Schmiedeiseins — mittelharter Stahl lässt sich nur in Gelbluth, harter in Hellrothgluth schweißen — gebraucht man, um die Schlacke sehr rasch leichtflüssig zu machen, ausserdem noch basische Zusätze, als: Braunstein, Borax, Blutlaugensalz, Potasche usw., welche Mittel ebenfalls in Pulver oder Sandform beizugeben sind. Auch setzt man beim Schweißen des Stahls zuweilen kohlenstoffhaltige Verbindungen zu, um einer zu starken Entkohlung vorzubeugen. Das üblichste Mittel hierfür ist Blutlaugensalz. Karmarsch empfiehlt z. B. folgendes „Schweisspulver“:

Mischung.	Zum Schweißen von	
	Stahl auf Eisen.	Stahl auf Stahl.
	Theile.	
Borsäure	35,6	41,5
Kochsalz	30,1	35,0
Blutlaugen-Salz	26,7	15,5
Kolophonium	7,6	—
Calziniertes kohlen. Natron	—	8,0 2)

3. Die Eigenschaft des Stahls, nach erfolgter Erwärmung bis zur Rothgluth durch plötzliche Abkühlung hart zu werden, unterscheidet denselben vom Schmiedeisen. Jeder Stahl, der behufs seiner Verwendung gehärtet werden muss, sollte aus den edelsten und deshalb theuersten Rohstoffen durch Schmelzen in Tiegeln

(S. 111) erzeugt werden. Man nennt solchen Tiegel-Gussstahl auch wohl Werkzeug-Stahl. Derselbe ist im Feuer mit der grössten Sorgfalt zu behandeln. Die Erwärmung muss so geleitet werden, dass keinerlei Einwirkungen auf den Stahl stattfinden und keine Spannungen durch ungleichmässig fortschreitende Erwärmung hervorgerufen werden. Am leichtesten sind diese Bedingungen bei Holzkohlen-Feuer einzuhalten, und die Anwendung eines solchen ist unerlässlich, wenn es sich um das Härten von schweren, oder Stücken mit sehr ungleichen Querschnitten handelt. Da durch die Formgebung im Stahl Spannungen entstehen, so darf man ihn niemals unmittelbar nach dem Schmieden härten; man muss ihn vielmehr langsam erkalten lassen und zum Härten neu anwärmen. War ein Gegenstand schon gehärtet und soll derselbe abermals gehärtet werden, so muss er vorerst unbedingt ausgeglüht werden, da sonst Bruch eintritt. Wenn es sich um fabrikmässige Darstellung zu härtender Gegenstände handelt, wendet man anstatt der offenen Schmiedefeuer meistens Oefen und Feuer mit Zugwind usw. an. Sehr grosse Stücke, die nur schwierig durch und durch gleichmässig zu erwärmen sind, z. B. Gold- und Silberwalzen, werden häufig in Kästen mit Kohlenpulver oder andern neutralen Stoffen umpackt und in Oefen erhitzt.

Das zu härtende Stahlstück soll gleichmässig bis zu einem gewissen, mit dem Kohlenstoff-Gehalt abnehmenden Grade — den zu erkennen den Arbeiter

1) Sattmann. Ueber die Veränderungen der Eigenschaften des Flusseisens und Flussstahls, welche durch physikalische Ursachen bedingt sind. Stahl u. Eisen 1884, S. 266.

2) Schweißen von Gussstahl. Maschinenbauer 1880, S. 363 u. Industrie-Ztg. 1882, S. 487.

die Erfahrung gelehrt hat — erhitzt werden. Ganz harte Werkzeuge, besonders solche aus Wolframstahl, dürfen nur an den Schneiden auf eine Länge von etwa 20 cm langsam dunkelroth angewärmt werden. Der Grad der Glühhitze kann nur an ziemlich dunklen Stellen bei gleichmässigem Lichte richtig beurtheilt werden.

Das eigentliche Härten¹⁾ erfolgt durch Eintauchen in die Härte-Flüssigkeit, d. i. vornehmlich Wasser oder eine Mischung von Oel und Rindertalg. Brunnenwasser (hart) härtet stärker als Regenwasser (weich); die stärkste Wirkung erzielt man mit einer gesättigten Kochsalz-Lösung; die schwächste durch reines Kondensations-Wasser. Zur genannten Mischung nimmt man gewöhnlich Rüböl; je mehr davon genommen wird, desto grösser die Wirkung; zuweilen wird auch Rüböl allein benutzt. Durch Wasserhärtung erzielt man den höchsten Härtegrad; handelt es sich mehr um Erzielung grosser Elastizität (Federkraft), so härtet man in Oel. Zuweilen — z. B. bei Matrizen — härtet man auch in fließendem Wasser oder lässt Wasser aus einer Brause oder als Strahl auf den zu härtenden Gegenstand — Hammer, Ambos u. dergl. — fallen, wobei der sich bildende Dampf gleich mit fortgerissen wird. Die Abkühlung im Wasser muss in jedem Fall plötzlich erfolgen, damit der Bruch des Stahls feinkörnig und seidenartig wird. Zeigt die Bruchstelle grobes Korn und matte Farbe, so ist die Arbeit verdorben.

Dem Abkühlen — Ablöschen — folgt als letzte Arbeit das Anlassen oder Ablassen, d. i. vorsichtiges Wiedererwärmen des abgelöschten Stahls, um die bei der Härtung eingetretenen Spannungen aufzulösen oder um etwa eingetretene Sprödigkeit in Zähigkeit umzuwandeln. Das Wiedererwärmen erfolgt bei kleinen Stücken über einem offenen Feuer, auf einem glühenden Stück Eisen, oder in einer Gasflamme. Auch erhitzte Sand- und Bleibäder kommen zuweilen dabei in Anwendung. Man scheuert darauf den angelassenen Gegenstand blank und beobachtet die auf der blank gemachten Fläche nach einander entstehenden Anlauffarben, welche einen Anhalt geben, wie weit die Wiedererwärmung gehen darf und wann ein nochmaliges endliches Ablöschen stattfinden muss. Kann man die zu härtenden Stücke nicht genügend blank scheuern, so bestreicht man sie mit Oel oder Fett und beurtheilt den Hitzeegrad nach der Art des Verdampfens und Verbrennens jener Fettstoffe. Die Anlauffarben sind nach der Reihe, wie sie erscheinen: strohgelb, dunkelgelb, ziegelroth, karmoisinroth, grau-violett, blau²⁾.

Durch das Härten wird das specif. Gewicht des Stahls verringert, sein Rauminhalt dagegen durchschnittlich um 1,5% vergrössert.

4. Clémandot's Verfahren der Stahlhärtung durch Druck (*trempe à compression*)³⁾ hat in neuer Zeit einiges Aufsehen erregt. Der erhitzte Stahl unterliegt dabei während der Abkühlung einem starken Drucke, ausgeübt durch die Berührung mit den Stempeln einer Wasserdruck-Presse oder mit den zwischen den Stempeln und dem Stahlstück eingeschalteten Metallplatten. Der derart abgekühlte Stahl soll viel feinkörniger, härter und fester werden, als der auf gewöhnlichem Wege abgekühlte; er soll die Feinheit des Kornes sogar nach dem Ausglühen noch bewahren. Der wesentliche Unterschied dieser Härtung gegenüber der Härtung durch Eintauchen besteht darin, dass bei ihr weder eine Vergrösserung des Stahl-Volumens noch eine Verringerung des Gewichts stattfindet und dass die Entstehung innerer Spannungen verhütet wird. Weitere Erfahrungen mit dem Clémandot'schen Verfahren werden abzuwarten sein.

¹⁾ Jarolimek. Ueber das Härten des Stahls. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1876, S. 69. — v. Tunner. Ueber das Härten des Stahls, seine Ursachen und Wirkungen. Zeitschr. d. berg- u. hüttenm. Ver. f. Steyermark u. Kärnthen 1879, S. 307. — Akermann. On hardening iron and steel. The Journ. of the Iron and Steel Inst. 1879, II. — Metcalf. Ueber das Härten des Stahls. Dasselbst 1880, S. 103. — Martens. Ueber das Härten des Stahls. Zentralztg. f. Optik u. Mechanik. 1883.

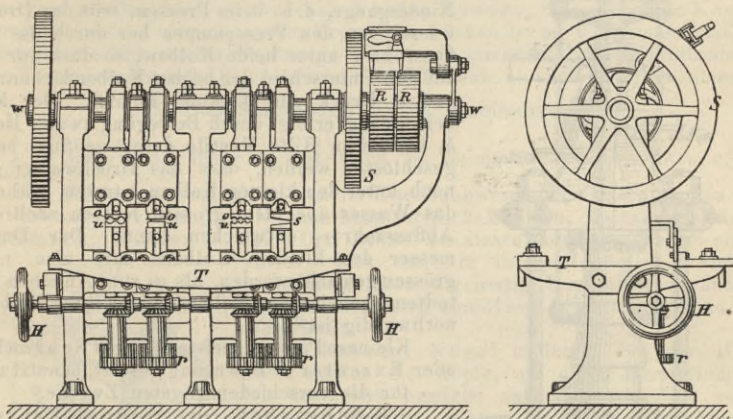
²⁾ Ueber Gussstahl-Behandlung vergl. Reichel. Ueber die Behandlung des Stahls bei der Anfertigung von Bohrern und Fräsern u. dergl. Deutsche Industrie-Zeitg. 1884, S. 95. — Seebohm. Ueber die Darstellung des Tiegel-Gussstahls. Desgl. Stahl u. Eisen 1884, S. 661 u. 708. Ferner Bischoff. Werkzeug-Gussstahl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 780. Endlich Böker. Werkzeug-Gussstahl, seine Herstellung und Verwendung. Dasselbst 1886, S. 33.

³⁾ Comptes rendus 1882, Bd. 94, S. 703 u. 952. — Stahl u. Eisen 1884, S. 557; nach „Le Génie civil“.

c. Maschinelles Schmieden und Pressen im allgemeinen.

1. Die Maschinen-Hämmer haben sich heute wegen ihrer S. 148 angeführten grossen Vorzüge in allen Schmiede-Werkstätten eingebürgert; 1 Maschinen-Hammer pflegt für 3 bis 6 Schmiedefeuer auszureichen; bei der Anwendung bedarf der Schmied keiner Zuschläger, an deren Stelle der Hammerwärter die Zeichen des Schmiedes zu beachten und danach die Schlagstärke usw. zu regeln hat. Nur bei der kleinsten Sorte der Maschinen-Hämmer leitet der Schmied den Gang des Hammers selbst; beim Hantiren mit grösseren Stücken unterstützen ihn mehre Gehilfen mittels Zangen und Haken. Bei ganz schweren Hämmern ist auch die Handhabung des Schmiedestücks nicht mehr ohne maschinelle Mittel möglich. Krabne, gewöhnlich von Dampfkraft bewegt — vergl. Fig. 116, S. 109 — heben und senken den in Ketten hängenden Block und die Handarbeit beschränkt sich auf die Nachhilfe beim Drehen und Wenden mit Hilfe eiserner Stangen und Haken.

Fig. 341, 342. W. Betriebswelle. — R. Riemenscheiben. — S. Schwungrad. — H. Handräder zum Einstellen der Untergesenke. — o. Obergesenke. — u. Untergesenke. — s. Schere. — T. Arbeitstisch. — R. Getriebe für das Stellen der Untergesenke.



Wenn man eine grosse Zahl gleicher und einfach geformter Arbeitsstücke herzustellen hat, so benutzt man zuweilen eine sogen. Schmiede-Maschine, in welcher eine Anzahl von Gesenken oder von sonstigen formgebenden Werkzeugen in einem gemeinschaftlichen Gerüste gelagert und derart geführt wird, dass durch ihre auf einander folgende Benutzung die gewünschte Form vollendet wird. Meistens wählt man dabei zur Aufnahme der Gesenke, anstatt eigentlicher Hämmer, Stempel, welche, wie Fig. 341, 342 veranschaulichen, von einer gemeinschaftlichen Welle aus durch Exzenter auf- und niedergehende Bewegung erhalten¹⁾.

2. Je nachdem die formgebenden Werkzeuge beim Schmieden mehr durch Schlag als durch Druck wirken, kann man die bewirkte formgebende Arbeit Schmieden oder Pressen nennen. Unter Schmiede-Pressen versteht man aus diesem Grunde Maschinen, bei denen dieselbe Arbeit, welche beim gewöhnlichen Schmieden nur durch zahlreiche Hammerschläge, unter entsprechender Wendung und Drehung des Arbeitsstückes, möglich ist, in der Regel mit einem einzigen Hube verrichtet wird und zwar durch starken Druck auf das in unveränderter Lage bleibende Arbeitsstück. Die formgebenden Werkzeuge der Pressen sind Stempel oder Patrze und Matrize. Der Stempel ist das Obergesenk, die Matrize das Untergesenk.

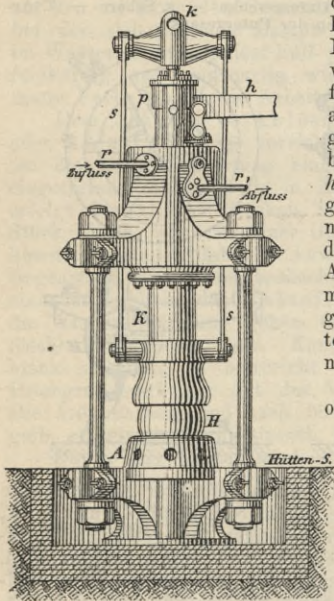
Die Pressen sind in der Neuzeit sehr in Aufnahme gekommen; sie werden

¹⁾ Neuere Schmiede-Maschinen vergl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 451.

durch Wasserdruck, Dampf oder mechanische Mittel bewegt und in den kleinsten und grössten Abmessungen ausgeführt. Eine der vollkommensten und leistungsfähigsten, durch Wasserdruck betriebenen Schmiede-Pressen ist die von Haswell 1861 konstruirte, auch Presshammer genannt¹⁾. Sie ist in verschiedenen österreichischen Eisenwerken, bei Borsig in Berlin, bei Krupp in Essen usw. in Thätigkeit und dient besonders zur Herstellung grosser schwieriger Maschinentheile — als Kurbeln, Kreuzköpfe, Achslager, Zylinder-Kolben, Radnaben nebst Speichen usw. — in wenigen Hieben, unter Aufwendung eines gewaltigen Druckes, der bisweilen bei Anwendung grosser Press-Zylinder bis auf 4000 t gesteigert worden ist.

Fig. 343 stellt eine Haswell'sche Presse in der Ansicht dar. Es sind 2 Press-Zylinder P und p vorhanden, in welchen sich die zugehörigen Presskolben K und k nach der nämlichen Richtung unveränderlich durch die Stangen s, s verbunden, bewegen. Der grosse Press-Zylinder, und mit ihm der kleine

Fig. 343.



sind durch 4 starke Säulen fest mit dem Fundament, auf welchem der Ambos A ruht, verankert. H ist die Patrizie oder Hammerbahn. Beim Niedergange, d. h. beim Pressen, tritt das Druckwasser von den Presspumpen her durch das Zufussrohr r unter beide Kolben, so dass nur der auf den Unterschied der beiden Kolbenflächen ausgeübte Druck zur Wirkung kommt. Der Kolbenaufgang erfolgt durch Bewegung zweier Hebel h , mit deren Hilfe Ventile derart geöffnet bzw. geschlossen werden, dass das Druckwasser nur noch unter den kleinen Kolben k treten, während das Wasser über dem grossen Kolben nach dem Abflussrohr r_1 entweichen kann. Der Durchmesser des kleinen Kolbens darf also nicht grösser gemacht werden, als es zum Anheben der tothen Gewichte der Kolben sammt ihrer Reibung nothwendig ist²⁾.

Kleinere Pressen, meistens durch Schrauben oder Exzenter in Bewegung gesetzt, benutzt man für die verschiedenartigsten Zwecke.

3. Schrauben- oder Spindel-Pressen dienen hauptsächlich zur Herstellung von allerlei Schmiedestücken, welche in grossen Mengen verbraucht werden, als Nägel, Schrauben, Muttern usw.; sie arbeiten entweder mit beweglicher oder mit fester Spindel. Bei der ersten Pressen-Art wird eine 2- oder 3gängige Schrauben-Spindel, die am

untern Ende einen durch Gleitstücke geführten sogen. König mit der Patrizie trägt, mit Hilfe eines am obern Ende befindlichen Schwungrades auf- und nieder bewegt, wobei die Drehung des Schwungrades, abwechselnd nach links und nach rechts, gewöhnlich durch Friktions-Scheiben mittels Hebel-Vorrichtung und Handbewegung erfolgt. In der Spindel-Axe, auf dem Bodenstück des Pressen-Körpers, steht die Matrizie. Bei der zweiten Art von Schrauben-Pressen erfolgt die Drehung der fest gelagerten Spindel ebenfalls durch Friktions-Scheiben. Auf der Spindel bewegt sich eine Mutter, welche mit einem die Matrizie tragenden Ambos durch 2 Zugstangen verbunden ist. Die Patrizie sitzt unter einem, zwischen Mutter und

¹⁾ R. L. Haswell. Fabrikation von Lokomotiv-Bestandtheilen durch Pressen, System Haswell. Zeitschr. d. österr. Ingen. u. Archit.-Ver. 1872, S. 329. — Derselbe. Ueber das Pressschmieden im allgem. u. die Erzeugung von Lokomotiv-Rädern und Kurbeln insbesondere. Techn. Blätter 1873, S. 3.

²⁾ Ueber eine ähnliche neuere Presse von 4000 t nutzbarem Druck vergl. *Engineering* v. 23. April 1886 und *Stahl und Eisen*, 1886, S. 460. — Vergl. auch Fischer. Ueber Schmiedepressen. Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 253.

Ambos befindlichen Querstück des Pressenkörpers. Näheres über das Arbeiten mit den Spindel-Pressen vergl. weiterhin.

4. Die Exzenter-Pressen gestatten nur einen geringen Hub und werden vorzugsweise zum Lochen oder Ausstanzen und Schneiden von Platten und Formeisen, sowie zum Kalt-Richten und Kalt-Biegen von Formeisen benutzt, und haben eine ähnliche Einrichtung wie die Scheren. Als Werkzeuge zum Lochen dienen Stempel und Lochring, zum Schneiden ein Scherblatt am beweglichen Schlitten und ein gleiches am Gestell.

Die Werkzeuge zum Richten und Biegen sind einfache gusseiserne Stützen oder Unterlagen. Zwei derselben sind in einiger Entfernung von einander am Gestell gelagert und eine dritte, welche seitlich verstellbar ist, damit jede beliebige Durchbiegung erzielt werden kann, ist über diesen beiden, am Schlitten befestigt. Zum Richten von Blechtafeln werden starke gusseiserne Platten benutzt.

5. Die endliche rohe Form erhalten die meisten Schmiede- und Pressstücke erst durch das nachträgliche Abgraten, d. i. die Entfernung des sogen. Grates. Unter „Grat“ versteht man alle ausserhalb der genauen Form des Stückes liegenden, demselben anhaftenden Eisentheile, als Nähte, Ränder, überscharfe Kanten oder dergl., welche entweder in den Fugen oder Lücken der nie vollkommen auf oder in einander schliessenden Werkzeuge oder durch unvermeidliche und unbeabsichtigte Formveränderungen beim Lochen, Schneiden usw. an andern Stellen entstehen.

d. Das Schmieden von Kleiseisenzeug.

Litteratur.

J. H. Mehrrens. Ueber die Fabrikation des sogen. Kleiseisenzeugs. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1883, S. 2 u. 25.

Zum Kleiseisenzeug, ob es nun im Eisenbahnwesen oder Maschinenbau usw. zur Verwendung kommt, rechnet man hauptsächlich Bolzen, Muttern, Nägel, Klammern, Nieten u. dgl. Der Bedarf an diesen Gegenständen ist ein so grosser, dass die Art ihrer Herstellung vielfach in Sonderfabriken eigenartig ausgebildet worden ist. Unterschieden seien hier Handarbeit und Maschinenarbeit.

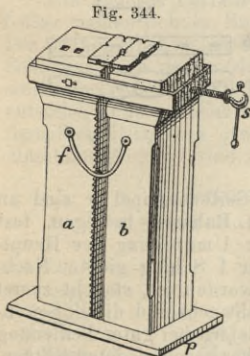


Fig. 345, 346.



1. Bolzen, Nägel u. dergl. Bei der Handarbeit werden die Köpfe, um deren Herstellung es sich besonders handelt, entweder aus dem vollen Eisen geschmiedet, aufgeschweisst oder angestaucht. Das Stauchen ist das gebräuchlichste und bei nicht zu grossen Köpfen auch das beste Verfahren. Es erfolgt in sogen. Stauchböcken, Fig. 344. Der Ständer *a* bildet mit der Grundplatte *p* ein Stück. Der Ständer *b* ruht in einem Kugellager; er kann mit Hilfe des eingelegten Ringes und der Schraubenspindel *s* gegen *a* gepresst werden und bewegt sich beim Losdrehen der Spindel, in Folge der Wirkung der Federn *f*, selbstthätig zurück. *m* ist die Matrize für die Kopfbildung. Vor Beginn des Stauchens wird in den Zahnring des Ständers *a* ein Eisenstück geklemmt, welches die Bolzenlänge begrenzen und gleichzeitig als Stauchunterlage dienen soll. Ein Arbeiter kann täglich etwa 300 Stück 20 mm starke Bolzen fertigen.

Die Köpfe von Schienennägeln werden in Deutschland vielfach in derselben Weise wie vor hergestellt. Sie erfordern eine besonders sorgfältige Stauchung, damit die Fasern im Längenschnitt eines Nagels der Richtung des gestauchten Kopfes möglichst gleichmässig folgen. Durch gerades Herunterstauchen und nachheriges Herübersetzen des Kopfes würde eine schlechte Fasernlage, wie sie Fig. 345 zeigt, entstehen, während bei sachgemässer Arbeit, die aber grosse Gewandtheit erfordert, das Eisen anfangs erst leicht gekröpft und darauf

immer nach einer Seite hin gestaucht wird, so dass die Fasern, wie in Fig. 346 dargestellt, zu liegen kommen. Zwei tüchtige Arbeiter können täglich etwa 1200 Stück Schienennägel mit Köpfen versehen. Das Spitzten der Nägel geschieht meistens auch durch Handarbeit, selten, wie bei Draht, durch Walzwerke.

Das Aufschweissen der Bolzenköpfe derart, dass man einen um das Bolzenende gewickelten Flacheisen-Ring mit dem Bolzen zusammenschweisst und in Gesenken entsprechend formt, ist nicht empfehlenswerth, weil Schweissstellen zweifelhafte Sicherheit in Bezug auf ihre Festigkeit bieten. Mit Recht werden daher in den meisten Lieferungs-Bedingungen angestauchte, nicht aufgeschweisste Köpfe verlangt.

Das Ausstrecken der Bolzenschäfte aus einer stärkern Stange behufs Herstellung ungewöhnlicher Kopfformen erfolgt unter Zuhilfenahme von Gesenken und des Stauchbockes, auch in Schmiede-Maschinen. Bolzenschmiedemaschinen sind zuerst in Amerika eingeführt worden.

Sie arbeiten mit 2 bis 5 Stempeln oder Hämmern. Bei der 2stempligen Maschine schiebt der Arbeiter die Eisenstange, an welche der Kopf geschmiedet werden soll, vor den Stauchhammer, und während dieser und gleichzeitig der Seitenhammer vorgehen, wendet er bei jedem Hube der Maschine die Stange. Zur Fertigstellung gewöhnlicher guter Köpfe genügen 4 Hube, bezw. Wendungen; für Erzielung sehr brauchbarer Köpfe sind mehr erforderlich. Ein geschickter Arbeiter fertigt täglich etwa 1500 Stück 20 mm starke Bolzen mit 6 eckigen Köpfen.

Bei den Schmiede-Maschinen mit 5 Stempeln, Fig. 347, 348, wird das auf passende Länge geschnittene Eisen fest in eine 2theilige Matrice *m* geklemmt, der Kopf durch den Stauchstempel *s* vorgestaucht und durch abwechselnd

Fig. 347, 348.

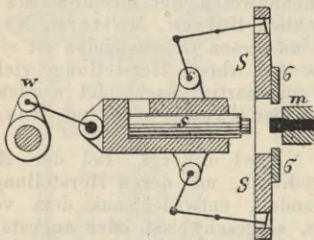
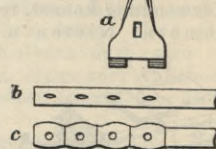


Fig. 349.



arbeitende Seitenstempel fertig geschmiedet. Die 4 Seitenstempel σ sind an 4 Schlitten *S*, welche sich in einem kreuzförmigen Rahmen bewegen, fest geschraubt und genau stellbar; sie führen bei jeder Umdrehung der Hauptwelle *w* 2 Schläge aus, während der Kopfstempel nur 1 Schlag giebt. Nachdem die Matrice mit dem Eisenstücke vorgeschoben worden ist, staucht zuerst der Kopfstempel dasselbe an, und es drücken dann abwechselnd die 4 Seitenhämmer die Seitenflächen zusammen. Die Maschinen liefern bei guter Bedienung täglich etwa 3000 Stück Bolzen von 20 mm Stärke mit sauber geschmiedeten Köpfen.

2. Muttern. 4eckige und 6eckige Muttern werden gewöhnlich durch Lochen eines Flacheisenstückes und Nachschmieden desselben über einen Dorn hergestellt. Für kleinere 6eckige Muttern wird passendes Flacheisen hochkantig auf einem Abschrot eingekerbt, so dass schon annähernd eine 6eckige Form entsteht, und dann in einzelne Stücke geschrotet. Die abgeschroteten Stücke werden mit einem Handdorn gelocht und in passenden Stirn- und Flächen-Gesenken in derselben Hitze fertig geschmiedet.

Für grössere Muttern werden die erhitzten Flachstäbe durch Schlitzmeissel, Fig. 349a, aufgehauen. Mit dem ersten Schläge werden 2 Schlitz geahnen und dann wird jedesmal die erste Meisselschneide in den letzt geahnenen Schlitz gesetzt u. s. f., Fig. 349 b. Die Schlitz werden dann mit einem Dornhammer geweitet, Fig. 349 c, und die einzelnen Mutterstücke derart vorgeschrotet, (s. Fig.), dass man sie, nachdem der noch rothglühende Stab im Wasser gelöscht worden ist, einzeln kalt abschlagen kann. Die wieder angewärmten

Stücke werden endlich über Dornen in Gesenken fertig geschmiedet. Das letztbeschriebene Verfahren ist in Westfalen allgemein üblich; es setzt die Anwendung von gutem Eisen voraus, da schlechtes Eisen dabei leicht rissig wird.

Geschweisste Muttern aus einem stumpf zusammen gebogenen Flacheisen-Ringe erzeugt, sollten für wichtige Tragwerktheile nicht zur Anwendung kommen. Muttern für mehr als 32 mm starke Bolzen werden am besten unter Maschinen-Hämmern geschmiedet. In England und Amerika fertigt man grössere Muttern auch mit kleinen Zwilling-Dampfhämmern von 75—200 kg Bärge wicht, bei denen an Stelle der Hammerblöcke Stauchblöcke eingesetzt sind, und der Arbeiter auf einer schwebenden Bank sitzt, während ihm fortwährend die glühenden Eisenstücke zugereicht werden. Die Steuerung regelt der Schmied dabei mit dem Fusse, wie denn überhaupt der Amerikaner, wo es irgend angeht, seine Maschine mit dem Fusse steuert, um beide Hände zur Arbeit frei zu haben. Beim Schmieden unter mechanischen Hämmern wendet man das Schweissverfahren, welches von demjenigen der Handschmiederei nicht abweicht oder das Lochverfahren an. Bei letzterem wird entweder die einzelne Mutter aus einem Flachstabe, ähnlich wie bei der Handschmiederei hergestellt, oder — und dies ist das bessere Verfahren — von einem 6eckigen Stabe, den man zweckmässig aus einer guten Schrottluppe 6eckig vorschmiedet, mit der Kreissäge abgeschnitten oder auch abgeschrotet. Die Stücke werden in den Ofen oder das Schmiedefeuer und von dort aus zum Lochen und Fertigschmieden unter den Hammer gebracht. Dabei soll nicht, wie es oft geschieht, die Mutter auf einen Lochring gelegt und ein Stück fast so hoch, wie die ganze Mutter, herausgetrieben werden, sondern man soll, damit kein Material unnütz verloren geht und die fertige Mutter möglichst dicht und fest wird, dieselbe auf den glatten Ambos legen, mit einigen kräftigen Schlägen den Lochdorn so tief wie möglich hinein treiben, darauf die Mutter umkehren und endlich die im Loche noch verbleibende dünne Scheibe ausdornen.

Ein anderes Verfahren zur Herstellung von geschmiedeten Muttern, welches früher namentlich in England vielfach ausgeübt wurde, ist das von Marsden. Die glühenden Flachstäbe werden auf einer Maschine mit 2 wagrecht laufenden Schlitten, von denen der eine mit Einkerbe-Werkzeug, der andere mit Lochwerkzeug versehen ist, zuerst eingekerbt, so dass eine annähernd 6eckige Form entsteht, dann gelocht und geschnitten. Die abgeschnittenen Stücke werden in derselben Hitze von etwa 6 Schmieden, deren Ambose im Halbkreise um die Maschine gruppirt sind, in passenden Gesenken über Dornen fertig geschmiedet.

e. Anfertigung von Kleineisenzeug durch Pressen.

1. Niete und Bolzen oder dergl. werden in Sonder-Fabriken¹⁾ in der

Fig. 350.

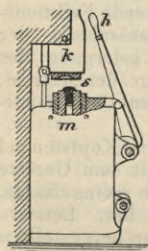
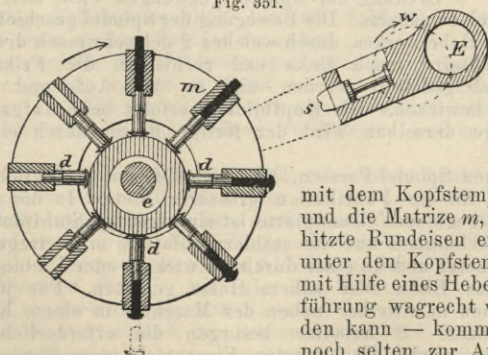


Fig. 351.



Regel auf Exzenter- oder auf Spindel-Pressen angefertigt. Hebelpressen — bei denen, wie in Fig. 350, gewöhnlich der Presskönig *k*

mit dem Kopfstempel *s* senkrecht, und die Matrice *m*, die, um das erhitzte Rundeisen einzustecken und unter den Kopfstempel zu bringen, mit Hilfe eines Hebels *h* in Schlittenführung wagrecht verschoben werden kann — kommen zur Zeit nur noch selten zur Anwendung. Die

Exzenter-Pressen werden meistens mit der von de Bergue erfundenen

¹⁾ Sonder-Fabriken sind: A. Flender, Düsseldorf; E. v. Gahlen, Gerresheim; Otto Asbeck, Hagen; Graeve & Kaiser, Plettenberg; Façon-Schmiede- und Schrauben-Fabrik, Aktien-Gesellschaft in Berlin.

Matrizen-Drehtrommel, Fig. 351, ausgerüstet, auf deren Umfang in gleichen Abständen 8 Matrizen m eingepasst sind. Bei jeder Umdrehung der Betriebswelle w wird eine Matrice unter den Kopfstempel s , der durch das Exzenter E bewegt wird, gebracht, und die fertigen Niete oder Bolzen werden durch ein im Innern der Scheibe angebrachtes Exzenter e , auf welchem die Dorne d ruhen, mit Hilfe der letztern ausgestossen. An der Maschine befindet sich auch eine Schere, auf welcher von der im Glühofen an einem Ende erhitzten Rundeisen-Stange, unter Benutzung einer Stellvorrichtung zum Begrenzen der Schaftlänge, passende Stücke abgeschnitten werden,

Bei der von Quirin¹⁾ verbesserten de Bergue'schen Nietenpresse arbeiten 2 Stempel, von denen der eine den Bolzen erst etwas vorstaucht, ehe der zweite den Kopf vollendet. Dadurch sollen unzentrisch zum Schaft sitzende Köpfe, wie sie bei der ältern Presse häufig entstehen, vermieden werden. Die mit wagrecht sich drehenden Matrizenscheiben versehenen Nietpressen von Collier, Galloway und Taylor, in welchen die fertigen Niete durch eine unter der Scheibe befindliche Hebelvorrichtung ausgestossen werden, arbeiten ähnlich wie die von de Bergue.

2. Obwohl die beschriebenen Exzenter-Pressen sehr leistungsfähig sind — sie liefern täglich etwa 1,5—2 t, während auf Spindel-Pressen täglich nur etwa

Fig. 352.

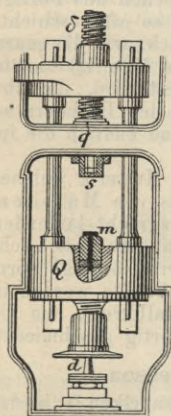
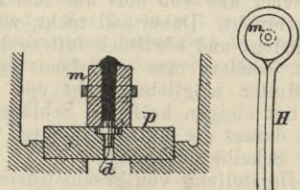


Fig. 353, 354



0,5—1 t erzeugt werden — so können doch Niete oder Bolzen mit ganz gleichmässiger Schaftstärke, genau vorgeschriebener Länge, saubern und dichten, zentral sitzenden Köpfen, mit scharf ausgeprägten Rändern nur auf Spindel-Pressen hergestellt werden.

Von den beiden schon S. 200 beschriebenen Sorten von Spindel-Pressen ist die vom Franzosen Vincent erfundene, dem Engländer Simon²⁾ patentirte Presse mit fest gelagerter Spindel, Fig. 352, am beliebtesten. Der Kopfstempel s sitzt fest am Querstück q des Pressen-Gestells, in welchem sich auch das Fusslager für die Spindel σ befindet. In dem zwischen Führungen des Gestells beweglichen, ausserdem durch Zugstangen mit der Spindelmutter M verbundenen Querstücke Q ist die Matrice m eingesetzt, so dass das Arbeitsstück bei einer Drehung der Spindel gezwungen wird, sich mit der Matrice dem Kopfstempel zu nähern. Die Bewegung der Spindel geschieht mit Hilfe eines sehr sinnreichen Hebelwerkes, durch welches 2 sich sehr rasch drehende Friktions-scheiben abwechselnd nach links und rechts an die Friktionsscheibe der Schraubenspindel gedrückt werden und so den Auf- und Niedergang des Matrizenhalters bewirken. Die Kopfbildung erfolgt beim Aufgange der Matrice; beim Rückgange derselben wird der fertige Bolzen durch einen Dorn d ausgestossen.

Die einfachen Spindel-Pressen, Fig. 353, 354, mit beweglichem Kopfstempel dienen vielfach für die Fabrikation grösserer Niete. In die mit dem Gerüste in einem Stück gegossene Grundplatte ist eine kräftige Stahlplatte p eingelassen, welche den Stauchdorn d und die stählerne Matrice m zu tragen hat. Letztere wird lose aufgesetzt und an einer durch Umwickeln oder Umbiegen hergestellten Handhabe H aus Eisen oder zähem Holze gehalten. Für jede zu pressende Nietform stehen unmittelbar neben der Maschine in einem Kühlgefässe 3 bis 4 solcher Matrizen. 3 Arbeiter besorgen die erforderlichen Hantirungen. Der Ofenarbeiter reicht die erhitzten Eisenstücke dem Presser; dieser steckt

¹⁾ D. R. P. Nr. 7884.

²⁾ D. R. P. Nr. 1084.

das Stück in die ihm vom 3. Arbeiter gereichte Matrize, setzt sie auf den Dorn und bewirkt mit dem Fusse das Herunterschnellen der Spindel sammt Kopfmatrize und dadurch das Pressen. Der gepresste Niet wird von dem 3. Arbeiter mit der Matrize auf eine Platte gelegt, und während der geschilderte Vorgang behufs Pressen eines zweiten Nietes sich wiederholt, hat der Arbeiter Zeit genug, um den zuerst gepressten Niet aus der Matrize zu stossen, und diese wieder in das Kühlgefäss zu stellen. Es können auf diese Weise täglich 3500 Niete hergestellt werden, während die Vincent-Maschine, durch 2 Arbeiter bedient, bedeutend mehr — bis 5000 Stück — liefert.

Aber trotz der geringeren Leistungsfähigkeit ist die zuletzt beschriebene Pressenart mit beweglichem Kopfstempel für die Nieten-Fabrikation mehr zu empfehlen als die Vincent-Pressen, weil sie billig arbeitet und ausserdem die Niete eine gleichmässige Schaftstärke und — was für Handelsware von Wichtigkeit ist — eine bedeutend schönere Farbe erhalten als die auf Vincent-Pressen hergestellten. Es liegt dies darin, dass stets 4 Matrizen — und zwar trockene — in Benutzung sind, während unbewegliche Matrizen fortwährend durch einen scharfen Wasserstrahl gekühlt werden müssen, was häufig ein Abblättern des Glühspans und nachheriges Rosten der Niete zur Folge hat.

Da bei den Spindel-Pressen die grösste Kraftäusserung am Ende eines Hubes stattfindet, so ist es leicht erklärlich, dass auf ihnen grössere Köpfe mit dichteren Rändern gepresst werden können, als auf den Exzenter-Pressen, deren Exzenter am Ende des Hubes auf dem todten Punkte steht. Man muss aber berücksichtigen, dass auf den Spindel-Pressen selbst aus mittelmässigem Eisen schon saubere Köpfe hergestellt werden können, was auf Exzenter-Pressen nicht leicht möglich ist. Deshalb ist es im allgemeinen nur bei den auf Exzenter-

Fig. 355.



Fig. 356.



Fig. 357.



Pressen angefertigten Nieten möglich, aus der Sauberkeit der Köpfe auf die Güte des Eisens einen sichern Schluss zu ziehen.

Ungewöhnlich grosse Köpfe können in einem Hube auf Exzenter-Pressen nur schwierig hergestellt werden, während dies bei Spindel-Pressen leichter und besser ausführbar ist. Die grössten Köpfe von Schwellen-Schrauben sind aber selbst auf den stärksten Spindel-Pressen vollkommen nur in zwei Hübem zu pressen.

Fig. 355 zeigt die Faserung eines Schwellen-Schraubenkopfes, welcher in einer Hitze gepresst worden ist. Man sieht aus der Lage der Fasern, dass ein Knicken des Eisens stattgefunden hat, da namentlich in der Nähe der Wurzel des Schlüsselquadrates die gute Verbindung mit dem übrigen Theile des Kopfes nicht erzielt ist. Dagegen zeigt die Abbildung der Faserung des Kopfes, Fig. 356, welcher erst in der Art, wie Fig. 357 zeigt, vorgepresst wurde, eine vollständige regelrechte Lage der Fasern.

3. Während in Deutschland die Schienennägel und andre grosse Nägel, wie Werft- und Bollwerksnägel usw., meistens durch Handarbeit, nöthigenfalls unter Zuhilfenahme mechanischer Hämmer, hergestellt werden, gebraucht man in Amerika besondere Nägelpressen, welche auch zur Anfertigung von Nieten benutzt werden können. Auf solchen Pressen wird etwa zu gleicher

Zeit der Nagel abgeschnitten, das behufs Kopfbildung aus der Matrize vorstehende Ende, um es gut stauchen zu können, durch einen hervor schneidenden Stift etwas gekröpft (S. 201) und dann gestaucht. Der fertige Nagel gelangt aus der Matrize auf eine Hebevorrichtung, welche ihn, falls eine besondere Spitze verlangt wird, zur Spitzmaschine bringt. Nägel mit gewöhnlichen Spitzen werden gleich in der Presse fertig. Eine mit der Nagelpresse verbundene Walzvorrichtung zur Herstellung besonders geformter Spitzen, wie sie in Amerika gebraucht werden, ist in Fig. 358 dargestellt. Das vor seiner Berührung mit den Walzen auf einer besonderen Maschine geschnittene Eisenstück gelangt, nachdem es in den unterbrochenen Kalibern der beiden Scheiben w gespitzt worden ist, in die Matrize m , deren beweglicher Theil m_1 den Nagel gegen den festen Theil m_2 presst, während gleichzeitig der Stift s die Kröpfung und der Kopfstempel k die Stauchung vollführt. Die Faserung eines dergestalt angefertigten Nagels ist schon in Fig. 346 veranschaulicht.

4. Das Pressen von Muttern aus Flachstäben körnigen Eisens kann auf kaltem oder auf warmem Wege erfolgen. In Deutschland gebraucht man nur warm gepresste Muttern, während in Amerika, namentlich durch die Bestrebungen der Firma Hoopes & Townsend in Philadelphia¹⁾, in neuester Zeit auch in Oesterreich, die kalt gepressten Muttern stark in Aufnahme kommen. Ihre Herstellung erfolgt gewöhnlich in 3 Exzenter-Pressen. Auf der ersten werden die Stäbe gelocht, auf der zweiten die Sechse- oder Vierkante aus-

Fig. 358.

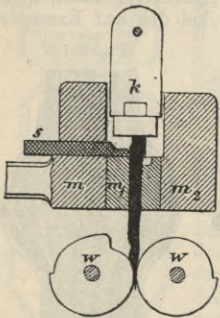


Fig. 359.

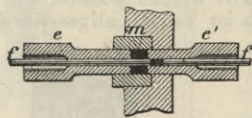


Fig. 360.



gestossen und auf der dritten die Abfasungen angepresst. Diese Muttern sind nach den Ergebnissen ausführlicher Versuche des Professors Thurston²⁾ im allgemeinen bedeutend fester, reißen nicht so leicht beim Geschwindeschneiden und verschleissen viel weniger, als die warm gepressten.

Ausserdem beruht ein Vorzug derselben darin, dass sie die scharfen Kanten des Gewinde-Bohrers nicht angreifen, weil in dem kalt gestanzten Mutterloche keine so harte Kruste verbleibt, wie in dem bei den warm gepressten.

Bei der gewöhnlichen Herstellungsweise auf warmem Wege werden mit Hilfe eines 6kantigen durchlochten Stempels e , Fig. 359, die Hexagone, aus dem sich vorschiebenden Flacheisenstabe gestanzt, während gleichzeitig ein Lochstempel f — zündnadelartig vor- und zurück schnellend — die Lochung vollführt. Der Stempel a' und der Dorn f' dienen zum Vorhalten und zum Ausstossen der fertigen Hexagone, Fig. 360. Hierbei verbleiben die prismatischen Körper a und die Kerne b des Stabes (im ganzen etwa 50 % des Materials) als Rückstände. Um diesen starken Abfall an Eisen zu vermindern, sind in neuerer Zeit vielfach besondere Mutterpressen eingeführt worden, deren Einrichtung im wesentlichen darauf hinaus läuft, durch entsprechendes Formen vor dem Stanzen den späteren Abfall zu verringern. Man unterscheidet danach heute 2 Hauptgruppen von Mutterpressen: 1) solche, die mit vollem Loch- und Eckenabfall und 2) solche, die mit geringem Abfall arbeiten.

Eine weit verbreitete Maschine der ersten Gattung ist die Mutterpresse von Collier³⁾, Fig. 361. Beim Stande 1 der Presse wird der glühende Eisenstab c von der herunter kommenden Matrize b gegen den fest stehenden Stempel d

¹⁾ D. R. P. Nr. 1721. Maschine zur Herstellung von Muttern aus Stabeisen auf kaltem Wege.

²⁾ Results of a series of tests of cold punched and hot pressed nuts at the mechanical laboratory of the Stevens Institute of Technology; Hoboken. A Report by Prof. R. H. Thurston, Direktor.

³⁾ D. R. P. Nr. 1721. — Collier's Nietenpresse; vergl. Maschinenbauer. 1878. S. 53.

gedrückt und abgeschnitten; beim Stande 2 ist der Stempel *e* zurückgegangen, während der Dorn *f* herunter fährt, um die in der Matrize eingeschlossene Mutter zu lochen. Stellung 3 zeigt die fertig gepresste Mutter. Matrize und Dorn gehen darauf zurück und der Stempel *c* schiebt die fertige Mutter aus der Matrize, wobei sie auf den festen Stempel *d* fällt, von wo sie endlich durch einen hervor schnellenden Arm fortgestossen wird.

Aus der zweiten Gruppe von Mutterpressen ist die älteste, diejenige von Taylor, Fig. 362, 363 zuerst besonders hervor zu heben. Um den Eckenabfall zu vermeiden und um die Fasern des Eisens annähernd konzentrisch zum Lochquerschnitte zu lagern, wendet Taylor ein Kehrwalzwerk mit periodischen Kalibern an, Fig. 362. Der glühende Stab wird durch die glatten Theile der Walzenballen bis an einen Anschlag geschoben und die kalibrierten Walztheile bewegen den Stab zurück, und versehen ihn dabei mit Ein-

Fig. 361.

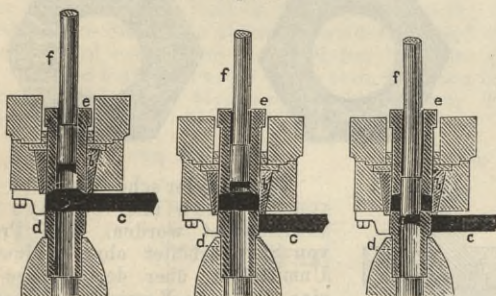


Fig. 362.

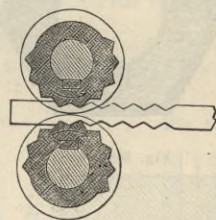
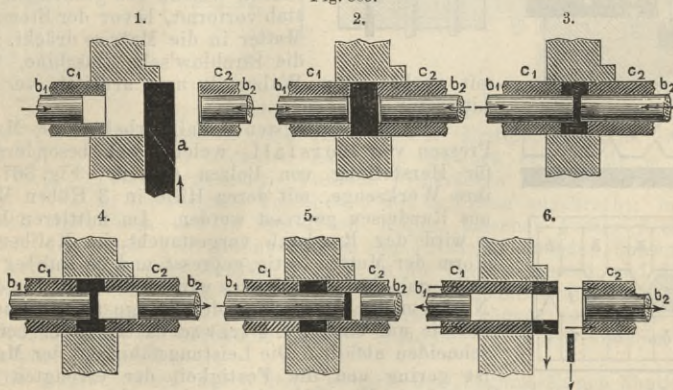


Fig. 363.



kerbungen. Nachdem der eingekerbte Theil der Stange sofort gegen den Anschlag der fest stehenden Matrize der Mutterpresse geschoben worden ist, erfolgt das Abstechen der vorgewalzten Mutttern von der Stange und das Pressen, wie aus Fig. 363 ersichtlich ist. In Stellung 1 sind beide Stempel *c*₁ und *c*₂ und beide Lochdorne *b*₁ und *b*₂ zurück gezogen; der eingekerbte Stab *a* ist vor die Matrize *m* geschoben. 2: Der Stempel *c*₂ hat die Mutter abgestochen und in die Matrize gedrückt; beide Lochdorne sind gleich weit von der Mutter entfernt. 3: beide Lochdorne gehen gleichmässig vor und beginnen zu lochen, indem sie das ihr Fortschreiten hemmende Eisen verdrängen, in den Mutterkörper pressen, und zwar so stark, dass nur eine dünne 2—3 mm starke Wand in der Mitte der Mutter verbleibt. 4: Dorn *b*₂ geht zurück. 5: Dorn *b*₁ geht vor und treibt die Scheidewand in den Stempel *c*₂. 6: beide Lochdorne und

Stempel sind zurück gegangen, der Putzen *p* ist heraus gefallen und Stempel *c*₁ stösst die fertige Mutter aus der Matrize heraus.

Beim Pressen einer Mutter für z. B. 26 mm starke Bolzen ist der ausgestossene Putzen etwa 3 mm hoch, es wird also ein Stück von etwa 21,5 mm Durchm. und fast 23 mm Höhe in den Mutterkörper gedrängt, da dieser nach dem Abstechen die Matrize voll ausfüllt und während des Lochens die beiden Stempel fast jedes Ausweichen der Mutter nach links oder rechts verhindern. Die auf solche Weise hergestellten Mütter erhalten daher eine besonders grosse Dichte und Festigkeit, wie sie durch Handarbeit bei weitem nicht erzielt werden kann.

Fig. 366 stellt die Faserung der Bodenfläche einer solchen Mutter dar.

Fig. 364.

Fig. 365.

Fig. 366.

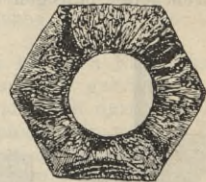
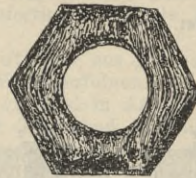
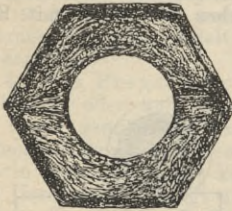
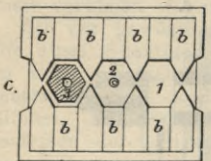
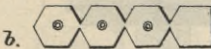
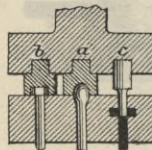
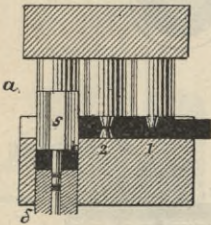


Fig. 368.

Fig. 367.



Die Taylor'sche Maschine ist von Streblov und von Sayn vervollkommen worden. Die Presse von Sayn arbeitet ohne Walzwerk. Unmittelbar über der Matrize ist eine Einkerbe-Vorrichtung¹⁾ angebracht, welche den glühenden Eisenstab vorformt, bevor der Stempel die Mutter in die Matrize drückt. Ueber die Streblov'sche Maschine, welche mit verbessertem Walzwerk usw. arbeitet, vergl. die Litteratur-Angaben²⁾.

Mit dem geringsten Abfall arbeiten die Muttern-Pressen von Horsfall, welche sich besonders auch für Herstellung von Bolzen eignen. Fig. 367 zeigt ihre Werkzeuge, mit deren Hilfe in 3 Hüben Muttern aus Rundeisen gepresst werden. Im mittleren Kaliber *a* wird der Rundstab vorgestaucht, im Kaliber *b* die Form der Mutter fertig gepresst und im Kaliber *c* dieselbe gelocht. Der Putzen wird in die Stange gedrängt. Nachdem die Mutter von der Stange abgebrochen ist, hat sie nur einen ganz schwachen Grat, der beim Anschneiden abfällt. Die Leistungsfähigkeit der Maschine ist gering und die Festigkeit der erzeugten Waare

wegen der ungünstigen Fasernlage, Fig. 364, nicht bedeutend.

Eine ganz besondere Einrichtung zeigt die Muttern-Pressen von Leblanc. Matrize und Einkerbe-Werkzeuge werden durch die stark steigende, kräftige, mittels Friktionsscheiben bewegte Spindel gegen die fest stehenden Stempel und Lochdorne geschneilt; die Umsteuerung wird durch den Fuss des Arbeiters bewirkt. Fig. 368a zeigt die Werkzeuge im Schnitt, Fig. 368c im Grundriss, Fig. 368b einen eingekerbten Stab. Der glühende Eisenstab wird anfangs in das Kaliber 1 geschoben, durch die Backen *b*, welche mit Hilfe von Hebeln bewegt werden, eingekernt und an der oberen Fläche vorgelocht. Das so vorbereitete Stück gelangt nun in das Kaliber 2, wo es, während in 1 wieder die

¹⁾ D. R.-P. Nr. 18403.

²⁾ J. H. Mehrrens. Die Muttern-Pressmaschine von Streblov. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884, Nr. 161.

vorbeschriebene Arbeit stattfindet, von der untern Seite vorgelocht wird. Aus dem Kaliber 2 gelangt das eingekerbte, vorgelochte Stück in das Kaliber 3, wo es durch den 6eckigen Stempel *s* mit angesetztem Dorn gelocht und in die Matrize gegen den Stempel σ gedrückt wird, welcher die fertige Mutter ausstösst.

Es wird also hier jedes mal, wenn ein frischer Stab zur Verarbeitung kommt, erst beim dritten Vorschub, und im weitem Verlaufe der Arbeit mit jedem Hub eine Mutter fertig. Die Faserung derselben zeigt Fig. 365.

Endlich bleibt noch die Maschine von Krauss zu erwähnen, welche mit vollem Lochabfall, aber ohne Eckenabfall arbeitet und wohl die einfachste aller Muttern-Pressen ist. Ein Krummzapfen der Welle treibt das Einkerbe-Werkzeug, welches Fig. 369 b in der Vorderansicht zeigt. Ein zweiter Krummzapfen und ein zweites Exzenter setzen die Loch-Vorrichtung, in Fig. 369 a im Durchschnitt dargestellt, in Bewegung. Die durch Einkerben vorbereitete Stange wird sofort unter den Pressstempel *s* gebracht, welcher die Mutter von der Stange absticht und in die Matrize drückt. Darauf locht der Dorn *d* die Mutter, der Stempel σ stösst sie wieder aus und durch den hervor schnellenden Arm *e* wird endlich die fertige Mutter bei Seite geworfen.

5. Die Vollendungs-Arbeiten bestehen in Entfernung des beim Pressen zurück gebliebenen Grates, Anarbeiten von Fasen oder Facetten und Gewindeschneiden.

Fig. 369.

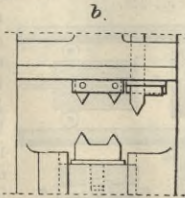
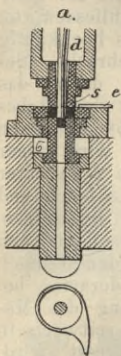


Fig. 370.

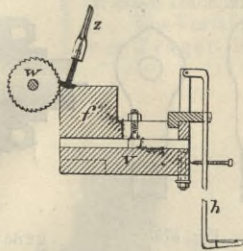
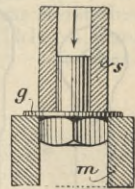


Fig. 371.



Zum Abgraten der Bolzenköpfe usw. bedient man sich der Fraismaschine oder der Pressen. Erstere, Fig. 370, tragen auf einfachen Gestellen Lager, in welchen eine Welle *w* mit den Fraisträdern läuft. Vor den Fraisträdern sind durch Fusshebel *h* zu bewegende Vorlagen *v* mit Schlitten angebracht, in welche,

je nach der Form der zu fraisenden Köpfe, passende Futter *f* eingesetzt werden. Die noch gelb glühenden, aus der Presse kommenden Bolzen werden vom Arbeiter mit einer Zange *z* gefasst, in die Vorlage gesetzt, und diese wird mit dem Fusse leicht gegen die sich sehr rasch drehende Fraisscheibe gedrückt. Bei richtig gebauten Maschinen und Fraisträdern können vorsichtige Arbeiter den Bolzenköpfen ein bedeutend besseres Aussehen verleihen, als dies kalt auf Abgratpressen erzielbar ist.

Die Abgratpressen sehen den gewöhnlichen Lochmaschinen ähnlich. Der auf und nieder gehende Stempel *s*, Fig. 371, zur Aufnahme des Bolzenschaftes ist hohl, die Matrize *m* entsprechend der Form des Bolzenkopfes ausgearbeitet. Wenn beim Stempelaufgange der Schaft des Bolzens in den hohlen Stempel, der Kopf in die Matrize gesteckt ist, so schert der Stempel beim Heruntergange den Grat *g* ab und der Bolzen fällt durch die Matrize. Dieses Abgraten der Bolzenköpfe ist eine kostspielige Arbeit, weil viel Werkzeug dazu gebraucht wird. Sind die Werkzeuge ausserdem nicht stets scharf und genau gearbeitet, so erhalten die Köpfe am Rande der Sitzfläche einen überhängenden Grat, der wieder durch Feilen oder Fraisen entfernt werden muss.

Zum Abgraten und Facettiren von Muttern benutzt man gewöhnlich Maschinen, welche den Bohrmaschinen ähnlich sind. Ihre Spindel trägt einen Fraiskopf mit 2 oder 4 Messern und ist entweder fest stehend oder beweglich. Im erstern Falle wird die zu fraisende Mutter in einem Futter gegen

den Fraiskopf geführt, im letztern Falle umgekehrt. Ausführlicheres über Fraisen, über Gewindeschneiden und weitere blanke Bearbeitung von Pressstücken s. unter E.

f. Weitere Beispiele von Schmiede- und Pressarbeiten: Ketteneisen, Wellbleche, schmiedeiserne Röhren und Räder, Radreifen.

1. Die Augen oder Oesen der Zugstangen und Ketteneisen, Fig. 372, stellt man in Deutschland, wo durch Wasserdruck betriebene Schmiede-Maschinen selten sind, falls man nicht das S. 82 beschriebene Walzverfahren zu Hilfe nimmt, durch unmittelbares Schmieden aus einem stärkern Stücke oder, bei kleinen Abmessungen, in der Art her, dass man Flacheisen von passender Stärke an den Enden aufspaltet und letztere über einen Dorn zusammen schweisst; ein besseres Verfahren ist das Anstauchen der Oesen. Die Verwendung geschweisster Kettenglieder ist von jeher möglichst vermieden worden. Schon Telford gebrauchte bei Erbauung der Menai-Hängebrücke (1818—1826) aufgestauchte Kettenglieder.

In Amerika staucht man die Oesen aus einem Flacheisenstabe von passender Stärke und erfahrungsmässig zu bestimmender Länge, eine Arbeit, welche dort in flachen Halbgesenken in der Regel in 2 Hitzten zur Ausführung kommt. In den Phoenix-Bridge-Works wird das heisse Stabende in der ersten Hitze in die beiden Halbgesenke von der Form Fig. 373, welche noch nicht die endliche

Fig. 372.

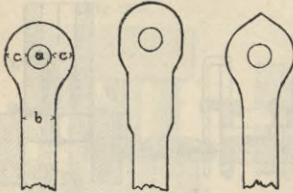


Fig. 374.

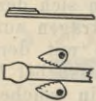


Fig. 375.

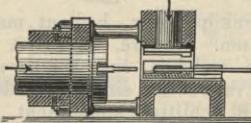
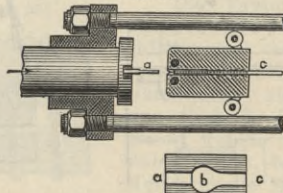


Fig. 373.



Gestalt der Oese einschliessen, von *c* aus hochkantig eingebracht. Sobald dann das Ende des Stabes bis *b* gekommen ist, wird jener durch 2 Exzenter fest geklemmt und darauf durch einen,

genau in die Oeffnung *a* passenden, den Kopf einer Kolbenstange bildenden Stempel, die Stauchung, von *a* aus derartig bewirkt, dass durch Verdrängung des Materials von *a* bis *b* dasselbe seitwärts in die Gesenkform hinein gepresst wird. Dabei findet, um die Stauchung zu er-

leichtern, gleichzeitig eine Verdickung des Stabes statt, welche in der 2. Hitze bei Herstellung der endlichen Form in einem zweiten Gesenk, durch Plattdrücken des verdickten Stabes mittels des senkrecht geführten Obergesenks, wieder beseitigt wird. Gleichzeitig stellen Vorsprünge an den Gesenken auf beiden Seiten der Oese an der Stelle des künftigen Bolzenloches eine Einkerbung von etwa $\frac{1}{4}$ der Stabstärke her. Man will dadurch das Material nach dem Rande zu treiben und ausserdem bei der darauf noch im rothglühenden Zustande erfolgenden Lochung eine Führung beim Aufsetzen des Lochstempels erhalten. Das Verfahren ist — ebenso wie das Ausarbeiten starker Stücke unter dem Hammer — wegen der gewaltsamen Art, mit der dabei das Eisen behandelt wird, der Festigkeit des Materials nicht zuträglich.

Als die beste Herstellungsweise erscheint daher die in dem Werke zu Edge Moor geübte, wo die starke Stauchung dadurch vermieden wird, dass man ein Stück oder mehrere Stücke von passender Länge vom Stabe abschneidet, auf das Stabende legt, Fig. 374, und mit demselben zusammenschweisst. Das Schweißen geschieht durch senkrechte, und das nachherige geringe Stauchen, wie in Phoenixville, durch wagrechte Kolben-Bewegung, Fig. 375. Die endliche Form erhält das Auge in einer zweiten Presse, welche auch das Lochen bewirkt. Zu diesem Zwecke wird das eben geformte Auge, während das Obergesenk aufwärts geht, auf eine Matrize gelegt, die sich inzwischen selbstthätig auf das

Untergesenk geschoben hat und dann ein loser Stempel mittels einer Zange in die vorgepresste Einkerbung des Auges eingestellt; hierauf vollführt das wieder herab kommende Obergesenk die Lochung. Zur Erzielung der genauen Stangen-Länge sind vor den Pressen entsprechende Unterlagsbahnen für das Auflegen der Stangen mit verstellbaren Anschlägen angebracht.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass das Stanzen der Augenlöcher in warmem Zustande und nachheriges Ausbohren besser ist, als unmittelbares Bohren derselben in kaltem Zustande, weil in letzterm Falle die Faserrichtung im Auge ungünstig durchschnitten wird.

2. Das Pressen von Unterlagsplatten ist in Fig. 376—378 dargestellt.

Fig. 376.

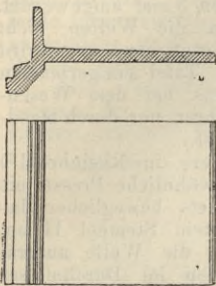


Fig. 377.

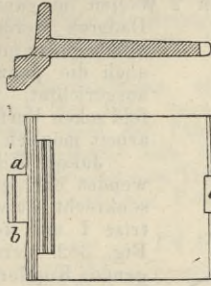
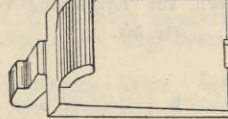


Fig. 378.



Die verschiedenen Operationen sind aus den Fig. erkennbar.

Fig. 378 stellt die fertige Platte dar. 3. Gewelltes Blech oder Wellblech wird meistens in Pressen hergestellt. Ueber das Walzen solcher Bleche vgl. S. 159.

Ein Verfahren zur Herstellung von Träger-Wellblech wurde

Fig. 379.

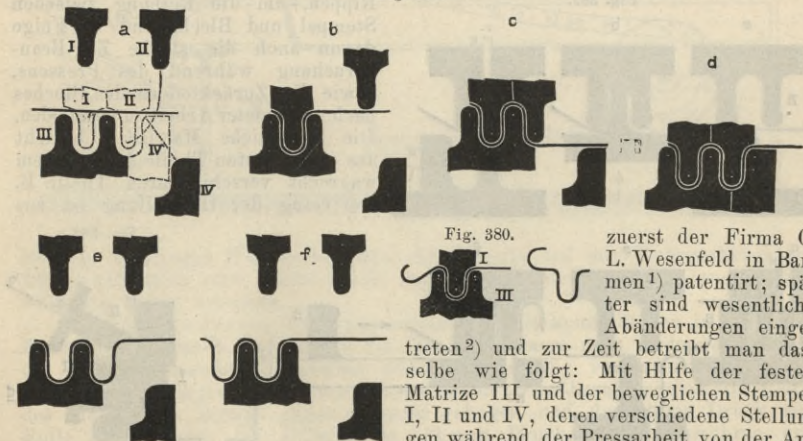


Fig. 380.



zuerst der Firma C. L. Wesenfeld in Barmen¹⁾ patentirt; später sind wesentliche Abänderungen eingetreten²⁾ und zur Zeit betreibt man dasselbe wie folgt: Mit Hilfe der festen Matrize III und der beweglichen Stempel I, II und IV, deren verschiedene Stellungen während der Pressarbeit von der An-

fangs-Stellung *a* bis zur Endstellung in Stellung *b* durch den Stempel I zuerst eine ganze Welle gebogen. In den späteren Stellungen *c* und *d* wird, so oft sich auch das Spiel der Stempel bis zur vollendeten Wellung der ganzen Tafel wiederholt, stets nur eine halbe Welle gebogen, weil erfahrungsmässig die zuerst gestanzte ganze Welle ihre Form stark verändert, Fig. 380, wenn man versuchen wollte, auch die zweite Welle mit einem Drucke ganz fertig zu pressen. Von der Stellung *a* bis zur Stellung *d* werden auf diese Weise 2 ganze Wellen geformt und das Spiel zur Herstellung zweier neuen Wellen kann wiederum beginnen, wenn, wie Stellung *e* und *f* andeuten, das Blech aus der Matrize gehoben und — um eine Welle vorgeschoben — in dieselbe wieder eingelegt worden ist. Die Bewegung der Stempel II und

¹⁾ D. R. P. Nr. 2469 und Nr. 4279.

²⁾ D. R. P. Nr. 2490.

IV ist sowohl eine senkrechte als auch gleichzeitig eine wagrechte, damit die Stempel das Blech stets nur durch Biegung andrücken.

Das Wesenfeld'sche Verfahren, wie es in der Fabrik von Hein, Lehmann & Co. in Berlin zur Ausführung kommt, ist von der Firma A. Kammerich & Co.¹⁾ in Berlin etwas abgeändert worden. In den Maschinen dieses Werks bewegen sich die Stempel nur senkrecht und haben dabei eine Form, welche zwar einer grossen Beanspruchung des Bleches auf Zug vorbeugt, aber auch die unmittelbare Herstellung senkrechter Stege nicht gestattet. Wenn letztere verlangt werden, muss das gewellte Blech noch eine besondere Presse durchlaufen, welche gleichzeitig das genaue Ausrichten besorgt. Bei der Wellung, deren Wesen aus den Haupt-Stellungen der Stempel I, II und Matrizze III in Fig. 381 hervor geht, wird das Blech zur Erzeugung von 2 Wellen im ganzen 3 mal umgewendet.

Fig. 381.

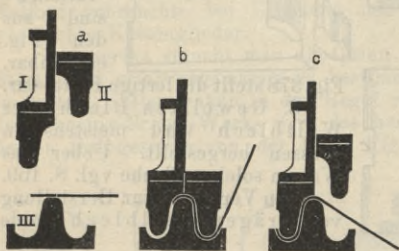
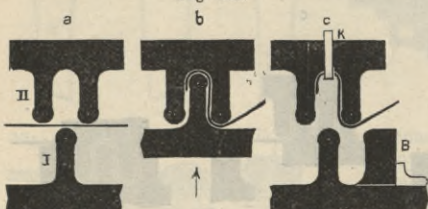


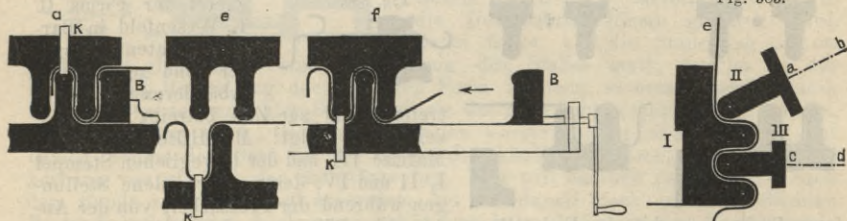
Fig. 382.



Dadurch werden die Wellen nicht allein genau geformt, sondern es wird auch die ganze Tafel einigermassen ausgerichtet, was bei dem Wesenfeld'schen Verfahren nur durch Handarbeit möglich ist.

Jakob Hilgers in Rheinbrohl²⁾ wendet eine gewöhnliche Presse mit senkrecht aufwärts beweglicher Matrizze I und festem Stempel II an, Fig. 382, deren die Welle ausprägende Kopfformen im Durchmesser etwas grösser sind als die zugehörigen Rippen, um die Reibung zwischen Stempel und Blech, und in Folge davon auch die starke Zug-Beanspruchung während des Pressens, sowie das Zurückfedern des Bleches nach vollendeter Arbeit zu vermeiden. Die bewegliche Matrizze I besteht aus einem festen Theile A und einem wagrecht verschiebbaren Theile B. Der Gang der Herstellung ist aus

Fig. 383.



den Stellungen *a* bis *f* ersichtlich; in den Stellungen *c*, *d*, *e* und *f* wird es erforderlich, die gepresste Welle bezw. an dem Stempel oder der Matrizze durch seitliche Klammern *k* zu befestigen.

Das in der Fabrik von Pfeiffer & Druckenmüller³⁾ in Berlin gebräuchliche Verfahren, Fig. 383, gestattet die Verwendung grosser Blechstärken und die Herstellung grosser Wellenhöhen. Daher kommt dabei eine Wasserdruck-Presse in Anwendung, deren 4 Zylinder die Stempel II und III bezw. in den Richtungen *ab* und *cd* verschieben und dadurch die Wellung in der festen Matrizze I ausführen. Ein Vortheil des Verfahrens ist, dass das zu wellende Blech über *e*

¹⁾ D. R. P. Nr. 7533.

²⁾ D. R. P. Nr. 4239.

³⁾ C. Pfeiffer's D. R. P. N. 9844. Vergl. auch D. R. P. Nr. 4238 von R. Simony, Berlin; hydr. Presse zur Anfertigung von Träger-Wellblech.

senkrecht (an einem Flaschenzug) aufgehängt werden kann, wodurch dem Arbeiter die Mühe der Handhabung der Tafeln sehr erleichtert wird.

Bei sämtlichen vorstehend beschriebenen Maschinen wird das Blech in der Regel kalt gepresst. Eine Biegung in warmem Zustande — namentlich von dünnen Blechen — ist dabei nicht angängig, weil das Blech, namentlich in Folge des Aushebens und Weiterschiebens bezw. Umwendens, zu oft von neuem zum Glühofen zurück gebracht werden müsste.

In der Fabrik von Bernhard & Co. in Berlin werden Bleche auch in warmem Zustande gewellt auf einer Maschine¹⁾, in der nach einander so viele Stempel auf und nieder bewegt werden, dass sämtliche Wellungen einer Tafel in sehr kurzer Zeit in einer Operation fertig werden.

Erwähnenswerth ist noch ein Verfahren, bei welchem, um die gleitende Reibung zwischen Blech und Stempel während des Pressens in rollende umzuwandeln, die Köpfe der Stempel als drehbar gelagerte Stahlwalzen ausgebildet sind²⁾. Der Erfinder will dadurch die Zug-Beanspruchung des Bleches vermindern.

Alle vorstehend beschriebenen Herstellungs-Arten des Wellblechs bringen den Uebelstand mit sich, dass die Wellblech-Tafeln nur kleine Längen erhalten können, weil die Tafellänge höchstens gleich der Breite der Presse sein kann. Diese Beschränkung ist vermieden bei dem Trägerwellblech-Walzwerk von Daellen und von Potthof (Fig. 232), welches die Her-

Fig. 384.

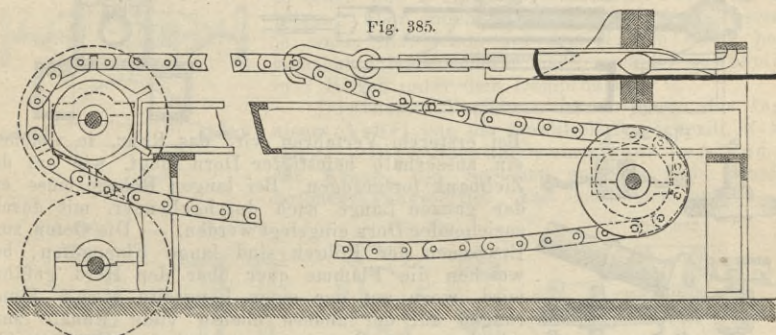


Fig. 385.

stellung so langer Wellblech-Tafeln erlaubt, als auf den Walzwerken glatter Bleche erhältlich sind; thatsächlich kann man heute schon 6 m lange Trägerwellblech-Tafeln beziehen.

4. Geschweisste Röhren werden aus Flacheisen-Stäben in glühendem Zustande hergestellt, indem man die Stäbe der Quere nach zusammenbiegt und die sich berührenden Langseiten durch Schweissung verbindet. Bei Röhren, welche nur geringen Druck auszuhalten haben (Gasröhren), werden die Kanten des Flachstabes stumpf gegen einander gebogen und durch den Druck einer Rolle geschweisst; bei Röhren für höheren Druck, wie Dampfröhren usw., werden die Kanten zugeschräfft. Röhren mit stumpfem Stoss in der Schweisstelle ertragen keine starken Biegungen, wengleich sie gegen einigen Druck haltbar sind.

Abgesehen von der Zuschärfung der Kanten umfasst die Herstellung der Röhren folgende Arbeiten: das Zusammenbiegen und Adjustiren der Röhren; das Zusammenschweissen, das Absägen und Richten, das Probiren mit Wasserdruck.

Das Abschrägen geschieht in kaltem Zustande, indem der Flachstab auf einer langen Ziehbank mittels einer Kette ohne Ende in eine Zange eingehängt wird, die ihn durch einen mit Schneidstählen versehenen festen Bock zieht; dabei werden beide Kanten des Flachstabes auch abgeschräfft, Fig. 384. Das

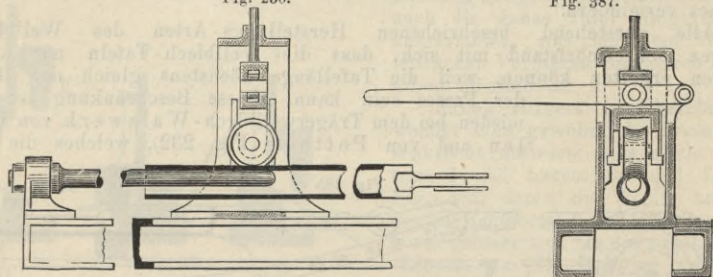
¹⁾ Max Seipp's D. R. P. Nr. 7802.

²⁾ Paul Schröter in Neuwald. D. R. P. Nr. 8836.

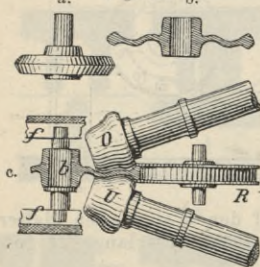
Zusammenbiegen geschieht in rothwarmem Zustande. Das eine Ende des Flachstabes wird zunächst mit der Hand zusammengebogen, das weitere Zusammenbiegen geschieht auf einer Ziehbank, Fig. 385, mittels eines Zieheisens *z*, das ein kreisförmiges Loch zeigt, in welchem ein fester Dorn liegt. Die Geschwindigkeit, mit der das Ziehen stattfindet, beträgt 1,5—2,0 m in 1 Sek. Statt des Ziehens wendet man — namentlich für Röhren von grosser Wandstärke — auch wohl eine Vorrichtung an, welche nach Art einer Luppen-Quetsche (S. 87) wirkt und mit passenden Gesenken zum allmählichen Zusammenbiegen des Flachstabes versehen ist. Nach dem Zusammenbiegen wird das Rohr auf genau gleiche Durchmesser abgeglichen — adjustirt — indem man einen Dorn durchführt. Das Zusammenschweissen findet in weissglühendem Zustande statt, indem man das Rohr entweder mit der Schweissfuge unter einer Rolle, die durch einen Hebel angedrückt wird, Fig. 387, oder zwischen 4 ausgekehrten Walzen durchführt, deren Auskehrungen zusammen die Kreisform des Rohres bilden.

Fig. 236.

Fig. 387.



a. Fig. 388. b.



Bei ersterem Verfahren wird das Rohr, in welchem ein ausserhalb befestigter Dorn liegt, wie auf der Ziehbank fortgezogen. Bei langen Röhren muss ein der ganzen Länge nach durchgehender, mit durchziehender Dorn eingelegt werden. — Die Oefen zum Erwärmen der Röhren sind lange Flammöfen, bei welchen die Flamme quer über den Herd geführt wird, wozu auf der einen Langseite etwa 4 Feuerungen auf der andern ebenso viele Kanäle zum Abführen der Feuergase vorhanden sind. Das Ablängen der Röhren geschieht mittels Kreissägen in roth-warmem Zustande, endlich das Richten derselben durch Rollen auf einer Richtplatte oder zwischen 2

Platten. Rohr-Verbindungsstücke als Kniestücke, Kreuzungsstücke usw. werden auf passenden Flacheisenstücken unter Zuhilfenahme von Dornen und Gesenken geschmiedet, gebogen und geschweisst¹⁾. Ueber das Walzen von Röhren nach dem neuern Verfahren von Mannesmann in Remscheid, welches ohne Anwendung eines Dorns ausgeführt wird, vergl. die betr. Litteratur²⁾.

5. Scheibenräder aus Flusseisen werden aus einem Blocke von der Gestalt der Fig. 388a hergestellt. Der vom Anguss-Trichter, von Schlacken, Schalen u. dergl. befreite Block wird im Wärmeofen erhitzt und darauf unter einem 4t-Dampfhammer in Gesenken ausgeschmiedet und gelocht, so dass er die Gestalt der Fig. 388b erhält. Nach einer nochmaligen Erhitzung gelangt die Scheibe zum Walzwerk, Fig. 388c. Vorher hat man durch ihre Nabe einen passenden Bolzen gesteckt, der in 2 seitlichen Führungen des Walzwerks gleitet. Die Scheibe wird bis vor die Druckrolle *R* geschoben, welche zusammen mit den Walzen *O* und *U* das Kaliber bildet. Alsdann wird das Walzwerk in Gang gesetzt; Ober- und Unterwalze fassen die Scheibe an dem äussern

¹⁾ Ledebur. Verarbeitg. der Metalle, S. 813. — Schwarz. Die Fabrikation schmied-eiserner Dampfkessel-Siedröhren. Zeitschr. d. berg- u. hüttenm. Ver. f. Steyermark u. Kärnthen. 1877, S. 77.

²⁾ D. R. P. No. 34617, wie auch Stahl u. Eisen 1887, S. 451.

dicken Rande und erzeugen, indem sie dieselbe um den Nebenbolzen *b* drehen, unter beständigem Wachsen des Durchmessers und Füllen des Kalibers, den Unterreifen und die richtige Form der Scheibe. Sobald der verlangte Durchmesser erreicht ist, werden die Walzen zurückgezogen und das Rad gelangt in den Glühofen.

6. Schmiedeeiserne Scheibenräder (Patent Krupp), auch Wickelräder oder, nach dem Erfinder, Pelz-Räder genannt, werden in folgender Weise hergestellt. Die Nabe mit einem Theile der angrenzenden kreisförmigen Scheibe wird aus einem Stücke in einem Gesenk gepresst. Der Rest der Scheibe mit dem Unterreife werden durch Aufwickeln eines Schmiedeisen-Bandes gebildet, welches aus 2 Stücken zusammengeschweisst ist, von denen das schmälere Stück die Scheibe und das breitere den Unterreifen giebt. Die Fertigstellung des Rades geschieht nach seiner Erhitzung durch Pressen in einem passend geformten Gesenk unter einem 3^t- Dampfhammer.

7. Schmiedeeiserne Speichenräder werden durch Zusammenschweissen verschiedener Theile hergestellt. Diese Theile sind gewöhnlich Speichen, Felgenstücke und Nabentheile. Die aufeinander folgenden Arbeiten sind: Schmieden der Speichen in 3 Hitzten, Vorrichten der Felgenstücke für je 2 Speichen und Zusammenschweissen beider, Herstellung des Kurbel-Nabentheils (an welchem die Kurbel anzugreifen hat), Biegen der Felgentheile nach dem

Halbmesser des Rades, Zusammenlegen aller Theile in einen aus 2 Hälften bestehenden Formring, Erhitzung über einem Rundfeuer und Aufschweissen je einer, inzwischen auf dem Nabentheile heiss gemachten Nabenscheibe nach einander gewöhnlich in 2 Hitzten unter dem Dampfhammer¹⁾.

Das neueste Verfahren ist dasjenige des Ingenieurs Arbel von der Gesellschaft Cockerill in Seraing²⁾. Die 3 Haupttheile eines Speichen-Rades: der Kranz, die Speichen und die Nabe werden besonders angefertigt, kalt zusammen gefügt, in

Fig. 389.

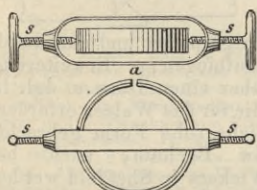


Fig. 390.

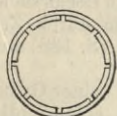


Fig. 391.



Fig. 392.

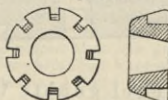


Fig. 393.



einem Siemens-Ofen auf Schweisshitze gebracht und darauf unter einem etwa 10^t schweren Dampfhammer zwischen 2 Matrizen geschweisst. Die einzelnen Theile werden vorher wie folgt behandelt:

Der Kranz, ein Walzeisen-Stab, wird zuerst auf einer besonderen Radbiege-Maschine kreisrund gerollt, dann behufs Schweissung in einen Spannung, Fig. 389, gebracht und mit demselben ins Feuer gelegt. In dem Maasse als die Wärme sich der Schweisshitze nähert, werden die sich berührenden Schweissenden *a* des Kranzes mittels der Spannschrauben *s* stärker und stärker zusammen gepresst. Die völlige Schweissung erfolgt durch einige Hammerschläge auf dem Horn des Ambos. Der Kranz wird dann auf einer besondern Stossmaschine mit Rinnen versehen, in welche sich die Zapfen der Speichen legen sollen, Fig. 390. Die an den Kranz schliessenden Theile der Walzeisen-Speichen mit den Zapfen, Fig. 391, werden durch Aufstauchen unter dem Dampfhammer hergestellt. Die Nabe, Fig. 392, wird in einer Matrice unter dem Dampfhammer gepresst. Fig. 393 zeigt das zusammen gestellte Speichen-Rad vor der endlichen Schweissung. — Scheibenräder werden in ähnlicher Weise hergestellt.

8. Radreifen für Eisenbahn-Fahrzeuge werden zur Zeit nur noch in Amerika aus Hartguss (S. 127 u. 131) gefertigt. In den übrigen Ländern steht als

¹⁾ Näheres in Brosius. A. a. O. S. 247.

²⁾ Nach Mittheilungen von P. Hetzler in Frankfurt a. M. — Vergl. auch Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 881.

bevorzugter Stoff der Tiegel-Gussstahl in erster Reihe; vielfach wird auch Flussstahl verwendet, neuerdings in einzelnen Fällen auch wieder Feinkorn-eisen; jede Schweissung ist jedoch verpönt. Sowohl das Verfahren, die Reifen mittels eingelegerter Keile, Fig. 397, durch Klauung, Fig. 396, oder stumpf zu schweissen, als auch das aus dem Jahre 1851 herrührende Verfahren von R. Daelen, bei welchem Feinkorn-eisen in Flacheisenform spiralförmig aufgewickelt und geschweisst wird, ist veraltet und ebenso das nachträgliche Zementiren (S. 89) geschweisster Reifen.

Nach Einführung des Flussstahls ist man stets bestrebt gewesen, die Reifen als einen möglichst gleichartigen, in sich ohne Naht geschlossenen Ring zu erlangen. Unter den dahin zielenden ältern Herstellungs-Arten sind in erster Linie die Methoden von Krupp aus dem Jahre 1853 und diejenige des Bochumer Vereins für Bergbau usw. zu erwähnen. Bei Krupp wurden durch Schmieden gehörig vorgearbeitete Stahlblöcke, nachdem man sie mit 2 Bohrlöchern versehen und zwischen letztern einen Sägenschnitt angebracht hatte, in der Mitte

Fig. 394.

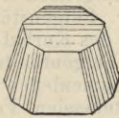


Fig. 395.



Fig. 396.

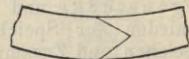


Fig. 397.



Fig. 398.

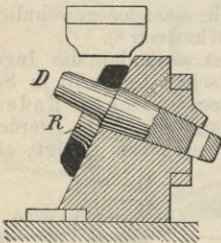
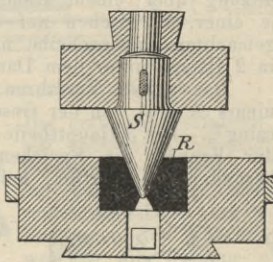


Fig. 399.



aufgespalten und nun durch Aufbiegen, Erweiterung über einen Dorn u. dgl. in die für das Walzen erforderliche rohe Form gebracht. In Bochum, auch bei Vickers in Sheffield werden die Reifen roh gegossen und dann fertig gewalzt.

Whitley in Leeds suchte die rohe Form durch Zentrifugal-Guss (S. 133) herzustellen.

Das heutige in der Regel geübte Verfahren wurde in seiner Grund-idee zuerst in Hörde eingeführt. Es besteht darin, dass man einen vollen Stahlblock giesst, denselben stark hämmert und dann erst durch Ausstanzen mit einem Loche versieht. Der Stahlblock erhält gewöhnlich die Gestalt einer abgestumpften, achtkantigen Pyramide von 350 bis 450 mm Durchm. der Grundfläche und doppelt so grosser Höhe, Fig. 394. Er wird weissglühend unter dem Dampfhammer auf etwa ein Drittel seiner Höhe herunter gearbeitet und die so erhaltene Scheibe gelocht. Der in dem Fallblock eines Dampfhammers steckende Lochdorn ist kegelförmig, Fig. 399, und das Lochen erfolgt unter Umwenden der Scheibe von beiden Seiten, so dass dieselbe nachher die Gestalt eines Ringes annimmt, wie Fig. 395 darstellt. Alsdann erfolgt — wiederum unter einem Dampfhammer und meistens in einer zweiten Hitze — die Aufweitung des Ringes durch Hämmern über einen Dorn, der, wie Fig. 398 andeutet, in geneigter Lage angebracht ist, um zugleich in bequemer Weise die Kegelgestalt des Reifens vorbereiten zu können, was geschieht, während der Ring nach jedem Schlage um einen kleinen Theil seines Umfangs gedreht wird. Nach erfolgter Aufweitung und in derselben Hitze wird der Reifen weiter bis auf 150 mm Stärke herunter geschmiedet, worauf er die für das Vor- und Fertigwalzen erforderliche rohe Form erlangt hat¹⁾. Ueber das Walzen und die Vollendungs-Arbeiten vergl. S. 157.

¹⁾ Geitel. Die Radreifen-Befestigungen der Eisenbahn-Fahrzeuge. II. Die Herstellung der Radreifen. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1886, II, S. 91—93. Ueber denselben Gegenstand vergl. Railroad Gaz. 1885, S. 482.

D. Eigenschaften und Prüfung des Eisens.

Litteratur¹⁾.

a. Aeltere Werke dieses Jahrhunderts.

Duleau. *Essai théorique et expérimental sur la résistance du fer forgé*. 1820. Deutsch von Blunhof. 1825. — Tredgold. *A practical essay of cast iron and other metals*. 1824. Dufour. *Description du Pont suspendu en fil de fer, construit à Genève*. 1824. — Lagerhjelm. Versuche der Bestimmung der Dichtigkeit, Gleichartigkeit, Elastizität, Schmiedbarkeit und Stärke des gewalzten und geschmiedeten Stabeisens. Aus dem Schwedischen von Pfaff. 1829. — Barlow. *A treatise on the strength of timber, cast-iron, malleable iron and other materials*. 1837. — Brix. Abhandlung über die Elastizitäts- und Kohäsions-Verhältnisse einiger Eisendröhre. 1837. — Hodgkinson. *Experimental Researches on the strength and other properties of castiron etc.* 1846. Clark. *The Britannia and Conway tubular Bridges*. 1850. — Zorès. *Recueil de fer spéciaux, des expériences faites sur leur résistance et de leurs diverses applications dans les constructions*. 1853. — Moll & Reuleaux. Die Festigkeit der Materialien, namentlich des Guss- und Schmiedeisens. Aus Konstr. f. d. Maschinenbau. 1853. — Fairbairn. *On the application of cast and wrought iron to building purposes*. 1854. Deutsch von Brauns. 1859. — Kupffer. *Recherches expérimentales sur l'élasticité des métaux*. 1860. — Fairbairn. *Useful information for engineers*. III. Aufl. 1860.

b. Neuere Werke.

Kirkaldy. *Results of an experimental inquiry into the comparative tensile strength and other properties of various kinds of wroughtiron and steel*. 1862. — Knut Styffe. Die Festigkeits-Eigenschaften von Eisen und Stahl. Deutsch von v. Weber. 1870. — Wöhler. Ueber die Festigkeits-Versuche mit Eisen und Stahl. 1867-1870. — v. Kaven. Kollektaneen über einige zum Brücken- und Maschinenbau verwendeten Materialien. 1869. — Petzholdt. Fabrikation, Prüfung und Uebernahme von Eisenbahn-Material. 1872. — Barba. *Etude sur l'emploi de l'acier dans les constructions*. II. Aufl. 1875. — Lebauteur. *Les métaux à l'Exposition universelle de 1878*. 1879. — Bouchy. *La fonte, le fer et l'acier à l'Exposition universelle de 1878*. 1879. — Röhrig. Uebernahme und Lieferung von Eisen-Materialien, besonders für Eisenbahn- und Militärzwecke. 1877. — v. Kerpely. Unterscheidungs-Merkmale des Stahles. 1878. — Jenny. Festigkeits-Versuche und die dabei verwendeten Maschinen und Apparate an der Techn. Hochschule in Wien. 1878. — v. Kerpely. Eisen und Stahl auf der Weltausstellung zu Paris im Jahre 1878. 1879. — v. Pichler. Die Material-Prüfungs-Maschine der Pariser Weltausstellung im Jahre 1878. 1879. — Wachler. Vergleichende Untersuchungen rheinisch-westfälischen und ausländischen Giesserei-Roh eisens. Sonderabdruck aus Ann. f. Gew. u. Bauw. 1879. — Die Eigenschaften von Eisen und Stahl. Mittheilungen über die auf Veranlassung der techn. Kommission des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen angest. Versuche, nebst Entwürfen zu den Bedingungen für die Lieferung von Schienen, Achsen und Radreifen. 1880. — Deshayes. *Classement et emploi des aciers*. 1881. — Gottgetreu. Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. II. Bd. 1881. — Reiser. Das Härten des Stahls in Theorie und Praxis. 1881. — Mehrrens. Notizen über die Fabrikation des Eisens und der eisernen Brücken. Sonderabdruck aus der Deutsch. Bauzeitg. 1882. — Martens. Eisen und Stahl. Erweiterter Sonderabdruck aus der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1882. — Werder's Maschine zum Prüfen der Festigkeit der Materialien und Bauschinger's Instrumente zum Messen der Gestalts-Veränderung der Probekörper. Broschüre der Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft Nürnberg, vorm. Klett & Comp. 1882. — Périssé. *De l'emploi de l'acier dans les constructions navales, civiles et mécaniques*. 1884. — de Gérando. *Les fers et aciers modernes considérés à un point de vue rationnel et sous celui de leurs propriétés mécaniques et électriques*. 1884. — Schuchart. Die Anforderungen, welche an die Grobbleche des Handels gestellt werden dürfen, deren Prüfung und Verwendung. II. Aufl. 1884. — Abbott. *Testing Machines; their history, construction and use*. 1884. — Tetmajer. Bericht über die vergleichende Werthbestimmung einer Reihe deutscher Normalprofile in Fluss- und Schweisseisen. 1885. — Martens. Ergebnisse von Untersuchungen mit schmiedbarem und schweißbarem Eisenguss. Sonderabdr. aus den „Mitth. d. Kgl. techn. Versuchsanst. zu Berlin.“ 1886. — Kennedy. *The use and equipment of engineering laboratories*. *Excerpt. Min. of Proceed. of the Inst. of Civ. Engin.* 1887. — Konferenz-Beschlüsse über einheitliche Untersuchungs-Methoden bei der Prüfung von Bau- und Konstruktions-Materialien usw. Zusammengestellt im Auftrage der Dresdener Konferenz. 1887. — Zusammenstellung der Resultate der von den Vereins-Verwaltungen in der Zeit v. m. I. Okt. 1883 bis dahin 1884 mit Eisenbahn-Material angestellten Qualitäts-Proben. Ausg. v. d. geschäftsf. Direktion d. Ver. deutsch. Eisenb.-Verw. 1887. — Brosius. Illustr. Wörterb. der Eisenbahn-Materialien usw. 1887. — Pollitzer. Die Materialien aus Eisen und Stahl für Eisenbahn-Zwecke. 1887.

Ausserdem kommen in Betracht die periodischen Mittheilungen: 1) bezw. von: Bauschinger aus dem mechan.-techn. Laboratorium der K. Techn. Hochschule in München; 2) Wedding, aus den K. Techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin; 3) Tetmajer, aus der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidg. Polytechnikum in Zürich. — Ferner diejenigen von Gollner aus dem mechan.-techn. Laborat. der K. K. deutsch. techn. Hochschule zu Prag in der Zeitschr. Technische Blätter usw.

1) Vergl. auch die Litteratur-Angaben z. Baumechanik, Bd. I. S. 353.

I. Geschichtliches und Allgemeines.

a. Eigenschaften und Prüfung.

Um die in den Abtheilungen A—C enthaltenen Darlegungen verständlich zu machen, sind so weit als nothwendig in der voran gestellten Einleitung die Arten und allgemeinen Eigenschaften des Eisens, der Einfluss fremder Stoffe, der chemische Vorgang beim Oxydiren des flüssigen Roheisens usw. erläutert worden; bei diesen Erläuterungen wurde vorwiegend der hüttentechnische Standpunkt berücksichtigt. In der gegenwärtigen Abtheilung soll andererseits das Eisen lediglich vom bautechnischen und technologischen Standpunkte aus betrachtet werden, und dabei wird insbesondere fest zu stellen sein:

1. welche Eigenschaften das Eisen als Baustoff für unterschiedliche technische Zwecke nothwendig besitzen muss,

2. welche Mittel in Anwendung kommen, um den Nachweis von dem Vorhandensein dieser nothwendigen Eigenschaften zu führen und:

3. welche Lieferungs-Bedingungen danach den Hüttenwerken vorzuschreiben sein werden.

Dabei handelt es sich für den Bautechniker nur um die Untersuchung derjenigen Eisengattungen, welche als Baustoffe zur Verwendung gelangen, d. h. um Gusseisen und schmiedbares Eisen. Die Eigenschaften des Roheisens sind bereits in der Abtheilung B. abgehandelt worden.

Die vornehmlichsten in Frage kommenden Eigenschaften sind: Schmiedbarkeit, Dehnbarkeit, Härte, Härtbarkeit, Schweissbarkeit, Festigkeit und Zähigkeit.

Die Prüfung umfasst Besichtigungs-Proben, mechanisch-technologische Proben und chemische Proben.

Bei den Besichtigungs-Proben verschafft man sich von der äussern und innern Beschaffenheit des Eisens durch Augenschein Kenntniss. Die Besichtigung erstreckt sich auf das äussere und innere Gefüge (Textur), wenn nothwendig unter besonderer Behandlung der Bruchfläche und Zuhilfenahme des Mikroskops, in einzelnen Fällen auch wohl unter Benutzung der Magnethadel.

Die mechanisch-technologischen Proben zerfallen je nach der Art der besonders zur Untersuchung gestellten Eigenschaft in:

1. Mechanische Proben oder Festigkeits-Proben als Zug-, Druck-, Biege-, Scher-, Verdrehungs- und Knickfestigkeits-Proben, bei denen es sich um die zahlenmässige Ermittlung unterschiedlicher Festigkeits-Grössen einschliesslich der Zähigkeit handelt, und:

2. Technologische Proben oder Brüchigkeits-Proben als Biege-, Stauch-, Ausbreit-, Schweiss-, Loch-, Härte-Proben usw., bei denen keine zahlenmässige Ermittlung von Festigkeits-Grössen, sondern nur eine Werthschätzung der technologischen Eigenschaften, der Schmiedbarkeit, Schweissbarkeit, Härte usw. statt findet.

Für den Bautechniker sind die Festigkeits-Proben, welche in der Regel auf Festigkeits-Maschinen zur Ausführung kommen, von hervor ragender Wichtigkeit. Man unterscheidet Ganz-Proben und Theil-Proben, je nachdem mit ungetheilten (ganzen) Gebrauchsstücken oder mit abgetrennten Versuchsstücken gearbeitet wird, und endlich Kalt-Proben und Warm-Proben. Warm-Proben brauchen im allgemeinen nur mit solchen Stücken vorgenommen zu werden, bei denen eine spätere Bearbeitung im warmen Zustande vorausgesetzt werden kann. Solche Festigkeits-Proben, bei denen wiederholte Beanspruchung des Probekörpers — tage-, wochen- oder jahrelang — eintritt, nennt man Dauerproben. Zuweilen wird vorgeschrieben, dass die Luft des Raumes, in welchem die Festigkeits-Proben vorgenommen werden, einen gewissen Grad von Wärme oder Kälte haben muss, wobei die Kälte nöthigenfalls künstlich erzeugt wird. — Mit der Vornahme der chemischen Proben befasst sich meist nur der Hüttentechniker, dem dadurch ein Mittel an die Hand gegeben ist, den ursächlichen Zusammenhang der Mischungsverhältnisse, sowie des Verlaufs der Darstellung mit den Eigenschaften des Erzeug-

nisses zu ergründen. Es ist aber nach dem heutigen Stande der Technik noch nicht möglich, aus der Kenntniss der chemischen Eigenschaften einen sichern Schluss auf die physikalischen zu ziehen und eben so wenig das Umgekehrte. Schienen z. B., welche nach dem nämlichen Verfahren, aus den nämlichen Rohstoffen und in einer und derselben chemischen Zusammensetzung hergestellt wurden, weisen oft verschiedenartige physikalische Eigenschaften auf. Noch auffälliger erscheint der Unterschied in den Eigenschaften bei solchen Eisensorten, welche auf verschiedene Weise dargestellt worden sind, obwohl sonst ihre chemische Zusammensetzung eine völlig überein stimmende ist. Die Unterschiede treten meist bei der Verarbeitung oder im Gebrauch zu Tage; auch können 2 solcher Vergleichsstücke nach vollständig gleichmässiger Behandlung durch Hämmern, Walzen usw. sich ganz ungleich verhalten, wenn sie einer Formveränderung durch Zug, Druck oder Schlag ausgesetzt werden. Um eine Erklärung dieser Widersprüche zu versuchen, hat man in der Neuzeit angefangen, das Gefüge des Eisens, wie oben bereits erwähnt, mikroskopisch zu untersuchen und ist auf diesem Wege zu überraschenden Aufschlüssen gelangt, welche weder durch chemische noch mechanisch-technologische Proben erlangt werden können. Die aus der mikroskopischen Betrachtung des Gefüges herzuleitenden Eigenschaften des Eisens sollen erst weiterhin besprochen werden.

b. Aeltere und neuere Festigkeits-Versuche.

Versuche über die Festigkeit der Baustoffe, insbesondere auch des Eisens, reichen bis in das 17. Jahrhundert zurück¹⁾. Zu den vorzüglicheren älteren Versuchen gehören diejenigen von Lanis; nach diesen zeigen die Metalle eine in folgender Ordnung abnehmende Festigkeit: Stahl, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Zinn und Blei. Dann sind die Versuche von Musschenbrock zu nennen, welche auch von Eytelwein in dessen Statik (1808) ausführlich mitgetheilt werden. Eine mehr praktische Bedeutung gewinnen die Festigkeits-Versuche nach erfolgter Grundlegung der Baumechanik durch Navier (1785—1836). Wesentlich auf Navier's Theorien stützten sich die ausgezeichneten älteren Versuche von Barlow, Telford, Rennie, Prony, Rondelet, Tredgold, Bevan, Duleau, Dufour, Lagerhjelm u. a., über welche Burg in den Jahrbüchern des k. k. polytechnischen Instituts in Wien (1824—1839) eingehend berichtet hat. Der französische Ingenieur Vicat²⁾ machte 1834 zuerst Dauerversuche mit Drähten. Unter den ältern deutschen Versuchen sind diejenigen von Gerstner (1756—1832) und Brix, mit Eisendraht angestellten, hervor zu heben. Die Versuche von Stephenson, Fairbairn und Hodgkinson, ausgeführt um 1840—1846, bei Gelegenheit der Erbauung der Britannia-Brücke (S. 37), schliessen die ältern Bestrebungen in würdiger Weise ab.

England hat sich im weitem Verlaufe auch auf diesem Gebiete der Eisenkunde die Führerschaft nicht nehmen lassen. Schon in den Jahren 1848—60 gebrauchte Hodgkinson bei seinen Vorträgen an dem University College in London eine Maschine zur Vornahme von Festigkeits-Proben³⁾. So weit bekannt, sind in England auch die ersten öffentlichen Anstalten Privater zur Prüfung von Eisen und Stahl eingerichtet worden. Die Untersuchungen des Vorstehers einer solchen Privat-Anstalt, des englischen Ingenieurs David Kirkaldy, deren Ergebnisse er 1862 in seinem unter den Litteratur-Angaben genannten Werke niederlegte, darf man mit Recht als ersten bedeutenden Schritt der neuern Zeit auf dem Wege zur genauen Erforschung der technischen Eigenschaften von Eisen und Stahl bezeichnen. Kirkaldy stellte in systematischer Weise Zerriess-Versuche mit über tausend Eisen- und Stahlsorten von mannigfacher Güte und Gestalt an; er ermittelte dabei nicht allein die Festigkeit, sondern beobachtete auch die Zähigkeit jeder Sorte, indem er als Maass derselben die Längenänderung oder Dehnung und die Einschnürung an der Bruchstelle (Kontraktion) zu Grunde legte. Er untersuchte ferner auch

¹⁾ Vergl. Band I. Baumechanik, S. 496—500, sowie die dort angegebene ältere Litteratur.

²⁾ *Ann. d. ponts et chauss.* 1885.

³⁾ Kennedy, A. a. O. S. 73.

den Einfluss, welchen Hitze und Kälte, Formgebung, Härten, Anlassen usw. auf diese Eigenschaften ausüben¹⁾.

Den nämlichen hohen Werth, wie die Untersuchungen von Kirkaldy beanspruchen die um nur wenige Jahre jüngern, ausgezeichneten Versuche von Knut Styffe, Direktor des Königl. technologischen Instituts zu Stockholm. Veranlassung zu diesen Versuchen wurde ein unter dem Salonwagen des Königs von Schweden während einer Fahrt von Gothenburg nach Stockholm bei starkem Frost erfolgter Achsbruch. Der König berief darauf eine besondere Kommission, zu welcher auch Styffe gehörte, behufs Anstellung von Versuchen zu vergleichender Werthbestimmung (Klassifikation) der für Eisenbahn-Zwecke zur Verwendung kommenden Eisen- und Stahlarten.

Neben den Arbeiten Kirkaldy's und Styffe's sind vor allen die Untersuchungen von Fairbairn zu nennen, welche bereits im Jahre 1849 begonnen und in den Jahren 1860 und 1862 zu Ende geführt wurden²⁾. Dieselben betrafen u. a. das Verhalten gusseiserner und schmiedeiserner Träger unter Anwendung wiederholter Belastungen. Fairbairn war in diesem Punkte der Vorgänger von Wöhler³⁾ — früher Ober-Maschinenmeister der Niederschl.-Märk. Eisenbahn in Frankfurt a. O. — dessen Dauer-Versuche, d. h. Versuche über wiederholte Inanspruchnahme von Eisen und Stahl, in die Jahre 1859 bis 1870 fallen und von Spangenberg fortgesetzt worden sind⁴⁾. Die bekanntesten Ergebnisse der Wöhler'schen Versuche wurden bereits im Band I der Hilfswissenschaften⁵⁾ mitgetheilt. Wöhler's Verdienst besteht hauptsächlich darin, in Deutschland neue Grundlagen zur Beurtheilung der Festigkeits-Eigenschaften von Eisen und Stahl geschaffen und fruchtbare Anregung zur weiteren Ausbildung der Prüfungs-Arten, sowie zu den sogen. Klassifikations-Bestrebungen der Gegenwart gegeben zu haben.

c. Neuere Klassifikations-Bestrebungen.

Unter Klassifikations-Bestrebungen sind die Bemühungen zu verstehen, die verschiedenen Eisengattungen nach ihrem Gebrauchswerthe oder ihrer Güte durch Vergleichung stufenweise zu ordnen und dieser Ordnung eine staatliche oder möglichst allgemeine Anerkennung zu verschaffen. Als Maassstab für den Werth der einen oder andern Gattung hat man dabei die Festigkeits-Eigenschaften zugrunde gelegt, obwohl auch die Eigenschaften der Schweissbarkeit, Schmiedbarkeit und Härte, welche man, im Gegensatz zu den mechanisch-technischen Eigenschaften der Festigkeit und Zähigkeit, die technologischen nennen könnte, vielfach bei der Verwendung des Eisens eine erhebliche Rolle spielen. Bis heute haben aber die Klassifikations-Bestrebungen einen durchschlagenden Erfolg nicht zu verzeichnen, weil die bestehenden Meinungs-Verschiedenheiten über die untrüglichsste Art und Weise der Vornahme von Festigkeits-Proben, auf welcher jede Klassifikation sich gründen muss, nicht beglichen werden konnten, und weil andererseits die Grenzen des Unternehmens überhaupt von Anfang an zu weit gesteckt worden sind. Insbesondere stehen den Bemühungen, den Werth einer bestimmten Eisensorte durch eine einzige Ziffer, durch die Werthziffer oder den Qualitäts-Koeffizienten auszudrücken, fast unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

¹⁾ Kirkaldy unterscheidet: *Bulling or tensile strain* (Zugfest.); *Crushing or compressing strain* (Knick- und Druckf.); *Bending, transverse or lateral strain* (Biegungsfest.); *Twisting or torsional strain* (Drehungsfest.); *Shearing strain* (Scherfest.); *Punching strain* (Fest. gegen Lothen); *Buckling strain* (Fest. gegen Ausbauchen, Ausbuckeln, z. B. bei einem Schiffe, wenn beide Enden aufzusitzen kommen); *Bulging strain* (Einbeulen z. B. bei Schiffen, die auf den Grund kommen); *Collapsing strain* (bei Röhren mit äusserem Druck); *Bursting strain* (bei Kesseln oder Röhren mit innerem Druck). — *Mr. Kirkaldy's new testing and experimenting works. The Engin. vom 24. Nov. 1865.*

²⁾ *Civil-Engineer and architects Journal* 1860, S. 257; 1861, S. 329. — *The effect of time on wrought iron girders. The Engin. vom 2. Dec. 1864.*

³⁾ Resultate der in der Zentral-Werkstätte der Niederschl.-Märk. Eisenbahn zu Frankfurt a. O. angestellten Versuche über die relative Festigkeit von Eisen, Stahl und Kupfer. *Zeitschr. für Bauw.* 1867, S. 67. — Wöhler. Ueber die Festigkeits-Versuche von Eisen und Stahl. Dasselbst 1870, S. 74. Mit Beschreibung und Abbildung der für die Dauerversuche gebrauchten Maschine.

⁴⁾ Spangenberg. Ueber das Verhalten der Metalle bei wiederholten Beanspruchungen. *Zeitschr. für Bauw.* 1874, S. 474. 1875, S. 77.

⁵⁾ S. 653.

Wöhler stellte als sicherstes Mittel zur Beurtheilung der Festigkeits-Eigenschaften von Eisen und Stahl die Zug- oder Zerreiß-Proben hin und bezeichnete die Einschnürung oder Kontraktion an der Bruchstelle als bestes Maass der Zähigkeit. Seine Grundsätze liegen ausgesprochen in der im Jahre 1877 vom Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen in den deutschen Regierungen überreichten Denkschrift über Einführung einer staatlich anerkannten Klassifikation von Eisen und Stahl. Wöhler's Einfluss ist es ferner zuzuschreiben, dass die nach den Vorschlägen einer Kommission des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine und des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen durchgeführte Klassifikation von Eisen und Stahl allein die Einschnürung an der Bruchstelle von Zerreiß-Proben gelten lässt, ebenso dass die Hauptversammlung des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen im Jahre 1879 zu Salzburg die allgemeine und ausschliessliche Einführung der Zerreiß-Probe an Stelle der früher bestandenen Schlag-, Bieg- und Belastungs-Proben und die Prüfung der Zähigkeit durch Messung der Einschnürung an der Bruchstelle beschlossen hat.

Dieser Beschluss erregte alsbald den lebhaften Widerspruch des Vereins deutscher Eisenhütten-Leute. Derselbe berief eine eigene Kommission zur Revision der inzwischen in weitem Kreisen bekannt gewordenen Klassifikations-Bedingungen, nach deren Gutachten¹⁾ — welches im Mai 1881 vom Verein genehmigt wurde — die Zähigkeit von Eisen und Stahl, insbesondere von Schienen, Achsen und Radreifen der Eisenbahnen durch Schlag- und Biege-Proben sicherer geprüft werden kann, als durch Zerreiß-Proben, weil der kleinste Fehler des Probestabes, der sonst die Brauchbarkeit des Stückes in keiner Weise beeinträchtigen würde, oder der geringste Fehler bei seiner Bearbeitung einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebniss ausübe. Ferner wurde von der Kommission die Einschnürung als Maass der Zähigkeit verworfen und die Einführung der Dehnung — Längen-Aenderung beim Bruche — empfohlen, weil nach Ansicht der Kommission die Bildung der Einschnürung mit der Güte des geprüften Eisens in keiner sicher erkennbaren Beziehung stehe.

Zu demselben Ergebniss gelangte auf Grund von Versuchen auch Professor Tetmajer in Zürich²⁾, der deshalb ebenfalls nur die Dehnung als Maassstab der Zähigkeit zugrunde legt und die Widerstandsfähigkeit des Materials durch das Produkt aus der Bruchfestigkeit und der in Prozenten ausgedrückten Dehnung hinstellt. Die Werthziffer (der Qualitäts-Koeffizient) wird, nach Tetmajer, durch die Formel:

$$n = \text{Zugfestigkeit} / 1 \text{ qcm} \times \text{Dehnung} / \text{Prozent.}$$

gebildet, während die deutschen Eisenbahn-Verwaltungen nach dem Vorgange Wöhler's die Werthziffer:

$$n = \text{Zugfestigkeit} / \text{qmm} \times \text{Einschnürung} / \text{Prozent}$$

eingeführt haben.

Der Widerstreit der Meinungen über die Fragen: „Dehnung oder Einschnürung?“ „Schlagprobe oder Zerreißprobe?“ hat, wenn er auch bisher nicht zum Austrag gekommen ist, doch in Folge des eifrigen Bestrebens der Betheiligten, das Richtige zu ergründen, zur Vervollkommnung des Prüfungsverfahrens und insbesondere auch zur Schaffung wohl eingerichteter, staatlicher öffentlicher Prüfungs-Anstalten wesentlich beigetragen³⁾. Ende der 60er Jahre

1) Stahl und Eisen, 1881. Juli-Heft.

2) Zur Frage der Klassifikation von Eisen u. Stahl. Die Eisenbahn 1881, Nr. 3 u. Nr. 16.

3) Die wichtigste Litteratur über den beregten Meinungsstreit, so weit dieselbe nicht bereits in Vorstehendem angegeben ist, vergl. Wedding. Ueber die Bedingungen der deutschen Eisenb.-Verwaltungen für die Lieferung von Schienen, Radreifen und Achsen aus Flusseisen vom Standpunkte der Fabrikation. Verh. d. Vereins für Eisenbahnkunde. 1882, S. 1. Auch Stahl u. Eisen 1882, S. 81 u. 125. — Müller. Wird die Zähigkeit durch die Dehnung oder durch die Lokal-Kontraktion eines zerrissenen Probestabes gemessen? Stahl u. Eisen 1882, S. 100. — Sandberg. Eisen u. Stahl hinsichtlich ihrer Verwendung zu Konstruktions-Zwecken. Stahl u. Eisen 1882, S. 362. — Wöhler. Die Klassifikation von Eisen und Stahl und der Verein deutscher Eisenhüttenleute 1883, S. 178. Entgegnung des letztern Vereins S. 258. Wöhler's Antwort S. 306. — Schuchart. Prüfung der Grobbleche durch Zerreiß-Versuche. Stahl u. Eisen 1884, S. 137. — Krohn. Beitrag zur Frage der Werthziffern für Konstruktions-Materialien. Zivil-Ingen. 1884, S. 369. — Zetsche. Kontraktion oder Dehnung? 5 Diagramme zur Beleuchtung des Werthes der Lokal-Kontraktion. Dasselbst 1884, S. 646. — Zur Klassifikation von Eisen und Stahl. Dasselbst 1885, S. 83 u. 148.

unseres Jahrhunderts waren die Privat-Anstalten Englands und die *Service des recherches statistiques* benannte französische Anstalt, die einzigen, welche öffentlichen Zwecken dienten. Es gab zwar damals schon leistungsfähige, und genau arbeitende Prüfungs-Maschinen; diese waren aber meistens Privat-Eigenthum der grösseren Hüttenwerke oder Eisenbahn-Gesellschaften. Im Jahre 1852 bestellte die Königl. Eisenbahnbau-Kommission der bayerischen Staatsbahnen, auf Anregung des Oberbauraths v. Pauli bei der Maschinen-Fabrik von Klett & Co. in Nürnberg eine Maschine zur Prüfung der eisernen Zugbolzen von Howe-Trägern, und diese von Werder, dem techn. Direktor der Fabrik, konstruirte Maschine wurde wegen ihrer Vorzüglichkeit bald allgemein bekannt. Im Jahre 1866 beschaffte Culmann die zweite Werder-Maschine für die Züricher technische Hochschule. In den Jahren 1871, 1873, 1875 und 1879 folgten mit ihren Bestellungen bzw. die technischen Hochschulen in München, Wien, Pest und Berlin. In dieser Zeit wurden auch die ersten deutschen öffentlichen Prüfungs-Anstalten in München und bezw. Berlin ins Leben gerufen¹⁾. Die Berliner Anstalt dient ausschliesslich öffentlichen Zwecken und steht nur äusserlich in Zusammenhang mit der technischen Hochschule; die Münchener ebenso wie die Züricher bilden ein mehr unmittelbares Zubehör der Hochschulen.

Während auf solche Weise das Prüfungs-Verfahren allmählig mit ausgebildet wurde, scheiterten die Klassifikations-Bestrebungen an der mangelnden Übereinstimmung der Beteiligten bezüglich der zu Grunde zu legenden Werthziffern. Auch weitere Bemühungen, der Sache einen günstigeren Fortgang zu geben, missglückten. Z. B. hat Wedding's auf dem in Wien im September 1882 tagenden Meeting des *Iron and Steel Institute* angeregte Idee zur Bildung einer internationalen Kommission behufs Vereinbarung einheitlicher Prüfungs-Arten keine Verwirklichung gefunden. Auch die Bemühungen des Professors Bauschinger, Leiter des mechanisch-technischen Laboratoriums der Münchener Hochschule, durch Berufung einer Versammlung von Fachmännern zur Vereinbarung „einheitlicher Prüfungs-Methoden für Bau- und Konstruktions-Materialien²⁾“ sind, obwohl die Versammlung 2mal, im September 1884 in München und im September 1886 in Dresden getagt und zahlreiche Vorschläge auf Grund eingehender Bearbeitung der Sache gefasst hat, bislang ebenfalls von durchschlagendem Erfolge nicht gekrönt gewesen, dies insbesondere wohl aus dem Grunde, weil die Betheiligung an dem Unternehmen keine ausreichend vielseitige gewesen. Es scheint sogar, als ob nach Abhaltung dieser Versammlungen, an denen nebst Andern auch der grosse Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen nicht betheiligt gewesen ist, sich die Gegensätze in den Meinungs-Verschiedenheiten noch mehr zugespitzt haben³⁾.

Die neuste und bedeutsamste Thatsache auf dem besprochenen Gebiete bildet das Vorgehen des preussischen Ministers der öffentlichen Arbeiten, welcher im Jahre 1884 angeordnet hat, dass behufs Ermittlung der erforderlichen Eigenschaften eines zweckentsprechenden Materials zu Eisenbahn-Schienen, Achsen und Rädern durch die Königl. mechanisch-technische Versuchs-Anstalt in Berlin eine Reihe von Versuchen angestellt werden soll⁴⁾. Bei diesen Versuchen soll das Verhalten von gebrauchtem Eisenbahn-Material durch Zerreiß- und Schlagproben untersucht und ferner sollen bei einer Zahl von neuen Gebrauchsstücken die Beziehungen zwischen Zerreiß- und Dauer-Versuchen ergründet werden. Zur Leitung der Versuche ist eine engere Kommission aus Vertretern des Bergbau-, Hütten- und Eisenbahnwesens berufen worden. Die Ergebnisse dieser Versuche werden voraussichtlich für die Werthvergleiche des Eisenbahn-Materials grundlegend sein.

¹⁾ Ein Verzeichniss der heute in Europa, Amerika und Australien vorhandenen Prüfungs-Anstalten vergl. in Kennedy, a. a. O. S. 72—82.

²⁾ Deutsche Bauzeitg. 1884, S. 388; Zentralbl. d. Bauverw. 1884, S. 335.

³⁾ Wichtigste Litteratur über die Folgen der Münchener und Dresdener Versammlung: Wöhler's Auslassungen. Zentralbl. der Bauverw. 1884, S. 475 u. 528; 1885, S. 43; 1886, S. 167. — Bauschinger's Auslassungen das. 1884, S. 381 u. 540 und Deutsche Bauzeitg. 1884, S. 409 u. 528. Ferner: Zentralbl. d. Bauverw. 1884, S. 491 u. Deutsche Bauzeitg. 1884, S. 475, 487 u. 497; 1885, S. 23, 180, 252, 258 u. 311; 1886, S. 213, 221 u. 392.

⁴⁾ Deutsche Bauzeitg. 1884, S. 516.

Die Beschlüsse der erwähnten Konferenzen zu München am 22.—24. Sept. 1884 und zu Dresden am 20. u. 21. Sept. 1886 sind durch eine Redaktions-Kommission: Bauschinger, Berger, Ebermayer, Hartig und Tetmajer in einer jüngst erschienenen besondern Schrift niedergelegt worden. Die Beschlüsse sind im Nachfolgenden an den betreffenden Stellen, so weit als angängig im Wortlaut, auch eingefügt.

II. Beschaffenheit und Untersuchung des Gefüges.¹⁾

Litteratur.

Wedding. Die Eigenschaften des schmiedbaren Eisens, abgeleitet aus der mikroskopischen Untersuchung des Gefüges. Stahl und Eisen, 1887, S. 489. Auch Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 572. — Daelen. Das mikroskopische Gefüge von Eisen und Stahl (nach Sorby). Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 630. — Schild. Die mikroskopische Untersuchung von Eisen u. Stahl. Das. 1887, S. 109. — Martens. Ueber das Kleingefüge des schmiedbaren Eisens, besonders des Stahls. Stahl u. Eisen 1887, S. 235. — Der Unterschied im Kleingefüge des Holzkohlen- und Kokes-Eisens. Das. S. 393.

Die Ergebnisse der Untersuchung stehen hier voran; es folgen Besprechungen über Mittel und Ausführung der Untersuchung.

a. Bildung von Korn und Sehne.

Schmiedbares Eisen von gebräuchlicher Zusammensetzung kristallisirt nach dem regelmässigen System. Nur wenn mehr als 2 % Mangan im Eisen vorhanden sind, entwickeln sich (nach Wedding) an Stelle der regelmässigen Kristalle, unregelmässige, eine Erscheinung, welche am deutlichsten beim Roheisen erkennbar ist (S. 70). Schmiedbares Eisen mit mehr als 2 % Mangangehalt kommt nur ausnahmsweise bei fehlerhaftem Bessemer-Betriebe vor. In freier Entwicklung, die nur in Höhlungen des Eisens möglich ist, gleichen die Kristalle einem Tannenbäumchen; im massiven Eisen pressen sie sich gegenseitig, wodurch sogen. Körner, die meistens von 5eckigen Flächen begrenzt sind, entstehen. Die Korngrösse hängt von 2 Umständen ab: 1) von der Dauer der Abkühlung, während welcher die Erstarrung des Eisens aus dem teigigen oder flüssigen Zustande vor sich ging und 2) von der Art und Menge der fremden Bestandtheile des Eisens. Unter sonst gleichen Umständen wächst die Korngrösse mit der Dauer der Abkühlung, während dieselbe bei gleicher Abkühlungs-Dauer mit einem Kohlenstoffgehalt bis zu 2 % abnimmt, über 2 % aber wieder zunimmt. Silicium, Schwefel und geringe Mengen von Mangan, Wolfram, Chrom und Titan befördern die Feinheit des Kornes, während Phosphor auf dasselbe vergrößernd einwirkt. Wolframstahl mit 2 % Kohlenstoff zeigt z. B. einen fast amorphen Bruch.

Jedes einzelne Korn des schmiedbaren Eisens ist dehnbar; d. h. es nimmt im ungeschmolzenen Eisen unter Einwirkung einer äussern Kraft Formänderungen an. Die Schmiedbarkeit eines Eisenstücks, d. i. die Eigenschaft, welche es befähigt, im erhitzten, ungeschmolzenen Zustande durch mechanische Hilfsmittel, ohne brüchig zu werden, bleibende Formänderungen anzunehmen, steht mit der Dehnbarkeit der einzelnen Körner im Zusammenhange. Wenn auf ein einzelnes Korn nur in einer Richtung ein Druck ausgeübt wird, z. B. bei der Bearbeitung eines Eisenstückes unter einem Hammer, so breitet es sich senkrecht zur Richtung der Kraft und wird dadurch in eine sogen. Schuppe verwandelt. Kommt dagegen ein Druck gleichzeitig von 2 Seiten her in Wirkung, wie es z. B. beim Pressen und Walzen häufig geschieht, so streckt sich das Korn senkrecht zur Kraftebene und bildet dann eine sogen. Sehne. Zur Sehnebildung eignet sich am besten kohlenstoffarmes Eisen; doch scheint ein Schlacken-Gehalt desselben erforderlich zu sein, da Flusseisen in der Regel keine Sehne bildet. Eine Sehne kann indessen nicht beliebig lang werden; sie zertheilt sich selbst bei geringer Streckung wieder in Körner, sobald der Kohlenstoff-Gehalt des bearbeiteten Eisens etwa 0,5 % erreicht oder überschreitet. Die gleiche Wirkung tritt ein, wenn zu einem niedrigen Kohlen-

¹⁾ Ueber das Gefüge des Gusseisens vergl. unter B.

stoff-Gehalt eine sehr geringe Menge Phosphor, eine grosse Menge Silicium oder ein nicht unbeträchtlicher Schwefel-Gehalt hinzu tritt. Bei einem derartig zusammen gesetzten Eisen zerfallen die Sehnen bei der Bearbeitung wieder in Körner, welche natürlich kleiner sein müssen, als diejenigen, aus denen sie entstanden waren. Daher bilden sich in kohlenstoffreichen Stahlsorten und auch im Feinkorn-Eisen (S. 79 u. 85) beim Schmieden keine Sehnen. Die Kornbildung durch Phosphor ist so augenfällig, dass man durch Probenahmen beim Thomasiren (S. 97) das Vorhandensein selbst sehr kleiner Mengen dieses Stoffes aus dem Bruchaussehen erkennt. Niemals kann aber ein sehniges Eisen durch Bearbeitung oder sonstige mechanische Einwirkungen in ein grobkörniges umgewandelt werden, es sei denn, dass dasselbe bis zur Verbrennung (S. 195) erhitzt würde. Der Bruch eines sehnigen Eisens zeigt stets ein Korn, dessen Grösse dem Querschnitt der Sehne entspricht oder, falls mit der Herstellung des Bruches gleichzeitig eine Dehnung des Eisens verbunden war, ein feineres Korn.

b. Sehne und Korn im Schweisseisen und Flusseisen.

1. Im Schweisseisen bilden die einzelnen Sehnen parallele, in verschiedener Richtung in- und durch einander schiessende Bündel von kurzer Erstreckung. Dabei ist jede Sehne weder nach der Seite noch in der Längsrichtung mit der anstossenden Sehne unmittelbar verbunden, vielmehr von ihr durch eine aus Schlacke oder Glühspan ($Fe_3 O_4$) bestehende Schicht getrennt. Ueberall da, wo zwischen den Sehnenbündeln die trennende Schlackenschicht verschwindet, beginnt unmittelbar ein körniges Gefüge. Wedding schliesst hieraus, dass die Bildung von Sehne an das Vorhandensein von Schlacke gebunden ist und führt als weitere Beläge die Darstellung eines sehnigen Fluss-

Fig. 400. Flusseisen, gehämmert, 0,08 % Kohlenstoff, geätzt, aber nicht angelassen. Die dunklen Theile sind Kristalleisen, die hellen Homogeneisen.

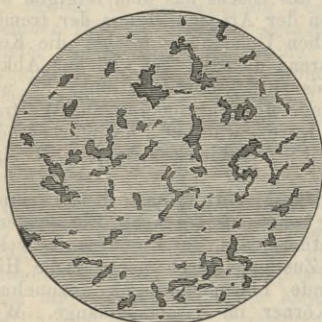


Fig. 401. Flussstahl, gehämmert, 0,62 % Kohlenstoff; geätzt und angelassen. Die hellfarbigen Theile sind Kristalleisen, die dunkleren Homogeneisen.



eisens durch das Avesta-Verfahren (S. 103) sowie die mit Hilfe von Schlacken-zusatz zu erzielende sehnige Probe beim Thomasiren (S. 97) an. Schlacken-freies Flusseisen scheint danach zur Bildung von Sehne nicht geneigt; am allerwenigsten der hochgekohlte, reine Tiegelstahl. Dagegen ist zu bemerken, dass nach der neuesten Ausführungsweise des Avesta-Verfahrens dort das Flusseisen selbst dann ein sehniges Gefüge annehmen soll, wenn die Schlacke von dem Guss in die Formen zurück gehalten wird.

2. Flusseisen zeigt im Bruche durchaus nicht immer gleichmässiges Korn derselben Grösse; nur der verhältnissmässig schnell abgekühlte Tiegelsstahl erscheint im Bruche annähernd homogen. Bei allen anderen Flusseisensorten beobachtete Wedding auf der glatt geschliffenen Bruch-Oberfläche zweierlei Erscheinungs-Formen des Eisens. Benennt man mit ihm — lediglich der Kürze und Deutlichkeit halber — die eine Form mit Kristalleisen, die andere mit Homogeneisen, so erscheinen beim Kristalleisen die einzelnen

Theile als regelmässige in mannichfacher Gestalt mit einander gruppirte Vierecke, während im Homogeneisen — von welchem das Kristalleisen netzartig umschlossen wird — einzelne Theile selbst bei starker Vergrösserung nicht zu erkennen sind.

Fig. 402. Schnelliges Schweisseisen, gewalzt. Schnitt parallel zu den Sehnen und parallel zur Walzfläche des letzten Kalbers. Geätzt und angelassen. Sehnen und Sehnenstücke hellfarbig, die Schlacke schwarz angegeben. Zwischen den Sehnen liegen die Kristalle, welche ein Moiré-ähnliches Ansehen zeigen.

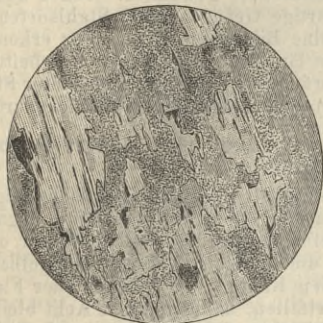


Fig. 403. Flussstahl. Schnitt rechtwinklig zur Axe der Gussform. Geätzt und angelassen. Die Blasenräume sind durch eine fast mathematisch grade Linie parallel zur Erstarrungs-Oberfläche des Blocks begrenzt. Die hellfarbigen Theile sind Homogeneisen; sie verbinden deutlich die Aussen- und Innentheile des Blocks.



Die Fig. 400—403 werden vorstehende Erklärung verdeutlichen helfen.

Das Homogeneisen ist bald härter, bald weicher als das Kristalleisen, je nachdem das Probestück bei seiner Darstellung durch Kohlung, bezw. Entkohlung entstanden ist. Die Ursache der beschriebenen Doppelbildung im Bruche des Flusseisens ist noch nicht aufgeklärt. Besonders bleibt unklar, warum das scheinbar ein reineres Metall vorstellende Homogeneisen bei der Darstellung die bis zuletzt flüssig bleibende Grundmasse bildet. Man müsste im Gegentheil annehmen, dass (wie beim Puddeln) die Körner von reinem Eisen sich zuerst absondern (S. 82) und dann von einer unreinern Eisenmasse umgeben werden.

c. Veränderung des Gefüges durch Erhitzung und Bearbeitung.

Litteratur.

Braune. Gefüge-Veränderungen im Eisen und Stahl. Zeitsehr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 96. — Brinell. Ueber die Textur-Veränderungen des Stahls bei Erhitzung und Abkühlung. Stahl u. Eisen 1885, S. 611.

Man darf die Güte eines Eisens nicht allein nach seinem Bruchaussehen im kalten Zustande beurtheilen, muss vielmehr auch das Verhalten desselben bei der Erhitzung und Bearbeitung in Betracht ziehen. Bedenkt man, dass beim Zementiren von weichem Schmiedeeisen (S. 89) der Kohlenstoff von der Oberfläche nach dem Innern des Eisens wandert, dass beim Tempern von Gusseisen (S. 134) dasselbe in Folge Verringerung seines Gehalts an gebundenem Kohlenstoff in schiedbares Eisen umgewandelt wird, so wird man verstehen, warum auch bei einfacher längerer Erhitzung von Stahl oder Eisen das Gefüge sich verändern kann. Je ungleichartiger das Eisen war, desto grösser werden die Veränderungen sein, die es während des Erhitzens erleidet. Auf diese Thatsache gründen manche Stahlwerke die weiterhin beschriebene Gefügeprobe im warmen Zustande.

Bei der Formgebung durch Hämmern, Walzen und Pressen usw. wird das Gefüge feinkörniger, und zwar in um so stärkerem Maasse, je niedriger der Wärmegrad war, in welchem das Eisen bearbeitet wurde. Durch Erhitzung auf eine dem Schmelzpunkte nahe liegende Temperatur, ohne darauf folgende

Bearbeitung, wird das Gefüge eines durch fortgesetzte Bearbeitung feinkörnig gewordenen Stabes wieder gröber. Verbranntes Eisen (S. 196) zeigt nach dem Erkalten ein ungleichmässiges, sehr grobkörniges, ein fast blättriges und stark glänzendes Gefüge¹⁾. Ein sehniges Eisen kann, wie schon an anderer Stelle erwähnt ist, nur durch starke Erhitzung ein grobkörniges Gefüge annehmen. Die Ansicht, dass eine derartige Umwandlung von Sehne in Korn durch fortgesetzte stossartige Wirkungen, z. B. bei Brückentheilen, bewirkt werden könne, erscheint danach unhaltbar; sie ist auch durch die Erfahrung bislang nirgend bestätigt worden²⁾.

Gegossenes Eisen hat in allen Fällen ein weniger feinkörniges und weniger gleichmässiges Bruchaussehen als geschmiedetes oder gewalztes. Jenes ausserordentlich feinkörnige, gleichmässig sammetartige Gefüge harter Stahlsorten, in welchem mit unbewaffnetem Auge sich einzelne Bildungen nicht mehr erkennen lassen, entsteht nur unter dem Einfluss einer längern, vorsichtigen Bearbeitung. Langsam abgekühlter Stahl behält sein ursprüngliches Gefüge; gehärteter Stahl erlangt dasselbe beim abermaligen Erhitzen und langsamen Abkühlen zurück.

d. Besichtigung des Gefüges. Einfache Gefüge- oder Textur-Proben. Magnetische Probe.

1. Gutes Schweisseisen oder Flusseisen soll eine glatte Oberfläche zeigen, ohne Blasen, Beulen, Risse, eingewalzte Schlacken, offene Schweissnähte, unganze Stellen, kurz ohne alle diejenigen Fehler befunden werden, welche weiter oben besonders hervor gehoben worden sind und die in der Regel von mangelhafter Formgebung herrühren. Kleine Fehler in den Kanten von Blechen oder Flacheisen, sofern sie später beim Beschneiden fortfallen, können ausser Acht bleiben. Bei Blechen ist besonders zu untersuchen, ob etwa im Innern unganze Stellen sich finden; diese werden durch Abklopfen, wie S. 175 angegeben, entdeckt.

Die Kennzeichen eines guten Gussstückes sind: Glattheit der Oberfläche, Abwesenheit von Löchern, Blasen und sichtbaren Poren, feine Gussnähte, reine Kanten und scharf ausgeprägte Verzierungen. Dabei soll Guss-eisen kernigen Bruch von grauer Farbe zeigen, nicht windschief und verworfen und endlich so weich sein, dass es mit der Feile und dem Bohrer gut bearbeitet werden kann und dass ein gegen die scharfe Kante geführter Schlag mit dem Hammer einen Eindruck hinterlässt, ohne dass die Kante abspringt. Das Aussehen der Bruchfläche ist kein zuverlässiges Merkmal für die Beurtheilung der Güte des Gusseisens. Der Graphit-Gehalt ist wesentlich von den Abkühlungs-Verhältnissen abhängig (S. 70). Auch kann man z. B. einen Phosphor-Gehalt oder mässigen Mangan-Gehalt aus dem Bruchaussehen nicht erkennen.

2. Die Gefüge-Probe, welche den Zweck hat, das Innere des schmiedbaren Eisens behufs Besichtigung frei zu legen, kommt in verschiedener Weise zur Ausführung. Will man nur den Querbruch senkrecht zur Längenausdehnung des Stabes beurtheilen, so kerbt man den Stab am besten durch Feilen rings am Umfange ein und führt durch einen einzigen scharfen Schlag über dem Ambos den Bruch an der Kerbstelle herbei. Zeigt die Bruchfläche ein feinkörniges Gefüge, so ist das Eisen im allgemeinen als gut zu bezeichnen. Will man Sehne im Längsbruch sehen und prüfen, so kerbt man zweckmässig den Stab nur an der einen Seite mit dem Meissel ein und führt den Bruch des Probestücks durch langsames Umbiegen über dem Ambos herbei, derart, dass die Fasern in der Kerbstelle zerrissen, an der gegenüber liegenden Seite des Stabes aber gedrückt werden. Bei gutem Eisen, namentlich beim Schweisseisen muss dann in den Bruchstellen der Länge nach ein sehniges oder faseriges Gefüge zum Vorschein kommen. Je feiner und seidenartiger die Fasern erscheinen, desto besser ist im allgemeinen das Eisen.

3. Um nach dem Bruchaussehen auf Rothbruch und Kaltbruch — vergl. S. 4 und S. 231 — zu schliessen, ist ein besonders geübtes Auge erforderlich. Rothbrüchiges Eisen hat einen dunklen, wenig glänzenden Bruch,

¹⁾ Wedding. Die Mikro-Struktur des verbrannten Eisens. Stahl u. Eisen 1886, S. 634.

²⁾ Ueber den Einfluss fortgesetzter Stosswirkung auf die Struktur des Eisens. Stahl u. Eisen 1885, S. 397.

kann fadig und auch körnig sein; bei starkem Rothbruch zeigt es grobe, graue Sehnen ohne Glanz. Die Stäbe sind nicht scharfkantig, haben Kantenrisse und bei starkem Rothbruch Längsrisse. Kaltbrüchiges Eisen hat immer grobes Korn, zeigt zinnglänzende, schiefriige, faserige oder blättrige Kristalle im Gegensatz zum Feinkorneisen, welches zwar auch glänzenden Bruch zeigt, aber mehr silberhell bis bleifarbig, bei feinem, gleichmässigen Korn ist. Kohlenstoffarmes, sehr reines Eisen, z. B. schwedisches Frischfeuer-Eisen, kann zwar auch grobkörnig erscheinen, jedoch glänzt es nicht, wie das phosphorreiche kaltbrüchige Eisen.

4. Eine Gefüge-Probe im blauwarmen Zustande des Bruches wird nach Kerpely¹⁾ zweckmässig zur Beurtheilung der innern Beschaffenheit einiger Stahlorten ausgeführt, da der blaue Bruch gegenüber dem kalten Bruch um so mehr Veränderungen in Gestalt von Unebenheiten, Schuppen, Zacken usw. zeigt, je ungleichartiger der Stahl war. Die geschmiedeten Probestücke werden an einer Seite eingekerbt und in einem Bleibade einer Temperatur ausgesetzt, welche der dunkelblauen Anlauffarbe des Stahls (S. 198) entspricht. Im richtigen Augenblick wird der Stab schnell durchgebrochen; dann erscheint auf der Bruchfläche sehr bald die blaue Anlauffarbe, die noch bis nach dem Erkalten bestehen bleibt. Kerpely nennt den Zustand, in welchem der Stahl sich bei dieser Wärme befindet, den *erregten*. Er hat gefunden, dass nur das Verhalten eines sehr harten Tiegel-Gussstahls als Maassstab bei der beschriebenen Probe dienen könne, da die Erregung bei demselben ausserordentlich gering sei.

5. Die Versuche des Engländers Saxby²⁾, das Eisen mit Hilfe des Magnetismus auf seine Homogenität u. dgl. zu untersuchen, bieten mehr als geschichtliches Interesse. Saxby's Verfahren gründet sich auf die Thatsache, dass eine Eisenstange unter Umständen magnetisch wird, wenn man sie wagrecht oder geneigt in eine Lage bringt, die mit dem magnetischen Meridian zusammenfällt. Liegt die Stange im magnetischen Aequator, so steht die magnetische Strömung senkrecht auf der Längsaxe. Liegt die Stange im magnetischen Meridian, so geht der Strom parallel zur Längsaxe. Führt man daher mit einer kleinen Kompassnadel langsam in der Längsrichtung der Stange hin, welche im magnetischen Meridian liegt, so zeigt die Magnetnadel keine Abweichung von Nord oder Süd, sobald die Stange homogen und gleich dicht ist. Dagegen zeigen sich sofort Abweichungen, wenn unganze Stellen, Blasen oder dgl. vorkommen, welche eine Unterbrechung des magnetischen Stromes veranlassen. Die Versuche gelangen nur bei grössern Schmiedeisenteilen; bei Eisenblechen, sowie auch bei Gusseisen und Stahl erreichte man keine genügenden Erfolge.

Die Stahlketten-Glieder der Strassenbrücke über den Monongahela in Pittsburg wurden durch die Magnetnadel auf Vorhandensein von Blasen untersucht³⁾.

e. Aetzproben. Mikroskopische Schriffe.

Wenn man mit Hilfe von Säuren die Oberfläche des Eisens ätzt, so werden dadurch dichtere Stellen derselben weniger stark als lockere, und härtere, insbesondere kohlenstoffreichere, weniger stark als weichere, kohlenstoffärmere Stellen angegriffen. Beim Ätzen von Schweisseisen zeigen sich z. B. die Stellen, wo ursprünglich Schlackenkörnchen sassen, auch dem unbewaffneten Auge sehr deutlich. Sie erscheinen in unregelmässiger Vertheilung und oft in grosser Zahl als kleine lochartige Vertiefungen auf der geätzten Fläche. Ätzt man eine vorher glatt bearbeitete oder polirte Fläche, so wird dieselbe nach einer gewissen Zeit, weil einzelne Theile derselben, Fehlstellen und dergl., mehr angegriffen werden als andere, dem Auge als Relief erscheinen, in welchem die härteren Eisentheile erhaben vortreten, während weichere Theile vertieft zu liegen pflegen. Auf diesen Umstand gründet sich der Erfolg der Aetzprobe, welche mit oder ohne Hilfe des Mikroskops, gewöhnlich aber mehr zu theore-

¹⁾ Unterscheidungs-Merkmale des Stahls. 1878.

²⁾ v. Kaven. A. a. O. S. 2 u. 3.

³⁾ Engineering, 1884, I., S. 239.

tischen als praktischen Zwecken ausgeführt wird. Am meisten empfiehlt sich das Aetzen für Roheisen. Je weicher das zu untersuchende Stück, desto eher kann man das Hilfsmittel der Aetzung entbehren.

Zu den Proben benutzt man entweder Stabquerschnitte und Längsschnitte oder man entnimmt aus dem zu untersuchenden Stabe kleinere Stücke an passenden Stellen.

Für gewöhnlichere Untersuchungen genügt es, die Probefläche vor dem Aetzen mit einer Schlichtfeile möglichst glatt zu feilen. Die Fig. 345—346, 355 bis 356 u. 364—366 (S. 201—208) veranschaulichen derart vorbereitete und geätzte Querschnittsflächen von Schienennägeln und Muttern. Am sorgfältigsten muss man bei Glättung derjenigen Flächen verfahren, welche mit dem Mikroskop untersucht werden sollen¹⁾. Bei Herstellung der sogen. mikroskopischen Schliche werden in der preussischen mechanisch technischen Versuchs-Anstalt zu Berlin die durch Ausbrechen, Hobeln, Feilen usw. gewonnenen kleineren Probestücke zuerst auf einer groben Schmirgelscheibe und sodann auf gusseisernen Platten mit stets feiner werdendem Schmirgelpulver geschliffen. Dabei sind die Stücke mit einer Klebmasse aus Wachs und Harz an Spiegelglas-Stückchen befestigt und das Schleifen geschieht unter Wasserkühlung, damit das Klebemittel nicht erweicht. Die Politur der Probefläche erfolgt von Hand mit sorgfältig ausgewaschenen Mitteln, wie Totenkopf, Zinnasche, Diamantine oder Wiener Kalk. Nachdem man sich mittels der Loupe oder des Mikroskops von der Güte der Politur überzeugt hat, wird der Schliff sorgfältig abgewaschen und die Oberfläche mit Fett lösenden Mitteln, als Chloroform, Alkohol und Aether gereinigt und getrocknet. Aether wird zuletzt angewendet, um das Rosten zu verhindern.

Zum Aetzen der in der einen oder anderen Weise vorbereiteten Flächen benutzt man verschiedene Säuren oder Säuregemische; meistens genügt eine ganz schwachsaure Lösung, z. B. ein Tropfen Salzsäure in 1^l destillirtem Wasser²⁾ und eine Aetzdauer von nur wenigen Minuten.

Nach dem Aetzen wird die Aetzflüssigkeit durch Wasser fortgespült, das Wasser mit Alkohol und der Alkohol durch Aether fortgenommen. Bis zur weitem Behandlung werden die Schliche in der vorgenannten Anstalt, um sie gegen Rost zu schützen, mit gebranntem Kalk in einem Gefässe aufbewahrt und so verpackt auch verschickt. Jedes unvorsichtige Anfassen mit feuchter Hand kann die mühevollte Arbeit der Herstellung des Schliffs zerstören.

Werden die mikroskopischen Schliche nach dem Aetzen auch noch vorsichtig gehärtet und angelassen, so nehmen die geätzten Theile verschiedene Färbungen, meistens goldgelb, purpurroth, violett oder dunkelblau an. Diese Anlauffarben stehen in gewissen noch nicht festgestellten Beziehungen zu den Eigenschaften des Eisens³⁾. Unter dem Mikroskop erhält man dann ein farbiges Bild, wenn man es in hellem, unter einem Winkel von ungefähr 45^o zurück geworfenem Lichte betrachtet. Ein geeignetes, von Martens konstruirtes Mikroskop zur Vornahme der Untersuchungen ist in der angegebenen Quelle⁴⁾ durch Beschreibung und Zeichnung erläutert. Ingenieur Martens hat bereits im Jahre 1879 die Mikro-Photographie betrieben und 1880 zuerst die Konstruktion eines Mikroskops zum Photographiren von Metallen veröffentlicht⁵⁾. Er ist auch der Erste, welcher darauf aufmerksam gemacht hat, dass man richtige Bilder von der Mikrostruktur oder dem Kleingefüge des Eisens nur erhalten könne, wenn man vollständig ebene und polirte Flächen desselben betrachte.

¹⁾ Vergl.: Ueber die Struktur geschliffener u. polirter Oberflächen. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1885, II. S. 79.

²⁾ Wedding. Mikrostruktur einer Panzerplatte. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfl. 1886, S. 293.

³⁾ Haedicke. Ueber die Beziehungen der Anlauffarben des Kohleneisens zum Kohlenstoff-Gehalt. Stahl u. Eisen 1887, S. 144.

⁴⁾ Martens. Mikroskop für die Untersuchung der Metalle. Stahl u. Eisen 1882, S. 423. — Vergl. ferner: Wedding. Die Mikrostruktur des Eisens. Stahl u. Eisen 1887, S. 82 sowie Martens. Ueber das Kleingefüge des schmiedbaren Eisens. Dasselbst 1887, S. 235. und Wedding. Der Unterschied im Kleingefüge des Holzkohlen- u. Koks-Roheisens. Dasselbst S. 393.

⁵⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1880, Taf. XXI.

III. Schweissbarkeit, Schmiedbarkeit, Härte, Leitungs-Fähigkeit, Dichtigkeit und Rostbildung.

Ueber die Technologie des Schweissens, Schmiedens und Härtens vergl. den Theil zu C.

a. Schweissbarkeit im allgemeinen.

Schweissbarkeit ist diejenige Eigenschaft, vermöge welcher 2 getrennte Stücke des Eisens im erhitzten Zustande unter Einwirkung eines äussern Druckes sich zu einem Ganzen vereinigen lassen. Die Ursachen der Schweissbarkeit sind zur Zeit noch nicht völlig festgestellt. Wedding erklärt das Schweissen als einen Uebergang von Adhäsion in Kohäsion und ist ferner der Ansicht, dass die im Eisen enthaltene Schlacke sowohl die Sehnenbildung (S. 224) begünstige als auch, indem sie zur Lösung der auf den Oberflächen der zu vereinigenden Eisentheile in der Schweisshitze entstehenden Oxydschicht beitrage, das Schweissen befördere. Dass die Schlacke letztere Wirkung ausübt, sieht man z. B. beim Walzen von Packeten, die stets um so vollkommener schweissen, je mehr noch ungeschweisste, unmittelbar aus den Luppen geschnittene Rohstäbe das Packet enthält.

Im allgemeinen darf man sagen, dass eine Eisensorte um so besser schweisbar ist, je weicher sie bei ihrer Erhitzung wird und je langsamer dabei der Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand vor sich geht. Das reinste Eisen ist danach im allgemeinen am leichtesten schweisbar, weil fast alle fremden Körper die Schmelzhitze des Eisens herab ziehen und theils aus diesem Grunde, theils auch, indem sie unmittelbar die Härte und Sprödigkeit des Eisens in der unter dem Schmelzpunkte liegenden Temperatur steigern, eine plötzliche Verflüssigung bewirken. Aus diesem Grunde ist weder das Roheisen, noch das an fremden Körpern sehr reiche schmiedbare Eisen überhaupt schweisbar.

Die geringe Schweissbarkeit des Flusseisens erklärt sich ausserdem, nach Wedding, aus der bereits S. 224—225 erwähnten eigenthümlichen Zusammensetzung desselben. Die Kristalleisen-Theile der Schweissflächen werden zwar durch gründliche Bearbeitung in einander gepresst und halten hakenähnlich zusammen; aber das stets an der Oberfläche vortretende Homogeneisen scheint sich bei der Schweissung niemals wirklich zu verbinden. Zur Herbeiführung einer innigen Schweissung müsste das Flusseisen (nach Wedding) stets bis nahe zu seinem Schmelzpunkte erhitzt werden. Bauschinger¹⁾ bezeichnet dagegen den Uebergang von der Roth- zur Weissgluth als die beste Schweisshitze für Flusseisen.

Die Frage der Schweissbarkeit des Flusseisens ist danach noch wenig geklärt. Man nimmt aber zur Zeit, obwohl auch gegentheilige Erfahrungen vorliegen, ziemlich allgemein an, dass Flusseisen schlechter schweisst, als Schweisseisen.

Uebrigens muss bemerkt werden, dass der Nachtheil der geringern Schweissbarkeit für das Flusseisen bei seiner Verwendung zu Konstruktionszwecken gar nicht ins Gewicht fällt, da es bei dem heutigen Stande der Technik nicht allein unnöthig, sondern auch wenig empfehlenswerth ist, überhaupt noch Schweissungen — auch von Schweisseisen — auszuführen, wo diese nicht unumgänglich nothwendig sind.

b. Einfluss fremder Stoffe auf die Schweissbarkeit.

Der Einfluss der chemischen Zusammensetzung des Eisens auf dessen Schweissbarkeit ist heute, ebenso wie die Ursache der letztern, noch nicht völlig aufgeklärt. Wie neuere Versuche²⁾ darthun, scheint die molekulare Anordnung des Eisens einen weit grössern Einfluss auf die Schweissbarkeit zu haben, als die chemische Zusammensetzung. Reiser³⁾ schreibt der letztern

¹⁾ Mittheilungen aus dem mechanisch-technisch. Laborator. der Kgl. technisch. Hochschule in München, Heft XII. 1885, S. 35.

²⁾ Dr. Böhme. Bericht der vom Verein zur Beförderung des Gewerbflusses berufenen Kommission für die Untersuchung der Schweissbarkeit des Eisens. Verh. des Ver. zur Beförd. des Gewerbfl. 1883, S. 146.

³⁾ Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. No. 3 u. 4. 1883.

nur insofern eine bedingte Einwirkung auf die Schweissbarkeit zu, als dadurch das Kristallisations-Bestreben des Eisens beeinflusst wird. Hiernach würde es die Kristallisation des aus dem flüssigen Zustande erhaltenen Flusseisens sein, welche die schwieriger auszuführende Schweissung gegenüber dem teigig erhaltenen Schweisseisen bedingt.

Bezüglich des Einflusses der einzelnen Stoffe gilt als sicher — obwohl auch gegentheilige Ansichten¹⁾ laut geworden sind — dass die Schweissbarkeit mit wachsendem Kohlenstoff-Gehalt abnimmt. Ein Stahl mit etwa 1% Kohlenstoff pflegt, wenn er sonst genügend frei von schädlichen Beimengungen ist, ohne grosse Schwierigkeit noch schweisbar zu sein. Reinen Bessemerstahl schweisst man in Schweden sogar noch mit 1,5% Kohlenstoff-Gehalt. Phosphor zeigt sich im Schmiedeeisen der Schweissbarkeit eher förderlich als hinderlich; im Stahl aber übt Phosphor eine nachtheilige Wirkung aus²⁾. Der Einfluss des Schwefels ist nicht von Belang. Man muss, um Rothbruch zu vermeiden, den Schwefel-Gehalt ohnehin so niedrig halten, dass er auf die Schweissbarkeit nicht einwirken kann. Kupfer, Arsen, Antimon und Silicium gelten — abgesehen von einigen Zweifeln bezüglich des Siliciums — als die schlimmsten Feinde der Schweissbarkeit. Sauerstoff (Eisen-Oxydul) äussert eine ähnliche Wirkung wie der Schwefel, er beeinträchtigt im kohlenstoffarmen Eisen, welches Erhitzung bis auf Weissgluth erträgt, die Schweissbarkeit nicht erheblich. Ueber den Einfluss von Mangan sind die Meinungen getheilt. Einerseits wird behauptet, ein Zusatz von Eisen-Mangan, wie ihn das deutsche Bessemer-Verfahren (S. 45 u. 90) bedingt, benachtheilige die Schweissbarkeit des Erzeugnisses. Dagegen wird anderseitig behauptet, dass die geringere Schweissbarkeit des Bessemer-Eisens nicht vom Mangan, sondern vom Gehalt des Eisens an Eisen-Oxyden herrühre. Von beiden Seiten wird zum Beweis auf die anerkannt vortreffliche Schweissbarkeit des schwedischen Bessemer-Stahls hingewiesen, der, weil er nicht vollständig entkohlt und ohne Rückkohlung dargestellt wird, nur Spuren von Mangan und auch nur wenige Oxyde beigemischt enthält. Da aber auch österreichisches und deutsches Bessemer-Metall schon schweisbar hergestellt worden ist, wie die älteren Schienen mit Bessemer-Stahlköpfen bekunden, ferner auch die Bessemer-Stahl-Radreifen, die z. B. in Hörde anfänglich, wie Puddelstahl- und Feinkorn-Radreifen geschweisst wurden, so ist es wahrscheinlicher, dass die Schweissbarkeit des schwedischen Fluss-Metalls nicht in dem Mangel an Mangan, vielmehr in der geringen Grösse der Oxyd-Beimengungen, überhaupt in der grossen Reinheit, zu suchen ist. Ob Bessemer-Eisen im allgemeinen besser schweisbar darzustellen ist, als Martin-Siemens- oder Thomas-Eisen, ist nach den heutigen Erfahrungen noch nicht endgültig zu entscheiden. Wenn die Oxyd-Beimengungen allein Ausschlag gebend wären, so müsste das Bessemer-Eisen besser schweissen, als das Martin-Siemens-Eisen, welches in Folge der kälter verlaufenden Sätze des Flammofens mehr Oxyde beigemischt enthält, als das erstere. Dies scheint aber nicht der Fall zu sein³⁾.

c. Schmiedbarkeit und Härte im allgemeinen.

1. Auf S. 223 wurde bereits erwähnt, dass die Eigenschaft der Schmiedbarkeit, vermöge welcher das Eisen befähigt wird, im erhitzten, ungeschmolzenen Zustande unter der Einwirkung äusserer Kräfte, ohne brüchig zu werden, bleibende Formänderungen anzunehmen, sich auf die Dehnbarkeit der einzelnen Körner des Gefüges stützt. Selbstverständlich darf die Grösse der äussern Kraft, welche die Formänderung des erhitzten Eisens bewirkt, nicht grösser als die Festigkeit desselben sein, da andernfalls eine Zerstörung oder ein Bruch des Eisens eintreten müsste.

¹⁾ Ann. f. Gew. u. Bauw. 1880, I., S. 582.

²⁾ Phosphor in Eisen. Stahl u. Eisen, 1887, S. 180.

³⁾ Neuere Journal-Litteratur über Schweissbarkeit: Wedding. Ueber die Schweissung des Eisens. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1880 I. S. 203. — Ledebur. Beiträge zur Metallurgie des Eisens. Das. 1882 I. S. 179. — Reiser. Beiträge zur Theorie der Schweissbarkeit. Das. 1882 II. S. 25. — Versuche mit Platten aus Schweisseisen und aus Flusseisen. Stahl u. Eisen 1882, S. 137. — Hupfeld. Untersuchungen über die Schweissbarkeit des Bessemer-Eisens. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. No. 8. 1884. — Tetmajer. A. a. O. — Ausserdem sind die übrigen Anmerkungen zu vergl.

2. Die Naturhärte des schmiedbaren Eisens, d. i. diejenige Härte, welche es nach der Bearbeitung in Rothgluth und darauf folgender Abkühlung an der Luft besitzt, kann durch anhaltende Bearbeitung im kalten Zustande gesteigert werden (S. 190; 191). Mit dieser Steigerung geht stets eine Zunahme der Sprödigkeit Hand in Hand, welche aber, ebenso wie die Härte, durch Wiederausglühen auf das ursprünglich vorhanden gewesene, natürliche Maass zurück geführt werden kann. Durch plötzliche Abkühlung des glühend gemachten Eisens kann man die Naturhärte ebenfalls vergrössern; doch lässt nur dasjenige schmiedbare Eisen eine eigentliche Härtung zu, welches wir Stahl nennen, d. h. also alle Sorten mit einem Kohlenstoff-Gehalt von mindestens 0,6%. Bedingung bleibt ausserdem, dass der Stahl auf mindestens etwa 500° C. erhitzt worden ist, ehe die Abkühlung stattfindet. Diese, heute noch gültige Eintheilung des Eisens in härteres und nicht härteres (bezw. Schmiedeisen und Stahl) ist bequem, aber nicht ganz genau; denn ein nicht härteres Eisen giebt es überhaupt nicht¹⁾. Selbst die Naturhärte des weichsten Holzkohlen-Eisens erleidet durch Härtung eine, wenn auch nur unerhebliche Steigerung. Uebrigens unterscheidet sich das Flusseisen vom Schweisseisen dadurch, dass es auch bei niedrigerem Kohlenstoff-Gehalte schon eine Härtung deutlich erkennen lässt.

Die Ursachen der Härte sind bislang noch nicht völlig aufgeklärt²⁾. Man nimmt allgemein an, dass beim Härten des Stahls der Kohlenstoff-Gehalt desselben eine andre Form annehme, eine andre Verbindung mit dem Eisen eingehe als bei langsamem Erkalten, und dass hierauf vornehmlich die physikalische Wirkung des Härten beruhe³⁾. Nach Professor Gollner⁴⁾ ist die Reihenfolge einiger Metalle, nach ihrer Härte geordnet, folgende:

1. Reines Weichblei;
2. Reines Zinn;
3. Reines Hartblei;
4. Reines weichgeglühtes Kupfer;
5. Reines gegossenes Feinkupfer;
6. Weiche Lagerbronze (85 Kupfer, 10 Zinn, 5 Zink);
7. Gusseisen, getempertes;
8. Schmiedeisen, schnig;
9. Gusseisen, feinkörnig und lichtgrau;
10. Verstärktes Gusseisen (mit 10% Schmiedeisen-Spänen im Flammofen umgeschmolzen);
11. Weiches Flusseisen (0,15% Kohlenstoff);
12. Flussstahl, ungehärtet (0,45% Kohlenstoff);
13. Flussstahl, ungehärtet (0,96% Kohlenstoff);
14. Tiegelgussstahl, gehärtet, blau angelassen;
15. Tiegelgussstahl, gehärtet, violett bis orange gelb;
16. Tiegelgussstahl, gehärtet, strohgelb;
17. Harte Lagerbronze (83 Kupfer und 17 Zink);
18. Tiegelgussstahl, glashart.

Die Magnetisirbarkeit des Stahls wächst mit seiner Härte; deshalb eignet sich der Wolfram-Stahl so gut für Herstellung von Magneten⁵⁾. Die Firma Eadon & Sons in Sheffield erzeugt unmagnetisirebaren Stahl, der zur Herstellung von Chronometern benutzt wird und dessen Zugfestigkeit 58,5 kg beträgt⁶⁾.

Ueber Härtebestimmung vergl. weiterhin.

d. Einfluss fremder Stoffe auf Schmiedbarkeit und Härte. Roth-, Kalt- und Blaubruch.

1. Reines Eisen ist weich, leicht schmiedbar und gut dehnbar. Schmiedbarkeit und Dehnbarkeit verringern sich mit wachsendem Gehalt an fremden

¹⁾ Was ist Stahl? Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884, II., S. 18.

²⁾ Zentralbl. d. Bauverwaltung, 1884, S. 406.

³⁾ Ledebur. Einige neuere Untersuchungen und Theorien über die Formen des Kohlenstoffs im Eisen und Stahl. Stahl u. Eisen 1886, S. 373.

⁴⁾ Technische Blätter 1882, S. 181.

⁵⁾ Zusammenhang zwischen Härte des Stahls und dessen Magnetisirbarkeit, sowie über den Einfluss des Anlassens auf die Haltbarkeit der Magnete. Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1884, S. 142. — Ueber Magnetstahl. Maschinenbauer 1882, S. 143.

⁶⁾ Ann. f. Gew. u. Bauw. 1887, I., S. 114.

Stoffen, während die Härte zunimmt. Schweisseisen ist bei gleichem Kohlenstoffgehalt besser schmiedbar als Flusseisen, weil es von fremden Beimengungen, besonders von Silicium und Mangan, mehr frei ist als dieses; am deutlichsten erkennt man den Unterschied beim Schmieden von Schweisstahl und Flussstahl.

Der Einfluss des Kohlenstoffs ist im allgemeinen bekannt; derselbe beeinträchtigt die Schmiedbarkeit in der Wärme und ebenso auch, indem er die Härte steigert, die Dehnbarkeit in der Kälte. Ein Eisen mit mindestens 2,3% Kohlenstoff-Gehalt ist Roheisen und nicht mehr schmiedbar, obwohl eine so scharfe Grenze der Schmiedbarkeit im allgemeinen nicht gezogen werden kann, weil die andern fremden Stoffe den Einfluss des Kohlenstoffs unter Umständen verändern können. Aehnlich wie der Kohlenstoff, jedoch bei gleichen Mengen in bei weitem schwächerem Grade, wirkt Mangan im Eisen auf eine Steigerung der Härte und Minderung der Dehnbarkeit. Dagegen scheint Mangan, so weit bekannt, die Schmiedbarkeit des Eisens in Roth- und Weissgluth eher zu befördern als zu beeinträchtigen. Der Einfluss von Silicium gleicht demjenigen von Mangan; es beeinflusst die Schmiedbarkeit in der Wärme nicht erheblich, etwas stärker, wie es scheint, die Dehnbarkeit in der Kälte¹⁾.

2. Schwefel und Phosphor sind von schädlichstem Einflusse auf die Schmiedbarkeit. Diese Stoffe sind im Stande, das Eisen brüchig zu machen, derart, dass es, in einem bestimmten Hitzezustande bearbeitet, unbrauchbar wird, während es bei derselben Behandlung in höhern oder niedrigeren Wärmegraden gut schmiedbar bleibt. Die hauptsächlichsten Erscheinungen solcher Brüchigkeit hat man mit den Namen Rothbruch und Kaltbruch belegt. Rothbrüchiges Eisen ist in der Schweisshitze, unter Entlassung von groben, dicken Schweissfunken gut zu schmieden, während es in dunkler Rothglühhitze rissig wird, derart, dass es sich nicht biegen und lochen lässt. Oft ist der Rothbruch so stark, dass das Eisen seinen Zusammenhang ganz verliert und unter dem Hammer oder der Walze zerbröckelt. Die Ursache der Rothbrüchigkeit liegt gewöhnlich in einem zu hohen Schwefelgehalt des Eisens; doch ist die Menge des Schwefels, welche schmiedbares Eisen durch Rothbruch unbrauchbar macht, nicht bei allen Eisensorten die nämliche. Während Schweisseisen mit 0,02% Schwefel schon deutlichen Rothbruch zeigt und bei mehr als 0,04% Schwefelgehalt unbrauchbar werden kann, findet man nicht selten Flusseisensorten, welche 0,1% Schwefel enthalten, ohne dass ihre Schmiedbarkeit erheblich dadurch beeinträchtigt würde. Diese Eigenschaft des Flusseisens rührt von seinem Mangangehalt her, da es erwiesen ist, dass der durch Schwefel erzeugte Rothbruch durch Anwesenheit von Mangan verringert wird, d. h. dass manganhaltiges Eisen einen grössern Schwefelgehalt verträgt, ohne rothbrüchig zu werden, als manganfreies²⁾. Früher glaubte man, dass auch eine Beimengung von Kupfer leicht Rothbruch erzeugen könne; doch haben neuere Versuche³⁾ gezeigt, dass die Einwirkung des Kupfers in dieser Beziehung ausserordentlich gering ist. Dass ein Sauerstoff-Gehalt (von etwa mehr als 0,1% ähnlich wie Schwefel Rothbruch erzeugen kann, wurde bereits im geschichtlichen Theile (S. 45 bezw. 91) bei Gelegenheit der Erfindung Bessemer's angedeutet. — Kaltbrüchiges Eisen ist sehr gut schweisbar, in der Hitze gut zu bearbeiten, bricht und springt dagegen in kaltem Zustande sehr leicht. Solches Eisen ist hart und spröde, was gewöhnlich von einem zu hohen Gehalt an Phosphor herrührt, welcher, wie S. 224 erwähnt, auf grobkörnige Gestaltung des Gefüges wirkt. Weil der schädliche Einfluss von Phosphor mit wachsendem Kohlenstoff-Gehalt zunimmt, so ist er im Stahl am fühlbarsten. Während demnach Schmiedeseisen 0,5—0,75% Phosphor enthalten darf, wird Stahl schon bei einem Phosphor-Gehalt von 0,06% unbrauchbar.

3. Blaubrüchig oder schwarzbrüchig nennt man schmiedbares Eisen,

1) Mrázek. Experimentelle Untersuchungen über Silicium und Mangan im Stahl. Jahrb. d. k. k. Bergakademie zu Leoben nsw. Bd. XX., S. 406.

2) Caron. *Études sur l'acier. Comptes rendus*, Bd. 56, S. 828. — Daraus in Dingler's Polytechn. Journ. Bd. 168, S. 380.

3) Wasum. Ueber den Einfluss von Schwefel und Kupfer auf den Stahl bei Verarbeiten desselben in der Wärme. Stahl u. Eisen 1882, S. 192. — Ferner daselbst 1884, S. 374.

wenn es — auf jenen Grad erwärmt oder abgekühlt, bei welchem es blau anläuft — plötzlich hart und spröde wird. Dieser Wärmegrad liegt (nach S. 196) zwischen 250—400° C.¹⁾ Alle Eisen- und Stahlsorten ohne Ausnahme scheinen der Blaubruchigkeit unterworfen zu sein. Die Ursachen derselben sind bis heute noch nicht genügend aufgeklärt. Man will indess mit Sicherheit beobachtet haben, dass Flusseisen stärker zum Blaubruch neigt, als Schweisseisen. Der Erste, welcher auf die Blaubruchigkeit besonders aufmerksam machte, war Valton²⁾. Spätere Versuche rühren von Walrand³⁾, Huston⁴⁾ u. a. her. Walrand fand, dass verschiedene Stäbe, welche in der Kälte sich ohne Schwierigkeit biegen und theilweise flach zusammen schlagen liessen, eine solche Biegung nicht ertrugen, sondern rissig wurden oder brachen, wenn sie auf 300° C. erhitzt worden waren. Diese eigenartige Bruchigkeit von Eisen und Stahl wird auf grossen Eisenwerken wohl gewürdigt, indem die Schmiede dort angewiesen sind, nicht weiter zu hämmern, sobald die blaue Anlauffarbe erscheint.

e. Härtegrade des Stahls.

1. Eine allgemein anerkannte Normalhärte - Skala für Flusseisen und Flusstahl giebt es zur Zeit noch nicht. Die natürliche und künstliche Härte des Stahls nimmt mit seinem Kohlenstoff-Gehalt ab und zu. Härte und Härtefähigkeit spielen vornehmlich eine Rolle beim Tiegel-Gussstahl, insbesondere beim Werkzeugstahl, welcher je nach seinem Verwendungs-Zwecke einen andern Härtegrad erfordert.

Der Zementstahl — der vorzüglichste Rohstoff für die Tiegelstahl-Bereitung (S. 111) wird in England in 6 verschiedenen Härtenummern in den Handel gebracht:

No.	Bezeichnung		Kohlenstoff-Gehalt in %	Eigenschaften
	englische	deutsche		
1	<i>Spring heat</i>	Federstahl	1/2	Zementirung nur auf der äussersten Rinde. Härte wenig von Schmiedeseisen unterschieden.
2	<i>Country heat</i>	Handelsstahl	5/8	Ohne rohen Kern, hauptsächlich zu Schweisstahl benutzt.
3	<i>Single-shear heat</i>	Schweisstahl	3/4	Durch Schweissen von etwa 6 Zementstäben erzeugt, dann geschmiedet oder gewalzt. Giebt eingeschmolzen schon ein schwer schweisbares Erzeugniss.
4	<i>Double-shear heat</i>	Doppel-Schweisstahl	1,0	Entsteht durch Herunterarbeiten von No. 2 und Schweissen. Gleichmässige Kohlhung.
5	<i>Steel-through heat</i>	Werkzeug-Stahl	1 1/4	
6	<i>Melting heat</i>	Feilenstahl	1 1/2	Im Bruche blättrig.

Für Werkzeugstahl sind in England, besonders in Sheffield, folgende Härtegrade — *temper*s — gebräuchlich:

1. Rasirmesser-Stahl — *razor temper*s . . . 1 1/2 % C.
2. Sägefeilen-Stahl — *sawfile temper*s . . . 1 3/8 % C.
3. Drehstahl — *tool temper*s 1 1/4 % C.
4. Spindelstahl — *spindle temper*s 1 1/8 % C.
5. Meisselstahl — *chisel temper*s 1 % C.
6. Setzmeissel-Stahl — *sett temper*s 7/8 % C.
7. Matrizen-Stahl — *die temper*s 3/4 % C.

¹⁾ Einfluss der Blauhitze auf Stahl und Eisen. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1886, I. S. 83. — Ledebur. Ueber die Blaubruchigkeit des Eisens und Stahls. Das. 1886, I. S. 205.

²⁾ Berg- u. hüttenm. Zeitg. 1877, S. 25.

³⁾ Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 137.

⁴⁾ Dingerl's Polytechn. Journ. Bd. 227, S. 502.

No. 2 darf nicht über Kirschröthe erhitzt werden. No. 3, 4 und 5 können nur durch sehr geschickte Arbeiter geschweisst werden, während das Schweissen der Sorten No. 6 u. 7 keine besondere Schwierigkeit bereitet.

2. Der deutsche Werkzeug-Stahl — Tiegelguss-Stahl — dessen Kohlenstoff-Gehalt von 0,75—1,5 % schwankt, wird gewöhnlich in 6—7 Härte-Nummern in den Handel gebracht. Einige Hütten geben den Härtegraden möglichst passende Benennungen und fügen kurze Bemerkungen über die Behandlungsweise des Stahls hinzu, z. B.:

No.	Farbe der Papierbeklebung	Härtegrad	Zweckmässige		
			Verwendung für	Hitzefarbe	
				beim Schmieden	beim Härten
1	Weiss	Sehr zäh	Schelleisen, Matrizen, Hämmers usw.	Weiss	Hellroth
2	Gelb	Zäh	Scherenmesser, Patrizen, Setzhämmer, Gesenke, Dorne, grosse Lochstempel usw.	Hellgelb	Rothwarm
3	Roth	Zähhart	Hand-Meissel, Lochstempel, grosse Fraiser, Reibahlen, grosse Bohrer usw.	Gelb	Rothwarm
4	Blau	Mittelhart	Drehstäbe und Lochbohrer, Grubenbohrer auf Granite, Backen für Schneidekluppen, Mühlenpicken, Scheren usw.	Hellroth bis gelb	Rothwarm
5	Violett	Hart	Desgl. und auch für Schlichtfeilen usw.	Hellroth	Rothwarm
6	Schwarz	Sehr hart	Werkzeuge für Bearbeitung von Hartguss, hartgelaufene Radreifen usw., Rasirmesser usw.	Hellroth	Dunkelroth
7	Gold	Wolframstahl	Magnete und zur Bearbeitung von sehr harten Stoffen.	Braun bis gut roth	Vergl. S. 113

Da in der Regel ein bestimmter Kohlenstoff-Gehalt des Stahls auch einen bestimmten Härtegrad desselben verlangt, so hält man neuerdings zweckmässig die Papierbeklebung, durch welche man Härtenummer und Kohlenstoff-Gehalt des in den Handel gebrachten Stahls anzeigt, ausserdem in der betr. Anlauf-farbe. Diese Bezeichnungsweise hat zuerst die „Bergische Stahl-Industrie-Gesellschaft in Remscheid“ eingeführt und zwar derart, dass sie den Härtegrad des Werkzeug-Stahls durch die Zahl der Zehntel seines Kohlenstoffgehalts wie folgt ausgedrückt hat:

No. 8	enthaltend	0,8 $\frac{0}{0}$	Kohlenstoff.	Blau
„ 9	„	0,9 $\frac{0}{0}$	„	Grauviolett
„ 10	„	1,0 $\frac{0}{0}$	„	Karmoisinroth
„ 11	„	1,1 $\frac{0}{0}$	„	Ziegelroth
„ 13	„	1,3 $\frac{0}{0}$	„	Dunkelgelb
„ 15	„	1,5 $\frac{0}{0}$	„	Strohgelb.

3. Im Anschluss hieran bezeichnet man den Wolframstahl, um dessen bedeutend grössere Härte gegen den härtesten Kohlenstoffstahl anzudeuten, mit No. 20 und der Farbe Weiss. Wolframstahl mit 5,5 bis 7 % Wolfram-Gehalt wurde zuerst von Mushet (S. 45) als Spezialstahl in den Handel gebracht. Dieser Stahl kann, ohne dass man ihn zu härten braucht, in seiner Naturhärte zur Bearbeitung der härtesten Gegenstände gebraucht werden. Solch grosse Härte beeinträchtigt aber die Schmiedbarkeit und Dehnbarkeit in hohem Maasse, dergestalt, dass die Anfertigung der Werkzeuge höchst schwierig wird. Deshalb ziehen manche Fabriken vor, den Wolfram-Gehalt auf 4 % herab zu mindern.

Ueber Chrom- und Titan-Gehalt¹⁾ des Stahls vergl. S. 113.

¹⁾ Akermann. Die Beziehungen von Wolfram und Titan zum Eisen. Zeitschr. d. Berg- u. Hüttenm. Ver. f. Steyer. u. Kärnth. 1876, S. 326. — Rolland. Note sur l'acier chrome. Ann. d. min. VII., Bd. 13, S. 152. — Wolfram-Stahl. Deutsche Industrie-Zeitg. 1882, S. 449.

f. Härte des Gusseisens.

Ein Silicium-Gehalt des Roheisens bewirkt die Zerlegung des harten Kohlenstoff-Eisens in metallisches (weiches) Eisen und an und für sich weichen Graphit (S. 70), verringert also die Härte. Dies ist jedoch nur bis zu einem gewissen Grade der Fall, da ein Ueberschuss an Silicium-Eisen die Härte steigert. Der Einfluss von Mangan als Härtesteigerer ist bekannt; im Gusseisen wirkt derselbe auch mittelbar durch Vermehrung des Gehalts an gebundener Kohle (S. 71). Phosphor und Schwefel vermehren die Härte des Gusseisens nur unbedeutend. Danach kann man beim Gusseisen (nach Ledebur) etwa folgende Härtegrade unterscheiden:

1. Geringste Härte haben und daher mit Schneidwerkzeugen am leichtesten zu bearbeiten sind die graphitreichsten, manganarmen Sorten mit 2—3% Silicium und weniger als 1% Mangan;

2. Härter und demnach schwieriger bearbeitbar sind diejenigen Sorten, welche unter 2% oder über 3% Silicium enthalten. Die Härtesteigerung durch Sinken des Silicium-Gehalts unter 2% ist erheblicher als diejenige, welche durch Zunahme dieses Gehalts über 3% herbei geführt wird.

3. Grosse Härte zeigen die Sorten mit 1—2% Mangan-Gehalt;

4. Die grösste Härte zeigen die Sorten mit 4—5% Mangan-Gehalt, so dass man sie nur noch schwierig mit der Feile bearbeiten kann, selbst wenn sie graphitreich sind.

Rasche Abkühlung vermehrt die Härte, langsame Abkühlung vermindert sie. Das durch Abschrecken d. i. durch plötzliche Wärmeentziehung weiss und hart gewordene Gusseisen kann durch Tempern (S. 134) wieder weicher gemacht werden.

g. Leitungsfähigkeit für den elektrischen Strom.

Das Leitungs-Vermögen oder den Widerstand, welchen das Metall dem Durchgange eines elektr. Stromes entgegen setzt, für Quecksilber = 1 gesetzt, ergibt sich das Leitungs-Vermögen verschiedener anderer Metalle:

Neusilber	3,61	Zinn	8,24	Magnesium	22,8
Blei	4,83	Stahl	8,69	Aluminium	30,9
Platin	6,09	Messing	13,9	Gold	43,5
Eisen	7,84	Kadmium	14,1	Kupfer	56,2
Aluminium-Bronze	8,03	Zink	16,8	Silber	63,7

Hiernach berechnet sich der Widerstand w eines Drahtes aus der Formel:

$$w = \frac{l}{kq}, \text{ wenn } l \text{ Drahtlänge (m), } q \text{ Draht-Querschnitt (qm) und } k \text{ die spezif.}$$

Leitungs-Fähigkeit bedeutet. Die obigen Zahlen verändern sich mit der Temperatur. Draht für elektro-technische Zwecke — vergl. Anhang — soll möglichst rein sein, weil die Leitungsfähigkeit durch Verunreinigungen sehr beeinträchtigt wird. Hart gezogener Eisendraht hat verhältnissmässig geringere Leitungsfähigkeit als weicher ausgeglühter Draht. Bei Versuchen mit Eisendraht zeigten die weichsten, reinsten Eisensorten das grösste Leitungs-Vermögen. So zeigte z. B. bei 15° C.:

Puddeleisen mit 0,04—0,08% C.	ein Leitungs-Vermögen von	15,75—15,17
Martineisen „ 0,04—0,08% C.	„ „ „	14,97—14,17
Bessemereseisen „ 0,08—0,15% C.	„ „ „	14,17—13,76
„ „ 0,15—0,25% C.	„ „ „	13,76—13,02
Bessemerstahl „ 0,25—0,40% C.	„ „ „	13,02—12,50
„ „ 0,60% C.	„ „ „	11,85
„ „ 0,80% C.	„ „ „	10,66

h. Dichtigkeit.

1. Das spezif. Gewicht des Roheisens schwankt etwa zwischen 7,0 und 7,6. Es wächst mit dem Kohlenstoff-Gehalt und dem Gehalt an fremden Körpern. Dass die Dichtigkeit eines Gusses durch Anwendung eines sogen. verlornen Kopfes beim Giessen erhöht wird, wurde bereits S. 129 bemerkt. Die Dichtigkeit nimmt mit dem Wachsen der Abmessungen bezw. des Inhaltes

eines Gussstückes ab. Das abgeschreckte weisse Roheisen hat ein geringeres spezif. Gewicht, als das zugehörige graue Eisen.

Das spezif. Gewicht des Schmiedeeisens schwankt, nach Kirkaldy's Versuchen, zwischen 7,3 und 7,8. Die Dichtigkeit wird durch Kaltwalzen oder Kaltziehen (S. 190, 191) verringert. Die grössere Festigkeit des der kalten Formgebung unterworfen gewesenen Eisens rührt daher nicht von vermehrter Dichtigkeit, sondern von gesteigerter Härte her. Durch Bearbeitung im warmen Zustande scheint die Dichtigkeit vergrössert zu werden¹⁾.

Das spezif. Gewicht von Stahl liegt etwa innerhalb der Grenzen von 7,5 und 8,0. Gehärteter Stahl zeigt ein geringeres spezif. Gewicht als ungehärteter, weil beim Härten des Stahls, ebenso wie beim Abschrecken des Roheisens, das Eisen sich nicht so schnell zusammen ziehen kann, als es Wärme verliert und deshalb ein grösseres Volumen behält. Beim Anlassen des gehärteten Stahls nimmt das spezif. Gewicht desselben wieder zu und beim Erscheinen der grauen Anlauffarbe erreicht es nahezu das ursprüngliche Maass wieder.

2. In den Normalbedingungen für Lieferung von Eisenkonstruktionen (Anhang) sind folgende Eigengewichte für 1 cbm eingeführt:

für Gusseisen	,	7,25 t,
„ Schmiedeeisen	7,80 „
„ Flusseisen und Stahl	7,85 „

i. Rostbildung.

Litteratur.

Calvert. *Sur l'oxydation du fer.* *Compt. rend.*; Bd. 70, S. 453; *Dingler's Polyt. Journ.* Bd. 196, S. 129. — Wagner. Ueber den Einfluss verschiedener Lösungen auf das Rosten des Eisens; *Dingler's Polyt. Journ.* Bd. 218, S. 70. — Akermann. Ueber das Rosten des Eisens. *Nach Jern Kontorets annaler* 1882. 3. in *Stahl u. Eisen* 1882, S. 417.

1. Sobald Eisen mit feuchter Luft in Berührung tritt, bildet sich auf ihm ein brauner Ueberzug, der Rost. Der Rost ist ein Eisenoxyd-Hydrat in Mischung mit mehr oder weniger Eisenoxydul; ausserdem enthält er gewöhnlich auch etwas Kohlensäure mit wenigstens einer Spur von Ammoniak. Weil er ein Hydrat ist, so kann er ohne Gegenwart von Wasser nicht entstehen; in völlig reiner trockener Luft, oder in dergl. Sauerstoffgas oder Kohlensäure rostet das Eisen deshalb nicht. Ausserdem ist bei der Rostbildung neben Luft und Wasser meist noch die Anwesenheit einer Säure Bedingung. Als solche wirkt in feuchter Luft und im Wasser die Kohlensäure, welche neben Wasserdampf darin stets enthalten ist. Kohlensäure und Wasserdampf vermitteln die Vereinigung des Sauerstoffs mit dem Eisen: es bildet sich im allgemeinen anfangs kohlen-saures Eisenoxydul und später durch Aufnahme von Säure und Wasser Eisenoxyd-Hydrat, in welchem etwas Eisenoxydul zurück bleibt. Nebenher geht die Entwicklung von etwas Wasserstoff-Gas, welches mit Stickstoff ein wenig Ammoniak erzeugt. Dass bei der Einwirkung von lufthaltigem Wasser auf Eisen Ammoniak entsteht, wies wohl zuerst Claude Bourdelin im Jahre 1683 nach²⁾.

Wenn die weitere Rostbildung nicht unterbrochen wird, so ziehen das metallische Eisen aus der Rostschicht und diese aus der Luft fortwährend Sauerstoff an sich, bis das Eisen ganz verzehrt und in Rost umgewandelt ist. Sind in der feuchten Luft oder im Wasser stärkere Säuren als die Kohlensäure vorhanden, z. B. Chlorwasserstoff, schweflige und Schwefelsäure, so rostet das Eisen unter sonst gleichen Umständen stärker. Aus diesem Grunde wird das Eisen in Mooren und Sümpfen gewöhnlich schneller zerstört, als in Seen oder in grösseren Wasserläufen, die gewöhnlich verhältnissmässig frei von Säuren sind. Salzlösungen, welche durch Umsetzen wie Säuren wirken können, befördern die Rostbildung, z. B. die Ammoniak-Salze und die im Meerwasser vorkommenden Chlor-Verbindungen, vorzugsweise Chlor-Magnesium. Alkalien dagegen verhindern die Rostbildung. Z. B. giebt Payen³⁾ an, dass Eisen in

¹⁾ Ueber den Einfluss grosser Pressungen auf die Dichtigkeit von Metallen vergl. *Zentralbl. d. Bauverwalt.* 1884, S. 200.

²⁾ *Dingler's Polyt. Journ.* Bd. 196, S. 131.

³⁾ *Ann. de chimie et de physique.* Bd. 50, S. 305.

Wasser, welches $\frac{1}{2000}$ seines Inhalts gesättigte Kalilösung beigemischt enthält, nicht rostet.

Ganz besonders empfindlich ist das Eisen gegen die Dämpfe der Salzsäure; des Verschütten einer geringen Menge dieser Säure reicht hin, um ein grosses Eisenwaaren-Lager zu verderben. Augenblickliches Besprengen des Fussbodens mit Ammoniak wirkt als Gegenmittel. Eine Berührung des Eisens durch Zink, welches hierbei zum elektro-positiven Pole wird und bei der Wasserersetzung sich mit dem Sauerstoff-Gehalt des Wassers vereinigt, vermindert die Neigung des Eisens zum Rosten, während eine Berührung mit Metallen, welche dabei negativ elektrisch werden, wie Kupfer, Zinn und Blei, dessen Neigung zum Rosten verstärkt. Daraus erklärt sich, warum eine verzinkte Eisenfläche, selbst wenn an einzelnen Stellen Beschädigungen des Ueberzugs eingetreten sind, verhältnissmässig wenig rostet, während dagegen nach erfolgter Beschädigung eines Zinnüberzuges die frei gewordenen Stellen des Eisens in verstärktem Masse anfangen zu rosten.

Der Rost übt auf andere, namentlich organische Stoffe, mit denen das Eisen in Berührung tritt, eine zerstörende Wirkung, wie z. B. rostige, eiserne Nägel oder Bolzen das umgebende Holz angreifen. In einzelnen Fällen leistet die Wirkung des Rostes auch technologische Dienste. Beim Dichten von eisernen Schiffskörpern, Dampfkesseln, Röhrenleitungen usw. verstreicht man z. B., um die Dichtung zu beschleunigen, die Fugen mit einem stark rostenden sogen. Eisenkitt oder Rostkitt, gewöhnlich etwa 40 Theile Eisenfeilspäne, 1 Theil Salmiak und 1 Theil Schwefel enthaltend¹⁾.

Ueber Rostschutz-Mittel ist unter E. zu vergleichen.

2. Das Rostvermögen oder die Widerstandskraft verschiedener Eisensorten gegen das Rosten ist vielfach Gegenstand von Versuchen gewesen. Man hat dabei zwar lange schon erkannt, dass Eisen um so leichter rostet, je mehr es durch Einwirkung galvanischer Ströme positiv-elekt. wird, dass das Rosten einem Lösen des Eisens in Säuren zu vergleichen ist, dass die Rostbildung um so geringere Ausdehnung gewinnt, je dichter das Eisen, namentlich je dichter und glatter seine Oberfläche, die Walzhaut oder Glühspan-Schicht ist usw.; man ist aber zur Zeit immer noch nicht im Stande, die Grösse der Widerstandskraft gegen Rosten bei den einzelnen Eisengattungen vergleichsweise genau abzuschätzen und noch weniger den Zusammenhang zwischen den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Eisens und der genannten Widerstandskraft vollständig klar zu legen. Die Versuche von Ledebur²⁾, Adamson³⁾, Parker⁴⁾, Phillips⁵⁾ und Gruner⁶⁾ verdienen besondere Erwähnung. Ledebur stellte den Grad der Löslichkeit der Eisensorten in verdünnter Schwefelsäure fest und fand (nach 65 Stunden) eine Gew.-Verminderung:

für Spiegeleisen von	14,15 %
„ weisses körniges Roheisen	19,7 %
„ graues Kokes-Roheisen	27,6 %
„ graues Holzkohlen-Roheisen	37,7 %
„ englischen Werkzeug-Stahl	66,5 %
„ Schmiedeeisen	88,6 %

Versuche von Adamson über das Rosten von Eisensorten mit ungleichem Phosphor-Gehalt in angesäuertem Wasser ergaben nach 17 Tagen:

	Phosphor-Gehalt %	Gewichts-Verlust %
Gewöhnliches Puddelleisen	0,523	79
Besseres „	0,217	46
Bestes „	0,165	35
Weicher Gusstahl „	0,075	13
Flusseisen	0,037	6

Parker stellte wirkliche Rostversuche mit Platten aus Schweisseisen und Flusseisen an, welche theils mit Glühspanbehaftetwaren, theils vorher davon befreit wurden. Die durchschnittlichen Ergebnisse der Versuche mit

¹⁾ Verschiedene Mischungen von Eisenkitt vergl. Brosius. A. a. O. S. 151.

²⁾ Berg- u. hüttenm. Ztg. für Steyermark u. Kärnthen. 1877, S. 280.

³⁾ The Journal of the Iron and Steel Inst. 1878. I. S. 398.

⁴⁾ Dasselbst 1881, I. S. 39.

⁵⁾ Stahl u. Eisen, 1881, S. 118. Nach Except. Minut. of Proc. of the Inst. of Civil-Eng. Vol. 65, part. 3, 1881.

⁶⁾ La Métallurgie, 1884.

den von Glühspan befreiten Platten sind in der folgenden Tabelle zusammen gestellt:

A r t der Platten	Gewichts-Verlust der Platten für 1 Jahr und 1 qdem nach erfolgtem Abkratzen des Rostes. Die Rostversuche wurden ausgeführt					
	in kaltem Wasser		Londoner Luft	in DampfkesseIn		
	Meer- wasser	mit Oel gemischtem Leckwasser		mit einge- legtem Zink	im Ozean- Dampfer	im Kisten- Dampfer
Gewöhnliches Puddeleisen . . .	0,175	0,522	0,165	0,065	0,214	0,565
Bestes Puddeleisen .	0,210	0,566	0,179	0,072	0,209	0,681
Flusseisen (Martin- u. Bessemereseisen)	0,223	0,563	0,241	0,139	0,282	0,792

Phillips machte ähnliche Rost-Versuche an Schiffskesseln und kam zu dem Ergebniss, dass Eisen weniger rostet als Stahl, dass stark phosphorhaltiges Eisen besser widersteht als das reine Eisen und harter Stahl weniger rostet als weicher Stahl.

Die Versuche von Adamson, Phillips und Parker widersprechen sich insofern, als bei jenen das phosphorhaltige Schweisseisen geringere Widerstandsfähigkeit gegen Rosten zeigt als das dichtere und reinere Flusseisen, während bei diesen das Umgekehrte der Fall ist. Man könnte daraus schliessen, dass Dichtigkeit und Schlackenreinheit des Eisens mehr Einfluss auf dessen Neigung zum Rosten haben, als sein Phosphor-Gehalt. Es ist aber zu beachten, dass grössere Reinheit, wie die Erfahrung mit schwedischem Eisen im Vergleich mit unreinerem, ausländischem und die Versuche von Phillips lehren, die Rostneigung in noch höherem Maasse befördern kann, als grössere Dichtigkeit derselben entgegen wirkt. Die sich oft widersprechenden Ergebnisse von Untersuchungen über die Rostneigung von Schweiss- und von Flusseisen mögen daher wohl darin begründet liegen, dass jene einander entgegen arbeitenden Einwirkungen das eine mal mehr, das andre mal weniger vorherrschen. Auch wird die Beschaffenheit der äusseren Haut des Eisens von grossem Einflusse gewesen sein. Im allgemeinen ist aber durch die Versuche in feuchter Luft festgestellt worden, dass Spiegeleisen nur in sehr geringem Maasse rostet, während Guss-eisen mehr, und zwar (nach Gruner) etwa halb so stark als Stahl rostet. Schmiedeeisen ist in Säuren am leichtesten löslich, kann danach im allgemeinen auch als am leichtesten rostbar bezeichnet werden.

Nach Gruner's Versuchen verloren Stahlplatten, welche fortwährend mit feuchter Luft in Berührung standen, in 20 Tagen etwa 3—4 g für je 2 qdem Oberfläche. Chromstahl war der Rostbildung mehr unterworfen als gewöhnlicher Stahl; Wolframstahl dagegen rostete weniger leicht als dieser. Seewasser erwies sich als kräftiges Lösungsmittel, besonders für Spiegeleisen. Platten aus gewöhnlichem Stahl verloren darin auf je 2 qdem Oberfläche 1—2 g, aus Bessemerstahl 3,5 g, aus phosphorhaltigem Eisen 5 g, aus Spiegeleisen 7 g. Gehärteter Stahl wurde darin weniger angegriffen als 2 mal geglühter Stahl, weicher Stahl weniger als Chromstahl und Wolframstahl weniger als gewöhnlicher Stahl von gleichem Kohlenstoff-Gehalt. Angesäuertes Wasser wirkte am kräftigsten auf Gusseisen, schwächer auf Stahl und Spiegeleisen.

IV. Elastizität und Festigkeit.

a. Elastizitäts- und Proportionalitäts - Grenze. Elastizitäts - Ziffer (Koeffizient oder Modul).

Elastizität nennt man diejenige Eigenschaft eines Körpers, vermöge welcher er seine vorübergehend geänderte ursprüngliche Form wieder annimmt, so bald die Ursache der Formänderung, d. i. eine Einwirkung äusserer Kräfte, ver-

schwindet. Je vollkommener dabei der Körper seine ursprüngliche Gestalt wieder annimmt, um so elastischer ist er.

Das Eisen erscheint als unvollkommen elastischer Körper, da jede Formänderung desselben sich aus einer sogen. elastischen — d. h. einer solchen, die nach Aufhören der Ursache ganz wieder verschwindet — und einer bleibenden zusammensetzt¹⁾. Styffe²⁾ beobachtete ferner beim Eisen, auch an andern Stoffen, eine sogen. elastische Nachwirkung, d. h. die Erscheinung, dass z. B. eine durch Zug erzeugte bleibende Längen-Änderung eines Stabes nach dessen Entlastung allmählich kleiner wurde oder endlich fast ganz verschwand. Aehnliche Erscheinungen der elastischen Nachwirkung beobachteten Wöhler³⁾, Beardslee⁴⁾, Bauschinger⁵⁾ u. A.⁶⁾.

Danach giebt es, genau genommen, keine sogen. Elastizitäts-Grenze des Eisens, wenn man darunter, wie es meistens geschieht, diejenige Grösse der äussern Kraft versteht, welche noch keine bleibende Formänderung hervor bringt. Selbst wenn man Formänderungen, zu deren Erkennung bereits stark vergrössernde Beobachtungs-Mittel benutzt werden müssen, als unerheblich nicht in Betracht ziehen will, so haftet doch der Bestimmung einer wie vor erklärten Elastizitäts-Grenze, immer einige Unsicherheit an, weil ihre Lage von der Schärfe der in Anwendung kommenden Messwerkzeuge und von den Abmessungen des Probekörpers abhängig ist. Wertheim⁷⁾, Styffe⁸⁾ u. a. haben versucht, eine bestimmtere Erklärung der Elastizitäts-Grenze zu geben, indem sie z. B. bei Zugbeanspruchung die einen gewissen Theil der Stablänge nicht überschreitende bleibende Längen-Änderung als verschwindend ansehen; jedoch haben auch diese Erklärungen wegen der darin enthaltenen willkürlichen Annahmen keine wissenschaftliche Bedeutung. Begründeter erscheint der zuerst von Fairbairn⁹⁾ gemachte Vorschlag, die Elastizitäts-Grenze mit derjenigen Belastungs-Grenze zusammen fallen zu lassen, über welche hinaus zwischen den jeweiligen Kräften und Formänderungen keine Proportionalität mehr besteht. Denn wenn auch das sogen. Elastizitäts-Gesetz, d. i. der alte Hooke'sche Satz¹⁰⁾ „*ut tensio sic vis*“ bei keinem Stoffe, auch innerhalb der Elastizitäts-Grenze nicht, völlig zutrifft, so giebt es doch heute keinen bessern Weg, die unentbehrliche Grösse des Elastizitäts-Koeffizienten E (Elastizitäts-Modul) genauer zu berechnen, als mit Hilfe der bezeichneten Proportionalitäts-Grenze. Ihre Lage ist zwar ebenfalls etwas unsicher, weil der Zeitpunkt, in welchem die Proportionalität zwischen Kraft und Formänderung aufhört, dem Beobachter nicht immer mit genügender Schärfe erkennbar wird; doch ist man mit ihrer Hilfe z. B. bei Zugversuchen im Stande, die durchschnittliche Längen-Änderung für die Krafteinheit für alle Konstruktions-Zwecke hinreichend genau zu ermitteln. Darin beruht nach des Verf. Auffassung der besondere Werth der Aufsuchung einer Proportionalitäts-Grenze.

Unter Voraussetzung der Gültigkeit des Hooke'schen Satzes innerhalb dieser Grenze giebt sich:

$$E = \frac{Pl}{\lambda F},$$

wenn P die Krafteinheit, λ die zugehörige Verlängerung, l die beobachtete Länge und F den Querschnitt des Probestabs bezeichnet.

¹⁾ Vergl. Kick. Technologische Studien über Materialien u. deren Formänderungen. Techn. Bl. 1882, S. 150 u. 215.

²⁾ A. a. O. S. 28, S. 150 u. 302.

³⁾ Zeitschr. f. Bauw. 1863, S. 245 u. 246.

⁴⁾ Journ. of the Franklin Instit. 1874, I.

⁵⁾ Dingler's Polytechn. Journ. Bd. 224, S. 1 u. 129. — Mittheilungen a. a. O. 1886, H. 13, S. 3.

⁶⁾ Vergl. Pérrard. Versuche über die elastische Nachwirkung von Eisen und Stahl. — Revue indust. 1880, I., S. 486.

⁷⁾ Poggendorff's Ann.; Ergänzungsband II.

⁸⁾ Styffe a. a. O. S. 28 u. ff. — Zimmermann, Ueber die Bestimmung der Zähigkeit der Materialien und den Begriff der Elastizitäts-Grenze. Zentralbl. der Bauverwaltung. 1886, S. 52.

⁹⁾ Paper on the Mechanical Properties of Steel, read before the British Association at Dundee. 1867.

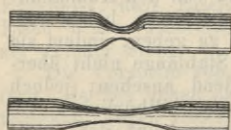
¹⁰⁾ Hilfswissenschaften I. Bd., Baumechanik, S. 497.

Für die nachfolgenden Erörterungen und Sätze ist es ohne Belang, ob man unter der Bezeichnung Elastizitäts-Grenze die nach älterer oder neuerer Weise bestimmte Belastungsscheide verstehen will.

b. Mass der Festigkeit und Zähigkeit. Dehnung, Einschnürung und Streck-Grenze.

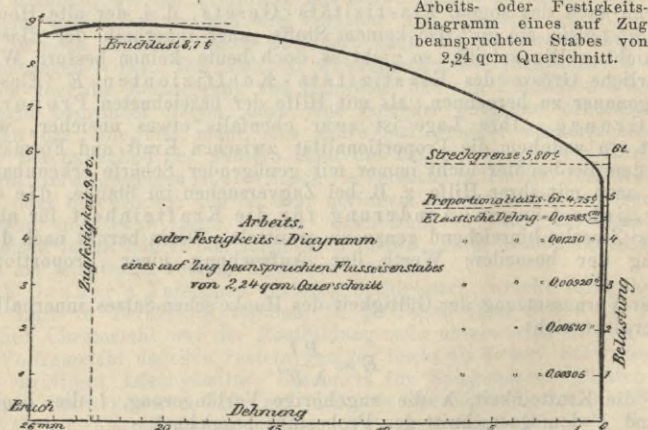
Wenn ein Eisenstab, um ein bestimmtes Beispiel zu wählen, durch Belastung in seiner Längenrichtung auf Zug beansprucht wird, so dehnt er sich, d. h. seine Länge wird grösser. Die Folge der Dehnung ist eine Querschnitts-Verminderung des Stabes, welche endlich bei wachsender Grösse der Belastung an einer bestimmten Stelle desselben am stärksten in die Augen fallen wird. An dieser Stelle bereitet sich eine Einschnürung oder Kontraktion des Querschnittes vor, welche kurz vor dem Bruche des Stabes plötzlich zur Vollendung gelangt. Die Grösse der „Einschnürung“ wächst mit der Dehnung; jedoch ist zwischen beiden Erscheinungen bislang ein gesetzmässiger Zusammenhang nicht aufgefunden worden. Bei weichem Eisen und Stahl ist die Einschnürung meist sehr ausgeprägt, Fig. 404.

Fig. 404.



Die Dehnungen innerhalb der Proportionalitäts-Grenze sind bei den gewöhnlich in Anwendung kommenden Probestab-Längen sehr klein — nur Tausendstel eines cm — können daher ohne starke Vergrösserungsmittel nicht genau gemessen werden. Jenseits der Proportionalitäts-Grenze von einer gewissen Grenze der Belastung ab, welcher man den Namen Streckgrenze oder Fließgrenze beigelegt hat, fangen die Dehnungen, wenn auch die Belastung nur wenig zunimmt, plötzlich an grösser zu werden.

Fig. 405.



Wird die Belastung fortgesetzt, so zeigt sich kurz vor dem Bruche die höchste Zugspannung im Stabe; mit andern Worten die Belastung kann unter Innehaltung des Gleichgewichts, bis zum erfolgenden Bruche allmählig wieder verkleinert werden. Die Einschnürung tritt etwa zur selben Zeit kurz vor dem Bruche ein. Nach erfolgtem Bruche haben sie und die Dehnung ihr höchstes Mass erreicht,

Die während des Versuchs eintretende grösste Zugspannung müsste als Zugfestigkeit in die Rechnung eingeführt werden; häufig nimmt man aber auch die Grösse der Belastung im Augenblicke des Bruches als Festigkeit des Stabes an.

In Fig. 405 ist ein sogen. Arbeits- oder Festigkeits-Diagramm

wiedergegeben, in welchem die Ordinaten der Proportionalitäts- und Streckgrenze, Zugfestigkeit und Bruchbelastung hervor gehoben sind¹⁾. Auf der Abszissen-Axe sind die zugehörigen Dehnungen aufgetragen. Das Verhältniss der Grösse des ursprünglichen Querschnitts zum eingeschnürten Querschnitt und das Verhältniss der ursprünglichen Stablänge zu der beim Bruch gemessenen Dehnung gebraucht man zur Zeit als Mass der Zähigkeit des untersuchten Eisenstabes, d. h. als Mass für die Formänderung, welche nach dem Ueberschreiten der Elastizitäts-Grenze bis zum vollständigen Bruch des Stabes noch eintritt.

Wie bereits im geschichtlichen Theile erwähnt wurde, ist man noch nicht enig darüber, ob man die Zähigkeit besser unter Zugrundelegung des Dehnungsmasses oder des Masses der Einschnürung beurtheilen soll. Nach der Auffassung des Verf. hat die Dehnung als Mass der Zähigkeit den Vorzug, dass sie, selbst innerhalb der Elastizitäts-Grenze, sehr genau gemessen werden kann und dass sie zugleich ein Kennzeichen für die Beurtheilung der Gleichartigkeit (Homogenität) des Eisens bildet, während die genaue Messung der Einschnürung mit Schwierigkeiten verknüpft und ihre Bildung häufig von örtlichen Ursachen abhängig ist, welche die Widerstandsfähigkeit des Eisens nicht berühren. Die genaue Messung der elastischen Dehnung kann auch nicht umgangen werden, weil nur sie eine zuverlässige Unterlage zur Berechnung des Elastizitäts-Koeffizienten für Zug giebt.

Nach der obigen Erklärung des Zähigkeits-Masses wächst die Zähigkeit eines und desselben Eisenstabes um so mehr, je weiter — auf der Abszissen-Axe des Festigkeits-Diagramms (Schaubildes) gemessen — Elastizitäts-Grenze und Festigkeit auseinander liegen. Beim Gusseisen und harten Stahl z. B. liegen die Elastizitäts-Grenze und Festigkeit viel näher beisammen als beim Schweisseisen. Erstere Eisengattungen nennt man daher spröde, im Gegensatz zum zähen Schweisseisen.

Ueber Vorschläge betr. die Einführung anderer allgemeiner Zähigkeits-Masse vergl. die Litteratur-Angabe²⁾.

Grosse Festigkeit und grosse Zähigkeit vereinen sich im allgemeinen nicht. Eisen, dessen Festigkeit das höchste Mass erreicht, besitzt nur eine geringe Zähigkeit, während das grösste Mass der Zähigkeit einem Eisen von mittlerer Festigkeit eigen ist. Je vorzüglicher das Eisen, desto grösser wird allerdings das Mass beider Eigenschaften neben einander sein.

b Einfluss der chemischen Zusammensetzung und des Gefüges.

1. Durch die Anwesenheit fremder Stoffe wird die Zähigkeit verringert; daher besitzt das reinste Eisen durchschnittlich die grösste Zähigkeit. Die Festigkeit des Eisens wird durch alle Stoffe, welche auf Entstehung feinkörnigen Gefüges bezw. Härtesteigerung wirken: das sind besonders Kohlenstoff, Mangan, Chrom und Wolfram, erhöht, falls die Menge derselben im Eisen eine gewisse Grenze nicht überschreitet. Diese Grenze beginnt beim schmiedbaren Eisen etwa für Kohlenstoff bei 1%, Mangan bei 3%, Chrom 1% und für Wolfram bei 6%. Durch gemeinschaftliches Vorkommen mehrerer dieser Körper neben einander, oder neben andern Stoffen werden ihre Einflüsse naturgemäss mehr oder weniger verändert. Den Einfluss von Kohlenstoff auf die Zugfestigkeit des schmiedbaren Eisens hat man vielfach auf Grund von Versuchen durch eine Formel auszudrücken versucht. Z. B. giebt Professor Thurston die Regel:

$$Z = 4,20 + 4,9 k;$$

k bedeutet den Kohlenstoff-Gehalt in Prozenten; Z die Zugfestigkeit in t und qcm . Aus den Versuchen von Styffe folgert Haswell:

¹⁾ Fischer, Ueber Deutung und Genauigkeit von Festigkeits-Diagrammen. Dingler's Polyt. Journ. 1884, Bd. 251, S. 337 u. 385.

²⁾ Martens, Ueber die Bestimmung der Zähigkeit der Materialien. Mittheil. aus den Königl. techn. Versuchs-Anstalten zu Berlin. 1884, S. 93. — Zimmermann; desgl. Zentrabl. der Bauverwaltg. 1884, S. 471. — Baggesen, Desgl. daselbst 1886, S. 21. — Zimmermann, Daselbst S. 52. — Kick, Daselbst S. 73.

Gehämmerter Bessemerstahl: $Z = 3,50 + 4,5 k$,

Gewalzter Bessemerstahl: $Z = 3,00 + 5,0 k$,

Weyrauch folgert aus Bauschingers Versuchen:

$$Z = 4,35 (1 + k^2).$$

Den Einfluss der genannten Stoffe wird man aus folgenden Beispielen von ausgeführten Versuchen noch deutlicher erkennen:

Martin-Flusseisen von Terre noire mit 0,21—0,26 % Mangan, 0,04—0,07 % Phosphor, Spuren von Schwefel und Silicium und mit verschiedenem Kohlen-

Kohlenstoff-Gehalt %	Zugfestigkeit t auf 1 qcm	Dehnung auf 200 mm Länge %	Elastizitäts- Grenze t auf 1 qcm
0,15	3,64	32,3	1,82
0,49	4,80	24,8	2,30
0,71	6,82	10,0	3,08
0,88	7,32	8,4	3,28
1,05	8,60	5,2	3,95

stoff-Gehalt, ferner Martin-Flusseisen desselben Ursprungs mit 0,45 bis 0,56 % Kohlenstoff, 0,06 bis 0,07 % Phosphor, Spuren von Silicium und verschiedenem Mangan-Gehalt zeigte (nach v. Kerpely) die in nebenstehenden Tabellen angegebenen Festigkeits-Eigenschaften.

Mangan-Gehalt %	Zugfestigkeit t auf den qcm	Dehnung auf 200 mm Länge %	Elastizitäts- Grenze t auf den qcm
0,52	5,18	24,5	2,63
1,06	6,11	21,4	3,12
1,30	7,65	17,4	4,12
2,01	8,85	10,5	4,72

Die grosse Festigkeit und Sprödigkeit des Wolfram-Stahls veranschaulicht am besten ein Beispiel aus Steyermark. Nach Ledebur besass eine dort dargestellte Sortedieses Stahls, welche

6,45 % Wolfram, 1,20 % Kohlenstoff und nur wenig Mangan und Silicium enthält, die ausserordentlich hohe Zugfestigkeit von 13,4 t auf 1 qcm, dabei aber nur die äusserst geringe Dehnung von 0,7 %.

Chromstahl aus der Gusstahl-Fabrik zu Brooklyn soll nach Rolland etwa 11,5—14,0 t auf 1 qcm Festigkeit besitzen.

Den ungünstigsten Einfluss auf die Festigkeit, besonders aber auf die Zähigkeit übt Phosphor (S. 232) aus; er macht das Eisen kaltbrüchig und spröde und wirkt in dieser Beziehung um so nachtheiliger, je grösser der Kohlenstoff-Gehalt des Eisens ist. Folgende Tabelle, in welcher nur kohlenstoffarme Schweisseisen-Sorten mit 0,05—0,07 Kohlenstoff, 0,04—0,20 Silicium und 0,0 bis 0,02 Schwefel aufgeführt sind, giebt ein anschauliches Bild von der Erhöhung der Sprödigkeit durch den Phosphor, selbst im kohlenstoffarmen Schweisseisen.

Sorte	Phosphor %	Zugfestig- keit t auf 1 qcm	Dehnung auf 200 mm Länge %	Ein- schränkung an der Bruchstelle %	Elastizitäts- Grenze t auf 1 qcm
Schwedisches Herdfrischeisen . . .	0,015	3,40	20,5	27,40	1,34
" Puddelleisen . . .	0,016	3,32	22,0	23,31	1,56
" Herdfrischeisen . . .	0,026	3,12	25,5	34,17	1,57
Yorkshire Puddelleisen (best.) . .	0,09	3,60	9,5	10,45	1,86
Staffordshire " " . . .	0,25	3,44	8,5	7,34	1,53

Man sieht, dass selbst bei einem Phosphor-Gehalt von 0,25 % die durchschnittliche Festigkeit nicht abgenommen hat, während die Abnahme der Zähigkeit, ausgedrückt sowohl durch die Dehnung als auch durch die Einschränkung an der Bruchstelle, eine ganz erhebliche ist. — Schwefel beeinträchtigt in den Mengen, wie er im schiedbaren Eisen gewöhnlich auftritt, in der Kälte die Festigkeit nicht erheblich. Ueber die durch Schwefel herbei geführte Festigkeits-Verminderung des erhitzten Eisens vergl. weiterhin. — Silicium neben wenig Kohlenstoff erhöht die Festigkeit bis zu einer gewissen, noch nicht fest gestellten Grenze seines Gehalts. Beimengungen von Kupfer, Kobalt und Nickel scheinen für die Festigkeit eher günstig als nachtheilig zu sein.

2. Im Flusseisen bildet nach S. 224 das Homogeneisen eine gleichmässige, das Kristalleisen von allen Seiten umgebende Schicht derart, dass der Bruch eines sehr feinkörnigen Stahls, obwohl das Kristalleisen einige Rauheit auf demselben hervor ruft, in vieler Beziehung dem eines amorphen Stoffes, etwa Glas, gleicht. Bei der Beanspruchung auf Zug strecken sich die Körner unabhängig von einander und verändern ihre gegenseitigen Lagen, aber ihr Verband — den das Homogeneisen bildet — löst sich nicht: der Bruch erfolgt plötzlich.

Dagegen liegen im Schweisseisen die Sehnen gleichsam wie parallele Drähte, nur durch Schlacke getrennt, neben einander; bei einer Inanspruchnahme auf Zug streckt sich jede Sehne für sich. Daraus folgt, dass Schweisseisen fast niemals plötzlich reissen oder brechen kann: es hat eine grosse Zähigkeit.

Da aber die Zähigkeit mit der Reinheit des Eisens wächst, so kann immerhin ein schlackenfreies Flusseisen grössere Zähigkeit besitzen als ein Schweisseisen von der nämlichen chemischen Zusammensetzung. In der That scheint es fest zu stehen, dass bei ähnlicher chemischer Zusammensetzung Flusseisen zäher wird als Schweisseisen. Wenn es trotzdem meistens weniger zäh ist als dies, so liegt das an seinem in der Regel nicht unerheblichen Gehalte an Mangan und Silicium, welche Stoffe, wie oben erwähnt, zwar die Festigkeit fördern, aber die Zähigkeit beeinträchtigen.

Alle mechanischen fremden Beimengungen, namentlich von Schlacke oder Graphit, sind geeignet, den Zusammenhang des Gefüges zu unterbrechen, bezw. zu lockern; auch besitzen dieselben an und für sich geringere Festigkeit als das Eisen, vermindern demnach die Festigkeit. Hieraus und ebenso aus der erörterten Beschaffenheit des Gefüges erklärt sich die grössere Festigkeit des Flusseisens gegenüber dem Schweisseisen, selbst bei gleicher chemischer Zusammensetzung.

3. Im Gusseisen erhöht ein geringer Gehalt an gebundener Kohle — etwa 1% oder weniger — Elastizität und Festigkeit, verringert aber die Zähigkeit; ein hoher Gehalt macht das Gusseisen sehr spröde und weniger fest. Ein Silicium-Gehalt wirkt ähnlich, aber weit weniger kräftig als gebundene Kohle. Nachtheilig kann der Silicium-Gehalt nur werden, wenn er grösser ist, als zur Ausscheidung des Graphits unbedingt erforderlich ist. Mangan erhöht die Menge des gebundenen Kohlenstoffs und muss, sofern diese Wirkung aufgehoben oder eingeschränkt werden soll, durch einen gleichzeitig anwesenden höhern Silicium-Gehalt ausgeglichen werden. Die Menge der fremden Bestandtheile mehrt sich dadurch; die Menge des metallischen (freien) Eisens wird geringer. Daher wirkt ein Mangan-Gehalt von mehr als 1% eher nachtheilig als förderlich. Phosphor erzeugt starke Sprödigkeit. Schwefel, in Mengen von nicht mehr als einigen hundertstel Procent zeigt keine merkbare Einwirkung; vergl. S. 130.

c. Einfluss der Hitze und Kälte, der Formgebung, Härtung, mechanischen Bearbeitung und wiederholten Beanspruchung.

1. Die Längen-Dehnung des Schmiedeisens beträgt für je 1° C. Wärme-Erhöhung 0,0000118 der ursprünglichen Länge. Stahl dehnt sich etwa um 8% mehr als Eisen. Bei zunehmender Erhitzung verringert sich die Festigkeit des Eisens und die Dehnbarkeit nimmt dabei bis zu einem gewissen Hitze-Grade zu, darüber hinaus verringert sie sich. Nach Kollmann's Versuchen¹⁾, welche allerdings nur ziemlich rohe waren, müsste man annehmen, dass die grösste Ausdehnungs-Fähigkeit bei einer Erhitzung, die zwischen 400 und 500° liegt, vorhanden, und dass ferner die Festigkeits-Abnahme, welche bei einer Hitzesteigerung bis zu etwa 200° stattfindet, keine wesentliche ist. Amerikanische Versuche und von Reinau²⁾ stellen dagegen fest, dass die Festigkeit mit wachsender Erhitzung anfänglich bis zu 290° C. steigt. Hier ist sie etwa 30%

1) Kollmann. Ueber die Festigkeit des erhitzten Eisens. Verhandlg. des Ver. z. Beförd. des Gewerbl. 1880, S. 92.

2) Wochenschr d. Ver. deutsch. Ingen. 1883, S. 314.

grösser als bei $+20^{\circ}\text{C}$. Bei 330° ändert sich die Festigkeit nur wenig, nimmt dann aber rasch ab, so dass sie bei 430° etwa nur noch 0,3 von derjenigen Festigkeit ist, die bei 20°C . vorhanden war. Nach Bauschinger's Versuchen beträgt die Abnahme der Zugfestigkeit bis zur Rothglühhitze (600 bis 700°) etwa 71 bis 82%, was annähernd mit Kollmann's Angaben stimmt.

Zu den vom „Ver. z. Beförderung d. Gewerbfl.“ mit Unterstützung des „Ver. deutsch. Eisenhüttenleute“ geplanten Versuchen über die Festigkeit der Metalle bei verschiedenen Wärmegraden¹⁾ liegt Näheres über die Ergebnisse gegenwärtig (Sommer 1887) noch nicht vor. Der eben genannte Verein hat im Jahre 1886 auch ein Preisausschreiben, betr. Verfassung einer auf Versuche gegründeten Schrift über die Widerstandsfähigkeit eiserner Stützen, insbesondere in warmem Zustande, erlassen. Aus der mit dem Preise gekrönten Arbeit²⁾ kann hier mitgetheilt werden, was am Fuss der Seite angegeben ist³⁾.

Das Verhalten gusseiserner und schmiedeiserner Säulen im Feuer usw. ist auch von Bauschinger untersucht⁴⁾; doch ist die Giltigkeit der von demselben gewonnenen Ergebnisse nicht im ganzen Umfange anerkannt worden.

2. Kälte vermindert, wie Styffe nachgewiesen hat, die Festigkeit nicht, wohl aber die Zähigkeit, insofern als mit abnehmender Wärme die Abszisse der Elastizitäts-Grenze im Festigkeits-Schaubild (S. 240) sowie auch der Grenz- und Elastizitäts-Koeffizienten wachsen. Danach wäre Sprödigkeit die alleinige Ursache der bei starker Winterkälte so häufig auftretenden Brüche von fluss- oder gussstählernen Schienen, Radreifen oder dergl. Webster⁵⁾ giebt eine Zusammenstellung der Versuche von Fairbairn, Styffe und Sandberg und theilt ferner über die Ergebnisse seiner eigenen Versuche Folgendes mit: Strenge Kälte (-15°C .) ändert die Zugfestigkeit von Stahl und Eisen nicht; Dehnung und Einschnürung wachsen dabei aber um etwa 1% für Eisen und 3% für Stahl. Bei grosser Kälte durchgebogenes Gusseisen verliert etwa 3% Biegefestigkeit und etwa 16% an Durchbiegungs-Fähigkeit (Elastizität). Schmiedeisen, weiches Gusseisen, Stahl und gewöhnliches Gusseisen können durch Schlagproben in der Kälte, bei einer geringeren Fallhöhe gebrochen werden als in gewöhnlicher Temperatur ($+10^{\circ}\text{C}$.); dabei wird ihre Durchbiegungs-Fähigkeit in der Kälte bis etwa 15–18% verringert.

Diese Versuche zeigen, dass Eisen und Stahl, namentlich aber Gusseisen in starker Kälte besonders gegen Stösse sehr empfindlich wird.

¹⁾ Wedding. Untersuchungen über die Festigkeit des erhitzten Eisens. Stahl u. Eisen 1886, S. 727.

²⁾ Welche zur Zeit (Sommer 1887) noch nicht in die Oeffentlichkeit getreten ist, als deren Verfasser aber die Hrn. Regier.-Baumeister M. Möller-Hamburg und R. Lühmann, Eisengiesserei-Besitzer das., bekannt gegeben sind.

³⁾ Das Verhalten tragender Stützen aus Guss- und Schmiedeisen zeigt grosse Verschiedenheiten bei kaltem und warmem Zustande, die indessen — gleiche Befestigung der Stützen-Enden voraus gesetzt — wesentlich von der Form der Stützen, d. h. von dem Verhältniss der Länge zum Durchmesser (L:D) abhängig sind:

a. Von 2 gleichen steifen Stützen, d. h. solchen, bei denen das Verhältniss L:D gering ist, trägt die gusseiserne Stütze sowohl bei kaltem als warmem Zustande eine etwa $1\frac{1}{2}$ mal so grosse Last als die schmiedeiserne Stütze.

β. Dies Verhältniss ändert sich für schlanke Stützen, d. h. solche, bei denen das Verhältniss L:D gross ist, dahin ab, dass, während das Tragvermögen beider Stützen für den kalten Zustand nicht wesentlich anders als wie angegeben (d. h. dasjenige der Gusseisen-Stütze das grössere) ist, für den warmen Zustand beide Säulen etwa das gleiche Tragvermögen besitzen.

γ. Mit noch weiterer Verringerung des Verhältnisses L:D, d. h. bei sehr grosser Schlantheit der Stützen, tritt ein weiterer Wechsel in der Tragfähigkeit der Stützen ein. Nunmehr ist bei kaltem Zustande das Schmiedeisen dem Gusseisen überlegen, während bei warmem Zustande eine Ueberlegenheit der Gusseisen-Stütze vorhanden ist.

Der grosse Einfluss, den Erwärmung, namentlich einseitige Erwärmung, auf Eisen ausübt, ist aus den Zahlen der nebenstehenden Tabelle ersichtlich.

Material	L:D	Tragfähigkeit	
		kalt	warm
Schmiedeisen-Stütze, voll Desgl.	128:9 = 14	95,5	39,4
	228:9 = 25	58,5	21,6
Gusseisen-Stütze Desgl.	128:9 = 14	176,4	41,4
	228:9 = 25	48,9	29,8

⁴⁾ Mittheilungen usw. 1885, H. 12, S. 1 und 1887, H. 15, S. 1. — Deutsche Bauzeitg. 1885, S. 343, 359 u. 432. — 1886, S. 314, 326, 343 u. 498.

⁵⁾ On iron and steel at low temperatures. Exc. min. of proc. of the Inst. of Civil-Eng. Vol. 60, part. 2, 1880. — Dingler's Polyt. Journ. 1881, Bd. 242, S. 288.

3. Durch die Formgebung des heissen Eisens wird die Festigkeit in der Regel gesteigert. Von 2 aus gleichen Luppen oder Blöcken geschmiedeten oder gewalzten Stäben würde z. B. der durch länger fortgesetzte Bearbeitung auf einen schwächeren Querschnitt gebrachte Stab fester sein, als der dickere Stab. Ebenso würde von 2 aus Blöcken oder Luppen verschiedenen Querschnitts auf gleiche Abmessungen gebrachten Stäben, der aus der kleinsten Rohform gearbeitete Stab der festere sein. Styffe fand die Zugfestigkeit eines Bessemer-Eisen-Stabes, nachdem sein Querschnitt durch Hämmern auf die Hälfte heruntergearbeitet war, von 2,17 auf 4,31 t gestiegen. Die Ergebnisse einiger Schmiede-Versuche von Brauns¹⁾ sind in der folgenden Tabelle verzeichnet:

Stab	Nach dem Aus- schmieden um				Zugfestigkeit in t und qcm Dehnung in % Einschnürung in %	Stab	Nach dem Aus- schmieden um			
	65 %	85 %	90 %	95 %			65 %	85 %	90 %	95 %
	des ursprünglichen Querschnitts						des ursprünglichen Querschnitts			
No. I	48,1	51,0	52,0	55,6		No. II	47,1	48,6	51,0	51,3
	21,7	20,7	19,5	18,0			22,3	17,0	20,0	22,0
	42,5	44,1	42,0	40,8			47,0	49,0	40,6	48,1

Ob bei der Querschnitts-Herabminderung, wie meistens angenommen wird, die Zähigkeit immer verringert wird, ist wohl zur Zeit noch nicht endgültig festgestellt. Versuche von Sattmann²⁾ mit Flussmetall ergaben dabei z. B. durchweg nicht allein eine Vermehrung der Festigkeit, sondern zugleich auch eine Vergrößerung der Zähigkeit. Die Ergebnisse einiger von den Sattmann'schen Versuchen sind nachstehend zusammen gestellt.

Versuch No.	Block	Bearbeitung	Querschnitts- Abnahme %	Probestab			Dehnung %	Einschnürung %
				Querschnitt qmm	Länge mm	Zugfestigkeit t auf qcm		
1.	21,0 qcm Querschnitt	Erste Hitze. Quadratisch vorgewalzt	62	115	100	3,59	17,5	38,9
		Zweite Hitze. Zu Nieteneisen fertig gewalzt.	80	115	100	4,72	33,5	62,5
2.	Gewicht d. Blöcke a, b, c wie 11:6:4	a) Zu 8 m langen Schienen fertig gewalzt	93,7	360	200	5,20	15,5	21,4
		b) " " " " "	94,7	360	200	5,25	18,0	31,3
		c) " " " " "	96,6	360	200	5,45	20,0	53,2

Bei der Versuchsreihe zu 2, wo die Querschnitts-Abnahme ziemlich gleich war, erklärt sich die Zunahme der Festigkeit und Zähigkeit wohl aus dem Umstande, dass die leichteren Schienen das Fertig-Kaliber kälter durchlaufen haben als die schwereren. Bei Schienen und ähnlichen Formeisen werden einzelne Theile beim Walzen verschieden beansprucht; daher rühren die Unterschiede in der Festigkeits-Eigenschaft von Probestäben, je nachdem man sie aus dem Kopf, Steg oder Fuss entnommen hat. Der Steg erfährt eine etwa 5—6fach stärkere Bearbeitung als der Kopf und der Fuss wird etwa doppelt so stark bearbeitet als letzterer. Ausserdem gehen der Kopf am heissesten, die Fussenden am kältesten durch das Fertig-Kaliber. Den Einfluss dieser Umstände zeigen folgende Versuchsreihen von Sattmann.

¹⁾ Brauns. Ueber Qualitäts-Untersuchungen von Eisen und Stahl und Anstellung von Zerreiss-Proben. Stahl u. Eisen 1883, S. 3.

²⁾ Sattmann. Ueber die Veränderungen der Eigenschaften des Flusseisens und Flussstahls, welche durch physikalische Ursachen bedingt sind. Stahl u. Eisen 1884, S. 267.

Versuch No.	Art des Versuchs	Probestab			Zugfestigkeit t auf qcm	Dehnung %	Einschnürung %
		Ort der Entnahme	Querschnitt qmm	Länge mm			
1.	14 Proben mit Schienen grossen Profils	Kopf	410	200	5,25	15,5	22,0
		Steg	240	200	5,38	18,0	41,5
2.	8 Proben mit Schienen kleinen Profils	Kopf	360	200	5,00	19,0	32,3
		Steg	210	200	5,05	21,2	54,1
		Fuss	210	200	4,83	17,0	44,4

Der Grad der Erhitzung bei der letzten ausgiebigen Bearbeitung ist jedenfalls von wesentlichem Einfluss auf die Festigkeit und insbesondere auf die Zähigkeit, wie vielfache Versuche gezeigt haben. Da bei grossen Stücken in den letzten Kalibern das Walzstück im Innern noch wärmer ist, während die Rinde mehr erkaltet, so wächst die Festigkeit vom Innern aus nach dem Rande des Stücks; die äusserste Haut ist stets am festesten.

4. Der grosse Einfluss der äussern Rinde zeigt sich am besten beim Vergleich der Zugfestigkeit von Drähten. Die äussere Haut des Drahtes ist nämlich in Folge des Ziehens bedeutend fester als der Kern¹⁾. Nach französischen Angaben beträgt die Festigkeits-Zunahme für jede Nummer unter 12 etwa 2 kg, während sie für die höhern Nummern je bis zu 7—8 kg betragen soll²⁾. Einen weitem Beleg lieferten die Versuche, welche mit dem in England unter dem Namen „Fowler's special“ bekannten Stahldraht angestellt worden sind. Dieser von der Firma John Fowler & Cie. in Leeds zur Fabrikation von Stahl-Drahtseilen gebrauchte Draht zeigt ausserdem eine hohe Festigkeit:

Zusammensetzung des Drahtes	Durchmesser m	Zugfestigkeit t und qcm	Dehnung in %	Elastizitätsgrenze t und qcm
0,828 C.	0,50	25,3	1,2	—
0,587 Mn.	2,34	23,2	1,5	8,65
0,143 Si.	3,40	18,0	0,4	12,50
0,009 S.	4,00	15,7	0,8	6,35
0,030 Cu.	4,80	14,2	0,5	4,85

Das spezif. Gewicht war vor dem Versuche 7,814, nach erfolgter Zerreiung 0,708 und stieg nach darauf vorgenommenem sorgfältigem Ausgleich wieder auf 7,840³⁾.

Karmarsch leitet aus einer Reihe von Versuchen für die Zugfestigkeit Z und den Draht-Durchmesser d folgende Regeln ab:

Gewöhnl. Eisendraht, nicht gegläht: $Z = 4,58 + \frac{2,29}{d}$, gegläht: $Z = 2,87 + \frac{0,64}{d}$

Bester „ „ „ $Z = 6,37 + \frac{1,59}{d}$, „ $Z = 3,31 + \frac{0,38}{d}$

Für Stahldraht, wie er zu Brücken und Drahtseilen Verwendung findet, darf man (nach Winkler) für t und qcm im Mittel setzen:

$$Z = 11,0 + \frac{4,1}{d}$$

Der sog. Patent-Gussstahl-Draht der Firma Felten & Guilleaume in Mühlheim a. Rh. soll in Folge der Anwendung eines besondern Härte- und Anlass-Verfahrens bedeutende Gleichartigkeit des Stoffes besitzen, so dass bei ihm eine wesentliche Aenderung der Zugfestigkeit bei veränderlicher Drahtstärke nicht zu bemerken ist. Die genannte Firma liefert folgende Sorten:

¹⁾ Vergl. Hilfswissenschaften, Bd. I, Baumechanik, S. 560.

²⁾ Ueber französischen Eisen- u. Stahldraht vergl. Stahl u. Eisen 1887, S. 226 (nach Le Génie civil vom 12. Febr. 1887).

³⁾ Ueber Stahldraht von besonders hoher Festigkeit vergl. Stahl u. Eisen 1886, S. 502.

	Zugfestigkeit t u. qcm	Elastizitäts- Grenze t u. qcm
1.	12	9,6
2.	15	12,6
3.	18	15,7
4.	22	20,0
5.	25—26	23,2—24,7

Durch Verzinkung wird die Festigkeit des Drahtes gemindert und zwar bei den dicken Drähten um 2—3%; mit der Feinheit der Drähte steigert sich die Abnahme und kann (nach französischen Angaben) mehr als 10% betragen¹⁾.

5. Durch die Formgebung des kalten Eisens — und am stärksten bei den kohlenstoffreichen Sorten — wird die Festigkeit sowie auch

Lage und Grösse der Elastizitätsgrenze gesteigert, die Zähigkeit dagegen verringert. Durch vorsichtiges Ausglühen der bearbeiteten Stücke können die ursprünglichen Festigkeits-Eigenschaften wieder hergestellt werden. Z. B. steigt beim Kaltziehen von Drähten, deren Elastizitäts-Grenze derart, dass sie der nicht in gleichem Maasse wachsenden Festigkeit — auch bezüglich ihrer Lage im Arbeitsschaubild (S. 240) — nahe kommt. Die Folge davon ist hohe Sprödigkeit des Drahtes, welche vor weiterem Ziehen sein Ausglühen nothwendig macht. Kalt gezogener Draht findet seiner hohen Elastizitäts-Grenze wegen zu Sprungfedern Verwendung, verliert dieselbe aber durch Ausglühen. Das Kalthämmern oder Kaltwalzen (S. 191) von Stahl ist ein häufig benutztes Mittel zur Erzielung elastischer Federn, Klingen usw. Einige Versuchs-Ergebnisse erläutern das Gesagte:

Versuch von	Gegenstand des Versuchs	Zugfestigkeit t u. qcm	Elastizitäts- Grenze t u. qcm	
Wertheim ²⁾	Gezogener Eisendraht	{ Kalt	6,10	3,25
		{ Geglüht	4,88	0,50
	Gezogener Gussstahldraht	{ Kalt	8,00	5,56
		{ Geglüht	6,57	0,50
Made ³⁾	Aus Herdfrischeisen gewalzte Wellen	{ Kalt	6,97	6,13
		{ Warm	3,57	2,98
	Aus Puddeleisen gewalzte Wellen	{ Kalt	5,84	4,80
		{ Warm	3,91	2,61

Das Ausglühen bearbeiteter Stücke ermässigt die Festigkeit, erhöht dagegen die Zähigkeit. Sattmann erzielte z. B. bei Blechen aus Bessemerstahl usw., die nach der Bearbeitung bis auf Rothgluth bzw. Gelbgluth erwärmt worden waren, folgende Ergebnisse:

Ver- such Nr.	Art des Versuchsstückes	Zug- festig- keit t u. qcm	Deh- nung %	Ein- schnü- rung %	Probestab		
					Quer- schnitt m	Länge mm	
1.	Bleche aus weichem Bessemerstahl (Durchschn. aus 5 Versuchen)	Vor dem Ausglühen	4,76	20,6	42,7	155	100
		Nach dem Ausglühen	4,21	27,9	65,3	155	100
2.	Winkel aus weichem Bessemerstahl 9mm stark (grössere Versuchsreihe)	Vor dem Ausglühen	5,08	21,0	56,8	165	100
		Nach dem Ausglühen	4,46	32,5	59,0	165	100
3.	Weiches Bessemerblech (1 Versuch)	Vor dem Ausglühen	4,76	18,0	47,0	189	200
		Roth ausgeglüht	4,30	23,0	50,0	189	200
		Gelb ausgeglüht	4,20	25,5	56,0	189	200

Auch die unter 6 folgende Tabelle enthält noch mehrere Beispiele, die den Einfluss des Glühens darlegen.

¹⁾ Ueber die Festigkeit von verzinktem Eisen- u. Stahldraht. Dinger's Polyt. Journ. 1884 Bd. 253, S. 454.

²⁾ Ann. de chimie et de physique. III. Reihe. 12. Band.

³⁾ Kupelwieser. A. a. O.

6. Durch das Härten werden die Festigkeit, die Elastizitäts-Grenze und die Elastizitäts-Ziffer des Eisens, insbesondere der kohlenstoffreichen Sorten, erhöht, die Zähigkeit wird dagegen verringert. Durch das Anlassen (S. 198) des gehärteten Stahls wird eine der geschilderten entgegen gesetzte Wirkung hervor gebracht¹⁾ und durch Ausglühen kann das ursprüngliche Maass der Festigkeits-Eigenschaften wieder hergestellt, sogar unter Umständen noch erhöht werden. Die nachfolgenden Beispiele von Versuchen erläutern dies²⁾.

Ver- such Nr.	Art des Versuchsstückes.		Zug- festig- keit t u. qcm	Deh- nung %	Ein- schnü- rung %	Elastizi- täts- Grenze t u. qcm
1.	Herdfrischeisen von Lesjöfors mit 0,07 % Kohlenstoff	gewalzt	3,29	21,2	70,2	—
		geglüht	3,15	24,0	66,2	—
		gehärtet	4,43	8,0	63,8	—
2.	Martineisen von Terre noire mit 0,15 % Kohlenstoff, 0,21 % Mangan	gewalzt	3,64	32,3	65,7	1,82
		in Oel gehärtet	4,68	23,7	66,1	3,14
		in Wasser gehärtet	5,04	18,2	71,2	3,31
3.	Bessemereisen von Motala mit 0,2 % Kohlenstoff als Blech	gewalzt	4,26	26,9	50,1	2,15
		geglüht	3,82	31,6	54,7	1,84
		gehärtet	4,35	15,7	33,3	2,43
4.	Martineisen von Terre noire mit 0,49 % Kohlenstoff, 0,20 % Mangan	gewalzt	4,80	24,8	40,3	2,30
		in Oel gehärtet	7,10	12,5	26,8	4,64
		in Wasser gehärtet	7,82	7,0	35,6	4,93
5.	Martineisen von Terre noire mit 1,05 % Kohlenstoff, 0,25 % Mangan	gewalzt	8,60	5,2	4,5	3,95
		in Oel gehärtet	13,08	1,0	2,0	9,26
6.	Gussstahl von Wikmanshyttan mit 1,22 % Kohlenstoff	gewalzt	10,17	4,5	4,8	—
		geglüht	6,55	—	45,0	—
		in Oel gehärtet	13,7	1,1	26,0	—

Anmerkung. Wo nichts anderes bemerkt ist, erfolgte das Härten durch Ablöschen im Wasser. Langsames Abkühlen nach dem Glühen war Bedingung. Der Martinstahl Nr. 5 zersprang beim Härten im Wasser in Stücke.

Bei Betrachtung der obigen Zahlen für Dehnung und Einschnürung sieht man, dass in diesem Falle erstere ein weit besseres Merkmal für die Zähigkeit abgibt, als letztere. Eine sehr geringe Dehnung ist mit voller Sicherheit ein Zeichen hoher Sprödigkeit; dagegen ist bei sprödem Stahl (z. B. bei Nr. 4 und 6 der Tabelle) immerhin noch eine merkliche Einschnürung beobachtet worden.

Dass man, ebenso wie durch die Formgebung, durch Glühen und langsames Abkühlen von gehärtetem Stahl, dessen Festigkeits-Eigenschaften steigern kann, ist am einleuchtendsten durch eine Reihe von Versuchen klar gelegt, welche vom Eisenwerk Terre noire bei Gelegenheit der Pariser Weltausstellung im Jahre 1878 veröffentlicht worden sind. Dabei wurden verschiedene Sorten von Martineisen in Oel gehärtet, darauf geglüht und langsam zum Erkalten gebracht. Die Proben lieferten folgende Ergebnisse:

Ver- such Nr.	Martineisen		Zugfestig- keit t u. qcm	Dehnung %	Ein- schnürung %	Elastizitäts- Grenze t u. qcm
	Zusammen- setzung	Behandlung				
1.	0,28 % C. 0,23 % Si.	} in rohem Zustande gehärtet und geglüht	4,57	8,8	2,6	2,07
	0,69 % Mn. 0,07 % P.					

¹⁾ Petzenbürger. Untersuchungen über Festigkeits-Veränderungen durch Ausglühen und Anlassen bei weichem Stahl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 51. Nach *Engineering* 1887, Nr. 1679. — Jarolimék. Ueber den Einfluss der Anlass-Temperatur. auf die Festigkeit u. das Gefüge d. Stahls. Dingler's Polyt. Journ. 1885, Bd. 255, S. 1 u. 56.

²⁾ Nach Akermann. On hardening iron and steel. *The Journal of the Iron and Steel Inst.* 1879. II. —

Versuch Nr.	Martineisen		Zug- festigkeit t u. qcm	Dehnung %	Ein- schnürung %	Elastizitäts- Grenze t u. qcm
	Zusammen- setzung	Behandlung				
2.	0,46 % C. 0,22 % Si.	} in rohem Zustande gehärtet und geglüht	5,22	3,5	1,5	2,52
	0,67 % Mn. 0,07 % P.		5,60	16,9	23,4	3,03
3.	0,87 % C. 0,32 % Si.	} in rohem Zustande gehärtet und geglüht	6,05	1,4	—	3,78
	0,77 % Mn. 0,08 % P.		8,24	3,0	3,1	4,78

7. Gegen die kalte mechanische Bearbeitung durch Bohren, Lochen, Schneiden, Meisseln usw. ist Flusseisen weit empfindlicher als Schweisseisen. Z. B. liefern eingeklinkte oder gebohrte Flusstahl-Schienen unter Einwirkung von Stößen oder bei Schlagproben oft sich widersprechende Ergebnisse bezüglich ihrer Festigkeit¹⁾. Auch ist es vielfach beobachtet worden, dass Flusseisen-Bleche, von denen Stücke durch Meisseln abgetrennt wurden, bei dieser Arbeit ganz ausserhalb der Meisselnaht in Stücke zersprangen usw. Die Ursachen dieses Verhaltens sind noch nicht völlig aufgeklärt. Man hat aber Grund anzunehmen, dass in den meisten Fällen, wo derartige auffällige Erscheinungen am Flusseisen bei kalter Bearbeitung beobachtet wurden, entweder das Material desselben mangelhaft, bezw. für den Verwendungszweck nicht geeignet war, oder ihm eine unvorsichtige Behandlung zu Theil geworden ist. Jedenfalls wäre es verfrüht, auf Grund des unsichern Verhaltens von Flusseisen in einzelnen Fällen, dasselbe allgemein, und besonders für Konstruktionen, in den Bann zu thun. Denn es liegen anderseits zahlreiche Erfahrungen darüber vor, dass Flusseisen, wenn die Güte seiner Verwendungsart entsprechend, vorher gehörig geprüft und ihm ferner eine seinen Eigenschaften entsprechende technologische Behandlung zu Theil wird, durch kalte Bearbeitung keine irgend wie erhebliche Einbusse an seiner Festigkeit erleidet, mindestens nicht eine derartige, dass es gerechtfertigt erscheinen müsste, das Flusseisen für den gedachten Zweck dem Schweisseisen nachzusetzen. Was insbesondere den Einfluss des Lochens und Schneidens anbetrifft, so scheint nach vielfachen Versuchen²⁾ fest zu stehen, dass er in den Schnittflächen durch Druckwirkung eine örtliche Härtung des Materials verursacht, welche um so stärker auftreten wird, je mangelhafter das schneidende Werkzeug war. Die dadurch hervor gerufene Sprödigkeit kann Ursache zur Rissebildung geben. Nach Entfernung der hart gewordenen Stellen: beim Lochen durch Ausreiben, beim Schneiden durch Feilen oder Hobeln, oder nach erfolgtem Ausglühen der bearbeiteten Stücke, ergibt sich keine oder nur eine geringe Veränderung der ursprünglichen Zugfestigkeit des Materials; dieselbe kann unter Umständen sogar erhöht werden. Durch Lochen des Eisens wird seine ursprüngliche Zugfestigkeit etwas vermindert, nach Tetmajer bei Flusseisen etwa bis 30 %, bei Schweisseisen bis etwa 20 %. Durch Bohren tritt eine erkennbare Verminderung der ursprünglichen Festigkeit nicht ein; gebohrtes Schweisseisen zeigt vielmehr häufig eine Erhöhung der Festigkeit. Nach Tetmajer soll ein Ausfeilen der gebohrten Löcher die Festigkeit erhöhen, ein Ausreiben dagegen nicht.

8. Durch wiederholte Beanspruchung bei Dauerversuchen kann der Bruch eines Stabes, wenn die jedesmalige Belastung über die Elastizitäts- bezw. Proportionalitäts-Grenze hinaus geht, bei einer Belastung, welche kleiner ist, als seine anfängliche Festigkeit, endlich herbei geführt werden. Dieser Satz, welcher durch die Versuche von Fairbairn, Wöhler u. a. (S. 220) bestätigt

¹⁾ Pollitzer theilt a. a. O. S. 84—98 eine Reihe von Versuchs-Ergebnissen der Art mit.

²⁾ Zusammengestellt in Unwin. Ueber Nietverbindungen. Deutsch von Löwe, 1880. — Vergl. auch Barba. A. a. O. und Tetmajer Mittheilungen. A. a. O. 3. H. S. 188.

worden ist, lässt sich auch aus den Bauschinger'schen Beobachtungen¹⁾ über die Proportionalitäts-Grenze herleiten, nach welchen bei wiederholtem Hin- und Hergehen zwischen der Belastung Null und einer innerhalb der Proportionalitäts-Grenze liegenden Belastung die bleibenden und vollen Längenänderungen sich nicht ändern, während beide bei jedem Belastungs-Wechsel steigen, sobald die Last über der Proportionalitäts-Grenze liegt.

Die Ansicht, dass durch fortgesetzte stossartige Wirkungen das Gefüge des Eisens sich ändere, insbesondere grobkörnig werden könne, ist bereits auf S. 225 als unbegründet hingestellt. Bei Bauschinger's Dauerversuchen ergab sich keine Gefüge-Veränderung des Stabes nach millionen mal wiederholter Beanspruchung. Ebenso wenig hat bislang nachgewiesen werden können, dass bei einer fortgesetzten Beanspruchung innerhalb der gebräuchlichen Sicherheits-Grenzen die Festigkeits-Eigenschaften eines Tragwerks Einbusse erleiden. Bauschinger untersuchte im Jahre 1878 die Glieder einer im Jahre 1829 erbauten Kettenbrücke in Bamberg zugleich mit den bis dahin noch unbeanspruchten und unversehrt gebliebenen Reserve-Gliedern und fand weder in den Festigkeits-Eigenschaften noch im Bruch-Aussehen irgend welche erheblichen Aenderungen²⁾.

d. Durchschnitts- und Grenzwerte der Festigkeit und Zähigkeit.

1. Die Elastizitäts-Ziffer (E) und die Elastizitäts-Grenze oder die Spannung an der Elastizitäts-Grenze (G) sind durch zahlreiche, ältere und neuere Zug- und Biegungs-Versuche, unter denen besonders diejenigen von Kirkaldy (1855), Wöhler (1860), Styffe (1865), v. Kerpely, Bauschinger und Jenny (1876—1877) hervor zu heben sind, bestimmt worden. Druck-Versuche dieses Zweckes sind nur vereinzelt angestellt worden, z. B. von Lovell und Bauschinger (1875). Nach diesen Versuchen darf man folgende Mittelwerte in t und q_{cm} annehmen:

	Elastizit.-Ziffer E t u. q_{cm}	Spannung an der Elastizit.- Grenze G t u. q_{cm}
Für Gusseisen . . .	1000	?
„ Schmiedeseisen . .	2000	1,65
„ Stahl	2200	3,50

Aus den Zahlen für Schmiedeseisen und Stahl berechnet sich die durch eine Zugkraft von $1 t$ auf $1 q_{cm}$ -Querschnitt bei einer $1 m$ langen Stange des betr. Materials hervor gebrachte durchschnittliche elastische Dehnung:

für Schmiedeseisen zu $0,00050 m$,
 „ Stahl „ $0,00046 m^3$.

Wie und wodurch diese Zahlen unter Umständen sich verändern können, wurde im Vorhergehenden erläutert.

Der Grenz-Koeffizient G für Gusseisen ist unbestimmt. Er wird zwar verschiedentlich für Zug zu etwa $0,44$ — $0,75 t$ und für Druck zu $1,33$ — $1,94 t$ angegeben, jedoch beruhen diese Zahlen meist nur auf Schätzungen.

2. Durchschnitts-Werthe der Festigkeit und Zähigkeit sind in der nachfolgenden Tabelle übersichtlich zusammen gestellt:

Nr.		Druck- festigkeit t u. q_{cm}	Zug- festigkeit t u. q_{cm}	Biegungs- festigkeit t u. q_{cm}
A. Gusseisen.				
1.	Geringste (unreine) Sorten	—	0,45	—
2.	Gewöhnliche Sorten: $1,5$ — $2,0$ % S_{t} , 3 — $3,5$ % C_{s} , $0,9$ — $1,2$ % P , 1 % Mn	5,00	1,21	2,55
3.	Vorzügliche Sorten	10,00	2,00	5,00

¹⁾ Ueber die Veränderung der Elastizitäts-Grenze und der Festigkeit des Eisens und Stahls durch Strecken und Quetschen, durch Erwärmen und Abkühlen und durch oftmal wiederholte Beanspruchung. Mittheilungen usw. H. 13, S. 14 u. 15. — Vergl. auch Weyrich. Ueber die Wirkung dauernder oder häufig wiederholter Beanspruchung auf die Eigenschaften des Stahls. Deutsche Bauzeitg. 1886, S. 471.

²⁾ Vergl. Gollner's Untersuchungen eines im Dez. 1882 gerissenen Gliedes der Kettenbrücke zu Podiebrad in Böhmen, welches 40 Jahre in Betrieb gewesen war. Tech. Blätter 1888, S. 129 u. 260.

³⁾ Considère setzt für Schmiedeseisen: $0,00048$ — $0,00052 m$ und für Stahl $0,00044$ — $0,00046 m$. Ann. des ponts et chaussées, 1885. I. S. 583.

Nr.		Zugfestigkeit t u. qcm	Dehnung für 200 mm Länge %
B. Schmiedeseisen.			
4.	Geringste Sorte von Schweisseisen	2,5	5
5.	„ „ „ Fluss-Schmiedeseisen	3,5	35
6.	Gutes Stab- und Formeisen	3,8	20
7.	Sehr gutes Schweisseisen, Fluss-Schmiedeseisen ¹⁾ , Feinkorneisen (für Niete und Schrauben)	4,0	25
8.	Bestes, zähhartes Fluss-Schmiedeseisen	4,5	30
9.	Beste Bleche, lang	3,8	25
10.	„ „ „ quer	3,6	18
11.	Feuerbleche, lang	3,6	18
12.	„ „ „ quer	3,4	12
13.	Bessere Bleche, lang	3,6	14
14.	„ „ „ quer	3,3	8
15.	Gewöhnliche Bleche, lang	3,4	10
16.	„ „ „ quer	3,0	5
17.	Kastenbleche (S. 165), lang	3,2	6
18.	„ „ „ quer	2,8	3
19.	Draht, „geglüht“	4,0	—
20.	„ „ blank weich, halb hart	5,5	—
21.	„ „ blank, hart	6,5	—
C. Flussstahl.			
22.	Weichster Stahl	4,5	22
23.	Weicher Stahl	5,0	19
24.	Mittelharter Stahl	5,5	16
25.	Harter Stahl	6,0	14
26.	Sehr harter Stahl	6,5	10
D. Tiegel-Gussstahl.			
27.	Verschiedene Sorten (vergl. S. 112)	4,5—14,0	0,7—10
28.	Gussstahl-Draht	8,0—25,0	

Zu obiger Tabelle ist zu bemerken:

a. Die Zähigkeit von Gusseisen tritt vorzugsweise bei seiner Beanspruchung auf Biegung in Wirksamkeit. Man misst ihre Grösse zuweilen durch die elastische und bleibende Durchbiegung eines auf 1 m freie Weite wagrecht gestützten quadratischen Probestabes von 30 mm Stärke. Belastet man diesen Stab in der Mitte bis zum Bruche, so sollen nach Wachler²⁾ mindestens folgende Durchbiegungen sich zeigen:

No.		Durchbiegung in mm	
		bleibende	volle
1.	Bei gewöhnlichem Gusseisen (1,5—2% Si, 3—3,5% C, 0,9—1,2% P, 1% Mn)	2—4	15—20
2.	Bei vorzüglichem Gusseisen	4—5	20—26
3.	Bei sprödem Gusseisen	0—2	0—15

Bei quadratischen Probestäben der Länge l_1 und l , der Stärke h und h_1 ergibt sich das Verhältniss ihrer Durchbiegungen δ und δ_1 bekanntlich aus der Gleichg.: $\delta: \delta_1 = l h_1: l_1 h$.

β . Gussstahl-Draht für Drahtseile wird gewöhnlich mit einer Zugfestigkeit von 12—14 t verwendet, bei einer Dicke von etwa 3—4 mm. Solche Drähte recken sich sehr wenig, so dass geringere Ueberlastungen an ihnen spurlos vorüber gehen. Bei Belastung über die Zugfestigkeit hinaus tritt der Bruch plötzlich ein. Wegen der hohen Elastizitäts-Grenze wirken bei Gussstahl-Drähten, wenn sie immer gehörig in Spannung erhalten werden, Temperatur-Einflüsse viel weniger ein, als bei den dehnbareren Eisen- und Stahldrähten.

γ . Durchschnittswerthe der Druck-, Schub- und Biegungs-

¹⁾ Die flusseisernen Niete, welche die französische Marine seit 1883 verwendet, haben eine Festigkeit von 4,0—4,2 t. Das Avesta-Eisen (S. 103) zeigt eine Festigkeit von 3,5—3,9; bei 25—30 % Dehnung bei folgender chemischen Zusammensetzung: 0,14—0,20 C; 0,2—0,10 Si; 0,30—0,35 Mn; 0,05—0,06 P; 0,00—0,01 S; 0,05—0,09 Schlacke.

²⁾ A. a. O. — Vergl. Beschlüsse der Konferenzen, a. a. O. S. 21.

Festigkeit lassen sich nicht überall mit Sicherheit angeben. Es liegen zwar einzelne hervorragende Versuche vor, z. B. von Hodgkinson (1840—1846) über Gusseisen, von Kirkaldy (1873) und Bauschinger (1876) über Stahl; die Ergebnisse sind aber, was das schmiedbare Eisen anbetrifft, nicht von allgemeiner Gültigkeit. Man wird am einfachsten und sicher genug verfahren, wenn man die Biegezugfestigkeit des schmiedbaren Eisens gleich der vollen, und die Schubfestigkeit zu $\frac{4}{5}$ der Zugfestigkeit annimmt. Die Druckfestigkeit von Gusseisen schwankt nach Rennie (1818) und Hodgkinson zwischen rund 3,7 und 11,7 t. Die Druckfestigkeit von Schmiedeseisen darf man etwa gleich hoch mit der Zugfestigkeit annehmen; diejenige von weichem bezw. hartem Stahl ist etwa 5,0 bezw. 10,0 t, kommt also etwa der des Gusseisens gleich.

3. Ueber die in den Lieferungs-Bedingungen der Bau-Verwaltungen verschiedener Länder an die Festigkeit und Zähigkeit des für Zwecke des Hoch-, Brücken-, Eisenbahn- und Schiffbaues zur Verwendung kommenden Eisens gestellten Anforderungen siehe weiterhin.

e. Festigkeit von Nietverbindungen und genieteteten Trägern.

1. Bei einer vollkommenen Nietverbindung sollten die mit einander verbundenen Theile durch die Axenspannung der erkalteten Niete derart fest auf einander gepresst liegen, dass bei der Beanspruchung durch äussere Kräfte kein Gleiten der Theile auf einander stattfinden kann. Ist letzteres der Fall, so ist die Axenspannung des Niets die einzige Kraft, welche den Zusammenhang der Verbindung sichert. Erst nach Ueberwindung der Reibung zwischen den Lagerflächen der verbundenen Theile kommt die Scherfestigkeit der Niete und die Zugfestigkeit der verbundenen Theile in Frage.

Nach Considère¹⁾, welcher die ältern Versuche von Fairbairn, Clark, Harkort, Lavalley²⁾ usw. erwähnt und ferner ausführliche Angaben über neuere Versuche aus den Werken in Creuzot und dem Marine-Arsenal in Brest macht, kann man die Grösse der Reibung für eine Berührungsfläche mindestens zu 0,8—1,0 t für 1 qcm des Nietquerschnittes annehmen. Danach würde bei einer vollkommenen Nietverbindung, bei der die verbundenen Theile eine Festigkeit von etwa 3,6 t besässen, bei 5 bis 6facher Sicherheit, in Folge des Wirkens der äusseren Kräfte nie ein Gleiten und in den Nieten keine andere Beanspruchung auftreten, als durch die erwähnte Axenspannung. Man sieht aus diesem Beispiel, wie bei der Herstellung der Vernietung in erster Linie darauf gesehen werden muss, dass die zu verbindenden Theile gehörig zusammen gepresst werden. Näheres weiterhin zu E. über Nietarbeit.

2. Die Untersuchungen über die Festigkeit einfacher Niet-Verbindungen sind zur Zeit noch nicht abgeschlossen. Unwin³⁾, welcher die Ergebnisse aller ältern Versuche zusammen gestellt hat, kommt zum Schlusse, dass bei denjenigen Versuchen, wo ein Bruch durch Zerreißen der Bleche eintrat, die beobachtete Festigkeit gegenüber der ursprünglichen sich im allgemeinen veränderte, und zwar 1. durch Beschädigungen, welche beim Bohren und Lochen eintraten, und 2. durch Unregelmässigkeiten in der Kraft- und Spannungs-Vertheilung, wie sie in Folge des Lochwandungs-Drucks und bezw. der bei der Beanspruchung eintretenden Verbiegungen der Verbindung hervor gerufen wurden. Ferner war bei allen Versuchen, wo der Bruch durch Abscheren der Niete erfolgte, die beobachtete Scherfestigkeit gegenüber der ursprünglichen geringer, weil: 1. die äussere Kraft sich nicht gleichmässig über die Niete vertheilt; 2. die gegenseitige Stauchwirkung der Niete und Bleche an einander eine Häufung der Spannung an einzelnen Stellen eines Niet-Querschnittes erzeugt.

Nach neueren Versuchen darf man die Scherfestigkeit S der Niete durchschnittlich bei einschnittigen Nieten zu 60—70%, bei zweischnittigen zu 55—65% der Zugfestigkeit des Nietmaterials ansetzen. S wird um so kleiner, je grösser die Anzahl der vorhandenen Niete ist, eine Erscheinung, welche auf die Wir-

¹⁾ *Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions.* II. Theil. *Annal. des ponts et chaussées.* 1886, I., S. 148.

²⁾ v. Kaven. A. a. O., S. 18.

³⁾ Ueber Niet-Verbindungen. Deutsch: von Loewe. 1880.

kung ungleichmässiger Kraft-Vertheilung zurück zu führen ist¹⁾. Stählerne Niete sind bislang nur selten in Anwendung gekommen. In der französischen Marine, welche seit dem Jahre 1874 schon Stahlbleche für Schiffkörper verwendet (S. 52), sind stählerne Niete erst seit 1883 im Gebrauch. Sie sind aus sogen. weichem Stahl — *acier doux* — gefertigt und haben eine Zugfestigkeit von 4,0 bis 4,2^t für 1^{qem}.

3. Die Ergebnisse der in den Jahren 1875 und 1876 im Auftrage der holländischen Regierung ausgeführten vergleichenden Versuche mit genieteten Trägern aus Flusseisen und Schweisseisen²⁾ sind, weil sie sehr zu ungunsten des Flusseisens ausgefallen, hauptsächlich mit Veranlassung gewesen, dass die Verwendung von Flusseisen zum Brückenbau in europäischen Staaten seit jener Zeit kaum einen Schritt weiter gekommen ist, während seine Verwendung im Schiffbau und auf andern wichtigen Gebieten der Konstruktion eine grosse Ausdehnung gewonnen hat (S. 52, 53). Inzwischen hat die Darstellung des Flusseisens durch Ausbildung des Thomas- und Martin-Verfahrens einen höheren Lauf genommen und es liegen vom Auslande und Inlande mehrfache Erfahrungen über Versuche mit flusseisernen Trägern u. dgl. vor, welche, im Gegensatz zu den Harkort'schen, die Ueberlegenheit des Flusseisens — dessen Güte und technologisch richtige Behandlung vorausgesetzt — darthun. Zur Zeit sprechen gewichtige Stimmen sich sowohl für als auch gegen die Verwendung von Flusseisen für Baukonstruktionen aus.

Verf. beschränkt sich auf die Angabe der bezüglichen Litteratur³⁾ mit dem Bemerkten, dass es nach seiner Ansicht voraussichtlich keinem Zweifel unterliegt, wie in Zukunft das Flusseisen — mit wachsender Erkenntniss seiner Vorzüge und einer seinem besondern Verhalten angepassten technologischen Behandlung — wie auf andern Gebieten der Konstruktion, so auch im Brückenbau einen bevorzugten Platz sich erringen wird. Ueber die gebräuchlichsten Festigkeits-Werthe für Flusseisen bei seiner Anwendung in Konstruktionen vergl. weiterhin.

V. Prüfungs-Maschinen.

Litteratur.

Ausser der an andern Stellen angegebenen Litteratur ist zu vergleichen: Wedding-Maschine für Festigkeits-Versuche in der Kgl. Versuchs-Anstalt zu Berlin. Verh. d. Ver. zur Beförderung d. Gewerbfl. 1881, S. 206. — Maschine zur Prüfung der Biegezug-Festigkeit von Blechträgern; Akt-Gesellschaft vorm. Harkort, Duisburg. Dingler's Polyt. Journ. 1881, Bd. 259, S. 443. — Thomasset. Festigkeits-Maschine. *Ann. indust.* 1881, Nov., S. 644. — Stummer. Ueber seine Steuerungs-Vorrichtungen und die Anwendung des denselben zu Grunde liegenden wissen-

¹⁾ Zimmermann. Mittheil. über Versuche zur Ermittlung der Festigkeit von Niet-Verbindungen. *Zeitschr. f. Bauw.* 1880, S. 530. — Kennedy. Untersuchungen über Niet-Verbindungen. *Engineering* 1881, I., S. 436. — Böhme. Ueber die Festigkeit einschnittiger und zweischnittiger Kraft-Nietungen. Mittheil. aus d. Kgl. techn. Versuchs-Anst. zu Berlin. 1883, H. 3. — Erörterungen dazu von Landsberg und Zimmermann. *Zentralbl. d. Bauverwaltg.* 1884, S. 201 u. 292. — Tetmajer. Mittheil. a. a. O. 3. H. S. 202. — Considère. A. a. O. — Zerzeiss-Versuche zur Vergleichung der Nietung mit Hand oder im Presswasser-Betriebe *Wochenbl. f. Bauk.* 1886, Nr. 11 u. 13.

²⁾ Ausführlich erörtert in *Tydschrift van het koninklyk institut van ingenieurs 1883—1884.*

³⁾ Matheson. *On steel for structures. Excerpt. Minut. of proceed. of the Inst. of Civil-Engin.* vol. 69, part. 3. 1882. — Intze. Ueber Anwendung von Stahl im Vergleich zu Schweisseisen. *Wochenchr. d. Ver. deutsch. Ingen.* 1882, S. 446. 1883, S. 84. — Derselbe. Verwendung des Stahls für Baukonstr. *Zentralbl. d. Bauverwaltg.* 1882, S. 341. — Heindl. Ueber die Verwend. des Flusseisens an Eisenbahn-Brücken. *Zentralbl. für Eisenb. u. Dampfschiffahrt.* 1883, Nr. 21 u. 22. — Zimmermann. Vergleichende Versuche über die Tragfähigkeit genieteter Träger aus Schmiedeeisen und Stahl. *Zentralbl. d. Bauverwaltg.* 1884, S. 134; Derselbe. Verwendung von Stahl im Brückenbau. *Dasselbst* 1885, S. 112. — Zur Verwendung des Stahls *dasselbst* S. 202. — Zachariae. Zur Frage der Verwendung von Stahl bei Brückenbauten. *Dasselbst* 1884, S. 398. — Grabau. Verwendung von Stahl bei wichtigen Maschinentheilen. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1884, S. 566. — Tunner. Zur Verwendung des Flusseisens für Kessel und Schiffsbleche. *Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw.* 1885, Nr. 10. Auch *Ann. f. Gew. u. Bauw.* 1885, S. 176 und *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* 1886, S. 543. — Weyrich. Verwendung des Flusseisens im Brückenbau. *Wochenbl. f. Bauk.* 1885, S. 299. — Untersuchung über die Anwendung dicker Kesselbleche aus Stahl, *Nach Iron.* 1885, Nr. 639, S. 316 in *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* 1885, S. 797. — Wedding. Die Bedeutung des Flusseisens für den Maschinen-, Schiff- u. Eisenbahnbau. *Ann. f. Gew. u. Bauw.* 1885, I., S. 150. — Considère. *Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions. Ann. des ponts et chauss.* 1885, I., S. 574, 1886, I., S. 148. — Flamant. *Documents sur la resistance de l'acier. Ann. des ponts et chauss.* 1886, I., S. 665. — Grosse. Flusseisen oder Schweisseisen. *Ann. f. Gew. u. Bauw.* 1887, I., S. 21. — Flusseisen im Dampfkesselbau, Stahl u. Eisen 1887, S. 377.

schaftlichen Prinzips auf Material-Prüfungsmaschinen und andre Apparate. Wochenschr. d. österr. Ingen. u. Archit.-Ver. 1882, S. 191. Dasselbst auch S. 116. — Grafenstadener. Material-Prüfungsmaschine. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1882, I. — Gollner. Festigkeits-Probirmaschine. Techn. Blätter 1883. — Le Chatelier. Druckfestigkeits-Maschine. Ann. d. ponts et chauss. 1885, I., S. 1032. — Pfaff. Ueber Maschinen zur Untersuchung der Festigkeit der Materialien. Mittheil. d. Technol. Gewerbe-Museums. Wien 1885/86.

a. Aufgabe und allgemeine Einrichtung der Festigkeits-Maschinen.

1. Die zu besprechenden Maschinen werden Festigkeits-Prüfungsmaschinen oder kurzweg Festigkeits-Maschinen genannt, weil ihre Hauptaufgabe darin besteht, die Festigkeit des Eisens zu prüfen. Das Probestück wird zu dem Zwecke in der Maschine einer Formänderung unterworfen, welche in der Regel so weit fortgesetzt wird, bis der Bruch des Eisens eintritt.

„Jede zur technischen Prüfung von Materialien benutzte Maschine muss so eingerichtet sein, dass sie leicht und sicher auf ihre Richtigkeit geprüft werden kann. Die Konstruktion derselben muss eine derartige sein, dass bei richtiger Behandlung stossweise Wirkung der Belastung ausgeschlossen ist“¹⁾.

Während des Versuchs misst man die von der Maschine behufs Hervorbringung der Formänderung in jedem Augenblicke aufgewendete Kraft und gleichzeitig auch die jedesmalige Grösse der Formänderung. Bei Zugproben, wie sie meistens zur Ausführung kommen, misst man danach z. B. die Zugfestigkeit und Dehnung oder auch noch die Einschnürung (S. 240). Die neuern Maschinen sind in der Regel mit selbstthätiger Schreibvorrichtung versehen, welche ein Schaubild der während des Versuchs geleisteten mechanischen Arbeit, aus welchem sowohl die vorbenannte Kraft als auch der Formänderungsweg entnommen werden können, verzeichnet. Aus einem solchen Arbeits-Schaubild, Fig. 405 S. 240, lassen sich auch andere Festigkeits-Grössen, z. B. die Elastizitäts-Ziffer (Koeffizient) und die Elastizitäts-Grenze (S. 239) ermitteln.

Obwohl der Einfluss der Zeit auf die Ergebnisse der Festigkeits-Versuche unverkennbar ist, so ist doch die Konstruktion einer Vorrichtung, welche den Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der Versuche und der Geschwindigkeit der Belastung erkennen lässt, mit vielen Schwierigkeiten verknüpft. Hr. Prof. Hartig soll es dennoch gelungen sein, eine derartige Vorrichtung zu ersinnen²⁾.

Als Haupttheile der Festigkeits-Maschinen kann man danach den Formänderung verrichtenden, den Kraft messenden und den Formänderung messenden Theil unterscheiden. Der die Formänderung mittelbar oder unmittelbar verrichtende Theil ist in der Regel ein durch Wasserkraft bewegter Kolben oder eine durch mechanische Mittel bewegte Schraube; er besitzt besondere zur Aufnahme des Probestücks erforderliche Angriffswerkzeuge, sog. Einspann-Köpfe, deren Einrichtung möglichst verhindern muss, dass das Probestück während des Versuches andere Beanspruchung erleide, als diejenige, welcher es unterworfen werden soll. Je nachdem das Probestück dabei in wagrechter oder senkrechter Lage eingespannt wird, unterscheidet man liegende oder stehende Festigkeits-Maschinen. Für genaue Messungen sind stehende Maschinen vorzuziehen, weil in ihnen das Eigengewicht des Probestabes, der Einspann-Köpfe usw. die Versuchs-Ergebnisse nicht beeinflusst.

Der Kraft messende Theil ist entweder als Hebelwage mit Gewichtsbelastung bzw. als Federwage gestaltet, oder er besteht aus einem Druckmesser, in welchem die von der Maschine bei der Formänderung zu leistende Kraft in Flüssigkeits-Druck umgesetzt wird. Dabei wird der Flüssigkeits-Druck entweder, wie in Fig. 412, 413, unmittelbar im Antriebs-Zylinder oder, wie in Fig. 414—417, in einem besondern Zylinder gemessen.

Der die Formänderung messende Theil ist meistens eine selbstthätige Schreib-Vorrichtung oder ein Hebel-Zeigerwerk. Für feine Messungen, z. B. der Dehnungen innerhalb der Elastizitäts-Grenze, gebraucht man gewöhnlich Faden-

¹⁾ Beschlüsse der Konferenzen. A. a. O. S. 4.

²⁾ Beschlüsse der Konferenzen. A. a. O. S. 6.

kreuz-Fernrohre, wobei die Vergrößerung und Ablesung, wie weiterhin beschrieben wird, mit oder ohne Hilfe von Spiegeln erfolgt.

2. Verschiedene Arten der Kraftmessung bei Zugproben sind aus den in Fig. 406—417 (nach Martens) schematisch dargestellten Grund-Anordnungen der wichtigsten Festigkeits-Maschinen zu entnehmen. Es zeigt sich, dass der Formänderung verrichtende Theil, oder der Antrieb der Maschine, entweder auf derselben Seite liegt, wo sich der Kraft messende Theil befindet, oder auf der dieser entgegen gesetzten Seite. Dabei erfolgen die Kraftmessung und auch der Antrieb entweder mittelbar oder unmittelbar. Die Anordnungen Fig. 407, 415, bei denen Kraftmessung und Antrieb unmittelbar geschehen und an entgegen gesetzten Enden der Maschine belegen sind, scheinen neuerdings bevorzugt zu werden. In den Fig. 406—411 geschieht die Kraftmessung durch die Hebel-Wage mit Gewichten oder Federn, in den Fig. 412 bis 417 durch Messung des Wasserdrucks entweder unmittelbar im Press-Zylinder oder in einem besonderen Messgefäß:

Fig. 406—417. *p.* Probestab. — *e.* Einspann-Kopf. — *m.* Mittelbare Uebertragung durch Querhüpter mit Stangenverbindung usw. — *A.* Antrieb durch Schraube oder Wasserkraft-Pressse mit Liederkolben. — *A'.* Antrieb durch desgl. mit Tauchkolben. — *L.* Gewicht- oder Feder-Belastung. — *W.* Wage. — *Z.* Zeigerwerk für die Druckmessung im Antriebs-Zylinder *A* oder *A'*. — *Z'* Desgl. im besonderen Mess-Zylinder *M*.

Fig. 406.

Fig. 407.

Fig. 408.

Fig. 409.

Fig. 410.

Fig. 411.

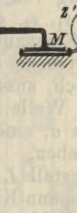
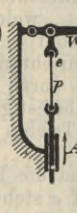
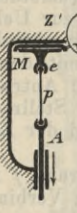
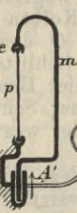
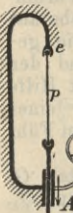
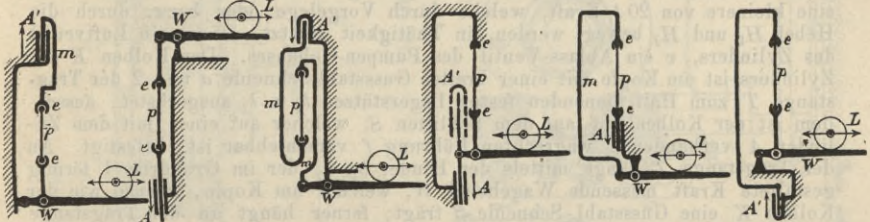


Fig. 412.

Fig. 413.

Fig. 414.

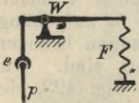
Fig. 415.

Fig. 416.

Fig. 417.

Fig. 418.

Fig. 419.



Die meisten der dargestellten Grundformen kommen als stehende und liegende Maschinen zur Ausführung. Die Formen Fig. 406—408 werden bei stehenden Maschinen mit geringen Änderungen auch in umgekehrter Anordnung so gebaut, dass die Wage *W* unten bzw. oben zu liegen kommt.

Zur Belastung der Hebelwage verwendet man Aufsatz-Gewichte, die man entweder mit freier Hand oder durch mechanische Mittel aufsetzt, ferner Lauf-Gewichte, Fig. 407, welche auf dem wagrechten Hebel hin und her bewegt werden; Pendel-Gewichte, welche mit dem Hebel um seinen festen Drehpunkt schwingen, Fig. 419, und Federn, Fig. 418. Die 3 letztgenannten Belastungs-Arten des Hebels erscheinen als die empfehlenswerthesten, weil bei ihrer Anwendung eine stetig fortschreitende Beanspruchung des Probestabs ohne Ruck oder Sprung möglich ist. Pendel-Gewichte und Federn haben ausserdem noch den besondern Vorzug, dass sie gewissermassen die Beanspruchung des

Probestabs während des Versuchs selbstthätig regeln, weil die Dehnung desselben, wenn diese etwa hin und wieder dem Antriebe voreilen sollte, durch die dann erfolgende sofortige Verringerung des Momentes der Hebel-Belastung veranlasst wird, sich dem Spannungs-Zustande des Stabes anzupassen. Die neusten Bestrebungen gehen dahin, die Festigkeits-Maschinen noch vollkommener selbstthätig zu machen, in dem Sinne, dass der Probestab selbst die Grösse seiner Belastung regelt, damit die vorher festgesetzte Geschwindigkeit seiner Formänderung z. B. seine Streckung, in jedem Augenblicke des Versuchs dieselbe bleibe. Zur Erreichung dieses Zweckes hat man die Elektrizität heran gezogen. Nach den mehrfach genannten Beschlüssen der Münchener und Dresdener Konferenzen¹⁾ ist „für praktische Zwecke eine besondere Vorrichtung, welche die Maschine selbstthätig wirkend macht, nicht nothwendig.“

b. Beispiele neuerer Festigkeits-Maschinen, sowie der zugehörigen Einspann- und Mess-Vorrichtungen.

a. 100 t-Maschine von Werder. Fig. 420—425. Diese aus dem Jahre 1853 stammende Maschine (S. 222) ist liegend angeordnet. Der Antrieb erfolgt von einem Wasserkraft-Zylinder *A* aus, der mit dem Leitgestell *L* in einem Stück gegossen ist. Das Wasser wird zu diesem Zwecke mit Hilfe einer besonderen Druckpumpe aus dem Behälter *B*, Fig. 420, durch das Rohr *r* in den Zylinder gepresst. Hierbei werden nach Bedarf eine grössere Pumpe von 100 t oder eine kleinere von 20 t Kraft, welche durch Vorgelege oder bezw. durch die Hebel *H*₁ und *H*₂ bewegt werden, in Thätigkeit gesetzt. *V* ist ein Luftventil des Zylinders, *v* ein Ablass-Ventil des Pumpen-Gehäuses. Der Kolben *K* des Zylinders ist am Kopfe mit einer breiten Gussstahl-Schneide *a* und 2 der Tragstange *T* zum Halt dienenden festen Lagerstützen *l*₁ u. *l*₂ ausgerüstet; ausserdem ist der Kolbenkopf auf dem Schlitten *S*, welcher auf einer mit dem Zylinder *A* verbundenen wagrechten Führung *f* verschiebbar ist, befestigt. An der Tragstange *T* hängt mittels der Bänder *b*₁, *b*₂ der im Grundriss U förmig gestaltete Kraft messende Wagehebel *W*, welcher am Kopfe, ebenso wie der Kolben *K* eine Gussstahl-Schneide *β* trägt; ferner hängt an der Tragstange eine Vereinigung von senkrechten Querstücken *q*₁, *q*₂ und wagrechten Verbindungs-Stangen *s*₁, *s*₂, *s*₃, *s*₄, welche zur Uebertragung des Kolben-Antriebs auf das mit dem Einspann-Kopf *e* festverbundenen Querhaupt *Q* dient. Die gesammte beschriebene Einrichtung mit dem Presskolben, Schlitten und der Wage lässt sich ausser durch den Antrieb auch von freier Hand mit Hilfe eines auf der Welle *ρ* befestigten Stellrades, mittels einer Schnecke, eines Schneckenrades *σ*, eines Triebes und der Zahnstange *z* in der wagrechten Führung *f* verschieben.

Das Leitgestell *L* und die Führung *f* ruhen fest auf dem Untergestell *G*. Der obere Einspann-Kopf *e* steht in Verbindung mit dem festen Querhaupt *Q*₁, welches an beliebiger Stelle der langen Gestellbank *G*₁, Fig. 424, befestigt werden kann, so dass auch die Probung von Stücken grösserer Länge möglich ist.

Ausser der Stahlschneide *β* besitzt der Wagebalken *W* noch 4 andere Schneiden: 2 Schneiden, an denen er mittels der Bügel *b*₁ und *b*₂ aufgehängt ist, und 2 andere, *γ*₁ und *γ*₂, Fig. 421, welche sich in den Oeffnungen befinden, die im Wagebalken für die Querstücke *q*₁ und *q*₂ ausgespart sind. Den Schneiden *γ*₁ und *γ*₂ liegen entsprechende Schneiden *δ*₁ und *δ*₂, Fig. 423, der Querstücke gegenüber. Die mittlere Schneide *β* des Wagebalkens liegt etwas unter der wagrechten, welche durch die erwähnten andern 4 Schneiden desselben verläuft; beim Antriebe des Kolbens *K* muss also ein Drehmoment entstehen, welches den Wagebalken mit der Wagschale *W*₁ zu heben sucht. Bei der Kraftmessung wird die Schale derart belastet, dass die auf der obern Wagebalken-Fläche angebrachte Libelle zum Einspielen gelangt. Ein Gewicht von 2 kg auf der Wagschale *W*¹ hält einem Presskolben-Drucke von 1 t das Gleichgewicht.

1) A. a. O. S. 4.

Um die Richtigkeit der Hebel-Verhältnisse dieser sehr empfindlichen Wage jederzeit prüfen zu können, ist an der Maschine eine Prüfungs-

Fig. 424.

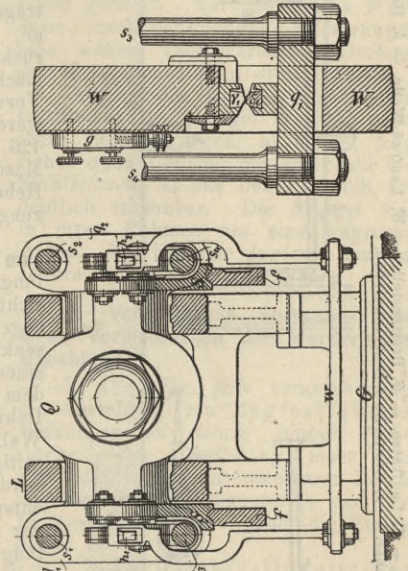


Fig. 422.

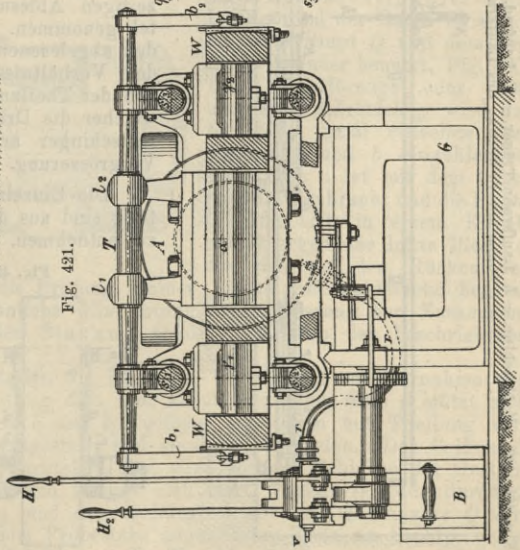


Fig. 421.

Wage angebracht, welche aus 2 symmetrisch angeordneten Winkelhebeln h_1, h_2 , besteht, die gemeinschaftlich die Wagschale w tragen und deren Schnei-

17

Fig. 420.

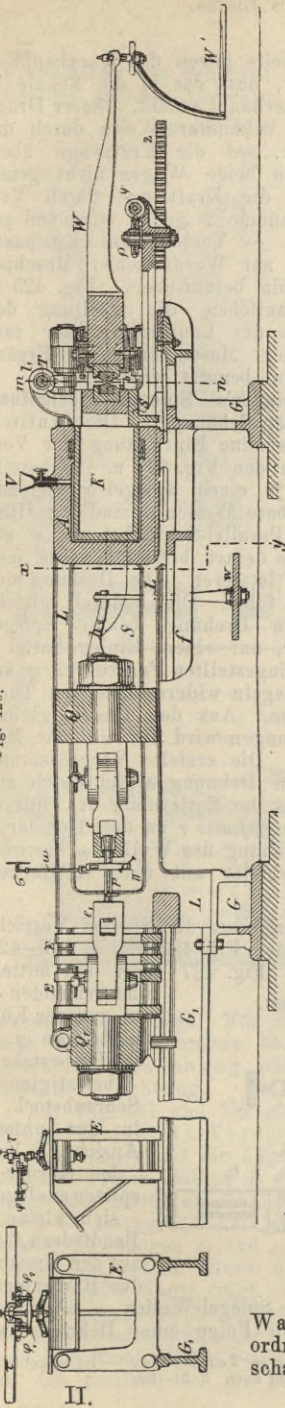
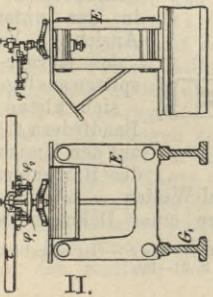


Fig. 423.

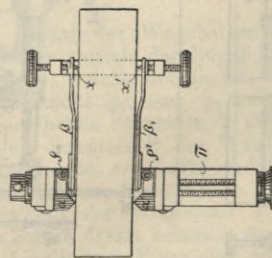


den sich einerseits auf den Schlitten *S*, andererseits gegen das Querhaupt *Q* stützen. Das Hebel-Verhältniss ist so gewählt, dass das in die Schale *w* gelegte Gewicht einen 10fachen Druck auf das Querhaupt ausübt. Dieser Druck wird dann in bekannter Weise durch die Stangen *s* usw. auf die Kraftwage übertragen. Geben beide Wagen nicht genau an, so kann die Kraftwage durch Verücken der Schneide *β* genau stimmend gemacht werden. — Verschiedene Einspann-Vorrichtungen zur Werder'schen Maschine werden weiterhin beschrieben. Fig. 425 u. 426 veranschaulichen die Stellung der Maschine und des Laufkrahns, der zum Heben einzelner Maschinentheile, Ergänzungsstücke usw. benutzt wird.

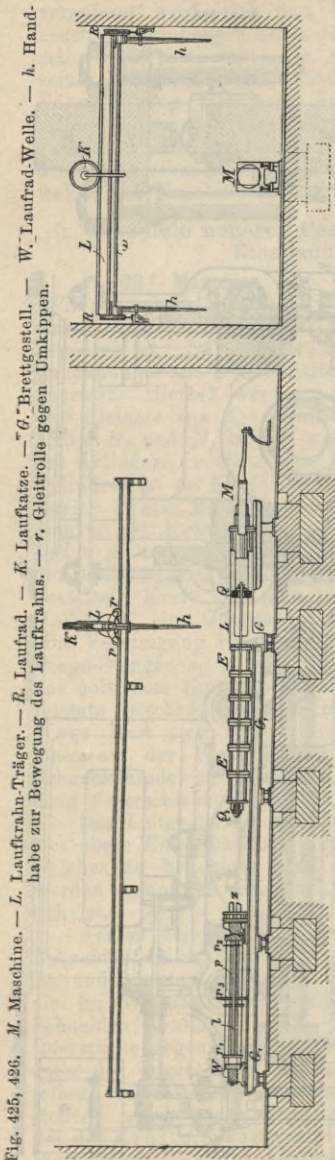
β. Bauschinger's Spiegel-Vorrichtung zum Messen der Dehnung¹⁾. Die Aufstellung und allgemeine Einrichtung der Vorrichtung ist in den Fig. 420 n. 423 bereits angedeutet. 2 je einen Spiegel *σ* tragende senkrecht drehbare Wellen *ω* sind mit Hilfe eines kleinen Parallel-Schraubstocks *π* auf dem Probestabe derart befestigt, dass jede Dehnung des letzteren eine Drehung der Wellen herbei führt. Die dadurch gleichzeitig bewirkte Drehung beider Spiegel wird von zwei, auf einem Einleg-Sattel *E* entsprechend eingestellten Fernrohren *φ* auf der in den Spiegeln widerscheinenden Theilung *τ* gemessen. Aus den beiden gleichzeitigen Ablesungen wird das einfache Mittel genommen. Die erzielte Vergrößerung der abgelesenen Dehnung ergibt sich aus dem Verhältniss der Entfernung der Spiegel von der Theilungs-Latte *τ* zu dem Hebelarm, welcher die Drehung der Wellen *ω* bewirkt. Bauschinger arbeitet mit einer 100fachen Vergrößerung.

Die Einzelheiten der Spiegel-Vorrichtung sind aus den Fig. 420, 423 u. 427—429 zu entnehmen. Fig. 427 zeigt den mittels

Fig. 427.



der Schneiden *a*, *a*¹ und der Körnerspitzen *x*, *x*¹ am Probestabe *p* befestigten Schraubstock *π* in der untern Ansicht. Von den Körnerspitzen aus legen sich kleine Bandfedern *β*, *β*¹ auf den Umfang der Hartgummi-



Rollen ρ , ρ^1 , welche auf der Verlängerung der Spiegel-Wellen ω , ω^1 sitzen und sich mit letztern drehen müssen, sobald in Folge einer Dehnung des

¹⁾ Der von Jenny in Wien benutzte Dehnungsmesser — Tenometer — ist abgebildet und ausführlich beschrieben in Jenny. Festigkeits-Versuche usw. S. 31—39.

Probestabes ein Schleifen der Bandfedern eintritt. Damit kein Gleiten der letztern auf dem Umfange der Hartgummi-Rollen stattfindet, sind sie an ihren

Fig. 428, 429.

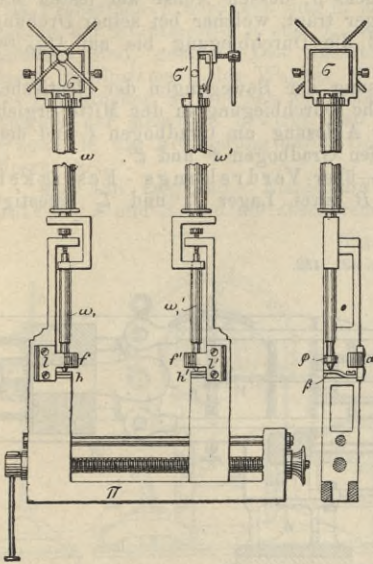
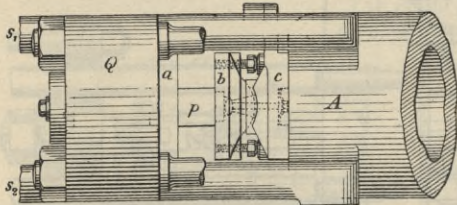


Fig. 430.



Presszylinders legt. Für die Prüfung kleiner Eisen- und Stahlstücke benutzt man noch eine andere ähnliche Einrichtung. Die Messung der Zusammen- drückung, Stauchung oder Stauung erfolgt mit Hilfe der beschriebenen Spiegel-Vorrichtung.

2. Fig. 431 und 432 stellen die Einspann-Vorrichtung zur Vornahme von Biegefestigkeits-Versuchen dar. Der zu untersuchende Stab p stützt sich an den Enden auf die Lager l_1 und l_2 , welche auf einem mit Theilung versehenen hohlen Balken B eingestellt und verschraubt werden. Der Balken B lehnt sich hinten an das Leitgestell L und wird von den Schienen der Gestell- bank G_1 getragen. Auf letztern bewegt sich der Wagen W , der durch 2 starke Zugstangen z_1 und z_2 und dem Gehänge b mit dem Querhaupte Q verbunden ist und an seinem dem Probestabe zugekehrten Ende ein Stahlprisma π mit stumpfer Kante trägt. Sobald man die Maschine in Gang setzt, wird durch die Bewegung des Querhauptes und des damit verbundenen Wagens die Biegung des Probestabes ausgeführt.

Die Messung der Durchbiegung geschieht wie folgt: Der Probestab trägt an den Stellen, wo die Durchbiegung gemessen werden soll, eine Schraub-

Enden mit feinem Schmirgelpapier be- legt, oder auch nur mit einer Feile leicht geraut. Nur auf solche Weise kann, nach Bauschinger's Erfahrungen, eine sichere ununterbrochene Drehung der Hartgummi-Rollen erzielt werden.

Die Art der Aufhängung und Un- terstützung der Spiegel-Wellen, bezw. ihrer Verlängerungen, ω und ω' , mög- lichst ohne Reibung nur auf Stahl und Stahlspitzen, ist aus den Fig. 428, 429 deutlich erkennbar. Die Spiegel sind in ihren Rahmen um eine wagrechte Achse, die Rahmen dagegen um eine senkrechte Achse (ω) drehbar.

γ. Verschiedene Einspann- und Mess-Vorrichtungen der Werder'schen Maschine.

1. Die Fig. 425 veranschaulicht die Anstellung von Zugfestigkeits- Versuchen an einem langen Probe- stücke. Zur Herstellung einer ent- sprechend langen unwandelbaren Brücke zwischen dem Querhaupte Q_1 und dem Leitgestell L dienen dabei die Einleg- Sättel E .

Für Druckfestigkeits-Ver- suche wird der Raum zwischen dem Querhaupt Q und dem An- triebszylinder benutzt, Fig. 430. Das würfelförmige oder pris- matische Probestück p wird da- bei genau axial zwischen zwei Platten a und b eingeklemmt. Die Platte a ist mit dem Quer- haupt verschraubt und die Platte b stützt sich in einem Kugel- gelenk gegen eine dritte Platte c , die sich an den Rücken des

zwinge β , an deren Rücken mit Hilfe von Stahlspitzen eine hohle Rundstange γ in wagrechter Lage so aufgehängt ist, dass sie sich in senkrechter Ebene leicht bewegen kann. Das mit Schmirgelpapier beklebte Ende dieser Stange legt sich auf den Umfang eines Hartgummi-Röllchens ρ , dessen Achse am festen Maschinen-Gestell gelagert ist und einen Zeiger trägt, welcher bei seiner Drehung um jene Achse auf der Gradtheilung t die Durchbiegung bis auf $1/500$ mm genau anzeigt.

In derselben Weise erfolgt die Messung der Bewegungen der elastischen Linie an den Stützpunkten. Die wirkliche Durchbiegung in der Mitte ergibt sich aus dem Unterschiede zwischen der Ableseung am Gradbogen t und dem einfachen Mittel aus den Ableseungen an den Gradbogen t' und t'' .

3. Behufs Vornahme von Versuchen über Verdrehungs-Festigkeit werden an dem vorgenannten Balken B zwei Lager l_1 und l_2 befestigt,

Fig. 431, 432.

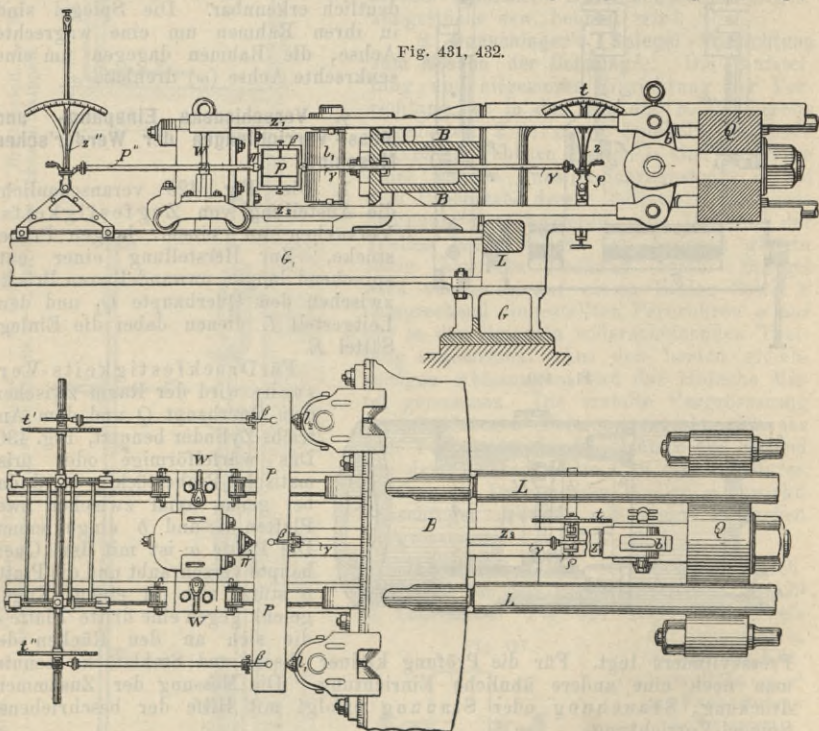


Fig. 433 u. 434, welche zur Aufnahme besonderer Wellenstücke w_1 und w_2 dienen, deren Axen mit der Axe des in den Einspann-Futtern e_1 und e_2 liegenden Probestabes p zusammen fallen. Das mit dem Wellenstück w_2 zu einem Ganzen verbundene Sperrrad B wird durch einen zwischen einem Sperrrad-Zahn und einem Ansatz des Lagers l_2 geschobenen Keil k fest gehalten. Während solchergestalt der Probestab mit dem Einspann-Futter e_2 nicht drehbar ist, lässt sich das Futter e_1 mit Hilfe des am Wellenstück w_1 sitzenden Hebels H in Drehung versetzen. Diese Drehung wird von dem bekannten, mit dem Antriebs-Kolben verbundenen Wagen W ausgeführt. Soll die Verwindung weiter fortgesetzt werden als es der Hub des Hebelendes erlaubt, so muss der Wasserkraft-Kolben der Maschine zurück geschoben, der Keil k heraus genommen und, nach Drehung des Sperrrades um 1 Zahn, wieder eingeschoben werden.

Die Messung der Verdrehung geschieht mit Hilfe von 2 Fernrohren, welche,

auf dem Probestück befestigt, an dessen Drehung mit Theil nehmen, auf 2 senkrechten Theillatten t .

4. Bei der Vorrichtung für Versuche über Scherfestigkeit, Fig. 435, werden der vorgeschriebene Wagen W und der hohle Balken B wieder benutzt. Das Probestück π wird von den in einer wagrechten Ebene liegenden Schneidkanten der Stahlmesser a und b , welche bezw. in den Gussstücken S und T befestigt sind, gefasst. Das Gussstück T stößt mit dem Rücken gegen das flache Stahlprisma π des Wagens W und läuft ausserdem in einer Führung f des Gussstückes S , welches am Balken B Befestigung findet. Nach erfolgtem Antrieb der Maschine bewirkt also der mit dem Querhaupte Q vorrückende Wagen W die Abscherung durch Uebertragung des Maschinen-Druckes auf das Messer b .

Fig. 436 zeigt eine Einspann-Vorrichtung zum Abscheren von Nietbolzen; α und β sind die abscherenden Stahlwerkzeuge.

Fig. 433, 434.

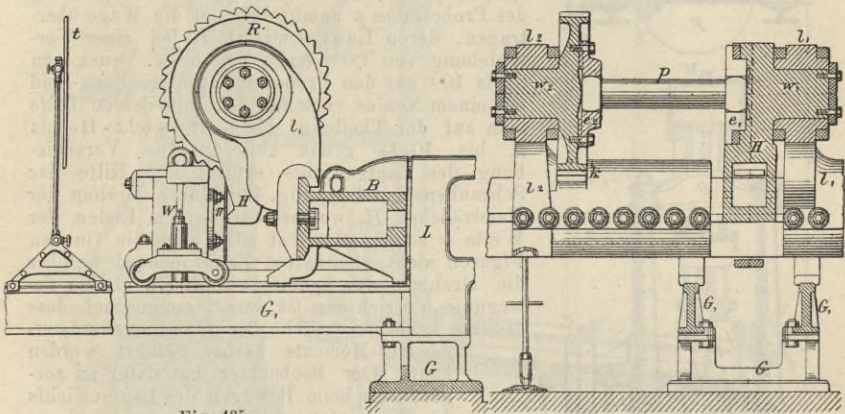
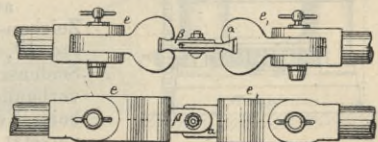
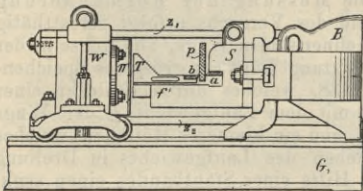


Fig. 435.

Fig. 436.



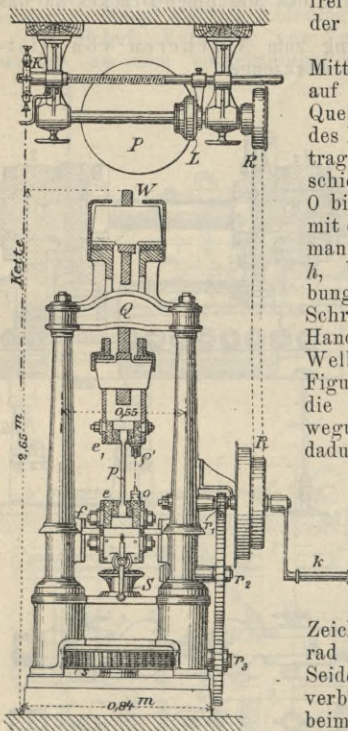
5. Versuche über Knickfestigkeit werden in der Weise angestellt, wie es in der Fig. 425, S. 258 angedeutet ist. Der den Druck übertragende Wagen W ist durch lange Zugstangen mit dem Querhaupte Q , und dadurch mit dem Antriebs-Zylinder verbunden. Behufs Messung der Durchbiegung sind auf dem zu untersuchenden Probestück 3 Messrahmen r_1 , r_2 und r_3 befestigt, welche durch eine wagrechte Latte verbunden sind. Am mittlern Rahmen werden durch 2 Mikroskope m — das eine in senkrechter, das andere in wagrechter Lage — durch Theilungen t , welche mit der Latte in Verbindung stehen, die gegenseitigen Bewegungen der Mitte des Probestücks gegen seine Enden abgelesen.

8. 50 t-Maschine von Mohr & Federhaff¹⁾, Fig. 437 — 439. Der An-

¹⁾ Die Material-Prüfungs-Maschine nach Mohr's Patent. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884. I., S. 141.

trieb überträgt sich von einem Decken-Vorgelege aus durch Riemen mittels der Riemenscheiben R , des Räder-Vorgeleges r_1, r_2, r_3 , der Schnecke σ , Fig. 438, und des Schnecken-Rades s auf die Schraube S , welche, aus Tiegelgussstahl gefertigt, sich in einer Mutter aus Phosphor-Bronze dreht. Der Antrieb kann indess auch durch die Kurbel k von freier Hand erfolgen. Die Schraube S trägt ein Gussstahl-Querhaupt, welches zwischen den Säulen des festen Gerüsts bei f , Fig. 437, geführt wird und durch kräftige Laschen mit dem untern Einspann-Kopf e verbunden ist. Durch den Kopf der Schraube wird ein Keil verhindert, wenn der Antrieb wirken soll. Entfernt man jedoch den Keil, so kann die Schraube frei von Hand bewegt werden, was das Einspannen der Probestäbe erleichtert.

Fig. 437.



Der obere Einspann-Kopf e_1 hängt an der Mittelachse einer Differential-Wage W , welche auf einem von 2 kräftigen Säulen getragenen Querhaupt Q ruht. Dadurch wird die Spannung des Probestabes p unmittelbar auf die Wage übertragen, deren Laufgewicht L bei einer Verschiebung von $1,0\text{ m}$ einen Zug bzw. Druck von 0 bis 10^4 auf den Probestab ausüben kann und mit einem Nonius versehen ist, mit dessen Hilfe man auf der Theilung des Laufgewicht-Hebels h , bis 10 kg genau abliest. Die Verschiebung des Laufgewichts erfolgt mit Hilfe der Schraubenspindel s^1 , Fig. 438, durch Drehen der Handrädchen H , welche auf beiden Enden der Welle w sitzen; daselbst sitzt auch ein (in den Figuren nicht sichtbares) Zahnradchen, welches die Drehung der Spindel vermittelt. Diese Bewegungs-Vorrichtung ist derart angeordnet, dass dadurch keine wesentliche Beeinflussung des Laufgewicht-Moments herbei geführt werden kann. Der Beobachter hat dafür zu sorgen, dass beim Bewegen des Laufgewichts die Wage stets einspielt.

Die Messung der Formänderung während des Versuchs erfolgt selbstthätig auf zeichnerischem Wege. Die Achse w der Zeichen-Vorrichtung trägt ein größeres Speichenrad R^1 , Fig. 438, welches durch Umlegen einer Seidenschnur mit dem Laufgewicht L der Wage verbunden ist, und ein kleineres Röllchen, welches beim Verschieben des Laufgewichts in Drehung versetzt, mit Hilfe eines Stahlbandes einen senkrechten, mit Finger und Bleistift bewaffneten Stab auf und ab bewegt, wodurch auf dem mit Papier versehenen Zylinder Z , falls dieser sich dreht, eine Kraftlinie verzeichnet wird (das Röllchen mit dem Zeichenstab sind in der Figur nicht zu sehen). Die Drehung des Zylinders Z wird bei Zugproben mittelbar durch die Dehnung des Probestabes bewirkt und zu diesem Behuf legt sich um eine Nuth der Zylinder-Achse ein durch das Gewicht g gespanntes Drahtseilchen δ , welches über das am obern Einspann-Kopf befindliche Röllchen δ^1 nach dem festen Punkte o des untern Einspann-Kopfes führt, so dass die geringste Dehnung des Probestabes eine Drehung des Papier-Zylinders bewirken muss.

Bei Biegungs-Versuchen wird an Stelle des obern Einspann-Kopfes ein kräftiges Querstück Q^1 , Fig. 439, an der Wage befestigt, welches in genau 1 m Entfernung 2 mit wagrechten Schneiden s_1, s_2 versehene Gehänge H^1 trägt. Der zu biegende Stab wird auf die beiden Schneiden gelegt, während genau in der Stabmitte eine dritte Schneide s_3 , die mit der Antriebs-Schraube in Verbindung steht, zur Wirkung gebracht wird. Zum Ablesen der Durchbiegung dient

Fig. 438.

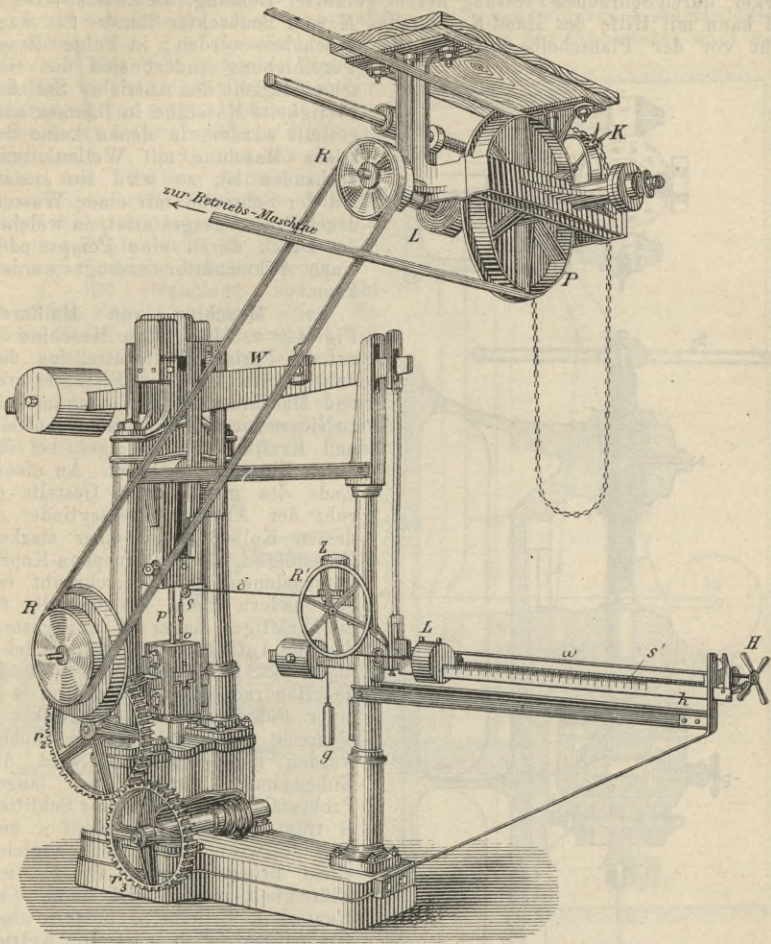
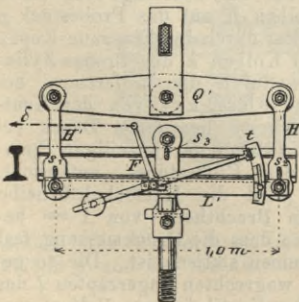


Fig. 439.



das mit den äussern Schneiden verbundene Lineal L^1 , welches mit einem Fühlhebel F und einer Theilung t ausgerüstet ist. Will man die Durchbiegung zeichnerisch auftragen, so verbindet man das Ende des Fühlhebels mit dem Drahtseilchen δ .

Bei Vornahme von Druckproben wird durch Anwendung verlängerter Laschen der Einspann-Kopf der Schraube über denjenigen der Wage gebracht, so dass die Probestücke durch den Antrieb auf Druck in Anspruch genommen werden.

Es bleibt noch zu erwähnen, dass die Geschwindigkeit des Antriebs durch das Vorgelege beliebig geregelt werden kann. Vor der Planscheibe P dreht sich nämlich, vermöge

starker, durch Schrauben-Pressung herbei geführter Reibung, die Lederscheibe *L* und kann mit Hilfe des Hand-Kettenrades *K* vom Beobachter-Stande aus wagrecht vor der Planscheibe hin und her

geschoben werden; in Folge dieser Verschiebung ändert sich die Geschwindigkeit des Antriebs. Soll die Festigkeits-Maschine in Räumen aufgestellt werden, in denen keine Betriebs-Maschine mit Wellenleitung vorhanden ist, so wird sie anstatt mit der Schraube mit einer Wasserdruck-Pressen ausgestattet, in welcher der Druck durch eine Pumpe oder einen Akkumulatör erzeugt werden kann.

e. **Maschine von Maillard,** Fig. 440 u. 441. Diese Maschine ist auf der Pariser Weltausstellung des Jahres 1878 von der Eisengießerei und Maschinenfabrik Fourchambault zu Nièvre vorgeführt worden. Antrieb und Kraftmessung erfolgen bei ihr durch Flüssigkeits-Druck. An einem Ende des gusseisernen Gestells *G* ruht der Antriebs-Presszylinder *A*, dessen Kolben *k* mit einer starken Zugstange *z*, die den Einspann-Kopf *e* aufzunehmen hat, verschraubt ist. Am andern Ende des Gestells ist ein kräftiges Lager *L* angegossen, das zur Aufnahme der Stellspindel *S* dient, bei deren Drehung vermöge des Handrades *H* ein Schlitten *S* in einer Führung *f* des Gestellbettes wagrecht hin und her geschoben werden kann; dadurch wird die Einspannung kurzer und langer Probestäbe ermöglicht. Der Schlitten *S* trägt den Einspann-Kopf *e* und (mit letzterem verbunden) zugleich einen Bronze-Zylinder *B*, der mit Flüssigkeit gefüllt und durch eine Kautschuk-Scheibe *σ* mittels eines Kreisringes gedichtet ist. Der Antrieb erfolgt von einer besondern Presspumpe aus und überträgt sich durch den Kolben *K* auf das Probestück *p* und weiter durch den Einspann-Kopf *e* auf den Kolben *k* des Bronze-Zylinders, wodurch die in letzterem befindliche Flüssigkeit von der Kautschuk-Scheibe her einen Druck erleidet, welcher der jeweiligen Spannung des Probestabes entspricht. Dabei wird die Kautschuk-Scheibe nur um Bruchtheile von 1 mm bewegt, so dass die Druckmessung fast vollkommen statisch ist. Die so gespannte Flüssigkeit wird durch Bohrungen in den wagrechten Lagerzapfen *l* des Bronze-Zylinders nach dem Druckmesser geführt. Der Ventil-Aufsatz *V* dient zum

Fig. 441.

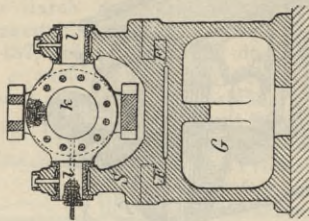
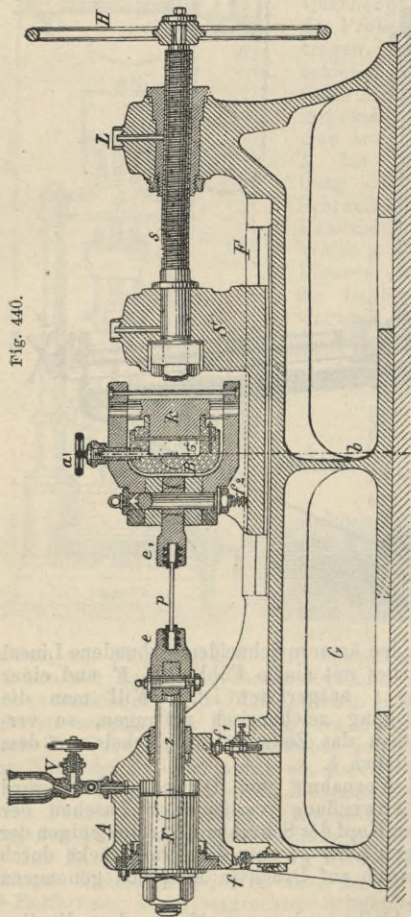


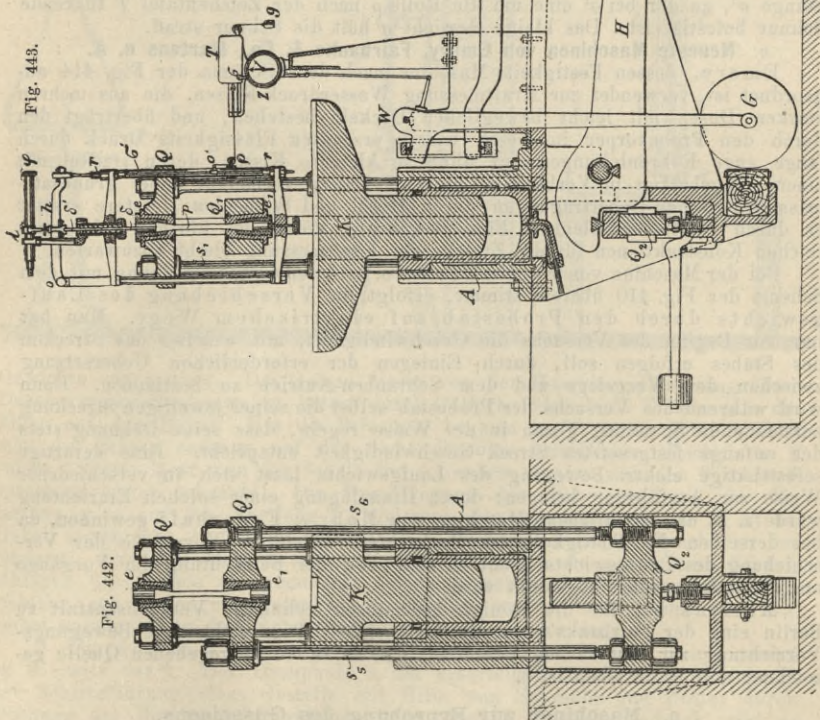
Fig. 440.



spannte Flüssigkeit wird durch Bohrungen in den wagrechten Lagerzapfen *l* des Bronze-Zylinders nach dem Druckmesser geführt. Der Ventil-Aufsatz *V* dient zum

raschen Füllen und Leeren des Antrieb-Zylinders und zur Einführung des Druckes von der Presspumpe her. Die Eigengewichte sind, wo es erforderlich scheint, durch Spiral-Stützen f , f_1 u. f_2 aufgehoben. Die Dehnung des Probestabes wird mittels einer besondern optischen Messvorrichtung, welche 2 verstellbare Fernrohre mit Fadenkreuz trägt, bestimmt. Jedes Fernrohr wird auf eine Marke des Probestabes gerichtet, und dann das eine mit Zeiger und Theilung versehene Fernrohr entsprechend verschoben. Die Maschine kann bei Anwendung geeigneter Einspann-Köpfe auch für Druck- und Biegungs-Versuche benutzt werden.

§. 100 t - Maschine von Pohl-meyer¹⁾, Fig. 442 u. 443. Diese Maschine (deren Grundanordnung der Fig. 411 entspricht) arbeitet vollkamen selbstthätig und regelt durch das in Anwendung kommende Pendel-Gewicht (S. 255) gewissermassen die Geschwindigkeit der Streckung des Probe-



stabes. Der Wasserdruck im Arbeits-Zylinder A überträgt sich durch den Presskolben K und das mit diesem durch 4 Stangen s_1 bis s_4 verbundene Querhaupt Q

¹⁾ Pohlmeier. Probir- und Zerreißmaschine. Stahl u. Eisen 1881, S. 236.

auf den oberen Einspann-Köpfe des Probestabes, während der untere Einspann-Kopf e_1 durch die Stangen-Verbindung s_5, s_6 und die Querhäupter Q_1, Q_2 an der Kraft messenden Wage aufgehängt ist. Das Pendel-Gewicht G der Wage, am Winkelhebel W schwingend, giebt durch seinen Ausschlag die Grösse der ausgeübten Kraft an. Dieser Ausschlag wird behufs Ablesung der Kraftgrösse auf ein Zeigerwerk Z übertragen; gleichzeitig wird durch letzteres ein Schreibstift σ , der jeweiligen Kraftgrösse entsprechend, über einer Schreibtabel T auf und ab bewegt. Dabei verschiebt sich die Schreibtabel, weil sie mit dem Probestabe in geeignete Verbindung gebracht ist, in Uebereinstimmung mit dessen Dehnung in wagrechter Richtung, so dass während des Versuches auf der Tafel ein Festigkeits-Diagramm verzeichnet wird. Zur Beobachtung der Dehnung innerhalb der Elastizitäts-Grenze dient eine optische Mess-Vorrichtung. Das astronomische Fernrohr φ ist mit wagrechter Achse, senkrecht zur Richtung der Achse des Probestabes über demselben derart aufgestellt, dass es sich in der Ebene beider genannten Achsen um das feste Lager λ drehen kann. Eine solche Drehung des Fernrohrs wird durch den sich dehnen den Probestab bewirkt, indem derselbe mittels der senkrechten Dorne δ, δ^1 den in o drehbaren Hebel h und damit das Fernrohr hebt. Auf einer in entsprechender Entfernung senkrecht aufgestellten Messlatte kann somit die geringste Dehnung des Probestabes, ähnlich wie bei Bauschinger's Spiegel-Vorrichtung, deutlich abgelesen werden. — Pohlmeier's Vorrichtung hat den Vorzug, dass die Spiegel entbehrlich werden. An dem Hebel h hängt zugleich auch die in einem Rohre r geführte Stange σ^1 , an der bei σ^1 eine um die Rolle ρ nach der Zeichentafel T führende Schnur befestigt ist. Das kleine Gewicht g hält die Schnur straff.

7. Neueste Maschinen von Emery, Fairbanks & Co., Martens u. A.

Emery, dessen Festigkeits-Maschine nach dem Schema der Fig. 414 angeordnet ist, verwendet zur Kraftmessung Wasserdruck-Kissen, die aus mehreren starken Dosen mit leicht beweglichen Deckeln bestehen, und überträgt den durch den Probekörper in diesen Kissen erzeugten Flüssigkeits-Druck durch lange enge Röhrenleitungen auf ähnliche kleinere Kissen, deren Deckel mit einem Wagebalken in Verbindung stehen. Emery vermeidet dabei grundsatzmässig Zwischen-Uebertragungen durch Hebel und Schneiden; letztere ersetzt er durch Blattfeder-Gelenke. Eine Bewährung dieser im übrigen sehr sinnreichen Konstruktionen für die Zwecke der Kraftmessung bleibt abzuwarten.

Bei der Maschine von Fairbanks & Co.¹⁾, deren Grundanordnung mit dem Schema der Fig. 410 überein stimmt, erfolgt die Verschiebung des Laufgewichts durch den Probestab auf elektrischem Wege. Man hat nur vor Beginn des Versuches die Geschwindigkeit, mit welcher das Strecken des Stabes erfolgen soll, durch Einlegen der erforderlichen Uebersetzung zwischen dem Vorgelege und dem Schrauben-Antrieb zu bestimmen. Dann wird während des Versuches der Probestab selbst die seiner jeweiligen Streckung zukommende Spannung genau in der Weise regeln, dass seine Dehnung stets der anfangs festgesetzten Streck-Geschwindigkeit entspricht. Eine derartige selbstthätige elektr. Bewegung des Laufgewichts lässt sich in verschiedener Weise zur Ausführung bringen; durch Hinzufügung einer solchen Einrichtung würde z. B. die beschriebene Maschine von Mohr & Federhaff gewinnen, da bei derselben die Thätigkeit des Beobachters durch die Vornahme der Verschiebung des Laufgewichts leicht zu sehr von der Betrachtung der Vorgänge am Probestabe selbst abgelenkt wird.

Martens hat für die Königl. mechanisch-technische Versuchsanstalt zu Berlin eine der Fairbanks'schen ähnliche selbstthätige elektrische Bewegungs-Vorrichtung zur Ausführung gebracht, welche in der angegebenen Quelle gezeichnet und beschrieben ist²⁾.

c. Maschinen zur Erprobung des Gusseisens.

In der Regel beschränkt man sich bei der Prüfung des Gusseisens auf Bestimmung der Biegungs-Festigkeit, der elastischen und bleibenden Durch-

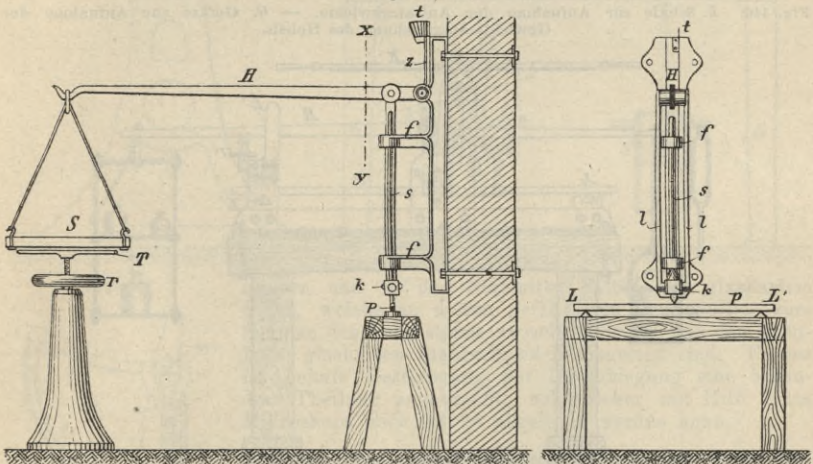
¹⁾ Americ. Inst. of Mining Engin., Februar 1884.

²⁾ Martens. Ueber neuere Festigkeits-Prüfungsmaschinen. Zeitschr. d. Vers. deutsch. Ingen., 1886, S. 171.

biegung, sowie der Zugfestigkeit. Diese Festigkeits-Größen können zwar, unter Zuhilfenahme geeigneter Einspann-Vorrichtungen, auf den meisten der grösseren vorbeschriebenen Maschinen auch bestimmt werden, jedoch zieht man eigens für diese Zwecke eingerichtete kleinere Maschinen gewöhnlich vor.

1. Eine einfache kleine Wand-Probirmaschine ist in Fig. 444, 445 dargestellt. Der Probestab p lagert bei L und L' frei auf 2 Stahlschneiden und genau in der Mitte zwischen den letztern wird ein mit stählerner Schneide versehener Stempel s mit Hilfe einer belasteten Hebelwage nieder gedrückt. Der Stempel wird bei f geführt und trägt bei k einen Kreuzkopf, von welchem aus eine Verbindung mit dem einarmigen Hebel H durch die beiden Lenkstangen l bewerkstelligt ist. Durch diese Gradführung des Stempels wird der Unterschied zwischen der thatsächlichen Belastung — welche bei geneigter Stellung des Hebels wirkt — und der theoretischen Belastung, bei deren Berechnung der Hebel wagrecht liegend angenommen wird, ein verschwindend kleiner. Der Druck, den das gesammte Eigengewicht der Wagschale S , des Hebels, des Stempels usw. ausübt, wird in geeigneter Weise ermittelt und dem Belastungs-

Fig. 444, 445.



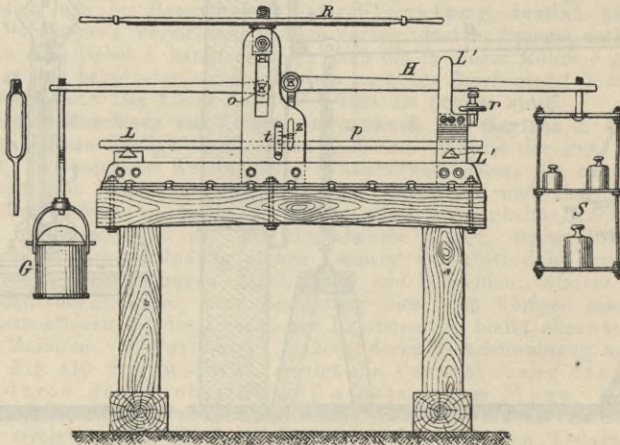
Gewichte zugerechnet. Die Grösse dieses von der Maschine selbst ausgeübten Druckes verzeichnet man am besten durch Oelfarbe oder durch Einstempeln der Ziffer auf den Hebel. Um die Belastung bequem ausführen zu können, lässt man die Schale anfangs auf der dicht darunter befindlichen Tischplatte T ruhen. Später lässt man die Schale frei schweben, indem man den Tisch entsprechend tiefer schraubt. Die Durchbiegung des Stabes während der Belastung wird auf der Theilung t abgelesen; der zugehörige Zeiger Z ist am Hebel angebracht und zwar oberhalb der Drehungs-Achse senkrecht zu der letztern. Um das beim Brechen des Stabes eintretende gewaltsame Niederschlagen des Hebels zu vermeiden, empfiehlt sich die Anbringung einer Vorrichtung zur Auffangung desselben, z. B. einer an der Decke oder am Fussboden angebrachten, den Hebel umfassenden Gabel oder dergl.

2. Fig. 446 stellt eine tragbare Probirmaschine der Königl. Eisengiesserei zu Gleiwitz dar¹⁾. Der Drehpunkt o des einarmigen Hebels H kann hier in der Schlitzführung eines Gestells mit Hilfe von Schraube und Mutter durch Drehung des Handrades R gehoben oder gesenkt werden. Dadurch wird es möglich, bei jeder Einbiegung des Probestabes den Hebel in die wagrechte Lage zu bringen. Die Entfernung des Drehpunktes o von der Schneide, in

¹⁾ D. R. P. No. 7189.

welcher der Stempel s angreift, beträgt $\frac{1}{10}$ der Hebelarm-Länge. Der Stempel ist unten mit einem wagrechten Zapfen z versehen, mit welchem er auf den Probestab p , genau in der Mitte desselben, drückt. Der Zapfen trägt einen Zeiger, der auf einer am Gestell angebrachten Theilung die jedesmalige Durchbiegung des Stabes anzeigt. Der vom Eigengewicht des Hebelwerks usw. herührende Stempeldruck kann durch Beschwerung des über o hinaus verlängerten Hebelarms vollkommen ausgeglichen werden. Das nach oben verlängerte Lager L_1 dient zur seitlichen Führung des Hebels H und zur Aufnahme einer durch das Handrädchen r , behufs Festhalten des Hebels verstellbaren Schraube. Bei der Benutzung der Maschine hebt man, ehe ein neues Gewicht aufgelegt wird, den Drehpunkt o ein wenig; es setzt sich dann der Hebel auf die Halteschraube und man kann die Schale beliebig belasten, ohne vorläufig eine Wirkung auf den Probestab auszuüben. Senkt man dagegen den Drehpunkt o , so tritt die Belastung des Probestabes ganz allmählig in Wirksamkeit, und sobald der Bruch erreicht ist, wird der Hebel durch die Halteschraube aufgefangen. Das genaue Wagrechtstellen des Hebels erfolgt mit Hilfe eines (in der Figur nicht angebenen) zwischen dem Gestell und dem Lager L_1 , straff und wag-

Fig. 446. L . Schale zur Aufnahme der Aufsatzgewichte. — G . Gefäss zur Aufnahme der Gewichts-Ausgleichung des Hebels.



recht ausgespannten Fadens, dessen Richtung mit einer zwischen den Schneiden des Hebels verzeichneten Gradens genau zusammen fallen muss.

3. Die in Fig 447, 448 dargestellte Maschine von Erdmann Kircheis¹⁾ ist mehr für praktische Zwecke der Giessereien als Untersuchungen von grosser Genauigkeit gebaut. Sie arbeitet mit kurzen Probestäben von kreisförmigem Querschnitt, deren Enden während des Versuchs in Lagern l des festen Bockes B ruhen und in ihrer Mitte durch das passend geförmte Ende des Wagehebels H , welches in o seinen Drehpunkt hat, von oben her durchgebogen werden. Die Hebel-Belastung besteht aus dem unverrückbaren, in seiner Grösse aber zu verändernden Gewicht g und dem Laufgewicht L . Das Ein- und Ausschalten der Belastung erfolgt mittels des Handrades R , durch dessen Drehung das Hebelende über dem festen Querriegel q zum Aufliegen gebracht oder schwebend erhalten werden kann. Das Laufgewicht wird mit Hilfe einer Kette ohne Ende vom Handrade R' aus durch Räder-Vorgelege verschoben. Nach erfolgtem Bruch liest man die Biegefestigkeit des Probestabes unmittelbar am Hebel und die Durchbiegung auf einer Zeigerscheibe Z ab, dessen Zeiger durch Hebel- und Räderwerk in Folge der Senkung des stellbaren Messstiftes m gedreht wird.

¹⁾ D. R. P. No. 32778. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen., 1886, S. 197.

4. Die Maschine von Hansen¹⁾ stimmt in ihrer Grund-Anordnung ziemlich mit der oben beschriebenen Gleiwitzer Maschine überein; in den Einzelheiten weist sie aber einige Verbesserungen auf. So z. B. besitzt sie an den

Fig. 447, 448.

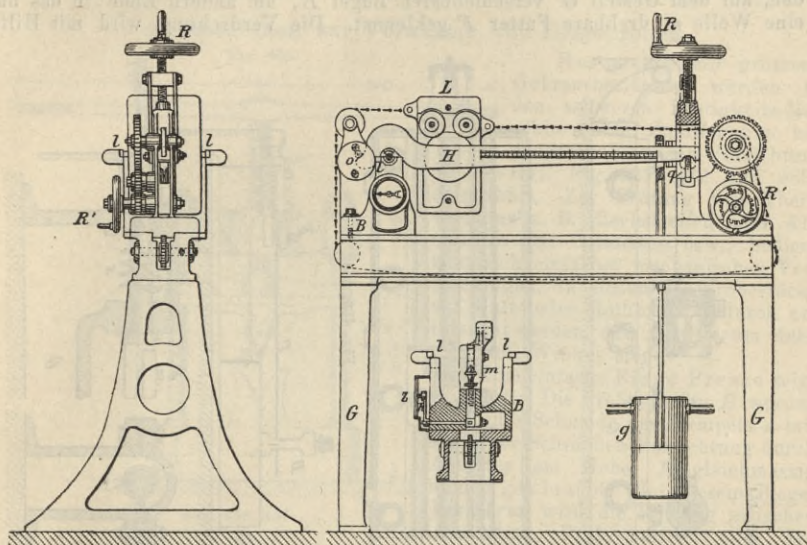
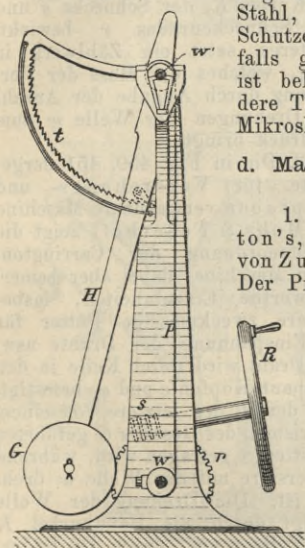


Fig. 449.



Lagern und in der Stabmitte Sättel aus glashartem Stahl, welche an diesen gefährdeten Druckstellen zum Schutze des Probestabes zwischen diesem und den ebenfalls glasharten Stahlschneiden eingelegt sind. Ferner ist behufs Bestimmung der Durchbiegung eine besondere Theilung angebracht, auf welcher mit Hilfe eines Mikroskops noch 0,1 mm abgelesen werden kann.

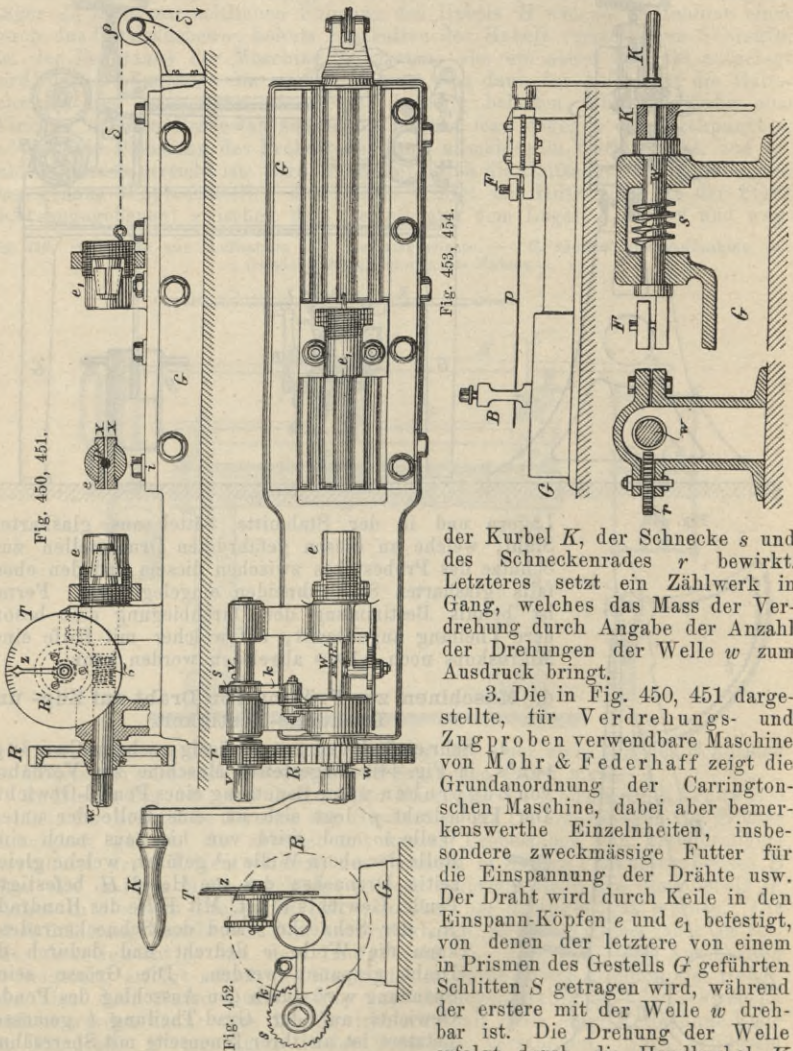
d. Maschinen zur Prüfung von Draht auf Zug- und Drehungs-Festigkeit.

1. Sehr einfach und zweckmässigerscheint Carrington's, in Fig. 449 dargestellte Maschine zur Vornahme von Zugproben unter Benutzung eines Pendel-Gewichts. Der Probedraht *p* legt sich um eine Rolle der untern Welle *w* und wird von hier aus nach einer Rolle der obren Welle *w*¹ geführt, welche gleichzeitig Drehachse des am Hebel *H* befestigten Pendel-Gewichts *G* ist. Mit Hilfe des Handrades *R*₁, der Schnecke *s* und des Schneckenrades *r* kann die Welle *w* dedreht und dadurch der Draht gespannt werden. Die Grösse seiner Spannung wird durch den Ausschlag des Pendel-Gewichts auf der Grad-Theilung *t* gemessen. Letztere ist an ihrer Innenseite mit Sperrzähnen versehen, um im Falle des Drahtbruches den Gewichtshebel, der zu diesem Zwecke mit einer

Einfallklinke versehen ist, aufzufangen. Die elastische, bezw. bleibende Dehnung des Drahtes wird aus dem Unterschiede der Umdrehungen der beiden Rollen, um welche der Draht geschlungen ist, mit Hilfe geeigneter Theilungen gemessen.

¹⁾ Hansen. Beschreibung eines Material-Prüfungsapparates und einiger mit demselben ausgeführten Versuche. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen., 1886, S 125.

2. Carrington's Maschine zur Vornahme von Verdrehungs-Proben, Fig. 293, ist ebenso einfach und für Versuche, bei denen es sich um einen Vergleich verschiedener Proben und nicht um genaueste Bestimmung von Festigkeits-Größen handelt, ausreichend. Der Probedraht p wird an einem Ende in den, auf dem Gestell G verschiebbaren Bügel B , am andern Ende in das um eine Welle w drehbare Futter F geklemmt. Die Verdrehung wird mit Hilfe



der Kurbel K , der Schnecke s und des Schneckenrades r bewirkt. Letzteres setzt ein Zählwerk in Gang, welches das Mass der Verdrehung durch Angabe der Anzahl der Drehungen der Welle w zum Ausdruck bringt.

3. Die in Fig. 450, 451 dargestellte, für Verdrehungs- und Zugproben verwendbare Maschine von Mohr & Federhaff zeigt die Grundanordnung der Carrington'schen Maschine, dabei aber bemerkenswerthe Einzelheiten, insbesondere zweckmässige Futter für die Einspannung der Drähte usw. Der Draht wird durch Keile in den Einspann-Köpfen e und e_1 befestigt, von denen der letztere von einem in Prismen des Gestells G geführten Schlitten S getragen wird, während der erstere mit der Welle w drehbar ist. Die Drehung der Welle erfolgt durch die Handkurbel K

entweder unmittelbar oder von der Vorgelegs-Welle v aus, durch die Räder-Uebersetzung r_1, R . Die Grösse der Verdrehung wird auf der Theilscheibe T , welche durch die Schnecke σ und das Schnecken-Rad R^1 in Gang gesetzt wird, durch den Zeiger z angegeben. Das Sperrrad s und die Einfalklinke verhindern ein Rückwärtsgehen des Vorgeleges. Das an einem Haken des

Schlittens *S* angreifende Drahtseil δ kann benutzt werden, um durch Anhängung eines entsprechenden Gewichts den Probedraht etwas gespannt zu halten. Der Schlitten kann jedoch mit Hilfe zweier Schrauben mit dem Gestell *G* auch fest verbunden werden, wodurch bei der Verdrehung des Probedrahts gleichzeitig ein nicht unbedeutender Zug eintritt.

e. Maschinen zur Vornahme von Biegeproben.

Fig. 455.

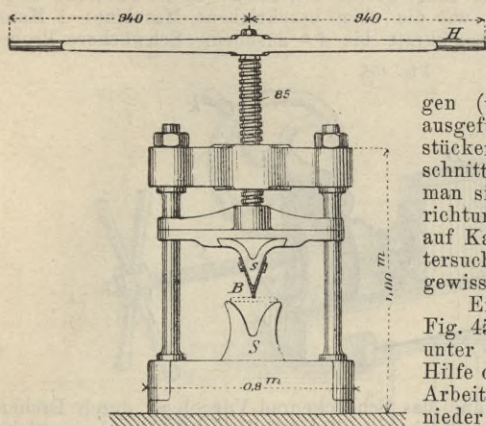
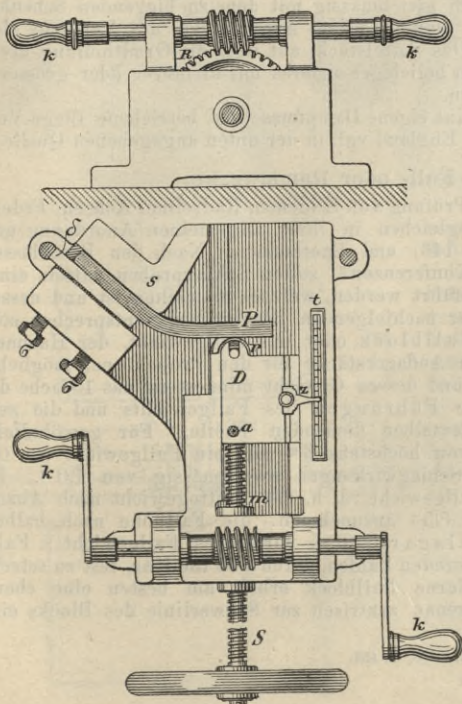


Fig. 456, 457.



Biegeproben mit grössern Gebrauchsstücken werden in den schweren Festigkeits-Maschinen unter Zuhilfenahme besonderer Einspann-Vorrichtungen (vergl. Fig. 431, 432 und 439) ausgeführt. Zur Prüfung von Theilstücken, z. B. Blechstreifen oder Abschnitte von Formeisen usw., bedient man sich einfacher mechanischer Vorrichtungen, in denen die Probestücke auf Kalt- oder Rothbruch dadurch untersucht werden, dass man sie um einen gewissen Winkel biegt.

Eine einfache Biege-Press zeigt Fig. 455. Die Probestreifen *B* werden unter der Schneide des Stempels *s* mit Hilfe der Schrauben-Vorrichtung durch Arbeiter am Hebel *H* gleichmässig nieder geschraubt. Bei diesem Biege-Verfahren wird die Reibung zwischen dem Probestreifen und den Flächen des Sattels *S* das Reissen nicht unerheblich fördern.

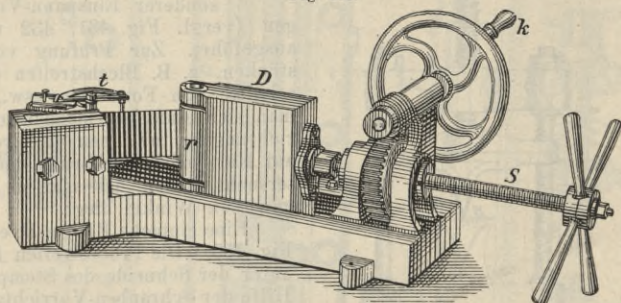
Eine nicht so einfache, aber genauer arbeitende Biegepresse wird durch Fig. 456, 457 veranschaulicht¹⁾. Das Probestück *P* wird mit Hilfe zweier Stell-schrauben σ und einer Deckplatte δ gegen den Sattel *s* gespannt, dessen vordere Kante abgerundet ist. Das Biegen geschieht durch Vorschieben des in Führungen laufenden Druckschlittens *D*, an dessen vordem Ende, um eine zu starke Reibungs-Beanspruchung des Probestreifens zu vermeiden, eine Druckrolle *r* gelagert ist. Zum Einstellen des Druckschlittens und zum Zurückziehen desselben nach erfolgter Prüfung dient die von Hand zu drehende Schraubenspindel *S*, welche in diesem Falle sich in der fest liegenden Mutter *m* dreht, was durch Ausheben des die Spindel mit dem Schlitten verbindenden Vorsteckstiftes *a* ermöglicht wird. Während der

¹⁾ Vorrichtung zur Vornahme von Biegeproben. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1886, I, S. 94.

Probe lässt man den Stift *a* zum Eingriff kommen, so dass die Spindel an der Drehung verhindert wird. Das Verschieben des Schlittens wird dann durch die Bewegung der Kurbeln *k* bewirkt, wobei das fest mit der Mutter *m* verbundene Schneckenrad in Drehung versetzt und die Spindel zur fortschreitenden Bewegung veranlasst wird. An der Schlittenführung ist eine Theilung *t* und am Schlitten selbst ein verstellbarer Zeiger *z* angebracht, um die Grösse der erfolgten Biegung usw. zu messen.

Die in Fig. 458 dargestellte Biege-Presse von Mohr & Federhaff zeigt eine ähnliche Grundanordnung, wie die eben beschriebene Maschine; 1 Mann kann an der Kurbel *k* eine Druckkraft bis 4^t ausüben. Schwächere Probe-

Fig. 458.



streifen können unmittelbar ohne das Schneckenrad-Vorgelege durch Drehen der Schraube *S* gebogen werden. Es ist eine Gradtheilung *t* vorhanden, welche genau in dem Mittelpunkte der durch die Biegung am Sattel erzielten Rundung eingestellt werden kann und sich gleichmässig mit dem zu biegenden Schenkel des Probestücks dreht, so dass man in jedem Augenblicke des Versuchs den Biegungswinkel ablesen kann. Das Sattelstück, auf dem die Gradtheilung drehbar befestigt ist, kann gegen ein beliebiges anderes mit kleinerer oder grösserer Abrundung ausgewechselt werden.

Die Abbildung einer durch eine eigene Dampfmaschine betriebene Biege-Vorrichtung der Blochairn-Werke in England vgl. in der unten angegebenen Quelle¹⁾.

f. Schlag-, Fall- oder Rammwerke.

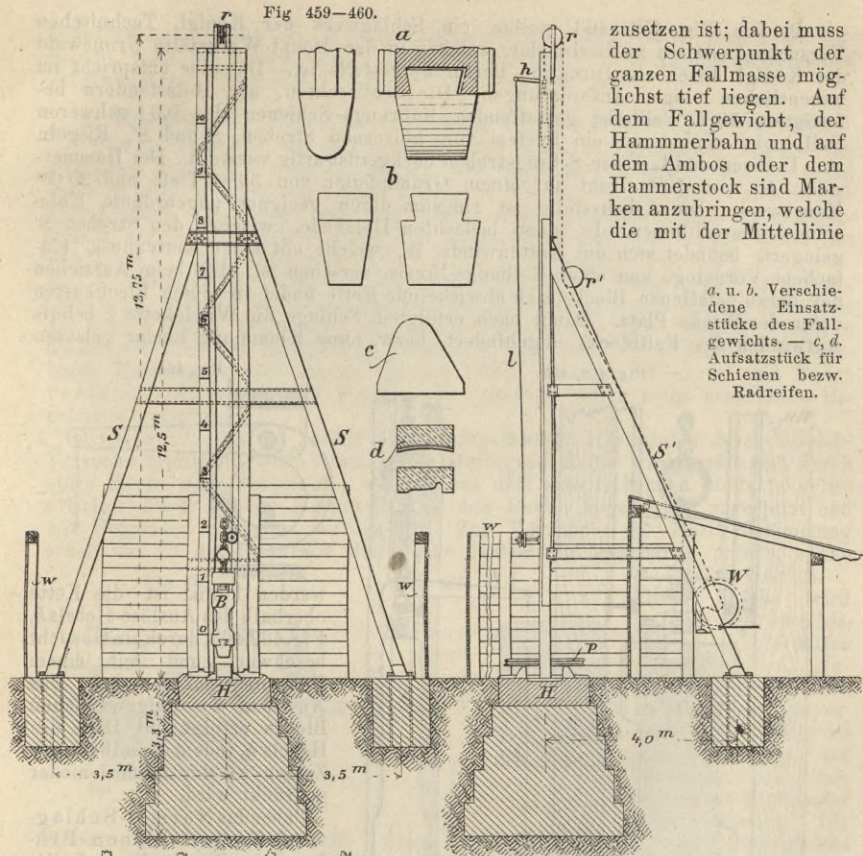
1. Diese in der Regel zur Prüfung von Schienen, Radreifen, Achsen, Federn u. dergl. benutzten Maschinen gleichen in ihrer allgemeinen Anordnung und Wirkung den Fallhämmern (S. 146) und Baurammen. Nach den Beschlüssen der Münchener und Dresdener Konferenzen²⁾ sollen Schlagproben mittels eines Normal-Schlagwerkes ausgeführt werden, welches zu aichen ist und dessen Konstruktion im allgemeinen der nachfolgenden Beschreibung entsprechen soll. Wesentliche Theile sind der Fallblock oder das Fallgewicht, der Hammerstock (Chabotte), an welchem die Auflagerstücke für den Probekörper möglichst unwandelbar zu befestigen sind und dessen Gewicht mindestens das 10fache des Bärgeichts betragen soll; die Führungen des Fallgewichts und die zum Aufziehen und Auslösen desselben dienenden Theile. Für gewöhnliche Zwecke genügt eine Fallhöhe von höchstens 6^m und ein Fallgewicht von 0,5 oder 0,6^t, bei bedeutenderen Schlagwirkungen zweckmässig von 1,0^t. Es empfiehlt sich, das wirksame Fallgewicht, d. h. das Bruttogewicht nach Abzug aller passiven Widerstände zu 0,5^t anzunehmen, die Fallhöhe nach halben Metern zu theilen und die Schlagarbeit — wirksames Fallgewicht × Fallhöhe — jedesmal möglichst in runden Zahlen, durch 500 theilbar, fest zu setzen.

Der gusseiserne oder stählerne Fallblock erhält am besten eine ebene Hammerbahn (S. 146), welche genau zentrisch zur Schwerlinie des Blocks ein-

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1866, S. 434.

²⁾ S. 6—11.

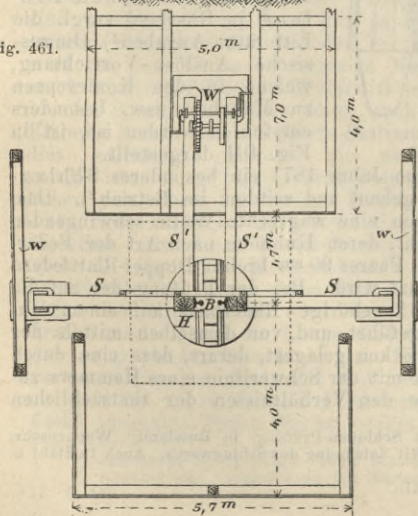
Fig 459—460.



zusetzen ist; dabei muss der Schwerpunkt der ganzen Fallmasse möglichst tief liegen. Auf dem Fallgewicht, der Hammerbahn und auf dem Ambos oder dem Hammerstock sind Marken anzubringen, welche die mit der Mittellinie

a. u. b. Verschiedene Einsätze des Fallgewichts. — c. d. Aufsatzstück für Schienen bezw. Radreifen.

Fig. 461.



seiner Führung zusammen fallende Schwerlinie des Fallgewichts kenntlich machen. Das Anziehen des Fallgewichts erfolgt von Hand oder durch Maschinenkraft; zwischen dem Aufhängungspunkt, der in der genannten Schwerlinie liegt, und dem Fallblock wird zweckmässig ein kurzes bewegliches Glied, z. B. eine Kette oder ein Seil eingeschaltet. Ueber die Frage, ob durch einfache Auslösung des Blocks von Hand oder durch Anwendung einer selbstthätigen Auslöse-Vorrichtung genauere Versuchsergebnisse erzielt werden, ist man in beteiligten Kreisen noch nicht einig¹⁾. Bei konstanter Schlaghöhe wird eine selbstthätige Auslöse-Vorrichtung empfohlen.

¹⁾ Bauschinger. Mittheil. usw. S. 164—169.

2. Die Fig. 459—463 stellen ein Schlagwerk der Königl. Technischen Versuchs-Anstalten zu Berlin dar, welches in der Haupt-Werkstätte Grunewald der Königl. Eisenbahn-Direktion Berlin aufgestellt ist. Dasselbe entspricht im wesentlichen obigen Anforderungen. Die senkrechten, auf Holzständern befestigten, 10 m Fallhöhe gestattenden Führungs-Schienen des 0,6 t schweren Fallblocks sind durch ein System von hölzernen Streben, S und S', Riegeln von U-Eisen und L-Eisen-Schrägstreben bockgerüst-artig versteift. Der Hammerstock H, von 10 t, ruht auf einem Grundpfeiler von 3,3 m Tiefe und 20 cbm Mauerwerk. Die Arbeitsstelle ist ringsum durch geeignet angeordnete Holz-wände abgeschlossen. In einer bedachten Holzbude, zwischen den Streben S' gelagert, befindet sich die Kettenwinde W, welche mit einer Kettennuss, einfachen Vorgelege und einer Reibungs-Bremse versehen ist. Die beim Aufziehen des herab gefallenen Blocks sich abwickelnde Kette findet in einem Blechkasten unter der Winde Platz. Damit nach erfolgtem Schlage die Windekette k behufs Aufwinden des Fallblocks ungehindert, bezw. ohne Klemmung nieder gelassen

Fig. 462, 463.

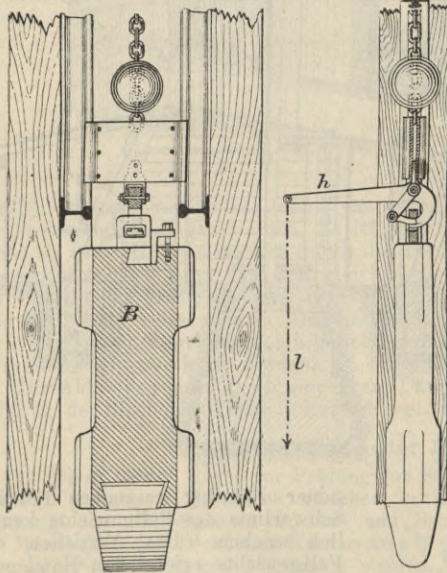
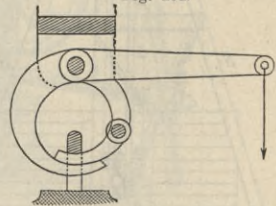


Fig. 464.



werden kann, ist die Kette oberhalb des Auslöse-Hebels *h*, Fig. 462, 463, durch ein Gewicht beschwert und mit einem Führungsstück versehen. Das Auslösen des aufgewundenen Blocks erfolgt mit Hilfe des Hebels *h*, indem derselbe durch Ziehen an der Leine *l* nieder gedrückt wird.

Ueber das Normal-Schlagwerk für die Schienen-Prüfung in Russland vergl. die Litteratur-Angaben¹⁾. Die russische Auslöse-Vorrichtung, welche in den Konferenzen zu München usw. besonders empfohlen worden ist, ist in Fig. 464 dargestellt.

3. Die französische Westbahn hat im Jahre 1877 ein besonderes Schlagwerk zur Prüfung von Radreifen gebaut und seitdem im Betrieb²⁾. Dasselbe besteht im wesentlichen aus 2 um eine wagrechte Welle schwingenden Stielhämmern von je 8 kg Hammengewicht, deren Hubhöhe nach Art der Federhämmer (S. 146) durch Anwendung eines Paares 90 mm breiter Doppel-Blattfedern für eine bestimmte Schlagarbeit begrenzt wird. Bei der Prüfung der auf die Radsterne gezogenen Reifen wird das zugehörige Räderpaar auf einem ansteigenden Gleis dem Schlagwerke zugeführt und vor demselben mittels der Achszapfen in sorgfältig aufgestellten Böcken gelagert, derart, dass eine durch das Achsenmittel verlaufende Senkrechte mit der Schwerlinie eines Hammers zusammen fällt. In dieser Lage, welche den Verhältnissen der thatsächlichen

¹⁾ Belebubsky. Die Vorschriften für die Schienen-Prüfung in Russland. Wochenschr. d. österr. Ingen.- u. Archit.-Ver. 1885. Nr. 23. Mit Zeichnung des Schlagwerks. Auch in Stahl u. Eisen 1885, S. 355.

²⁾ Pichler. A. a. O., S. 39—53 und Taf. VII.

Beanspruchung eines im Wagen eingebundenen Räderpaares annähernd entspricht, wird die Hämmerprobe unter fortwährender Drehung des Räderpaares vorgenommen. Jeder Reifen erhält 16 Schläge und mehr.

g. Mechanische Vorrichtungen zum Vergleichen der Härtegrade.

Obwohl zwischen den Eigenschaften der Härte und Festigkeit gewisse Beziehungen bestehen, so ist es zur Zeit doch noch nicht möglich, den Härtegrad eines Metalls, ähnlich wie seine Festigkeits-Werthe, durch Zahlen unmittelbar auszudrücken. Man muss sich daher, unter freier Annahme irgend einer Härteeinheit, mit vergleichenden Versuchen begnügen, welche sehr verschiedener Art sein können. Man kann z. B. Abnutzungs-, Schlag-, Spreng-, Streich- und Ritzversuche oder dgl. zugrunde legen. Die Härte des Stahls kann man auch mittels der elektrischen Wage bestimmen; die Magnetisirbarkeit des Stahls nimmt bekanntlich mit dessen Härte zu (S. 231). Manche Versuche dieser Art sind zur Ausführung gekommen, ohne dass ein allgemeiner brauchbares Härtemaass sich daraus ergeben hätte. Nur die Streich- und Ritzversuche haben, so weit bekannt, in einzelnen Fällen recht brauchbare Ergebnisse geliefert.

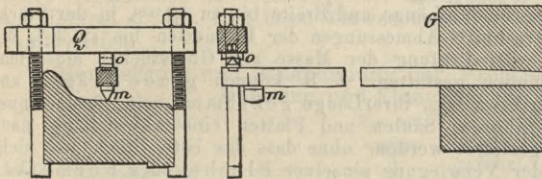
Gollner¹⁾ hat die bereits S. 231 mitgetheilten Härtestufen durch Streichversuche ermittelt. Jede Stufe seiner Härtegrad-Reihe wird verkörpert durch einen Härte- oder Probirstift, welcher aus dem entsprechenden Stoffe in zylindrischer Form sauber hergestellt, an den Enden kegelförmig zugespitzt und mit Schneiden versehen worden ist. Zur Vornahme der Härte-Bestimmung erhält das zu untersuchende Stück eine sauber und gleichartig polirte, ebene

Probirfläche.

Diese Fläche wird darauf mit verschiedenen Probirstiften versuchsweise geritzt, wobei der Stift jedesmal unveränderlich belastet ist und senkrecht zur Fläche gerichtet, einen Strich von bestimmter Länge erzeugt. Die

Fig. 465.

Fig. 466.



Grösse der Belastung, die Länge und die Anzahl der Probestrüche sind veränderlich und von Fall zu Fall je nach der Art des Probestücks aus seinem Verhalten während des Versuchs festzustellen. Als Härtenummer wird bei dem Versuche diejenige Nummer angesehen, welche ein das Probestück nicht ritzen der Probirstift trägt.

In besondern Fällen kann auch die Länge des Probistrichs als Einheits-Maass für die Härte-Bestimmung benutzt werden. In welcher Weise dies geschieht, erläutert die nachstehend beschriebene, sehr einfache, von Mittelberg²⁾ angegebene Vorrichtung, Fig. 465, 466. Sie besteht im wesentlichen aus einem einarmigen Hebel, der in einer Schneide bei *o*, am untern Theil eines kräftigen Querstücks *Q*, einen festen Drehpunkt findet, an der Nase desselben mit einem Probir-Messer *m* ausgerüstet ist und am Ende ein Gewicht *G* trägt. Die Messerschneide bildet einen Winkel von 30° und ist in der Hebelebene nach einem Halbmesser von 25 mm abgerundet. Je nach der Härte des Probestücks wird das Messer verschieden tiefe strichförmige Eindrücke machen, und die Länge dieser Striche lässt einen Schluss auf die Härte der zu prüfenden Oberfläche zu. In der Figur ist das Querstück mit einem zu untersuchenden Radreifen fest verbunden; das Gewicht ist 14,6 kg schwer, so dass bei einer Hebel-Uebersetzung von 1:20 der auf die Radreifen-Oberfläche ausgeübte Druck 292 kg beträgt.

¹⁾ Härteskala für Metalle. Techn. Blätter. 1882, S. 181.

²⁾ Apparat zur Vergleichung der Härtegrade der Metalle. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1885, II. S. 107.

Das Verfahren zur Bestimmung der Härtegrade von Metallen wird sicher künftig noch eine weitere Ausbildung erfordern und zulassen. Die praktische Wichtigkeit solcher Härte-Bestimmungen liegt ausgesprochen in dem Preis-Ausschreiben des Vereins zur Beförderung des Gewerfleisses für die beste Arbeit über eine vergleichende Prüfung der bis jetzt zur Härte-Bestimmung von Metallen benutzten Methoden und Darlegung ihrer Fehler-Quellen und Genauigkeits-Grenzen¹⁾.

VI. Ausführung der mechanischen und technologischen Proben.

a. Allgemeines.

1. Während bei den Besichtigungs-Proben (S. 226) die äussere Beschaffenheit eines jeden Stückes geprüft wird, begnügt man sich bei den übrigen Proben meistens mit einer engeren Auswahl von Stückchen. Zuweilen, z. B. bei Abnahme von Kesselplatten für die Marine, von Radreifen bei einzelnen Bahnverwaltungen oder dergl. findet auch eine Prüfung jedes einzelnen Stückes statt. Gewöhnlich wird vorgeschrieben, dass von jeder Eisensorte mindestens eine gewisse Anzahl Stücke (etwa 3) und höchstens ein gewisser Prozentsatz (etwa 3%) der Prüfung zu unterwerfen sind. Besteht dann z. B. eins der beliebig heraus gegriffenen Stücke die Prüfung nicht, so wird manchmal noch ein 4. Stück zur Prüfung zugelassen, oder auch die ganze Lieferung zurück gewiesen. Dabei empfiehlt es sich (bezw. ist es nothwendig), alle zurück gewiesenen Stücke mit einem Ausschuss-Stempel und alle abgenommenen mit einem Abnahme-Stempel neben dem Stempel des Lieferanten zu versehen, um spätere Irrthümer zu vermeiden.

Bei den Besichtigungs-Proben sind auch die Masse und Gewichte der angelieferten Stücke auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Gewöhnlich gestattet man bei Blechen Abweichungen in der Länge und Breite bis zu 10 mm, in der Stärke bis 3% und bei den Querschnitts-Abmessungen der Formeisen bis zu 3% der vorgeschriebenen Masse. Bei Prüfung der Masse von Gussstücken muss man häufig grössere Abweichungen gestatten. Z. B. können grade Träger und Platten etwa $\frac{1}{300}$, Säulen etwa $\frac{1}{500}$ ihrer Länge gekrümmt sein; ferner muss bei der Wandstärke von Röhren, Säulen und Platten eine Abweichung nach unten oder bis um 10% gestattet werden, ohne dass das betr. Stück als nicht abnahmefähig gilt. Bei der Verwiegung einzelner Bleche oder Formeisen lässt man wohl bis zu 5%, bei der Verwiegung grösserer Partien bis zu 3% Mehr- oder Mindergewicht zu. Das Mehrgewicht wird aber bei der Abrechnung gewöhnlich nur insoweit berücksichtigt, als es das Mindergewicht der zu leichten aber abgenommenen Stücke zum vorgeschriebenen Gesamtgewicht ergänzt. Näheres über Abnahme-Vorschriften im Anhang.

2. Bei den Festigkeits-Versuchen sollen die Materialien „auf diejenige Festigkeit erprobt werden, auf welche sie bei ihrer Verwendung statisch beansprucht sind“²⁾. Von Festigkeits-Versuchen für fertige Belag-Bleche (Wellen-, Buckel-, und Tonnenbleche) wird in der Regel abgesehen, weil in der Voraussetzung, dass die verwendeten Rohstoffe gute waren, die Art und Weise der Herstellung dieser Stücke eine genügende Sicherheit bietet, um so mehr, als die schädliche Einwirkung des Rostens die Haltbarkeit derselben voraussichtlich mehr beeinträchtigen wird, als die Belastung.

Den Schlag- oder Fallproben werden in der Regel nur solche Gebrauchsstücke unterworfen, welche im Betriebe Stössen oder Erschütterungen ausgesetzt sind; dies gilt namentlich von Schienen, Achsen und Radreifen der Eisenbahnen. — Ueber die zu beobachtenden Vorsichtsmassregeln bei Schweissproben vgl. S. 196.

Auffallender Roth- und Kaltbruch kann zwar durch die S. 226 beschriebene Gefüge-Probe allein durch den Augenschein entdeckt werden; in allen Fällen geben aber technologische Brüchigkeits-Proben sicherere Aufschlüsse. Brüchigkeits-Proben einschl. der Schweissproben kann man zweckmässig auch

¹⁾ Lösungen der Preisaufgabe sind bislang nicht an die Oeffentlichkeit getreten.

²⁾ Beschlüsse der Konferenzen. A. a. O. S. 6.

als Schmiede-Proben bezeichnen, weil dabei die (S. 192—198 beschriebenen) einfachen Arbeiten des Schmiedes, als Biegen, Stauchen, Strecken, Lochen, Schweißen usw. zur Anwendung gelangen.

„Den Versuchs-Ergebnissen sollen immer, wenn irgend möglich, ausser der Angabe der Herkunft des Probestückes ein mikroskopischer oder chemischer Befund, oder beides, endlich Angaben über die Entstehungsart des Probestückes und sonstige, etwa gleichfalls fest stehende physikalische, chemische oder technische Merkmale gegenüber gestellt werden“¹⁾. Eine derartige Ergänzung der Ergebnisse der Festigkeits-Versuche wird zwar bei solchen Untersuchungen, welche in erster Linie praktischen Zwecken dienen sollen, nur selten in vollständiger Weise möglich sein; doch ist sie, behufs Erreichung möglicher Vielseitigkeit der Versuchs-Ergebnisse entschieden wünschenswerth und bei wissenschaftlichen Untersuchungen jedenfalls durchzuführen.

3. Nach den Beschlüssen der Münchener und Dresdener Konferenzen²⁾ werden für die Prüfung von Schweisseisen, Flusseisen und Gusseisen im allgemeinen folgende Forderungen gestellt: Schweisseisen und Flusseisen für Brückenbau-Zwecke soll der Zug- oder Zerreiß-Probe und der Kalt- und Warm-Biegeprobe unterworfen werden. Bei schweisseisernen Blechen, L-Eisen, Formeisen und Nieten für Kesselbau- und Schiffsbau-Zwecke sind die Zerreiß-, Biege-, Schmiede- und Lochprobe auszuführen; für schweisseiserne Niete kann die Lochprobe ausfallen. Dabei ist die Prüfung der L-Eisen auf Schweissbarkeit wünschenswerth, aber nicht nothwendig. Flusseisen für Kesselbau- und Schiffsbau-Zwecke soll der Zerreiß-Probe, der Kalt- und Rothwarm-Biegeprobe, der Härte-Biegeprobe (vergl. weiterhin) und der Schmiede-Probe unterworfen werden. Bei Prüfung von Gusseisen soll die Biegungs-Festigkeit, die Biegungs-Arbeit, sowie die Zug- und Druckfestigkeit bestimmt werden. Besondere Gegenstände aus Gusseisen, wie die Auflager von Brücken, Wasserleitungs-Röhren u. dgl. sind ihren Verwendungs-Zwecken entsprechenden Proben zu unterwerfen.

b. Herstellung und Einspannung der Probestäbe, Messung der Dehnung und Einschnürung.³⁾

Fig. 467.

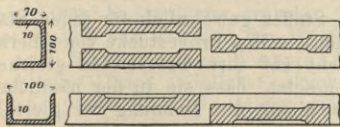
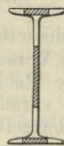


Fig. 468.



1. Zerreiß-Versuche werden in der Regel als Theilproben ausgeführt. Die Entnahme der Probestäbe aus dem zu prüfenden Gebrauchsstück soll auf kaltem Wege mit der grössten Sorgfalt auf genau arbeitenden Werkzeug-Maschinen, ausschliesslich durch Bohren, Hobeln oder Hammer, Meissel oder Schere erfolgen, weil letztere Werkzeuge das Eisen an den Kanten zerstören und dadurch unsichere Prüfungs-Ergebnisse hervor rufen⁴⁾.

Die Entnahme aus grössern Stücken soll an verschiedenen Stellen derselben erfolgen. z. B. bei Schienen aus dem Kopfe, Stege und Fusse, beim I-Eisen desgl., etwa wie in Fig. 468 angedeutet ist. Bei Schienen werden die Probestücke gewöhnlich aus der Mitte des Kopfes genommen; jedoch ist es vorzuziehen, sie aus der unmittelbaren Nähe der Lauffläche und den äussersten Fasern des Fusses heraus zu arbeiten, um beurtheilen zu können, ob der Abnutzung unterworfenen Theil der Kopffläche und der Schienenfuss gutes Material enthält⁵⁾. Bei grosser Breite der Flanschen sind die Probestücke, wie in Fig. 467 dargestellt, zu entnehmen, damit in denselben möglichst alle Fasern des zu prüfenden Querschnitts enthalten seien.

¹⁾ Beschlüsse der Konferenzen. A. a. O. S. 5.

²⁾ A. a. O. S. 13—16 u. 21.

³⁾ Die einschlagenden wesentlichsten Punkte der Beschlüsse der Konferenzen (S. 17—20 a. a. O.) haben hier Berücksichtigung gefunden.

⁴⁾ Eine Maschine zur Bearbeitung von Probestäben, welche auf dem Blochairn-Werke in England benutzt wird, ist in Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 434. abgebildet.

⁵⁾ Tetmajer. Zur Frage d. Qualitäts-Bestimmung von Flussstahl-Schienen. Stahl u. Eisen 1884, S. 608.

Das Graderichten des entnommenen Stückes soll, falls es erforderlich ist, im warmen Zustande durch Hammerschläge oder auf einer Presse geschehen, wobei die Erwärmung, sowie auch die nachherige Abkühlung desselben in einem mässig erhitzten Flammofen ganz allmählich vor sich gehen muss. Die Kanten des Versuchsstückes sind vorsichtig und sauber durch Feilen abzurunden, weil die Erfahrung gelehrt hat, dass zu grosse Schärfe derselben leicht unregelmässige Spannungen in der Nähe der Kanten verursacht. Die Walzhaut soll aber unter allen Umständen auf dem Probestück belassen werden, da durch Entfernung derselben die Festigkeit des Stückes eine geringere wird. Ebenso behalten die Gusseisen-Probestücke für Biegungs- und Druck-Versuche die Gusshaut auf den zu bearbeitenden Flächen. Für die Herstellung der Gusseisen-Probestücke bestimmen die Beschlüsse der „Konferenzen“ Folgendes: Die selben sind in wagrechter Lage zu giessen. Der Einguss erfolgt gleichzeitig durch 2 in den Dritteln der Stablänge seitlich angebrachte Gusslöcher. Wenn die Probestücke anders gegossen wurden, ist die Art und Weise, wie solches geschehen, genau anzugeben. Der Druck soll bei dieser Gussweise 15 cm Gusseisensäule betragen (vgl. S. 128). Der Abguss erfolgt in getrockneten Sandformen.

2. Die Form des Probestabes ist von Einfluss auf die Ergebnisse des Versuchs. Z. B. ergibt sich bei Zerreiss-Versuchen mit 2 verschieden langen

Fig. 469, 470.

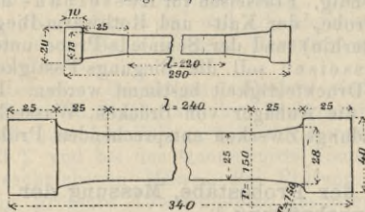
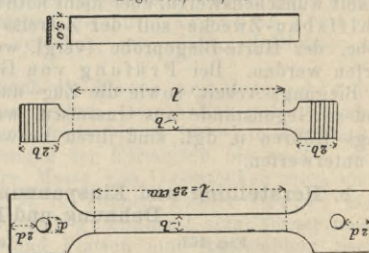


Fig. 471, 472, 473.



Stäben desselben Querschnitts und desselben Stoffes gewöhnlich für jeden Stab eine andere Dehnung. Nach Barba's Versuchen¹⁾ sollen Probestücke von einerlei Material und ähnlicher Form ohne Rücksicht auf ihre Grösse den gleichen Prozentsatz der Dehnung ergeben, voraus gesetzt, dass sie in der nämlichen Weise hergestellt wurden. Nach demselben nimmt die Dehnung bei gleicher Länge, aber verschiedenem Durchm. der Probestäbe mit letzterm zu und bei gleichem Durchm. mit wachsender Länge ab. Für Flachstäbe ermittelte Barba die grösste Dehnung bei dem Verhältniss der Breite zur Dicke = 1:6. Flachstäbe zeigen verhältnissmässig eine grössere Dehnung als Rundstäbe. Gödicke zeigte, dass Flachstäbe von mittlerer Kantenlänge und etwa 11 mm Stärke mit Bezug auf die Grösse der Dehnung Rundstäben von etwa 22 mm Durchm. gleichkommen.

Möglichst grosser Querschnitt der Probestücke ist vortheilhaft, weil der Einfluss zufälliger Fehler mit dem Wachsen des Querschnitts abnimmt; eine Grenze ist gewöhnlich auch hierbei gezogen, weil auf die Leistungsfähigkeit der gebräuchlichen Festigkeits-Maschinen Rücksicht zu nehmen ist. Da der Einfluss der Form der Probestücke auf das Ergebniss des Versuches zur Zeit noch lange nicht genau genug bekannt ist, so liegt der Nutzen feststehender Formen auf der Hand²⁾.

Die gebräuchlichsten Formen von Probestäben sind in den Fig. 307—310 zusam-

¹⁾ Barba. *Etudes sur la resistance des materiaux. Memoires de la Société des Ing. civ.*, Juin 1880. S. 682.

²⁾ Wedding. Feststellung einheitlicher Abmessungen für Probestücke zu Festigkeits-Prüfungen. Verhdlg. d. Ver. f. Eisenbahn. 1882. S. 135. — Gödicke. Welche Faktoren können das Resultat der Zerreib-Probse beeinflussen? — Derselbe. Ueber Festigkeits-Versuche. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1883. — Hackney. *The adoption of standard forms of testpieces for bars and plates. Proceedingsof the Inst. of Civil Eng.* Band 75. 1884. — Normen für die Probestücke zu Zerreib-Versuchen. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884, II, S. 12. — Hartig. Ueber die Konstanten der Zerreibungs-Festigk. und deren vergleichende Anordnung für verschiedene Materialien. Civil-Ingen. 1884, S. 93. — Bauschinger Mittheil. 1886. 14 H. Abmessungen der Probestäbe. S. 79 und 148.

men gestellt. Der Querschnitt hält meistens 300 bis 500^{mm}, wobei die behufs genauer Messung der Dehnung erforderliche mittlere Länge l^1 — die sogen. Gebrauchslänge — mindestens 200^{mm} betragen soll. Rundstäbe, auf der Drehbank hergestellt, wählt man in der Regel, wenn die Abmessungen des zu prüfenden Gebrauchsstückes die Entnahme eines genügend starken Stabes gestatten. Sie sind, bei 10 bis 25^{mm} Durchm., meistens 30 bis 35^{cm}, für Elastizitätsmessungen besser 40 bis 45^{cm} lang. An den, zum Messen der Dehnung und Einschnürung dienenden mittleren zylindrischen Theil, der in der Regel 20 bis 25^{cm} lang ist, schliessen sich zu beiden Seiten abgestumpfte Kegel mit zylindr. Köpfen an, mit deren Hilfe die Einspannung erfolgt. Rundstäbe aus schwächerem Stabeisen, mit eingestauchten derartigen Köpfen müssen an den Schäften insoweit nachgedreht werden, dass der Einfluss der Stauchung verschwindet.

Flachstäbe, aus Blechen, Flacheisen, Formeisen oder dergl. entnommen, erhalten am besten die in Fig. 471 u. 472 gezeichnete Form, bei 30—50^{mm} Breite. Wenn Breite und Dicke der Flachstäbe beliebig gewählt werden können, sollte die Breite 30 und die Dicke 10^{mm} betragen und überhaupt der Querschnitt 30 × 10^{mm} mit Rücksicht auf die kleineren, namentlich in Hüttenwerken angewandten Prüfungs-Maschinen, die meist nur etwa 50^t Kraft ausüben können, als normaler gelten. Wo die Dicke gegeben ist, wie bei Blechen, soll bis zur Dicke von 24^{mm} die Breite der Flachstäbe 30^{mm} betragen und von 25^{mm} Blechdicke an die Dicke zur Breite des Probestückes und als Dicke desselben 10^{mm} genommen werden. Um in letzterem Falle die Walzhaut nicht zu verlieren, sollen die Probestücke an den Enden in der Dicke erweitert und auf diese Weise die Einspannköpfe gebildet werden. Ausnahmsweise können statt der obigen Grenzen die Grenzen 16 und 17^{mm} genommen werden. Die Bohrlöcher, in denen beim Versuch entsprechende Dorne der Einspannköpfe zu liegen kommen, erhalten abgefaste Ränder. Die Probestäbe für Quadrat und Rundeisen erhalten, falls sie nicht als Rundstäbe hergestellt worden, die in Fig. 472 angegebene Form.

Gusseisen-Probestücke für Biege-Versuche sollen die bereits S. 251 angegebenen Abmessungen haben. Aus den beim Versuche erhaltenen Bruchstücken fertigt man Rundstäbe von 20^{mm} Durchmesser und 200^{mm} Gebrauchslänge für Zerreiss-Versuche an. Die Druckfestigkeit wird ebenso an Würfeln mit 3,0^{cm} Kantenlänge erprobt. Der Druck erfolgt dabei parallel zur Länge des Stabes, aus welchem die Würfel gearbeitet werden¹⁾.

3. Die Einspann-Vorrichtungen müssen so beschaffen sein, dass der Zug oder Druck möglichst gleichförmig über den Querschnitt des Versuchsstückes vertheilt wird. Hierzu sind erforderlich:

a) bei Druckproben: Freie und möglichst leichte Beweglichkeit der einen der beiden Druckplatten nach allen Seiten hin, sowie möglichst ebene und parallele Druckflächen der Probestücke, die zu diesem Zwecke, wo es das Material nur irgendwie zulässt, abzuhobeln oder auf der Planscheibe abzdrehen sind.

β) bei Zugproben: Freie und möglichst leichte Beweglichkeit des Stabes zum Richten bei Beginn des Zuges²⁾.

Diese Bedingungen werden bei Rundstäben am sichersten durch Lagerung in Kugelschalen, am besten mit ungetheilter Kugelschale, erfüllt.

Fig. 474, 475 zeigt eine solche Einspannung eines Rundstabes in einer ungetheilten Kugelschale. Der Kopf des Probestabes p trägt Gewinde, so dass er durch die zylindrischen Oeffnungen des Einspann-Kopfes E , des Kugellagers l und des Kugelabschnitts a eingesteckt und mit Hilfe eines Unterlagsringes und einer Mutter auf dem Kugelabschnitt verschraubt werden kann²⁾.

Fig. 476, 477 zeigen eine Einspannung ohne Mutter und Gewinde mit getheilter Kugelschale für Rundstäbe mit Köpfen³⁾. Beide, der Kugellager-Ring l und der Kugelabschnitt a sind in je 2 Hälften getheilt und liegen derart in

¹⁾ Beschlüsse d. Konf. A. a. O. S. 21, 22. — ²⁾ Desgl. a. a. O. S. 4.

³⁾ Civil-Ingenieur 1882, S. 569.

⁴⁾ Böhme. Ueber die Kugellagerung der Normalstäbe bei Zugfestigkeits-Versuchen. Mitthg. aus d. Königl. techn. Versuchs-Anst. zu Berlin. 1883, S. 16. — Desgl. auch *Journ. of the Iron and Steel Inst.*. 1882, No. 2, S. 464.

einander, dass ihre Theilungsfugen rechtwinklig zu einander stehen. Durch die Vorsprünge *v* in der Büchse des Einspannkopfes *E* wird die Kugellagerung gehalten.

Eine für senkrecht angeordnete Maschinen empfehlenswerthe Lagerung mit ungetheilten Kugelschalen für Rundstäbe mit Köpfen stellen Fig. 478, 479 dar¹⁾. Das zylindrische Loch des Kugelabschnitts *a* ist etwas grösser als der Kopf *k* des Probestabes, und letzterer liegt in einem getheilten Ringe *r*. Man lagert den Rundstab ausserhalb der Festigkeits-Maschine und schiebt ihn dann mit sammt der Lagerung von oben durch den Schlitz *s* in den Einspann-Kopf *E*, in welchem er mittels der Querstücke *q* und der Schrauben aufgehängt wird.

Fig. 474, 475.

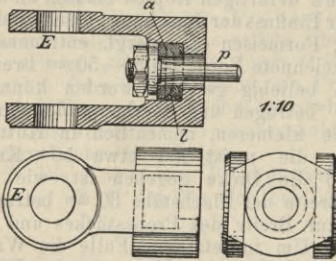


Fig. 476, 477.

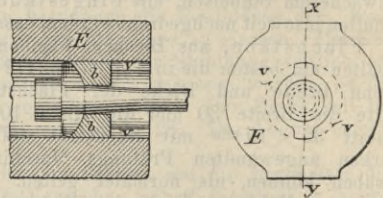


Fig. 478, 479.

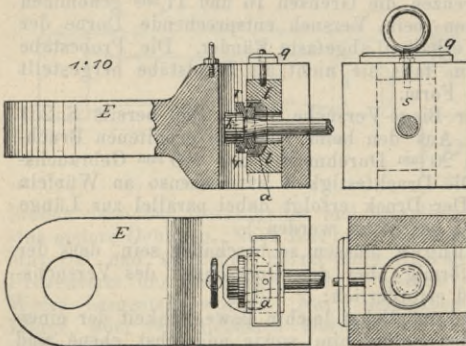


Fig. 480.

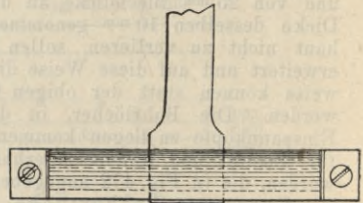
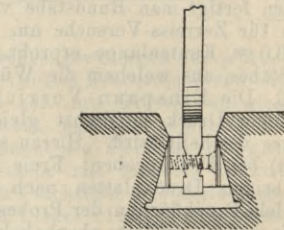


Fig. 481.



Für Flachstäbe ist die bereits vorseitig erwähnte Einspannung mit Hilfe eines Bolzens und eines Loches auf jeder Seite die sicherste. Die Befestigung der in Fig. 473 angegebenen Form erfolgt gewöhnlich mit Hilfe von Beilagen und gezahnten Klemmkeilen, deren Zähne in gefraiste Nuthen des Probestabes eingreifen, Fig. 480, 481. „Der Gebrauch von Einbeiss-Keilen (Stahlkeilen, die sich von selbst in das Probestück einbeissen) ist zu verwerfen²⁾“, weil jene leicht Veranlassung zu einer ungleichmässigen Uebertragung des Zuges geben können.

Einfache Drähte werden in Büchsen durch Klemmkeile eingespannt, Fig. 450—454, S. 270; bei dünnen Drähten kommen auch Zangen in Anwendung. Damit einzelne Drähte in Drahtseilen und Drahtlitzen, welche man in dieser Weise eingespannt hat, nicht abgeklemmt werden, versieht man die stählernen Klemmkeile zweckmässig mit einem aus einer mittelharten Metall-Komposition bestehenden Futter, welches gewöhnlich durch Giessen über den Enden des Probekörpers selbst hergestellt wird, damit sich das Metall den

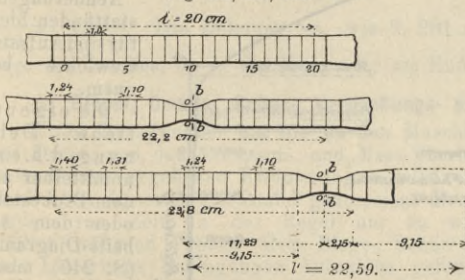
¹⁾ Bauschinger. Mittheil. 14. H. S. 287—290 u. Bl. II.

²⁾ Beschlüsse der Konferenzen. A. a. O., S. 5.

Drahtwindungen möglichst anschmiege. Eine derartige neuere Einspann-Vorrichtung für Draht- und Hanfseile ist das sogen. Kortüm'sche Seilsschloss¹⁾, welches aus von schmiedbarem Guss oder dergl. hergestellten ganzen oder getheilten und mit Zähnen versehenen Keilen besteht, die durch Hineingleiten in ein kegelförmiges Futter die Befestigung der Drähte bewirken. Die Zähne dringen dabei in die Seilmasse, und das eingeklemmte Seilende erfährt nach oben hin eine stärkere Pressung, entweder dadurch, dass der Winkel des Keils grösser als derjenige des Futters ist, oder dass ein Dorn oder Hilfskeil in Anwendung kommt, oder dass (bei gleichen Keilwinkeln) das Seilende oben rechts umwickelt wird, wobei der Keil-Querschnitt und die Eckzähne so gestaltet werden können, dass seitlich grössere Spielräume bleiben.

4. Vor der Einspannung wird die Gebrauchslänge des Probestabes von 200 mm genau vorgerissen und von cm zu cm genau eingetheilt, Fig. 482. Auf dieser Theilung, welche sich während des Versuchs vergrössert, hat man nach erfolgtem Bruche des Stabes die Dehnung wie folgt zu messen: Erfolgt der Bruch annähernd in der Mitte des Probestabes, Fig. 483, so wird man einfach die gesammte Verlängerung der Theilung in Prozenten der ursprünglichen Länge ausdrücken. Erfolgt der Bruch mehr nach einem Ende des Stabes, so muss man den Umstand berücksichtigen, dass beim Versuche, wie ihn Fig. 484 veranschaulicht, die Verlängerungen der einzelnen Längentheile (cm) der Theilung l um so geringer ausfallen, je weiter sie von der Bruchstelle entfernt liegen. Man wird des-

Fig. 482, 483, 484.



halb, da man voraussetzen darf, dass die Längenänderungen zu beiden Seiten des Bruches einen symmetrischen Verlauf nehmen, zunächst das kürzere Ende der Theilung, wie in Fig. 484 punktiert angedeutet ist, in Gedanken bis zum Theilstrich 10 symmetrisch ergänzen und dann die Dehnung so messen, als ob der Bruch in der Mitte eines Stabes von der Länge l' erfolgt wäre. Hat man die Dehnung nur für eine Gebrauchslänge von 100 mm gemessen, so muss man dies jedesmal ausdrücklich bemerken, weil die Dehnung eines und desselben Stabes in Prozenten angegeben, kleiner oder grösser ist, je nachdem man sie auf eine grössere bezw. kleinere Gebrauchslänge bezieht.

5. Die Messung der Einschnürung ist in häufigen Fällen nicht ganz sicher auszuführen. Man misst an möglichst vielen Stellen mit Hilfe eines Mikrometers oder dergl. und nimmt aus den erhaltenen Werthen das Mittel.

c. Festigkeits-Proben.

Litteratur.

Ausser der S. 239—253 angegebenen Litteratur über Versuche vergl. noch: Versuche mit Platten aus Flussmetall und aus Schweisseisen. Stahl u. Eisen 1882, S. 137. Nach Jernkontoret's annaler 1881. 3. — Richards. Ueber gewisse physikalische Eigenschaften des weichen Stahls. Stahl u. Eisen 1882, S. 352. — Clarke, Reeves & Cie. Ueber Festigkeit schmiedeiserner Säulen gegen Zerknicken. Transactions of the Americ. Society of Civil Engin. 1882, Jan. — Schuchart. Prüfung der Grobbleche durch Zerreib-Versuche. Stahl u. Eisen 1884, S. 137. — Dittmarsch. Ueber Drehungs-festigkeits-Versuche mit Drähten, für Drahtseile bestimmt. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 269. — Fischer. Experimentelle Untersuchungen über die Zugfestigkeit und Zugelastizität bei Metalldrähten. Civil-Ingen. 1884, S. 391. — Müller. Ueber Festigkeits-Versuche mit verzinkten Eisen- und Stahldrähten. Dingler's Polyt. Journ. 1884. Bd. 253, S. 454. — Möller. Probe-Belastung genieteter Träger. Deutsche Bauzeitg. 1886, S. 375. — Kreuzpointer. Flusseisen für Dampfkessel. Stahl u. Eisen 1886, S. 647. — Lechner. Die Stahlwerke der Steel Company of Scotland und die von ihm dort angestellten Material-Prüfungen. Zeitschr. d. Ver. deutsch.-Ingen. 1886, S. 433. — Krause. Untersuchungen von Bolzen und Schrauben-Gewinden. Dasselbst 1886, S. 668. — Bauschinger. Zerknickungs-Versuche. Mittheil. usw. 1847. 15. H., S. 11. — Rudeloff. Festigkeits-Untersuchungen v. Flusseisen. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 264 u. 306.

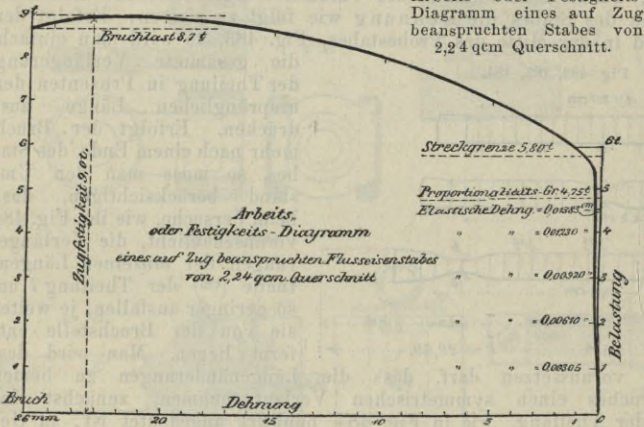
¹⁾ Bauschinger. Mittheil. usw. 1886. 14. H., S. 289. — D. R. P. No. 22 739.

a. Zugfestigkeits-, Zug- oder Zerreiß-Proben.

Nachdem der Probestab eingespannt ist und man sich durch entsprechende Untersuchungen von dem richtigen Gange der Festigkeits-Maschine überzeugt hat, kann der Versuch beginnen. Bei ganz selbstthätigen Maschinen (S. 256) wird die Geschwindigkeit der Streckung des Probestabes vorher fest gesetzt. Bei den übrigen Maschinen hat man besonders darauf zu achten, dass die Belastung möglichst gleichmässig, ohne Stoss und Ruck erfolgt, damit nicht etwa eine Ueberhitzung des Probestabes eintritt.

Will man Elastizitäts-Grössen messen, so bestimmt man, unter Benützung der (S. 258 ff.) beschriebenen optischen Vorrichtungen, zweckmässig die Proportionalitäts-Grenze. Ausserdem muss man dabei die Wirkung der Belastung

Fig. 485.



aufheben, um zu sehen, ob bereits merkbare bleibende Längen-Aenderungen stattfinden; hierfür sind Aufsatz-Gewichte bequem.

Die eigentliche Dehnung, d.h. eine unmittelbar auf dem Probestabe oder dem Arbeits-Diagramm (S. 240) messbare Längen-Aenderung beginnt mit dem Eintreten der

Streckgrenze, welche sich meistens durch plötzlichem Wachsen der Längen-Aenderungen kenntlich macht, derart, dass ein Ablesen auf der Latte nicht mehr möglich ist, weil das Gesichtsfeld des Fernrohrs zu schnell über die Theilung fliegt¹⁾. Die Thatsache, dass kurz vor dem Bruche in der Regel die höchste Zugspannung des Stabes eintritt, beobachtet man am vollkommensten im Arbeits-Schaubild der selbstschreibenden Maschinen.

Bei der Aufnahme der Schaubilder ist möglichst Werth auf die Angabe der Geschwindigkeit zu legen, mit welcher die Probung ausgeführt ward. Nach Barba erhöht eine Unterbrechung des Versuchs die Festigkeit ähnlich wie es eine Bearbeitung thun würde, dagegen wächst mit zunehmender Geschwindigkeit der Streckung die Bruchspannung, während die Dehnung kleiner wird. Die Versuche von Jenny, Gollner, Goedicke, Fischer, Hartig u. A. bestätigen im allgem. die Richtigkeit der Beobachtungen Barba's. Der Einfluss der Zeit auf die Versuchs-Ergebnisse ist aber in der Regel unerheblich; der Einfluss der Ungleichförmigkeit des Materials im Probestabe, der ungleichartigen Bearbeitung und der Einspannung ist z. B. weit grösser. Es ist deshalb bei Versuchen mit verschiedenen Probestäben auch schwierig zu erkennen, welche Schwankungen in den Versuchs-Ergebnissen auf Rechnung der Geschwindigkeit der Streckung und welche auf Rechnung der erwähnten Unregelmässigkeiten in der Form und Lage der Probestäbe zu setzen sind. Prof. Hartig soll es dennoch gelungen sein, eine Vorrichtung zu ersinnen, mit deren Hilfe der Einfluss der Geschwindigkeit genauer ersichtlich gemacht werden kann.

Die Proportionalitäts-Grenze, Streckgrenze, Beginn der Einschnürung, Maximalbelastung (Abfall des Wagehebels), Bruchgrenze sind genau zu bestimmen. Der Inhalt des Arbeits-Schaubildes ist bis zur Bruchgrenze in Rechnung zu ziehen.

¹⁾ Bauschinger. Mittheil. usw. 13. H. 1886, S. 17.

Fig. 485 stellt ein Arbeits-Schaubild dar, aus welchem, beispielsweise, die wichtigsten Elastizitäts- und Festigkeits-Grössen entnommen werden sollen. Der zugehörige Flusseisen-Probestab hatte einen Querschnitt $F = 2,24 \text{ qcm}$. Die Beobachtungs-Längen betragen für Elastizität 15 cm, für Dehnung 10 cm. Die beobachteten Dehnungen sind aus dem Arbeits-Schaubilde zu entnehmen.

Die Proportionalitäts-Grenze liegt bei 4,75 t; die Streckgrenze bei 5,80 t. Die grösste Zugspannung betrug 9,00 t, die Bruchbelastung 8,7 t. Da die elastische Dehnung bei der Belastung von 4,5 t = 0,01383 cm war, so berechnet sich der Elastizitäts-Koeffizient E nach S. 239 zu:

$$E = \frac{1 \cdot 15}{\frac{0,01383}{4,50}} = 2178 \text{ t.}$$

Die Spannung an der Proportionalitäts-Grenze ergibt sich zu $\frac{4,75}{2,24} = 2,12 \text{ t}$; desgl. an der Streckgrenze zu $\frac{5,80}{2,24} = 2,59 \text{ t}$; die Zugfestigkeit für 1 qcm ist $\frac{9,00}{2,24} = 4,02 \text{ t}$. Die Dehnung ist, wie S. 281 angegeben, nach Maassgabe der Lage des Bruches, ob in der Mitte oder am Ende des Probestabes, zu berechnen.

β. Biege-, Druck-, Scher-, Verdrehungs- und Knickfestigkeits-Proben.

Unter Bezugnahme auf die zu den Maschinen für Prüfung von Gusseisen und Draht und den Einspann- und Mess-Vorrichtungen der Werder'schen Maschinen usw. gegebenen Erläuterungen wird von einer näheren Beschreibung der Proben dieser Art Abstand genommen. Druck- und Knickfestigkeits-Proben werden zur Zeit in der Regel nur zu wissenschaftlichen Zwecken ausgeführt, während Proben über Biege-, Scher- und Verdrehungs-Festigkeit in viele Lieferungs-Bedingungen Aufnahme gefunden haben. Bei Drähten wird, z. B. von Postbehörden, ein Abbrechen durch Hin- und Herbiegen vorgeschrieben. Ausserdem wird die Anzahl der Verwindungen auf eine bestimmte Länge, welche erforderlich ist, um den Bruch herbei zu führen, gemessen. Nach den mehrfach erwähnten Konferenz-Beschlüssen¹⁾ sind Drähte der Zerreiiss- und Verwindungs-Probe und der Biegeprobe durch wiederholtes Hin- und Herbiegen um einen Dorn von 5 mm Durchmesser zu unterwerfen. Das Verwinden und Verbiegen soll auf maschinellm Wege erfolgen. Bei Biegefestigkeits-Proben, die mit schmiedbarem Eisen angestellt werden, gelingt es nicht leicht, einen völligen Bruch des Probestabes herbei zu führen. Deshalb begnügt man sich dabei meistens mit der Bestimmung der Durchbiegungen.

Bei der Schienen-Prüfung wird z. B. in Deutschland gewöhnlich vorgeschrieben, dass die bleibende Durchbiegung in der Mitte der frei gelagerten Schiene, bei 1 m Stützweite und einer Dauerlast von 20 t, höchstens 0,25 mm betragen dürfe. Ausserdem müssen sich die Schienen bei der nänlichen Lagerung sowohl über Kopf als über Fuss in der Mitte mindestens 50 mm durchbiegen lassen, ohne Risse zu zeigen. Nach den Beschlüssen der Münchener und Dresdener Konferenzen²⁾ soll bei der Schienen-Biegeprobe (mit ruhender Last) 1. die Elastizität auf bleibende Durchbiegung und 2. die Biegungs-Fähigkeit mit grössern Belastungen über der Elastizitäts-Grenze geprobt werden.

γ. Schlag- oder Fall-Proben.

Diese Proben werden in der Regel nur mit ganzen Gebrauchsstücken und vorzugsweise bei Abnahme von Eisenbahnbetriebs-Material, als Schienen, Radreifen, Achsen, Federn usw. ausgeführt. Für Drahtseile, namentlich Grubenseile, wird ebenfalls eine Prüfung auf Stoss oder Schlag in der Längsrichtung als nothwendig erachtet³⁾.

¹⁾ A. a. O. S. 16.

²⁾ A. a. O. S. 11.

³⁾ Beschlüsse der Konferenzen. A. a. O. S. 17.

Für deutsche Bahnen müssen Schienen, bei einer Höhe von etwa 13 cm und einem Widerstands-Moment von etwa 140 cm⁴, bei freiem Auflager von etwa 1 m Weite, gewöhnlich 2 Schläge eines 0,6 t schweren Fallgewichts bei einer Fallhöhe von 5 m aushalten können, ohne Brüche oder sonstige Schäden zu zeigen. Radreifen erhalten, je nach der verlangten Zähigkeit, gewöhnlich 3—6 Schläge von 0,6 t bei 5 m Fallhöhe. Achsen sollen bei einem Freilager von 1,5 m, 8 unter jedesmaligem Wenden ausgeführte Schläge von 0,6 t, bei 7 m Fallhöhe, aushalten. Radreifen usw. werden zuweilen auch dadurch geprobt, dass man sie aus einer gewissen Höhe einfach gegen eine widerstandsfähige Unterlage fallen lässt. Die französische Hämmerprobe für Radreifen wurde bereits S. 274 erwähnt.

Vor der Ausführung der Proben ist zu untersuchen¹⁾, ob Führung und Lage des Fallblocks nichts zu wünschen übrig lassen, besonders ob die Marken der Schwerlinien (S. 273) überall genau zusammen stimmen und ob das Probestück so gelagert ist, dass kein Ecken oder Drehen desselben unter der Schlagwirkung eintreten kann. Das wirksame Fallgewicht (S. 272) kann man auf einer zwischen dem Block und dem Zugseil einzuschaltenden Federwaage, während der Block langsam niedersinkt, ablesen. Beim Anheben des Blocks erhält man das wirksame Gewicht einschliesslich der Reibung. Bei guten Schlagwerken sollte die Reibungsarbeit nicht grösser als 2 % der Schlagarbeit werden. Ist die Theilung der Fallhöhe senkrecht verschiebbar angeordnet (was zu empfehlen ist), so stellt man ihren Nullpunkt jedesmal genau auf die Höhe des Probestücks ein.

d. Brüchigkeits-Proben für Konstruktions-Schweisseisen (Bleche und Formeisen).

a. Biegeprobe.

Vom Stabe oder Bleche abgetrennte Längsstreifen, deren Kanten sorgfältig abgerundet werden, sollen unter Benutzung von Hämmern oder besonders mechanischen Vorrichtungen, unter Vermeidung jeglichen Stosses über einem abgerundeten Sattel bis zu einem vorgeschriebenen Winkel gebogen werden können, ohne dass sie dabei einen Bruch im metallischen Eisen zeigen. Maassgebend für die Güte des Probestücks ist die Grösse des Winkels, um welchen dasselbe gebogen werden kann, ohne den Bruch zu erleiden. Dieser Bruch erfolgt erfahrungsmässig nicht immer an der auf Zug beanspruchten äussern Fläche des Probestreifens, sondern meistens an der innern Seite, in Folge der Zerdrückung. Es wird bei den Biegeversuchen in gewissem Maasse also auch die Druckfestigkeit geprüft.

Die Biegeproben werden als Warmproben und Kaltproben und am besten in den S. 271, 272 beschriebenen Schrauben-Pressen — nach den mehrfach erwähnten Konferenz-Beschlüssen²⁾ um einen Dorn von 25 mm konstantem Durchmesser — zur Ausführung gebracht. Bei der Ausführung der Biegeproben durch Schlagen mit Hämmern werden die Probestücke gewöhnlich auf einer gusseisernen oder gussstählernen Platte derart befestigt, dass ein Rand von vorgeschriebenen Abmessungen zum Ueberstehen gelangt, welcher dann umgebogen wird. Diese Art der Probe erscheint weniger empfehlenswerth, weil der Lieferant unter Umständen behaupten könnte, die Probestücke seien beim Hämmern unvorsichtig behandelt worden.

β. Ausbreit- oder Ausblatt-Probe.

Der auf kaltem Wege abgetrennte, rothwarm gemachte Versuchsstreifen soll sich durch die parallel zur Faser geführte, unten nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundete Hammerfinne bis auf das 1½fache seiner Breite ausbreiten lassen, ohne dass Spuren einer Trennung im Eisen auftreten. Vorsicht bei diesem Versuche ist geboten, da durch ungeschickte, der Hitze des Streifens nicht angemessene Schläge auch das beste Eisen zerstört werden kann.

¹⁾ Beschlüsse der Konferenzen. A. a. O. S. 10.

²⁾ A. a. O. S. 14, 15.

γ. Lochprobe.

Diese Probe hat den Zweck zu untersuchen, ob Bleche, L-Eisen oder ähnliche Formeisen das Lochen und das Auftreiben der Nietlöcher ohne zu reißen, ertragen können. Sie wird gewöhnlich auf mechanischem Wege mit Hilfe eines spitzen konischen Dorns ausgeführt. Der Ausfall der Probe hängt sehr von der Geschicklichkeit des ausführenden Arbeiters ab.

δ. Schleifen- und Stauchprobe.

Für die Prüfung von Niet- und Schraubeneisen, welches seines geringen Querschnitts wegen sich sehr leicht beliebig biegen lässt, wendet man anstatt der beschriebenen umständlicheren Biege-Probe zweckmässiger eine andere, die sogen. Schleifen-Probe, an, bei welcher das Eisen unmittelbar zu einer Schleife Fig. 486 mit vorgeschriebenem lichten Durchmesser D oder auch ganz, Fig. 487, zusammen gebogen wird. Bei Kalt-Proben schreibt man dabei den lichten Schleifen-Durchmesser = der ganzen oder der halben Stärke des zu prüfenden Rund- oder Quadrateisen-Stabes vor, während man bei Warmproben verlangt, dass sich das Eisen ganz zusammen schlagen lasse, ohne einen Bruch zu zeigen.

Ausser der Schleifen-Probe kommt für Nieteisen noch die Stauchprobe zur Anwendung. Dabei soll ein Stück Rundeisen, welches doppelt so lang als dick ist, in warmem, seiner künftigen Verwendung entsprechenden Zustande, sich bis auf ein Drittel seiner Länge zusammen stauchen lassen, ohne am Rande Risse zu zeigen. Diese Probe vollzieht sich am einfachsten, wenn man dabei ein Rundeisen-Stück in ein Nageisen steckt, so dass eine Länge = dem doppelten Durchmesser hervor ragt und dasselbe auf dem Ambos, wie beschrieben, zusammen staucht. Nach den im Anhang mitgetheilten Normal-Bedingungen für die Lieferung von Eisen-Konstruktionen kommen Biege-, Ausbreit-, Schleifen- und Stauchprobe in Anwendung.

e. Brüchigkeits-Proben für Kessel-Schweisseisen.

Die bei Herstellung von Kesseln gebrauchten Formeisen, Bleche, Nieten usw. werden in der Regel einer schärferen Prüfung unterworfen, als solche für das zu Brücken und im Hochbau Verwendung findende Eisen nach Vorstehendem gebräuchlich ist.

α. Polter- oder Kalotten-Probe für Bleche.

Ein kreisrundes, an den Kanten sauber gefeiltes Probestück wird rothglühend in ein Gesenk mit kugelhauben-förmiger Vertiefung geschlagen. In der deutschen Marine nennt man diesen Versuch die Polter-Probe und verwendet dabei das in Fig. 488 gezeichnete Gesenk. In der französischen Marine nimmt man den horizontalen Kranz der Kalotte 7 mal so breit, als die Blechdicke, und der Uebergang des Kranzes zur Kugelhaube wird in einer Krümmung bewirkt, deren Halbmesser = der Dicke des Bleches ist. Die Hauben-Höhe beträgt dabei 5 bzw. 10 oder 15 Blechdicken je nach der Güte des zu prüfenden Bleches; ob es *tôle ordinaire*, bzw. *supérieure* oder *fine* ist (S. 166); dagegen bleibt der Hauben-Durchmesser unveränderlich = 30 Blechdicken.

β. Börtel- oder Umbörtelungs-Probe für Bleche.

Der innere oder äussere, an der Kante sauber befeilte Rand eines Ringstücks wird rothglühend in einem passenden Gesenk mittels Hämmern um 90°

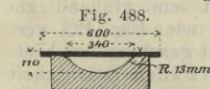
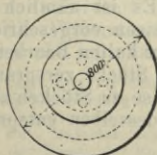
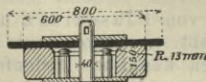
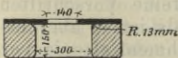


Fig. 489, 490.

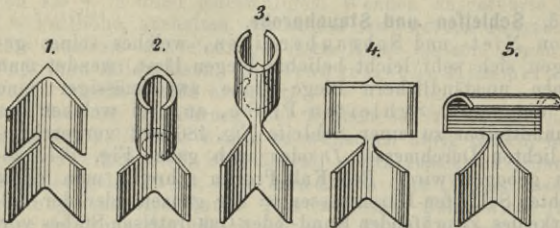


gebörtelt. In der deutschen Marine gebraucht man zur Vornahme dieser Proben die Gesenke Fig. 489 und Fig. 490.

γ. Proben mit Formeisen.

Die Probestücke von L-Eisen und T-Eisen werden nach den Vorschriften der deutschen Marine durch Ausbohren im kalten Zustande in einer Form, wie sie Fig. 491 angiebt, hergestellt. Um beim T-Eisen diese Form zu ermöglichen, wird ein entsprechender Theil des Fusses fort genommen.

Fig. 491.



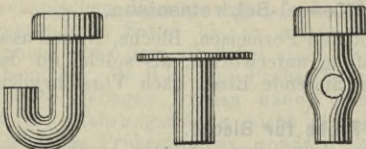
Während nun eine Hälfte eines Probestücks unverändert bleibt, werden der andern Hälfte in rothglühendem Zustande nach einander die Gestalten der Fig. 491 gegeben. Bei diesen Proben darf sich nirgends ein rissiges oder loses Gefüge zeigen; ausserdem müssen sich die zugehörigen Formeisen gut schweissen und lochen lassen, ohne zu reissen; endlich soll das Eisen auch in kaltem Zustande bei einem Bruche quer zur Faser ein gutes Gefüge aufweisen.

δ. Proben für Nieteneisen und Kesselniete.

Es werden in der Regel Schleifen-, Stauch- und Lochproben vorgeschrieben. Das Nieteisen, bezw. der Niet soll sich nach den Vorschriften der deutschen Marine unter einer Presse oder durch einen Hammer kalt vollständig zusammen biegen lassen, Fig. 492. Hält das Eisen diese Probe ohne Bruch nicht aus und zeigt ein 2. Stück, welches an einer Seite eingekerbt und langsam über einen Ambos gebogen wird, in der Bruchfläche kein faseriges Gefüge, mit feinen und seidenartigen Fasern, sondern ein körniges, und ein 3. Stück, welches rundum eingekerbt ist und durch einen einzigen scharfen Schlag gebrochen wird, an der Bruchstelle kein fein kristallinisches Gefüge, so ist der zugehörige Theil der Lieferung zu verwerfen.

Fig. 492, 493.

Fig. 494.



Ausserdem soll ein glühend gemachter Nietkopf, wie Fig. 493 veranschaulicht, sich platt schlagen lassen und demnächst ein platt geschlagener Nietenschaft, Fig. 494, sich lochen lassen, ohne dass in beiden Fällen Brüchigkeit eintritt. Die Höhe des platt geschlagenen Kopfes soll für Niete bis 10, 20 und 30 mm Durchm., bezw. 1,5, 3 und 5 mm betragen. — Es bliebe noch zu erwähnen, dass nach den Vorschriften der Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine sich Niete bei der warmen Stauchprobe (δ, S. 285) nach erfolgter Stauchung auch noch lochen lassen und ferner in kaltem Zustande auf ihre halbe Höhe zusammen stauchen lassen müssen, ohne in beiden Fällen brüchig zu werden.

f. Brüchigkeits-Proben für Flusseisen.

Für die Prüfung der Brüchigkeit von Flusseisen und Flussstahl in Form von Blechen und Formeisen giebt es heute noch keine Vorschriften, welche allgemeine Geltung beanspruchen könnten. Jedenfalls ist es aber empfehlenswerth, mit dem Flusseisen strengere Proben vorzunehmen, als sie vorstehend für Schweisseisen erläutert sind. Es ist nämlich vielfach beobachtet worden, dass Flussmetall allen für Schweisseisen vorgeschriebenen Proben vollkommen Genüge leistete und trotzdem bei der kalten Bearbeitung durch Meisseln usw. oder bei erhaltenen Stössen plötzlich in Stücke zersprang. Deshalb wird es nicht zu umgehen sein, Flussmetall probeweise zu Stücken zu verarbeiten, deren Natur dem künftigen Verwendungs-Zwecke desselben entspricht, bezw. mit ihm Schlag- oder Fallproben vorzunehmen.

In der französischen Marine-Verwaltung, welcher das Verdienst gebührt,

mit der Anwendung des Flusseisens zu den Rümpfen der Kriegsschiffe zuerst vorgegangen zu sein (S. 25), gelten zur Zeit wohl die schärfsten Vorschriften. Bei der Prüfung von Blechen werden daselbst in der Regel Kalotten-Proben gemacht, oder es werden rechteckige Stücke ausgeschnitten und wird daraus ein kastenförmiges Gefäss mit winkelrecht vorstehenden Rändern geschmiedet. Beim Schmieden werden alle Vorsichtsmaassregeln angewendet, wie sie für Stahl (S. 196, 197) erforderlich sind. Die fertigen Stücke dürfen weder Risse noch Sprünge zeigen. Bei Warmproben von Formeisen werden gewöhnlich Schleifen oder Zylinder von bestimmter Weite oder Gestalt gebogen usw. Auch eine weiterhin beschriebene Härteprobe kommt zur Ausführung.

Nach den Vorschriften des russischen Ministeriums der Verkehrs-Anstalten vom Jahre 1885 sollen bei Biegeproben die Streifen bis zur starken Rothgluth erwärmt, hiernach im Wasser bis zu 28° C. abgekühlt und alsdann so weit gebogen werden, dass die beiden Zweige des gebogenen Streifens an der Stelle, welche um die anderthalbfache Eisendicke von der Biegungskante entfernt ist, einen Abstand = der dreifachen Eisendicke von einander erhalten.

Die Beschlüsse der bekannten Konferenzen sind bereits S. 277 im allgemeinen angegeben worden. Die Härte-Biegeprobe für Kessel-Flusseisen soll danach derart vorgenommen werden, dass die an den Kanten abgefasten Probestreifen gleichmässig über ihre Länge bis zur Dunkelkirschroth-Hitze (etwa 550—650° C.) erhitzt, so dann im Wasser von etwa 25° C. abgeschreckt und endlich der bekannten Biegeprobe unterworfen werden¹⁾.

Alle Brüchigkeits-Proben mit Flussmetall sind mit besondern Schwierigkeiten verknüpft, weil das Ergebniss nicht immer von der Güte des Probestücks, sondern meistens viel mehr von der Behandlung desselben während der Erhitzung und Abkühlung abhängt. Lochproben von Flusseisen-Blechen sind wegen der erfahrungsmässig dabei entstehenden eigenthümlichen Anrisse zu vermeiden. Nach S. 226 darf man im allgemeinen annehmen, dass eine unrichtige Behandlung des Stahls in erhitztem Zustande sein Gefüge gröber macht, und dass gleichmässig feines Bruchaussehen nach erfolgter Bearbeitung eine Hauptbedingung für guten Stahl ist. Dagegen ist übertrieben starke Bearbeitung im kalten Zustande, obwohl sie feines Bruch-Aussehen erzeugt, zu vermeiden.

g. Prüfung der Brüchigkeit durch Härtungs- und Härteproben.

1. Härtungsproben werden vornehmlich behufs Prüfung des Werkzeugstahls vorgenommen; doch schreiben einzelne Verwaltungen solche Proben auch für Flusseisen und Flussstahl, welcher zu Konstruktionen Verwendung findet, ja unnöthigerweise sogar für Schweisseisen-Kesselbleche, vor, mit dem Zweck, den Grad der Gleichartigkeit (Homogenität) des Eisens zu erkennen. (Vgl. Härte-Biegeprobe, oben.) Die französische Marine-Verwaltung unternimmt Härtungs-Versuche, um die Güte der Flusseisen-Bleche zu erproben. Zu diesem Zwecke werden sowohl der Länge als der Quere des Bleches nach Probestücke von etwa 26 cm Länge und 4 cm Breite ausgeschnitten, darauf gleichmässig bis zum Beginn der dunklen Kirschroth-Gluth erhitzt und in Wasser von 28° C. Wärme gehärtet. Die so vorbereiteten Stücke sollen unter der Wirkung einer Presse, ohne Spuren von Bruch zu zeigen, eine bleibende Krümmung annehmen können, deren kleinster, innerer Halbm. nicht grösser sein darf, als die Dicke des Stabes.

Ob die Nothwendigkeit einer derartigen schwierig zu erfüllenden Bedingung für Konstruktions-Material, selbst wenn es für den Schiffbau Verwendung findet, zu begründen ist, mag dahin gestellt sein.

2. Das Härten zweier mit einander zu vergleichender Stahlsorten ist ein gutes Mittel, um die Widerstands-Fähigkeit beider Sorten gegen Zerspringen abzuschätzen. Ein nicht sehr harter Stahl muss, ohne zu reissen, eine Härtung

¹⁾ Der Erfahrung nach darf für den Dampfkesselbau nur Flussmaterial von einem solchen Grad von Weichheit zur Verwendung kommen, dass die beim Erhitzen und Abschrecken stets entstehende Härtung nur gering ist und unter allen Umständen kein Hinderniss für die Weiterverarbeitung bildet. Bei Material von nur 38—42 kg/1 qmm Zerreissfestigkeit und 20 % Dehnung ist das in der Regel der Fall; es aber noch durch obige Härtebiegeprobe unmittelbar zu erproben, scheint sicherer.

in Wasser von 20° C. Wärme aushalten. Je zahlreicher bei härterem Stahl, nach erfolgter Härteprobe, sich Risse zeigen, desto weniger widerstandsfähiger ist derselbe. Rundstäbe bekommen im allgemeinen weniger leicht Risse als 4 kantige Stäbe. Je weniger vollständig der Stahl nach dem Erkalten und Abtrocknen seinen Glähspan verliert — man nennt dies Abwerfen Abschütten — desto weniger hart pflegt er zu sein. Nur die weichsten Stahlarten (bis zu 0,6% Kohlenstoff-Gehalt) werden von der Feile angegriffen; auf allen härteren Sorten gleitet die Feile. Ferner springt harter Stahl beim ersten Schläge über der Kante des Amboses, während weicher mehre Schläge verträgt.

Die Härte, Haltbarkeit und Güte von Werkzeugen prüft man am besten, indem man guten Akkord-Arbeitern verschiedene Stahlarten, die man mit einander vergleichen will, in Gebrauch giebt, ohne ihnen zu sagen, was man bezweckt. Je nach der Achtung, mit welcher die Arbeiter eins dieser Werkzeuge behandeln, kann man auf die Güte desselben einen Schluss ziehen.¹⁾

3. Eine Vorprüfung zur Ermittlung der geeigneten Härte-Temperatur stellt man nach Reiser²⁾ zweckmässig wie folgt an: Ein geschmiedetes oder gewalztes Stahlstück von etwa 20 mm Durchm. wird in Abständen von 15 zu 15 mm am Umfange mit etwa 9 Kerben versehen und darauf derart erhitzt, dass nur das erste Kerbstück der Gluth unmittelbar preisgegeben ist und die übrigen sich ausserhalb des Feuers befinden. Ist so das erste Kerbstück bis zum Funkensprühen (S. 196), also bis zum Verbrennen erhitzt, während das letzte Kerbstück erst bis zur dunklen Braunröthe vorgeschritten ist, so löscht man die Stange rasch im Wasser ab und trocknet sie sorgfältig. Man prüft nun zunächst die Härte der einzelnen Kerbstücke mit Hilfe einer harten Feile. Das erste, verbrannte Stück wird immer ziemlich hart sein; an seiner Aussenseite haben sich sog. Hartkörner gebildet, vermuthlich ausgesaigerte, leicht schmelzbare Legierungen einzelner Bestandtheile des Eisens. Dagegen ist das 2., nicht verbrannte Stück weicher; weil aber seine Hitze die passendste Härtehitze bereits überschritten hatte, so ist es auch weicher als das 3. Stück und dieses wieder weicher, als das 4. usw. Gewöhnlich zwischen dem 6. und 10. wird man endlich ein Kerbstück treffen, welches am härtesten, dessen Wärmegrad danach als die geeignetste Härtehitze angesehen werden muss. Bei Besichtigung des Bruches wird sich auch zeigen, dass dieses Stück das feinkörnigste Gefüge aufweist.

4. Ueber mechanische Prüfung der Härte des Stahls vgl. S. 295.

h. Prüfungs-Bedingungen für Tragwerke des Maschinen-, Schiff-, Eisenbahn- und Brückenbaues.

Bedingungen über Form und Bearbeitung der Probestäbe, Ausführung, Art und Ueberwachung der Proben für das zu Konstruktionen des Hoch-, Brücken-, Maschinen-, Schiff- und Eisenbahnbaues verwendete Eisen finden sich auf S. 129 im Bd. I. der Hilfswissenschaften, sowie auch in den weiterhin im Anhang mitgetheilten Beispielen von Bedingungen der deutschen Ingen. u. Archit.-Vereine, Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine, der deutschen Marine und der Königl. Eisenbahn-Direktion Berlin. Nachfolgende Tabellen geben ferner eine Zusammenstellung der Anforderungen, welche von ausländischen Behörden, Vereinen usw. an Zugfestigkeit und Zähigkeit des Flussstahls gestellt werden.

a. Flussstahl für Konstruktionen des Maschinen- und Schiffbaues.

Nr.	Name der Behörde oder Gesellschaft	Art des Materials	Zugfestigkeit t u. qcm	Dehnung in %
1.	Französische Marine nach den Vorschriften vom 11. Mai 1876.	Schiffsbleche 6—20 mm stark Laschen u. dgl. 6—16 mm "	4,5	20
		lang	4,8	22
		quer	4,4	18
		Bleche über 20 mm stark	4,4	20
		□-Eisen- und T-Eisen	4,8	22
		I-Eisen	4,6	18

¹⁾ Bischoff. Werkzeug-Gussstahl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885. S. 784.

²⁾ A. a. O.

Nr.	Name der Behörde oder Gesellschaft	Art des Materials.	Zugfestigkeit t u. qcm	Dehnung in %
2.	Desgl. nach neueren Vorschriften für einzelne 1882/84 erbaute Schiffe und für Dampfkessel ¹⁾ .	Schiffs-Bleche quer	4,0	24
		„ Formeisen lang	3,8	26
		Kesselbleche, 6—8 mm stark	4,2	24
		„ 8—20 „ „	4,2	26
		„ 20—30 „ „	4,0	25
3.	Englische Admiralität.	Schiffs- und Kesselbleche	4,0—4,65	20
4.	Lloyds Register (England).	Kesselbleche	4,1—4,73	20
		Schiffs-Bleche	4,4—5,04	16
5.	Bureau Veritas (Frankreich).	Schiffs- und Kesselbleche	3,8—4,2	25
6.	Board of trade (England).	Kessel-Mantelplatten	4,25—5,04	20
		Kessel-Feuerplatten	4,10—4,70	20
7.	Germanischer Lloyd.	Schiffs- und Kesselbleche	3,8—4,5	20
8.	Deutsche Admiralität.	Kessel-Mantelplatten	4,2—4,7	20
		Kessel-Feuerplatten	4,2—4,5	20
		Schiffsbleche	4,4	15—20
		für Torpedoboote:		
		Feuerplatten	4,1—4,5	22
Mantelbleche	4,5—5,0	20		
9.	Pennsylvania-Eisenbahn in Amerika ²⁾ .	Lokomotiv-Kesselplatten	3,51—3,87	30—25
10.	Amerikanische Vereine.	Schiffkörper und Kessel der neuen Kreuzer ³⁾	4,08—4,22	21—25

Ausser den Festigkeits-Proben werden in der Regel auch noch die S. 284 ff. beschriebenen Bruchigkeits-Proben angestellt. Die Vorschriften der englischen Admiralität für die Behandlung des weichen Stahls siehe im Anhang.

β. Flussstahl für Konstruktionen des Eisenbahnbaues.

	Art des Materials	Zugfestigkeit t u. qcm	Dehnung in % auf 200 cm L.	Einschnürung in %
a. Schienen.				
1.	Französische Nordbahn	6—7,4	20—10	
2.	„ Midi-Bahn	7,9—8,3	11—14	oder 25—30
3.	„ Bahn Paris—Lyon ¹⁾	6,5	14	oder 30—35
4.	Oesterreichische Elisabeth- und Franz Joseph-Bahn	5,0	—	35
5.	Pennsylvanische Eisenbahn, Amerika	5,2	21	—
6.	Deutsche Bahnen	5,0—6,5	—	20—35
	Zu 6. Die Summe von Zugfestigkeit in kg für 1 qmm und die Einschnürung in % soll mindestens die Zahl 85 geben.			
b. Radreifen und Achsen deutscher Bahnen.				
7.	Lokomotiv-Radreifen mindestens	6,0	—	25
8.	Tender- und Wagen-Radreifen mindestens	4,5	—	35
9.	Achsen mindestens	5,0	—	30
	Die Summe von Zugfestigkeit in kg für 1 qmm und die Einschnürung in % soll mindestens 90 geben.			

Zu der Tabelle ist zu bemerken, dass die Pennsylvanische Eisenbahn-Gesellschaft die erste in Amerika war, welche auf Grund der Untersuchungen von

¹⁾ Périssé. A. a. O. S. 12—16. — Die Vorschriften v. 9. Febr. 1885, welche Considère in seinem *Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les construct.* II. Th., *Annal. d. ponts et chauss.* 1886, I, erwähnt, waren dem Verf. nicht zugänglich.

²⁾ Kreuzpointer, Flussisen für Dampfkessel. Stahl u. Eisen 1886, S. 647. 1887, S. 377.

³⁾ Ann. f. Gew. u. Bauw. 1885, I. S. 94.

⁴⁾ Für gezogene Konstruktions-Theile der Lokomotiven (nach Flamant) 4,2 t und 25 %.

Dr. Dudley¹⁾, der die chemische Probe allen andern vorziehen will, bei Lieferung von Schienen eine bestimmte chemische Zusammensetzung vorschrieb, nämlich 0,25—0,35 C, 0,40—0,30% Mn., höchstens 0,10% P, und höchstens 0,04% Si.

Es erscheint jedoch nicht notwendig, dem Vorgange der Amerikaner zu folgen, da, wie bereits S. 219 angegeben wurde, der Zusammenhang der chemischen mit den physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Eisens heute noch zu wenig geklärt ist, als dass man wagen dürfte, auf Grund einseitiger Untersuchungen eine bestimmte chemische Zusammensetzung der Schienen oder dgl. allgemein vorzuschreiben. Verf. pflichtet, mit Sandberg, der Ansicht des berühmten englischen Metallurgen Dr. Percy²⁾ bei, welcher die Vornahme chemischer Proben durch den abnehmenden Eisenbahn-Techniker nur in seltenen Ausnahme-Fällen für erforderlich hält. Der Eisenbahner darf sich zur Zeit an den mechanisch-technologischen Proben genügen lassen; gelingt es ihm später, mit Sicherheit zu ergründen, welche chemische Zusammensetzung den Schienen die grösstmögliche Betriebs-Sicherheit und Dauer gewährleistet, so wird er auch die chemischen Proben als regelmässiges Mittel der Untersuchung nicht unbeachtet lassen.

In England wird mehr Gewicht auf schwere Schlag- und Biege-Proben als auf Festigkeits-Proben gelegt. In Russland³⁾ lässt man die Schienen während der Schlag-Proben einfrieren, indem man sie mit einer Mischung von Eis und Salz umgiebt, oder auf andere künstliche Weise in ihnen eine Kälte von $-7,5$ bis $-12,0^{\circ}$ C. erzeugt. Ob es in Hinsicht auf die S. 241 über den Einfluss der Kälte mitgetheilten Erfahrungen nicht zweckentsprechender wäre, dieses etwas umständliche und kostspielige Prüfungsverfahren einfach durch Verschärfung der Vorschriften in Betreff des Fallgewichts oder der Fallhöhe zu ersetzen, mag dahin gestellt bleiben. Dass eine verschärfte Fallprobe für Schienen, welche für kalte Klimate bestimmt sind, gerechtfertigt erscheint, liegt (nach S. 241) auf der Hand⁴⁾ ebenso, dass Schienen, welche in heissen Ländern verlegt werden sollen, nur weniger harte Fallproben zu erleiden brauchen.

In Deutschland wurden in Folge eines Erlasses des preussischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 2. Juli 1880, entgegen den „Salzburger Beschlüssen“ (S. 221) neben den Zerreib-Proben die Schlag- und Biege-Proben für Eisenbahn-Material nach den S. 284 angegebenen Grundsätzen wieder eingeführt. Die auf der französischen Westbahn übliche Hammerprobe für Radreifen wurde bereits S. 274 besprochen.

Ingenieur Pohl⁵⁾ schlägt vor, jeden Radreifen in einer Wasserdruck-Pressvorrichtung zu prüfen, derart, dass er daselbst bis an die Elastizitäts-Grenze auseinander gepresst wird und in diesem Zustande mehrere kräftige Hammerschläge an verschiedenen Stellen seines Umfangs erhält.

Die Beschlüsse der Münchener und Dresdener Konferenzen, betr. Prüfung von Schienen, Achsen und Radreifen, schreiben für Schienen die Schlag-, Zerreib- und Biegeprobe (S. 283), für Achsen und Radreifen: Schlag- und Zerreib-Probe vor. Biegeproben für Achsen und Hämmerungs-Proben für Radreifen werden danach nicht für nöthig gehalten⁶⁾. Es muss aber ausdrücklich bemerkt werden, dass die Zugfestigkeits-Proben sowohl für Schienen als auch für Achsen und Radreifen nach den Beschlüssen nur dann für erforderlich gehalten werden, wenn weitere Aufklärungen über die Beschaffenheit des Materials zu wünschen sind. Aus Gründen der Betriebs-Sicherheit soll die Vornahme der Schlag- und Biegeprobe allein genügen.

¹⁾ *Transact. of the American Inst. of Mining Engin.* 1878 u. 1881.

²⁾ Sandberg, Lieferungs- und Abnahme-Bedingungen für Eisen- und Stahlschienen. Stahl u. Eisen. Januar-Heft. 1882, S. 12. — Vgl. ferner: Snelus. Ueber die chemische Zusammensetzung und Prüfung der Stahlschienen. *Dingl. Polyt. Journ.* 1882, Bd. 246, S. 433, 474 u. 508. — Zimmermann. Ueber den Einfluss der Härte des Stahls auf die Dauer der Schienen. *Zentralbl. d. Bauverw.* 1884, S. 3. — Cazes. *Sur la nature de l'acier le plus convenable pour la fabrication des rails. Revue générale.* 1885, S. 87 u. 165.

³⁾ Belebubsky. Ueber die Prüfung der Stahlschienen und Radreifen in Russland. Stahl und Eisen. 1885, S. 355 und 1886, S. 444.

⁴⁾ Vergl. Oberbau der Uleaborg-Bahn; *Deutsche Bauzeitg.* 1887, S. 129.

⁵⁾ Verfahren zur Prüfung von Radreifen für Eisenbahn-Fahrzeuge. *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* 1884, S. 668.

⁶⁾ A. a. O. S. 11—13.

γ. Flussstahl für Brücken-Tragwerke.
1. Brücken verschiedener Länder.

Nr.	Art des Materials	Zerreiß-Proben			Elastizitäts-		Kalt-Biege-Proben Probestab muss um den eigenen Durchmesser von 2 cm gebogen werden können	Chemische Zusammensetzung	
		Zugfestigkeit t/qcm	Dehnung % f. 200 mm	Ein-schnürung % o/o	Grenze t/qcm	Kohlenstoff %		Phosphor %	
1.	Amerikanische { für gedrückte Theile Brücken „ gezogene Theile u. Niete.	5,6—6,3 4,9—5,6	15 18	25 40	3,5—4,2 2,8—3,5	um 180° um 180° und zurück oder um 360°	mindestens 0,34 höchstens 0,25	höchstens 1,00 höchstens 1,00	
2.	Brücke über den St. Johns - Fluss in Neu-Braunschweig ¹⁾	4,2	?	43	2,5				
3.	Brücke über den { für gedrückte Theile „ gezogene Theile Firth of Forth { in England ²⁾ } „ Stahlniete mit 3,46—3,78 „ Scherfestigkeit 4,25 „ Ankerplatten 4,72	5,35—5,83 4,72—5,2	17 20	—					
4.	Brücken der österreichischen Zweigbahn Ebersdorf-Würbenthal (1879—1881) ³⁾	4,2—4,7	—	43—48					
5.	Drehbrücke im Hafen von Bordeaux ⁴⁾	5,0	16	—					
6.	Brücke zu Rouen ⁵⁾ , nur gedrückte Theile	5,0	18	—					
7.	Indische Bahnen ⁶⁾	4,3—4,9	20	20					
8.	Russische Vorsebriften { für ungenietete Theile vom Jahre 1885 ⁷⁾ „ genietete Theile	4,0—4,7 3,5—4,0	18 20	36 50					
9.	Vorschläge des Ver. deutsch. Eisenhüttenleute	4,5—5,5	20—15	—					

Bemerkungen. Zu 1. Die Augenstäbe (vergl. S. 210) werden nach dem Ausschneiden ausgeglüht, dann in der Prüfungs-Maschine bis 1,4 t auf 1 qcm belastet und es wird bei dieser Gelegenheit die Dehnung genau gemessen. Die daraus berechnete Elastizitäts-Ziffer muss zwischen 1950 und 2100 t liegen⁸⁾.

Zu Nr. 8. Der Kohlenstoff-Gehalt soll in den Grenzen von 0,05 bis 0,20 % bleiben. Russische Biege - Probe vergl. S. 287. Die Probestücke für Zerreiß-Proben dürfen bei ihrer Herstellung nicht erwärmt werden. Löcher dürfen nur gebohrt, nicht gestossen werden. Das Abtrennen von Theilen in kaltem Zustande soll nicht mit der Schere, sondern mittels des Meissels erfolgen.

1) Zentrabl. der Bauverw. 1886, S. 39. — 2) Melan. Der Bau der Brücke über den Firth of Forth. Zeitschr. des österr. Ingen.- u. Archit.-Ver. 1884, S. 173. — 3) Zeitschr. des Oesterr. Ingen. u. Archit.-Ver. 1880. — 4) *Nov. Ann. de la Constr. 1883*, S. 66.
5) Nach Flamaunt *Ann. des ponts et chaussées*, 1886 I. S. 690. Derselbe schlägt mindestens 4,5 t und 18—20 % als passendste Werthe vor.
6) The Engineer 1885, II. S. 233. Ferner das. 1886, II. S. 28. — Bedingung für schweisseiserne indische Brücken. Das. 1884, I. S. 104 u. 1886, I. S. 72.
7) Zentrabl. der Bauverw. 1885, S. 356.
8) Krohn. Die Verwendung von Stahl zu Brückenbauten in Nordamerika. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 382.

2. Die 1866 — 1878 erbauten Brücken der niederländischen Staatsbahnen¹⁾.

Bezeichnung u. Form des zu prüfenden Materials	Kalt-Biege-Proben			Zerreiß-Proben			Bemerkungen
	Biegungs-Winkel in Graden bei e. Stärke des Probestücks in mm			Zugfestigkeit t u. qmm	Dehnung %	Einschnürung %	
	10	8-9	6-7				
1. Bleche } lang } quer	110	120	140	6,0	17	25	Die Belastung von 6 t muss Stahl 15 Min. aushalten. Probestücke mindestens 250 mm lang und 500 qmm Querschnitt.
2. Winkel- u. Flacheisen, lang	80	90	100	—	13	18	
3. Bolzen-Stahl. Zu 3. Scherfestigkeit 5 t für 1 qmm	Schleifenprobe bei einer Temp. von 10° C. a = 180°, so dass Schleifen-Durchmesser = d			6,0	17	23	
				6,0	20	39	

Man sieht aus obigen Tabellen, dass bezüglich der Anforderungen an die Zugfestigkeit und Zähigkeit im Maschinen-, Schiff- und Eisenbahnbau im allgemeinen eine grössere Uebereinstimmung herrscht, als im Brückenbau; dies liegt besonders wohl daran, dass die Konstruktionen jener Gebiete sich in vielen Ländern schon seit Jahrzehnten eingebürgert haben (S. 52) und über ihr Verhalten während des Betriebes zahlreiche Erfahrungen zu Gebote stehen, während die Anwendung des Flusseisens und Flussstahls zu Brücken-Tragwerken sich heute nur auf einzelne Fälle beschränkt und die Erfahrungen mit denselben nicht immer erfreuliche gewesen sind. Trotzdem steht nach des Verf. Meinung, aus den S. 249 u. 253 kurz entwickelten Gründen eine allgemeinere Einführung flusseiserner oder flussstählerner Brücken zu erwarten.

Die mitgetheilten Bedingungen für den Flussstahl der holländischen Brücken erscheinen sehr strenge, werden aber von den amerikanischen, welche sogar die chemische Zusammensetzung in ihren Bereich ziehen, noch übertroffen. Auch die Ueberwachung der Fabrikation seitens des bauleitenden Ingenieurs ist in Amerika eine sehr peinliche; die Blöcke jedes einzelnen Satzes werden z. B. nicht eher ausgewalzt, als bis der überwachende Beamte den Satz als annehmbar erklärt hat. In jedem Satz wird am Probestab wenigstens die Elastizitäts-Grenze, Festigkeit und Dehnung ermittelt. Auch Sätze, welche zu hohe Festigkeit zeigen, werden häufig verworfen²⁾.

E. Herstellungsweise der Konstruktionen.

Litteratur.

Ausser den zu C. benannten einschlägigen Werken sind zu nennen: Hutchinson. *Girders-making and the practice of bridge-building in wrought iron*. 1879. — Schleicher & Trau. Die Rheinbrücke bei Germersheim. 1880. — Mehrrens. Notizen über die Fabrikation des Eisens und der eisernen Brücken. Sonder-Abdruck aus der Deutschen Bauzeitung. 1882. — Hinrichs. Ausführung und Unterhaltung der eisernen Brücken. Handb. der Ingen. Wissensch. II. Bd. XV. Kap., 1882.

Allgemeines.

Unter Eisen-Konstruktionen versteht man zusammengesetzte Bauten oder Bauwerktheile, deren Einzelstücke mit Ausnahme von Lager- und maschinellen Theilen oder dgl., vorwiegend aus Walzeisen hergestellt und gewöhnlich durch Niete oder Schrauben verbunden sind.

Zu den wichtigsten Eisen-Konstruktionen rechnet man diejenigen, welche nicht blos ihr eigenes Gewicht oder eine ruhige, unveränderliche Last, sondern

¹⁾ Mehrrens. Notizen. A. a. O., S. 43 u. 90.

²⁾ Ausser den vorstehend genannten Aufsätzen sind als hierher gehörig noch zu nennen: Gollner. Ueber die Untersuchung der Festigkeit des Flusseisens. Techn. Bl. 1881, S. 197. — Fehring. Ueber Festigkeits-Vorschriften für Eisen u. Stahl. Wochenschr. d. österr. Ingen. u. Arch. Ver. 1883, Nr. 48 u. 49. S. 311 u. 323. — Martens. Bestimmung der Güte von Eisen u. Stahl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1883, S. 51 u. 121.

auch eine Verkehlrast zu tragen, oder sonstige bewegte und veränderliche Kräfte aufzunehmen haben. Dahin gehören z. B. eiserne Brücken, Schiffe, Kessel usw. Ueber die geschichtliche Entwicklung der Eisen-Konstruktionen vergl. unter A.

Das Bestreben der Neuzeit ist dahin gerichtet, zu allen Theilen einer Konstruktion möglichst nur gewalzte Stücke zu verwenden. Gegossene Stücke — Gusseisen oder Stahlformguss — finden aber zweckmässig zu den Lager- und maschinellen Theilen oder dgl. Verwendung. Geschmiedete Stücke verwendet man gewöhnlich nur dann, wenn deren Form nicht ebenso vortheilhaft durch Walzen oder Giessen hergestellt werden kann. Schweissungen sollten dabei ihrer Unsicherheit wegen nur in unvermeidlichen Fällen zur Ausführung kommen.

Die technologischen Arbeiten zur Herstellung der Konstruktionen werden zum geringsten Theile von der Hand, meistens durch Maschinen ausgeführt. Der allgemeine Gang der Arbeiten ist folgender: Der Fabrikant, dem die Herstellung einer Eisen-Konstruktion obliegt, lässt behufs Beschaffung des geeigneten Materials, weil die ihm vom Bauherrn übergebenen Zeichnungen und Gewichts-Berechnungen in der Regel nicht ausführlich genug sind, zunächst die Werk- oder Arbeits-Zeichnungen und Material-Verzeichnisse (Material-Listen) anfertigen. Wenn das alsdann beschaffte Material die vorschriftsmässige Prüfung bestanden hat, wird mit den eigentlichen Werkstatt-Arbeiten d. h. der Bearbeitung und Verbindung der Konstruktions-Theile (Verbindungsstücke und Verbindungsmittel) der Anfang gemacht.

Bei der Bearbeitung der Konstruktions-Theile sucht man zuerst durch Kalt-richten der geometrischen Form möglichst sich nähernde Flächen und Kanten der Stücke zu erzielen, damit auf der Zulage die rechnermässig ermittelten, in die Arbeits-Zeichnungen eingeschriebenen Maasse auf die einzelnen Stücke so genau wie möglich übertragen bzw. vorgezeichnet (vorgerissen) werden können. Die zugelegten Stücke werden auf den Werkzeug-Maschinen nach den vorgerissenen Linien bearbeitet und sodann einer Reinigung unterworfen; zuweilen erfolgt die Reinigung bereits vor Beginn der Bearbeitung. Nach geschehener Reinigung erfolgt, insoweit als es in der Werkstatt möglich ist, die Verbindung der Konstruktions-Theile durch Nieten und nach Prüfung und Abnahme der genieteten Konstruktions-Theile das Dichten der Fugen und endlich, behufs Schutz gegen Rost, das Grundiren.

I. Einrichtung und Ausrüstung der Werkstätten.

a. Werkstätten im allgemeinen.

1. Die Sonder-Werkstätten für Herstellung von Eisen-Konstruktionen sind sehr mannigfacher Art, sowohl bezüglich ihrer Ausdehnung als auch ihrer Einrichtung. Die wichtigsten Anstalten dieser Art sind die Brückenbau- und Schiffbauwerke. Mechanische Werkstätten, in denen vorwiegend blanke Arbeit für Maschinenbau usw. geliefert wird, bilden meistens einen Theil der vorgenannten Anstalten, ebenso auch Hammer- und Kesselschmieden.

Haupt-Erfordernisse für jede gute Werkstatt sind: Helligkeit, Zugänglichkeit, Bequemlichkeit der Verbringung und Handhabung der Arbeitsstücke, endlich zweckmässiger Antrieb der Maschinen. Die Bearbeitung und Zusammenstellung schwerer Stücke geschieht in der Regel zu ebener Erde. Kleinere Werkzeug-Maschinen, Schraubstücke u. dgl. werden zwar vielfach in höheren Stockwerken und auf Galerien untergebracht; jedoch erscheint es zweckmässiger, wenn Raum vorhanden ist, die Werkstatt nur einstöckig zu halten. Rechteckige Grundform und ein 3schiffiger Querschnitt, Fig. 495—497, welcher die Anbringung von Hebe- und Transport-Vorrichtungen und deren Benutzung für jede Arbeitsstelle des Grundrisses bequem gestattet, sind im allgemeinen am vortheilhaftesten. Die Lage der Werkstätten und Magazine, sowie die Aufstellung der Maschinen in den ersteren muss derartig beschaffen sein, dass die Arbeitsstücke bis zu ihrer Vollendung einen fortlaufenden, vor allem nicht durch Rückwärts-Bewegungen unterbrochenen Weg durch die Werkstätten zu machen haben.

Während in deutschen Werkstätten als Betriebskraft meistens der Dampf in Anwendung kommt und die Uebertragung der Arbeits-Bewegung von der Betriebs-Dampfmaschine auf die Werkzeug-Maschinen durch eine Wellenleitung erfolgt, findet man neuerdings in Amerika, auch in England und Frankreich, neben dem Dampftrieb eine ausgedehnte, unmittelbare und mittelbare Anwendung des Wasserdrucks. In dieser Hinsicht sind die ausländischen Werke vor den heimischen bevorzugt, da für die Arbeiten des Schmiedens, Schneidens, Lochens, Nietens usw., welche bei Herstellung von Eisen-Konstruktionen eine Hauptrolle spielen, sich keine Betriebskraft besser eignet, als der Wasserdruck, weil dieser nicht allein eine starke plötzliche, sondern auch eine gleichmässige Druckwirkung — ohne Stoss — ausüben vermag.

2. Das Hauptgebäude der Brückenbau-Anstalten bildet in der Regel im Grundriss ein längliches Rechteck, in welchem auf beiden Langseiten oder nur auf einer Langseite die Maschinen-Abtheilung und in dem verbleibenden Raum die Zulage-Abtheilung eingerichtet sind. Die Verbindung beider Abtheilungen mit den Magazin-Räumen und den ausserhalb des Gebäudes liegenden Lager-, Montirungs- und Verladeplätzen, Nebengebäuden, wenn solche vorhanden

Fig. 495.

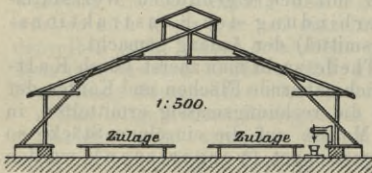


Fig. 496.

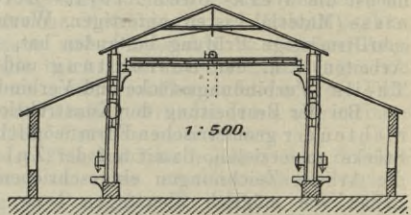
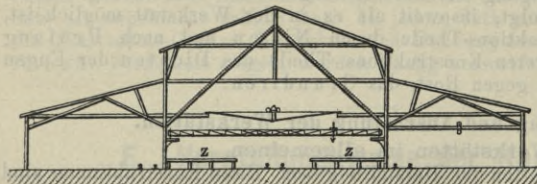


Fig. 497.



sind, usw. wird durch normal- und schmalspurige Transport - Gleise (Gruben-Gleise), unter Zuhilfenahme von Drehscheiben, Weichen oder Schiebebühnen bewerkstelligt.

Um der oben bereits angeführten Forderung,

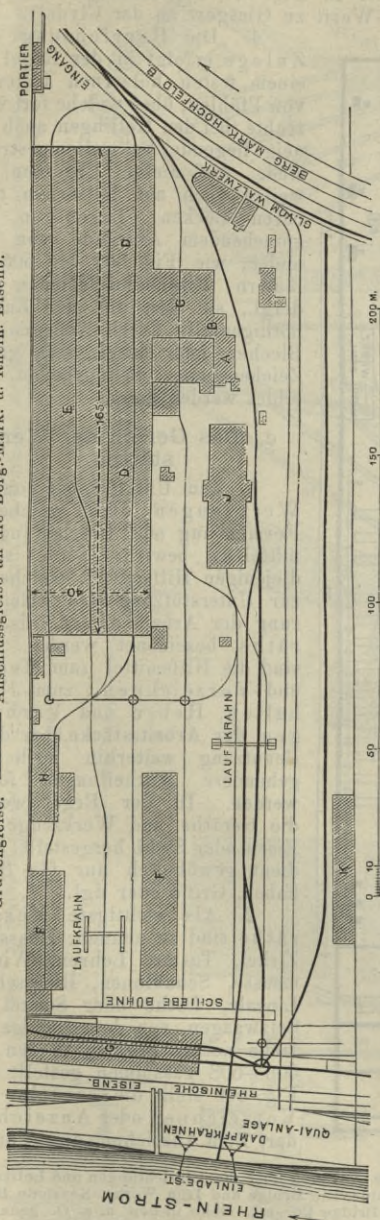
dass die Werkzeugmaschinen so aufgestellt werden müssen, dass jeder unnütze Transport der zu bearbeitenden Stücke möglichst vermieden wird, zu entsprechen, findet man wohl die Einrichtung, dass auf der einen Langseite der Werkstatt die Werkzeug-Maschinen für die Bearbeitung der Bleche und Flacheisen, auf der andern diejenigen für die Bearbeitung der Formeisen stehen.

Die räumliche Ausdehnung der Werkstatt richtet sich nach den Abmessungen der grössten Konstruktionen, welche gefertigt werden sollen. Jedemfalls muss die Breite der Werkstatt von vorn herein ausreichend angelegt werden, wogegen die Länge weniger wichtig erscheint, weil dieselbe nöthigenfalls provisorisch vergrössert werden kann.

In den 40er und 50er Jahren dies. Jahrh. war es bei dem Mangel an zweckentsprechenden stehenden Werkstätten Gebrauch, grössere Brücken-Konstruktionen neben dem Bauplatze in sogen. fliegenden Werkstätten herzustellen und die ganze Anlage nach Fertigstellung einer Brücke zur Baustelle einer andern wandern zu lassen. Heute giebt es zahlreiche, wohl eingerichtete stehende Brückenbau-Anstalten, von denen viele ihre Erzeugnisse über den Ozean versenden, wie z. B. die von Harkort in Duisburg a. Rh. gegründete älteste Anstalt Deutschlands, welche viele grosse Bauten in Holland, Schweden und Norwegen, Russland, Spanien, Portugal, Java, Zentral-Amerika usw. in besonders tüchtiger Weise ausgeführt hat.

Schiffsbau-Werkstätten kommen möglichst unmittelbar neben dem Wertplatz zu liegen, auf dessen Hellingen oder Helgen das eiserne Schiff gebaut wird, um nach Fertigstellung ins nahe Wasser abzulaufen. Ebenso oft sind auch die Hellinge selbst in Form hoher Hallen überbaut und mit Gallerien versehen, auf denen leichte Werkzeugmaschinen, Feldschmieden usw. aufgestellt werden. Bei neben einander liegenden Hellingen wird auch wohl der Zwischenraum zwischen je zweien mit überbaut, dessen Ueberdachung dann niedriger gehalten wird, so dass ein regelmässiger Wechsel von hohen und niedrigeren Hallenbauten entsteht. In den niedrigeren stehen dann die Werkzeugmaschinen, beweglichen Schmiedefeuer usw. Die Schiffsbau-Werkstätten sind oft sehr mannigfaltig, da die innere Ausstattung der Schiffe das Zusammenwirken vieler Gewerke fordert.

Fig. 498. Lageplan der Harkort'schen Brückenbau-Anstalt in Duisburg. A. Kesselhaus, B. Maschinenraum, C. Schmiede u. Richteerei, D. Werkzeug-Maschinen, E. Zulageraum, F. Schlosserei, G. Lackir-Schuppen, H. Beizeerei, J. Büreau, K. Magazin für Montage-Geräthe, D. Grubengleise, ——— Grubengleise.



b. Beispiele von Werkstätten-Einrichtungen.

1. Die Harkort'sche Brückenbau-Anstalt in Duisburg a. Rh. enthält ein Hauptgebäude von 165 m Länge und 40 m Breite, in welchem auf einer Seite die Werkzeug-Maschinen aufgestellt sind, während in dem übrigen Raum die Zulage eingerichtet ist. Der Verkehr zwischen dem Hauptgebäude und den Nebenbauten, sowie zwischen diesen und dem Walzwerk wird auf Grubengleisen vermittelt, welche durch eine Schiebebühne mit den nach der Ladestelle am Rhein und den Stationen der Bergisch-Märkischen und Rheinischen Eisenbahn führenden Normalspur-Gleisen verbunden sind. Ueber letztern Gleisen, sowie auch über den aus dem Hauptgebäude führenden Grubengleisen ist an passender Stelle je ein schwerer Laufkrahnen aufgestellt; die Verladung am Rheinufer wird durch 2 Dampfkrahnen bewirkt. Fig. 498 giebt den Lageplan des Werks.

2. Das Hauptgebäude der Brückenbau-Werkstatt der Gesellschaft Union zu Dortmund, Fig. 499, ist 45 m breit und 169,5 m lang und dessen Innengleise sind mit den Lagerplatz-Gleisen durch eine Schiebebühne verbunden¹⁾.

¹⁾ Lagepläne der österr. Brückenbau-Anstalten in Andritz und Kladno in Zeitschr. d. österr. Ingen.- u. Archit.-Ver. 1884, S. 149. — Anstalt der Gebrüder Benckiser in Ludwigshafen, in

3. In den Fig. 500 und 501 sind die Lagepläne zweier Werfte für den Bau eiserner Handels-Schiffe dargestellt: in Fig. 500 Tecklenborg's Werft zu Geestemünde, in Fig. 501 die Fairfield-Werft zu Glasgow an der Clyde¹⁾.

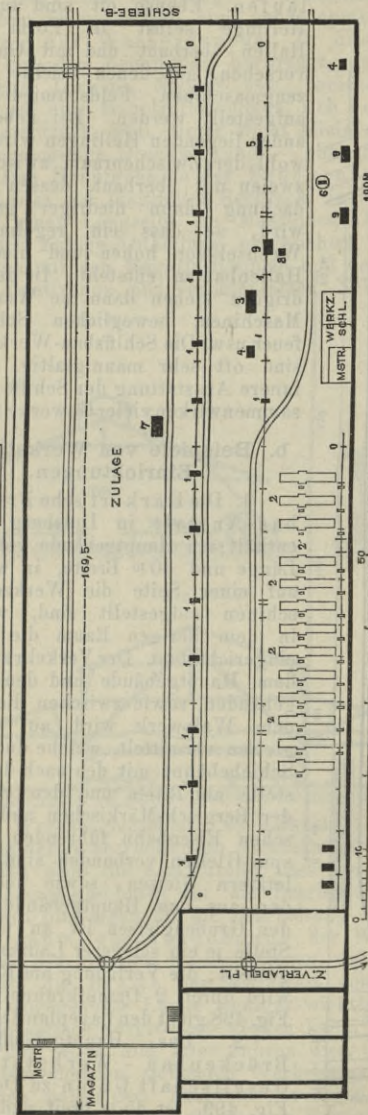
4. Die Herrichtung der Zulage erfolgt in der Regel auf einem festen hölzernen Unterbau von Pfählen, über welche fort wagrechte (bei den Hellingen auch geneigte liegende) Schwellen gestreckt sind. Auf diesem Unterbau, zuweilen auch auf hölzernen tragbaren Böcken, liegen in entsprechendem Abstände von einander, wie Fig. 502 bis 505 erläutern, Eisenbahn-Schienen oder dergl., so dass auf der Zulage, nöthigenfalls durch Auflegen von Blechen oder dergl., eine grosse Zeichenebene (Schnürboden) gebildet werden kann.

c. Das Geräth der Werkstätten.

1. Zum Unterschiede von den Werkzeugen, durch welche die Formgebung oder Bearbeitung unmittelbar bewirkt wird, sollen diejenigen Hilfsmittel, welche nur zur Unterstützung und Erleichterung der Arbeit dienen, als Geräthe bezeichnet werden. Das sind die Hilfsmittel zum Messen und Vorzeichnen, zum Festhalten, Heben und Verbringen der Arbeitsstücke, über deren Benutzung weiterhin noch eingehendere Mittheilungen folgen werden. In der Regel werden die Geräthe und Werkzeuge von Eisen oder Stahl hergestellt; Holz dient gewöhnlich nur für Handhaben, Griffe oder dgl.

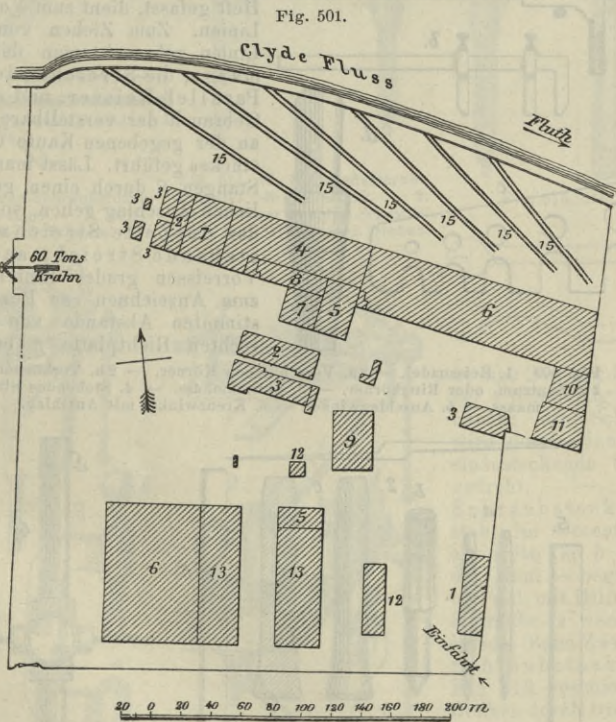
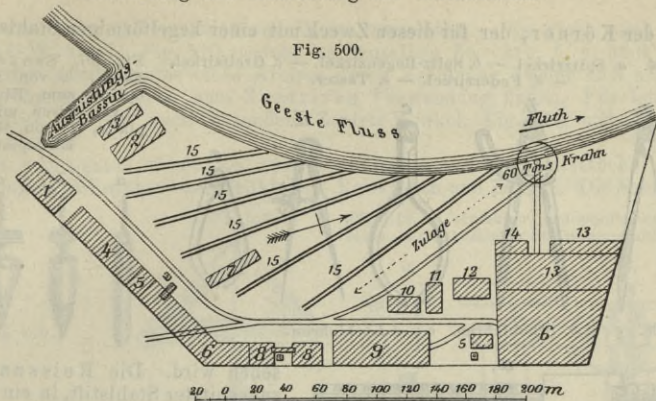
2. Als wichtigste Messgeräthe sind zu nennen: Maasstäbe, Zirkel, Taster, Lehren, Winkelmaasse, Schablonen, Richtscheite, Lineale, Lothe oder Senkel und Setzwaagen, von denen einige einfache neuere Formen in den Fig. 506—508 zusammen gestellt sind. Fig. 509 stellt die Geräthe zum Vorzeichnen oder Anzeichnen dar. Zum Anzeichnen eines Punktes

Fig. 499. Brückenbau-Werkstatt der „Union“ zu Dortmund u. d. Transmissionen. 1. Bohrmaschinen. 2. Hobelmaschinen. 3. Kopf-Hobelmaschine. 4. Fraismaschine. 5. Drehbank. 6. Kröpfpresse. 7. Scher- u. Lochpresse. 8. Richtplatte. 9. Schmiedefeuer.



Schleicher u. Trau, a. a. O., S. 142. — Nähere Angaben über die Einrichtungen und Leistungen der grossen amerikanischen Werke, z. B. Phoenixville Bridge and Iron Works, Keystone Bridge Co., Edge Moor Iron Company, American Bridge Co. etc. siehe in den a. a. O. genannten Arbeiten von Steiner, Wencelides und in Gleim's Veröffentlichung über den amerikanischen Brückenbau der Neuzeit in der Zeitschr. d. Hannov. Archit.- u. Ingen.-Ver. 1876.

¹⁾ Vergl. ferner Scharowsky. Die Neubauten der Aktien-Gesellschaft Vulkan in Stettin. Deutsche Bauzeitg. 1886, S. 225. Mit einem Lageplan der Werkstätten.



1. Bureau, 2. Schiffs-Tischlerei, 3. Holzlager und Magazin, 4. Werkzeug-Maschinen mit Schnürboden darüber, 5. Kesselhaus, 6. Werkzeug-Maschinen, 7. Schiffs-Schmiede, 8. Richt- und Biegeplan, 9. Gesserei, 10. Modell-Tischlerei, 11. Modell-Lager, 12. Magazin, 13. Kesselschmiede, 14. Kupferschmiede, 15. Hellinge.

Fig. 502.

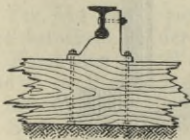


Fig. 503.

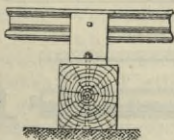


Fig. 504.

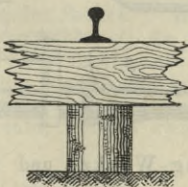
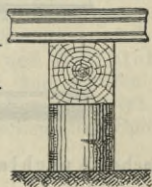


Fig. 505.



dient der Körner, der für diesen Zweck mit einer kegelförmigen Stahlspitze ver-

Fig. 506. a. Spitzzirkel. — b. Spitz-Bogenzirkel. — c. Greifzirkel, — d. Federzirkel. — e. Taster.

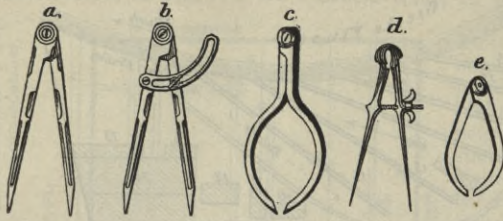


Fig. 508. a. u. b. Schublehren. c. u. d. Lochlehren.

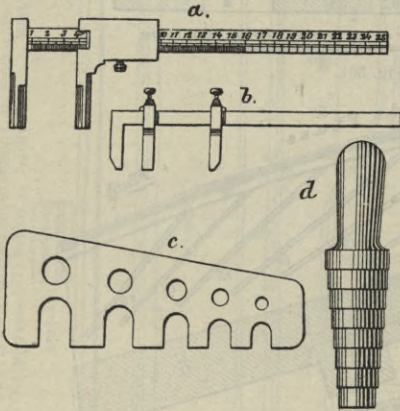
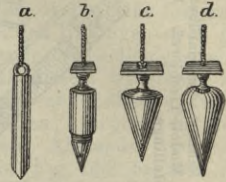
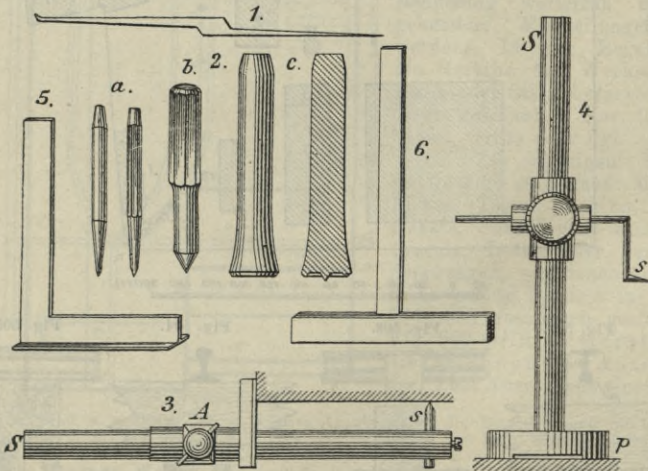


Fig. 507. Senkel: a. von Eisen, b. von Messing mit Spitze zum Einschrauben c. von Eisen mit Messingplatte, d. von Messing mit Eisenplatte.



sehen wird. Die Reissnadel, ein zugespitzter Stahlstift, in ein hölzernes Heft gefasst, dient zum Vorreissen von Linien. Zum Ziehen von parallelen Linien gebraucht man das Streichmaass, die Streichnadel oder den Parallel-Reisser, und es wird beim Gebrauch der verstellbare Anschlag A an der gegebenen Kante des Arbeitsstückes geführt. Lässt man 2 parallele Stangen S durch einen gemeinschaftlichen Anschlag gehen, so erhält man das doppelte Streichmaass. Das stehende Streichmaass wird zum Vorreissen grader Linien und auch zum Anzeichnen von Punkten im bestimmten Abstände von einer wagrechten Richtplatte p benutzt. Der

Fig. 509 1. Reissnadel. — 2a. Verschiedene Körner. — 2b. Vorkörner. — 2c. Zentrum- oder Ringkörner. — 3. Streichmaass. — 4. Stehendes Streichmaass. — 5. Anschlagwinkel — 6. Kreuzwinkel mit Anschlag.



einfache Anschlag-Winkel und der Kreuzwinkel mit Anschlag werden

für das Vorzeichnen in verschiedener Weise verwerthet. Es giebt auch sog. Universal-Winkel, Fig. 510, welche zu denselben Zwecken, u. a. auch zum Aufsuchen des Mittelpunktes eines Kreises durch Zeichnung zweier sich schneidenden Durchmesser, bezw. zum Zentriren Verwendung finden. Für letztgenannten Zweck werden auch besondere Zentrir-Winkel, Fig. 511, und Zentrir-Maschinen benutzt.

3. Die wichtigsten Geräte zum Festhalten der Arbeitsstücke sind: Schraubzwingen, Schraubstöcke, Feilkloben, Reifkloben und Zangen. Die Schraub-

Fig. 510.

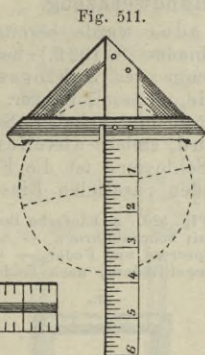
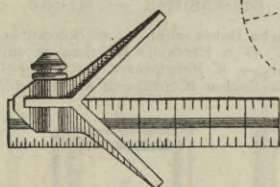


Fig. 512. a. einfacher, b. doppelter englischer, c. französischer Schraubenschlüssel.

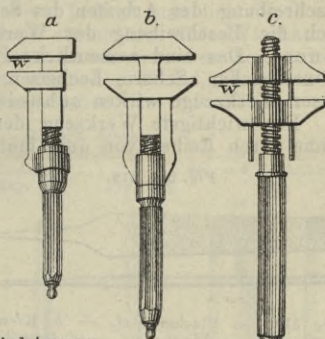


Fig. 515, 516.

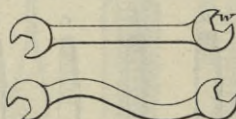


Fig. 513. 1. Zangen-Schraubstock. — 2. Schraubzwinde. — 3. Feilkloben. — 4. Reifkloben.

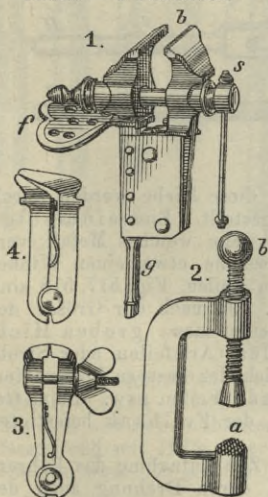
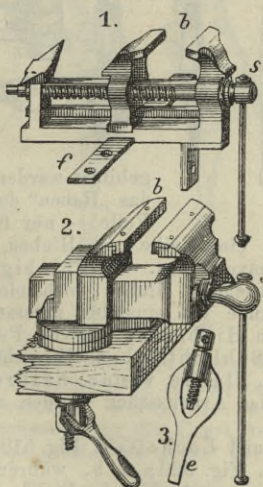


Fig. 514. 1. Schmiedeiserner Parallel-Schraubstock. — 2. Gusseiserner Parallel-Schraubstock zum Drehen. — 3. Dreherherz.



zwinde 2 in Fig. 513 ist bei *a* feilenartig aufgehauen; die Schraube wird durch eine bei *b* einzusteckende Stange gedreht. — Ein Schraubstock besteht im wesentlichen aus 2 Backen *b* — die das Maul — begrenzen und sich mit Hilfe einer Schraube *s* verstellen lassen. Beim Zangen-Schraubstock, 1 in Fig. 513, geschieht das Öffnen durch Drehung, beim Parallel-

Schraubstock 1 und

2 in Fig. 514 durch parallele Verschiebung der Backen ¹⁾. Zur Befestigung des Schraubstockes an der Feilbank dient die Schere *f*; die Stange *g* wird mit dem Fussboden der Werkstatt verbunden. — Feilkloben und Reifkloben 3 und 4 in Fig. 513 dienen zum Festhalten kleiner Stücke und werden bei der Arbeit in der Hand gehalten. Das Dreherherz, 3 in Fig. 514, wird auf das Ende eines Arbeitsstückes festgeschraubt, welches zwischen den Spitzen einer Drehbank bearbeitet werden soll.

¹⁾ Etau parallele, System Read. Revue industr. 1885, II, S. 434.

4. Die Geräte zum Heben und Verbringen der Arbeitsstücke, als Krahn, Wagen, Gleise u. dgl. sind zum Theil bereits unter *B* und *C* einer Besprechung unterzogen worden und bleiben an dieser Stelle ausser Acht. Hinzu rechnen kann man diesen Geräten usw. auch die Schrauben-Schlüssel. In Fig. 515, 516 sind 2 einfache Schrauben-Schlüssel mit unveränderlicher Schlüsselweite *w* dargestellt, in Fig. 512 dagegen solche mit veränderlicher Schlüsselweite.

d. Das Handwerkzeug.

Das Handwerkzeug des Schmiedes wurde bereits bei Gelegenheit der Beschreibung der Arbeiten des Schmiedes (S. 192 ff.) besprochen. Es erübrigt noch die Beschreibung der Werkzeuge des Schlossers und Maschinenbauers. Das sind namentlich: Feile, Meissel, Bohrer, Säge, Gewinde-Bohrer, Schneidbacken, Schere, Locheisen, Reibahle, Schaber, Schleifstein usw. Einige dieser Werkzeuge wirken schneidend, andere abscherend und schabend.

Das wichtigste Werkzeug des Schlossers ist die Feile, deren Schneidzähne durch Reihen von quer laufenden parallelen Einschnitten — Hiebe —

Fig. 517, 518.

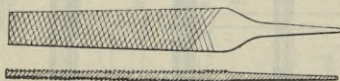


Fig. 519. *a.* Flachmeissel. — *b.* Kreuzmeissel. — *c.* Ringbohrer. — *d.* Gewöhnlicher einschneidiger Lochbohrer. — *e.* Durchschlag- oder Locheisen.

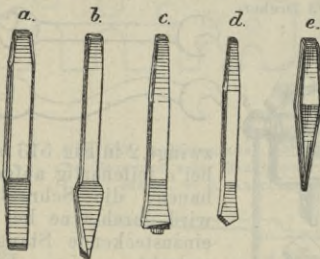
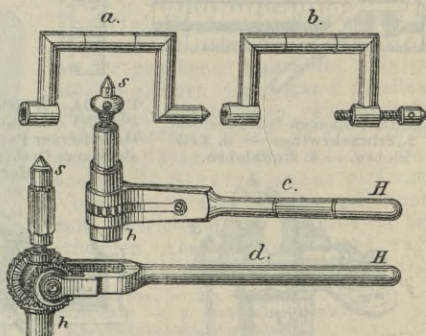


Fig. 520. *a.* Einfache Bohrkurbel. — *b.* Bohrkurbel mit Schraubkörner. — *c.* Einfache Bohrknarre mit Sperrrad und Feder. — *d.* Bohrknarre mit Doppelkegel-Rädern, nach beiden Richtungen arbeitend¹⁾.



gebildet werden; diese Hiebe werden durch das „Hauen“ dargestellt. Eine einhiebige Feile — nur für sehr weiches Metall ver-

wendbar — besitzt nur eine Reihe von Hieben, welche etwa einen Winkel von 70° gegen die Feilenaxe bilden. Bei 2hiebigen Feilen, Fig. 517, 518 sind 2 Reihen von sich kreuzenden Hieben vorhanden. Je nach der Grösse der Zähne und ihrem Abstände von einander unterscheidet man: groben Hieb, Mittelhieb und feinen Hieb, bezw. grobe Feilen (Armfeilen oder Strohfleilen), Vorfeilen und Schlichtfeilen. Hinsichtlich der äusseren Form unterscheidet man: 4kantige, flache, runde, halbrunde Feilen usw. Beim Gebrauch der Feile wird das Arbeitsstück in den an der Feilbank befestigten Schraubstock gespannt.

Meissel, Bohrer und Locheisen, Fig. 519. Zur Aufnahme des Bohrers dient die Bohrkurbel, Fig. 520 *a* u. *b*, während deren Drehung auch der zum Vorrücken des Bohrers erforderliche Druck in der Richtung der Bohreraxe gegeben werden muss. Bei Benutzung der Bohrknarre oder Bohrrätsche, Fig. 520 *c* u. *d*, wird die Handbewegung des Arbeiters zum Drehen des Bohrers in eine hin- und hergehende verwandelt. Der Bohrer steckt in der Hülse *h*, und der Axendruck wird durch Drehung einer Schraube, deren Körnerspitze *s* in einem unverrückbaren Widerlager-Punkte ruht, ausgeübt. Bei der Bohrknarre *c* wird bei 1 Hin- und Hergange nur 1 Drehung des Bohrers vollführt; bei der Bohrknarre *d* dagegen arbeitet der Bohrer sowohl beim Hin-

¹⁾ Bohrknarre mit selbstthätigem Vorschub. D. R.-P. Nr. 17 477.

gange als auch beim Rückgange. Im erstern Falle wird die Drehung des Bohrers durch eine Feder, welche in ein Sperrrad eingreift, bewirkt; in letzterm Falle durch Sperr- und Kegelräder, wobei der Hebel *H* in einer durch die Bohrxaxe gehenden Ebene bewegt wird. Bohrer der kleinsten Art, deren Schneiden von beiden Seiten her gleichmässig zugeschärft sind, nennt man 2schneidig, im Gegensatz zu den grössern 1schneidigen Bohrern, Fig. 519 d. Noch grössern Ring- oder Zentrum-Bohrern, Fig. 519 c, giebt man behufs Führung in einem vorgebohrten kleinern Loche einen zylindrischen Zapfen.

Zum Auftreiben von Löchern benutzt man den Dorn, einen kegelförmig zugespitzten Stahlstab. Zum Aufräumen, Erweitern oder Ausreiben von gebohrten, gestossenen oder roh geformten Löchern bedient man sich der Reibahlen oder Ausreiber, Fig. 521, welche durch ein auf das obere Vierkant zu setzendes Windeisen, Fig. 525, im Loche, unter Druck von oben her, gedreht werden. Das Windeisen wird ferner in der nämlichen Weise gebraucht, um Gewindebohrer, Fig. 526, in ein Loch einzudrehen, das mit Gewinde versehen werden soll.

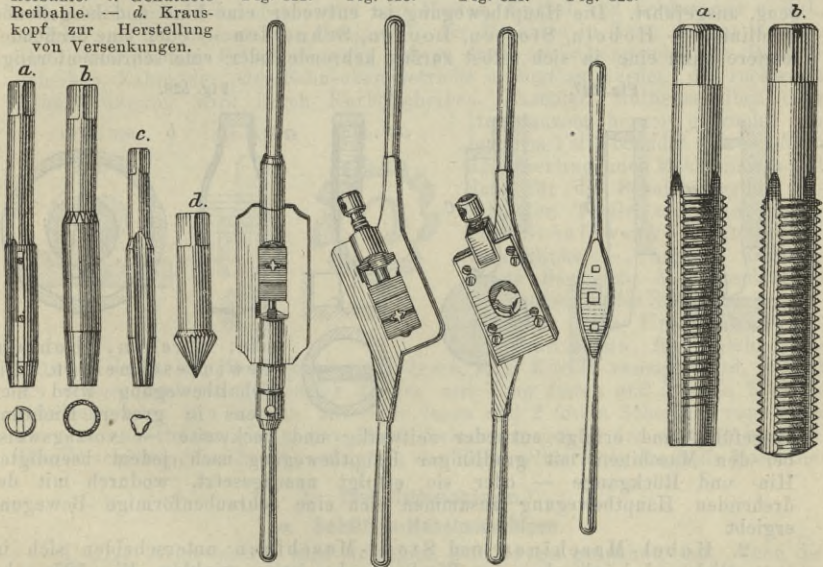
Fig. 521. *a.* Messer-Reibahle. — *b.* Geriffelte Reibahle. *c.* Genuthete Reibahle. — *d.* Krauskopf zur Herstellung von Versenkungen.

Fig. 522. Gerade Kluppe. — Fig. 523. Schräge Kluppe. — Fig. 524. Schräge Deckelkluppe.

Fig. 526. *a.* Vorbohrer. — *b.* Nachbohrer.

Fig. 525. Windeisen. — Fig. 524. Schräge Deckelkluppe. — Fig. 525. Windeisen.

Fig. 522. Fig. 523. Fig. 524. Fig. 525.



Zum Anschneiden von Bolzen-Gewinden dienen die Schrauben-Kluppen oder Schneid-Kluppen, auch kurzweg Kluppen genannt, Fig. 522—524. Sie sind mit Schneidbacken versehen, welche den zu schneidenden Bolzen umfassen und mit Hilfe einer Schraube (in der Regel in Prismen-Führungen) verstellbar sind. Zu jeder Kluppe gehört ein „Satz“ solcher Schneidbacken.

II. Werkzeug-Maschinen.

a. Art und Bewegung des Werkzeugs. Benennung und allgemeine Anordnung der Maschinen.

Litteratur.

Ueber Werkzeug-Maschinen im allgem. vergl. Zeitschr. d. Ver deutsch. Ingen. 1885, S. 112, wo Richard's Arbeit aus Engin. 1883: *Modern machine tools* im Auszuge mit vielen Abbildungen wiedergegeben ist.

1. Die Werkzeug-Maschinen dienen zur sogen. blanken Bearbeitung und zur Trennung von Flächen. Zu diesem Zwecke besitzen sie ein Schneid-

Werkzeug, welches in zwangläufiger Bahn nach und nach die ganze zu bearbeitende Fläche bestreicht und dabei die zu beseitigenden Theile abscherend, schneidend, schleifend oder schabend in Form von Spähnen oder dergl. fortnimmt. Nur selten lässt sich die Breite und Dicke des Spahns so beträchtlich nehmen, dass mit einem einzigen Schnitte die ganze Fläche fertig bearbeitet wird. Dazu ist vielmehr eine Anzahl auf einander folgender Parallel-Schnitte erforderlich, und wenn die Dicke der abzuarbeitenden Schicht ein gewisses Mass übersteigt, so muss sie nach einander in mehreren Parallelschichten beseitigt werden. Bei der Bearbeitung grösserer Flächen ist es üblich, zunächst mit breiten Schnitten vorzuarbeiten und dann durch nahe bei einander liegende Schnitte mit passend geformter schmaler Schneide die stehen gebliebenen Ränder der ersten Parallel-Schnitte fort zu nehmen. Die erste Arbeit aus dem Groben heisst Schropfen, die Vollendung der Fläche Schlichten.

Damit das Werkzeug die ganze Arbeitsfläche bestreichen kann, findet zwischen ihm und dem Arbeitsstück eine doppelte Bewegung statt: die Hauptbewegung in der Längenrichtung und die Vorschub-, Fortrückungs- oder Schaltbewegung in der Breitenrichtung des Schnitts. Diese Bewegungen werden in verschiedener Weise, entweder durch das Arbeitsstück oder das Werkzeug, angeführt. Die Hauptbewegung ist entweder eine hin- und hergehende gradlinige — Hobeln, Stossen, Lochen, Schneiden — oder eine drehende; letztere kann eine in sich selbst zurück kehrende oder eine schraubenförmige

Fig. 527.

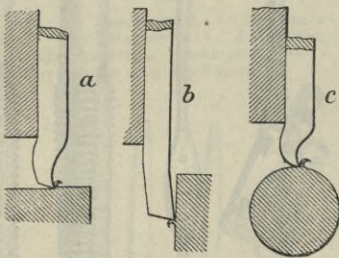
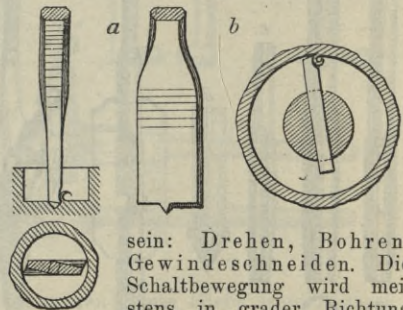


Fig. 528.



sein: Drehen, Bohren, Gewindeschneiden. Die Schaltbewegung wird meistens in grader Richtung ausgeführt und erfolgt entweder zeitweilig und ruckweise — vorzugsweise bei den Maschinen mit gradliniger Hauptbewegung nach jedem beendigten Hin- und Rückgange — oder sie erfolgt unausgesetzt, wodurch mit der drehenden Hauptbewegung zusammen sich eine schraubenförmige Bewegung ergibt

2. Hobel-Maschinen und Stoss-Maschinen unterscheiden sich im wesentlichen dadurch, dass das Werkzeug bei jenen winklig, Fig. 527 a, bei diesen parallel zu seiner Bewegungsrichtung, Fig. 527 b, geführt wird. Zum Drehen, d. h. zum Bearbeiten zylindrischer Aussenflächen, Fig. 527 c, dienen ausschliesslich die Drehbänke.

Das Werkzeug der Hobel- und Stoss-Maschinen und der Drehbänke nennt man gewöhnlich Stahl. Unter Bohren versteht man, im Gegensatz zum Drehen, die Herstellung zylindrischer Löcher oder die Bearbeitung zylindrischer Innenflächen oder Höhlungen. Die Bohrmaschinen arbeiten entweder mit dem Bohrer, Fig. 528 a, Löcher aus dem Vollen, oder sie besorgen das Ausbohren oder Ausdrehen von inneren Wandungen mit Hilfe des Bohrmessers, Fig. 528 b. Letztere Arbeit wird auch auf Drehbänken ausgeführt. Das Gewindeschneiden erfolgt mittels Schneidbacken, Fig. 522—524, und des Gewindebohrers, Fig. 526; erstere umschliessen den zu schneidenden Bolzen, letztere arbeiten sich in die zu schneidende Mutter ein. Flach- oder spitzkantige Gewinde von grosser Ganghöhe — für Schrauben-Spindeln — werden indess auf Drehbänken mit dem Drehstahl geschnitten.

Fraiser, Fig. 529—531, sind sich drehende, mit einer grössern Zahl gleich gestalteter Schneidflächen versehene Werkzeuge. Fig. 530 ist ein Fraiser zur Herstellung ebener Flächen und rechtwinkliger Ansätze. Für letztern Zweck werden 2 rechtwinklig gegen einander gerichtete Flächen gleichzeitig bearbeitet, die eine durch die Stirn-, die andere durch die Mantel-Schneiden. Fig. 531 ist ein Scheiben-Fraiser zur Bearbeitung von Zahnücken. Wird der Fraiser-Durchmesser zu gross — etwa über 250 mm —; so fertigt man eine Anzahl gleichgestalteter Messer und befestigt sie an einem besondern Futter, dem sog. Fraiskopf. Die mit solchen Werkzeugen arbeitenden Maschinen nennt man Frais-Maschinen, obwohl sonst ihre Arbeitsweise in der Regel derjenigen von Drehbänken oder Bohrmaschinen gleicht.

Schliesslich sind noch diejenigen Werkzeug-Maschinen zu erwähnen, bei denen die Schaltbewegung des Werkzeugs ganz in Fortfall kommt und nur eine Hauptbewegung ausgeführt wird. Das sind die Loch- oder Durchstoss-Maschinen und die Scheren (vergl. S. 159 u. ff.).

3. Der Antrieb der Werkzeug-Maschinen erfolgt in der Regel von einem Decken-Vorgelege aus durch Riemen-Uebertragung, Schnurläufe, Zahnräder oder Schnecken-Getriebe. Zur Hervorbringung der Hauptbewegung dienen Getriebe mit Zahnstange, Schraubenspindel und Mutter, Kurbel und Lenkstange u. dgl., welche von der umlaufenden Hauptwelle der Maschine in Gang gesetzt werden. Die unausgesetzte Schaltbewegung pflegt durch zwischengeschaltete Riemenscheiben, Zahnräder oder Schnecken-Getriebe erzeugt zu werden; die ruckweise Schaltbewegung wird durch Kurbelscheiben, Exzenter, Nuthenscheiben oder Hebedäumen hervor gebracht.

In letztem Falle befindet sich zwischen dem übertragenden Mechanismus und dem für die Schaltbewegung bestimmten Theile ein Sperrzeug oder Schaltwerk — Zahnrad mit Sperrklinke —, um die unausgesetzte Bewegung der Maschine in die ruckweise der Schaltung zu verwandeln. Als Umsteuerungs-Mechanismus für solche Maschinen,

deren Hauptbewegung nicht durch eine Kurbel erzeugt wird, dienen ein offener und ein gekreuzter Riemen mit einer festen und 2 losen Riemenscheiben; oder ein Riemen mit einer losen und 2 festen Scheiben, von denen die eine unmittelbar, die andere durch Zwischenvorgelege den Antrieb bewirkt. Die Verschiebung der Riemen erfolgt in der Regel selbstthätig durch die Maschine.

Fig. 529.

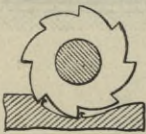


Fig. 530.



Fig. 531.



b. Hobelmaschinen.¹⁾

a. Schlitten-Hobelmaschinen.

1. Das Arbeitsstück wird auf einen Schlitten gespannt, der, wenn die Maschine in Thätigkeit ist, auf dem sog. Bett in Führungen wagrecht hin- und hergeht, während der Stahl im Support oder Werkzeug-Träger fest gehalten wird und behufs Entnahme des Spahns in wagrechter und senkrechter Richtung verschoben werden kann. Die Prismen-Führungen für die Verschiebung des Supports werden von einem sog. Galgen getragen, der aus 2 senkrechten Ständern und einem obern Querstück besteht. Der für die Grösse des Arbeitsstückes massgebende freie Raum zwischen dem Schlitten und Galgen, das Arbeitsfeld, misst etwa 0,5 bis 2,5 m im Geviert, während die Länge des Schlittens gewöhnlich das 2- bis 4fache seiner Breite und etwa $\frac{2}{3}$ der Bettlänge genommen wird. Die Bettlänge wechselt etwa von 0,75 bis 1,8 m.

2. Fig. 532, 533 zeigen eine Schlitten-Hobelmaschine mit einem Arbeitsfelde von 0,6 m Weite und Höhe und 1,5 m langer Schlitten-Bewegung. Der

¹⁾ Neuere Hobelmaschinen sind von Fischer beschrieben und abgebildet i. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 557. Ferner: *Planing Machine*. Engineering I, 1886, S. 347 u. 1887, I, S. 101.

Support-Schlitten *s* ist auf dem Support-Träger *T* wagrecht verschiebbar und letzterer kann mit Hilfe der Kurbelwelle *k* durch Kegelrad-Uebersetzung usw. in den Ständerführungen des Galgens *G* gehoben und gesenkt werden. Auf dem Support-Schlitten *s* ist ferner eine drehbare Platte *p* angebracht und auf dieser ein kleiner Schlitten *σ*, in welchem der Stahl *w* befestigt ist. Letzterer kann also, wenn der Support-Schlitten *s* fest liegt: 1. durch Drehung der Platte *e* um 30° nach links oder rechts schräg gestellt und: 2. mit Hilfe des

Fig. 532.

Fig. 533.

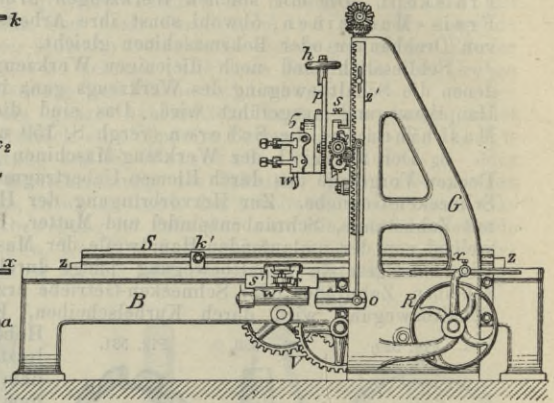
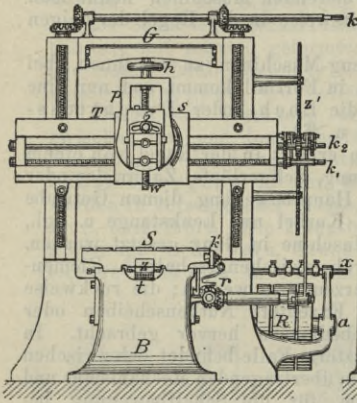
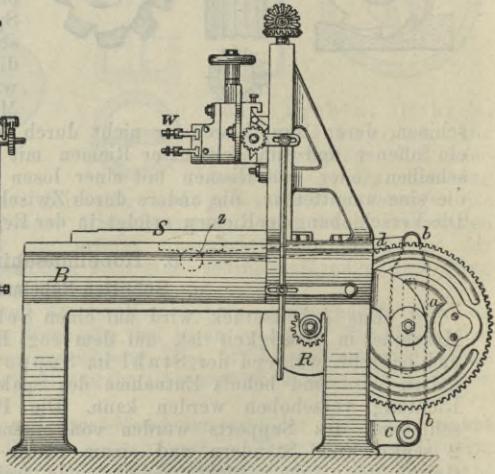
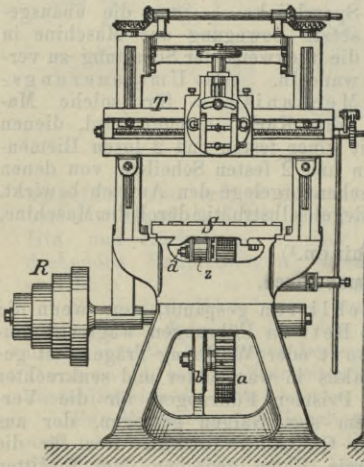


Fig. 534.

Fig. 535.



Handrades *h* in jeder dieser Schrägstellungen auf und ab bewegt werden. Die während der Arbeit nothwendig werdenden Verschiebungen des Stahls werden entweder durch den Arbeiter mit Handrädern oder Kurbeln oder selbstthätig durch die Maschine bewirkt. In letzterem Falle stossen die Knaggen *k'* des Schlittens, welche dessen Bewegung begrenzen, an den Schlitten *s'*, welcher bei *r* eine Rolle mit senkrechter Achse trägt; die Rolle wird hierdurch gezwungen, auf der Welle *w'* einen Kurvenweg zu machen. Die Welle dreht sich und bewirkt dadurch die Umsteuerung des Riemens bei *R*, gleichzeitig auf

den Vorschub des Supports mit Hilfe von Hebel und Triebwerk. Die Spindel k_1 bewirkt die wagrechte Verschiebung des Supports, während die Welle k_2 den Support-Schlitten σ mit dem Stahl bewegt. Diese mechanische Verschiebung des Supports kann ihrer Grösse nach bei σ beliebig verstellt und erforderlichen Falls auch abgestellt werden; sie wechselt von etwa 0,3 bis 1 mm. Durch Drehung von w in die Mittelstellung gelangt der Riemen auf die Losscheibe und die Maschine zum Stillstand. Die Riemenscheiben — von denen aus der Schlitten S mittels Räder-Uebersetzung und mit Hilfe der Zahnstange z in Gang gesetzt wird — machen etwa 45 Umdreh./1 M.; die entsprechende Schlittenbewegung beträgt beim Vorwärtsgang etwa 65 mm, beim Rückgang 130 mm/1 Sek.

3. Alle grössern Schlitten-Hobelmaschinen gleichen im wesentlichen der eben beschriebenen. Bei Maschinen von mehr als 1,5 m breitem lichten Arbeitsfeld sind gewöhnlich 2 Supports neben einander in unabhängiger Bewegung angeordnet.

Kleine Maschinen zeigen mehrfach verschiedene Anordnungen. Fig. 534, 535 bieten ein Beispiel einer kleinen Hobelmaschine, welche durch Kurbel und Lenkstange getrieben wird. a ist die Kurbelscheibe mit verstellbarem Kurbelzapfen, welcher in einem Schlitz des Hebels b schleift. Letzterer schwingt um den Zapfen c und bewegt mittels der Lenkstange d den Schlitten S , welcher, behufs Angriff von d , mit einem verstellbaren Zapfen z versehen ist. Dadurch und in Folge der Stellbarkeit des Kurbelzapfens kann die Schlitten-Bewegung beliebig begrenzt werden. Zur Regelung der Schlitten-Geschwindigkeit ist die Antriebswelle mit einer Stufen-Riemenscheibe R versehen. Der mechanische Vorschub des Supports erfolgt am Ende des Rücklaufs durch eine exzentrische Scheibe, die an der Kurbelscheibe sitzt.

β. Hobelmaschinen mit ruhendem Arbeitsstück.

Fig. 536.

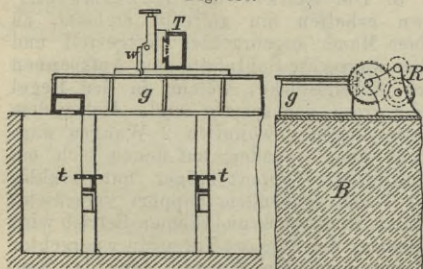
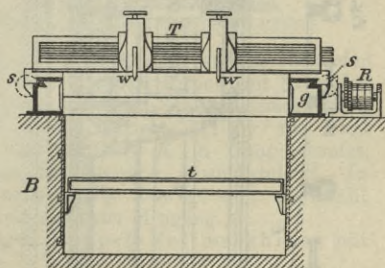


Fig. 537.



Dieselben kommen gewöhnlich für besonders grosse oder sperrige Arbeitsstücke, deren Ausdehnung eine Bearbeitung auf Schlitten-Hobelmaschinen nicht vorteilhaft erscheinen lässt, zur Anwendung und arbeiten mit Schrauben-Betrieb und grossem Hube. Man unterscheidet: Gruben-, Blechkanten- und Senkrecht-Hobelmaschinen.

1. Die in Fig. 536, 537 skizzierte Gruben-Hobelmaschine enthält ein gemauertes Bett B in Form einer Grube. In derselben sind Träger t zum Aufspannen des Arbeitsstückes angebracht und beide Langseiten der Grube sind mit eisernen Gleitbahnen g eingefasst, auf welchen der quer über die Grube gelegte Support-Träger T mit dem Support und Werkzeug-Träger w bewegt wird. Längs jeder Gleitbahn liegt eine lange Schrauben-Spindel s , deren Mutter am Support-Träger befestigt ist; beide Spindeln sind durch Räderwerk, das durch Riemenbetrieb in Gang gesetzt wird, so mit einander gekuppelt, dass sie sich gleichmässig drehen müssen. Umsteuerung und mechanischer Vorschub erfolgen in ähnlicher Weise, wie bei den Schlitten-Hobelmaschinen. — Gewöhnlich sind mehrere Supporte vorhanden, zuweilen auf verschiedenen

Fig. 539.

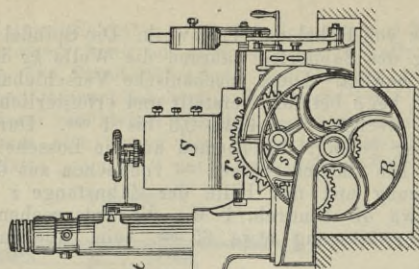
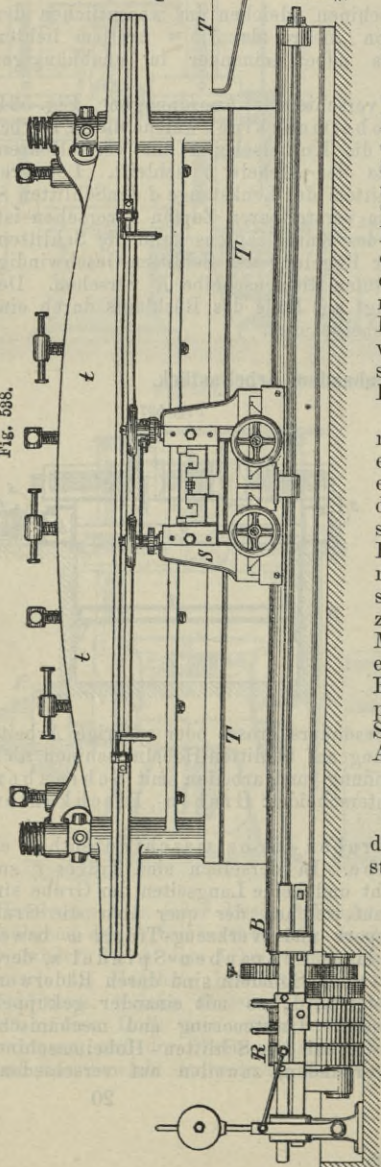


Fig. 538.



Seiten des Support-Trägers, so dass ein Stahl beim Hingange, ein anderer beim Rückgange schneidet.

Eine solche Maschine mit zwei Supports an derselben Trägerseite, welche 14 m lang hobelt, bei 4,2 m lichter Arbeitsweite, 50 mm/1 Sek. Stahl-Geschwindigkeit beim Hingange und 100 mm beim Rückgange, erfordert beim Leergang 1 Pfdkr. Beim Arbeitsgang mit einem Stahl gebraucht sie etwa 2 Pfdkr.,

wobei sie in 1. Stunde 8 kg Spahn liefert. Ihr Gewicht beträgt etwa 58,5 t.

2. Blechkanten-Hobelmaschinen werden in der Regel zum Abhobeln der Kanten von Blechplatten, Formeisen und dergl. benutzt. Das lange Bett *B*, Fig. 538, 539, auf welchem der Support *S* läuft, trägt seitlich den wagrechten Aufspanntisch *T*, über welchem ein mit zahlreichen Druckschrauben versehener Träger *t* liegt, der an seinen beiden Enden mit dem Tisch durch kräftige Anker verschraubt ist. Der mit 2 — abwechselnd beim Vor- und Rückwärtsgange arbeitenden — Stählen versehene Support ist durch eine Schraubenspindel *s* mittels Räder-Uebersetzung und Riemenbetrieb selbstthätig bewegbar.

3. Die Senkrecht-Hobelmaschinen erhalten ein aufrecht stehend, an einer Mauer angebrachtes Bettgestell und eine wagrechte Sohlplatte zum Aufspannen der Arbeitsstücke, welche in der Regel sehr gross und sperrig sind. Ueber dem Bette liegen gewöhnlich 2 Wangen wagrecht über einander, auf denen sich ein senkrechter Support-Träger mit winklig zur Wand stehendem Support verschiebt. Mittels Räderwerk und Riemen-Betrieb wird entweder der Support-Träger in wagrechter Richtung auf den Wangen oder der Support in senkrechter Richtung auf dem Support-Träger verschoben, während das Arbeitsstück fest liegt.

γ. Feil- oder Shaping-Maschinen.

1. Diese Maschinen eignen sich für die Bearbeitung kleiner leichter Arbeitsstücke, besonders auch für solche, die bei grösserer Länge geringe Breite besitzen und der Quere nach gehobelt werden können. Die Hobelschnitte gleichen im letztern Falle den Feilstrichen, und diesem Umstande und ausserdem auch, weil die Maschinen thatsächlich bei vielen Gegenständen die Anwendung der Feile entbehrlich machen, verdanken sie ihren Namen

als Feilmaschinen. Man baut sie in den kleinsten Abmessungen, gewöhnlich mit etwa 100—900 mm Hub. Das Werkzeug macht die Hauptbewegung wagrecht und gradlinig hin und hergehend, und häufig — bei fest liegendem Arbeitsstück — auch die geradlinige Schaltbewegung. Bei den kleinsten Maschinen führt aber gewöhnlich das Arbeitsstück die Schaltbewegung aus. In der Regel kann an den Maschinen ausserdem eine sogen. Rundhobel-Vorrichtung, Fig. 542, angebracht werden, welche eine ruckweise Drehung des Arbeitsstücks ermöglicht, so dass Zylinderflächen gehobelt werden können¹⁾.

2. Die Fig. 540, 541 stellen eine grössere Feil-Maschine von 0,26 m Hub dar. Das Arbeitsstück wird auf dem Tische *T*, welcher durch die Schrauben σ senkrecht und ausserdem in Führungen des Gestells *G* wagrecht verschiebbar ist, fest gespannt. Auf der oberen Prismen-Führung des mit dem

Fig. 540.

Fig. 541.

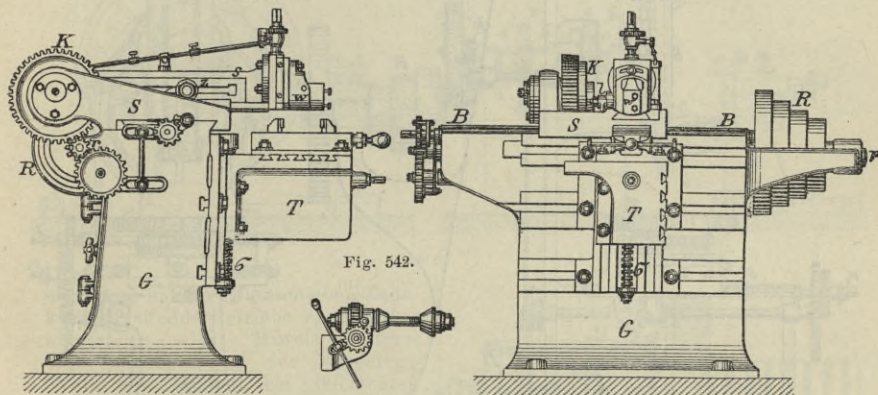


Fig. 542.

Gestell zusammen gegossenen Bettes gleitet der Schlitten *S*, auf welchem der Schieber *s* mit dem Werkzeughalter *w* senkrecht zur Bettrichtung mit Hilfe der Kurbelscheibe *K*, der Lenkstange *l* und des im Schieber-Schlitz verstellbaren Schieberzapfens *z* bewegt werden kann. Von der Antriebs-Welle *r* aus wird durch Räder-Uebersetzung einerseits die Kurbelscheibe *K* in Gang gesetzt, andererseits die mechanische Verrückung des Schlittens *a* bewerkstelligt. In Folge einer exzentrischen Lagerung der Kurbelscheibe bewegt sich der Stahl beim Rückgang mit grösserer Geschwindigkeit als beim Hingang.

In ähnlicher Anordnung werden auch sogen. Doppel-Feilmaschinen mit zwei Arbeitstischen gebaut.

8. Stoss-Maschinen.

Bei diesen Maschinen macht das Werkzeug die Hauptbewegung in senkrechter Richtung, das Arbeitsstück gewöhnlich die Schaltbewegung durch gradliniges Fortschreiten oder durch Drehung, die Arbeitsweise der Stoss-Maschinen ähnelt daher derjenigen der Feil-Maschinen; der Unterschied beider liegt wesentlich in der Richtung der Hauptbewegung und der dadurch bedingten veränderten Bauart.

Das Gestell der Stoss-Maschine mit 130 mm Hub, Fig. 543, 544, besteht aus einem Bocke *B* mit vorgezogenem Fuss *F*, und auf letzterm ruht ein verstellbarer kreisförmiger Aufspann-Tisch *T*, während der Bock eine Führung für den senkrecht auf und ab gehenden — durch Gegengewicht *g* ausgeglichenen — Schieber oder Stössel *S* enthält, dessen unteres Ende den Stahl *w* trägt.

Der Schieber wird von der Kurbelscheibe *k* aus durch die Lenkstange *l* bewegt; nur bei ungewöhnlich grossem Hube empfängt er seine Bewegung

¹⁾ Greenwood's Hobelmaschine für kreisförmige, auf der Drehbank nicht herstellbare Flächen, als Erzeugungs-Vorrichtung für gewöhnliche Hobelmaschinen. *Portfeuille econom. des machin.* 1882, S. 86.

durch eine Schraube. Gewöhnlich hält sich die Hubhöhe innerhalb der Grenzen von etwa 70 mm bis zu 1 m. Die Höhe des Schiebers über dem Tische T und die Grösse seines Hubes kann durch Verschiebung der Zapfen z^1 und z in der Kurbelscheibe und im Schieber für jeden Fall eingestellt werden. Der selbstthätig drehbare Aufspann-Tisch ist ein Kreuz-Support mit 2 Schlitten s und s^1 ,

Fig. 543.

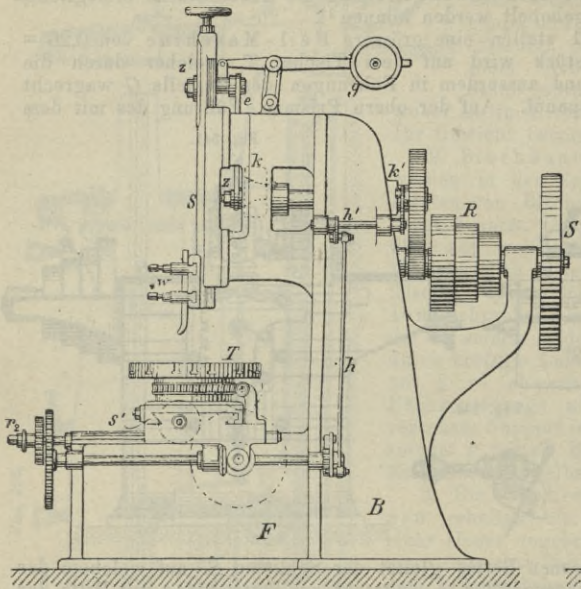
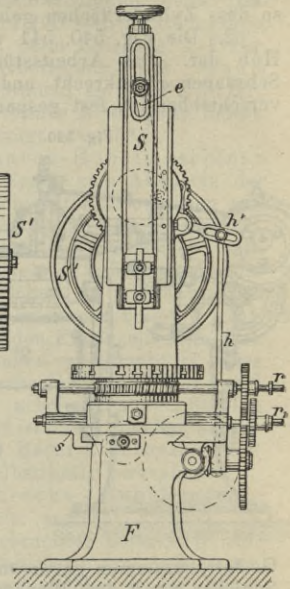


Fig. 544.



deren Bewegung senkrecht zu einander, selbstthätig oder von Hand erfolgen kann. Zur selbstthätigen Bewegung des aufgespannten Arbeitsstücks dient eine in der Kurbelwelle bei k' befindliche Rille, in welche der Zapfen eines Winkelhebels h, h' eingreift. Die Bewegung von Hand erfolgt durch die Wellen r , bezw. r_1 und r_2 .

c. Drehbänke.¹⁾

a. Plan - Drehbänke.

Die Plan-Drehbank ist die einfachste Form einer Drehbank; sie enthält folgende, allen Drehbanken gemeinsame Haupttheile: den Spindelstock oder Spindelkasten mit sich drehender wagrechter Spindel zur Aufnahme des Arbeitsstücks und den Support zur Befestigung und Führung des Stahls. Das vordere Spindelende trägt die Planscheibe, welche zum Aufspannen des Arbeitsstücks dient und je nach der Grösse desselben 0,8 m bis etwa 5,0 m Durchmesser hat. Das Arbeitsstück macht die Hauptbewegung, während die erforderlichen Seitenbewegungen vom Stahl auszuführen sind. Um möglichst verschiedene Umdrehungs-Zahlen der Planscheibe erreichen zu können — was nothwendig ist, um die Stahl-Geschwindigkeit für grössere Drehkreise nicht zu gross zu erhalten — sind Uebersetzungen der Riemen-Geschwindigkeit durch Vorgelege erforderlich. Kleinere Plan-Drehbänke erhalten eine für Spindelkasten und Support gemeinschaftliche Grundplatte; bei stärkern Maschinen bringt man zwischen beiden eine Grube an, um möglichst grosse Stücke, z. B.

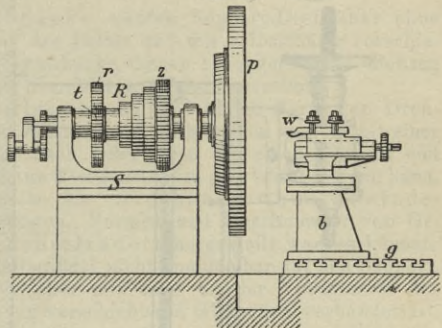
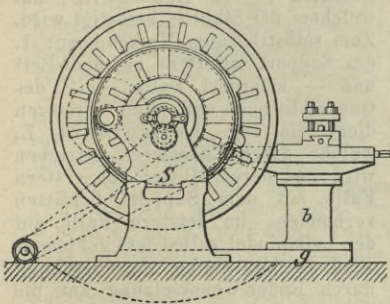
¹⁾ Ueber amerikanische Drehbänke vgl. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886. S. 558, sowie Ann. f. Gew. u. Bauw. 1885. S. 61. Ferner: *Tour vertical. Revue industr.* 1885, II. S. 453. *Tour à pointes fixes.* Das. S. 423.

Schwungräder, aufspannen zu können. Die Haupttheile der in Fig. 545—547 dargestellten Plan-Drehbank sind ohne weiteres erkennbar.

Im Spindelkasten S ruht die Spindel mit der Riemen-Stufenscheibe R_1 , dem Zahnrad z und der mit einem Zahnkranz versehenen Planscheibe p , ausserdem eine Vorgelege-Welle mit den Rädern r , r_1 und r_2 ; die Riemenscheibe mit dem an ihr befestigten Trieb t läuft lose auf der Spindel. Durch Verschiebung der Vorgelege-Welle, sowie durch Kuppelung des Rades z mit der Riemenscheibe sind 3 verschiedene Umdrehungs-Verhältnisse der Spindel zu erreichen, indem die Drehung der Spindel auf die Planscheibe entweder unmittelbar oder durch die Räder t , r , r_1 , r_2 , oder durch die Räder t , r

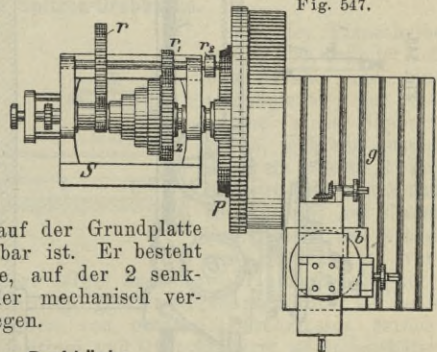
Fig. 545,

Fig. 546.



und das in den Planscheiben-Zahnkranz greifende Getriebe r_2 mittelbar übertragen wird. Mittels weiterer Uebersetzungen an der Vorgelegewelle usw. können, bei gleichmässigem Gange des Decken-Vorgeleges, bezw. der Betriebs-Welle, 12 verschiedene Umfangs-Geschwindigkeiten der Planscheibe erzielt werden. Der Support ist ein sog. Kreuz-Support, der auf dem Bock b ruht, welcher auf der Grundplatte g parallel zur Planscheibe verschiebbar ist. Er besteht aus einer wagrecht drehbaren Platte, auf der 2 senkrecht gegen einander, von Hand oder mechanisch verschiebbare Schlitten über einander liegen.

Fig. 547.



β. Spitzen-Drehbänke.

1. Um Arbeitsstücke von gestreckter Form, z. B. Wellen, zu drehen, spannt man dieselben — nachdem man sie zentriert¹⁾ und an beiden Enden gekörnt hat (S. 298) — wagrecht zwischen 2 Spitzen, von denen die eine am Ende der Drehbank-Spindel, die andere gegenüber dem Spindelkasten in dem auf einem festen Bett verschiebbaren Reitstock befestigt ist. Die Reitstock-Spitze bleibt bei einer Verschiebung stets in der verlängerten Spindel-Axe. Ist das Bett durchgehend, so nennt man die Maschine „Support-Drehbank“; ist das Bett durch einen Ausschnitt oder eine Grube vom Spindelkasten getrennt, so nennt man sie Plan- und Spitzen-Drehbank. Erstere fertigt man in den kleinsten Abmessungen, d. h. von etwa 100 mm Spitzenhöhe über Oberkante Bett, bis zu etwa 1 m Spitzenhöhe und 10 m Spitzenweite, letztere von etwa 0,3 m Spitzenhöhe an aufwärts bis zu bedeutender Grösse an.

2. Das Bett der Support-Drehbank, Fig. 548, 549, erhält in der Nähe der Planscheibe p eine Kröpfung, um Gegenstände von grösserem Durchmesser

¹⁾ A new lathe centre. *The American Engin.* II., 1886, S. 43.

Fig. 549.

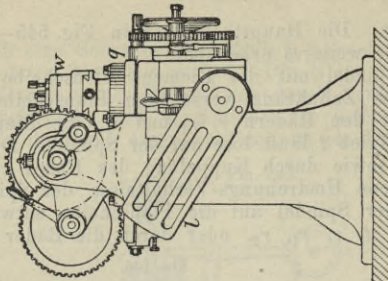
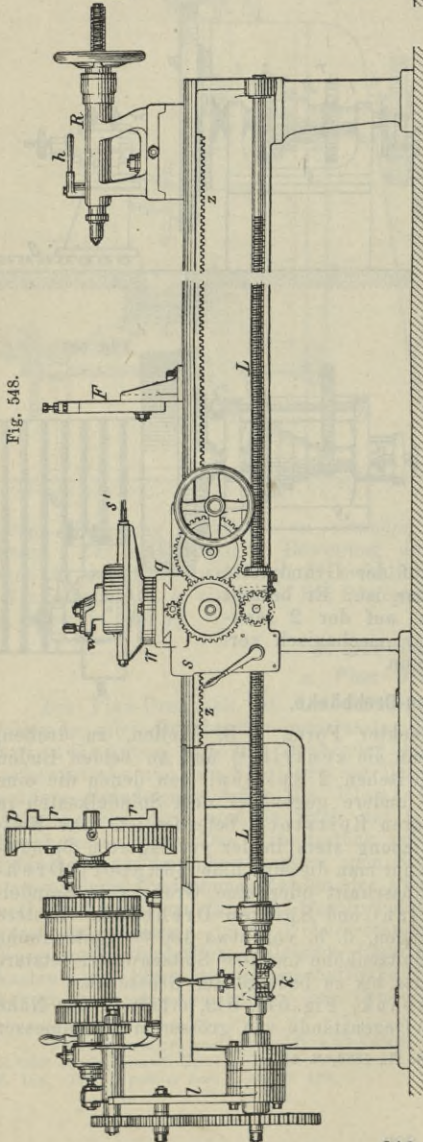


Fig. 548.



drehen zu können. Der verschiebbare Reitstock R enthält eine Schraubenspindel, den Reitnagel, mit dessen Hilfe die Spitze in wagrechter Richtung vor- und zurückstellbar ist. Der Support besteht aus dem Support-Schlitten s und dem Querschlitzen q , beide sowohl selbstthätig als auch von Hand zu bewegen; ferner aus der darüber befindlichen drehbaren Support-Platte π mit dem Schlitten s^1 für Handbetrieb, auf welchem der Stahl w befestigt wird. Zum selbstthätigen Vorschieben: 1. des Support-Schlittens auf dem Bett und — erforderl. Falls — 2. des Querschlittens auf dem ersteren dient die sog. Leitspindel L , welche durch Räderwerk getrieben wird und deren Mutter im erstern Falle mit dem Support-Schlitten verbunden, im letztern Falle auf der Leitspindel selbst fest geklemmt wird, so dass sie bei ihrer Drehung durch Räder-Uebersetzung auf die Schrauben des Querschlittens wirkt. Die Leitspindel dient ausserdem zum Schneiden von Gewinden. Zur Erzielung verschiedener Gewindesteigungen, bezw. um die Leitspindel-Mutter mit verschiedener Geschwindigkeit fortschreiten zu machen, schaltet man Wechselräder ein, welche an der drehbaren Leier l befestigt werden. Um den Stahl beim Lang- und Plandreihen nach beiden Richtungen hin laufen lassen zu können, sind in der Leitspindel bei k 3 Kegelräder mit einer Klauen-Kuppelung eingeschaltet, dergestalt, dass man die Leitspindel entweder unmittelbar oder durch die Kuglräder treiben lassen kann. Zum raschen Hin- und Herbewegen des Supports dient die Zahnstange z und ein Trieb, welches durch das Handrad h gedreht wird. Zur Unterstützung langer Wellen, besonders um das Federn derselben zu verhüten, fügt man Führungen F ein, r_1 , r sind radial verschiebbare Knaggen der Planscheibe; h ist ein Klemm-Hebel zum Feststellen des Reitnagels. Letzterer kann quer zur Bettrichtung verschoben werden, wenn kegelförmige Stücke lang gedreht werden sollen.

3. Die Support-Drehbänke werden auch zum Ausbohren mittels

einer zwischen den Spitzen sich drehenden Bohrstange benutzt. Auch wird zuweilen ein Gegenstand auf dem Support befestigt und durch eine zwischen den Spitzen sich drehende, mit Fräsern besetzte Welle oder durch am Spindelrade befestigte Fraiser bearbeitet.

Grössere zum Schraubenschneiden eingerichtete Support-Drehbänke, von etwa 0,3 m Spitzenhöhe aufwärts, erhalten gewöhnlich ausser der Leitspindel noch eine besondere Welle längs des Bettes zum Bewegen des untern Support-Schlittens und des Querschlittens, während die Leitspindel ausschliesslich beim Schraubenschneiden benutzt wird. Es liegt alsdann auf dem Bett der ganzen Länge nach wie in Fig. 548, eine Zahnstange, in welche ein im Support gelegertes Getriebe eingreift.

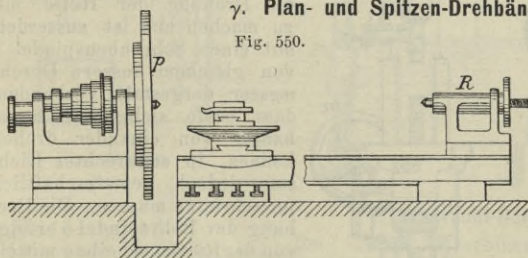
Unter dem Namen Bohr-Drehbänke werden Support-Drehbänke ohne Leitspindel, mit bedeutender Krüpfung des Bettes und mit selbstthätig vorschiebendem Reitnagel, ausgeführt. Diese Drehbänke dienen besonders zum Bohren von Löchern und sind gewöhnlich mit Hand-Kreuzsupport versehen.

Doppel-Support-Drehbänke nennt man eine kleine Sorte von Drehbänken, welche auf einem Bett in der Mitte einen nach beiden Seiten mit einer Spitze versehenen Spindelkasten und nach jeder Seite hin einen Support und Reitstock enthalten, so dass gleichzeitig an 2 Gegenständen gearbeitet werden kann.

Erwähnenswerth sind schliesslich die Drehbänke zum Gewindecschneiden¹⁾, auf denen alle Steigungen, Formen und Durchmesser von Gewinden ohne Anwendung von Wechselrädern hergestellt werden können. Dies wird dadurch erreicht, dass die Leitspindel nicht unmittelbar auf den Support, sondern auf einen Leithebel wirkt, welcher mit einer an der Vorderseite des Supports befindlichen Gleitbahn durch ein verschiebbares Gleitstück verbunden ist.

γ. Plan- und Spitzen-Drehbänke.

Fig. 550.



Vor der Planscheibe *p*, Fig. 550, befindet sich eine Grube und eine Grundplatte *g* zur Aufnahme eines Support-Bocks, während ausserdem ein Bett *B* mit Support-Schlitten *S* und Reitstock *R* auf dieser Grundplatte und mehreren Füssen in ver-

schiebbarer Weise ruht. Der Support selbst kann sowohl auf den Support-Bock, als auch auf den Support-Schlitten gesetzt werden; das Bett ist beim Drehen oder Bohren von Gegenständen von grossem Durchmesser zurückziehbar. Der Betrieb des Support-Schlittens und Quer-Supports ist selbstthätig.

δ. Räder-Drehbänke.²⁾

☒ Sie dienen zum Abdrehen der Kränze von auf ihren Achsen befestigten Wagenrädern, sowie zum Nachdrehen der Lagerzapfen dieser Räder, und bestehen gleichsam aus 2 einander gegenüber liegenden Plan-Drehbänken, deren beide Planscheiben mit gleicher Richtung und Geschwindigkeit getrieben werden. Die beiden Support-Böcke haben eine gemeinsame Grundplatte.

ε. Revolver-Drehbänke.

Diese Drehbänke eignen sich besonders zur massenweisen Bearbeitung von Schrauben und ähnlichen stangenförmigen Gegenständen. Zu diesem Zwecke ist die Spindel durchbohrt und das Arbeitsstück wird am Spindelkopfe in einem Klemmfutter gehalten. Es sind bis 8 Werkzeuge vorhanden, von denen bis 6 Stück in dem zylindrischen, drehbaren Werkzeughalter des Revolver-Supports

¹⁾ D. R. P. Nr. 33526.

²⁾ Miles' doppelte Räder-Drehbank. Railroad Gaz. 1886, S. 106.

und bis 2 Stück in einem Quer-Support eingespannt werden können. Die Werkzeuge des Revolver-Supports gelangen revolverartig, d. h. rasch nach einander zur Wirkung, wobei der Werkzeug-Halter oder Revolverkopf von der Hand oder selbstthätig entsprechend gedreht wird. Der Revolver-Support ist längs des Bettes und der Quer-Support in senkrechter Richtung zu letzterm verschiebbar.

d. Bohrmaschinen¹⁾.

a. Fest stehende Senkrecht-Bohrmaschinen.

Man gebraucht diese Maschinen gewöhnlich zum Bohren von Löchern in solchen Fällen, wo das genaue Aufspannen und Zentriren des Arbeitsstücks keine wesentlichen Schwierigkeiten macht. Das Gestell der Maschine steht frei, oder es ist an einer Wand, einem Pfeiler oder dgl. angebracht. Der Aufspann-Tisch ist zur Erleichterung des Zentrirens der Arbeitsstücke häufig mit wagrechtm Kreuz-Support versehen und ausserdem in der Regel in senkrechter Richtung verstellbar.

Fig. 551.

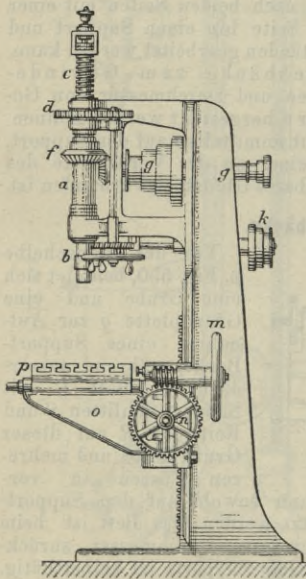
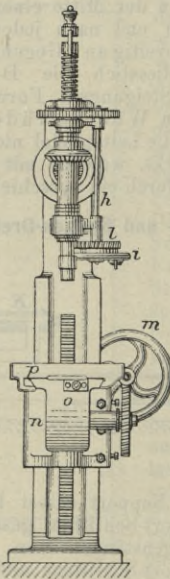


Fig. 552.



Die in Fig. 551, 552 dargestellte Bohrmaschine ist für Löcher bis 50 mm Durchmesser und 190 mm Tiefe eingerichtet. Das obere Ende des Gestells ist wie der Spindelkasten einer Drehbank geformt. Die Bohrspindel *b* ist in der drehbaren Hülse *a* verschiebbar, wird jedoch durch einen eingelegten Keil gezwungen, die Drehung der Hülse mit zu machen und ist ausserdem mit einer Schraubenspindel *c* von gleichem äussern Durchmesser dergestalt verbunden, dass beide sich zwar unabhängig von einander drehen können, in senkrechter Richtung jedoch gemeinschaftlich fortschreiten müssen. Die Drehung der Bohrspindel *b* erfolgt von der Riemenscheibe *g* mittels der Kegelräder *f*; ihr senkrechter Vorschub wird entweder durch Drehung des Handrades *i*, der Welle *h* und des Zahnrades *d* — welches die Mutter der Schraubenspindel

trägt — oder selbstthätig durch Riemen-Uebertragung von den Wellen *g* und *k* aus mittels des Schneckenrades *l* bewirkt. Der Aufspann-Tisch *o* trägt eine wagrecht verschiebbare Support-Platte *p*; er ist ferner um eine senkrechte Achse drehbar, so dass er nöthigenfalls ganz bei Seite geschoben werden kann und ausserdem an einem durch das Handrad *m* senkrecht verstellbaren Schlitten *n* befestigt. Im Tische ist gewöhnlich auch eine Büchse eingesetzt, um beim Ausbohren grösserer Löcher mit der Bohrstange und dem Bohrmesser erstere führen zu können.

β. Verstellbare Senkrecht-Bohrmaschinen; Krahn- oder Radial-Bohrmaschinen.

Bei diesen Maschinen ist die eigentliche Bohr-Vorrichtung stets an einem wagrechten, um eine senkrechte Achse schwingenden Ausleger verschiebbar angebracht, so dass man sie über dem ruhenden Arbeitsstück in wagrechter

¹⁾ Neuere Bohrmaschinen sind beschrieben und abgebildet von Fischer in: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 463 u. 1886, S. 558.

Ebene, sowohl in der Richtung des Drehkreis-Halbmessers als auch des Bogens einstellen kann. Dabei ist die Achse entweder fest als Säule aufgestellt oder an einem in senkrechter Richtung verstellbaren Schlitten befestigt. Die Verstellung des Schlittens sammt der Achse und dem Ausleger geschieht erforderlichen Falls immer vor Ausführung einer neuen Arbeit, da während der Arbeit die Maschine unverrückbar fest geschraubt ist. — Wie die vorbeschriebenen festen Bohrmaschinen werden auch die verstellbaren Maschinen — die sich nach Vorstehendem besonders zum Bohren von sperrigen und schweren Arbeitsstücken eignen — frei stehend oder als Wand-Bohrmaschine ausgeführt. Sehr zweckmässig erscheinen auch derartige fahrbare Bohrmaschinen¹⁾.

Fig. 553 giebt die Haupt-Anordnung einer verstellbaren Wand-Bohrmaschine, welche Löcher von 140 mm Durchmesser bohrt, von 0,6 bis 2,0 m im Halbmesser wagrecht und um 0,9 m senkrecht verschoben werden kann. Die Bohrspindel, welche einen senkrechten Vorschub von 350 mm gestattet, wird durch Kegelrad-Übersetzung von einer Vorgelegs-Welle aus betrieben. Alle andern Bewegungen und Verschiebungen mittels des Auslegers erfolgen durch Handkurbeln.

Fig. 553. a. Wandplatte. — b. Vertikal-Schlitten mit den Lagern c., in welchem der Arm d. hängt. — l. Bohrer. — f. Bohrtisch.

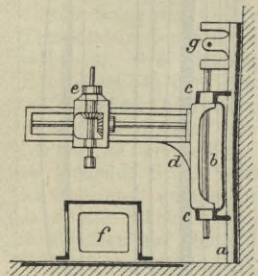
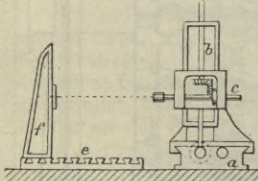


Fig. 555, 556.



a. Bett, auf welchem der Bock b läuft. — Der Bohrer c hat selbstthätigen Vorschub. — e. Grundplatte zur Aufnahme des Arbeitsstücks. — f. Bock zur Aufnahme einer Führung für die Bohrstanze.

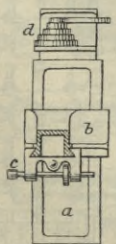


Fig. 554.

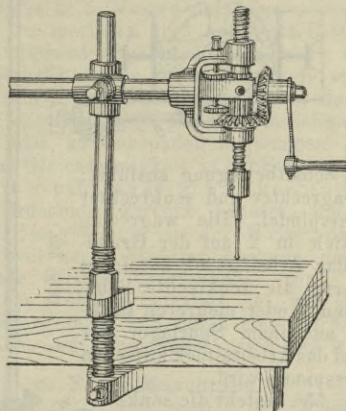


Fig. 554 stellt eine tragbare und verstellbare Hand-Bohrmaschine dar, wie sie in Konstruktions-Werkstätten vielfach in Gebrauch ist. Die Maschine kann in den verschiedensten Lagen zur Anwendung kommen.

γ. Wagrecht-Bohrmaschinen²⁾.

Bei diesen Maschinen, welche sowohl fest stehend als verstellbar eingerichtet werden, liegt die Bohrspindel wagrecht, wie die Spindel einer Drehbank. Die kleineren, fest stehenden Maschinen haben dieselbe Spindel-Einrichtung wie die unter a beschriebenen, dagegen erhält bei ihnen der Bohrtisch eine abweichende Gestalt. Die grössern verstellbaren Wagrecht-Bohrmaschinen bestehen im wesentlichen aus einem wagrechten Bett, auf welchem ein Bockständer mit der schlittenartig senkrecht verschiebbaren Bohrvorrichtung zu verstellen ist, und dem Bohrtisch.

Fig. 555 u. 556 giebt die Haupt-Anordnung einer derartigen Maschine. Die Bohrspindel c hat selbstthätigen Vorschub, ähnlich wie die unter β beschriebene Maschine. Gewöhnlich ist die wagrechte und

1) D. R. P. Nr. 8794: Transportable Bohrmaschine mit gelenkigem Ausleger von Langbein in Würzburg; ferner Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1879, Nr. 228. Fahrbare Bohrmaschine. *Enging.* Girvin. *Machine à perier portative.* *Rev. industr.* II. 1886, S. 345.

2) Eine Doppel-Wagrecht-Bohrmaschine aus der Werkstatt von Sondermann & Stier in Chemnitz ist abgebildet und beschrieben: *Zeitschr. des Ver. deutsch. Ingen.* 1884. S. 958.

senkrechte Verschiebung der Bohrspindel selbstthätig zu bewirken; in diesem Falle eignet sich die Maschine auch zum Fräsen mit Hilfe einer im Bock *f* geführten und mit Fräsern besetzten Bohrstange.

δ. Zylinder-Bohrmaschinen.¹⁾

Diese Maschinen dienen zum Ausbohren zylindrischer Höhlungen mit Hilfe einer kräftigen Bohrspindel, welche die drehende Hauptbewegung macht, während auf ihr ein mit Messern versehener sog. Bohrkopf die Schaltbewegung ausführt; man baut sie mit wagrechter und senkrechter Anordnung der Bohrspindel. Die wagrechte Bohrspindel dreht sich in 2 auf der Grundplatte — die auch das Arbeitsstück aufnimmt — befestigten Lagern; die senkrechte Bohrspindel steht zwischen 2 oder mehreren Bockständern und läuft auf einem Spurlager der Grundplatte, während das Arbeitsstück zwischen den Ständern fest gespannt wird.

Nach Fig. 557 u. 558 besteht die senkrechte Bohrspindel aus einer gusseisernen Welle, welche der ganzen Länge nach eine tiefe Nuth hat, in die der Bohrkopf mit einer Feder derart eingreift, dass er, ohne sich zu drehen, verschoben werden kann. Seine Verschiebung wird durch eine in der Nuth liegende Schraubenspindel bewirkt. Die Bohrspindel setzt sich nach Art einer Kuppelung in die Hülse *e*, welche sich in der Öffnung der Grundplatte dreht.

Das vom Vorgelege *g* aus bewegte Triebrad *c* wird häufig auch am obren Ende der Bohrspindel angebracht; in diesem Falle wird das Ende der Bohrspindel unmittelbar von einem Spurlager der Grundplatte aufgenommen.

ε. Mehrfache oder Multiplex-Bohrmaschinen.

Zwei gleichartig gebaute Bohrmaschinen (wie die in Fig. 551 und 552 dargestellte) mit gemeinschaftlichem Bockgestell nennt man eine Doppel-Bohrmaschine²⁾. Hat man zahlreiche, in einer graden Linie

Fig. 557, 558. *a*. Spindel. — *b*. Querträger, der zwischen den Ständern *d* verstellbar ist. — *c*. Triebrad. — *g*. Vorgelege.

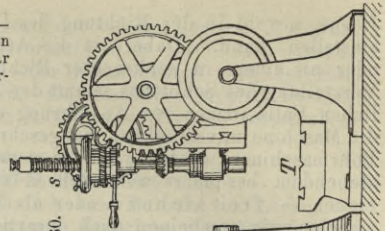
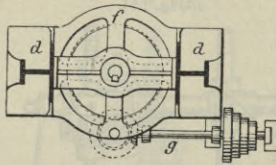
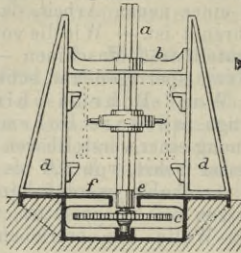


Fig. 560.

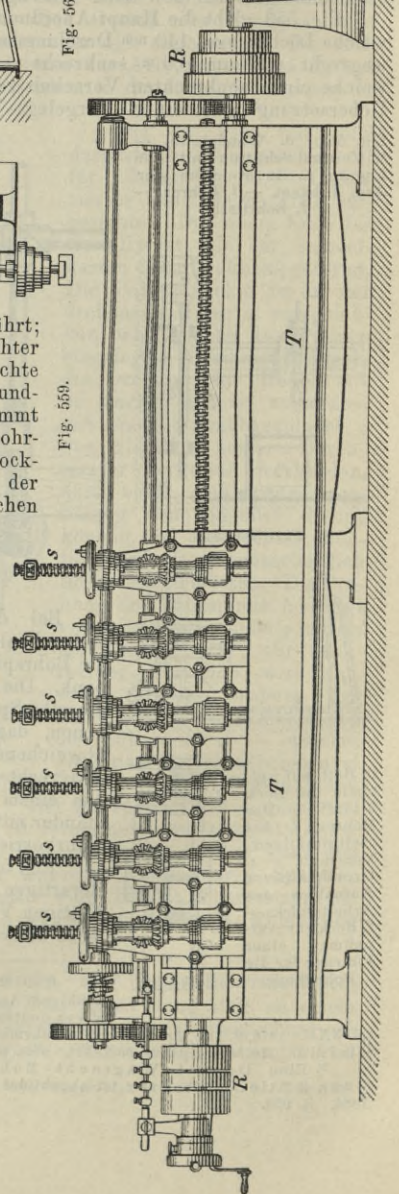


Fig. 559.

¹⁾ Zylinder-Bohrmaschine. Railr.Gaz. 1886, S. 52.
²⁾ Doppel-Bohrmaschine für Brücken-Gelenke
 vergl. Wencelides, a. a. O., S. 210.

liegende Löcher zu bohren, wie z. B. in Blechen, so ordnet man zuweilen eine grössere Anzahl von Bohrspindeln in einer Reihe neben einander auf einem gemeinschaftlichen, wagrechten Schlitten an. Eine gemeinsame Welle überträgt den Antrieb für die Drehung und eine zweite für die Schaltung gleichzeitig auf sämtliche Spindeln. Fig. 559, 560 zeigt eine solche Mehrfache Bohrmaschine mit 6 Spindeln (aus der Chemnitzer Werkzeug-Maschinen-Fabrik). In amerik. und englischen Werkstätten kommt diese Maschine öfter vor¹⁾. Für das Bohren der Streben der Forthbrücke wurde eine besondere Maschine erbaut, welche, auf dem Umfang der Streben durch Dampfkraft verschiebbar, gleichzeitig 10 Löcher fertigt²⁾.

7. Zugstangen-Bohrmaschinen usw. für Brückenbau.

1. Die Maschinen zum Bohren von Brücken-Zugstangen oder Kettengliedern sind eine amerikanische Sonderart; sie bezwecken eine möglichst genaue Innehaltung der vorgeschriebenen Entfernung der Augenmitten. Deshalb werden meistens beide Augenlöcher gleichzeitig durch 2 Bohrköpfe, die auf einem gemeinschaftlichen Bett, wie ein Drehbank-Schlitten verschiebbar aufgestellt sind, gebohrt. Um das Ergebniss beim Messen der Augenmitten-Entfernung von der Temperatur unabhängig zu machen, sind auf dem Bett schmiedeeiserne, gehobelte Schienen frei aufliegend angebracht, von denen die eine bei einer gewissen Temperatur eingetheilt wurde. Die Bohrköpfe stehen unmittelbar auf diesen Schienen und machen jede Bewegung, die in denselben in Folge von Temperatur-Änderungen eintritt, mit. Da die Ausdehnung der Schienen dieselbe ist, wie diejenige der zu bohrenden Zugstangen, so kann durch diese Bohr-Methode eine grosse Gleichförmigkeit in der Stangen-Länge erzielt werden.

2. Maschinen mit selbstthätigen Theilungs-Vorrichtungen werden besonders für Brückenbau-Zwecke benutzt, um das Vorreissen der Löcher zu vermeiden. Dies geschieht in der Weise, dass das aufgespannte, zu lochende Stück jedes mal nach erfolgter Lochung um eine bestimmte, der Niettheilung entsprechende Strecke vorgeschoben wird. Gewöhnlich werden dabei die Stücke auf einem Schlitten befestigt, der, wie ein Drehbank-Schlitten in Prismen auf einem Bette geführt und durch eine Kurbel in Verbindung mit Räder-Uebersetzung, Trieb- und Zahnstange verschoben wird³⁾.

e. Frais-Maschinen.⁴⁾

In welcher Weise man in einzelnen Fällen die Drehbank zum Fraisen benutzen kann, wurde bereits S. 311 erwähnt. Obwohl die Bauart und Anordnung der Frais-Maschinen eine sehr mannigfaltige ist, kann man doch nur zwei verschiedene Gattungen wesentlich unterscheiden. Bei der einen Gattung wird der, gewöhnlich auf einer wagrechten Spindel befestigte Fraiser sammt dem Spindelkasten an der Seite des Arbeitsstücks, welches auf einem Tische festgespannt liegt, vorbeigeführt; bei der andern liegt der Spindelkasten mit der Fraise fest, während der als Kreuz-Support (S. 309) gebaute Aufspan-Tisch wagrecht nach 2 auf einander rechtwinkligen Richtungen selbstthätig verstellbar ist. Mit Hilfe dieser Bewegungen und geeigneter Fraiser-Formen können Flächen und beliebig geformte Nuthen oder dergl. bearbeitet werden.

a. Nuthen- oder Langloch-Bohrmaschinen.

Diese Maschinen dienen zur Einarbeitung langer Keil-Nuthen in Wellen mit Hilfe eines Fraisers in der Gestalt der Fig. 529, oder eines sogen. Zwei-

¹⁾ Vergl. Selbstthätige Multiplex-Bohrmaschine für symmetrische Lochung. Petzhöldt, a. a. O., S. 64. *Boiler shell drilling machine. Engineering* II. 1886, S. 420 bohrt 4 Nietlöcher gleichzeitig. *Portable hydraulic drilling machine at Toulon Dock Yard. Engineering.* 1887, I., S. 130.

²⁾ *Engineering*, 1885, I., S. 54. Auszugsweise aus Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 463.

³⁾ Vergl. Vorrichtung zum Lochen von Winkeleisen ohne Anköernen in der Brückenbau-Anstalt von de Bergue in Cardiff. *Techn. Blätter* 1872, S. 257. — Lochmaschine mit Vorschub der Platten. *Engin.* Bd. 29, S. 230. — Ferner: Wencelides, a. a. O., S. 101. Maschinen der Anstalt Edge Moor. Auch bei der Herstellung der Weichsel-Brücke bei Dirschau und der Nogat-Brücke bei Marienburg wurden Theilungs-Vorrichtungen beim Lochen benutzt. *Zeitschr. f. Bauw.* 1861, S. 677.

⁴⁾ Verschiedene neuere Fraismaschinen werden von Fischer beschrieben und abgebildet in *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen.* 1885, S. 512 und 1886, S. 559.

zahn-Bohrers, Fig. 561. In Bezug auf die Wirkungsweise des Werkzeuges stehen sie den Fraismaschinen weit näher als den Lochmaschinen; in ihrer maschinellen Anordnung gleichen sie den besprochenen fest stehenden Senkrecht-Bohrmaschinen. Das Werkzeug macht die drehende Hauptbewegung und eine Ruckbewegung nach der Axenrichtung der Bohrspindel; die seitliche Schaltbewegung in der Nuthrichtung macht entweder das Werkzeug oder der Tisch mit dem Arbeitsstück. Bei der in Fig. 562, 563 dargestellten Maschine wird der Spindelkasten

Fig. 561.



Fig. 562.

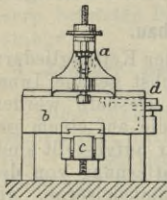
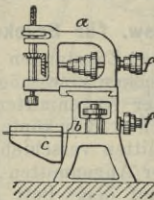


Fig. 563.



in welchem die senkrechte Bohrspindel gelagert ist, mit Hilfe der Kurbelscheibe *d* und einer Lenkstange wagrecht auf dem Bett *b* geführt. Der Antrieb erfolgt von einer senkrecht über dem Spindelkasten befindlichen Vorgelegts-Welle. Sobald die Bewegung der Kurbelscheibe durch Abnehmen des Riemens von der Scheibe *f* unterbrochen wird, bohrt die Maschine einfach runde Löcher.

β. Räder-Fraismaschinen.¹⁾

Auf diesen Maschinen werden die Zahnücken metallener Räder, mit Hilfe eines Fraisers von der Gestalt der Fig. 531 c, ausgeführt. Letztere sind dabei auf einer an ihrem Umfange verzahnten Theilscheibe, welche mittels einer Schnecke, verschiedener Wechsel-Räder um das Mass einer Zahntheilung von Hand gedreht werden kann, zentrisch befestigt. Die Axe der Theilscheibe wird bei kleinen Maschinen gewöhnlich wagrecht, bei grossen senkrecht angeordnet. Der Spindelkasten mit dem Fraiskopf ist stets senkrecht zur Spindelaxe in einer Führung hin und her bewegbar.

γ. Universal-Fraismaschinen.²⁾

Diese Maschine trägt ihren Namen aus dem Grunde, weil sie mit Einrichtungen versehen ist, welche eine Benutzung von Fraisern sowohl zur Herstellung ebener Flächen als auch einfacher und spiralförmiger Nuthen, Stirn-, Kegel- und Schnecken-Räder usw. gestatten. Fig. 564, 565 stellen eine solche von der Chemnitzer Werkzeugmaschinen-Fabrik gebaute Maschine dar. Der Spindelkasten *A* ist mit dem gusseisernen Gestell *G* in einem Stücke gegossen; er enthält die Fraisspindel *a* mit dem Fraiser *f*, welche durch eine in dem verstellbaren Bügel fest gelagerte Gegenspitze nochmals gestützt und sicher geführt wird. Die Fraisspindel ist ausserdem mit Räder-Vorgelege versehen und kann durch Umschaltung von Decken-Vorgelegen sowohl mit Rechts- als auch mit Linksgang arbeiten. Der Tisch *T* ist in prismatischer Führung senkrecht verstellbar; das Stellen geschieht von der Kurbelwelle *k*¹ aus, welche durch Winkelräder mit der Schraube *σ* in Verbindung steht. Die Schraube *σ*¹ dient zur genauen Begrenzung der Höhenlage des Tisches und zur Festhaltung derselben mit Hilfe von Gegenmuttern.

Auf dem Tisch ist von der Kurbelwelle *k* aus der Support-Schlitten *s* parallel zur Spindelrichtung bewegbar und über diesem Schlitten liegt eine, im Kreise wagrecht drehbare Support-Platte *p*, die mit Prismen-Führung versehen ist zur Aufnahme des obern Arbeits-Schlittens, welcher von der Hand oder selbstthätig quer zur Richtung der Fraisspindel zu verschieben ist. Weil der Arbeitstisch danach in wagrechter Ebene gedreht und gleichzeitig auch nach 2 auf einander senkrecht stehenden Richtungen verschoben werden kann, so wird dessen selbstthätiger Vorschub von einer fernrohrartig länger und kürzer zu machenden, auf an den Enden mit Universal-Gelenken *u* versehenen Welle *r*¹ aus bewirkt. Auf die Riemenscheibe dieser Welle wird die Drehung der

¹⁾ Dengg's Zahnrad-Hobelmaschine; s. Dingler's Polyt. Journ. 1882, Bd. 246, S. 314.

²⁾ Universal-Fraismasch. von Tichy. Org. f. d. Fortsch. d. Eisenbahnw. 1887, S. 101. — Machine à fraiser universelle. Génie civ. II., 1886, S. 121.

Fraisspindel von der Riemenscheibe r aus übertragen. Zur Vervielfältigung der Arbeits-Geschwindigkeit dient die dritte Riemenscheibe r'' , indem man die Bewegung zuerst von r nach r' und dann von r'' nach r' überträgt.

Die Handbewegung des Arbeits-Schlittens erfolgt von der Kurbel h aus; der selbstthätige Vorschub wird durch Drehung des Winkelrades w bewirkt, welches mit einem auf der Welle r' sitzenden Getriebe in und ausser Verbindung gesetzt werden kann. Die Ausrückung des Vorschubs kann selbstthätig durch den Arbeits-Schlitten erfolgen und es ist zu diesem Behuf ein fest stehender Stift y vorhanden, gegen den ein in der Stange x zu befestigender Knaggen o bei dem Fortschreiten des Arbeits-Schlittens und der Stange stösst, so dass er die Weiterbewegung der letztern hindert. Dadurch wird, in Verbindung mit einem entsprechenden Mechanismus, der Eingriff des Winkelrades w aufgehoben und der Schlitten zum Stillstand gebracht.

Fig. 564.

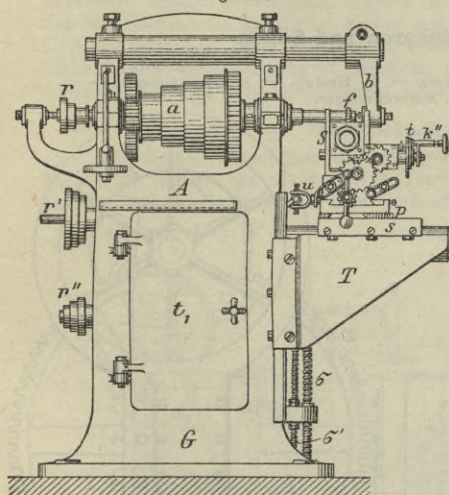
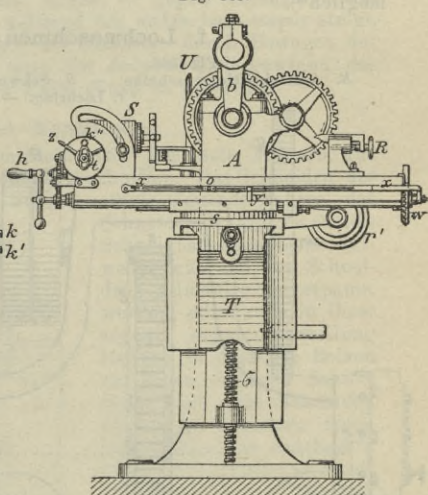


Fig. 565.



Auf dem Arbeits-Schlitten befinden sich ein besonderer Spindelkasten S und ein Reitstock R , um ein Arbeitsstück zwischen Spitzen aufspannen zu können. Die Spindel des erstern kann in senkrechter Ebene um beliebig grosse Winkel gedreht werden und ist mit einer Theilscheibe t , als Hilfsmittel beim Räderfräsen versehen. Die Drehung der Spindel erfolgt entweder von Hand durch die Kurbel k'' oder selbstthätig von der Welle r' aus, mit Hilfe der Wechselräder bei w' . Spannt man z. B. zwischen die Spitzen von S und R ein zylindrisches Stück ein und lässt sowohl die selbstthätige Verschiebung des Arbeits-Schlittens als auch die Drehung der Spindel S wirken, so arbeitet der scheibenförmige Fräser f einen vertieften Schraubengang auf dem Umfange des Arbeitsstücks. Ein solches Arbeits-Verfahren wird bei Anfertigung von Spiralbohrern und dergl. geübt.

δ. Muttern-Fraismaschinen.

Die genaue Herstellung von 6 seitigen Bolzenköpfen oder Muttern durch Handarbeit ist zeitraubend und daher kostspielig. Versuche, die Handarbeit durch Schleifen, Treiben oder Ziehen von Muttern oder Köpfen durch gezahnte Platten oder geeignete Kaliber ganz entbehrlich zu machen, sind bisher nicht gelungen, und man musste zur Bearbeitung auf Werkzeug-Maschinen schreiten. Zuerst baute man ganz besondere Muttern-Hobelmaschinen und Fraismaschinen, welche gleichzeitig 2 Seiten einer Mutter oder eines Kopfes bearbeiteten; end-

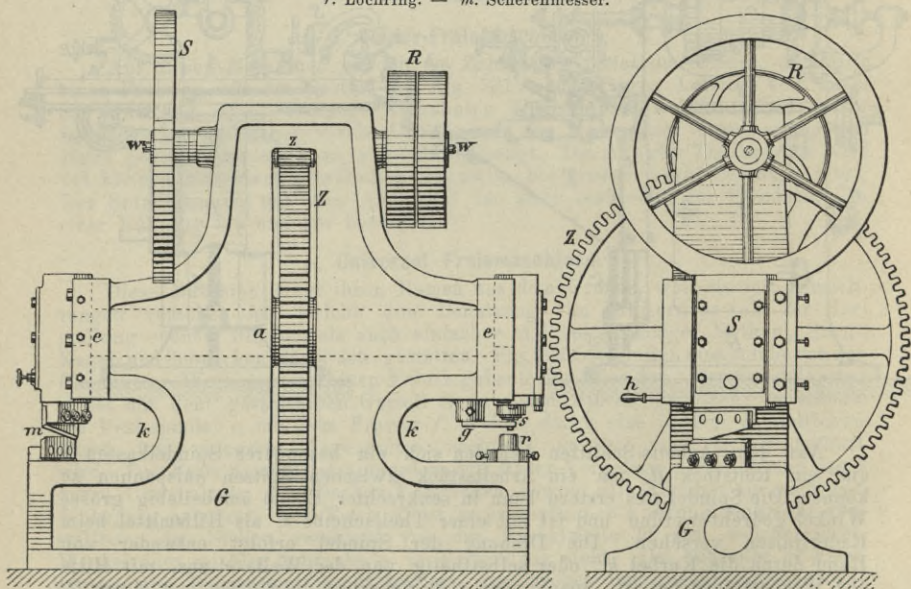
lich aber entstanden die heutigen Maschinen, auf denen alle 6 Flächen gleichzeitig gehobelt oder gefraist werden. Die erste dieser Maschinen, welche aus dem Jahre 1866 von W. Batho in Birmingham herrührte, besass 6 einfache Messer, welche gleiche Höhenlage und einerlei Drehsinn hatten, lieferte aber nur unsaubere Erzeugnisse. Bei der neuern Maschine von Skrziwan in Berlin¹⁾ vom Jahre 1883 arbeiten 6 volle Stirnfräser in verschiedenen Höhenlagen und gleichem Drehsinn, jedoch zur Zeit immer nur entweder die 3 obern oder die 3 untern. Die neueste Maschine dieser Art vom Ingenieur J. H. Mehrstens in Berlin²⁾ aus dem Jahre 1885 bearbeitet alle 6 Flächen gleichzeitig; die besonders geformten Fräser arbeiten in gleicher Höhenlage, aber abwechselnd in verschiedenem Sinne, so dass die zu fraisende Mutter, welche lose auf einem senkrechten Dorn sitzend, herab sinkt, durch die Fräser nicht auf Dehnungs-Festigkeit beansprucht wird. In Folge dieser Fräser-Anordnung ist die vollkommen saubere Herstellung aller Flächen möglich³⁾.

f. Lochmaschinen; Scheren und Sägen.

Fig. 566.

Fig. 567.

R. Antriebs-Riemenscheibe. — S. Schwungrad. — G. Gestell. — s. Lochstempel. — r. Lochring. — m. Scherenmesser.



Scheren und Sägen sind bereits im Abschnitt C. behandelt.

Durchschläge oder Stempel und Lochring oder Matrize, wie sie der Schmied gebraucht, wurden S. 195 erwähnt.

Die Erzeugung der Stempel-Bewegung erfolgt bei den Lochmaschinen in ebenso verschiedener Weise, wie bei den S. 201 beschriebenen Pressen, also durch Exzenter, Schraube, Hebel und Wasserdruck.

In Konstruktions-Werkstätten sind vielfach vereinigte Lochmaschinen und Scheren in Gebrauch. Eine solche Maschine, durch Exzenter bewegbar, zeigen die Fig. 566, 567. Ausserdem baut man vereinigte Maschinen auch in der Art, dass beide Werkzeuge auf einer Seite liegen und zwar die Schere

¹⁾ D. R. P. Nr. 26 095.

²⁾ D. R. P. Nr. 34 492.

³⁾ J. H. Mehrstens. Fraismaschine für die Muttern- und Schrauben-Fabrikation. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1887, I. S. 143.

oben, der Lochstempel unten. Zweckmässig sind auch solche Maschinen, welche sowohl zum Lochen als auch zum Schneiden dienen, je nachdem man in die senkrechte Prismen-Führung des Gestells einen zum Lochen oder zum Schneiden vorgerichteten Schlitten einsetzt.

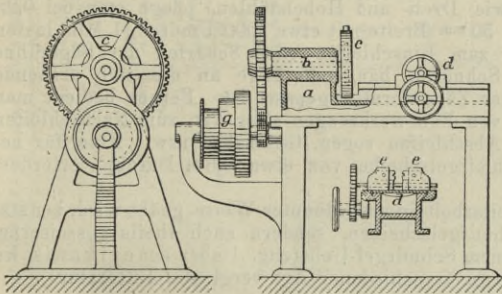
Das Gestell *G* in Fig. 566 enthält hinter den Werkzeugen bei *k* Einkröpfungen, welche ein entsprechend weites Vorschieben der Arbeitsstücke gestatten. Die Scherenmesser *m* stehen schräg, damit man möglichst lange Schnitte machen kann. Der unter dem Stempel *s* befindliche Lochring *r* steht auf einem mit senkrechter Bohrung versehenen Vorsprunge des Gestells und wird durch 3 Stellschrauben zentriert. Die Gabel oder Frochplatte *g* dient dazu, nach erfolgter Durchlochung ein Emporziehen des Arbeitsstückes durch den zurückgehenden Stempel zu verhindern. Der Antrieb wird von der Welle *w* aus, durch die Zahnräder *z*, *Z* auf die Arbeitswelle *a*, deren beide Enden bei *e* mit exzentrischen Zapfen für die Bewegung des Stempels bzw. des Messers versehen sind, übertragen. Beide Zapfen liegen so gegen einander, dass das eine Werkzeug arbeitend nieder geht, während das andre leer empor steigt. Der Lochstempel kann während des Ganges der Maschine durch Bewegungen des Hebels aus- und eingerückt werden, so dass der Arbeiter Zeit gewinnt, das Arbeitsstück und den Lochstempel nöthigen Falls genau zu zentriren.

g. Gewindeschneid-Maschinen.

Auf diesen Maschinen werden geschmiedete oder gepresste Muttern und Bolzen (S. 201 ff.) bis zu etwa 5 cm Gewindehöhe geschnitten. Das Schneiden der Muttern geschieht in einem fortlaufenden Schnitt mittels Gewinde-Bohrer, das Schneiden der Bolzen mittels Schneidbacken, welche entweder während des Schneidens allmählig zugespant werden, oder auch in ihrer sogen. engsten Stellung stehen, so dass der Bolzen auf einen einzigen Schnitt fertig wird. Die Maschinen dieser Art besitzen einen Schneidkopf, in welchem 2 oder 3 Schneidbacken bzw. ein Gewindebohrer befestigt werden; das Arbeitsstück wird in einen Halter eingespannt, so dass es genau

Fig. 568.

Fig. 569.



in der verlängerten Axe des Schneidkopfes zu liegen kommt. Kopf und Halter werden von einem gemeinschaftlichen Bett oder Gestell getragen.

Bei den neuern Maschinen liegt entweder der Schneidkopf fest und das Arbeitsstück macht eine drehende und fortschreitende Bewegung — System Whitworth — oder der Schneidkopf macht eine fortschreitende und das Arbeitsstück eine drehende Bewegung — System Sellers. Bei den Sellers-Maschinen wird, nicht, wie bei den übrigen, das Gewinde allmählig beim Vor- und Rückwärtsgange, sondern, mit Hilfe nach und nach länger werdender Schneiden in den Backen, mit einmaligem Durchgange fertig.

Fig. 568, 569 stellt eine Schraubenschneid-Maschine von Sellers dar. Der mit dem Bett in einem Stück gegossene Spindelkasten *a* enthält den Halter, d. i. die behufs Aufnahme langer Bolzen hohl angelegte Spindel *b*, welche mit einer Planscheibe *c* zum Aufspannen der Arbeitsstücke versehen ist und von einem Vorgelege aus mittels Räderwerks durch die Riemenscheibe *g* betrieben wird. Der Schneidkopf *d* enthält zwei kleine durch Drehen des Handrades *f* in ihrer gegenseitigen Lage stellbare Querschlitzen *e* zur Aufnahme der Schneidbacken bzw. von ein Paar Klauen zum Einklammern des Gewindebohrers.

h. Schleif-Vorrichtungen.

Das sind sich schnell drehende Scheiben, welche entweder aus natürlichem Stein oder aus Schmirgel bestehen. Die Wirkung des Schleifsteins ist abhängig von dem Korn, der Härte und der Umfangs-Geschwindigkeit des Steins. Da mit steigender Umfangs-Geschw. auch stärkere Erhitzung des Arbeitsstücks eintritt, so hat sich jene nach der gewünschten Beschaffenheit der Schnitt-Fläche zu richten. Zum Schleifen von Stahl-Werkzeugen bedient man sich nicht zu harter natürlicher Steine von 0,5^m bis 1^m Durchmesser, bei 0,1 bis 0,15^m Breite, welche man mit 3 bis 6^m Umfangs-Geschw. laufen lässt. Der Reibungs-Ziffer dieser Steine ist für Schmiedeeisen 0,8 bis 1,0 und ein solcher Stein erfordert etwa 0,3 bis 0,8 Pfdkr. zum Betriebe. Schleifsteine zum Abschleifen von Eisen- und Stahlwaaren erhalten bis zu 2,5^m Durchm. bei 0,15 bis 0,3^m Breite; sie müssen hart sein und mit 6 bis 10^m Umfangs-Geschw. laufen. Der Reibungs-Koeff. dieser Steine ist nur 0,3 bis 0,5^m und daher ein starkes Anpressen der Gegenstände erforderlich, das in vielen Fällen mittels eines Hebels bewirkt wird. Ein solcher Stein erfordert beim Abschleifen eines Schmiedestücks, welches mit 60 kg Druck angepresst wird, etwa 3 Pfdkr. zum Betriebe.

Die künstlichen Schleifscheiben aus Schmirgel (Schmirgelscheiben) eignen sich für jede Art Schleiferei und werden in den verschiedensten Härtegraden hergestellt. Man lässt sie mit grosser Umfangs-Geschw. — 30^m und mehr — laufen und das Arbeitsstück wird dabei nur leicht angedrückt. Die Wirkung der Scheibe ist nach Menge und Güte bedeutend grösser als die des natürlichen Steins und die Abnutzung der Scheibe verhältnissmässig gering. Das Schleifen geschieht gewöhnlich trocken; nur bei besonders feinen Arbeitsstücken wird durch Anfeuchten zu starkes Erhitzen verhütet. Derartige Scheiben zum Schleifen von Werkzeugen, wie Dreh- und Hobelstählen, pflegt man bei 0,25 bis 0,3^m Durchm. und 20 bis 50^{mm} Breite mit etwa 2000 Umdreh./1 Min. laufen zu lassen. Sie werden auch zum Einschleifen oder Schärfen der Sägezähne benutzt, indem man die an Schnüren hängende Säge an die sich drehende Scheibe führt, deren Profil der Zahnform angepasst ist. Ferner bedient man sich derselben zum Schleifen von Bohrwerkzeugen aller Art, zum Nachschleifen gehärteter Stahlwaaren, zum Abschleifen sogen. Gussnähte usw. Eine für besondere Zwecke dienende Schmirgelscheibe von etwa 0,3^m Durchm. erfordert zum Betriebe etwa 0,5 Pfdkr.

In Amerika, wo die Schleifarbeit in ausgedehnter Weise geübt wird, benutzt man nicht ausschliesslich Schmirgelscheiben, sondern auch theils gusseiserne, theils hölzerne Scheiben mit einem Schmirgel-Ueberzug. Ueber amerikanische und andre Schleif-Maschinen verschiedener Art vergl. die Litteratur¹⁾.

i. Vergleiche über Geschwindigkeit und Leistung der Werkzeug-Maschinen.

Die wichtigsten hierher gehörigen Durchschnits-Zahlen sind in der nachfolgenden Tabelle übersichtlich zusammen gestellt.

Nach Hartig's Ermittlungen kann man für den Arbeits-Verbrauch A beim Arbeitsgang verschiedener Werkzeug-Maschinen im allgemeinen:

$$A = (A_0 + a G)$$

in Pfdkr. setzen, wenn A_0 den Arbeits-Verbrauch beim Leergange, G das Gewicht der in 1 Stunde mit der Maschine erzeugten Spähne in kg und a den Arbeitsverbrauch für die Einheit von G bedeutet. Für a kann man annehmen:

	für Gusseisen	Schmiedeeisen	Stahl
bei Hobelmaschinen	0,050	0,114	0,264
„ Drehbänken	0,049	0,072	0,104
„ Fraismaschinen	0,67	bei mittelscharfen Schneiden,	
„ „	0,24	beim Abfräsen der Guss Haut.	

¹⁾ Wencelides. A. a. O., S. 141. — Fischer. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 559. New tools. New tool grinder. The American Engen. 1886, I. S. 39. Das. II. 1886, S. 53.

Tabelle über Geschwindigkeit und Leistung der Werkzeug-Maschinen.

Nr.	Benennung der Maschine	Grösse der Maschine	Erforderl. Betriebskraft in Pferdektr. beim		Geschwindigkeit d. Werkzgs. bei			Die Maschine liefert Spähne	Gewicht der Maschine	Bemerkungen (Die Umdrehungs- bzw. Hubzahlen gelten für 1 Minute.)
			Leer- gang	Arbeits- gang	lang- samem Gang	schnell- stem Gang	kg/1 Std.			
1.	Schlitten-Hobelmaschine, kleine Sorte	Lichtes Arbeitsfeld 0,6 m hoch u. br. — Grösste Schlittenbeweg. 1,5 m	0,15	0,5	mm in d. Sekunde 80 200 beim Rückg. des Arbeitsstücks			4,9	1,4	Die Antriebs-Riemensch. macht 60 Umdreh. Der mechan. Vorschub des Stahls wechselt von 0,25—1,75 mm.
2.	Desgl., grösste Sorte	Lichtes Arbeitsfeld 2,5 m h. u. br. — Grösste Schlittenbeweg. 8—10 m	1	2	70	175	—	—	50	Antriebs-Riemensch. 70 Umdreh. Vorschub des Stahles von 0,8—4,8 mm.
3.	Gruben-Hobelmaschine, mittl. Grösse	4,2 m lichte Wangenlänge, 14 m Hobellänge	1,0	2,0	50	100	8,0	58,5	—	Mit 2 Supports. Antriebs-Riemensch. 200 Umdreh. Vorschub des Stahls von 0,8—2,4 mm.
4.	Blechkanten-Hobelmaschine, grösste Sorte	5 m Hobellänge	1	2	40	—	—	14	—	Mit 2 Supports. Antriebs-Riemensch. 160 Umdreh. Vorschub des Stahls von 0,4 bis 1,2 mm.
5.	Senkrecht-Hobelmaschine	Für 5 m lg. 4 m hoch	1 1/2	3	54	95	—	75	—	Antriebs-Riemensch. 230 Umdreh. Vorschub des Stahls von 0,54 bis 2,1 mm.
6.	Shaping-Maschine, grösste Sorte	Grösster Hub 0,57 m, — Grösste Schlittenbew. 2,37 m	0,27	1,2	42,5	62,5	8	7,5	—	Der Schieber macht 4,3—7,2—11,7—18,7 bis 33 Doppelhubbe. Mechan. Vorschub 0,6 bis 1,8 mm.
7.	Desgl., kleine Sorte	Grösster Hub 0,1 m. — Grösste Schlittenbeweg. 0,4 m	0,1	0,17	100	—	1,7	0,6	—	Der Schieber macht 37—100 u. 176 Doppelhubbe. Vorschub 0,3—0,9.
8.	Stoss-Maschine	Grösster Hub 0,28 m. — Grösste Ausladung bis Mitte Stahl 0,5 m	0,22	0,45	67	86	2,2	2,4	—	Antriebs-Stufenscheibe macht 40, 56, 76 und 104 Umdreh.
9.	Plan-Drehbank	Planscheiben-Durchm. 1,4 m	0,4—0,8	0,92	80 bei 1 m Drehm. d. Arbeitsstücks	—	8,7	4,5	—	Planscheibe macht 3, 5, 7, 11, 25, 39, 58, 89, 91 und 140 Umdreh.
10.	Desgl. grösste Sorte	Planscheibe 3,6 m Durchm. für 6,2 m Durchm. zu drehen	1	2	80	—	—	26	—	Planscheibe mit 24 verschiedenen Umdreh. von 0,25 bis 20. Vorschub 2—4 mm.
11.	Spitzen-Drehbank, kleine Sorte	0,16 m Spitzenhöhe	0,1	0,35	120	—	2,5	0,6	—	Umdreh. der Spindel 10—15—23—34 bis 50—75—115 u. 170.
12.	Desgl.	0,22 m Spitzenhöhe 1,56 m Spitzenweite	0,1—0,3	0,9	80	—	11,4	1,8	—	Umdreh. der Spindel 3—5,5—9—15,4 bis 27—46—77—133.

Nr.	Benennung der Maschine	Grösse der Maschine	Erforderl. Betriebskraft in Pferdekraft beim		Geschwindigkeit d. Werkzgs. bei		Die Maschine liefert Spähne kg/1Std.	Gewicht der Maschine	Bemerkungen (Die Umdrehungszahlen gelten für 1 Minute.)
			Leergang	Arbeitsgang	langsamem Gang	schnellem Gang			
13.	Desgl., grösste Sorte . . .	1,2 m Spitzenhöhe 10 m Spitzenweite	1	2,25	50 für Stahl	—	78	15 verschiedene Umdreh. der Spindel, 0,5 bis 330.	
14.	Plan- u. Spitzen-Drehbank	0,625 m Spitzenhöhe 3,40 m Spitzenweite Planscheibe 2 m Durchm. Grubendurchm. 2,7 m	0,15 bis 0,40	0,54	80	—	5,6	Umdreh. der Spindel 1,3 bis 11,6.	
15.	Senkrecht-Bohrmaschine, grössere Sorte	Für Löcher bis 150 mm Hub der Spindel 240 mm Ausladung d. Spindel 600 mm	0,25	0,90	—	—	4,8	8 verschiedene Umdreh. der Spindel, 10—160. Vorschub 0,06—0,17 mm bei jeder Umdrehung.	
16.	Desgl., grösste Sorte	Für Löcher bis 230 mm Hub der Spindel 0,6 m Ausladung 1,0 m	0,3	1	—	—	—	8 verschiedene Umdreh. der Spindel, 6 bis 160. Vorschub bei jeder Spindel- umkehrung 0,05—0,2 mm.	
17.	Radial-Bohrmaschine	Für Löcher bis 140 mm, von 0,6 bis 2 m Halb. wagr. u. 0,9 m senkr. zu verstellen Spindelhub 0,35 m	0,1—0,6	1,0	—	—	4,0	8 verschiedene Umdreh. der Spindel, 12—240. Vorschub bei jeder Spindel- umkehr. 0,05—0,18 mm.	
18.	Desgl.	Für Löcher bis 280 mm von 1,05 bis 3,0 Halb. u. 2,2 senkr. zu verstellen. Spindelhub 0,55 m	0,6	1,5	—	—	—	8 verschiedene Umdreh. der Spindel, 6—140. Vorschub bei jeder Spindel- dreh. 0,06—0,21.	
19.	Zylinder-Bohrmaschine, grösste Sorte	Spindelhöhe 1,75 m Grösste Bohrung 2,5 m	1	2	—	—	—	4 verschiedene Umdreh. der Spindel, 0,35—1,1. Vorschub bei jeder Spindel- umkehr. 0,5 mm.	
20.	Langloch-Bohrmaschine, grösste Sorte	Für Nuthen bis 11 cm br., 28 cm lg.	0,3	1	—	—	—	10 verschiedene Umdreh. der Spindel, 15—360. Wagrter Vorschub bei 1 Spindelumfang und 280—60 mm langen Nuthen 0,8 mm.	
21.	Räder Fraismaschine	Für Räder bis 0,5 m Durchm.	0,11	0,3	200	—	0,6	1,1	
22.	Universal-Fraismasch.	0,26 m Spitzenhöhe, 0,2 m Quer- u. 0,5 m Längsbeweg. des Supports	0,1	0,25	—	—	—	0,95	4 verschied. Umdreh. der Spindel. 60—850.
23.	Gewinde-Schneidmasch. nach Sellers	Für Schraubendurchm. von 1/4 bis 1 1/4 engl.	0,2	1,4	—	—	—	0,6	Umdreh. der Spindel 20—35—72.

Bei Zylinder-Bohrmaschinen und Gusseisen ist:

$$a = 0,034 + \frac{0,13}{f},$$

wenn f den Spahn-Querschnitt in q^{mm} angiebt.

Das in 1 Stunde erzeugte Spahn-Gewicht wechselt je nach der Grösse der Maschine und des Spahns von 05 bis 12 kg u. mehr.

Für Lochmaschinen giebt Hartig die Formel:

$$A = (A_0 + 3,71 a F) \text{ in Pfdkr.};$$

$$F = \text{stündliche Schnittfläche in } q^{mm};$$

$$\beta = \text{Arbeitsverbrauch für 1 } q^{mm} \text{ Schnittfläche};$$

A_0 , a und F können aus nachstehender Tabelle entnommen werden.

Blechedicke mm	A_0 Pfdkr.	a	Vortheilhafteste Anzahl der Stösse in 1 Min.
10	0,16	0,395	10
20	0,32	0,540	9,2
30	0,55	0,685	8,3
40	0,82	0,830	7,5

III. Vorbereitende Arbeiten.

a. Anfertigung von Arbeits-Zeichnungen, Gewichts-Berechnungen und Arbeits-Listen.

Sofern die Bauverwaltung dem Unternehmer Zeichnungen und Gewichts-Berechnungen beim Abschlusse des Lieferungs-Vertrages nicht in der nothwendigen Vollständigkeit usw. mit übergiebt, wird dem Unternehmer wohl die Verpflichtung anferlegt, die genannten Unterlagen selbst anfertigen zu lassen. Da die Arbeits-Zeichnungen sowohl als Unterlage für die Anfertigung der Material-Verzeichnisse, als auch zur Richtschnur für die Ingenieure, Werkmeister und Meister in der Werkstatt und auf der Montage dienen, müssen dieselben in leicht verständlicher, übersichtlicher Weise ausgeführt sein und ausser den nothwendigen Maassen für jedes Stück der Konstruktion auch alle Hauptmaasse der Konstruktions-Abtheilungen enthalten, so dass man im Stande ist, aus der Darstellung die Abmessungen und Lage jedes Stückes, sowie alle Niettheilungen zu entnehmen. Ausserdem muss die Möglichkeit gegeben sein, die entnommenen Masse durch Summierung von Einzelmassen oder durch Theilung von Hauptmassen auf ihre Richtigkeit zu prüfen.

Die Darstellungsweise ist bei den Arbeits-Zeichnungen verschieden; doch haben gewisse Regeln mit der Zeit ziemlich allgemeine Anerkennung für dieselben erlangt ¹⁾.

Der Massstab für die Ansichten, Schnitte und Grundrisse der Gesamtkonstruktionen oder einzelner Haupttheile wird selten kleiner als 1:25 (in der Regel 1:20) und derjenige für die Einzelheiten bei kleinern Konstruktionen in der Regel 1:5, bei grössern aber nicht kleiner als 1:10 gewählt. Das Zeichnen von Einzelheiten in natürlicher Grösse wird wenig geübt, da die Uebertragung der Masse meistens bequemer beim Zulegen unmittelbar auf die eisernen Muster- oder Schablonen-Stücke geschehen kann. Das Zeichnen von Knotenpunkten auf Pappdeckel in natürl. Grösse geschieht hin und wieder, wenn die vom Besteller gelieferten Entwurf-Zeichnungen verhältnissmässig gut sind, aber nicht so gut, dass sie unmittelbar als Werk-Zeichnungen benutzt werden können. Diese Pappdeckel dienen dann gleich als Musterstücke (Schablonen) für die Werkstatt.













Die Arbeits-Zeichnungen sollen auch über alle Fragen betr. die Stärke und Form der Niete, sowie auch darüber, ob dieselben in der Werkstatt oder auf Montage zu schlagen sind usw. Aufschluss geben.

Auf jedem Werke erfolgt die Veranschaulichung dieser Einzeldinge nach feststehenden Vorschriften. In der Regel unterscheidet man die verschiedenen

¹⁾ Vergl. hierzu auch Bd. I der Hilfswissenschaften S. 35 ff.

Nietstärken durch Farben und deutet dabei durch das volle Anlegen eines Querschnitts an, dass der Niet in der Werkstatt zu schlagen ist, während man die Querschnitte aller auf Montage zu schlagenden Niete nicht voll anlegt, sondern nur mit einem konzentrischen Kreise von entsprechender Farbe umzieht. Ferner ist noch zu erwähnen, dass ein blosser farbiger Kreis ein auf Montage zu bohrendes Loch andeutet, und dass diejenigen Flächen eines Gussstückes, welche bearbeitet werden müssen, dadurch kenntlich gemacht werden, dass man sie in der Querschnitts-Darstellung durch eine starke rothe Linie einfasst.

Die nachstehende, ohne die Farben wiedergegebene Nietbezeichnung ist seit langer Zeit für die Werkzeichnungen in der Brückenbau-Anstalt der Gutehoffnungs-Hütte bei Sterkrade in Gebrauch.

Niet von 26 mm		Querschnitt: nicht angelegt.		Schrauben. (Kreuz in rother Farbe.)
23 mm		blaue Farbe.		Niet: halb versenkt: (der konzentrische Kreis in blauer Farbe.)
20 mm		gelbe Farbe.		ganz versenkt: (die beiden konzentrischen Kreise in blauer Farbe.)
16 mm		rothe Farbe.		mit einem halb versenkten Kopfe: (die beiden konzentrischen Kreisstücke in blauer Farbe.)
13 mm		neutrale Farbe.		mit einem ganz versenkten Kopfe: (die 4 Stücke der beiden konzentrischen Kreise in blauer Farbe.)
10 mm		grüne Farbe.		auf Montage zu schlagen: (konzentr. Kreis in rother Farbe.)

Danach würde z. B. ein gelb angelegter Querschnitt mit einem rothen konzentrischen Kreise einen 20 mm starken, auf Montage zu schlagenden Niet bedeuten.

Auf demselben Werke besteht ein zur Vereinfachung der Darstellung der Arbeits-Zeichnungen geübtes Verfahren darin, dass in jeder Figur (Schnitt, Ansicht oder Grundriss) alle diejenigen Theile, welche in einer andern Figur ausführlicher zur Darstellung kommen, mit einer besondern Farbe nur schematisch angegeben sind. Z. B. deutet man in einer Figur, welche einen Querträger ausführlich darstellen soll, die anschliessenden Hauptträger und Zwischenträger in gelbrother Farbe an, während umgekehrt in der die Einzelheiten eines Hauptträgers besonders erläuternden Figur die zu den Quer- und Zwischenträgern gehörenden Theile mit gelbrother Farbe kenntlich gemacht werden.

Gleichzeitig mit den Arbeitszeichnungen erhält in der Regel der Ingenieur oder Werkmeister auch eine Arbeitsliste (vergl. das nachstehende Schema dazu), in welcher alle diejenigen Konstruktions-Theile verzeichnet sind, welche unter seiner besondern Leitung bzw. Aufsicht herzustellen sind.

Die Gewichts-Berechnung muss ausführlich und dabei möglichst so übersichtlich gehalten werden, dass Einzelgewichte wichtiger Konstruktions-Theile unmittelbar daraus zu entnehmen sind. Ueber die zu Grunde zu legenden Einheits-Gewichte vergl. S. 236. Für das Gewicht der Nietköpfe kann man bei Blechbrücken 3—4%, bei Gitterbrücken 2—3% des Gewichts der vernieteten Konstruktion ansetzen.

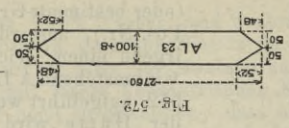
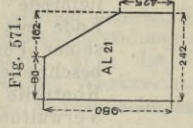
b. Aufstellung der Material-Listen.

Die Material-Verzeichnisse werden in Uebereinstimmung mit den Arbeits-Zeichnungen aufgestellt. Und zwar ist ein Verzeichniss für die Verbindungs-Stücke und ein zweites für die Verbindungs-Mittel (Nieten, Schrauben und Futterringe) erforderlich. Die nachstehend mitgetheilten Beispiele für diese Verzeichnisse (Listen) geben über Anordnung und Ausführung der Formulare Aufschluss.

Zu bemerken ist, dass alle Stücke von den nämlichen Abmessungen — deren Vertauschung vor der Bearbeitung also keinen Nachtheil bringen kann — unter einer und derselben „Positions-Nummer“ und die gesammte Lieferung

Komm: 14 502. Material-Verzeichniss der Brücke von 10 m Stützweite (Fahrbahn unten) für die Gothardbahn. Zeichen AL.

Anzahl	Benennung	Maasse des Materials				Gewichte			Zeichen	Bemerkg.	Angeliefertes Material	
		Genauere Maasse zur Anlieferung	Länge	Breite	Dicke	der Maass-einheit (kg)	eines Stückes (kg)	in Summa (kg)			Stückzahl	No. des Frachtbriefes.
15	6 Flacheisen		3994	492	10	16d. m	32,916	131,5	1789			
16	24 Gurtungs-Eisen		4310	9595	10	"	14,0	60,34	448			
21	12 Bleche nach Skizze AL 21				10	qm	78	14,98	180			
Horizontal-Verband.												
30	2 Flacheisen nach Skizze AL 22			100	8	16d. m	6,24	16,9	34			



Verzeichniss der Nieten, Schrauben und Futterringe zur Blechwand-Brücke von 10 m Stützweite (Fahrbahn unten), Loos XVII. Com. 14 502.

Position	Stückzahl und Durchmesser	Nieten, Schrauben und Futterringe		Bleche		Winkel-Eisen		Flacheisen		Form-eisen	Futter-ringe	Bemerkungen	
		Länge des Schaftes	im Eisen	mm	mm	mm	mm	mm	mm				
1	32	30	56									1. Werkstatt.	
2	64	"	26	52									
5	156	"	22	48									
11	80		20	46									2. Montage.
14	8		20	46									

Versteifungs- Winkel der Hauptträger }
 Querträger }
 horiz. Niete }
 vertik. Niete }
 Haupt- Träger }

Es bedeutet: beide Nietköpfe voll. ein Kopf versenkt. beide Köpfe versenkt.

den Anhang. Die in der Nietliste angegebenen Schafflängen berechnet jede Anstalt nach eigenen, durch die Erfahrung festgestellten Tabellen — Niet-Tabellen —, welche für alle vorkommenden Niet- und Eisenstärken den für die vollkommene Ausbildung des Schliesskopfes erforderlichen Längen-Zuschlag angeben. Die nach den Angaben der Nietliste auf der Hütte gefertigten Verbindungsmittel werden dort nach Länge und Stärke sortirt und in Fässern verpackt versendet.

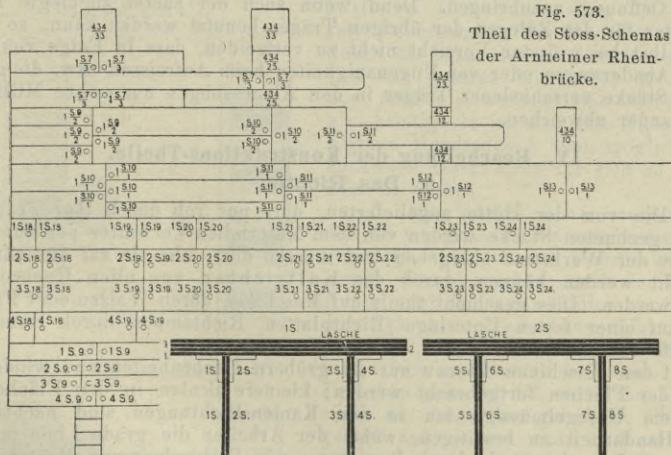
Die nachstehende Niet-Tabelle ist von Beuchelt & Co. in Grünberg aufgestellt¹⁾.

		Niete in Dicke von																					
		8		10		13		15		17		18		20		22		23		25		26 mm	
Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf	Länge im Eisen	Zugabef. d.Kopf
10	10	10	13	20	16	20	18	20	21	20	22	20	24	20	26	20	28	20	29	20	30	20	30
20	11	20	13	30	16	30	19	30	22	30	23	30	24	30	26	30	28	30	30	30	30	30	31
30	12	30	15	40	17	40	20	40	23	40	24	40	25	40	27	40	29	40	31	40	31	40	32
		40	15	50	18	50	21	50	24	50	25	50	26	50	28	50	30	50	32	50	32	50	33
				60	19	60	22	60	25	60	26	60	27	60	29	60	31	60	33	60	33	60	34
				70	20	70	23	70	26	70	27	70	28	70	30	70	32	70	34	70	34	70	35
				80	21	80	24	80	27	80	28	80	29	80	31	80	33	80	35	80	35	80	36
				90	22	90	25	90	28	90	29	90	30	90	32	90	34	90	36	90	36	90	37
				100	23	100	26	100	29	100	30	100	31	100	33	100	35	100	37	100	37	100	38

c. Anfertigung eines Stoss-Schemas oder Numerirungs-Planes.

Fig. 573.

Teil des Stoss-Schemas der Arnheimer Rheinbrücke.



Um eine sichere Kontrolle über die richtige Verwendung eines jeden Stückes der Konstruktion zu gewinnen, insbesondere um eine Verwechslung gleichartiger bearbeiteter Stücke, sowohl in der Werkstatt als auch später bei der Aufstellung am Bauplatz zu gewinnen, fertigt man zweckmässig für die Haupttheile je einen Plan an, aus welchem der Ort, die Länge und die Posit.-Nr. jedes Stückes ersichtlich ist. Der Ort des Stückes wird durch eine besondere Numerirung, welche auch auf dem Stücke selbst und zwar nach erfolgtem Zulagen anzubringen ist, bezeichnet.

Fig. 573 giebt ein Beispiel eines solchen Numerirungs-Plans. Jedes Stück

¹⁾ Handb. der Ingen. Wissensch. II. 2. Abtheilg. Der Brückenbau, S. 730.

trägt bereits an einem Ende das Zeichen: $\frac{\text{Kommiss.-Nr.}}{\text{Posit.-Nr.}}$ und erhält dazu auf beiden Enden noch folgende Zeichen bezw. Nummern: 1. das Gurt-Zeichen „S“ oder „Z“, je nachdem es im Ober- oder Untergurt liegt¹⁾; 2. eine Zug-Nummer, welche denjenigen Zug gleicher Profile (L-Eisen, Laschen, Stehbleche usw.) anzeigt, in welchem das Stück liegt, und 3. eine Stoss-Nummer, welche für die zusammen stossenden Enden zweier Stücke überein stimmt. Ausserdem erhalten die Lamellen oder Platten, um ihre Lage zu kennzeichnen, noch eine Platten-Nummer, die als Divisor unter die Stoss-Nr. gesetzt wird, während die Zug-Nr. vor dem Gurt-Zeichen zu stehen kommt.

Es bezeichnet also z. B. mit Bezug auf die Fig. 573 das Zeichen $1 \frac{ZS}{2}$: das

8. Stück (vom linken Auflager ab) der mittlern Lamelle des Untergurts im linksseitigen Träger; ferner das Zeichen 6 S 10 auf einem L-Eisen: die Lage desselben im Obergurt des rechtsseitigen Trägers und als 10. Stück im Zuge der L-Eisen auf der rechten Seite des linksseitigen Stehblechs. Sind mehrere gleiche Oeffnungen vorhanden, so läuft die Zug-Nr. weiter. Z. B. würden die Zug-Nr. für eine 2. Oeffnung der Arnheimer Brücke im Obergurt: 9 S, 10 S, 11 S, 12 S, usw. lauten.

Nachdem alle zugelegten Stücke nach vorstehendem (oder einem andern) Verfahren gezeichnet worden sind, kann die Bearbeitung ohne die Besorgniss einer Vertauschung einzelner Stücke vorgenommen werden. Dass eine Vertauschung unter Umständen Missstände im Gefolge hat, ist klar. Bei der Aufstellung einer grössern Brücke mit mehreren gleichen Oeffnungen wäre es z. B. unzulässig, ein Stück, welches für einen Knotenpunkt eines linksseitigen Haupt-Trägers zugelegt worden ist, an der entsprechenden Stelle im rechtsseitigen oder irgend einem andern Haupt-Träger einer andern gleichartigen Oeffnung anzubringen. Denn wenn auch der zuerst zugelegte Träger als Muster für das Zulegen der übrigen Träger benutzt werden kann, so ist es doch, selbst bei grösster Vorsicht nicht zu vermeiden, dass in Folge von Temperatur-Änderungen oder von Ungenauigkeiten beim Aufreissen usw. die gleichartigen Stücke verschiedener Träger in den Abmessungen um mehrer Millimeter von einander abweichen.

IV. Bearbeitung der Konstruktions-Theile.

a. Das Richten.

1. Die von der Hütte angelieferten, dort nur roh durch Heissrichten (S. 182) geebneten Stücke werden von dem Materialien-Verwalter positionsweise geordnet der Werkstatt übergeben und müssen dort, ehe sie auf die „Zulage“ gebraucht werden können, durch das Kaltrichten von allen Unebenheiten befreit werden. Dies geschieht theils auf Maschinen durch Walzen oder Pressen, theils auf einer festen Unterlage (Richtplatten, Richtambos) durch Handarbeit mit Hilfe von Hämmern.

Auf den Maschinen können nur die gröbern Unebenheiten und windschiefe Theile der Flächen fortgebracht werden; kleinere Beulen in den Flächen und vor allem Unregelmässigkeiten in den Kanten-Richtungen sind nachträglich durch Handarbeit zu beseitigen, wobei der Arbeiter die grade Linie mit dem Auge verfolgt oder auch durch Benutzung von Richtscheit und Musterstücken von der genauen Form der Flächen und Kanten sich überzeugt.

2. Das Richten der Bleche geschieht in Walzen-Pressen, in denen das zu richtende Blech gezwungen werden kann, einen beliebigen wellenförmigen Weg zu durchlaufen; man hat es dadurch in der Hand, die hauptsächlichsten Unebenheiten zu beseitigen. Dünnere Bleche (unter 6^{mm} stark) werden, weil sie stark federn, dadurch gerichtet, dass man mehre derselben (bezw. ein schwaches mit einem starken Bleche zusammen) durch die Walzen gehen lässt. Auch geschieht das Richten dünner Bleche auf festen Unterlagen durch

¹⁾ Die Zeichen S und Z (Stemm- und Zuggurt) sind alt hergebracht. Empfehlenswerther erscheinen dafür die Zeichen Ö und U.

Hämmern, ebenfalls das erforderliche Nachrichten der in den Walzen vorgerichteten Bleche.

Die Walzen-Richtpressen zeigen sehr verschiedene Anordnungen. Gewöhnlich sind 3 Unter- und 2 Oberwalzen vorhanden, von denen die erstern unmittelbaren Antrieb erhalten, während die letztern Schleppwalzen sind und senkrecht gehoben und gesenkt werden können. In den Fig. 574, 575 ist eine Walzenpresse zum Richten stärkerer Bleche dargestellt, welche 4 Ober- und 3 Unterwalzen enthält. Von der Betriebswelle *a* aus überträgt sich die Bewegung durch das Trieb *t* auf das grosse Zahnrad *Z*, welches auf der Achse der

Fig. 574.

a. Antriebswelle. — *O.* Oberwalzen. — *U.* Unterwalzen. — *t.* Trieb. — *S.* Gerüstständer. — *R.* Riemscheiben. — *H.* Handrad.

Fig. 575.

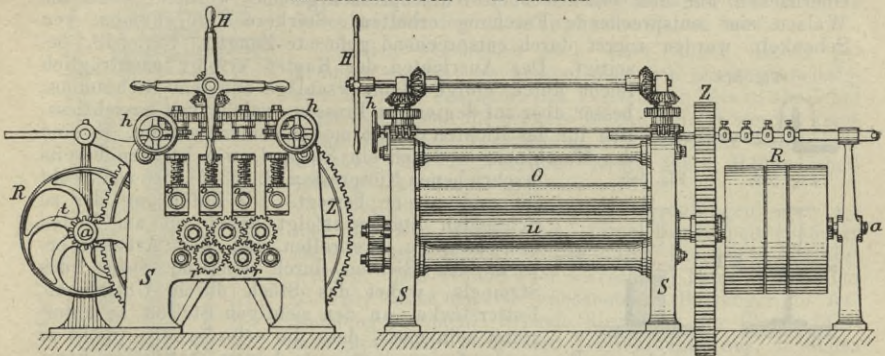
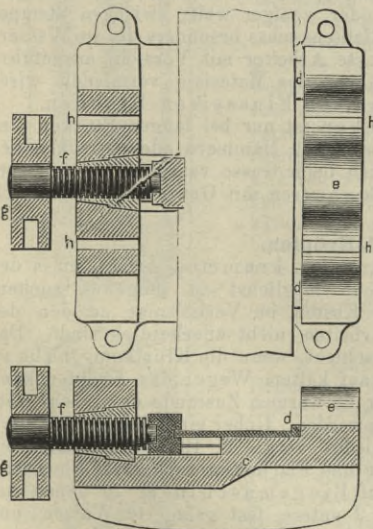


Fig. 576, 577.



mittleren Unterwalze sitzt. Die weitere Uebertragung der Drehung erfolgt durch die Zahnräder *r*. Durch das Drehen des grossen Handrades *H* heben oder senken sich sämtliche Oberwalzen gleichzeitig; es ist aber mit Hilfe eines kleinen Handrades *h* auch möglich, die äussersten Oberwalzen für sich zu heben oder zu senken.

3. Die Flacheisen werden auf den oben genannten Walzenpressen vorgerichtet, d. h. in den Oberflächen geebnet. Das Ausrichten nach der hohen Kante wird dann gewöhnlich in besondern Schrauben-Pressen ausgeführt. Bei der in Fig. 576, 577 dargestellten Vorrichtung¹⁾, die gewöhnlich auf einem Holz-Unterbau gelagert ist, wird das Flacheisen auf die sauber gehobelte Platte *c* gelegt und sodann werden Unterlagsstücke *d* an solchen Stellen zwischen den Rand *e* der Platte und das Flacheisen eingeschoben, dass mit Hilfe des Seitendrucks der Schraube *f* eine Durchbiegung der Kante zwischen den Stützen *d*

bewerkstelligt werden kann. Die auf dem Schraubenende steckende Hülse *g* bewirkt beim Richten schwächerer Flacheisen schon durch ihr Eigengewicht ein genügendes Andrücken der Schraube; bei stärkern Flacheisen kann durch Einstecken einer schweren Eisenstange das Eigengewicht und dadurch jener Druck vergrössert werden; bei sehr starken Flacheisen ist die Anwendung der

¹⁾ Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1867, S. 81.

Wasserkraft empfehlenswerth. Die Oeffnungen h in den Rändern e dienen zum Durchstecken von Eisenstücken, mit deren Hilfe unter Anwendung von Keilen man das zu richtende Flacheisen auf der Platte festhalten kann.

Soll z. B. ein nach der hohen Kante verbogenes Flacheisen gerichtet werden, so lagert man es, wie beschrieben, und verlängert dann die zu kurze konkave Kante, während seitlich auf die betr. Stelle der Schraubendruck wirkt, durch Treiben (S. 194) der Oberfläche in der Nähe der Kante. Dadurch wird es möglich, mit geringem Hämmern, ohne das Stück unansehnlich zu machen, sowohl ein krummes Flacheisen auszurichten, als auch ein grades Flacheisen nach einer vorgeschriebenen Kurve in der hohen Kante zu krümmen.

Die L-Eisen und auch andere Formeisen können, wie das Blech, in den Oberflächen auf den beschriebenen Walzenpressen geebnet werden, wenn die Walzen eine entsprechende Furchung erhalten. Stärkere Verdrehungen von Schenkeln werden zuerst durch entsprechend geformte Zangen, Fig. 578, beseitigt. Das Ausrichten der Kanten erfolgt nachträglich leicht durch einige Hammerschläge auf dem Richtambos, besser aber auf denjenigen Pressen, welche fast ausschliesslich für das Richten der Formeisen benutzt werden. Es sind das Maschinen, in denen ein Stempel, wie bei den bereits

Fig. 578.

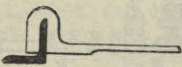


Fig. 579.

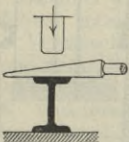
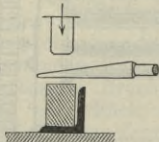


Fig. 580.



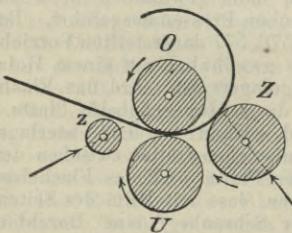
beschriebenen Nietpressen (S. 203 ff.), sich senkrecht auf und nieder bewegt. Die Zuführung der zu richtenden Stücke erfolgt dabei auf am Boden fest gelagerte Drehrollen, und der Arbeiter bewirkt das Richten durch einzelne Stösse des Stempels, wobei das Stück durch Unterlagen, Futterstücke, an den richtigen Stellen so unterstützt sein muss, dass die erforderliche (nicht zu grosse oder zu kleine) Biegung auf eine bestimmte Länge stattfinden kann. Die richtige Druckstärke sucht man gewöhnlich dadurch zu erreichen, dass man einen eisernen Keil, Fig. 579, 580, mehr oder weniger weit, zwischen Stempel und Formeisen schiebt. Diese Methode des Richtens muss besonders da, wo Wasserkraft in Anwendung kommt, durch geschickte Arbeiter mit Vorsicht ausgeführt werden, damit übermässige Inanspruchnahme des Materials vermieden wird. Namentlich gilt dies für das Richten von Flusseisen-Stücken.

4. Das Ausrichten von Gussstücken ist nur bei langen Stücken einfacher Form in sehr beschränktem Maasse durch Hämmern oder Strecken der kürzern Fasern möglich. Stücke, welche sich beim Gusse verzogen haben, werden wohl im glühenden Zustande durch Beschweren mit Gewichten oder durch Klopfen mit Holzhämmern gerichtet.

b. Biegen und Kröpfen.

Diese, sogen. krumme, Arbeit muss der Konstrukteur möglichst zu umgehen suchen, weil ihre Kosten im Verhältniss zu den der übrigen Arbeiten nicht unerheblich sind. Das Biegen geschieht, wenn die Krümmung nicht zu stark ist, auf kaltem Wege; das Kröpfen kann jedoch nur im warmen Zustande des Eisens vorgenommen werden. Ueber einfache Biegearbeiten des Schmiedes vergl. S. 195. Das Krümmen der Bleche und Flacheisen nach ihrer Flachseite erfolgt auf Biegemaschinen, in denen gewöhnlich 2 untere fest gelagerte Walzen und

Fig. 581.



1 obere, stellbare Walze liegen. Man findet jedoch für starke Bleche auch 4 Walzen, in einer Anordnung, wie sie Fig. 581 veranschaulicht.

Fig. 582, 583 stellen eine Biegemaschine mit 3 Walzen dar. Von der Antriebs-Welle a aus wird die Bewegung durch Räder-Vorgelege auf die beiden Unterwalzen u übertragen. Die Oberwalze oder Biegewalze O ist Schlepplage und ruht in 2 Lagern L , welche durch Drehen des Handrades H mittels der Kegelräder r und der auf der Welle w sitzenden Schnecken-Getriebe s gleich-

zeitig gehoben und gesenkt werden können. In seinem tiefsten Stande stützt sich jedes der Lager *L* auf den Gerüst-Ständer *S* bzw. *S'*.

Das Krümmen von Blechen nach der hohen Kante, z. B. bei Stehblechen in Trägern mit gekrümmten Gurten erfolgt durch Treiben¹⁾.

Das Biegen von Wellblechen — das sogen. Bombiren — findet unter Stempel-Pressen, besser aber in einem Walzwerk statt. 3 Unterwalzen liegen in einer Ebene, von denen eine hintere verstellbar ist, während eine Oberwalze senkrecht über der mittlern Unterwalze liegt.

Das Krümmen der L-Eisen auf Walzen ist nicht zu empfehlen, weil der in der Krümmungs-Ebene liegende Schenkel sich leicht ausbiegt oder Falten wirft.

Sollen Flacheisen nach ihrer hohen Kante gekrümmt werden, so bedient man sich am zweckmässigsten der oben beschriebenen Vorrichtung, die in ähnlicher Anordnung auch für breitere Bleche benutzt werden kann, wenn nur, zur Verstärkung des seitlichen Schraubendruckes, die erforderliche Kraft durch Räder-Uebersetzung oder dergl. ausgeübt wird.

Stärkere Biegungen und Kröpfungen von L- und T-Eisen sollten nie durch Handarbeit, sondern stets in passenden Gesenken durch Pressen ausgeführt werden. Das (runde oder viereckige) Horn des Ambos (*S. 195*) sollte nur für unbedeutende Biegungen in Anwendung kommen. Scharfe Biegungen der Bleche führt man mit Hilfe geeigneter Vorrichtungen aus, in denen das Blech zwischen Linealen festgehalten und durch maschinelle Mittel bis zu einem beliebigen Winkel gebogen werden kann²⁾.

Besondere Schwierigkeiten macht das Biegen der L-Eisen für Schiffsbau-Zwecke. Die Arbeit wird gewöhnlich auf einer Richtplatte vorgenommen, welche von unten her zugänglich ist und auf welcher die den verschiedenen Schmiegen entsprechenden Lehren an den richtigen Stellen befestigt sind. Die warm gemachten L-Eisen werden mit Hilfe einer Hebel-Vorrichtung gegen die Lehren gepresst und auf der Platte zum Erkalten gebracht. In neuester Zeit hat man zu diesem besondern Zwecke auch L-Eisen-Schmiege-Maschinen erdacht³⁾.

c. Bearbeitung der Flächen von Walzeisen und Gussstücken.

1. Eine Bearbeitung der Oberflächen findet in der Regel nur für Auflager- und maschinelle Theile (Gussstücke), sowie auch für Knoten-Bolzen statt, deren Berührungs-Flächen, damit die einzelnen Theile mit möglichst wenig Reibung und genau zusammen arbeiten, auf Plan- und Rund-Hobelmaschinen oder Drehbänken der geometrischen Form entsprechend eben und sauber hergestellt werden. Lässt man auch den Walzeisen-Sorten eine Bearbeitung angedeihen, so geschieht dies nur in der Absicht, die betr. Stücke schnell und billig auf die vor-

Fig. 583.

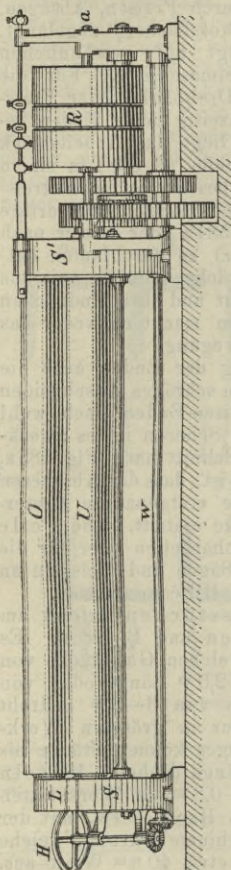
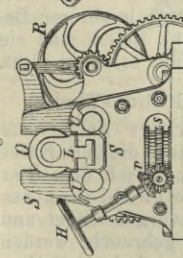


Fig. 582.



¹⁾ Eine Biegemaschine für Parabelträger-Stehbleche ist abgebildet und beschrieben in Schleicher & Trau, a. a. O. S. 145. Senkrechte Blechbiege-Maschine von Francis Berry & Sons in Soverby Bridge. Mit Abbildg. Stahl u. Eisen 1887, S. 435.

²⁾ Eine solche Vorrichtung ist abgebildet und beschrieben in Techn. Blätter 1872, S. 256.

³⁾ Eine solche Maschine von Arthur ist abgebildet und beschrieben: Zeitschr. d' Ver. deutsch. Ingen., 1886, S. 453.

geschriebenen Abmessungen zu bringen. Danach wird also eine Bearbeitung der Oberflächen beim Walzeisen — mit Ausnahme der Gleitstücke in den Auflagern nicht vorgenommen; es werden gewöhnlich nur die breiteren Flacheisen durch Hobeln der Seitenflächen (schlechtweg der Kanten) genau parallel und in richtiger Breite hergestellt und ausserdem alle Stücke durch Fräsen, Absägen, Abschneiden, Meisseln oder Feilen ihrer Endflächen (Stossflächen) abgelängt. Das Hobeln der Blech- oder Flacheisen-Kanten erfolgt auf gewöhnlichen Schlitten-Hobelmaschinen oder auch Blechkanten-Hobelmaschinen. Für die Bearbeitung der Endflächen benutzt man gewöhnliche Drehbänke oder Fräsmaschinen, in denen zur Zeit nur ein Ende oder gleichzeitig beide Enden bearbeitet werden. Bei der Bearbeitung auf Drehbänken liegt das Arbeitsstück fest gespannt, und der Stahl — welcher auf der Planscheibe (S. 308) in einem radial verschiebbaren Support (S. 309) befestigt ist — beschreibt einen kreisförmigen Weg. Man kann in dieser Weise zur Zeit auch mehrere gleichartige Arbeitsstücke ablängen; z. B. können L-Eisen nach Fig. 584a oder besser nach Fig. 584b (weil dort der Stahl einen kleineren Weg (x) zu durchlaufen hat) zwischen 2 Planscheiben, die je nach der Länge der Stücke beliebig weit aus einander geschoben werden, aufgeschichtet, fest gespannt und ihre Endflächen rechtwinklig bearbeitet werden. Bei den Fräsmaschinen macht entweder das Arbeitsstück oder der Fräskopf (S. 303) die Seitenbewegung.

Vieflach wird in neuerer Zeit für die Bearbeitung der Enden auch die Kreis-Säge (S. 161) angewandt, besonders wenn es sich um schräges Abschneiden handelt. Ferner werden für das Abschneiden der L-Eisen-Enden auch wohl besondere L-Eisen-Scheren, Fig. 585, benutzt. Bei diesen Scheren ist es zweckmässig, wenn das obere Scheren-Messer nicht auf sog. Schnitt nach Fig. 585a,

Fig. 584.

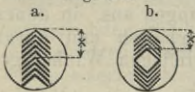
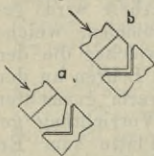


Fig. 585.



sondern nach Fig. 585b so geformt ist, dass das Abschneiden auf ein mal erfolgt, weil durch die erstgenannte Messerform leicht ein Verbiegen der Stücke eintritt. Die Feile wird meistens nur für geringe Nacharbeiten oder für die Beseitigung des beim Schneiden, Sägen und Meisseln an den Kanten entstehenden Grates zu Hilfe genommen.

2. Die Bearbeitung von Gussstücken erfolgt am sichersten und billigsten durch Drehen und Bohren. Es ist zu beachten, dass Drehbänke, auf welchen Gussstücke von mehr als 0,5 m Halbmesser und 1,5–2,0 m Länge oder von mehr als 0,2 m Halbmesser bei Längen von 3–5 m gedreht werden können, sich in der Regel nur in grösseren Werkstätten finden. Werkstätten ersten Ranges können Stücke bis etwa 0,5 m Halbmesser, bei 5–8 m Länge drehen. Hobeln

kann man in mittlern Werkstätten bei Breiten von 0,5–0,8 m, in Werkstätten 1. Ranges bis 3 und 4 m Breite. Löcher-Bohren von Hand, bezw. mit der Knarre, kann jede Fabrik bis etwa 60 mm Durchm. Maschinen-Bohrung, welche billiger ist, führen fast alle Fabriken bei Löchern bis zu etwa 40 mm Weite aus. Um schädliche Spannungen entfernen oder die Gussstücke behufs leichterer Bearbeitung weicher zu machen, werden dieselben angelassen, indem man sie unter Abschluss der Luft längere Zeit glüht und dann langsam erkalten lässt.

d. Das Vorzeichnen und Zulegen einzelner Konstruktions-Theile.

1. Das Aufreissen einzelner Konstruktions-Theile erfolgt auf einem hölzernen Reissboden, oder besser auf dünnen Eisenblechen, die mit Kalkmilch bestrichen und auf die Zulage (S. 296) gelegt werden. Nach dem Riss in natürlicher Grösse werden entweder Musterstücke oder Schablonen aus dünnem Blech angefertigt oder einzelne Stücke unmittelbar vorgezeichnet und bearbeitet, so dass sie als Muster für gleich gestaltete Stücke gebraucht werden können. Die Anwendung von Musterstücken aus Holz und dgl. ist bei Herstellung grosser Konstruktionen nicht zu empfehlen, weil dabei durch die ungleiche Ausdehnung der Eisenstücke und der Musterstücke in Folge von Temperatur-Aenderungen, Mass-Unterschiede entstehen, die je nach den grösseren oder kleineren Abmessungen der Stücke und der Tages- oder Jahreszeit, in welcher die Mass-Uebertragung stattfindet, mehr oder minder erheblich sein werden.

Wenn alle zu einem Konstruktions-Theile gehörigen Stücke auf vorbeschriebene Weise richtige Abmessungen erhalten haben, so kann das Vorzeichnen der etwa noch fehlenden Masslinien, besonders der Niet- oder Schrauben-Theilungen entweder nach den Zeichnungen und Rissen unmittelbar auf jedes Stück oder, nach erfolgter vorläufiger Zusammenfügung aller Stücke, auf der Zulage erfolgen. Die erstgenannte Art des Vorzeichnens — das Vorreiss-Verfahren — kommt in Anwendung, wenn man zweckmässig mit Schablonen-Stücken arbeiten kann, die letztgenannte Art — das Zulege- oder Anlege-Verfahren — wenn nach erfolgter Zusammenfügung und Vorzeichnung alle, in mehren Stücken über einander liegenden Niet- oder Schraubenlöcher sofort auf der Zulage gebohrt werden sollen. Das Zulege-Verfahren sollte, wenn möglich, immer gewählt werden, da es grosse, weiterhin noch näher erläuterte Vorzüge hat.

Fig. 586.

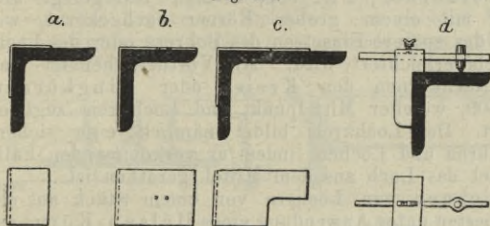


Fig. 587.

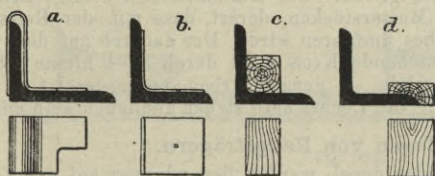


Fig. 588.

2. Zum Uebertragen der Niettheilungen auf die Schenkel der L-Eisen oder dergl. benutzt man Streich-Masse, Reissnadel, Anschlagwinkel und Zirkel. Die einzutheilende Fläche wird dabei zweckmässig mit Kreidewasser oder Kalkmilch bestrichen. Jedes Formeisen hat sein eigenes Streichmass, das, wie die Fig. 586, 587 erläutern, zum Anreissen der Schenkel oder Nietmittel eingerichtet sein kann. Das Anzeichnen auf den innern Schenkel-Flächen der L-Eisen ist nicht sehr empfehlenswerth. Zwar gestatten die so vorgezeichneten Stücke ein bequemes

Fig. 591, 592.

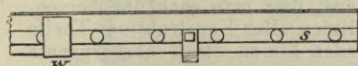


Fig. 589.

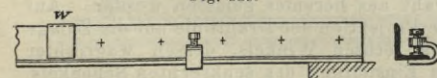
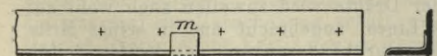


Fig. 590.



Bohren oder Lochen, doch können dieselben nicht als Musterstücke verwendet werden. Bei Benutzung der Streichmasse, Fig. 586 b, c und d ist die Genauigkeit des Vorzeichnens sogar abhängig von der richtigen Schenkelstärke bzw. Schenkelbreite, was beim Vorreissen mit Hilfe der Reissmaasse auf der äussern Schenkel-Fläche nicht der Fall ist. Da nun die Bohr- und Lochmaschinen eine Einrichtung ihres Tisches, welche ein Aufspannen der Winkel in beliebiger Lage gestatten, leicht erhalten können, so dürfte das Verfahren des Anzeichnens auf den äussern Schenkel-Flächen der L-Eisen das zweckmässigere Verfahren sein.

Fig. 588—592 stellen beispw. das Verfahren beim Vorzeichnen der Nietmittel auf der innern und äussern Schenkelfläche näher dar. In Fig. 588, 589

wird eine dünne Bandeisen-Schablone s , welche die Niettheilung enthält, durch eine Schraubzwinde fest gehalten. Mit Hilfe passender Blechwinkel w und mit dem Streichmass m erfolgt sodann das Vorreißen der Nietmittel. In Fig. 591, 592 wird zum Vorreißen das Streichmass m und der Anschlagwinkel a gebraucht.

Das Vorzeichnen der Bleche geschieht in ähnlicher Weise; es erscheint aber vortheilhafter, die Nietlöcher vom L-Eisen auf das Blech, als umgekehrt zu übertragen, weil erstere im allgemeinen besser vorge richtet sind und auch leichter gehandhabt werden können.

Wenn das Vorreißen nach erfolgter vorläufiger Zusammenfügung der Stücke stattfindet, so muss es auf der innern Schenkel-Fläche der L-Eisen geschehen, wie Fig. 593 deutlich macht.

Fig. 593.

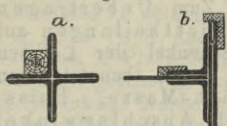
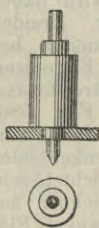


Fig. 594.



3. Die angerissenen Lochmittel werden sofort durch den Vorkörner, Fig. 509, S. 298, fest gelegt und darauf mit einem groben Körner nachgekörnt, wodurch das spätere Einsetzen des Bohrers oder des Lochstempels erleichtert wird. Mit Vortheil benutzt man zum Nachkörnen den Kreis- oder Ringkörner, Fig. 509, welcher Mittelpunkt und Lochkreis zugleich schlägt. Der Lochkreis bildet nämlich eine sichere Kontrolle beim Bohren und Lochen, indem er vorkommenden Falls anzeigt, um wie viel das Loch aus dem Mittel gerathen ist.

Das Durchzeichnen von Löchern von einem Stück auf ein anderes erfolgt am besten unter Anwendung eines Hülsen-Körners, d. h. eines Körners, der in einer Hülse vom Durchmesser des Loches geführt wird, Fig. 594. Das Durchzeichnen erfolgt zuweilen auch mit Hilfe von Musterstücken, derart, dass mit der Reissnadel der Umfang des Loches umfahren wird. Der dadurch auf dem unterliegenden Stücke entstehende Kreis wird durch 3—4 kleine Körnerpunkte fest gelegt, welche — genaue Arbeit vorausgesetzt — nach erfolgter Fertigstellung des Loches halb stehen geblieben sein müssen.

e. Das Zulagen von Hauptträgern.

Hauptträger der Brücken oder dergl. werden liegend ganz auf der Zulage zusammen gebaut. Die Uebertragung der Konstruktions-Masse hat unter Beachtung der jeweiligen Temperatur und unter Anwendung eiserner Lineale zu erfolgen. Gewöhnlich geschieht dies in der Weise, dass man nach den berechneten Massen das geometrische Netz der Mittellinien aller Konstruktions-Theile vorzeichnet, wobei behufs Festlegung der graden Linien straff ausgespannte Drähte zu Hilfe genommen werden. Das Einmessen einzelner Punkte geschieht durch Senkel (S. 298), welche vom Draht aus herunter gelassen werden. Auf dem Harkort'schen Werke geschieht die Projektion der Drahtlinie auf die Zulage (oder das Musterstück) mit Hilfe eines rechten Winkels, dessen wagrechter Schenkel eine Wasserwage zur genauen Einstellung des senkrechten Schenkels, an welchen sich der Draht lehnt, trägt. Zur Erleichterung der Mass-Bestimmung und des genauen Ausspannens der Drähte wird zuweilen auch wohl auf jeder Langseite der Zulage ein eisernes Lineal angebracht und in seiner Mitte derart befestigt, dass es sich bei Temperatur-Aenderungen nach beiden Seiten hin ausdehnen oder zusammen ziehen kann. Steht dabei die Verbindungs-Gerade der Lineal-Mitten senkrecht zur Richtung beider Lineale, so ist es leicht, auf beiden Linealen entsprechende Theilpunkte einzuschneiden und Drähte zur Darstellung von Ordinaten usw. auszuspannen.

Mit Hilfe des geometrischen Netzes, welches genau genommen nur bei einer ganz bestimmten Temperatur den Messungen zu grunde gelegt werden darf, oder eintretenden Falls der Temperatur-Erhöhung entsprechend verbessert werden muss, kann man die Masse aller Stücke bequem übertragen. Die so übertragenen Abmessungen werden aber meistens immer noch von den rechnungsmässig ermittelten, in die Arbeits-Zeichnungen eingeschriebenen, um ein Geringes (1—2 mm) abweichen; dieser Umstand fällt aber nicht ins Gewicht, wenn nur dafür Sorge getragen wird, dass die Stösse überall genau schliessen. Das Ein-

richten der Stoss-Anschluss- oder Knoten-Bleche ist daher eine der wichtigsten Arbeiten.

Der Hergang beim Zulegen eines grössern Trägers ist beispielsweise folgender: Zuerst werden die Gurtbleche nach dem Stoss-Schema (S. 327) angelegt und mit den Gurtwinkeln durch Schraubzwingen zusammen gehalten; dabei wird die richtige Entfernung der Gurtwinkel von einander vorläufig durch Einlegen von Futterstücken erzielt, Fig. 595, 596. Waren die Nietlöcher in den Gurtwinkeln bereits vorhanden, so werden sie auf das unterliegende Gurtblech übertragen; dieses giebt dann, nachdem es gebohrt oder gelocht worden ist, ein Muster ab für das weiter unten liegende Blech usw. Sind viele Gurtbleche vorhanden, so ist ein gemeinschaftliches Bohren derselben vorzuziehen; in diesem Falle sind einzelne Löcher erst vorzubohren und zu verdornen oder verschrauben. Fig. 595 zeigt eine derart verspannte, zum Bohren eingerichtete Gurtung; Fig. 596 desgl. einen Blechträger, in welchem die Gurte bereits gebohrt sind, während die Löcher im Stehblech erst gebohrt werden sollen. Die fertig gebohrten Gurtungen werden in wagrechte Lage gebracht, Fig. 597 a, und darauf

Fig. 595.

Fig. 596.

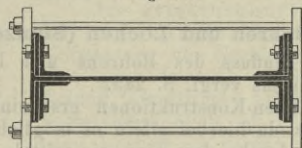
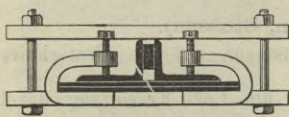


Fig. 597.

die genau abge-
längten Vertikalen
(Druckständer) an-
geschlossen, Fig.
597 b u. 598.

Bei Parallel-
Trägern, welche
eine Sprengung

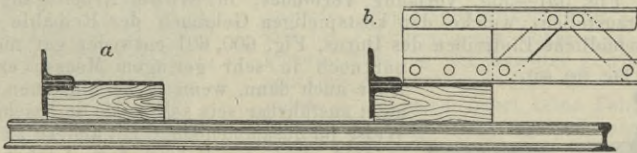
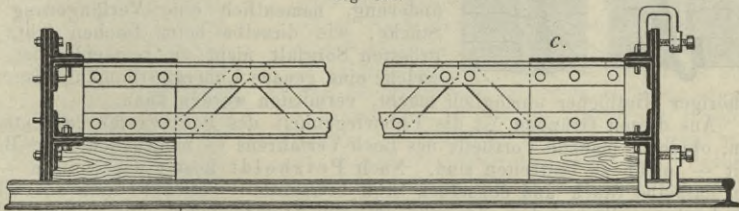


Fig. 598.



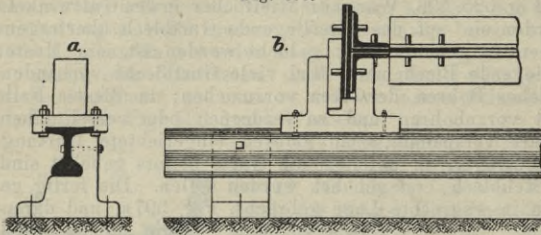
erhalten, wird der untern Gurtung mit Hilfe von Winden die gewünschte Bogenform gegeben, wodurch auch die obere Gurtung an jedem Knotenpunkt die erforderliche Ueberhöhung erhält, um die Sprengung vornehmen zu können. Hat das System keine Vertikalen, so werden solche vorüber gehend gewöhnlich aus Holz eingebaut und nach erfolgtem Einziehen der Schrägstreben wieder entfernt.

Wenn auf solche Weise die Knotenpunkte der Träger auf der Zulage dem geometrischen Netze entsprechend festgelegt sind, kann die genaue Länge der Schrägstreben und deren Anschluss an die Gurte bestimmt werden. Druckstreben können leichter eingebaut werden als Zugbänder. Letztere biegen sich in Folge ihres Eigengewichts durch, was beim Verzeichnen der Anschluss-Niete zu berücksichtigen ist, damit nach erfolgter Verdornung die Streben die nöthige Spannung erhalten. Das Bohren der Löcher für das eine Ende der Zugbänder verbleibt daher am besten bis zur Montage ¹⁾.

¹⁾ Ueber den grossen Einfluss von Ablängungs-Fehlern auf die Tragfähigkeit von Stäben vergl. die Ermittlungen von Zimmermann im Zentralbl. der Bauverwalt. 1881, S. 248, und 1886, S. 143

Um die Anwendung von Winden behufs Herstellung der Sprengung zu umgehen, verwendet man zur Aufnahme der Gurte mit Vortheil besondere Montirständer, Fig. 599, welche auf der Zulage nach Maassgabe des geometrischen Netzes gelagert und befestigt werden. — Nachdem der Hauptträger, wie beschrieben, vollständig zusammen gebaut, besonders auch das

Fig. 599.



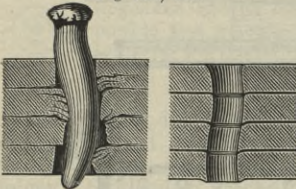
tadellose Schliessen aller einzelnen Verbindungsstücke hinreichend fest gestellt worden ist, kann er in seine einzelnen Theile wieder zerlegt werden. Diese erhalten dann sofort die S. 327 erwähnte Nummerierung, um einer späteren Vertauschung vorzubeugen.

f. Bohren und Lochen (Stanzen, Stossen).

1. Ueber den Einfluss des Bohrens und Lochens auf die Festigkeitseigenschaften des Eisens vergl. S. 249.

Für grössere Eisen-Konstruktionen erscheint die Loch-Erzeugung durch Bohren als die beste, da hierbei allein es möglich ist, in mehreren über einander liegenden Stücken dadurch, dass man sie mittels einzelner Bolzen oder durch Zwingen, Fig. 597—599, vorläufig verbindet, in einem Arbeitsgange Nietlöcher herzustellen, welche den kostspieligen Gebrauch der Reibahle (S. 301) und das schädliche Eintreiben des Dorns, Fig. 600, 601 entweder gar nicht oder nur noch in sehr geringem Maasse erfordern.

Fig. 600, 601.



Aber auch dann, wenn es bei einzelnen Stücken nicht ausführbar sein sollte, sie in beschriebener Weise im Zusammenhange mit andern zu bohren, so wird doch das Bohren dem Lochen vorzuziehen sein, weil bei ihm eine schädliche Formänderung, namentlich eine Verlängerung der Stücke, wie dieselbe beim Lochen trotz der grössten Sorgfalt nicht zu vermeiden ist, und welche eine genaue Uebereinstimmung zusammen

gehöriger Nietlöcher unmöglich macht, vermieden werden kann.

Aus diesen Gründen ist die Ueberlegenheit des Bohr-Verfahrens entschieden, obgleich manche Vortheile des Loch-Verfahrens — namentlich seine Billigkeit — nicht zu bestreiten sind. Nach Petzholdt kostet das Bohren — ein und dasselbe Stück und denselben Stoff betrachtet — etwa 10 mal so viel als das Lochen. Während in Amerika, wo die Nietarbeit nur eine untergeordnete Stelle einnimmt, das Lochen aller Stücke die Regel bildet, schreiben die meisten deutschen Verwaltungen das Bohren aller Formeisen, mit Ausnahme des der Futterstücke, ausdrücklich vor. Das Lochen der Bleche wird zuweilen zugelassen, hauptsächlich wohl aus dem Grunde, um den Preis der Arbeit herab zu mindern und weil ausserdem auch das schädliche Strecken beim Lochen um so weniger stattfindet, je dünner und breiter die zu lochenden Stücke sind.

Sowohl beim Bohren als auch beim Lochen wird meistens gestattet, kleine Abweichungen der Löcher von den vorgeschriebenen Lochstellen, wenn sie höchstens 5% des Nietloch-Durchmessers betragen, mittels Gebrauchs der Reibahle zu beseitigen.

Die Festsetzung des Verhältnisses von Loch-Durchmesser zum Niet-Durchmesser bleibt in der Regel dem Fabrikanten überlassen, der gewöhnlich die Lochweite genau nach Vorschrift der Entwurfs-Zeichnungen herstellt und die Niete, damit sie im warmen Zustande bequem einzustecken sind, um etwa 3% im Durchmesser dünner anfertigen lässt. Doch werden in einigen Fällen auch über dieses Verhältniss Bestimmungen getroffen. Z. B. wünscht die Verwaltung

der Holländischen Staatsbahnen den Niet im Durchmesser um 2% grösser, als das nach dem Entwurf-Masse gebohrte oder gestossene Loch und ein Aufreiben des Loches durch die Reibahle um 5% seines Durchmessers. Da aber die Reibahlen-Arbeit eine kostspielige ist, so sollte sie möglichst beschränkt werden, um so mehr als sie unter Umständen sehr schädliche Folgen nach sich ziehen kann, z. B. wenn dadurch eine ungleichmässige, mangelhafte Berührung der Lochwänden mit dem Nieten herbei geführt wird, oder wenn die dabei erzeugten feinen Eisenspäne zwischen die einzelnen, sich noch nicht fest berührenden Blechlagen in das Innere der Konstruktion getrieben werden und dort die Rostbildung befördern. Ein Aufreiben gebohrter Löcher ist nicht erforderlich.

Das gemeinschaftliche Bohren der Löcher auf der Zulage und möglichste Vermeidung von Nacharbeiten durch die Reibahle muss demnach als bestes Mittel zur Erzielung sorgfältiger Arbeit bezeichnet werden. Selbstverständlich ist beim Bohren und auch beim Lochen nie darauf zu rechnen, dass der Durchmesser des Loches mathematisch genau ausfalle. Schon beim Ankörnen des Lochmittels und bei Einführung des Bohrers in die angekörnte Mitte ist der Arbeiter gewissen Beobachtungs-Fehlern ausgesetzt, aber auch angenommen, es seien dabei keine Fehler unterlaufen und das Werkzeug sei mathematisch genau hergestellt, so lehrt doch die Erfahrung, dass ein exzentrisches Bohren stattfinden kann, weil kein Material, weder das feinste Schweisseisen, noch der beste Gussstahl eine völlige Gleichmässigkeit der Oberfläche in Bezug auf den Härtegrad besitzt. Der Bohrer zeigt nämlich das Bemühen, das Stück so lange zu verschieben, bis er die ihm zusagende weichste Partie der Oberfläche erfasst hat; man sagt, er verläuft. Daran wird er oft selbst dadurch nicht gehindert, dass das zu bohrende Stück fest geschraubt ist, da er in solchem Falle sich seitwärts biegt, so weit, wie es das Spiel der Führung erlaubt. Eine genauere Arbeit kann man nur erzielen, wenn man zuerst mit dem Spitzbohrer ein kleines Loch vorbohrt und dasselbe dann mit dem Ring- oder Zentrum-Bohrer, S. 300, erweitert. Dies Bohrverfahren wird viel geübt; es giebt auch Sonder-Bohrmaschinen, welche dasselbe dadurch erleichtern, dass sie gleichzeitig mit zwei Bohrern — einem Spitzbohrer und einem Ringbohrer — arbeiten¹⁾.

2. Der Lochstempel bietet alle oben genannten Uebelstände in geringerem Maasse dar. Möglichst mathematisch genaue Führung des

Fig. 605.



Fig. 606.

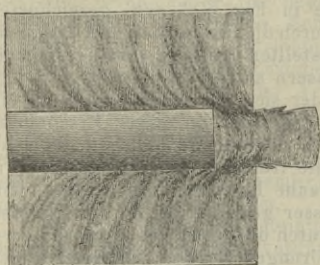


Fig. 604.

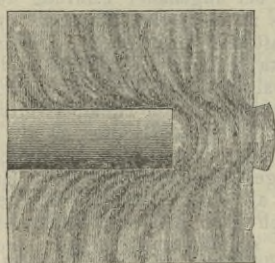


Fig. 603.

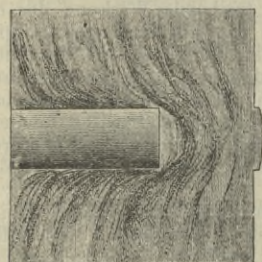
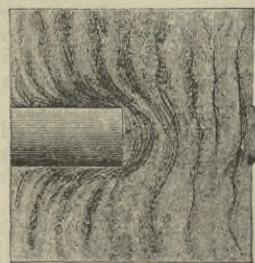


Fig. 602.



¹⁾ Vereinigte Vor- und Nach-Bohrmaschine von Lichthardt. Dortmund. D. R. P. Nr. 9206.

Stempels zwischen den Gleitbacken und grösste Achtsamkeit des Arbeiters voraus gesetzt, erfolgt die Lochung in der Regel ohne messbare Exzentrizität; auch fällt das Loch bei richtiger Form des Stempels und der Matrize und bei guter Beschaffenheit des zu lochenden Materials immer sauber und fast bartlos aus, während das gebohrte Loch an dem Unterrande stets einen starken Grat zeigt. Doch ist es nie möglich, ein genau zylindrisches Loch zu stossen, weil jedes gestanzte Loch aus folgenden Gründen stets kegelförmig ausfallen muss. Es gestaltet sich der aus dem Loch gestossene Putzen — wie z. B. die in Fig. 602—606 gezeichneten, nach den unter Leitung von Professor Thurston durch die Firma Hoopes & Townsend in Philadelphia¹⁾ angestellten Versuchen dargestellten Schnitte veranschaulichen — in Folge der beim Abscheren der Metallfasern auftretenden starken Seitendrucke auf die Lochwandung als ein Körper, der sich aus einer Anzahl in einander geschobener abgestumpfter Kegel zusammen setzt. Zu dieser Erscheinung trägt auch der Umstand bei, dass die grössten Scherkräfte nicht in der senkrechten Druckebene stattfinden. Damit nun die treibende und drückende Wirkung des sich vorschiebenden Putzens keine rauhe Lochwandung erzeuge, wird der obere Durchmesser der Matrize etwas grösser gemacht als der Durchmesser des Stempels. Dadurch vergrössert sich die durch die Form des Putzens hervorgerufene Bestrebung zur Bildung eines kegelförmigen Loches, während gleichzeitig die Gefahr der Beschädigung des Stempels bei ungenauer Führung desselben, sowie einer zu grossen Beanspruchung des zu lochenden Materials und ausserdem auch die zum Lochen erforderliche Kraft sich verringern. Auf den

Fig. 607.



Edge-Moor-Werken in Amerika wird der Durchmesser des Matrizen-Loches (D) um $0,2$ mal der Dicke δ des zu lochenden Bleches grösser angenommen, als der Stempel-Durchmesser d , also $D = d + 0,2\delta$. Jedenfalls darf D nie so gross werden, dass eine Biegung anstatt des Abscherens eintritt. Die Kegelform der gestossenen Löcher kann man eher als einen Vortheil, denn als einen Nachtheil ansehen, weil der in einem solchen Loche erkaltende, sich nach Richtung seiner Axe zusammen ziehende Niet, Fig. 607, in Folge seines keilförmigen Querschnitts eine treibende Wirkung ausübt und die zu vernietenden Platten demnach kräftig zusammen presst. Diese treibende Wirkung des erkaltenden Niets wird in gebohrten Löchern durch die Versenkung (S. 301) befördert und letztere erfüllt ausserdem den Zweck, die Festigkeit des Nietschaftes an der Uebergangsstelle zwischen dem Kopf und Schaft zu vergrössern und das völlige Ausstauchen der Nietlöcher zu befördern. Man wird im Brückenbau daher eine Versenkung sowohl bei gebohrten als auch bei gestanzten Löchern vornehmen müssen und dabei die Tiefe der Versenkung, damit auch bei längeren Nietschaften ein völliges Ausstauchen des Nietloches zu erwarten steht, mit der Länge des Schaftes zunehmen lassen.

Die Ausführung der Versenkung wird bei den gebohrten Löchern gleich unter der Bohrmaschine — oder durch Handarbeit — gewöhnlich mit Hilfe vielschneidiger kegelförmiger Ausreiber — sogen. Krausköpfe (Fig. 521 d) — bewirkt.

V. Verbindungs- und Vollendungs-Arbeiten.

a. Reinigungs-Arbeiten.

Der die Arbeiten in der Werkstatt kontrollirende Beamte hat die bearbeiteten Stücke vor ihrer Verbindung sorgfältig zu prüfen und diejenigen Stücke zu verwerfen, welche während, oder in Folge der Bearbeitung beschädigt worden sind. Dies werden namentlich solche Stücke sein, die beim Lochen oder Bohren rissig geworden oder beim Kröpfen und Biegen verbrannt sind oder un-

¹⁾ *Journal of the Franklin Institute*. March 1878. — Vergl. auch die hervorragenden Arbeiten von Tresca (in den *Comptes rendues*, vol. 68 u. 70 und *Engin.*, vol. 45, S. 429) über das Lochen. Ferner eine neuere Arbeit „Ueber das Lochen von Eisen“ von Prof. Keller (Zeitschr. d. Oesterr. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 163), welcher zahlreiche photo lithographische Abbildungen der durchgesägten, geschliffenen und geätzten Schnittflächen beigegeben sind.

vorschriftsmässige Form erhalten haben. Die tauglichen, von Grat und Bohrspähnen befreiten Stücke werden sodann einer gründlichen Reinigung unterworfen, wobei man alle Flächen in metallischer Reinheit, besonders ohne Spuren von Rost oder Hammerschlag zu erhalten sucht, um das spätere Nachrosten derselben unter dem Firniss, bezw. dem Anstrich möglichst zu verhindern. Die Reinigung kann durch mechanische oder chemische Mittel oder auch durch beide genannten Mittel zugleich bewirkt werden. Häufig begnügen sich die Besteller schon mit der mechanischen Reinigung, bei welcher Rost und Hammerschlag durch Drahtbürsten, Schabeisen usw. und der in den Poren des Eisensitzende Staub durch Putzlappen beseitigt wird, verlangen dann aber zur Erhaltung des gereinigten Zustandes gewöhnlich einen sofortigen einmaligen Anstrich der Stücke vor der Verbindung. Es ist aber anzurathen, nach der mechanischen auch noch eine chemische Reinigung vorzunehmen, weil durch letztere etwa noch an den Stücken haftende Rosttheilchen sicher entfernt werden und weil, wahrscheinlich aus diesem Grunde, erfahrungsmässig der spätere Anstrich auf einer auch chemisch gereinigten Fläche länger hält, als auf einer nur mechanisch gereinigten.

Bei der chemischen Reinigung werden die mechanisch gereinigten Stücke in einem Bade von stark verdünnter Salzsäure gebeizt. Das Bad darf nur eine schwache Wirkung äussern, damit die Stücke lange genug darin liegen bleiben können, ohne dass man zu befürchten braucht, die bearbeiteten Flächen und Kanten, welche dazu am ehesten geneigt sind, möchten angefressen werden. Die gebeizten Stücke werden durch Eintauchen in Kalkwasser von der etwa noch anhaftenden Säure befreit und schliesslich in kaltem Wasser oder besser in stark verdünnter Sodalauge abgespült. Dann bringt man die Stücke zweckmässig in ein Bad heissen Wassers (von 60—70° Wärme) und versieht sie, sobald das Wasser auf den Oberflächen verdunstet ist, zum Schutze gegen das Wiedereinrosten mit einem Anstrich von siedend heissem dünnflüssigen Leinölfirnis. Bis der Firniss genügend getrocknet ist, sind die gestrichenen Stücke in geeigneter Weise unter Schutz zu halten.

Ueber den grössern oder geringern Werth der gebräuchlichen Reinigungs- bezw. Mittel zur Verhütung der Rostbildung herrschen verschiedene Ansichten. Namentlich hält man das Beizen vielfach für schädlich. Dies ist es aber nur bei lässiger Arbeit, wenn die Säure-Reste nicht sorgfältig genug von den Stücken entfernt worden sind.

b. Nieten und Verschrauben im allgemeinen. Hand-Nieterei.

1. Vor der Vernietung sind die Stücke -- falls es erforderlich ist -- insoweit nachzurichten, dass bei der vorzunehmenden vorläufigen Zusammenfügung mit Hilfe von Dornen und Schrauben eine vollständige Flächenberührung aller auf einander liegenden Theile erzielt werden kann. Die genaueste Verdornung und Verschraubung ist eine wesentliche Vorbedingung für die Möglichkeit einer vollkommenen Vernietung. Die Stücke sind dabei nicht gewaltsam zusammen zu zwängen; die vorläufige Verbindung muss derart genau sein, dass bei ihrer Lösung die Stücke nicht aus einander federn. Aus der mehr oder minder gewaltsamen Art, mit welcher die Dorne eingetrieben werden müssen (Fig. 600), um ein Aufeinanderpassen der Löcher bezw. Durchstecken der Schraubenbolzen zu ermöglichen, kann man einen Schluss auf die Güte der vorauf gegangenen Werkstatt-Arbeiten ziehen.

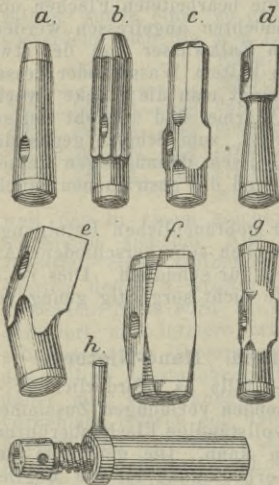
Die Schrauben sollen in reichlicher Anzahl gezogen werden -- im allgemeinen etwa durch jedes dritte Nietloch -- damit beim Vernieten weder gewaltsame Spannungen, noch Verschiebungen einzelner Stücke zu befürchten sind.

Da die Nietarbeit auf der Montage bedeutend theurer zu stehen kommt, als in der Werkstatt, so wird das Werk bestrebt sein, die Einzelstücke, so weit wie möglich, schon in der Werkstatt zu einem Ganzen zu verbinden. In wie weit dies geschehen kann, hängt von der Beschaffenheit der für die Versendung nach der Baustelle zu Gebote stehenden Beförderungsmittel und von der Anordnung der Stösse ab. Die Längs- und Querträger grösserer

Brücken werden z. B. in der Regel in der Werkstatt vollständig fertig vernietet; häufig auch kleinere Blechbrücken. Grössere Brücken werden vorkommenden Falls dann in der Werkstatt vollständig zusammen gesetzt, wenn sie mittels eines besonders zu diesem Zwecke gebauten Wagens nach der Baustelle verbracht werden können.

2. Bei der Ausführung der Vernietung sind folgende Punkte zu beachten: Das Anwärmen der Niete soll in zweckmässig gebauten Oefen in der Art vor sich gehen, dass jeder Niet rasch in allen Theilen möglichst gleichmässig und höchstens bis zur Gelbluth-Hitze angewärmt wird. Der Niet soll vom Zunder und Span befreit eingesteckt werden und die Bildung des Schliesskopfes unter Anwendung eines angemessenen Druckes so rasch erfolgen, dass, während der Niet noch warm und bildsam ist, eine vollständige Ausstachung des Nietloches und aller seiner Unregelmässigkeiten ermöglicht werden kann. Unmittelbar nach Vollendung des Schliesskopfes darf derselbe weder eine zu hohe, noch zu niedrige Wärme haben; er soll etwa im Schatten noch eine dunkle Glühfarbe zeigen, damit in Folge der Einwirkung der gespannten Stücke eine Verlängerung des Nietes nicht mehr eintreten kann, vielmehr durch eine Verkürzung des Nietschaftes bei weiterer Abkühlung ein festes Zusammenpressen der vernieteten Stücke bewirkt wird.

Fig. 608. a., b., c. Verschiedene Döpper oder Schallhämmer. — d., e., g. Niethämmer. — f. Döpperhämmer. — g. Nietwinde.



Der Hitzegrad des Nietkopfes ist von grossem Einfluss auf die Haltbarkeit der Nietverbindung. Considère hat bei seinen (S. 252 erwähnten) Versuchen ermittelt, dass die Reibung zwischen den zu verbindenden Lagen um 40—50% wächst, während die Wärme der Niete beim Pressen vom Hellroth bis zum Dunkelroth abnimmt.

Die Handnieterei wird durch eine 4—6 Mann starke „Niet-Kolonne“ ausgeführt, welche aus 1 Vormann, 1—3 Aufschlägern, 1 Mann zum Vorhalten und 1 Nietwärmer besteht. Die Nietarbeit geht, wie folgt, vor sich: Während der Setzkopf des eingesteckten Nietes durch ein die Stelle des Ambos vertretendes Werkzeug (Vorhalter, Nietwinde) stetig unterstützt wird, stauchen der Vormann und die Zuschläger das vorstehende Nietende mit leichten (2—4 kg schweren) Hämmern, Fig. 608 d, e und g, rasch zusammen. Dabei schlagen die Zuschläger stets auf die von dem vorschlagenden Vormann bezeichnete Stelle; und zwar fallen die Schläge

anfangs abwechselnd auf den Niet und dicht neben dem Niet auf das obere zu vernietende Stück, um letzteres möglichst auf seine Unterlage zu pressen. Beim Kesselnieten und dgl. erreicht man das genaue Aufeinanderschliessen der zu verbindenden Metallflächen vor dem Vernieten mit dem Nietenzieher, d. i. einem an seiner Endfläche ringförmig ausgehöhlten Stempel, welcher über den schon eingesteckten Niet gestülpt und mit dem Hammer tüchtig angetrieben wird.

Sobald der Niet durch das Stauchen zum Festsitzen gebracht ist, wobei gleichzeitig auch die rohe Form des Schliesskopfes gebildet worden ist, setzt der Vormann den Döpper oder Schellhammer auf, Fig. 608a, b u. c, mit dessen Hilfe unter einigen kräftigen Schlägen mit 8—10 kg schweren Aufschlaghämmern, Fig. 608 f, die genaue Kopfform ausgeprägt wird. Ganz ohne Anwendung des Schellhammers fertig gebildete kegelförmige Niete, wie sie an Kesseln oft vorkommen, sollen nach Ansicht der Fachmänner im allgemeinen ester sitzen, als Nieten mit geschellten Köpfen, jedenfalls weil dabei einer Verlängerung des Niets vorgebeugt wird.

Da das Gewicht des Vorhalters 10—15 mal grösser als das Hammergewicht sein muss, so kann es nur bei Vernietungen von geringer Stärke un-

mittelbar an einem Stiele von dem Arbeiter gehalten werden; gewöhnlich wird er an eine Kette gehängt oder hebelartig auf einem Bock gestützt u. dgl. Bei Herstellung stärkerer Vernietungen, wie sie im Brückenbau die Regel bilden, wendet man daher anstatt des Vorhalters, da dessen Aufhängung an einer Kette oder Unterstützung durch einen Bock umständlich sein würde, meistens eine Nietwinde, Fig. 608h, an; welche wie eine Wagenwinde mit Zahnstange oder Schraube und breitem Fusse versehen ist und deren entsprechend geformter Kopf, sobald das untere Ende der Winde unterstützt ist, gegen den Setzkopf gepresst wird.

Eine Niet-Kolonne kann stündlich etwa 20—25 Niete von 20—26 mm einziehen; auf einen Nietkopf rechnet man eine Anzahl von 150—250, durchschnittlich etwa 200 Schläge als erforderlich.

3. Die Revision der vernieteten und verschraubten Theile hat sich auf die Güte der Vernietung und Verschraubung, sowie auf die an einzelnen Stücken inzwischen etwa vorgekommenen Beschädigungen zu erstrecken. Besondere Sorgfalt hat der kontrollirende Beamte dabei auf die Entdeckung loser Niete oder solcher, die lose werden möchten, zu verwenden. Ein gewisser Prozentsatz von losen Nieten wird bei jeder grössern Nietarbeit vorkommen; lose Niete ganz zu vermeiden, ist praktisch unmöglich, weil man für das Ausdehnen und Zusammenziehen des Metalls in der Wärme und beim allmählichen Erkalten keine festen Grenzen ziehen kann. Am meisten zeigen sich die versenkten Nieten zum Losewerden geneigt, aus welchem Grunde gerade auf diese besonderes Augenmerk zu richten ist. Man erkennt die losen Niete bei einiger Erfahrung leicht an dem Klange, den sie geben, wenn sie einige leichte Schläge mit dem Hammer erhalten. Bei versenkten Nieten thut man gut, neben dem Gehör auch noch das Gefühl mit prüfen zu lassen, indem man während des Hämmerns auf den Schliesskopf mit den Fingern der linken Hand den Setzkopf berührt. Am schwierigsten sind diejenigen Niete zu entdecken, die bei dem Hämmern zwar anfänglich fest zu sitzen scheinen, aber bald lose werden.

Lose Niete sind unter allen Umständen heraus zu nehmen und durch neue zu ersetzen; das nachträgliche Festhämmern loser Niete oder das beliebige Feststreifen und Nachstauchen versenkter Niete durch Stemmarbeit oder dgl. darf nicht geduldet werden. Der abnehmende Beamte hat auch darauf zu achten, dass die Nietköpfe die vorschriftsmässige Form haben und nicht aus dem Mittel sitzen, dass die Ränder derselben scharf ausgeprägt sind, dicht schliessen und keine Risse zeigen. Doch sollte man in dieser Beziehung nicht zu weit gehende Anforderungen stellen und den leicht in die Augen springenden sog. Schönheitsfehlern keinen grössern Werth beilegen, als ihnen zukommt.

Wichtiger ist die genaue Kontrolle derjenigen Stellen der Konstruktion, an denen das Schlagen der Niete überhaupt Schwierigkeiten macht und wo die Niete sehr nahe an den Kanten stehen, so dass bei der Nietarbeit leicht ein Reißen der letztern eintreten kann.

Wo dem äussern Anschein nach verbohrt Löcher oder stark aus dem Mittel stehende Köpfe zu erwarten sind, lässt man am besten probeweise einige Setzköpfe mit dem Schrotmeissel abhauen und den Niet heraus dornen. Entdeckt man aber einmal verbohrt Löcher, die mit Eisen oder Eisenkitt geflickt sind, was hin und wieder wohl vorkommt, oder gar Bleiniete anstatt Eisenniete, so verlange man mindestens die sofortige Entfernung der schuldigen Arbeiter aus der Werkstatt.

Bei etwa vorkommenden Verschraubungen sollen die Gewinde rein ausgeschnitten sein; die Muttern dürfen weder schlottern, noch zu festen Gang haben. Findet zwischen Schraubenkopf oder Muttern und den zu befestigenden Theilen keine vollkommene Flächen-Berührung statt, so ist diese nachträglich nöthigenfalls mit Anwendung ungleich dicker Unterlagsplatten herbei zu führen. Sobald bei Verbindung von Gusstheilen ein nennenswerther Druck zu übertragen ist, müssen die Berührungsfächen bearbeitet werden. Zwischenlagen von Blei oder dgl. bei unbearbeiteten Flächen dürfen nur bei geringer Inanspruchnahme der Stücke gestattet werden.

Die Verbindung von Gusstheilen auf Zug wird durch Einlegen von Keilen oder Schrauben in genau gebohrten Löchern vermittelt. Einfaches Zusammenetzen von Gusstheilen bei Verzierungen u. dgl., wobei keinerlei nennenswerthe Kräfte zu übertragen sind, erfolgt durch Kopfschrauben oder Aufkitten. Der Kitt ist ein Eisenkitt, d. h. eine Mischung von Schwefelblumen, Salmiak und Eisenfeilspänen, welcher mit Säuren oder Harn angefeuchtet wird.

c. Maschinen-Nieterei.

1. Vielfache Versuche haben dargethan, dass durch die Schläge eines gewöhnlichen Niethammers eine Ausstauchung des Nietloches nie mit solcher Vollkommenheit und Sicherheit erreicht wird, wie dies bei Anwendung von Nietmaschinen von stossender oder drückender Wirkung möglich ist. Der Handniet füllt das Loch unmittelbar unter dem Kopfe bis auf eine gewisse Tiefe vollständig aus; auf das weiter entfernt liegende Material kann aber die notwendige Pressung nicht mehr fortgepflanzt werden. Es müssen ferner bei der Handnietung dünnere und kürzere Nieten genommen werden, weil es unmöglich ist, mit dem Hammer eine so grosse Metallmenge zu bearbeiten, wie mit der Maschine. Die Schäfte der Köpfe der Maschinen-Nieten können daher viel grösser sein, und werden demgemäss auch die vernieteten Stücke fester zusammen halten, als die kleinköpfigen Handnieten. Einer der wesentlichsten Punkte, welcher ausserdem zu gunsten der Maschinen-Nietung spricht, ist der Umstand, dass man bei Ausführung der letztern im Stande ist, beim zweiten Drucke oder Schläge, der gewöhnlich schon die Bildung des Schliesskopfes vollendet, den Nietstempel in seiner drückenden Stellung eine Zeit lang verharran zu lassen, bis der Niet erkaltet ist. Dadurch wird nämlich eine Längen-Ausdehnung des noch warmen Nietes, welche leicht eine Lockerung der Verbindung — seltener auch wohl eine Festigkeits-Verminderung des Nietes — herbei führen kann, verhindert. Da ferner die von einigen Seiten geäusserte Befürchtung, es möchte in Folge des zur Anwendung kommenden starken Druckes die Festigkeit der Maschinen-Nietung leiden, bei Anwendung geeigneter Maschinen, als übertrieben anzusehen ist, so ist die Ueberlegenheit der Maschinen-Arbeit als Mittel zur Erzeugung einer vollkommenen Vernietung gegenüber der Handarbeit, insbesondere bei Herstellung von stärkern Nieten, über 18 mm Durchmesser, wohl entschieden.

Consideré giebt an, dass bei einem Druck von 0,9 bis 1 t auf 1 qcm, selbst bei den niedrigst zulässigen Hitzegraden, die besten Niete gepresst werden. Dies gäbe für Niete von 20—26 mm Durchmesser einen erforderlichen Gesamtdruck der Niet-Maschine von 30—50 t. Einen Druck von 0,7 t/1 qcm Nietfläche hält er für ungenügend. Stahlните (S. 253) können vortheilhaft nur mit Nietmaschinen geschlagen werden, da Stahl bei seiner grössern Härte und seiner schwierigen Behandlung bei höhern Wärmegraden einen noch stärkern Druck und raschere Arbeit als Eisen erfordert.

Die Nietpressen mit Exzenter-Bewegung und Riemenbetrieb besitzen in der Regel einen unverrückbaren Vorhalter; sie zeigen den Uebelstand, dass ihr Hub, wenn auch verstellbar, doch für jeden vorliegenden Arbeitsfall ein genau begrenzter ist. Dadurch werden leicht Brüche der Maschine herbei geführt, wenn z. B. der Hub dem Arbeitsfalle nicht richtig angepasst oder etwa ein zu kalter Niet eingezogen war. An diesem grossen Mangel leiden die unmittelbar durch Dampf-, Luft- oder Wasserdruck arbeitenden Maschinen nicht. Weil ferner der stets mit gleicher Kraft arbeitende, leicht zu regelnde Wasserdruck sich am besten zur Fortpflanzung der Kraft bis in das Innere des Arbeitsstückes eignet, muss man unter den gebräuchlichen, unmittelbar wirkenden Nietmaschinen solche, die mit Wasserdruck arbeiten, als die besten bezeichnen. Sie werden je nach der Grösse der Niete mit einem Drucke von 70—100 kg auf 1 qcm Kolbenfläche ausgeführt. Kleine Maschinen üben danach einen Gesamtdruck von etwa 25—40 t, grössere von etwa 60—120 t auf den Nietkopf aus. Ihre Leistung beträgt etwa 120—300 Stück Niete von 26 bzw. 18 mm Durchm. in 1 Stunde.

Der einzige allerdings nicht unwesentliche Nachtheil der Nietmaschinen

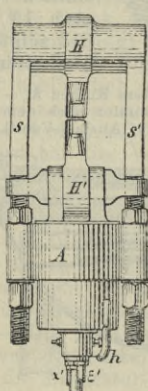
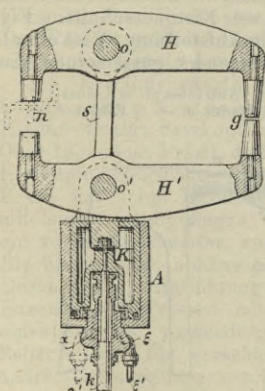
besteht darin, dass sie nicht überall anwendbar sind, auch die tragbaren Nietmaschinen nicht, selbst wenn diese an eine ausgedehnte, mit Gelenken versehene Rohrleitung angeschlossen sind. Dieser Nachtheil und auch wohl die Scheu vor den grossen Kosten der hierfür nothwendigen Werkstatts-Einrichtungen haben eine allgemeinere Benutzung der Nietmaschinen in Deutschland bislang verhindert. Man sieht nur hier und da einmal in einer Brückenbau-Anstalt oder auf einem Werft eine feste Nietmaschine, welche zur Herstellung einfacher Träger-Nietungen, sogen. laufender Arbeit, benutzt wird; die meisten Niete in der Werkstatt und auf Montage werden aber durch Handarbeit geschlagen.

2. Für die Arbeiten in Konstruktions-Werkstätten eignet sich besonders die trag- und fahrbare Nietmaschine von Tweddell¹⁾. Sie nietet ohne Schlag, mit gleichmässigem Drucke; der Arbeiter kann die Bewegung der Nietstempel jederzeit unterbrechen und den Schliesskopf beliebig lange unter Druck halten, ehe er die Stempel aus einander gehen lässt. Das Druckwasser wird durch eine Pumpe in einen Wasserdruck-Sammler gepresst und von dort durch geeignete Röhren-Verbindungen nach der Maschine geleitet. Die Bewegung der Nietstempel erfolgt dadurch unabhängig von der Bewegung der Pumpe.

Fig. 609, 610 zeigen die Einzelheiten der Maschine. *A* ist der Antriebs-Zylinder mit dem Kolben *K*; *a* der Rückgangs-Zylinder mit dem Kolben *k*. Beide Kolben sind verbunden,

Fig. 609.

Fig. 610.



so dass sie ihren Weg gemeinschaftlich machen müssen. ϵ und a sind bezw. das Wasser-Einlass- und Auslass-Ventil und ϵ' und a' die betreffenden Ein- und Auslassrohre. Von dem Einlassrohr wird das Druckwasser in dem Kanal l unmittelbar nach dem Rückgangs-Zylinder geführt. H und H' sind 2 die Nietarbeit vollführende Hebel, welche bei n die Nietstempel tragen, bei g durch ein Kugelgelenk und eine Spiralfeder, Fig. 611, mit einander verbunden sind und um die Bolzen o bezw. o' schwingen. Der Hebel H stützt sich mit Hilfe der Stangen s und s' auf den Antriebs-

Zylinder *A* und kann in seiner Lage dem letztern gegenüber durch Schrauben verstellbar werden; er dient gewissermassen als Vorhalter. Der Hebel *H'* ist mit dem Antriebs-Kolben *K* verbunden und wird bei seiner Bewegung auf den Stangen s und s' geführt.

Vortheilhafter ist die von Sellers gewählte Anordnung, Fig. 611, bei welcher der Hebel *H'* mit dem Antriebs-Zylinder verbunden ist, welcher sich bewegt, während der Kolben und mit ihm die in denselben mündenden Zu- und Abflussröhren beim Nietens still stehen.

Die Handhabung der Maschine beim Nietens ist folgende: Das Druckwasser gelangt durch das Einlassrohr ϵ' in den Rückgangs-Zylinder *a*, presst den Kolben *k* und hält die Nietstempel *n* aus einander. Beim Beginn des Nietens öffnet man durch entsprechende Stellung des Hebels *h* das Einlassventil ϵ für den Antriebs-Zylinder; dadurch bewegt sich der Kolben *K* mit dem Hebel *H'* aufwärts und presst die Nietstempel zusammen. Gleichzeitig wird der Kolben *k* mitgenommen und dadurch das im Rückgangs-Zylinder befindliche Wasser in das Einlassrohr zurück gepresst. Sobald der Hebel *h* umgelegt wird, schliesst sich das Einlassventil, das Auslassventil öffnet sich, der auf den Kolben *k* wirkende Druck öffnet die Stempel und treibt das Wasser aus dem Antriebs-Zylinder in das Auslassrohr a' .

¹⁾ Wencelides. A. a. O. S. 162. Vergl. auch *The Engineer*. 1885, II. S. 82, 111.

Fig. 611.

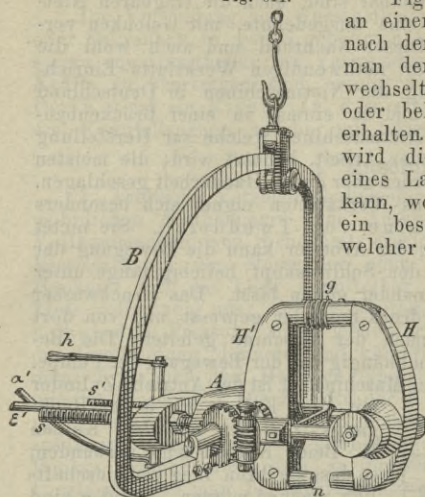


Fig. 611 zeigt die Aufhängung der Maschine an einer Kranhkette mit Hilfe eines Bügels *B* nach der Anordnung von Sellers. Je nachdem man den Angriffspunkt der Kette im Bügel *B* wechselt, kann man eine senkrechte, wagrechte oder beliebig schräge Stellung der Nietstempel erhalten. Bei Benutzung in grössern Werkstätten wird die Maschine zweckmässig in die Kette eines Laufrahms gehängt. Dem Kranwagen kann, wo es erforderlich ist, z. B. auf Baustellen, ein besonderer Wagen angeschlossen werden, welcher den Akkumulator, die Pumpen usw. trägt¹⁾.

3. Fig. 612, 613 stellen eine neuere feste Tweddell'sche Nietmaschine dar²⁾, wie solche in vielen ausländischen Werken, in Deutschland u. a. auf der Schiffswerft von Tecklenborg zu Geestemünde, arbeitet. Sie gestattet die Pressung von 32 mm starken Nieten bei einem Drucke von etwa 1 t/1 qcm Nietquerschnitt. Fig. 613 zeigt die Aufstellung. *V* ist ein als Vorhalter dienender gusseiserner Arm

Fig. 612. *A*. Antriebszylinder mit dem Kolben *K*. — *a*. Antriebszyl. mit dem Kolben *k*. — *r*. Einlaufrohr vom Sammler nach dem Zylinder *a*. — *v*. Einlass-Ventil. — *v'* Auslass-Ventil.

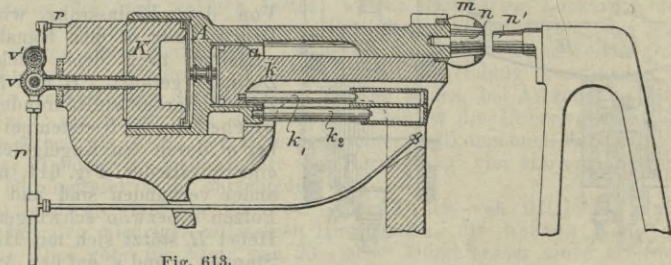
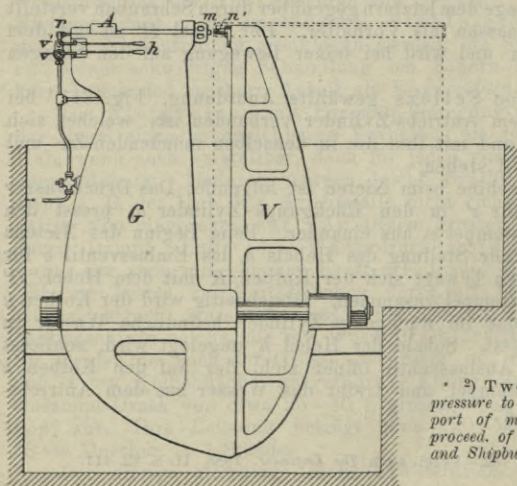


Fig. 613.



mit dem Stempel *n'* für den Setzkopf; *G* ist ein hohles Gestell zur Aufnahme der eigentlichen Nietmaschine. Fig. 612 giebt die Einzelheiten der Maschine. *A* ist der Antriebs-Zylinder mit dem Kolben *k*; er trägt an dem vordern Ende den

¹⁾ Vergl. die von Fielding & Pratt ausgeführte Anordnung für Brücken-Baustellen. *Engin. v.* 30. Nov. 1883. Ferner: *Riveuse hydraulique, Syst. Tweddell, construite par Fielding & Pratt. Revue industr.* 1885, II, S. 365. Andere Aufhängungs-Arten s. in dem nachstehend genannten Werke von Tweddell.

²⁾ Tweddell. *The application of hydraulic pressure to the driving of machines and the transport of material in works. Excerpt. min. of proceed. of the North-East Coast Inst. of Engin. and Shipbuilders; vol. II.* 1886, S. 105.

Nietstempel *n*. *a* ist der Anrichte-Zylinder mit dem Anrichte-Kolben *k*. Letzterer trägt an seinem vordern Ende ein ringförmiges Werkzeug *m*, welches die Kopfstempel *n* umfasst und dessen vordere Ringfläche stets einige cm über diesem vorsteht. k_1 und k_2 sind selbstthätige Rückkehr-Kolben.

Die Ausführung der Vernietung geht wie folgt vor sich: Sobald das Wasser vom Kraftsammler durch das Rohr *r* einströmt, gelangt es in den Zylinder *a*; durch Oeffnen des Ventils *v* füllt sich auch der Zylinder *A* und da beide Zylinder unter gleichem Druck stehen, so gehen sie gemeinschaftlich vor. Das als Nietenzieher (S. 340) wirkende Werkzeug *m* eilt, wie erwähnt, dem Stempel vor, stülpt sich über den bereits eingezogenen Niet und berührt die zu verbindenden Bleche zuerst. Weil aber der Querschnitt des Kolbens *K* mehr als doppelt so gross ist als derjenige des Kolbens *k*, so fährt der grössere Kolben in seiner Bewegung fort, drückt einen Theil des im kleinen Kolben befindlichen Wassers in den Sammler zurück und bringt den kleinen Nietstempel zum Arbeiten, während die Bleche durch den Nietenzieher *m* mit einer Kraft, die dem Druck des kleinen Kolbens *k* — etwa 40^t — entspricht, zusammen gepresst werden. Dabei kommen etwa 60^t Pressung auf den Nietkopf. Soll der gesammte Druck des grossen Kolbens — etwa 80^t — zur Wirkung gelangen, so öffnet man das Auslassventil *v'*, wodurch der Gegendruck vom Zylinder *a* aufgehoben wird. Dies geschieht erst nach gehörigem Anpressen der Bleche und Formung des Nietkopfes. Der Druck kann beliebig lange erhalten werden. Der Rückgang beider Hauptkolben erfolgt nach entsprechender Stellung der Ventile an den Hebeln *h* selbstthätig durch Wirkung der Rückgangskolben k_1 und k_2 .

4. Erwähnenswerth ist schliesslich das neuere Verfahren, beide Nietköpfe eines Nietes gleichzeitig zu pressen. Hüttendirektor Jacobi in Kladno fertigt Setzkopf und Schliesskopf in 2 Pressungen hinter einander¹⁾. Ober-Ingenieur Prásil daselbst hat dies Verfahren derart verbessert, dass beide Nietköpfe gleichzeitig mit einer einzigen Pressung gebildet werden können²⁾. Prásil hat seine Maschine, welche mit Exzenter-Bewegung arbeitet, ausserdem mit einem nachgiebigen Vorhalter versehen, welcher so angeordnet ist, dass ein vorher bestimmter, von der Dicke des zu pressenden Nietes, der Dicke der Blechlagen usw. abhängiger Druck in keinem Falle überschritten werden kann. Durch diese Einrichtung wird ein bereits S. 342 erörterter Uebelstand der Exzenter-Niet-Pressen mit unverrückbarem Gegenhalter, das leichte Eintreten eines Bruches, vermieden. — Die Prásil'sche Maschine ist auch zum Lochen, Scheren und für verschiedene Pressarbeiten eingerichtet. Ueber verschiedene andre Nietmaschinen vergl. die Litteratur-Angaben³⁾.

d. Rostschutz, insbesondere Anstrich-Arbeiten.⁴⁾

1. Die Rostschutz-Arbeiten dürfen erst nach erfolgter Besichtigung und Prüfung der verbundenen Theile ausgeführt werden. Sie bestehen im Dichten von Fugen und Anbringung eines schützenden Ueberzuges auf den sichtbaren Flächentheilen. Flächen, welche bei der Verbindung von andern gedeckt werden, erhalten vorher gewöhnlich einen einmaligen Farbeanstrich.

Als sehr wirksames Dichtungsmittel ist das Verkitten zu bezeichnen, das am besten mit einem aus Bleiweiss und Leinölrniss bereitetem steifem Kitt zur Ausführung kommt. Wo man besonders dichte Fugen herstellen will, z. B. bei Dampfkesseln, Wasserbehältern u. dergl., pflegt man nach erfolgter Vernietung mit Hilfe eines stumpfen Meissels und des Hammers die Fugen so eng zusammen zu treiben, dass ein völliger Verschluss derselben erzielt wird. Diese Dichtungs-Arbeit nennt man das Verstemmen. Sie erscheint aber für

¹⁾ D. R. P. Nr. 29 800.

²⁾ Vojáček. Prásil's Nietveif. und Nietmasch. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 478.

³⁾ Jentsch. Universal-Metallbearbeitungs-Maschine zum Schneiden, Lochen, Vernieten u. Stauchen. Dingler's Polyt. Journ. 1881, Bd. 242, S. 256. — *Machines à river, portatives à air comprimé. Syst. Allen, Revue industrielle.* 1885, S. 365. — Transportable Wasserdruk-Nietmasch. der Forth-Brücke. *Engineering* 1885, II., S. 513. — Delaloe's Nietmaschine. *Le Génie civil* 1886, I., S. 182. Auch Zeitschr. der Ver. deutsch. Ingen. 1837, S. 30.

⁴⁾ Ueber das Rosten des Eisens vergl. S. 236.

Brücken- und derlei Konstruktionen, selbst für die senkrechten Kanten der Bleche und Winkel, ziemlich werthlos, weil die Kanten dafür nicht scharf genug, ausserdem die Nieten meistens zu weit und auch nicht nahe genug an den Kanten stehen. Als schützenden Ueberzug wählt man in der Regel einen Farbe-Anstrich.

Gusswaaren lässt man am besten ohne jeden Anstrich anliefern, damit etwaige unganze Stellen an den Aussenflächen (Sandlöcher, Blasenräume, Risse) nicht durch Verschmieren mit Kitt, Vergiessen mit Blei oder durch andere Flicke-reien betrügerisch verdeckt werden können.

2. Der erste Anstrich, der sogen. Grund- oder Grundirungs-Anstrich kommt in der Werkstatt zur Ausführung; die späteren sogen. Deckanstriche folgen nach Aufstellung der Konstruktion. Unmittelbar vor dem ersten Anstrich, von dessen Güte die Haltbarkeit der Deckanstriche wesentlich mit abhängt, ist noch ein mal eine gründliche Reinigung der vernieteten Theile durch Entfernung des Staubes usw. vorzunehmen. Der Anstrich soll niemals bei feuchtem Wetter im Freien ausgeführt werden. Die Farbe ist nur in dünner Schicht aufzutragen, weil dicke Farbschichten auf Eisen nur langsam zu einer festen Kruste er-härten, vielmehr nur in der Oberfläche eine feste Haut ansetzen, unter welcher die Farbe, da das Trocknen von oben nach unten fortschreitet, lange flüssig bleibt. Ferner soll die Anstreichmasse nicht zu dickflüssig sein, damit es mög-lich ist, alle Unebenheiten der zu streichenden Flächen zu treffen und auszu-füllen. Andernfalls würden sich Luftblasen in dem Anstrich bilden, welche in Folge der Längenänderung des Eisens beim Wärme-Wechsel ein Zerreißen der Farbendecke herbeiführen. Auch soll die Masse gut und verhältnissmässig schnell trocknen, weil sonst ein auf den gestrichenen Flächen sich bildender Niederschlag von atmosph. Wasser, herbeigeführt durch die in der Regel gegen Abend eintretende Wärme-Abnahme der Luft, zur Folge hat, dass der Anstrich nie zu einer gleichmässigen festen Schicht antrocknet. Es muss daher möglichst ein Leinölfirnis zur Verwendung gelangen, der neben der erforderlichen Dünn-flüssigkeit auch noch das gehörige Trocknungs-Vermögen besitzt¹⁾.

Von den für den Anstrich zu verwendenden Mineralfarben ist die Blei-mennige — wenigstens für alle Anstriche, die nicht unter Wasser halten sollen — die vorzüglichste. Die Wirkung der Bleimennige ist eine Folge des chemischen Verhaltens ihres Blei-Superoxyds und Blei-Oxyds gegen die Oel-säure des Leinöls, insofern, als das Superoxyd die Oelsäure oxydirt und die oxydirte Leinölsäure darauf mit dem Bleioxyd eine sehr harte, äusserst widerstandsfähige chemische Verbindung eingeht. Zwar gehört die Bleimennige zu denjenigen Stoffen, welche nach S. 237 die Neigung des Eisens zum Rosten entretenden Falls unterstützen, weil sie bei ihrer Berührung mit demselben negativ elektrisch erregt werden; jedoch scheint erfahrungsmässig diese Eigen-schaft ihre sonstigen Vorzüge nicht zu beeinträchtigen.

Die Verwaltung der niederländischen Staatsbahnen hat versuchsweise fest-gestellt, dass ein Mennige-Anstrich den Witterungs-Einflüssen besser widersteht, als Anstriche mit Englisch-Roth und ähnlichen eisenoxydhaltigen Anstrichen. Auch hat sich bei diesen Versuchen gezeigt, dass der Anstrich auf durch Beizen gereinigten Blechen besser hält, als auf Blechen, die durch Bürsten u. dergl. gereinigt wurden²⁾. Farben, deren Hauptbestandtheil Eisenoxyd bildet — also z. B. der sogen. Todtenkopf, Berliner Braunroth, Eisen-Mennige, Königs-Roth, Kaiser-Roth usw. — stehen der Bleimennige nach. Der Todtenkopf ist ganz zu verwerfen, weil er stets etwas freie Schwefelsäure aufweist; ein besseres Material ist die Eisen-Mennige, wenn sie nicht zu hygroskopisch ist, d. h. nicht zu viel Thon (nicht über 20%) enthält. Ausgezeichnet für Anstriche unter und über Wasser ist Rathjens Patent-Komposition (eine mit Spiritus angemachte Farbe), welcher u. a. die Eigenschaft beiwohnt, sehr rasch zu trocknen und Pflanzen-Anwuchs unter Wasser zu hindern³⁾. Die Farbe wurde

¹⁾ Dr. Treumann. Ueber Farbenanstriche, Lacküberzüge und die zu deren Herstellung verwendeten Materialien. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1885. II. S. 125. — Derselbe. Innerer Anstrich von Wasser-Reservoiriren. Dasselbst 1886. I. S. 15

²⁾ Wochenbl. f. Bauk. 1884, S. 477. — Dingler's Polytechn. Journ. 1885.

³⁾ Vergl. u. a. Zentralbl. d. Bauverwaltung. 1884, S. 247 u. 292.

anfänglich nur für den Anstrich eiserner Schiffe benützt, ist jedoch in neuerer Zeit auch für Brücken u. dergl. vielfach in Anwendung gekommen.

Fig. 422.

Numerirungs-Plan für eine ausländische Brücke.

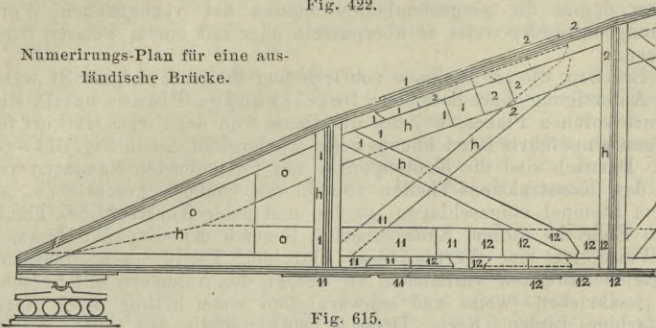


Fig. 615.

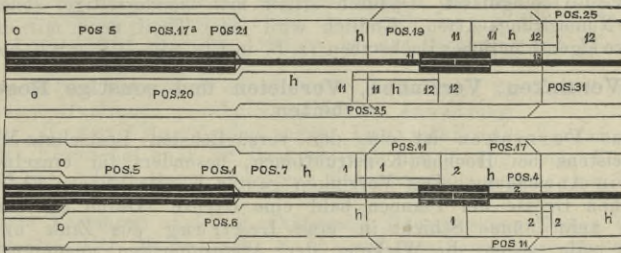
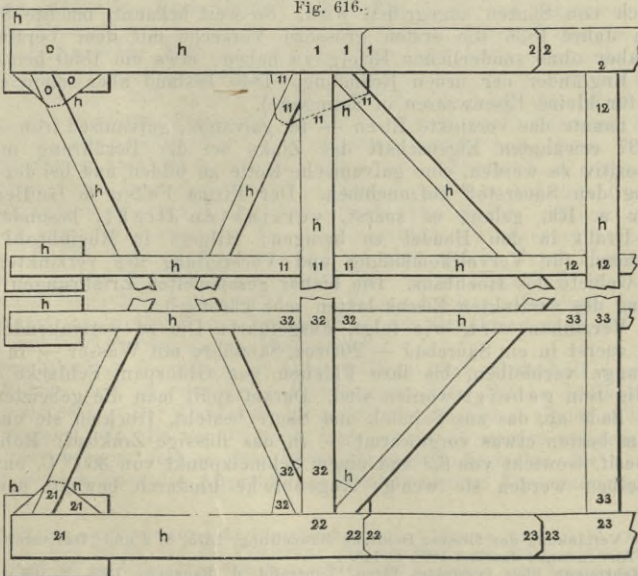


Fig. 616.



3. Die letzte Arbeit vor der Versendung der fertigen Konstruktions-Theile ist die Bezeichnung derselben für die Aufstellung. Hier wäre eine mit weisser

Oelfarbe aufzutragende Sonder-Bezeichnung am Platze, die sich viele Fabrikanten aber ersparen, weil dieselbe, wenigstens für Konstruktionen, die von der Fabrik selbst aufgestellt werden — zur Noth entbehrt werden kann. Man begnügt sich dann damit, die eingestempelten Zahlen der vorhandenen Werkstatts-Bezeichnung entweder weiss zu überpinseln oder mit einem weissen Strich: □ einzufassen.

Für Brücken, die im Auslande von fremdem Personal aufgestellt werden, ist aber die Anfertigung eines besondern Bezeichnungs-Planes unerlässlich. Ein Stück eines solchen Planes, welches die zuerst von der Firma Harkort für Java-Lieferungen eingeführte Bezeichnungsweise wiedergiebt, ist in Fig. 614—616 verzeichnet. Darnach sind die Knotenpunkte mit fortlaufenden Nummern versehen, die auf den Konstruktions-Theilen sowohl mit Oelfarbe geschrieben, als auch mit einem Stempel eingeschlagen werden und jeder Konstruktions-Theil erhält an jedem Ende die diesem Ende zunächst liegende Knotenpunkt-Nummer. Auf solche Weise ist eine Vertauschung einzelner Theile ausgeschlossen. Sind mehr gleiche Brücken vorhanden, so werden die Nummern mit verschiedenen Farben geschrieben (weiss und schwarz) und wenn nöthig, noch durch verschiedenfarbige Linien (Kreis, Dreieck, nöthigenfalls mit einem Strich oben oder unten \odot \triangle) eingefasst. Dadurch erhält man mannigfaltige, scharf unterschiedene Numerirungs-Arten. Endlich wird jeder Theil noch mit einem der betr. Brücke eigenthümlichen Buchstaben (z. B. in Fig. 614—616 mit *h*) bezeichnet.

e. Das Verzinken, Verzinnen, Verbleien und sonstige Rostschutz-Arbeiten.

1. Das Verzinken ist eins der vorzüglichsten Rostschutz-Mittel; es kommt meistens bei Hochbau-Konstruktionen, besonders für einzelne Theile derselben in Anwendung. Das Verzinken ganzer Konstruktionen findet an der erforderlichen Grösse der Pfannen bald eine Grenze. Durch die Verzinkung wird eine sehr dünne Schicht in eine Legirung aus Zink und Eisen verwandelt, die gegen die Wirkung der Atmosphärien unempfindlich ist, während Zink für sich keineswegs die Eigenschaft der Unempfindlichkeit besitzt, auch von Säuren angegriffen wird. So weit bekannt, machte Sorel zu Paris im Jahre 1836 die ersten grössern Versuche mit dem Verzinken des Eisens, aber ohne sonderlichen Erfolg zu haben; etwa um 1850 bemächtigten sich die Engländer der neuen Erfindung, 1845 bestand aber schon eine Verzinkerei für kleine Eisenwaaren in Solingen¹⁾.

Man nannte das verzinkte Eisen — *fer galvanisé*, *galvanised iron* — wegen der S. 237 erwähnten Eigenschaft des Zinks bei der Berührung mit Eisen elektro-positiv zu werden, eine galvanische Kette zu bilden und bei der Wasserzersetzung den Sauerstoff aufzunehmen. Der Firma Felten & Guillaume zu Mühlheim a. Rh. gelang es zuerst, verzinkten Draht, besonders Telegraphen-Draht in den Handel zu bringen; Hilgers in Rheinbrohl schaffte bahnbrechend für Vervollkommnung und Verbreitung des verzinkten Eisens auf dem Gebiete des Hochbaus. Die bisher gesammelten Erfahrungen über die Bewährung des verzinkten Eisens lauten sehr günstig²⁾.

Das Verzinken wird, wie folgt, ausgeführt: Die zu verzinkenden Stücke gelangen zuerst in ein Säurebad — 20 proz. Salzsäure mit Wasser — in welchem sie so lange verbleiben, bis ihre Flächen von Glühspan, Schlacke und dgl. vollständig rein gebeizt worden sind. Darauf spült man die gebeizten Stücke in einem Bade ab, das aus Salmiak und Säure besteht, trocknet sie und taucht sie — am besten etwas vorgewärmt — in das flüssige Zinkbad: Rohzink mit einem spezif. Gewicht von 6,9 und einem Schmelzpunkt von 360° C. enthaltend. In demselben werden sie wenige Augenblicke hindurch bewegt, um unreine

¹⁾ Die Verzinkung des Eisens; Deutsche Bauzeitung. 1875, S. 2 und: Das verzinkte Eisen und seine Anwendung; daselbst 1886, S. 165.

²⁾ Erfahrungen über verzinktes Eisen. Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 163 u. 340. Erfahrungen über die Haltbarkeit verzinkter Wasserleitungs-Röhren. Deutsche Bauzeitg. 1885, S. 532 und Bunte Erfahrungen u. Versuche über Verwendung von verzinkten Eisenrohren für Wasserleitungen. Stahl u. Eisen. 1887, S. 433.

Anhaftungen zu vermeiden, dann mit Besen und Bürsten abgestrichen und als fertig heraus genommen. Gewöhnlich beträgt das Gewicht der Zinkschicht für 1 ^{qm} Oberfläche mindestens 0,5 kg.

Durch Beimischung von Zinn geräth der Ueberzug glatter, jedoch ist ein solcher Zusatz unnöthig, sogar nachtheilig, weil Zinn gegen Witterungs-Einflüsse weniger standfest ist, als Zink.

2. In neuerer Zeit werden auch verbleit-verzinkte Bleche hergestellt, welche also einen doppelten Schutz gegen Rostung bieten. Das Blech wird wegen des niedrigen Schmelzpunkts des Bleies (330° C.) zuerst verzinkt und darnach verbleit. Derart versicherte Bleche eignen sich namentlich zu Bedachungen für chemische Fabriken, Gasanstalten usw., in denen die Luft stark mit Säuren geschwängert ist, da Blei bekanntlich genannten Einflüssen besser widersteht als Zink.

Auch das reine Verbleien — ein Verfahren ähnlich dem Verzinken — wird neuerdings häufiger geübt¹⁾. Da es aber theurer ist als das Verzinken, so wird die Verwendung verbleiteter Bleche voraussichtlich nicht so allgemein werden, wie diejenige der verzinkten. Auch bleibt abzuwarten, wie lange ein reiner Bleiüberzug halten wird. Sollten einzelne Stellen desselben schadhafte werden, so steht zu befürchten, dass das Rosten des daselbst bloss gelegten Eisens durch das Blei befördert wird, ebenso wie bei schadhafte Ueberzügen von Zinn oder andern Metallen, welche bei der Berührung mit Eisen negativ elektrisch erregt werden (S. 237).

Verzinnete Bleche — Weissbleche — kommen für Theile der eigentlichen Baukonstruktionen gewöhnlich nicht zur Anwendung.

3. Das Bower-Barff'sche sogen. Inoxydations-Verfahren zum Schutze des Eisens hat zwar für Baukonstruktionen bislang wenig Eingang erlangt, verdient jedoch seiner sonstigen Bedeutsamkeit wegen eine kurze Besprechung.

Bei dem Verfahren wird ein schützender Ueberzug von Eisen-Oxydul-Oxyd (Fe_3O_4) oder Magneteisen (S. 55) auf dem Eisen hergestellt. Einen solchen Ueberzug erzeugte versuchsweise bereits Lavoisier, indem er Wasserdampf über glühendes Eisen leitete. Professor Barff und Ingenieur Bower führten den Versuch von Lavoisier, jeder für sich in andrer Weise, im grossen praktisch durch; beide Erfinder erzielten aber erst durchschlagende Erfolge, nachdem es ihren vereinten Bemühungen gelungen war, geeignete Ofen-Einrichtungen zu erdenken und auszuprobieren. Der Bower-Barff'sche Ofen ist ein Flammofen mit Generator-Feuerung, in welchem die zu oxydierenden, auf Dunkel-Kirschrothe — etwa 600—650° C. — erhitzten Stücke von einem Gasstrom getroffen werden. Anfänglich sind die Gase mit erhitzter Luft gemischt und wirken durch ihren Sauerstoff-Gehalt oxydierend, so dass auf dem Eisen eine Schicht von rothem Eisenoxyd erscheint. Nach etwa 15 Min. schliesst man den Luftschieber und lässt nunmehr die unvermischten und unverbrannten, daher reduzierend (S. 68) wirkenden Generator-Gase ein, welche durch ihren Gehalt an Kohlenoxyd und Kohlen-Wasserstoffen das rothe Eisenoxyd in das blaue rostschützende Magneteisen verwandeln²⁾. Wenig kohlenstoffhaltiges Schmiedeeisen erfordert nachträglich zur Verstärkung der Reduktion noch das Ueberleiten von auf 700° C. überhitzten Wasserdampf.

Die geschilderten Vorgänge im Ofen müssen öfter wiederholt werden, je nach der Stärke des zu erzielenden Ueberzuges; diese Stärke wechselt etwa von 0,1 bis 0,5 mm³⁾. Der Ueberzug ist nicht sehr biegsam, eignet sich daher nicht für Gegenstände, die nachträglich noch bearbeitet werden müssen; ferner haftet er viel weniger fest an dem Eisen als eine Zinkschicht. Es ist jedoch festgestellt worden, dass die Ausdehnung, welcher eiserne Konstruktions-Theile

¹⁾ Bleiüberzüge als Schutzmittel für Eisenbleche. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1886, II, S. 11.

²⁾ Bower. Der Schutz und die Verzierung der Oberfläche von Eisen und Stahl. Stahl u. Eisen. 1881, S. 49. — Giessler. Das Bower-Barff'sche Verfahren zum Schutze des Eisens gegen Rost. Deutsche Bauzeitg. 1884, S. 440.

³⁾ Thwaite. On the preservation of iron by one of its own oxides. Exc. Min. of Proceed. of the Inst. of Civil-Engin. 1883.

ausgesetzt sind, keinerlei Veränderung an der Schicht hervor bringt, dass vielmehr ein Abtrennen erst erfolgt, sobald die Elastizitäts-Grenze überschritten wird.

Die Kosten des Inoxydations-Verfahrens sollen sich je nach der Art der Gegenstände um das 6—30fache niedriger stellen, als die Kosten des Verzinkens¹⁾. Das Verfahren lässt sich jedenfalls mit Vortheil zum Schutze mancher Konstruktions-Theile verwenden, insbesondere auch für Kleineisenzeug u. dergl.²⁾

Neuerdings soll der Elektriker de Méritens einen schützenden Ueberzug von Magneteisen dadurch erzeugt haben, dass er das Eisen in Wasser von 70—80° C. Wärme legte und mit einem elektrischen Strom längere Zeit in Verbindung brachte. Bei der darauf erfolgenden Wasser-Zerlegung soll der Sauerstoff desselben sich mit der Eisen-Oberfläche verbinden und den Ueberzug erzeugen³⁾. Arthur erzeugt den schützenden Belag durch Behandlung des Eisens mit überhitztem Dampf und Kohlenwasserstoffen⁴⁾. Ueber noch sonstige Rostschutzmittel vergl. die Litteratur-Angaben⁵⁾.

f. Anfertigung von Drahtseilen und Brücken-Kabeln.

1. Ein Drahtseil wird durch Vereinigung einer Anzahl von sogen. Litzen um einen Hanfkern oder um eine Draht-Kernlitze erhalten. Die Litzen schlägt oder windet man aus einer Anzahl von Drähten um einen geglähten Draht, einen Hanfkern oder eine Kernlitze. Gleich dicke tragende Drähte⁶⁾ werden nach Mittheilungen von Felten & Guillaume in Mühlheim a. Rhein gewöhnlich in folgender Weise zu einer Litze vereinigt:

Anzahl der Drähte	Gruppierung der Drähte bzw. Beschaffenheit des Kerns	Anzahl der Drähte	Gruppierung der Drähte bzw. Beschaffenheit des Kerns
2	Immer ohne Kern	19	12 äussere und 6 innere Drähte um einen Herzdraht
3—4	Ohne Kern, besser dünner Hanffaden oder geglähter Draht	20, 22, 24, 26, 28, 30	13 bzw. 14, 15, 16, 17, 18 äussere und 7 bzw. 8, 9, 10, 11, 12 innere Drähte um einen Hanfkern oder eine Kernlitze
5—6	Faden oder dünner bzw. gleich dicker geglähter Draht	30, 33, 36	16 bzw. 17 u. 18 äussere Drähte, 10 bzw. 11 u. 12 innere und 4 bzw. 5 u. 6 Herzdrähte um einen Hanfkern od. dünnen Draht
7	Siebenter Draht als Herzdraht oder ein Hanfkern bzw. eine Kernlitze	37	18 äussere, 12 mittlere und 6 inn. Drähte um einen Herzdraht
8—11	Hanfkern oder Kernlitze		
12	9 äussere um 3 innere Drähte oder Hanfkern		
14, 16, 18	10 bzw. 11 oder 12 äussere und 4 bzw. 5 oder 6 innere Drähte um einen Hanfkern oder dünnen Draht		

Bei gleichem Seil-Durchmesser und gleich hartem Draht-Material ist 1. ein Seil mit Hanfeinlagen biegsamer als ein solches ohne Hanfkern, 2. ein Seil aus mehr dünneren Drähten biegsamer als ein solches aus weniger dickeren Drähten. Dagegen hat das biegsamere Seil in beiden Fällen geringere Trag-

¹⁾ Daelen. Die Inoxydation des Eisens nach Barff & Bower. Stahl u. Eisen. 1884, S. 98 u. 265.

²⁾ Bockelberg. Ueber das Bower-Barff'sche Rostschutz-Verfahren. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 834.

³⁾ Neues Schutzmittel gegen Rost. Stahl u. Eisen 1886, S. 628.

⁴⁾ Dingler's Polytechn. Journ. 1884, Bd. 254, S. 161. — Dergl. ferner: Ueber Herstellung eines gegen Säuren und Alkalien wirksamen Eisenoxydul-Oxyd-Ueberzugs auf Eisen nach Honigmann. Dingler's Polyt. Journ. 1885, Bd. 257, S. 211.

⁵⁾ Treumann. Ueber die Mittel zum Schutze des Eisens gegen das Rosten. Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Ver. zu Hannover 1879, S. 379. — Dauerhafter schwarzer Ueberzug auf Eisen. Polyt. Zentralbl. 1870, S. 1450. Auch Deutsche Industrie-Zeitg. 1885, S. 98. — Verfahren von Dumesnil zum Schutze der Metalle. Maschinenbauer 1880, S. 416. — Verzinnen auf kaltem Wege. Dingler's Polyt. Journ. 1881, Bd. 292, S. 229. — Gusseisen vor Rost zu schützen. Dasselbst 1882, Bd. 243, S. 265. — Eisen vor Rostbildung zu schützen. Maschinenbauer 1883, S. 400. — Verfahren zur Präservirung des Eisens. Ann. f. Gew. u. Bauw. 1884, II., S. 40. — Verfahren zum Verzinnen von Blech. Dingler's Polyt. Journ. 1885, Bd. 256, S. 59. — Verfahren, Gusseisen zum Verzinnen geeignet zu machen. Dasselbst Bd. 259, S. 241. — Hartmann. Das Verzinnen, Verzinken, Vernickeln, Verstählen und das Ueberziehen von Metallen mit andern überhaupt. II. Aufl. 1887.

⁶⁾ Die geglähten Kerndrähte und Kern-Drahtlitzen werden bei Bestimmung des Tragvermögens eines Seiles ausser Rechnung gelassen.

fähigkeit. Um ein Seil recht biegsam zu machen und gleichzeitig den mechanischen Verschleiss möglichst zu verringern, nimmt man zweckmässig die Drähte der innern Litze dünner als die äussern Deckdrähte, deren Dicke und Zahl so bemessen wird, dass sie die innere Litze fest einschliessen.

Wenn man 4, 5, 6, 7 oder 8 der vorgenannten Litzen (mit oder ohne Hanfseele) um eine Haupt-Hanfseele oder eine Kern-Drahtlitze zusammen schlägt, so erhält man die gewöhnlichen Rundseile, wie sie beim Bergbau, bei der Schifffahrt usw. als Aufzugs-, Uebertragungs-, Fähr-, Zugseile usw. Verwendung finden.

Mehre Rundseile zu einem grössern Seile zusammen geschlagen, geben ein Kabelseil. Dasselbe zeichnet sich durch grosse Biegsamkeit aus und empfiehlt sich daher namentlich als Tragseil beim Heben schwerer Lasten u. dgl., wenn nur unverhältnissmässig kleine Trommel- und Scheiben-Durchmesser zur Verfügung stehen.

Flach- und Bandseile bestehen aus einer Anzahl von neben einander liegenden Rundseilen, die auf dem Seil-Nähtisch mittels einer Anzahl von Nähdrähten zusammen genäht worden sind. Meistens verwendet man dazu 4litzige Rundseile und näht diese derart, dass immer 2 Litzen über und 2 unter den Nähdrähten zu liegen kommen. Man kann nöthigenfalls auch Rundseile mit mehr als 4 Litzen, sowie auch Kabelseile zu Bandseilen vereinigen.

Fig. 617, 618, 619.

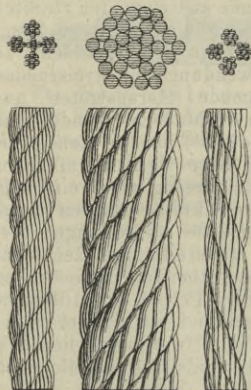


Fig. 620.



Spiralseile, wie sie als Laufseile bei Luft-Seilbahnen, Leitseile bei Trajekt-Anstalten, Schacht-Führungs-Seile im Bergbau und als Tragseile bei ganz kleinen Brücken vorkommen, sind Litzen aus meist 7, 19 oder 37 dicken Drähten.

2. Die Anfertigung der Drahtseile¹⁾ kann auf der Seilerbahn mit der Hand oder fabrikmässig auf Maschinen geschehen. Bei der fabrikmässigen Herstellung wird der in Ringen (S. 188) aufgemachte Draht mit Hilfe der sog. Wickel- oder Haspel-Böcke auf die Haspel der Litz-Maschine gewickelt.

In diese Maschinen werden so viele mit Draht bewickelte Haspel eingelegt, als Drähte um den durch die hohle Achse der Maschine geführten Hanf- oder Drahtkern geschlagen werden sollen. Die fertige Litze gelangt von hier unmittelbar auf den Haspel der Seil- oder Zuschlags-Maschine, welcher in der Auszieh-Vorrichtung der Litz-Maschine gelagert ist. In die Zuschlags-Maschine werden so viele mit Litzen gefüllte Haspel eingelegt, als Litzen um die durch die hohle Achse der Maschine geführte Haupt-Hanfseele oder Kern-Drahtlitze verseilt werden sollen. Das fertige Seil wird mit Hilfe einer Auszieh-Vorrichtung, welche aus einem System von Friktions-Scheiben und der Aufwickel-Vorrichtung besteht, aus der Zuschlags-Maschine gezogen. Bei der Vereinigung der Litzen zum Seile sind zwei verschiedene Methoden üblich. Nach dem ältern Verfahren — das sog. alte Machwerk, Fig. 620 — werden Litzen und Seile im nämlichen Sinne geschlagen; bei dem neuern Verfahren — der sog. Kreuzschlag Fig. 617—619 — schlägt man, wie bei Hanfseilen, Seil und Litzen in entgegengesetztem Sinne. Beim Kreuzschlag liegen die einzelnen Drähte auf nur verhältnissmässig kurzen Strecken frei am Seil; sie verschwinden rasch wieder im Seil und werden von den benachbarten Litzen fest gehalten.

¹⁾ Nach Mittheilungen von Felten & Guilleaume in Mühlheim am Rhein.

Dagegen liegen die Drähte beim alten Machwerk auf einer längern Strecke frei und bieten dem mechanischen Verschleissen mehr Fläche als beim Kreuzschlag; in dem ersten Bilde der Fig. 620 sieht man deutlich, wie die Drähte des alten Machwerks auf ihrer ganzen Länge verschlissen sind. Während ferner beim alten Machwerk die einzelnen Drähte mit der Seilaxe einen Winkel bilden, kommen

dieselben beim Kreuzschlag parallel zur Seilaxe zu liegen, werden also in diesem bei eintretender Biegung des Seiles auf Biegung stärker in Anspruch genommen, als bei jenem. Die einzelnen Drähte können daher beim alten Machwerk, wegen der geringern Inanspruchnahme auf Biegung verhältnissmässig dicker genommen werden; das Arbeits-Verfahren eignet sich aus diesem Grunde für Seile, deren unvermeidliches starkes mechanisches Abschleissen möglichst starke Drähte erfordert, also für solche Seile, welche über Trommeln und Scheiben von sehr kleinem Durchmesser laufen müssen. Für Seile mit mehr als 19 Drähten in den Litzen sollte man nur den Kreuzschlag anwenden.

3. Die Form der Seildrähte ist gewöhnlich kreisrund, jedoch sind neuerdings auch andere Querschnitts-Formen zur Anwendung gekommen. Man wendet Drähte mit segment-förmigem Querschnitt an, besonders für Deckdrähte, um die leeren Räume zwischen den Drähten möglichst zu verkleinern, d. h. also eine grössere Tragkraft zu erzielen und um eine glattere Seil-Oberfläche zu erhalten. Um ferner das bei Anwendung von kreisrunden oder Segment-Drähten vorkommende Heraustreten und Querlegen gebrochener Drähte zu verhindern, wendet man sogen. verschlossene Drahtseile¹⁾ an, in denen die einzelnen Drähte eine S- oder Z- oder dgl. Form haben und so in einander fassen, dass gleichzeitig auch ein möglichst grosser metallischer Seil-Querschnitt erhalten wird. Die Fig. 621a bis g zeigen verschiedene Anordnungen derartiger verschlossener Drahtseile. Das alleinige Recht zur Herstellung derselben in den maassgebenden europäischen Staaten ruht in den Händen der Firma Felten & Guilleaume in Mühlheim am Rhein. In Deutschland ist ein derartiges Seil auf dem Werke von Gebr. Stamm in Neunkirchen ausgeführt. In England sind dieselben als Förderseile vielfach in Gebrauch²⁾.

4. Drahtseile aus Spiralfedern werden für besonders Zweck gebraucht. Stow's biegsame Welle besteht zum Beispiel aus einer Anzahl von in einander liegenden Stahldraht-Spiralen, die unter sich nach entgegengesetzten Richtungen gedreht sind. Diese Spiralen bilden die Seele der Welle und ruhen in einer grössern Spirale, deren äusserer Durchmesser so gross ist, dass die Seele sich frei darin bewegen kann. Die Stow'sche Welle findet u. a. Verwendung als Uebertragungs-Seil beim Bohren von Löchern an schwer zugänglichen Stellen.

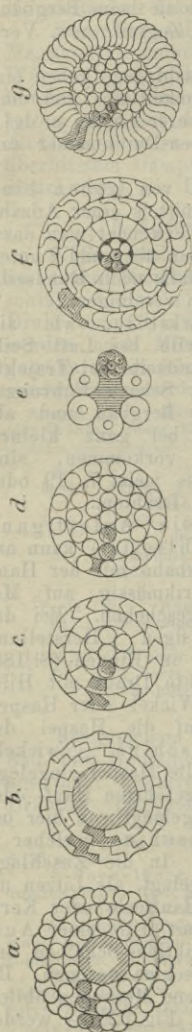
Die zu den Seilen erforderlichen Drahtfedern werden mit der Hand oder auf Maschine um einen Dorn derart gewickelt, dass sich Windung neben Windung legt und parallel mit der Axe des Dorns fortschreitet. Die äussere Gestalt des Dorns entspricht der Form, welche die Spiralfeder erhalten soll. Sie ist zylindrisch, kegelförmig oder anders gestaltet. Der Draht-Querschnitt ist in der Regel rund, jedoch giebt es auch Federn aus kantigem, flachem oder ovalem Draht³⁾.

¹⁾ D. R. P. Nr. 31790 vom 5. Juni 1885.

²⁾ *Locked coil and stranded wire ropes. Engin.* 1887, I, S. 308. — *Deutsche Bauzeitg.* 1887, S. 369.

³⁾ *Japung.* A. a. O. S. 257.

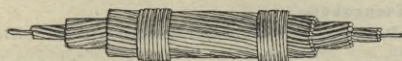
Fig. 621.



5. Brücken-Kabel für kleinere Spannweiten sind einfache Spiralseile; für mittlere Spannweiten wählt man die Litzen-Anordnung und verseilt meistens 6 äussere Litzen um eine Kernlitze, jede Litze hat 7, 19 oder 37 Drähte, ohne Hanfeinlage. Für grosse Spannweiten verseilt man die Drähte nicht mehr, sondern spannt jeden Draht für sich, vereinigt eine Anzahl durch Umwickeln mit dünnerem Draht zu einem Drahtbündel und weiter, je nach Erforderniss, eine Anzahl solcher Bündel zu dem Kabel.

In einzelnen Fällen hat man die Kabel in ihrer endlichen Lage auf der Brücke selbst hergestellt. Dies Verfahren erfordert allerdings besondere Hilfseinrichtungen und die Ausführung leidet unter Regen und Wind; aber man umgeht dabei die äusserst schwierige Arbeit, das fertige Seil in seine endliche Lage bringen zu müssen. Grossartige Beispiele für derartige Ausführungen bieten Roebling's Drahtseil-Brücken über den Ohio zwischen Covington und Cincinnati und über den East-River zwischen New-York und Brooklyn. — Bei der East-River-Brücke ist jeder Draht aus zähem Gussstahl, verzinkt und 3 mm stark. Das Ziehen der einzelnen Drähte von Brückenthurm zu Brückenthurm geschah von einem fliegenden Stege aus, welcher von provisorisch ausgespannten Drahtseilen getragen wurde. Für jedes Brücken-Kabel errichtete man 6 riesige Trommeln, auf welche zusammen 384 km Draht gewunden wurden. Um diese Drahtlänge ununterbrochen auf- und abwickeln zu können, wurden die

Fig. 622.



Drahtenden mit einander verschweisst, nachdem vorher das schraubenähnlich zugespitzte Ende des einen in das spiralförmig ausgehöhlte des andern gesteckt worden war¹⁾.

Bei den Kabeln der französischen Hängebrücken verwendete man anfangs Kabel, in denen jeder Draht parallel zur Erzeugenden der Zylinderfläche lag; darauf führte man, nach amerikanischem Vorgange, gedrehte Kabel — *câbles tordus simples* — ein, bei denen alle Drähte in einerlei Sinne gewunden waren. Neuerdings kommt dort ein Verfahren in Anwendung, welches dem Kreuzschlag ähnlich ist. Dabei erhält ein Spiralseil, das um einen Herzdraht geschlagen ist, mehrere andere Draht-Umhüllungen, von denen jede in einer Richtung gewunden wird, welche derjenigen der nächstfolgenden Umhüllung entgegen gesetzt ist, (Fig. 622²⁾). Gedrehte Kabel besitzen grössere Biegsamkeit, als die aus graden Drähten zusammen gelegten Kabel, weil ein Theil der Spirale eines und desselben Drahtes beim Biegen des Kabels verkürzt ein anderer, ebenso grosser Theil verlängert wird, so dass eine Ausgleichung zwischen den auf einander folgenden Verlängerungen und Verkürzungen möglich ist. Hierbei ist voraus zu setzen, dass keine zu starke Reibung zwischen den Drähten verschiedener Umhüllungs-Schichten hindernd eintritt, was allerdings der Fall ist, wenn alle Spiralen desselben in gleichem Sinne gewunden sind, aber nicht, wenn das Kabel aus abwechselnd gedrehten Umhüllungs-Schichten hergestellt worden ist.

Die abwechselnd gedrehten Kabel — *câbles tordus alternatifs* oder Kreuzschlag-Kabel, wie man sie nennen könnte — besitzen noch den besondern Vorzug, dass alle Drähte, mit Ausnahme des Herzdrahtes, gleich lang sind, so dass sie bei der Beanspruchung des Kabels gleichmässig gelängt werden. Der Verfertiger der Kabel, Ingenieur Arnodin in Chateauf-sur-Loire, benutzt zu diesem Zwecke eine besondere Maschine, deren Gang derartig geregelt wird, dass die Steigung jeder Draht-Spirale in ihrer Abwicklung dem Durchmesser der zugehörigen Umhüllungs-Schicht proportional wird. Dadurch werden die Spiralen der verschiedenen Umhüllungs-Schichten einander ähnlich und alle Drähte gleich lang³⁾.

¹⁾ Orthey. Bau der East-River-Brücke. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1884, S. 119.

²⁾ Boulogne. Note sur la construction des ponts suspendus modernes. Ann. des ponts et chauss. 1886. I. S. 170. Auch Zentralbl. der Bauverwaltung. 1887, S. 172.

³⁾ Ueber verschiedene andere Drahtarbeiten: Gespinnste, Gewebe, Geflechte, Herstellung von Drahtstiften, Schrauben, Haken usw. vergl. Japing. A. a. O. S. 257, 284, 344, 365.

E. Anhang.¹⁾

I. Technische Bedingungen für die Herstellung von Konstruktionen des Hoch-, Brücken-, Maschinen- und Schiffbaues.

a. Normal-Bedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau.²⁾

Aufgestellt vom Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine unter Mitwirkung des Vereins deutscher Ingenieure und des Vereins deutscher Eisenhüttenleute, 1886.

I. Beschaffenheit des Eisens.

§ 1. Schweisseisen.

Das Eisen soll dicht, gut stauch- und schweisbar, weder kalt- noch rothbrüchig, noch langrissig sein, eine glatte Oberfläche zeigen und darf weder Kantenrisse, noch offene Schweissnäthe oder sonstige unganze Stellen haben.

A. Zerreißproben.

Für die Beurtheilung sind in erster Linie Dehnungs- und Zerreiß-Proben maassgebend. Die Dehnung ist auf eine Länge von 20 cm zu messen.

Die Versuchsstücke sind von dem zu untersuchenden Eisen kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten. Es müssen mindestens betragen:

1. Bei Flacheisen, L-Eisen, Formeisen und Blechen, welche im wesentlichen nur in der Längsrichtung beansprucht werden,

a) Zugfestigkeit in der Längsrichtung, wenn die Dicke beträgt:

α) 10 mm oder weniger, 3600 kg auf das qcm,

β) mehr als 10 mm bis einschliesslich 15 mm, 3500 kg auf das qcm,

γ) mehr als 15 mm bis einschliesslich 25 mm, 3400 kg auf das qcm.

b) Die Dehnung bis zum Bruche, in allen Fällen 12 %.

2. Bei Blechen mit ausgesprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegungsspannungen aufzunehmen haben, z. B. bei Stegblechen von Blechträgern.

a) Zugfestigkeit in der Längsrichtung, 3500 kg auf das qcm,

b) Dehnung, 10 %;

c) Zugfestigkeit in der Querrichtung, 2800 kg auf das qcm,

d) Dehnung, 3 %;

3. Bei Blechen ohne ausgesprochene Längsrichtung, welche vorwiegend durch Spannungen in verschiedenen Richtungen beansprucht sind, wie z. B. bei Anschluss-Blechen,

a) Zugfestigkeit in der Hauptwalzrichtung, 3500 kg auf das qcm,

b) Dehnung, 10 %;

c) Zugfestigkeit in der Querrichtung, 3000 kg auf das qcm,

d) Dehnung, 4 %.

4. Bei Eisen für Niete, Schrauben und dergl.,

a) Zugfestigkeit in der Längsrichtung, 3800 kg auf das qcm,

b) Dehnung bis zum Bruche, 18 %.

Diese Mindestbeträge der Zugfestigkeit sind so zu verstehen, dass die Versuchsstücke die angegebenen Belastungen für die Dauer von 2 Minuten tragen müssen, ohne zu reißen.

B. Sonstige Proben.

1. Bei Flacheisen, L-Eisen, Formeisen und Blechen:

Ausgeschnittene Längsstreifen von 30–50 mm Breite, mit abgerundeten Kanten, müssen über eine Rundung von 13 mm Halbmesser winkelförmig gebogen werden können, ohne dass sich an der Biegungsstelle ein Bruch im metallischen Eisen zeigt. Der Winkel α, welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, beträgt in Graden

a) für Biegung in kaltem Zustande:

α = 50° bei Eisenstärken d = 8 bis 11 mm,

α = 35° " " d = 12 " 15 "

α = 25° " " d = 16 " 20 "

α = 15° " " d = 21 " 25 "

b) für Biegung in dunkelkirschrothem Zustande:

α = 120° bei Eisenstärken d = bis 25 mm,

α = 90° " " d = über 25 "

In rothwarmem Zustande muss ein auf kaltem Wege abgetrennter, 30 bis 50 mm breiter Streifen eines L-Eisens, Flacheisens oder Bleches mit der parallel zur Faser geführten, nach einem Halb-

¹⁾ Verfasser hat, wo es zugänglich erschien, Fremd-Ausdrücke des Wortlauts der Urschriften zu ver-deutschen gesucht.

²⁾ Vergl. hierzu auch S. 128–133 in Bd. I der Hülfswissenschaften.

messer von 15 mm abgerundeten Hammerfinne bis auf das $1\frac{1}{2}$ fache seiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren von Trennung im Eisen zu zeigen.

2. Bei Nieteisen:

Nieteisen soll kalt gebogen und mit dem Hammer zusammengeschlagen eine Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich dem halben Durchmesser des Rundeisens bilden können, ohne Spuren einer Trennung an der Biegungsstelle zu zeigen.

Ein Stück Niet-Rundeisen muss auf eine Länge gleich dem doppelten Durchmesser im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel der Länge sich zusammen stauchen lassen, ohne am Rande rissig zu werden.

§ 2. Gusseisen.

Die aus Gusseisen bestehenden Theile müssen, wenn nicht Hartguss oder andere besondere Sorten, ausdrücklich vorgeschrieben sind, aus grauem weichen Eisen sauber und fehlerfrei hergestellt sein.

Die Zugfestigkeit soll bei Gusseisen mindestens 1200 kg auf das qcm betragen.

Es muss möglich sein, mittels eines gegen eine rechtwinklige Kante des Gusstückes mit dem Hammer geführten Schläges einen Eindruck zu erzielen, ohne dass die Kante abspringt.

Ein unbearbeiteter quadratischer Stab von 30 mm Seite, auf zwei, 1 m von einander entfernten Stützen liegend, muss eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belastung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht.

Der Unterschied in den Wanddicken eines Querschnittes, dessen vorgeschriebener Flächeninhalt überall mindestens eingehalten sein muss, darf bei Säulen bis zu 4 dem mittlerem Durchmesser und 4 m Länge die Grösse von 5 mm nicht überschreiten. Bei Säulen von grösserem Durchmesser und grösserer Länge wird der zulässige Unterschied für jedes Decimeter Mehrdurchmesser und für jedes Meter Mehrlänge um je $\frac{1}{2}$ mm erhöht.

Die Wandstärke soll jedoch in keinem Falle weniger als 10 mm betragen.

Sollen Säulen aufrecht gegossen werden, so ist das besonders anzugeben.

II. Herstellung der Eisenkonstruktion.

§ 3. Zeichnungen und Berechnungen.

Die dem Verträge zu Grunde zu legenden Zeichnungen, Gewichtsberechnungen und vorhandenen statischen Berechnungen, insoweit dieselben vom Besteller angefertigt worden sind, erhält der Unternehmer bei der Zuschlags-Ertheilung. Gehen sie dem Unternehmer später zu, so rückt der Liefertermin entsprechend hinaus.

Sind diese Zeichnungen, abgesehen von Uebersichts-Darstellungen, als Werkzeichnungen im Massstabe von mindestens $\frac{1}{20}$ der natürlichen Grösse für ganze Hauptträger und $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{4}$ für einzelne Theile ausgeführt, so werden keine weiteren besonderen Zeichnungen vom Unternehmer verlangt.

Letzterer ist jedoch verpflichtet, die Vertrags-Zeichnungen zu prüfen, gefundene Fehler anzuzeigen und etwa vorkommende Unklarheiten, nach Verständigung mit dem Besteller, zu beseitigen. In der Ausführung sich vorfindende Mängel können durch Unklarheit oder Unvollkommenheit der Zeichnungen nicht entschuldigt werden.

Abänderungen der Konstruktion, sowie Abweichungen von der Zeichnung, welche der Unternehmer für wünschenswerth hält, hat derselbe rechtzeitig schriftlich zu beantragen.

Aenderungen, welche der Besteller nach Abschluss des Vertrages anordnen sollte, hat der Unternehmer auszuführen. Ueber die ihm dafür etwa zu bewilligende Entschädigung bez. Fristverlängerung ist womöglich eine Vereinbarung vorher zu treffen.

Sind die für die Verdingung seitens des Bestellers gefertigten Zeichnungen nur allgemein gehalten, so ist der Unternehmer verpflichtet, auf Grund der beglaubigten Kopien jener Verdingungs-Zeichnungen die für die Ausführung der von ihm übernommenen Arbeiten erforderlichen Werkzeichnungen anfertigen zu lassen und diese mit seiner Unterschrift in zwei Ausfertigungen dem Besteller so zeitig zur Genehmigung einzureichen, dass kein Aufenthalt der Arbeit eintritt. Ein berichtigtes Exemplar, welches der Ausführung und der Abnahme zu Grunde gelegt wird, erhält der Unternehmer, falls nicht in den besonderen Bedingungen eine andere Frist festgesetzt ist, spätestens zehn Tage nach der Einsendung zurück. Wird der festgesetzte Zeitraum vom Besteller überschritten, so soll dem Unternehmer eine der Ueberschreitung entsprechende Hinausschiebung des Termins für die Fertigstellung der Eisenkonstruktion gewährt werden.

Sind Werkzeichnungen vom Unternehmer vorzulegen, so erfolgen Materialbeschaffung und Arbeiten, so weit die Abmessungen nicht schon durch die Verdingungs-Zeichnungen klargestellt sind, vor Rückempfang der berichtigten Werkzeichnungen lediglich auf Gefahr des Unternehmers.

Werden nur überschlägig ermittelte Gewichts-Verzeichnisse als für die Verdingung genügend erachtet, so hat der Unternehmer, auf Verlangen, eine genaue Gewichts-Berechnung einzureichen.

Als Einheits-Gewichte sind anzunehmen:

für Gusseisen	das cbm zu	7250 kg
für Schmiedeeisen	" " "	7800 "
für gewalzten Stahl, Flusseisen,		
Gussstahl	das cbm zu	7850 "

§ 4. Bearbeitung.

Die sämtlichen Konstruktions-Theile müssen genau den Zeichnungen entsprechen und folgende Bedingungen erfüllen:

1. Die durch Nietung oder Verschraubung zu vereinigenden Eisentheile sind genau auszurichten, so dass die Fugen dicht schliessen.

Das Verstemmen der Fugen vor Prüfung und Abnahme ist nicht gestattet.

2. Sämtliche Eisentheile müssen, entsprechend den in den Zeichnungen angegebenen Abmessungen, aus dem Ganzen gewalzt bez. geschmiedet oder gegossen sein und dürfen nicht durch Zusammenschweissen einzelner Theile gebildet werden. Ausnahmen sind besonders festzustellen.

3. Alle Schrauben- und Nietlöcher, mit Ausnahme derjenigen in Futterplatten, welche gelocht werden dürfen, sind zu bohren. Der an den Löchern entstandene Grat muss vor dem Zusammenlegen und Nieten der Stücke sorgfältig entfernt werden.

4. Die Nietlöcher müssen den vorgeschriebenen Durchmesser und die in der Zeichnung vorgeschriebene Stellung und Versenkung erhalten.

5. Die zusammen gehörigen Nietlöcher müssen gut auf einander passen. Verschiebungen sind bis höchstens 5% des Loch-Durchmessers zulässig. Dieselben müssen jedoch durch Aufreiben mit der Reibahle ausgeglichen werden. In derartig aufgeriebene Löcher sind entsprechend stärkere Nietbolzen einzuziehen.

6. Die Niete sind in hellroth-warmem Zustande, nach Befreiung von dem etwa anhaftenden Gluthpane, in die gehörig gereinigten Nietlöcher unter gutem Vorhalten (wo thunlich mit Nietwinden) einzuschlagen. Sie müssen die Löcher nach der Stauchung vollständig ausfüllen.

Setz- und Schliesskopf müssen zentrale Lage haben, gut und voll anliegend angeschlagen sein, und es darf dabei keine Vertiefung entstehen. Der etwa entstandene Bart ist sorgfältig zu entfernen. Die Nietköpfe dürfen keinerlei Risse zeigen.

Ein Verstemmen der Niete ist nicht gestattet.

Nach dem Vernieten ist zu untersuchen, ob die Niete vollkommen fest sitzen und nicht prellen. Alle nicht fest eingezogenen oder den sonstigen oben genannten Bedingungen nicht entsprechenden Niete sind wieder heraus zu schlagen und durch vorschriftsmässige zu ersetzen. In keinem Falle ist ein Nachtreiben im kalten Zustande gestattet.

7. Die vorkommenden Schraubengewinde müssen nach der Whitworth'schen Skala rein ausgeschnitten sein. Die Muttern dürfen weder schlottern, noch zu festen Gang haben. Die Köpfe und Muttern müssen mit der ganzen zur Anlage bestimmten Fläche aufliegen.

Bei schiefen Anlageflächen sind die Köpfe, so weit sie nicht genau angepasst werden, ebenso wie die Muttern mit entsprechend schiefen Unterlagplatten zu versehen.

Sind nach Angabe der Zeichnungen oder der Bedingungen gedrehte Schraubenbolzen zu verwenden, so müssen diese in die für sie bestimmten Bohrlöcher genau passen.

8. Die Zusammenpassung der Konstruktions-Theile hat auf sicheren Unterlagen zu geschehen. Hierbei ist darauf zu achten, dass keiner dieser Theile in eine einseitige Spannung gezwängt wird, dass die Verbindung derselben vielmehr gelöst werden kann, ohne dass die bezüglichen Stücke aus einander federn. Sollten bei der Vernietung einzelne Konstruktions-Theile sich verziehen, so müssen die Verbindungen gelöst und die vorhandenen Fehler sorgfältig beseitigt werden.

Das Nieten auf dem Bauplatze ist so viel wie irgend möglich zu beschränken.

§ 5. Reinigung und Anstrich.

Vor dem Zusammensetzen der einzelnen Theile sind dieselben von allen Unreinheiten, sowie von Rost und Hammerschlag zu befreien. Der Unternehmer ist gehalten, die von ihm beabsichtigte Reinigungsweise in seinem Angebot anzugeben, falls in den besonderen Bedingungen nicht ein bestimmtes Verfahren angegeben ist, oder der Unternehmer von der Vorschrift abzuweichen wünscht. Im Falle die Reinigung auf chemischem Wege statt findet, ist der Unternehmer für das etwaige Nachrosten in Folge nicht genügend sorgfältigen Entfernens der Säure verantwortlich.

Die auf chemischem Wege gereinigten Stücke (Platten, Stäbe usw.) sind unmittelbar nach der Reinigung mit einem Anstriche von Leinölfirnis in heissem Zustande zu versehen. Derselbe muss dünnflüssig und schnell trocknend sein. Bis der Leinölfirnis genügend angetrocknet ist, sind die gestrichenen Eisentheile in geeigneter Weise unter Schutz zu halten.

Bevor ein deckender Anstrich aufgebracht wird, ist dem Besteller entsprechende Mittheilung zu machen, damit derselbe eine Besichtigung der Eisentheile vorher vornehmen kann. Erst nach Erledigung der bei dieser vorläufigen Abnahme für erforderlich erachteten Nacharbeiten und nach Erneuerung des etwa beschädigten Leinölfirnis-Anstriches darf die Grundriemung der Theile mit dem in den besonderen Bedingungen vorgeschriebenen Grundanstriche erfolgen. Diejenigen Flächen, welche durch andre verdeckt werden, sind vor der Zusammenfügung zu streichen.

In allen zwischen den Konstruktionstheilen bleibenden freien Räumen, in denen sich Wasser ansammeln kann, muss für besonders sorgfältigen Anstrich, sowie für den Abfluss des Wassers durch entsprechend gebohrte Löcher Sorge getragen werden. Ist letzteres nicht angängig, so ist der Raum, soweit thunlich, mit Asphaltkitt oder einem andern geeigneten Stoffe auszufüllen.

Nach erfolgter Aufstellung der Eisenkonstruktion sind die Köpfe der auf der Baustelle eingeschlagenen Niete von Rost zu reinigen und zu grundieren. Sämmtliche Fugen sind sorgfältig zu verkitten.

Die weiteren Anstriche sind, falls nicht besondere Vereinbarung erfolgt, von der Lieferung ausgeschlossen.

Wird eine Verzinkung, Verzinnung oder Verbleiung von Eisentheilen vorgeschrieben, so muss dieselbe als ein das Eisen vollständig bedeckender gleichmässiger, gut haftender Ueberzug hergestellt werden.

§ 6. Prüfung während der Herstellung.

Dem Besteller steht das Recht zu, sich von der Vertragsmässigkeit der Materialen und der Arbeit durch Proben und durch fortwährende oder zeitweilige Kontrolle selbst oder durch sachverständige Techniker zu überzeugen. Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass dem Besteller, sowie seinen Vertretern hierbei stets und überall Zutritt zu den betreffenden Werkstätten gestattet werde.

Den Kontrollirenden sind die zu den Proben und Untersuchungen notwendigen Werkzeuge und Arbeitskräfte unentgeltlich zur Verfügung zu stellen.

Bei der Ausschreibung ist näher anzugeben, in welchem Umfange die Proben gewünscht werden.

Die Prüfung des Materials erfolgt auf Verlangen des Unternehmers auf den Hüttenwerken.

Wenn der Unternehmer oder das betreffende Hüttenwerk die erforderlichen Einrichtungen für die vorgeschriebenen Prüfungen der zu verwendenden Materialien nicht zur Verfügung stellt, so kann der Besteller dieselben auf Kosten des Unternehmers anderweit ausführen lassen.

Die Materialien zu den Proben hat der Unternehmer unentgeltlich zu liefern.

Zu den Proben sind im allgemeinen abfallende Abschnitte und kleinere Stücke zu verwenden, jedoch soll der kontrollirende Techniker in der Auswahl der Probestücke nicht beschränkt sein. Das abgenommene vorschriftsmässige Material ist als solches zu stempeln. Nicht vertragsmässig befundene Theile sind so zu bezeichnen, dass deren Verwertung erkannt werden kann, ohne dass durch diese Bezeichnung das Material für andere Zwecke unbrauchbar gemacht wird.

Der Besteller ist berechtigt, die Erstattung der durch die Abnahme an einem andern Orte als der Konstruktions-Werkstätte erwachsenen besondern Reisekosten vom Unternehmer zu verlangen.

Sollten bei der Besichtigung und den Proben, sei es in der Werkstatt oder während der Aufstellung am Bauplatze, Mängel in der Ausführung einzelner Stücke der fertigen Konstruktionstheile wahrgenommen werden, so ist der Unternehmer verpflichtet, die mangelhaften Stücke auf eigene Kosten durch andre vorschriftsmässige zu ersetzen, ohne dass ihm hieraus ein Anspruch auf Verlängerung der fest gesetzten Vollendungs-Termine oder auf Erlass der durch Uebereinkunft fest gesetzten Strafe erwächst.

Die Kontrolle auf den Hüttenwerken und in der Werkstatt des Unternehmers muss entscheidend sein für die innere Beschaffenheit des Materials. Bei der Aufstellung können nur einzelne Stücke wegen küsserer Fehler, die hier erst bemerkt werden, verworfen werden.

§ 7. Auflagerung der Brücken.

Die Auflagersteine für die Konstruktion werden dem Unternehmer in richtiger Höhenlage überwiesen; auch werden ihm die Mittellinie der Brücken-Konstruktion und die Pfeileraxen auf den Pfeilern durch deutliche Merkmale angegeben.

Für die richtige Lage der Widerlagsmauern und Auflager zu einander haftet der Besteller. Es ist jedoch Sache des Unternehmers, dieselbe, vor Beginn der Aufstellung, durch eigenes Messen nach den Zeichnungen auf Ihre Richtigkeit zu prüfen, bei vorgefundenen Abweichungen an den Besteller zu berichten und den Entscheid abzuwarten.

Entsteht dadurch ein Aufenthalt in den Aufstellungs-Arbeiten, so ist der hierbei dem Unternehmer erwachsene Schaden diesem zu vergüten.

Zu den Nachmessungen wird, auf Antrag des Unternehmers, demselben seitens des bauführenden Beamten unentgeltlich Beihilfe geleistet.

Eine Verspätung gegenüber der vertragsgemässen Ueberweisung des zur Aufnahme der Konstruktion bestimmten Mauerwerks, welche eine Verzögerung in dem Beginne der Aufstellung nach sich zieht, hat eine entsprechende Verschiebung des Fertigstellungs-Termins der Eisenkonstruktion, sowie Ersatz eines etwaigen Schadens, unter Berücksichtigung der etwa eintretenden veränderten Verhältnisse (in Bezug auf Witterung, Länge des Arbeitstages usw. zur Folge.

Die Aufstellung der Auflager soll so erfolgen, dass die Druckabgabe auf dieselben und von diesen auf die Unterlags- beziehentlich Widerlagsteine eine möglichst gleichmässige ist. Zu diesem Zwecke ist zwischen die Lagerflächen der Grundplatten und die sorgfältig abgearbeiteten Auflager- beziehentlich Widerlagsteine eine Zwischenlage von Zement, Blei oder einer entsprechenden härteren Legirung in geeigneter Weise einzubringen.

Die hierzu erforderlichen Maurer- und Steinmetzarbeiten liefert der Besteller, ebenso das nöthige Material (Zement, Blei oder eine Legirung), beides auf seine Kosten.

§ 8. Gerüste und Aufstellung.

Das für die Aufstellung der Eisenkonstruktion zu wählende Verfahren, sowie die Konstruktion der Rüstungen bleibt, so weit nicht bei der Ausschreibung besondere Vorschriften gegeben sind, dem Ermessen des Unternehmers überlassen; derselbe hat jedoch dem Besteller seine Absichten in dieser Beziehung, unter Vorlage der nöthigen Zeichnungen, rechtzeitig zur Kenntnissnahme mitzutheilen und Einwände des letzteren zu berücksichtigen.

Der Besteller übernimmt durch seine Zustimmung keine Verantwortliche für die Haltbarkeit der Gerüst-Anlagen, vielmehr fallen alle bei den Aufstellungs-Arbeiten vorkommenden Unfälle und deren Folgen lediglich dem Unternehmer zur Last.

Hebezeuge und sonstige zur Aufstellung erforderlichen Geräthe hat der Unternehmer auf seine Kosten zu beschaffen und zu unterhalten.

Die Gerüste dürfen Verkehrsstrassen und Gewässer nur so weit einengen, als es die zuständigen Behörden gestatten. Die Gerüst-Anlagen unterliegen deshalb der durch den Besteller zu vermittelnden Genehmigung der betreffenden Behörden. Der Besteller hat den Unternehmer bereits bei der Ausschreibung, jedoch ohne Verbindlichkeit, auf die besonderen Verhältnisse in dieser Beziehung aufmerksam zu machen und Angaben über die zur Baustelle führenden Zufuhrwege und ihre Verbindung mit der betreffenden Eisenbahnstation, sowie über die Bodenbeschaffenheit (mit Rücksicht auf Rammarbeit), die Wasserverhältnisse (Hoch- und Niedrigwasser) und über Eisgang beizufügen.

Allen Anforderungen der zuständigen Aufsichtsbehörde hat der Unternehmer sich zu unterwerfen und in der gestellten Frist nachzukommen, widrigenfalls der Besteller berechtigt ist, das Erforderliche ohne weiteres auf Rechnung des Unternehmers zu veranlassen.

Von der bevor stehenden Inangriffnahme des Gerüstbaues ist dem Besteller rechtzeitig Kenntniss zu geben.

Die Wiederentfernung der Gerüste und die Wiederbeseitigung aller in Folge der Aufstellungs-Arbeiten entstandenen Veränderungen und Beschädigungen am Baue selbst oder an den benachbarten Grundstücken hat der Unternehmer auf seine Kosten mit möglichster Beschleunigung zu bewirken.

III. Abnahme.

§ 9. Prüfung und Vollendung.

A. Allgemeine Untersuchung.

Nach Vollendung der Eisenkonstruktion ist auf Grund einer auf alle Theile sich erstreckenden Untersuchung bezüglich deren vertragsmässiger Herstellung dem Unternehmer seitens des Bestellers eine schriftliche Bescheinigung über den Befund auszustellen, oder auf Verlangen eines der beiden Kontrahenten eine beiderseits zu unterschreibende Verhandlung aufzunehmen.

Mit der Beseitigung der etwa vorgefundenen Mängel hat der Unternehmer sofort zu beginnen. Auf Verlangen des Unternehmers erfolgt die Untersuchung im Anschlusse an die Vollendungsarbeiten der Aufstellung.

Von dem in Aussicht stehenden Vollendungs-Tage ist der Besteller bez. dessen Stellvertreter vorher in Kenntniss zu setzen.

B. Probe-Belastungen.

Die Konstruktionen können auf Kosten des Bestellers Probe-Belastungen unterworfen werden, welche wie folgt auszuführen sind:

1. Bei Eisenbahnbrücken.

Jedes Gleis der Brücke ist mit einem Zuge zu belasten, welcher den bei der Berechnung gemachten Annahmen möglichst entspricht. Dieser Zug ist in zweckentsprechende Stellung auf die Brücke zu bringen und einige Zeit auf derselben stehen zu lassen, wobei die Durchbiegung der Hauptträger als Unterschied der Senkungen der Trägermitte und der Trägerstützpunkte sich ergibt. Nach Entlastung ist die bleibende Setzung fest zu stellen und die elastische Durchbiegung zu berechnen.

Ferner ist die Brücke von demselben Zuge mit der grössten für die betreffende Eisenbahn zulässigen Geschwindigkeit zu befahren, und sind hierbei, wie vorhin, die elastischen und die bleibenden Durchbiegungen der Hauptträger, sowie (soweit möglich) die Seitenschwankungen der letzteren zu bestimmen.

Bei kontinuierlichen Trägern muss das ungünstigste Zusammenwirken der Belastungen einzelner Öffnungen berücksichtigt werden.

2. Bei Strassenbrücken.

a) Eine ruhende, gleichförmige, der statischen Berechnung entsprechende Belastung ist, von einem Ende der Brücke beginnend, auf die Fahrbahn und die Fusswege zu bringen und einige Zeit darauf zu belassen.

Die Durchbiegung der Hauptträger ist zu messen und hierauf die Brücke zu entlasten, wonach die bleibende Durchbiegung ermittelt wird.

b) ein Lastwagen-Zug, welcher den bei dem Entwurfe der Konstruktion gemachten Annahmen entspricht, ist zuerst im Schritt auf die Brücke zu fahren und sodann einige Zeit auf derselben zu belassen.

In beiden Fällen ist die elastische und die bleibende Durchbiegung wie oben zu bestimmen.

c) Das beliebig schnelle Fahren von Fuhrwerken und das Marschiren von Menschen im Takte auf der Brücke ist bei den Proben nicht ausgeschlossen, muss jedoch, wenn beabsichtigt, in den besondern Bedingungen vorgesehen sein.

Bei kontinuierlichen Trägern ist das ungünstigste Zusammenwirken der Belastungen der einzelnen Öffnungen zu berücksichtigen.

3. Bei Hochbauten.

Die hierfür gültigen Vorschriften sind in den besondern Lieferungs-Bedingungen fest zu stellen.

C. Ergebnisse der Probe-Belastung.

Eine geringe bleibende Durchbiegung der Gesamt-Konstruktion nach Entfernung der ersten Probelast soll nicht der fehlerhaften Ausführung zugeschrieben werden, wenn hierbei eine Formänderung einzelner Konstruktionstheile (Verbiegen der Ränder, Trennung an den Verbindungsstellen, Ausweichen der gedrückten Theile und Aehnlisches) nicht nachgewiesen werden kann. Doch darf eine fernere bleibende Durchbiegung bei anderweiten Versuchen nicht wahrgenommen werden.

Übersteigt die gemessene elastische Durchbiegung die rechnerisch bestimmte, so berechtigt dies den Besteller nur in dem Falle zur Zurückweisung der gelieferten Konstruktion oder eines Theiles derselben, wenn er im Stande ist, den Nachweis zu führen, dass die grössere elastische Durchbiegung in Mängeln der Ausführung oder des Materials ihren Grund hat.

Bei Beurtheilung der Probelastungs-Ergebnisse ist auf Temperatur-Unterschiede, sowie auf die ungleichmässige Erwärmung durch die Sonne Rücksicht zu nehmen.

Alle Mängel, welche bei der Probelastung an der Eisenkonstruktion sich heraus stellen und welche auf Fehler in der Ausführung oder im Material zurück zu führen sind, hat der Unternehmer innerhalb einer angemessenen, vom Besteller fest zu setzenden Frist auf seine Kosten zu beseitigen, widrigenfalls dem Besteller das Recht zusteht, die erforderlichen Aenderungen durch einen Andern, auf Kosten des Unternehmers ausführen zu lassen.

§ 10. Abrechnung.

Die Abrechnung erfolgt, wenn nicht Pauschal-Summe vereinbart ist, nach dem Gewichte. Zu diesem Zwecke sollen sämtliche Konstruktions-Theile gewogen werden. Ist dies nicht durchführbar, so ist von den gleichen Konstruktions-Theilen eine vom Besteller anzugebende und vom Unternehmer als genügend anerkannte Anzahl zu verwiegen. Die hiernach ermittelten Stückgewichte sind der Berechnung des Gesamt-Gewichts zu Grunde zu legen. Alle Verwiegungen sollen in Gegenwart eines Beamten des Bestellers der, mit Einverständnis des Bestellers, durch einen öffentlichen, zur Ausstellung von Wägescheinen berechtigten Beamten geschehen.

Hierbei wird jedoch nur ein Mehrgewicht bis 3% bei Schweisseisen, bez. bis 5% bei Gusseisen gegenüber dem berechneten Gesamt-Gewichte bezahlt. Mindergewicht wird nicht mit bezahlt.

Konstruktions-Theile mit einem Mehrgewichte über 5% bei Schweisseisen, bez. 10% bei Gusseisen, oder einem Mindergewichte über 2% gegen das berechnete Gewicht können zurück gewiesen werden.

Die Abnahme und Abrechnung der Arbeiten, sowie die Zahlungen finden innerhalb der im Vertrage fest zu setzenden Fristen statt.

§ 11. Gewährleistung.

Für alle Schäden und Mängel, welche an dem Bauwerke in Folge schlechten Materials oder fehlerhafter Ausführung der Eisenkonstruktion entstehen, bleibt der Unternehmer bis zum Ablaufe eines Jahres nach statt gehabter Abnahme haftbar.

§ 12. Schlussbestimmung.

Sollte der Unternehmer gegen eine der vorstehenden Normalbedingungen Einwendungen erheben wollen, so hat er diese schon bei Abgabe seines Angebots vorzubringen.

b. Vorschriften der Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine. Zugleich Vorschläge des Vereins deutscher Eisenhüttenleute.¹⁾

I. Art der Proben.

Zur Erkennung der Brauchbarkeit der drei aus Schweisseisen gefertigten hauptsächlichsten Materialien zum Bau von Dampfkesseln sind folgende Proben auszuführen:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| a) für Bleche: | b) für L-Eisen: |
| 1. Zerreiß- und Dehnungsprobe, | 1. Zerreiß- und Dehnungsprobe, |
| 2. Biegeprobe, | 2. Biegeprobe, |
| 3. Schmiede- und Lochprobe; | 3. Schmiede- und Lochprobe; |
- c) für Nieteisen:
1. Zerreiß- und Dehnungsprobe,
 2. Biege- und Schmiedeprobe.

II. Prüfungs-Maschinen.

Prüfungsmaschinen bestimmter Bauart werden nicht vorgeschrieben, für deren Brauchbarkeit und Anwendung jedoch die Grundsätze aufgestellt:

- 1) dass bei allen Zerreiß-, Dehnungs- und Biegeproben die Belastung des Probestückes nicht stossweise, sondern stetig und langsam geschehe und die Inanspruchnahme durch immer kleinere Belastungen erfolge, je näher die Beendigung der Probe bevor steht;
2. dass die Maschinen leicht auf ihre Richtigkeit geprüft werden können und thatsächlich oft geprüft werden müssen.

III. Zurichtung der Probestücke.

Die Vorbereitung der Probestreifen hat nach folgenden Grundsätzen zu geschehen:

- a) die Probestreifen, welche zerissen, ausgedehnt und gebogen werden sollen, sind sämtlich warm gerade zu richten und vorsichtig auszuglühn;
 - b) nicht makellose Streifen dürfen nicht genommen werden;
 - c) die Messung der Dicke der Platten erfolgt mittels der Mikrometer-Schraube;
 - d) die Probestreifen sind etwa 400 mm lang und so breit zu nehmen, dass sie im rohen Zustande mindestens 50 mm breit sind;
 - e) die Streifen zu allen Prüfungen müssen an den Kanten mittels Maschine oder von Hand derart bearbeitet werden, dass die Wirkung des Scherenschnittes, Auslochens oder Anshauens zuverlässig beseitigt ist. Die Flächen bleiben unbearbeitet;
 - f) die Streifen zu Zerreiß- und Dehnungsproben sind in einer Länge von 150 mm — die Vorschläge des Vereins deutscher Eisenhüttenleute gestatten eine Länge des Zerreißtheils bis 200 mm — auf den Kanten sauber zu bearbeiten und so breit zu belassen, dass der zur Zerreißung vorbereitete Querschnitt mindestens 300 qmm, höchstens 600 qmm beträgt;
 - g) Streifen zu Biegeproben müssen an den Kanten etwas abgerundet sein, dürfen jedoch über den zur Biegung angewendeten Dorn in der Breite nicht hervor ragen.
- Auf der Biegungsstelle ist der Hammerschlag durch Abkratzen zu entfernen.

IV. Grundsätze bei Abnahme des Eisens.

Für die Abnahme des Eisens sind folgende Grundsätze zu berücksichtigen:

- a) Zur Gewinnung von Probestücken werden die Ausschnitte für Dom, Stutzen, Mannlöcher, Flammrohre usw. benutzt; ferner ist jedes Feuertafelblech in Längs- und Querrichtung 50 mm breiter zu bestellen, ebenso einige Mantelplatten. Ausserdem empfiehlt es sich bei grösseren Lieferungen für jeden Kessel eine Mantelplatte mehr als nöthig zu bestellen, damit aus der für einen Kessel bestimmten Zahl von Mantelplatten eine beliebige Platte ausgewählt und zur Gewinnung von Probestreifen verwendet werden kann.
 - b) Finden sich nach dem Zerreißen oder Biegen anscheinend guter Probestücke Fehlstellen in Folge mangelhafter Schweissung, so werden die Prüfungs-Ergebnisse aus solchen Stücken bei der Entscheidung über die Erfüllung der Lieferungs-Bedingungen nicht berücksichtigt.
 - c) Die Zerreiß-Festigkeit wird für Lang- und Querscher nach dem Bruchgewichte in kg für 1 qmm angegeben. Die Ausdehnung in der Länge des Probestreifens wird bei Lang- und Querscher ermittelt; und zwar wird die procentualische Ausdehnung des Streifens zwischen der mittels Körnerpunkten festgesetzten Länge von 150 mm beim Bruchgewichte angegeben.
 - d) Die Zulässigkeit des Eisens bezw. die Erfüllung der Normal-Ansprüche wird durch eine Güte- oder Werth-Ziffer ausgedrückt, welche aus der Addition der Zerreiß-Festigkeit in kg und der Dehnung in Prozenten entsteht. Jede Ziffer der Festigkeit und Dehnung darf um die Zahl 1 kleiner sein, als die betreffende Normalziffer, wenn die zugehörige andere Ziffer so viel grösser ist, dass ihre Summe wenigstens die normale Werthziffer ergibt.
 - e) der Biegungswinkel wird in Graden angegeben. Der Streifen gilt als gebrochen, wenn sich auf der konvexen Seite in der Mitte der Biegungsstelle ein deutlicher Bruch im metallischen Eisen zeigt.
 - f) Bei der warmen Biegeprobe sind die Stücke um eine gebrochene Kante zu biegen und zwar in kirschrothem Zustande. Das Eisen darf nicht brechen, reißen oder ausfransen.
- Bei der kalten Biegeprobe werden die Streifen um einen Dorn von 26 mm Durchmesser gebogen.
- g) Die Bleche und L-Eisen müssen bei vollkommener Schweissung frei von Walzfehlern sein und eine glatte Oberfläche haben.
 - h) Bei der Abnahme der Blechtafeln und L-Eisen wird eine Abweichung von dem rechnermässigen Gewichte von 3 % weniger oder mehr gestattet. Diese Abweichung ist nicht auf jede einzelne Tafel, sondern auf eine ganze Lieferung bezw. Theillieferung zu beziehen.

¹⁾ Die Grundsätze und Anleitung für die Untersuchungen von Dampfkesseln und Dampfmaschinen zur Ermittlung ihrer Leistungen, aufgestellt vom Verein deutscher Ingen. u. d. Verb. d. Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereine; s. Protokoll der 13. Delegirten- u. Ingen.-Versammlung in Brüssel, 1884, S. 44

i) Erfolgt die Prüfung des Eisens auf dem Hüttenwerke, so hat letzteres, andernfalls der Kesselempfänger die Kosten der Prüfung zu tragen.

V. Normal-Bezeichnung der Blechsorten.

Ohne Rücksicht auf die jetzt üblichen und vielfach verschiedenen Güte-Bezeichnungen empfehlen wir zum Bau eines Dampfkessels drei Sorten Kesselbleche mit den nachstehenden Bezeichnungen zu verwenden:

1. Mantelblech,
2. Bördelblech,
3. Feuerblech.

Aus Feuerblech müssen alle diejenigen Theile der Kesselwandung gefertigt werden, welche die erste, strahlende Hitze des Feuerherdes aufzunehmen haben.

Zu den Theilen, welche gebördelt oder gekrempt werden, wie z. B. Böden, Dome, Stutzen, Flammrohr-Schüsse u. dergl. ist das Bördelblech zu verwenden.

Die andern Theile der Kesselwandung sind aus Mantelblech zu fertigen.

Für L- und Nieteisen ist nur eine Güte fest zu setzen.

VI. Anforderungen an die Festigkeit.

Das zum Bau von Dampfkesseln dienende Eisen muss wenigstens folgenden Anforderungen genügen:

A. Bleche.

1. Zerreib- und Dehnungsprobe:

a) Mantelblech:

Güteziffer für Langfaser 40
" Quersfaser 35

nämlich:

Zerreibfestigkeit Langfaser = 33 kg
Quersfaser = 30 " "
Dehnung Langfaser = 7 %
Quersfaser = 5 " "

b) Bördelblech:

Güteziffer für Langfaser 47
" Quersfaser 41

nämlich:

Zerreibfestigkeit Langfaser = 35 kg
Quersfaser = 33 " "
Dehnung Langfaser = 12 %
Quersfaser = 8 " "

c) Feuerblech:

Güteziffer für Langfaser 54
" Quersfaser 46

nämlich:

Zerreibfestigkeit Langfaser = 36 kg
Quersfaser = 34 " "
Dehnung Langfaser = 18 %
Quersfaser = 12 " "

2. Biegeprobe:

1) im warmen Zustande:

Biegungswinkel:

- a) Mantelblech in der Langfaser 110°
" in der Quersfaser 80°
- b) Bördelblech in der Langfaser 150°
" in der Quersfaser 120°
- c) Feuerblech in der Langfaser 180°
" in der Quersfaser 180°

2) im kalten Zustande:

Biegungswinkel in Graden:

Dicke mm	Mantel- blech		Bördel- blech		Feuer- blech		Dicke mm	Mantel- blech		Bördel- blech		Feuer- blech	
	Längs	Quer	Längs	Quer	Längs	Quer		Längs	Quer	Längs	Quer	Längs	Quer
6—7	50	30	80	50	110	90	14—15	30	12	40	25	75	50
8—9	45	25	70	40	100	80	16—17	25	10	35	20	70	40
10—11	40	20	60	35	90	70	18—19	20	8	30	15	65	35
12—13	35	15	50	30	80	60	20—21	15	5	25	10	60	30

3. Schmiede- und Lochprobe.

Blechstreifen von etwa 10 cm Breite müssen im rothwarmen Zustande mittels der Hammerfinne quer zur Walzrichtung mindestens auf das 1½fache ihrer Breite ausgebreitet werden können, ohne weder an den Kanten, noch auf der Fläche Risse zu erhalten.

Blechstreifen im rothwarmen Zustande mit Lochstempel gelocht in einer Entfernung vom Rande, die gleich der halben Dicke des Streifens ist, dürfen vom Loch nach der Kante nicht aufreißen.

B. L-Eisen.

1. Zerreiß- und Dehnungsprobe.

Güteziffer Langfaser 52

nämlich

Zerreißfestigkeit Langfaser = 36 kg
Dehnung Langfaser = 16 %

2. Biegeprobe.

Bei der warmen Biegeprobe müssen sich die Schenkel des L-Eisens sowohl vollständig zusammen biegen als auch derart aus einander breiten lassen, dass beide Schenkel eine ebene Fläche bilden.

Bei der kalten Biegeprobe sollen sich die beiden Schenkel unter der Presse mindestens um 18° aus einander biegen lassen.

Bei beiden Proben dürfen sich in der Kehle und in den Schenkeln nur Anfänge von Rissen zeigen.

3. Schmiede- und Lochprobe.

Schenkelstreifen von L-Eisen müssen dieselben Schmiede- und Lochproben bestehen wie Blechstreifen.

C. Nieteisen und Niete.

1. Zerreiß- und Dehnungsprobe.

Güteziffer 58.

nämlich

Zerreißfestigkeit = 38 kg
Dehnung = 20 %

2. Biege- und Schmiedeprobe.

Bei der kalten Biegeprobe muss das Nieteisen, ohne Risse zu erhalten, so gebogen und platt aufeinander geschlagen werden können, dass die beiden Enden der Länge nach parallel laufen.

Ein Stück Nieteisen mit zweifachem Durchmesser zur Höhe muss sich kalt auf die halbe Höhe zusammen stauen lassen, ohne dass die Oberfläche reißt.

Bei der warmen Biegeprobe muss sich ein Stück Nieteisen von 2fachem Durchmesser zur Höhe auf 1/3 bis 1/4 der Höhe nieder stauen und sodann lochen lassen, ohne aufzureissen.

Halle a. d. Saale, am 16. und 17. Juni 1881.

c. Auszug aus der Anweisung für die Prüfung und Abnahme der für Kessel bestimmten Eisenbleche, L-Eisen, T-Eisen, Stangeneisen (Rund-, Vierkant- und Flach-Eisen), Nieteisen und Niete.¹⁾

Für die Kaiserl. Marine am 5. Jan. 1878 erlassen.

§ 1. Zusammensetzung der Kommission.

Technische Prüfungsvorschriften.

I. Für Bleche.

§ 2. Besichtigung. Jedes eingelieferte Eisenblech ist zunächst auf beiden Seiten genau zu besichtigen, um fest zu stellen, dass seine Oberfläche glatt, eben, ohne Blasen, Beulen, Risse, Walzfehler oder Schiefer ist.

Jedes in dieser Beziehung fehlerhafte Blech ist sofort zu verwerfen. In einer Ecke jedes Bleches muss der Name des Fabrikanten und die Zahl 1 für Bleche 1., sowie die Zahl 2 für Bleche 2. Güte eingestempelt sein.

§ 3. Prüfung auf innere Fehler. Die von den in § 2 aufgeführten Fehlern frei gefundenen Bleche werden demnächst auf ungenutzte Stellen im Innern untersucht. Die als ungenutz befundenen sind zu verwerfen.

§ 4. Aufmessung. Die bis dahin für die Abnahme fähig befundenen sind aufzumessen.

Die Bleche müssen die verlangten Abmessungen haben; Abweichungen in der Länge und Breite bis zu 10 mm sind gestattet. Bleche, bei denen mehr als 10 mm an den verlangten Abmessungen fehlen, sind zu verwerfen.

Demnächst ist noch fest zu stellen, dass die Bleche die verlangte Stärke haben. Abweichungen bis zu 0,3 mm sind hierbei gestattet.

§ 5. Wägung. Die Bleche sind genau zu wiegen, um fest zu stellen, ob ihr Gewicht mit dem aus den wirklichen Längen und Breiten der angelieferten Bleche und den verlangten Stärken zu berechnenden überein stimmen.

Als Rechnungs-Gewicht gilt 7763 kg für 1 cbm. Ueberschreitet eine Lieferung bezw. Theil-Lieferung das nach vor genannter Grundlage ermittelte Rechnungs-Gewicht, so sind von den Blechen mit höchstem Uebergewicht so viel zu verwerfen, dass der Rest das Durchschnitts-Gewicht behält. Das Mindergewicht kann bei einer Lieferung bezw. Theil-Lieferung bis zu 4 % betragen. Ueberschreitet es diese Grenze, so sind diejenigen Bleche mit Mindergewicht, welche diese Ueberschreitung verursacht haben, ebenfalls zu verwerfen.

§ 6. Auswahl für die Zähigkeits-Prob. Behufs Prüfung der Zähigkeit der nach den Bestimmungen der vorher gehenden §§ für gut befundenen Bleche ist aus je einer Menge von höchstens 12 000 kg von Blechen gleicher Güte ein beliebiges Blech zu wählen. Ist die Auswahl von mehreren Probeblechen nach Obigem erforderlich, so ist darauf zu sehen, dass in den auszuwählenden Blechen auch die verschiedenen in der Lieferung vorkommenden Stärken möglichst vertreten sind.

§ 7. Zurichtung der Probestücke zu den Zähigkeits-Prob.

§ 8. Vornahme der Zähigkeits-Prob. Die erste Belastung des eingespannten Probestücks hat 25 kg für 1 qmm zu betragen und ist allmählig um je 1,5 kg für 1 qmm zu vermehren. Hat die Be-

¹⁾ Nach Ann. f. Gew. u. Bauw. 1883, I, S. 280.

lastung die Höhe von 31 kg für 1 qmm erreicht, so ist dieselbe um je 1 kg für 1 qmm allmählich zu vermehren. Jede Belastung lässt man 0,5 Minuten auf den Stab wirken und bestimmt in jedem einzelnen Falle die Reckung.

(1) Blech 1. Güte (*Low moor*) darf mit der Faser erst bei einer Belastung von 36 qmm Querschnitt, quer der Faser erst bei einer Belastung von 34 kg für 1 qmm Querschnitt, Blech mittlerer Güte (*Best-Best Staffordshire*) mit der Faser erst bei einer Belastung von 35 kg für 1 qmm Querschnitt, quer der Faser erst bei einer Belastung von 33 kg für 1 qmm Querschnitt zerreißen.

Die Verlängerung des Bleches 1. Güte muss mit der Faser wenigstens 10 %	
quer der Faser	7 "
die des Bleches mittlerer Güte mit der Faser wenigstens	6 "
quer der Faser	4 "

beim Zerreißen betragen.

bleiben die Ergebnisse der Probe wesentlich hinter den fest gestellten Grenzen zurück, so ist der Posten, aus dem das Probestück entnommen worden, ohne weitere Prüfung zu verwerfen; glaubt die Kommission indess, dass trotzdem das Material einigermaßen den Anforderungen entsprechen wird, so kann mit neuen, aus den schon dazu benutzten Blechen heraus geschnittenen Probestücken eine nochmalige Zähigkeitsprobe vorgenommen, oder der betreffende Posten vor dem Verwerfen den Biegeproben unterworfen werden. Die angegebenen Zahlen bedeuten die Mittelwerthe aus je 3 Proben.

§ 9. Biegeproben. Diejenigen Blechposten, deren Zähigkeits-Proben befriedigend verlaufen, sowie diejenigen, bei denen die Ergebnisse nur wenig hinter den fest gestellten Grenzen zurück geblieben sind, sowie eintretenden Falls diejenigen, die trotz der unbefriedigenden Zähigkeits-Proben von der Kommission noch einer weiteren Prüfung werth erachtet werden, sind Biegeproben in heissem und kaltem Zustande zu unterwerfen.

Die zur Vornahme der Biegeproben bestimmten Probestücke sind, wenn irgend angängig, von denselben Blechen (vergl. § 6), aus denen die für die Zähigkeitsproben bestimmten Stücke entnommen waren, abzuschneiden.

§ 10. Zurichtung der Bleche zur Biegeprobe.

§ 11. Vornahme der Biegeprobe Nr. I. Die Stücke werden in einem Glühofen halb rothglühend gemacht und in diesem Zustande auf einer gusseisernen Platte so befestigt, dass der eine Rand 100 mm über letztere Platte hervor ragt.

Der hervor springende Theil jedes Stückes wird dann durch mässig starkes Schlagen mit Hämmern von 5 kg Hammergewicht nach unten gebogen. In kleinen Zwischenräumen wird das Probestück genau besichtigt, ohne dasselbe los zu machen, um die ersten Anzeichen eines Bruches fest zu stellen.

Sobald die Anzeichen eines Bruches bemerkt werden, ist das Probestück von der gusseisernen Platte los zu machen und der Winkel, in welchem es bisher gebogen worden, genau zu messen.

Ist der Winkel von 90° erreicht worden, ohne dass das zu prüfende Blech Risse zeigt, so wird dasselbe umgekehrt, genau an derselben Stelle wie bei Beginn der Versuche befestigt und in der vorher angegebenen Weise weiter herum gebogen, bis sich Risse zeigen.

Blech 1. Güte muss von solcher Dehnbarkeit sein, dass sich Stücke desselben von 25 mm Stärke und darunter in halb rothglühendem Zustande ohne zu brechen durch Hammerschläge mit Hämmern von 5 kg Gewicht, sowohl mit wie quer zur Faser, 150° biegen lassen. In kaltem Zustande muss der Winkel vor dem Bruche

	mit der Faser bei		
25—20 mm Stärke der Bleche mindestens	25°	13—9 mm Stärke der Bleche mindestens	70°
19—14 " " " " " "	40°	8 " " und darunter "	100°
	quer der Faser bei		
25—20 mm mindestens	15°	13—19 mm mindestens	45°
19—14 " " " " " "	25°	8 " " und darunter mindestens	60°

betragen.

Blech 2. Güte muss von solcher Dehnbarkeit sein, dass sich Stücke von 25 mm Stärke und darunter in halb rothglühendem Zustande ohne zu brechen durch Hammerschläge mit Hämmern von 5 kg Hammergewicht

	mit der Faser in einem Winkel von 125°
	quer der Faser in einem Winkel von 100°

biegen lassen.

In kaltem Zustande muss der Winkel vor dem Bruche

	mit der Faser bei	
25—23 mm Stärke der Bleche mindestens	15°	11—9 mm Stärke der Bleche mindestens
22—20 " " " " " "	20°	8—6 " " " " " "
19—17 " " " " " "	25°	5 " " " " " "
16—12 " " " " " "	35°	
	quer der Faser bei	
25—20 mm Stärke mindestens	10°	11—9 mm Stärke mindestens
19—17 " " " " " "	15°	8—6 " " " " " "
16—12 " " " " " "	20°	5 " " und darunter mindestens

betragen.

§ 12. Gefüge der Bruchstelle. Das Gefüge der Bruchstelle ist stets genau zu untersuchen. Das Eisen muss ein feinkörniges oder seltnes Gefüge haben.

§ 13. Vornahme der Biegeproben. Probe II für Bleche 1. Güte (Polterprobe), vergl. S. 285.

Dem Bleche können hierbei zwei Hitzen gegeben werden.

§ 14. Vornahme der Biegeproben. Probe Nr. III für Bleche 2. Güte (Umbörtelungsnach Innen), vergl. S. 285.

Dem Bleche können hierbei zwei Hitzen gegeben werden.

§ 15. Vornahme der Biegeproben. Probe Nr. IV (Umbörtelungsprobe nach Aussen), vergl. S. 285.

Dem Bleche können hierbei drei Hitzen gegeben werden.

§ 16. Erklärung der Ausdrücke „mit“ und „quer“ zur Faser.

II. Für L-Eisen und T-Eisen.

§ 17. Besichtigung.

§ 18. Aufmessung. Abweichungen in der Länge der Stücke bis zu 50 mm und in den Schenkellängen bis 1 mm und in den Stärken bis zu 0,3 mm sind gestattet; fehlt ein grösseres Maass daran, so ist das betreffende Stück zu verwerfen.

Das Profil der L-Eisen soll derart hergestellt sein, dass die Abrundungen an den Schenkeln und in dem Winkel nur gering sind. Genaue Profilzeichnungen sind stets den Lieferungen zu grunde zu legen und hat nach diesen Zeichnungen die Abnahme zu erfolgen.

Das Vorhandensein einer in der ganzen Länge gleich grossen Stärke der Stücke ist durch Nachmessen (event. mittels einer Lehre) fest zu stellen; Stücke, bei denen bedeutende Abweichungen hervortreten, sind zu verwerfen.

§ 19. Wägung. Die L-Eisen und T-Eisen jeder Stärke sind in Gruppen, welche den Positionen der Bestellung entsprechen, jedoch nicht über 5000 kg Gesamtgewicht haben dürfen, genau zu wiegen, um fest zu stellen, ob ihr Gewicht mit dem aus dem verlangten Querschnitt und der wirklichen Länge zu berechnenden überein stimmt. Auch hier gilt als Rechnungsgewicht 7763 kg für 1 cbm.

Überschreitet eine Gruppe das nach vorgenannter Grundlage ermittelte Rechnungsgewicht, so ist sie zu verwerfen.

Das Mindergewicht kann bis zu 4% betragen. Überschreitet es diese Grenze, so ist die betreffende Gruppe ebenfalls zu verwerfen.

§ 20. Auswahl für die Zähigkeits-Proben. Zur Prüfung der Zähigkeit der nach den vorher gehenden Paragraphen für gut befundenen L-Eisen ist aus jeder L-Eisen-Gruppe von höchstens 5000 kg ein beliebiges L-Eisen zu wählen.

§ 21. Zurichtung der Probestücke zur Zähigkeitsprobe.

§ 22. Vornahme der Zähigkeits-Probe. L-Eisen und T-Eisen darf mit der Faser erst bei einer Belastung von 35 kg für 1 qmm Querschnitt des Probestücks zerreißen.

Seine Verlängerung muss mit der Faser vor dem Zerreißen wenigstens 12% bzw. 10% betragen.

§ 23. Schmiedeproben. Betreffs der Zulassung der Stücke zu den Schmiedeproben gelten die für die Bleche im § 9 gegebenen Bestimmungen.

Ueber die Vornahme der Schmiedeprobe vergl. S. 286, über die Niet- und Nieteneisen-Proben ebenda.

d. Auszug aus den vorläufigen Vorschriften f. d. Prüfung behufs Abnahme der für Schiffsbauten bestimmten Stahlplatten, Winkelstahle und Formstahle bei der Stettiner Maschinenb.-Aktien-Gesellsch. Vulcan.

A. Allgemeine Vorschriften.

§ 1. Zusammensetzung der Abnahme-Kommission.

B. Technische Prüfungs-Vorschriften.

I. Für Bleche.

§ 2. Besichtigung. Jede eingelieferte Stahlplatte ist zunächst auf beiden Seiten genau zu besichtigen, um fest zu stellen, dass ihre Oberfläche glatt, eben, ohne Blasen, Beulen, Risse, Walzfehler oder Schiefer (schlechte, durch Einwalzen von Schmutz, Chamott oder Asche entstandene Stellen) ist.

Jede in diesen Beziehungen fehlerhafte Platte ist zu verwerfen.

§ 3. Prüfung durch Anschlagen. Die von den in § 2 aufgeführten Fehlern frei befundenen Platten werden demnächst einzeln mit einem kleinen Hammer an verschiedenen Stellen angeschlagen, um fest zu stellen, ob sie frei von inneren Fehlern (Blasen oder offenen Schweissstellen) sind.

Ergibt der Anschlag überall einen klaren, glockenähnlichen Ton, so ist anzunehmen, dass die Platte gut ist. Klingt der Ton schwer und dumpf, so ist die Platte mit inneren Fehlern behaftet und in diesem Falle zu verwerfen.

§ 4. Aufmessung.

§ 5. Wägung.

§ 6. Auswahl für die Zähigkeits-Probe. Behufs Prüfung der Zähigkeit der nach den Bestimmungen der vorstehenden §§ für gut befundenen Platten ist aus je 25 Stück derselben Dicke eine beliebige zu wählen.

Sind weniger als 15 Stück einer Dicke vorhanden, so werden diese mit denen der zunächst grösseren oder geringeren Dicke zusammen geprüft.

Sind mehr als 25, aber nicht 50 Stück Platten derselben Dicke vorhanden, so ist der Posten zu halbiren und von jeder Hälfte eine Platte zur Prüfung zu nehmen.

§ 7. Zurichtung der Probestücke. Aus jeder gewählten Probeplatte sind wenigstens zwei Probestücke heraus zu nehmen und zwar das eine mit, das andere quer der Faser. Dieselben sind durch Bohren aus der Probeplatte auszuschneiden. Der mittlere, 200 mm lange Theil jedes Probestücks ist so breit auszuarbeiten, dass der Querschnitt an jeder Stelle desselben 700 qmm für Platten von 10 mm Dicke und darüber, für dünnere Platten dagegen 500 qmm gross ist.

Die Endtheile jedes Probestücks können 80 bis 100 mm lang und ebenso breit sein.

§ 8. Vornahme der Zähigkeits-Probe. Die erste Belastung des eingespannten Probestücks hat 20 kg für 1 qmm zu betragen und ist nach und nach um je 1 kg/1 qmm zu vermehren. Hat die Belastung die Höhe von 32 kg/1 qmm Querschnitt erreicht, so wird mit einer weitem Vermehrung 5 Minuten gewartet und während dieser Zeit an den Körnerschlägen das etwa erfolgte Recken des Stückes gemessen; nachdem dies geschehen, wird die Belastung jede Minute um 0,5 kg/1 qmm, bis zum Zerreißen, vermehrt.

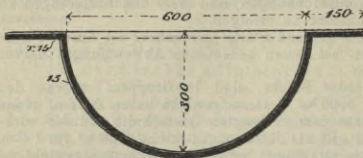
Alle Probestücke, sowohl längs als quer der Faser, müssen wenigstens eine Belastung von 44 kg/1 qmm aushalten. Die Verlängerung der Probestücke bis zum Bruch muss für die Länge von 200 mm nicht weniger als 15 und nicht mehr als 25% betragen.

Bleiben die Ergebnisse der Probe wesentlich hinter den festgestellten Grenzen zurück, so ist der Posten, aus dem das Probestück entnommen worden, ohne weitere Prüfung zu verwerfen. Glaubt die Kommission indess, dass trotzdem das Material nahezu den Anforderungen entsprechen wird, so kann

mit neuen, aus der schon dazu benutzten Platte heraus geschnittenen Probestücken eine nochmalige Zähigkeitsprobe vorgenommen werden und hat die Annahme oder Verwerfung des Postens je nach dem Ergebniss dieses Versuchs stattzufinden.

§ 9. Schmiedeproben. Die Platten, deren Zähigkeitsproben befriedigende Ergebnisse geliefert haben, sind einer Schmiedeprobe zu unterwerfen.

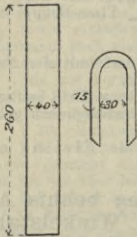
§ 10. Vornahme der Schmiedeprobe. Die Schmiedeprobe besteht darin, dass eine Platte



in einer oder mehreren Hitzten in die Form einer halbkugelförmigen Schale mit einem umgekrempelten, in der ursprünglichen Ebene der Platte liegenden, Rand gebracht wird. Der innere Durchmesser der Halbkugel muss vierzig mal und die Breite des flachen, ringförmigen Randes zehn mal so gross als die Plattendicke sein.

Bei dieser Probe darf die Platte keine Risse oder sonstige Anzeichen starker Beanspruchung zeigen. Die Posten von Platten, deren Probestücke diesen Anforderungen nicht entsprechen, sind zu verwerfen.

§ 11. Härtings- und Biegeprobe. Diejenigen Plattenposten, deren Schmiedeprobe und Zähigkeitsproben befriedigende Resultate ergeben haben, sind einer Biegeprobe in gehärtetem Zustande zu unterwerfen.



§ 12. Zurichtung der Probestücke. Es wird zu diesem Zwecke von jeder bis dahin als abnahmefähig erkannten Platte ein Streifen quer der Faser und einer längs der Faser abgeschnitten. Diese Streifen müssen 260 mm lang und 40 mm breit sein und sind an den Kanten zu hobeln.

§ 13. Vornahme der Probe. Die Probestücke sind gleichmässig auf Kirschlorth zu erhitzen und darauf in Wasser, welches eine Temperatur von 28° C. besitzt, abzukühlen. Nach erfolgter Abkühlung werden die Probestücke in einer Presse zusammen gebogen (siehe Skizze) und muss es möglich sein, denselben, ohne dass Anzeichen eines Bruches entstehen, eine solche bleibende Biegung zu geben, dass der kleinste innere Halbmesser an der Biegungsstelle nicht grösser als die Dicke der Platte ist. Sobald die Anzeichen eines Bruches bemerkt werden, ist der kleinste Halbm., mit welchem das Probestück bis dahin gebogen worden, genau fest zu stellen.

Die Biegeprobe ist nur dann als genügend anzusehen, wenn sich bei der Biegung von einem inneren Halben gleich der Plattendicke keine Risse zeigen. Die Plattenposten, welche diesen Bedingungen nicht genügen, sind zu verwerfen.

II. Für L-Stahle.

§ 15. Besichtigung.

§ 16. Aufmessung.

§ 17. Wägung.

§ 18. Auswahl der Zähigkeitsproben.

§ 19. Zurichtung der Probestücke.

§ 20. Vornahme der Zähigkeitsprobe. Alle Probestücke müssen wenigstens eine Belastung von 44 kg für 1 qmm aushalten.

Die Verlängerung des Probestückes bis zum Bruch muss für die Länge von 200 mm nicht weniger als 15 und nicht mehr als 25 % betragen.

§ 21. Schmiedeproben. Diejenigen Winkelstahlposten, deren Zähigkeitsproben befriedigende Ergebnisse geliefert haben, sind den Schmiedeproben zu unterwerfen.

§ 22. Vornahme der Schmiedeproben. Aus jedem Posten L-Stahl werden 3 kurze

Probestücke entnommen und nachdem sie rothglühend gemacht sind, den folgenden Proben unterworfen:

1. Aus dem einen Probestück ist ein Ring zu biegen, so dass ein Schenkel in einer Ebene und der andere senkrecht zu ihm bleibt. Der innere Durchmesser des Ringes darf nicht grösser sein, als die dreifache Breite des eben gebliebenen Schenkels.

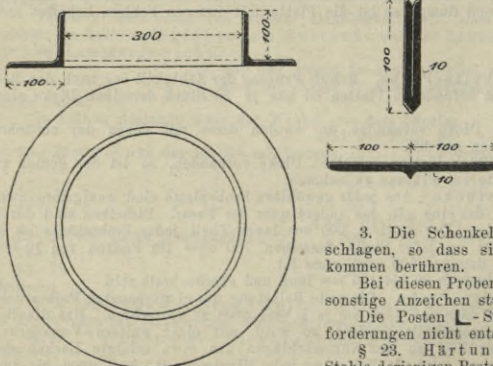
2. Das zweite Probestück ist derartig aneinander zu schlagen, dass die inneren Flächen der Schenkel in eine Ebene zusammen fallen.

3. Die Schenkel des Probestückes sind zúsammen zu schlagen, so dass sich die inneren Schenkelflächen vollkommen berühren.

Bei diesen Proben darf der L-Stahl keine Risse oder sonstige Anzeichen starker Beanspruchung zeigen.

Die Posten L-Stahle, deren Probestücken diesen Anforderungen nicht entsprechen, sind zu verwerfen.

§ 23. Härtings- und Biegeproben. Alle L-Stahle derjenigen Posten, welche den Schmiedeproben genügt haben, sind den Härtings- und Biegeproben zu unterwerfen.



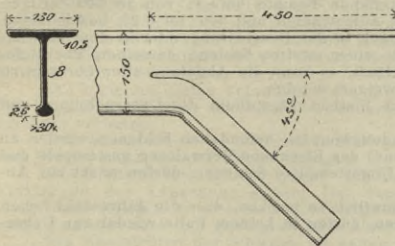
Für die Abmessungen und die Bearbeitung der Probestücke (nur längs der Faser), für die Härting, die Biegung, sowie schliesslich für das Maximum des kleinsten Halbmessers und die Abnahme gelten genau die im § 12 und § 13 für die Platten vorgeschriebenen Bedingungen.

III. Für Formstahl.

§ 24. Besichtigung.

§ 25. Aufmessung.

- § 26. Wägung.
- § 27. Auswahl für die Zähigkeits-Proben.
- § 28. Zurichtung der Probestücke.
- § 29. Vornahme der Zähigkeitsprobe. Alle Probestücke müssen wenigstens eine Belastung von 44 kg für 1 qmm aushalten. Die Verlängerung der Probestücke bis zum Bruch muss für die Länge von 200 mm nicht weniger als 20 % betragen.
- § 30. Schmiedeproben. Diejenigen Formstahl-Posten, deren Zähigkeits-Proben befriedigende Ergebnisse geliefert haben, sind den Schmiedeproben zu unterwerfen.



§ 31. Vornahme der Schmiedeprobe. Aus jedem Posten Formstahl wird eine Stange entnommen; das eine Ende derselben wird in der halben Höhe auf einer Länge gleich drei mal der Höhe des Balkens aufgespalten und an dem Ende dieses Spalts, zur Verhinderung des Aufreisens, ein Loch gebohrt. Dann wird das Ende der Stange warm gemacht und in einer oder mehreren Hitzten so geöffnet, dass der obere Teil des aufgespaltenen Endes in der ursprünglichen Lage verbleibt und der untere Theil mit dem oberen einen Winkel von 45° bildet. Bei diesen Proben darf der Formstahl keine Risse oder sonstige Anzeichen starker Beanspruchung zeigen. Die Posten Formstahl, deren Probestücke diesen Anforderungen nicht entsprechen, sind zu verwerfen.

§ 32. Härtings- und Biegeproben. Alle Formstahle derjenigen Posten, welche den Schmiedeproben genügt haben, sind den Härte- und Biegeproben zu unterwerfen.

Für die Abmessungen, Bearbeitung und Abnahme der Probestücke (nur längs der Faser) gelten die im § 7 und § 13 für die Platten vorgeschriebenen Bedingungen, nur mit dem Unterschied, dass der kleinste innere Radius an der Biegungsstelle die zweifache Plattendicke betragen darf. Risse usw. dürfen bei dieser Biegung nicht entstehen. Alle Stangen, welche diesen Biegungen nicht entsprechen, sind zu verwerfen.

§ 33. Temperatur des Probir-Raums. Der Raum, in welchem die Zähigkeits-, Biege-, Härtings- und Schmiedeproben, sowohl für Stahlplatten, als L-Stahl und Formstahl vorgenommen werden, muss wenigstens eine Temperatur von 12° C. haben.

§ 34. Stempelung der unbrauchbaren Stücke.

§ 35. Eintragung der Ergebnisse in ein Probetagebuch. Die Prüfungs-Ergebnisse sämtlicher vorgenannter Materialien sind in ein Probetagebuch nach bestimmtem Schema einzutragen.

e. Anweisung für die Behandlung des weichen Stahls.

1. Alle Platten oder Stäbe sollen wenn möglich kalt gebogen werden; geht dies nicht, so dürfen sie auf keine grössere Länge als nöthig ist, erhitzt werden.
 2. Wenn Platten oder Stäbe erhitzt werden müssen, soll mit der grössten Sorgfalt vermieden werden, sie noch zu bearbeiten, nachdem sie die gefährliche Erhitzungs-Grenze erreicht haben, welche als blaue Hitze bekannt ist und zwischen 600—400° Fahrenheit (315—205° C.) liegt. Sollte diese Grenze während der Arbeit erreicht werden, so muss das Stück neuerdings erhitzt werden.
 3. Wenn Platten oder Stäbe gänzlich erwärmt wurden, um sie zu biegen oder zu flanschen, und wenn die Bearbeitung in einer Hitze beendet wurde, so ist Ausglühen überflüssig.
 4. Wenn durch leichte Schmiedearbeit, wie die Herstellung von Knien, Ecken und geringe Biegungen an Theilen von Platten oder Stäben das Material nicht sehr glitten hat, ist Ausglühen auch unnöthig.
 5. Platten oder Stäbe, welche starke Bearbeitung in der Hitze ertragen haben und dabei nachgewärmt sind, sollen ausgeglüht werden. Das Ausglühen soll gleichzeitig über das ganze Blech oder den Stab geschehen, wenn dies möglich ist. Geht dies nicht, so wird das Stück theilweise nach einander ausgeglüht, jedoch ist zu sorgen, dass die Hitze nicht in einer Linie plötzlich abgrenzt. Wenn die starke Bearbeitung nur einen verhältnissmässig kleinen Theil der Platte oder des Stabs betraf, so darf das Ausglühen auf diese beschränkt werden, jedoch muss wieder für ein allmähliges Verlaufen der Hitze am Stück gesorgt werden.
 6. Wenn gewünscht, dürfen aussergewöhnlich lange oder scharf gebogene Stäbe, z. B. für Rahmen, aus kürzern Stücken hergestellt werden, wenn die Enden n geeigneter Weise verbunden werden.
 7. Im Falle ein Stück bei der Bearbeitung Mängel zeigt, soll ein Bericht an die Admiralität gelangen, damit diese weiter verfügen kann.
 8. Es ist nicht notwendig, Platten oder Stäbe auszuglühen, um Fehler, welche durch Lochen entstanden sind, unschädlich zu machen. Die Platten, welche einen wichtigen Konstruktionstheil bilden, wie äussere Deck- und Bodenplatten, Deckgurtungen usw. sollen gebohrte Löcher erhalten.
- Admiralität den 15. Sept. 1881.

II. Technische Bedingungen für die Lieferung von Eisenbahnbedarfs-Gegenständen.

Vorbemerkung. Die §§ 1—23 der nachstehend unter a—c mitgetheilten, im Bereiche der Königl. Eisenbahn-Direktion Berlin gültigen Bestimmungen enthalten die allgemeinen Vertrags-Bedingungen für die Ausführung und Leistungen und Lieferungen¹⁾. Die §§ 24 bis 26 enthalten Bestimmungen über Gegenstand, Zeit und Ort der Lieferung. Die in den einzelnen §§ (unter a) eingeklammerten Sätze wiederholen sich unter b, c und d fast wörtlich, was durch Einstellung einer Klammer an betreffender Stelle angedeutet ist.

¹⁾ Vom 17. Juli 1885; vergl. u. a. Deutsch, Bauzeitg. 1885, S. 375.

a. Eisenbahn-Schienen aus Flusstahl.

§ 27. Beaufsichtigung der Arbeiten in den Werkstätten des Unternehmers. [Unternehmer hat dem Materialien-Büreau der Königl. Eisenbahn-Direktion in spätestens 8 Tagen vor Beginn der Herstellungs-Arbeiten hiervon Kenntniss zu geben, damit ein technischer Beamter zur Überwachung dieser Arbeiten nach dem Werke des Unternehmers rechtzeitig entsendet werden kann. Diesem Beamten sind die zu den vorzunehmenden Proben (§ 29) erforderlichen Vorrichtungen und Arbeiter unentgeltlich zur Verfügung zu stellen.]

Um sich zu überzeugen, dass die Beschaffenheit des verarbeiteten Flusstahls den bahnsseitigen Anforderungen entspricht, ist der betreffende Beamte befugt, von je 200 fertigen Schienen, welche zusammen gelegt werden, eine auszuwählen und den im § 29 bezeichneten Proben zu unterwerfen. Zeigen sich hierbei Mängel in der Bearbeitung oder in dem verwendeten Material, so werden dieselben Versuche an einer zweiten Schiene derselben Theillieferung angestellt und findet sich auch diese mangelhaft, so kann die Abnahme aller übrigen, zu derselben Theillieferung gehörigen Schienen verweigert werden.

Die zu den Proben verwendeten Schienen bleiben Eigenthum des Unternehmers und werden auf die Lieferung nicht angerechnet.

Die von dem Abnahme-Beamten als bedingungsgemäss befundenen Schienen werden an beiden Stirnflächen mit der Marke (einfache Krone) der Eisenbahn-Verwaltung gestempelt und damit als zur Ablieferung geeignet bezeichnet. Ungestempelte Schienen dürfen nicht zur Ablieferung gebracht werden.

Zurückgewiesene Schienen sind dadurch kenntlich zu machen, dass die Jahreszahl neben dem Fabrikzeichen entfernt wird. Solche Schienen dürfen in keinem Falle wieder zur Uebernahme gestellt werden.

§ 28. Abnahme. Die mit dem Stempel der Eisenbahn-Verwaltung versehenen und in die Abnahme-Bescheinigung des mit der Abnahme beauftragten Beamten aufgenommenen Schienen sind durch die Thatsache der vorläufigen Uebernahme auf den Hüttenwerken noch nicht Eigenthum der Eisenbahn-Verwaltung. Dieselben bleiben vielmehr so lange Eigenthum des Unternehmers, bis sie auf der Anlieferungs-Station endgiltig abgenommen sind.

[Die endgiltige Abnahme der Schienen in Bezug auf die Stückzahl, die richtige Form, den unbeschädigten Zustand und die Feststellung, ob der im Hüttenwerk aufgesetzte amtliche Stempel des Abnahme-Beamten vorhanden ist, erfolgt auf dem Lagerplatze des Ablieferungs-Ortes.]

Hierbei als fehlerhaft erkannte Schienen werden auch, wenn sie mit jenem Stempel versehen sind, zurückgewiesen, dem Unternehmer zur Verfügung gestellt und müssen von demselben spätestens 4 Wochen nach erfolgter Aufforderung, wofür der Ausfertigungs-Tag derselben massgebend ist, auf seine Kosten von dem Lagerplatze entfernt werden, widrigenfalls dieselben von der Bahn-Verwaltung für Rechnung des Unternehmers meistbietend veräussert werden können.

Unternehmer hat für die bei der endgiltigen Abnahme zurückgewiesenen Schienen innerhalb 6 Wochen nach erhaltener Aufforderung, wofür der Ausfertigungs-Tag derselben massgebend ist, ohne Entschädigung auf derjenigen Station bedingungsgemässen Ersatz zu leisten, auf welcher die zu ersetzenden Schienen seiner Zeit zur Abnahme gekommen sind.

Etwaige bei der endgiltigen Abnahme erforderlich gehaltene Nacharbeiten hat der Unternehmer binnen 14 Tagen nach Aufforderung, wofür der Ausfertigungs-Tag derselben massgebend ist, vorzunehmen. Falls Unternehmer dies verweigert oder damit zögert, hat die Eisenbahn-Verwaltung das Recht; diese Arbeiten selbst ausführen zu lassen und die bezüglichen Kosten von der Forderung des Unternehmers abzusetzen.]

§ 29. Vorschriften über Beschaffenheit des Materials und anzustellende Proben. Aus der Mitte des Schienenkopfes werden Stäbe, welche in den Längenmassen und in der Form ihrer Köpfe der Zeichnung, Fig. 470, S. 278, entsprechen sollen, kalt heraus gearbeitet, in 240 mm Länge genau zylindrisch auf einen Durchmesser von nicht unter 20 mm (thunlichst 25 mm) gedreht und auf einer Zerzeiss-Maschine geprüft.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 50 kg auf 1 qmm, die Querschnitts-Verminderung an der Bruchstelle (Kontraktion) mindestens 20 % des ursprünglichen Querschnitts, in jedem Falle jedoch die Summe beider Zahlen 85 betragen, so dass, wenn sich bei den Güte-Prüfungen eine der vorstehenden Minimalzahlen ergibt, die andere Güteziffer um so viel grösser sein muss, dass die Summe beider, für Zugfestigkeit und Querschnitts-Verminderung gefundenen Zahlen mindestens 85 beträgt.

Auf Verlangen der Eisenbahn-Verwaltung bzw. des Abnahme-Beamten sind die Probe-stäbe auch in andern als den seitlich angegebenen Abmessungen anzufertigen.

Die Bruchflächen der Schienen müssen durchweg ein reines gleichmässiges Korn zeigen und muss das Material derselben gleichmässig hart sein.

Die Schienen müssen, auf den Kopf oder Fuss gelagert, in der Mitte bei einem freien Auflager bei 1 m zwei Schläge eines 600 kg schweren Fallgewichts aushalten, ohne Brüche oder sonstige Schäden zu zeigen; und zwar soll die Fallhöhe für Schienen-Profil IX und IX b 3,8 m, für Schienen-Profil IX c 4 m, für Schienen-Profil X a und X c 5 m betragen.

Die Schienen müssen sich bei einem Freilager von 1,0 m sowohl über Kopf, als über Fuss mindestens 50 mm durchbiegen lassen, ohne Risse zu zeigen.

Bei einem freien Auflager von 1 m und bei einer anhaltenden Belastung in der Mitte, welche bei Schienen-Profil IX, IX b und IX c 15 000 kg, bei Schienen-Profil X a und X c 20 000 kg betragen soll, darf keine bleibende Durchbiegung der Schienen eintreten.

[Das zur Herstellung der Schienen verwendete Material wird nach Wahl der Eisenbahn-Verwaltung in den Werkstätten derselben, oder auf dem Werke des Unternehmers, oder in der Königl. mechanisch-technischen Versuchs-Anstalt in Charlottenburg (Technische Hochschule) geprüft.]

Die Material-Prüfung in der zuletzt genannten Anstalt soll nur dann eintreten, wenn zwischen der Eisenbahn-Verwaltung und dem Unternehmer Meinungs-Verschiedenheiten über die Beschaffenheit des zur Herstellung der Schienen verwendeten Materials entstehen. Die von

der genannten Austalt ermittelten Eigenschafts-Zahlen sollen in diesem Falle allein massgebend sein. Erweist sich hierbei, oder bei Prüfung in den Werkstätten der Eisenbahn-Verwaltung das verwendete Material als bedingungsgemäss, so werden dem Unternehmer die entstehenden Kosten nicht in Anrechnung gebracht. Stellt sich jedoch hierbei heraus, dass das Material nicht bedingungsgemäss ist, so fallen die weiteren Prüfungskosten dem Unternehmer zur Last.

Werden die Material-Prüfungen auf dem Werke des Unternehmers vorgenommen, so verbleibt es bei den im § 27 getroffenen Bestimmungen und sind in diesem Falle die geprüften Versuchsstücke von dem Unternehmer an das Materialien-Bureau der Königlichen Eisenbahn-Direktion Berlin kostenfrei einzusenden.]

§ 30. Beschaffenheit der Schienen und Ausführung der Arbeit. Das Herstellungs-Verfahren des zu den Schienen zu verwendenden Flussstahls bleibt dem Unternehmer überlassen, muss aber in dem Angebote angegeben werden. Die Schienen sollen aus fehlerfreien, vollkommen gleichartigen, festen, dichten Gussblöcken (Ingots) gefertigt werden, und bleibt es dem Unternehmer überlassen, die Blöcke vorzuschmieden oder vorzuwalzen.

Die Schienen dürfen keine Langrisse, Querrisse, Brandlöcher oder sonstige Fehler zeigen. Das Verkitten der Risse und ähnliche Nacharbeiten zur Verdeckung von Material-Fehlern sind durchaus verboten.

Das Abschneiden der Schienen auf die erforderliche Länge muss mittels der Kreissäge und Fraise, nicht mit der Schere erfolgen.

Die Schnittflächen müssen genau der massgebenden Schablone entsprechen, auch rechtwinklig zu der Längsaxe stehen. Der durch das Ausschneiden und Fraisen entstandene Grat muss vollständig und sauber beseitigt sein. Sämtliche Schienen müssen vollkommen grade gerichtet sein und ganz glatt ohne Unebenheiten und Walznähte abgeliefert werden.

Ein Nachrichten der Schienen im kalten Zustande muss in sehr vorsichtiger Weise unter der Richtpresse mittelst ruhigen Druckes erfolgen, wobei weder von den Auflagern noch vom Stempel Spuren an der Schiene zurückbleiben dürfen. Nach dem Auswalzen dürfen die Schienen nicht wieder erwärmt werden.

Die Schienenköpfe sind an der Oberkante 2 mm lang, unter 45° mit der Feile abzufasen.

An den Seitenflächen des Schienensteges sind das Fabrikzeichen, die Jahreszahl und das Vierteljahr der Anfertigung in erhabener Schrift so deutlich aufzuwalzen, dass diese Zeichen innerhalb der Gewährleistungs-Dauer leicht erkennbar bleiben.

§ 31. Querschnitts-Form der Schienen. Die Querschnitts-Form der Schienen muss den zu diesen Bedingungen gehörenden Zeichnungen genau entsprechen und vollkommen symmetrisch zur vertikalen Mittelebene sein. Abweichungen in der Höhe der Schienen bis 0,5 mm, in der Breite des Fusses bis 1 mm sind zulässig. Zur unzweifelhaften Feststellung und genauen Einhaltung der einzelnen Querschnitts-Formen werden dem Unternehmer vor Beginn der Herstellungs-Arbeiten von der Eisenbahn-Verwaltung Schablonen zugestellt. Diese Schablonen hat Unternehmer nach Ablieferung sämtlicher Schienen an das Materialien-Bureau der Königlichen Eisenbahn-Direktion Berlin in unbeschädigtem Zustand unangefordert zurück zu geben.

§ 32. Laschen-Löcher, Löcher für Querverbindungs-Stangen. Die Schienen sind nach Massgabe der zu diesen Bedingungen gehörenden Zeichnungen mit Laschen-Löchern, die Schienen der Querschnitts-Form IX b, und je nach besonderer Angabe auch die Schienen der Querschnitts-Form IX c, ausserdem mit Löchern für Querverbindungs-Stangen zu versehen. Das Ausstossen (Stanzen) der Löcher ist unzulässig; dieselben dürfen nur gebohrt werden.

§ 33. Länge der Schienen. Die Länge der Schienen beträgt bei mittlerer Temperatur für Schienen der Querschnitts-Form IX, IX b, IX c und X c 9 m, für Schienen X a 8,6 m. Schienen, welche bis zu 2 mm länger oder kürzer sind, werden noch angenommen. Unternehmer ist verpflichtet, auf Verlangen der Eisenbahn-Verwaltung auch längere und kürzere Schienen, als von 9 m bez. 8,6 m Länge bis zu 5 % des verdungenen Gesamt-Gewichts zu liefern.

Die Längen dieser Schienen sollen dem Unternehmer mindestens 8 Wochen vor Ablauf der Endablieferungs-Frist angegeben werden. Der Unternehmer kann beanspruchen, dass ihm Schienen von mindestens 2 % des verdungenen Gesamt-Gewichts in Längen aufgegeben werden, die um mindestens 0,5 m kürzer sind, als Schienen von gewöhnlicher Länge. Schienen dieser abweichenden Längen sind an den Stirnflächen mit weisser Oelfarbe kenntlich zu machen, und ist ihr Längenmass mit gleicher Farbe auf die Langseite des Steges (innen und aussen je ein mal) in der Nähe der Laschenbolzen-Löcher zu schreiben.

§ 34. Gewicht. Das Gewicht der Schienen wird für 1 m Länge, für Schienen von der Querschnitts-Form

IX und IX b auf . . .	28,17 kg,	X a auf . . .	31,42 kg,
IX c „ . . .	29,67 „	X c „ . . .	33,4 „

hiermit festgesetzt.

[Das Gewicht der zu liefernden Schienen wird durch Verwiegen von 10 % der jedesmal zur Abnahme bereit gestellten Theillieferung durch den Abnahme-Beamten der Eisenbahn-Verwaltung auf dem Werke des Unternehmers festgestellt und hierüber Theil-Abnahme-Bescheinigungen ausgefertigt. Nach Beendigung der Lieferung wird das Gesamt-Gewicht der abgenommenen Schienen durch Zusammenzählen der in den einzelnen Theil-Abnahme-Bescheinigungen ermittelten Gewichte festgestellt und das sich hieraus ergebende Gesamt-Gewicht der Berechnung derart zu grunde gelegt,] dass sobald dasselbe um 1 % grösser oder um mehr als 2 % kleiner als das vorschriftsmässige Gewicht ist, im ersten Falle nur das vorschriftsmässige Gewicht + 1 %, im andern Falle dasselbe - 2 % bezahlt wird. In allen übrigen Fällen wird das bescheinigte Gewicht bezahlt. Falls am vorschriftsmässigen Gewicht der Gesamt-Lieferung mehr als 2 % fehlen, bleibt der Eisenbahn-Verwaltung die Abnahme der Schienen vorbehalten. Die Höhe des etwa hierfür zu zahlenden Preises unterliegt besonderer Vereinbarung mit dem Unternehmer.

§ 35. Kaution.

§ 36. Gewährleistung.

§ 37. Verzugsstrafe.

§ 38. Entschädigung für Nebenarbeiten.

§ 39. Schiedsgericht.

b. Langschwellen, Querverbindungen, Schwellenlaschen, Schwellenstühle und Klammern zum Haarmann'schen Langschwellen-Oberbau.

§ 27. Beaufsichtigung der Arbeiten in den Werkstätten des Unternehmers. [§ 27 S. 366.]

Um sich zu überzeugen, dass das verarbeitete Material den bahnseitigen Anforderungen entspricht, ist der betreffende Beamte befugt, $\frac{1}{2}$ % der fertigen Stücke den im § 50 vorgeschriebenen oder ihm sonst geeignet erscheinenden Proben zu unterwerfen.

Zeigen sich hierbei Mängel in der Bearbeitung oder in dem verwendeten Material, so wird eine gleiche Anzahl der betreffenden Gegenstände denselben Proben unterworfen, und sind auch diese mangelhaft, so werden sämtliche zu der Theillieferung gebührenden Stücke zurückgewiesen, und treten für alle hieraus entstehenden Verzögerungen und Nachteile die im § 35 enthaltenen Bestimmungen in Kraft.

Die probirten Stücke bleiben Eigenthum des Unternehmers und werden auf die Lieferung nicht angerechnet.

Die von dem erwähnten Beamten bedingungsgemäss befundenen Schwellen werden an beiden Enden in der Nähe des Klammerloches, ferner die Querverbindungen, Schwellenlaschen und Schwellenstühle an einem Stirnende mit der Marke (einfache Krone) der Eisenbahn-Verwaltung gestempelt und damit als zur Ablieferung geeignet bezeichnet.

Ungestempelte Schwellen, Querverbindungen, Schwellenlaschen und Schwellenstühle dürfen nicht zur Ablieferung gebracht werden.

Zurückgewiesene Stücke müssen mit einem leicht sichtbaren Zeichen versehen werden, damit sie nicht zur Uebernahme kommen können.

§ 28. Abnahme. [§ 28 S. 366.]

§ 29. Probestücke. [Unternehmer hat vor Ausführung der Lieferung von jeder Gattung der von ihm übernommenen Klammern 2 fertige Stücke als Probestücke kostenfrei an das Materialien-Bureau der Königl. Eisenbahn-Direktion Berlin einzusenden, welches dieselben in Bezug auf die Abmessungen und die Beschaffenheit des Materials prüft. Diese Prüfung erstreckt sich jedoch nicht auf die Feststellung der Eigenschaftszahlen des Materials, vielmehr bleiben hierfür die im § 30 gegebenen Vorschriften massgebend. Erst nachdem die Probestücke als bedingungsgemäss und tadellos befunden worden sind, worüber innerhalb 14 Tagen Mittheilung erfolgt, darf mit der Anfertigung fortgefahren werden.]

Die Einsendung der Probeklammern hat so rechtzeitig zu erfolgen, dass in Rücksicht auf die vorzunehmende Prüfung derselben eine Verzögerung in den eigentlichen Anfertigungs-Arbeiten bezw. eine Ueberschreitung der fest gesetzten Lieferfrist nicht eintritt.

§ 30. Vorschriften über das Material. Die Schwellen, Querverbindungen, Schwellenstühle und Klammern sollen aus Flusseisen, welches vollständig homogen, sowie blasenfrei und nicht härtbar ist, hergestellt werden.

Die Schwellen dürfen, nachdem sie mehrere Stunden in der Mitte bei einem Freilager von 1 m mit 3000 kg belastet waren, keine bleibende Durchbiegung zeigen. Behufs weiterer Prüfung des Materials werden aus den Gegenständen flache Stäbe kalt herausgearbeitet, welche in den Abmessungen und der Form der Köpfe gegebener Zeichnung entsprechen müssen.

Bei Prüfung auf einer Zerreib-Maschine sollen diese Stäbe eine Zugfestigkeit von mindestens 45 kg auf 1 qmm und beim Bruch eine Dehnung von mindestens 15 % der ursprünglichen Länge zeigen. Beide Eigenschaftszahlen dürfen um 1 schwanken, jedoch muss die Summe beider mindestens 60 betragen. Ferner sollen die Lieferungs-Gegenstände selbst sich im kalten Zustande durch mässig starke Schläge unter dem Dampfhammer zunächst glatt schlagen und dann ohne Bruch zu einer Schleife zusammenbiegen lassen, deren kleinster Halbmesser 75 mm beträgt.

Das Eisen für die Niete soll Nieteisen-Qualität haben und muss bei der Prüfung auf einer Zerreib-Maschine eine Zugfestigkeit von 38 kg auf 1 qmm und nach dem Bruche eine Dehnung von mindestens 18 % der ursprünglichen Länge zeigen. Beide Eigenschaftszahlen dürfen um 1 schwanken, jedoch muss die Summe beider mindestens 56 betragen. Das zu den Nietten verwendete Rundeisen muss sich im kalten Zustande mit dem Hammer zusammen schlagen und zu einer Schleife biegen lassen, deren lichter Durchmesser gleich dem Durchmesser des Eisens ist, ohne dass sich Spuren eines Anbruchs an der Biegungsstelle zeigen.

Warm muss sich die Schleife vollständig zusammen schlagen lassen, und ein Stück Rundeisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, muss sich bis auf ein Drittel dieser Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen. Das Material der zu den Querverbindungen gehörigen Stege kann Schweisseisen sein, falls diese Stege aus Flacheisen geschmiedet werden (vergl. § 31) und muss dasselbe alsdann eine Zugfestigkeit von mindestens 35 kg auf 1 qmm und beim Bruch eine Dehnung von mindestens 12 % der ursprünglichen Länge zeigen. Beide Eigenschaftszahlen dürfen um 1 schwanken, müssen aber jedenfalls zusammen 47 betragen.

[§ 29 S. 366.]

§ 31. Vorschriften über die Ausführung der Arbeit. [Sämtliche Gegenstände müssen genau nach der zugehörigen Zeichnung, beziehungsweise nach den in derselben angegebenen Massen hergestellt sein. Sofern dem Unternehmer etwa übersandte Schablonen und Lehren nicht mit den Zeichnungen übereinstimmen, ist dem Materialien-Bureau der Königlichen Eisenbahn-Direktion Mittheilung zu machen, und darf nicht eher mit der Anfertigung der Lieferungs-Gegenstände begonnen werden, bis der Irrthum aufgeklärt ist.]

Jedes Stück der Lieferung ist seitens des Unternehmers mit dem Fabrikzeichen, die Langschwellen, Querverbindungen, Schwellenlaschen und Schwellenstühle ausserdem noch mit den beiden letzten Ziffern des Lieferungs-Jahres (z. B. 86) zu versehen, damit die Materialien während des im § 35 bezeichneten Zeitraums leicht erkennbar sind.

Das Fabrikzeichen muss die Lieferungs-Firma deutlich und unzweifelhaft erkennen lassen.

Jede Langschwelle muss auf der obern Fläche des einen der horizontalen Schenkel erhaben das Fabrikzeichen, die Jahreszahl und das Vierteljahr der Anfertigung tragen.

Falls bei den Querverbindungen Fabrikzeichen und Jahreszahl nicht aufgewalzt werden, müssen dieselben auf der oberen Fläche des horizontalen Aussteifungs-Steges angebracht werden.

Sämtliche Gegenstände müssen rein und glatt ausgewalzt, vollkommen ganz, ohne Risse, Abblätterungen, Walznähte, scharfe Kanten, an beiden Enden genau rechtwinklig abgeschnitten und durchweg gerade gerichtet sein.

Die Schnittflächen müssen vollständig gratfrei sein, sowie genau der vorgeschriebenen Querschnitts-Form entsprechen

Die Lochung ist genau symmetrisch nach den in den Zeichnungen vorgeschriebenen Massen auszuführen. Durch dieselbe dürfen weder Anbrüche noch Ausbauchungen oder Vertiefungen entstehen; auch muss der beim Lochen sich bildende Grat beseitigt und die Kanten der Löcher gebrochen werden, so dass die Köpfe der Schraubenbolzen und die Klammern gleichmässig zur Anlage kommen.

Langschwellen. Die Langschwellen müssen 8,991^m lang sein: Abweichungen bis 5 mm mehr oder weniger sind zulässig. Zur Ausgleichung des Längenunterschiedes zwischen dem äussern und innern Schienenstrang in Gleiskrümmungen werden im innern Strang einzelne Langschwellen (Differenz-Kurvenschwellen) von 8,941^m Länge eingelegt. Unternehmer ist deshalb verpflichtet, auf Verlangen der Eisenbahn-Verwaltung derartige Schwellen bis zu 15 % des verdungenen Gesamt-Gewichts zu liefern. Andererseits wird dem Unternehmer zugesichert, dass mindestens 2^o/₁₀ der Gesamt-Lieferung an Langschwellen in Längen bestellt werden, die um mindestens 0,8^m kürzer sind, als Schwellen von gewöhnlicher Länge.

Langschwellen von ungewöhnlicher Länge sind an den Stirnflächen mit weisser Oelfarbe kenntlich zu machen; ausserdem ist ihr Längenmass mit gleicher Farbe auf eine der senkrechten Flächen derselben zu schreiben.

Die Schwellen für grade Gleise sind mit dem Zeichen ∞, die Kurvenschwellen mit dem Halbmesser, nach welchem sie gebogen sind, durch weisse Oelfarbe deutlich zu bezeichnen.

Die obere Fläche der Langschwellen, auf welcher der Schienenfuss aufliegen soll, muss eine vollkommene Ebene bilden. Auf eine ebene Unterlage gelegt, müssen beide Kanten der Schwelle dieselbe überall berühren.

Mit Rücksicht auf die zulässigen Abweichungen in der Schwellenlänge wird noch hervor gehoben, dass für die Lage der Klammerlöcher Folgendes massgebend ist:

Die Masse 150 und 665,5^{mm} auf Zeichnung Mn. B. 243 A. sind unbedingt einzuhalten; dagegen ist das benachbarte Mass 920 bzw. 505 nöthigenfalls entsprechend zu verringern.

Insoweit nicht schon in dem Angebot-Bogen die Zahl der Langschwellen für grade und gekrümmte Gleisstrecken angegeben ist, werden dem Unternehmer nähere Angaben beim Beginn der Anfertigung gemacht werden.

Bezügliche Anträge hat Unternehmer rechtzeitig bei dem Materialien-Büreau der Königl. Eisenbahn-Direktion zu stellen.

Querverbindungen. Die Querverbindungen sind im mittleren horizontalen Theile auf 1040^{mm} Länge bis an die senkrechten Schenkel auszusperrern, alsdann aufzuspreizen und in der Mitte mit einem Steg aus □-Eisen zu versehen. Letzterer kann auf besondern Antrag des Unternehmers auch aus Flach-Eisen, 10 × 70^{mm} hergestellt werden; doch sollen die Enden desselben dann scharf umgebogen werden, dass die Ecken nahezu vollkantig ausfallen und eine ebenso gute Anlage an die senkrechten Schenkel der Querverbindung erzielt wird, wie bei Verwendung von gewalztem □-Eisen. Durch das Einrieten der Stege dürfen keine unnützen Spannungen entstehen. Ferner ist an jedem Ende der Querverbindung und zwar nahezu in der Mitte des Theiles mit vollem Querschnitt ein Niet mit prismatischem Kopf warm einzuziehen. Die Nietköpfe müssen vollständig ausgebildet sein und durchweg gut anliegen.

Schwellenlaschen und Schwellenstühle. Die Schwellenlaschen und Schwellenstühle müssen vollkommen grade sein und sich den Langschwellen vollkommen anschliessen, auch, auf eine ebene Fläche gestellt, mit allen Punkten ihrer Füsse dieselbe berühren.

Grössere Abweichungen als ± 2^{mm} gegen die auf der Zeichnung vorgeschriebene Länge der Schwellen-Laschen und Stühle sind unzulässig.

Klammern. Die grossen sowohl wie die kleinen Klammern unterscheiden sich durch die Lochung als innere oder äussere Klammern. Von beiden Grössen sind ebenso viel innere als äussere Klammern zu liefern.

Der Grat an den Löchern und Stirnflächen derselben ist sorgfältig zu beseitigen.

§ 32. Biegung der Schwellen. Das Biegen der Schwellen, für welches besondere Vergütung nicht gewährt wird, hat nach Kreisbögen, deren Halbmesser (bzw. Pfeilhöhen) dem Unternehmer von dem Materialien-Büreau der Königl. Eisenbahn-Direktion angegeben werden, zu erfolgen.

Bei der Abnahme wird das fertig montirte Stück hinsichtlich der Biegung geprüft.

Dabei muss sich die Krümmung als ein stetiger Kreisbogen (ohne Knicke) erweisen. Auch darf die Pfeilhöhe sowohl des montirten Stückes als auch der frei gelegten Schwelle höchstens 1,5^{mm} mehr oder weniger als vorgeschrieben, betragen.

§ 33. Gewichte. Das Gewicht der verschiedenen Lieferungs-Gegenstände beträgt für:

1 m gelochter Langschwelle	25,73 kg,
eine vollständige Querverbindung (ohne Schraubenbolzen)	33,12 "
eine Schwellenlasche	24,25 "
einen Schwellenstuhl	7,75 "
eine grosse Klammer mit rundem Loch	0,83 "
eine desgleichen mit ovalem Loch	0,81 "
eine kleine Klammer mit rundem Loch	0,78 "
eine desgleichen mit ovalem Loch	0,71 "

[S. 367. § 34], dass bei Ueberschreitung des vorgeschriebenen Gewichts, nur das letztere bei Mindergewicht bis zu 3^o/₁₀ jedoch das wirkliche Gewicht bezahlt wird.

Falls das Gewicht der Gesamt-Lieferung über 3^o/₁₀ weniger beträgt, als vorgeschrieben, so bleibt der Eisenbahn-Verwaltung die Abnahme der Materialien und die Höhe des etwa hierfür zu zahlenden Preises nach besonderer Vereinbarung mit dem Unternehmer vorbehalten.

Das Gewicht der verschiedenen Klammern wird auf den Ablieferungs-Orten (§ 28) durch Abwiegen der gesammten Lieferungs-Mengen jeder Gattung festgestellt. Ergiebt sich hierbei für dieselben ein größeres Gewicht, als vorgeschrieben, so wird nur das vorgeschriebene in Rechnung gestellt. Bleibt dagegen das wirkliche Gewicht hinter dem vorgeschriebenen zurück, so wird das wirkliche Gewicht bezahlt.

§ 34. Kautions.

§ 35. Gewährleistung des Unternehmers.

§ 36. Konventional-Strafe.

§ 37. Patent-Gebühren.

§ 38. Verpackung der Klammern. [Die Klammern sind in hinreichend starken Körben, Kisten, Fässern derart verpackt oder in Bündeln verdrahtet, zum Versand, bezw. Anlieferung zu bringen, dass Verluste durch Verstreuen etc. nicht vorkommen. Die betreffenden Behältnisse sind mit der erforderlichen Bezeichnung und laufenden Nummern zu versehen.] Im Falle der Verdrahtung dürfen nur Klammern einer Sorte zusammen geschnürt werden.

[Die Körbe, Kisten oder Fässer sind mit Bezeichnung und fortlaufenden Nummern zu versehen.]

Eine Entschädigung wird auch für die Verdrahtung nicht gewährt.

[Im übrigen kommen die Bestimmungen des § 5 der allgemeinen Vertrags-Bedingungen zur Anwendung mit der Massgabe jedoch, dass Unternehmer den Wunsch auf Rückgabe der Behältnisse spätestens 14 Tage nach Beendigung der Lieferung schriftlich zu äussern hat, andernfalls der Anspruch auf Rückgabe alsbald erlischt.] Eine Rückgabe des Verpackungs-Drahtes findet nicht statt.

§ 39. Schiedsgericht.

c. Kleineisenzeug, als Klemmplatten, Bolzen, Muttern, Stosswinkel, Hakennägel, Splinte, federnde Unterlags-Ringe usw.

§ 27. Abnahme. [S. 366. § 20.]

Falls seitens der Eisenbahn-Verwaltung ein Beamter zur Ueberwachung der Anfertigung des Kleineisenzeuges nach dem Werke des Unternehmers nicht entsendet worden ist, so findet die Abnahme desselben auf den Ablieferungs-Orten auch in Bezug auf die Eigenschaften des zu dem Kleineisenzeug verwendeten Materials sowie in Bezug auf die richtigen Abmessungen und bedingungsgemässe Ausführung der Lieferungs-Gegenstände statt.

Zum Zwecke dieser Abnahme können aus jeder Sendung bis zu $\frac{1}{2}$ % Stücke heraus genommen und den im § 29 vorgeschriebenen, sowie auch anderweiten Proben nach Wahl der Eisenbahn-Verwaltung unterworfen werden.

Zeigen sich hierbei Mängel in der Ausführung oder in dem verwendeten Material, so werden die Proben bei einer gleichen Anzahl Stücke wiederholt und zeigen sich auch diese mangelhaft, so kann die Abnahme aller übrigen zu derselben Sendung gehörigen Stücke verweigert werden, und treten in diesem Fall für alle hieraus entstehenden Verzögerungen und Nachteile die im § 34 enthaltenen Bestimmungen in Kraft.

Die zu den Proben verwendeten Stücke hat Unternehmer innerhalb vier Wochen nach Aufforderung, wofür der Ausfertigungs-Tag derselben massgebend ist, der Eisenbahn-Verwaltung unentgeltlich und frei Abnahme-Station zu ersetzen.

[S. 366, § 28.]

§ 28. Probestücke. [fünf Probestücke]

§ 29. Vorschriften über das Material. Das Schweisseisen zu sämtlichen Schraubenbolzen und Muttern, sowie Schienen-Schrauben und Hakennägeln muss durchweg zähe und von sehnigem Gefüge sein. Dasselbe darf weder Risse, unganze Stellen oder sonstige Mängel zeigen, weder kalt- noch warmbrüchig sein, und muss eine Zugfestigkeit von mindestens 35 kg auf 1 qmm und mindestens 12 % Dehnung nach dem Bruche zeigen. Es soll gestattet sein, dass beide Zahlen um 1 schwanken; indessen muss stets die Summe beider Zahlen mindestens 47 betragen. Im kalten Zustande muss sich das Schweisseisen zu einer Schleife biegen lassen, deren lichter Durchmesser gleich der doppelten Dicke des Eisens ist. Im warmen Zustande muss sich dasselbe ganz zusammen biegen lassen. In beiden Fällen dürfen sich hierbei keine Anbrüche zeigen.

Das Schweisseisen zu den Klemmplatten und Stosswinkeln muss einer Zugfestigkeit von mindestens 34 kg auf 1 qmm und mindestens 10 % Dehnung nach dem Bruche zeigen. Es soll gestattet sein, dass beide Zahlen um 1 schwanken, indessen muss stets die Summe beider Zahlen mindestens 44 betragen.

Die federnden Unterlags-Ringe sind aus bestem Tiegel-Gussstahl herzustellen und dürfen bei wiederholter Belastung, durch welche dieselben vollständig zusammen gepresst werden, sich nicht bleibend setzen und nicht brechen.

[S. 366, § 29.]

§ 30. Vorschriften über die Ausführung der Arbeit. [. . .]

Die Stosswinkel, Laschenbolzen und Schienenschrauben sind mit dem Fabrikzeichen des Unternehmers, die Laschenbolzen und Schienenschrauben ausserdem noch mit den beiden letzten Ziffern des Lieferungsjahres (z. B. 86) zu versehen, damit der Ursprung jederzeit festgestellt werden kann, ebenso muss das Fabrikzeichen, die Lieferungs-Firma deutlich und unzweifelhaft erkennen lassen.

Klemmplatten. Die Klemmplatten müssen frei von Schweissfugen, Lang- und Kantenrissen, Schiefen und anderen Fehlern, sowie vollständig eben und gerade gerichtet sein. Die Lücher sind zu bohren und müssen alle Grate völlig entfernt, sowie die äusseren Kanten und die Lücher genau rechtwinklig zu den oberen Lageflächen sein.

Schienenlaschen-Bolzen, Klemmplatten-Bolzen, Klammerbolzen. Die Köpfe der Bolzen müssen voll und sauber mit den Bolzen aus einem Stück ohne Schweissung in Gesenken geschmiedet oder gepresst sein. Die zu den Bolzen gehörigen Muttern müssen sauber in Gesenken geschmiedet und unter sich gleich gross sein, so dass sie zu einem und demselben Schlüssel passen.

Für die Schraubengewinde, welche an den Bolzen und in den Muttern rein und scharf, so wie vollkommen zylindrisch ausgeschnitten sein müssen, ist die Whitworth'sche Skala nach Vorschrift der

auf der Zeichnung befindlichen Tabelle zu Grunde zu legen, und wird für die genaue Einhaltung derselben eine Lehrschaube nebst Mutter und Gewindebohrer als Muster gegeben werden. Sämtliche Musterstücke sind in unbeschädigtem Zustande zurück zu geben und ist die Benutzung des letzteren zum Gewindeschneiden unbedingt untersagt. Für etwa beschädigte oder abgenutzte Musterstücke werden auf Kosten des Unternehmers neue beschafft. Jede Mutter muss auf die ihr zugehörige Schraube und auf sämtliche Schrauben gleicher Gattung genau passen, einen sanften, aber doch festen Gang haben und darf nicht schlöttern. Die Kopffenden sämtlicher Muttern müssen vollständig eben und genau rechtwinklig zu den Seitenflächen und der Bohrung stehen. — Die Gewindeenden der Bolzen sind abzurunden. Abdrehen oder Befehlen der Bolzen und Muttern ist im übrigen nicht erforderlich.

Die Gewinde sämtlicher Schraubenbolzen und Muttern sind ausreichend eingeißelt zum Versand zu bringen, so dass ein Kosten derselben auch bei längerer Lagerung nicht eintritt.

Schienen-Schrauben. Die Schienen-Schrauben sind nach der in der Zeichnung angegebenen Form und den bezüglichen Abmessungen anzufertigen und müssen nach der Fertigstellung ausgeglüht, sowie mit einem durchaus gleichmässigen, metallisch-reinen Zinküberzug versehen werden.

Die Köpfe sollen mit dem Schafte ohne Schweissung aus einem Stück in Gesenken geschmiedet oder gepresst sein.

Hakennägel, Stosswinkel. Die Hakennägel sind genau nach den Maass- und Form-Angaben der Zeichnung zu schmieden oder zu pressen. Die Stosswinkel müssen völlig rein und glatt mit vollkommen parallelen Kanten ausgewalzt, sowie sorgfältig gerade gerichtet und dürfen nicht windschief sein. Der längere Schenkel ist mit 2 Löchern zu versehen. Die Lochung ist mit der grössten Genauigkeit zu bewirken, ohne dass dadurch die vorgeschriebene Querschnittsform im geringsten verändert wird. Der bei der Lochung entstehende Grat muss vollständig entfernt werden.

Federnde Unterlags-Ringe. Die federnden Unterlags-Ringe, welche als einfache, d. h. nur aus einer einzigen Windung bestehende zu liefern sind, müssen vollkommen sauber, genau kreisrund und von durchaus gleichmässigem Querschnitt sein. Die Anlagetheile müssen vollständig glatt und eben, sowie frei von jedem Grat sein. Der Kantenwinkel des aufgebogenen Ringtheiles darf höchstens 60° betragen. Die vorgeschriebenen Grössen, namentlich hinsichtlich der lichten Weite sind genau einzuhalten.

§ 31. Gewichte. Die Gewichte der nachstehend aufgeführten Lieferungs-Gegenstände betragen für — usw.

Das Gewicht des Klein-Eisenzeuges wird durch Abwiegen der gesammten Lieferungsmengen jeder Gattung festgestellt. Ergibt sich hierbei für diese Lieferungsmengen durchschnittlich ein grösseres Gewicht, als vorstehend, und beträgt der Unterschied mehr als 1 % desselben, so wird nur das vorchriftsmässige Gewicht plus 1 % desselben gezahlt.

Bleibt dagegen das wie vorstehend ermittelte Gewicht hinter dem vorgeschriebenen zurück, so wird nur das wirklich ermittelte Gewicht bezahlt.

Die federnden Unterlags-Ringe werden nach Stückzahl vergütet.

d. Radreifen, Achsen und Räder.

§ 32. Vorschriften über das Material. Zur Erzeugung der Achswellen, Radreifen und gegossenen Flussstahl-Scheibenräder darf nur Flussstahl von bester, zäher, durchweg gleichmässig ger, fehlerfreier Güte und zu den schweisseisernen Scheiben- und Speichenrädern nur durchaus fehlerfreies Schweisseisen verwendet werden. Die Herstellungsart des Flussstahls bleibt dem Unternehmer überlassen, muss aber im Angebot-Bogen vom Bieter angegeben werden.

Zur Prüfung des Materials der Achswellen und Radreifen werden Stäbe verwendet, die auf 240 mm Länge genau zylindrisch auf einen Durchmesser von nicht unter 20 mm thunlichst 25 mm gedreht sind. Diese Stäbe werden auf einer Zerzeiss-Maschine gepriift.

Für die Bestimmung der Güte sind Festigkeit und Zähigkeit des Materials massgebend; die beiden für die Zugfestigkeit und die Kontraktion gefundenen Zahlen sind zu addiren und müssen mindestens die Zahl 90 ergeben.

Im besonderen gilt noch Folgendes:

1. Achswellen. Die zu den Achsen zu verwendenden Gussblöcke (Ingots) müssen vorgeschmiedet werden. Das Walzen der Achswellen ist unstatthaft. Die Probestücke werden kalt aus der Achse heraus gearbeitet, und soll die geringste zulässige Zugfestigkeit 50 kg für 1 qmm des ursprünglichen Querschnitts, die geringste zulässige Kontraktion 30 % des ursprünglichen Querschnitts betragen.

Die Achsen müssen bei einem Freilager von 1,5 m acht unter jedesmaligen Wenden ausgeführte Schläge eines 600 kg schweren Fallgewichts bei einer Fallhöhe von 7 m aushalten.

2. Speichenräder. Die Gerippe der Speichenräder sind aus gutem, fehlerfreiem Schweisseisen herzustellen, dessen Zugfestigkeit 36 kg für 1 qmm

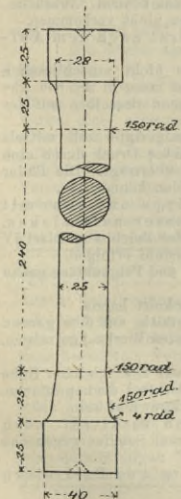
des ursprünglichen Querschnitts und dessen Dehnung 12 % der ursprünglichen Länge des Probestabes betragen soll.

Jede vorstehend angegebene Festigkeits- und Dehnungszahl darf um 1 schwanken, indess muss die Summe beider mindestens die Zahl 48 erreichen.

Ausgeschnittene Stäbe von 30—50 mm Breite und nicht über 16 mm Dicke sollen sich im kalten Zustande zu einer Schleife biegen lassen, mit einem lichten Durchmesser gleich der doppelten Dicke des Eisens, im warmen Zustande zu einer Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich der Dicke des Eisens, ohne dass Anbrüche eintreten.

Die normale Länge der Biegeproben soll 200 mm betragen und bei den Zerzeiss-Versuchen die Beobachtung der Dehnung sich ebenfalls auf eine Länge von 200 mm erstrecken.

3. Radreifen. Die Radreifen sollen in ungeschweissten Ringen mittels Hämmern und Walzen hergestellt sein. Die Probestäbe werden kalt aus der Mitte des Querschnitts der Radreifen aus einem unter möglichst schwacher Erwärmung grade gerichteten Stücke derselben heraus gearbeitet, und soll



die geringste zulässige Zug-Festigkeit 45 kg für 1 qmm des ursprünglichen Querschnitts, die geringste zulässige Kontraktion 35 % des ursprünglichen Querschnitts betragen. Beim Aufziehen müssen sämtliche Radreifen ein Schwindmaass bis 1 mm für 1 m lichten Durchmesser aushalten können. Reifen, welche trotz Innehaltung dieses Schwindmaasses beim Aufziehen platzen oder Fehlstellen zeigen, müssen unentgeltlich ersetzt werden.

Die Radreifen müssen ausserdem 3 Schläge eines 600 kg schweren Fallgewichts aus einer Höhe von 5 m aushalten, ohne irgend welche Anbrüche zu zeigen.

4. Scheibenräder. Zur Prüfung des Materials und der Widerstandsfähigkeit der Scheibenräder wird in die Nebenbohrung der (nach § 34) für die Prüfung ausgewählten Räder eine genau eingepasste, aus 4 Segment-Stücken bestehende Hülse geschoben, welche innerhalb derart konisch ausgebohrt ist, dass der Unterschied der Durchmesser $\frac{1}{30}$ der Länge beträgt. In diese konische Öffnung wird ein genau in dieselbe passender Stahldorn geschoben und unter einem Fallwerk mittels eines 200 kg schweren Fallgewichts durch 5 Schläge desselben weiter eingetrieben, wobei das Rad im Laufranz auf einer Holzunterlage liegt. Es wird mit diesen Schlägen aus einer Fallhöhe von 1,5 m begonnen, welche bei jedem Schlage um 0,5 m erhöht wird, so dass dieselbe beim 5. und letzten Schlage 3,5 m beträgt. Nach dieser Probe darf das Rad keinerlei Beschädigungen zeigen.

Nach gewonnener Ueberzeugung hiervon wird mit den Schlägen bis zum Zerbrechen des Rades fortgefahren.

§ 33. Vorschriften über die Ausführung der Arbeiten.

1. Achswellen. Die Achswellen sind in ihrer ganzen Länge abzdrehen.

Der konische Nabensitz muss sauber gedreht werden und ohne Absatz auf der innern Seite der Radnabe verlaufen.

2. Speichenräder. Die Arme der Speichenräder sollen genau gerade, gleichmässig verjüngt und mit ihrer Symmetrie-Axe radial gerichtet sein.

Der Felgenkranz muss sowohl an der Auflagefläche der Reifen, als auch an den Stirnflächen abgedreht werden und durchweg eine gleichmässige Stärke haben. Der Schwerpunkt des Radgerippes soll genau in die geometrische Mittellinie der Nebenbohrung fallen. Zur Prüfung, ob diese Bedingung erfüllt ist, wird in die Nebenbohrung ein genau passender Dorn, welcher an beiden Seiten auf gleichem Durchmesser genau zylindrisch abgedreht ist, leicht eingetrieben und das Rad mit Dorn auf 2 in gleicher Höhe befindliche genau wagrecht liegende Schneiden derart gelagert, dass das Rad frei schwebt. Es muss alsdann das Rad bei einer Drehung desselben in jeder Lage im Gleichgewicht sein.

Die Naben sind an beiden Stirnflächen abzdrehen. Die konische Nebenbohrung ist am grösseren Durchmesser so viel zu erweitern, dass die Nabe mit der Kante nicht an der Achse anliegt.

Die Erweiterung soll auf 10 mm Länge allmählig auslaufen und die Kante selbst etwas abgerundet werden, damit die Räder ohne Beschädigung der Achsen (Fressen) aufgedrückt werden können. Anbrüche, Risse, unganze, ungeschweisste und verbrannte Stellen dürfen an den Radgerippen nicht vorkommen.

Das Abdrehen des Radgerippes sowie der Lauf- und Stirnfläche soll erst nach dem Aufpressen der Räder geschehen.

3. Scheibenräder. So weit die vorstehend gegebenen Vorschriften nicht ausschliesslich Speichenräder voraus setzen, gelten dieselben auch für Scheibenräder. Jedes Rad muss in 285 mm Abstand von der Radmitte mit 2 Löchern von 35 mm Durchmesser zum Festspannen desselben auf der Drehbank versehen sein.

4. Zusammensetzung der Satz-Achsen. Das Aufpressen der Radgerippe soll mittels hydraulischen Druckes derartig erfolgen, dass der Stempel der Presse den ausgeübten Druck durch eine den Achschenkel umschliessende Hülse auf den innern Bund des Achschenkel überträgt. Die Räder dürfen durch einen Druck von 50 000 kg (fünfzigtausend kg) nicht abgepresst werden können.

Die Radreifen sind erst nach dem Aufpressen der Radgerippe und zwar mit einem Schwindmaass von 0,5 mm für den Meter lichten Durchmesser aufzuziehen.

Die Verbindung der Radreifen mit den Radgestellen soll nach Maassgabe der Zeichnung Blatt IV 1a bzw. Blatt IV 1b (nicht nach Variante) mittels eines Sprenglings aus Flussstahl erfolgen.

Für die Reifen-Befestigung mittels Sprengling sind die Nuthen im Reifen und Felgenkranz genau auszdrehen und namentlich scharfe Ecken zu vermeiden.

Die Sprengringe müssen an jeder Stelle genau den vorgeschriebenen Querschnitt haben.

Das Anrichten der Reifen nach dem Einlegen der Sprengringe muss sorgfältig auf dem ganzen Umfange erfolgen, und darf der Reifen keine Eindrücke der zum Anrichten benutzten Werkzeuge zeigen.

Die fertigen Achsen sollen genau zentriert sein.

Zur Prüfung, ob dies der Fall, wird die betreffende Achse mit der Welle auf 2 in gleicher Höhe befindliche, genau wagrecht liegende Schneiden derart gelegt, dass sich die Räder frei drehen können. Es muss alsdann bei einer Drehung der Räder die Achse in jeder Lage im Gleichgewicht sein.

Achsen und Räder dürfen bei der Abnahme weder gestrichen, noch verkittet, noch verstemmt sein; vor der Absendung sind dieselben mit einem Ueberzuge zum Schutze gegen den Rost zu versehen.

Bei der Ablieferung müssen die Schenkel der Achsen mit geöltem Werg und Packleinen fest umwickelt sein.

e. Gusseiserne Rohre.¹⁾

Die Röhren sollen stehend mit der Muffe nach unten gegossen werden, S. 124 ff.

Bei der Untersuchung auf Dichtigkeit schliesst man die Enden eines Gasrohrs luftdicht durch aufgepresste Deckel und setzt das Innere durch einen Schlauch mit einer Luftpumpe in Verbindung. Darauf bringt man das Rohr in einen mit Wasser gefüllten Behälter und presst in dasselbe Luft bis zu 2 Atmosph. Druck. Dabei werden sich die kleinsten Undichtigkeiten der Wandungen durch Aufsteigen von Luftblasen bemerkbar machen. Bei einem Wasserleitungs-Rohr füllt man dasselbe mit Wasser, welches nach erfolgtem Verschluss der Rohrenden mit Hilfe einer Druckpumpe, je nach den gestellten Anforderungen, auf 10, 15, 20 Atmosph. gepresst wird. Gleichzeitig wird das Rohr mit 1–1,5 kg schweren Hämmern beklopft; dabei darf es weder springen noch Wasser ausschwitzen. Das Asphaltieren der Rohre geschieht, wenn erforderlich, erst nach erfolgter Druckprobe und Abnahme.

¹⁾ Ausführliche Bedingungen für Rohrlieferungen zu Druckwasser-Leitungen s. Hülfswissenschaften (Bauführung), Bd. I, S. 151.

f. Schmiedeiserne Gasrohre.

Die Röhren bis 26 mm lichtigem Durchmesser in kaltem, die stärkern Röhren in dunkelrothwarmem Zustande müssen in jeder Richtung zur Schweissnaht nach einem Halbmesser = dem zweifachen Röhren-Durchmesser sich biegen lassen, ohne dass ein Bruch erfolgt oder die Schweissfuge sich öffnet. Die Länge der Röhren nimmt man zweckmässig nicht unter 3—5 m. Bei ihrer Verwendung zu Stangen-Leitungen für Weichen-Stellwerke u. dergl. muss besonders darauf gehalten werden, dass etwa beim Schweissen verbrannte Enden abgeschnitten werden, weil diese Enden, durch die Gewinde ohnehin schon tgeschwächt, auf Zug und Druck am meisten beansprucht werden. Die Wandstärke am Gewinde soll mindestens 4,5 mm betragen. Längen-Abweichungen von ± 5 mm werden gestattet. Die Röhren müssen mit an beiden Enden scharf ausgeschnittenem, gut geöltem Gewinde und an einem Ende mit einer Muffe versehen sein, die von Hand und ohne zu schlottern bis auf 40 mm weit gedreht werden kann, zur Anlieferung kommen.

g. Siederöhren

aus Schweiss- oder Flusseisen sollen in kaltem Zustande durch Hämmern über einen Dorn um 3 mm sich aufweiten und an den Enden umbürtn lassen, ohne Risse zu bekommen, und ferner, ohne Undichtigkeiten zu zeigen oder unrund zu werden, einen innern Wasserdruck von 25 Atmosph. aushalten. Ein der Länge nach aufgeschnittenes Rohrstück muss sich vollständig glätten und dann im rechten Winkel biegen lassen, ohne Brüche zu zeigen. Weiter prüft man ein Rohrstück auch derauf, dass man es seiner künftigen Verwendung entsprechend behandelt, d. h. also, es in gebohrte Eisenbohrer von der Dicke der Rohrwand zieht, danach aufdorn, aufwalzt, einbürtnet und verstemmt, wobei Risse nicht vorkommen dürfen.

Tabellen über Abmessungen u. Gewicht von Röhren s. Bd. I, S. 29 u. 30.

III. Verschiedene Angaben über Draht und Drahtseile.

a. Telegraphen-Draht.

Es kommt gewöhnlich verzinkter Eisendraht in folgenden Abmessungen zur Anwendung:

Stärke mm	5	4	3	2	1,7	Draht von 2 und 1,7 mm Stärke dient nur als Binde-Draht zum Befestigen des Leitungs-Drahts an den Isolatorköpfen oder
Gewicht für 1 km Länge in kg. . .	150	100	55	38	18	
Preis für 100 kg (M.)	18	19	22	40	45	

als Wickeldraht zum Verbinden der einzelnen Drahtenden.

Die Stärke des verzinkten Drahtes darf höchstens um + 0,1 mm von dem verlangten Maasse abweichen.

Der Draht soll überall eine glatte Oberfläche haben, nirgends Furchen, Risse oder Splitter besitzen, im Innern von gleichförmiger Masse sein, auf dem Bruche eine gleichmässig matte, hellgrüne Farbe, ohne schwarze Punkte und ohne lichte Stellen, dabei ein faseriges Gefüge zeigen. Der 5 und 4 mm starke Draht muss nach dem Walz n mindestens zwei mal gezogen und die Enden der Drahtadern sollen nach dem Ziehen auf 1 m abgeschnitten sein. Der Draht muss so biegsam und zähle sein, dass er sich an derselben Stelle 3 mal zusammen ziehen lässt, ohne zu brechen oder zu spalten. Bei diesem Versuche wird der Draht bei 15 cm freier Länge in 2 Handgriffe gespannt, zu einer Oese zusammen gezogen und wieder ausgereckt, was 3 mal wiederholt wird.

Auf einer freien Länge von 15 cm muss der Draht die folgende Anzahl von Drehungen um sich selbst aushalten, ohne zu brechen:

Drahtstärke	5	4	3	2,5	2	1,7	1	Dabei werden die Umdrehungen des Drahtstücks, während es in eine entsprechende Vorrichtung gespannt ist, mit einer Geschwindigkeit von 15 Drehungen in 10 Sek. bewirkt. Die Anzahl der Umdrehungen wird dadurch kenntlich gemacht, dass man auf dem Drahtstücke mit Farbe eine grade Linie zieht, welche nach beendetem Versuche als Spirale sichtbar bleibt.
Anzahl der Drehungen . . .	13	14	14	20	20	22	18	

Die Zugfestigkeit soll 4—4,3 t für 1 qcm und die Dehnung 10—15% betragen. Die Belastung wird durch Gewichte allmählig und nicht ruckweise bewirkt, wobei man das zu prüfende Drahtstück bei 15 cm freier Länge zwischen Klemmbanken aufhängt.

Der Zinküberzug muss eine glatte Oberfläche haben und den Draht überall zusammen hängend bedecken. Das Zink muss so fest haften, dass ein Drahtstück von 15 cm Länge die folgende Anzahl von spiralförmigen Windungen um einen Draht von gleicher Stärke aushält, ohne dass der Ueberzug Risse bekommt oder abblättert.

Drahtdicke	5	4	3	2,5	2	1,7	Der Ueberzug muss ferner so dick sein, dass der Draht von 4—5 mm, 2,5—3 mm, 1,7—2 mm bezw.
Anzahl der spiralförmigen Windungen . .	5	6	7	8	10	10	

8, 7 und 6 Eintauchungen von je 1 Minute Dauer in eine Lösung von 1 Gewichtstheil Kupfervitriol in 5 Gewichtstheilen Wasser verträgt, ohne sich mit einer zusammen hängenden Kupferhaut zu bedecken.

Der Draht ist in Bündeln von 50—75 kg Gewicht zu liefern. Die einzelnen Drahtadern dürfen bei einem durchschnittlichen Gewicht

von 17, 15, 10, 9 kg
bei 5, 4, 3, 2,5 mm Drahtdicke

in sich weder Loth- noch Schweissstellen haben. Wickel- und Bindedraht sind in Adern ohne Löth- und Schweissstellen in Längen zu liefern, wie sie in der Fabrik im allgemeinen üblich sind. Die Drahtadern von obigem Gewicht dürfen höchstens 12% leichter sein. Nicht verzinkter Draht muss geölt, d. h. mit einem nicht klebenden dicken Ueberzuge von Leinöl ohne jede blasse Stelle oder Einrostung geliefert werden.

c. Abmessungen, Gewicht, Tragfähigkeit und Preise von Drahtseilen.

(Vergl. auch Hilfswissenschaften Bd. I, S. 31.)

1. Aufzugs-Seile von Felten & Guilleaume in Mülheim a. Rh. (Preise ab Fabrik.)

Zu behende Last bei 10 facher Sicherheit	Zulässig kleinster Rollen- und Trommel-Durchmesser mm	Durchmesser des Seiles mm	Draht-Dicke mm	Konstruktion			Ungef. Gewicht für 1 m in kg	Preis für 100 kg	
				Litzen	Drähte	Hauf-seile		un-verzinkt	verzinkt
aus bestem Eisendraht.									
100 kg	250—350	8	1,0	5	7	1	0,25	56	81
130 "		9		6	7	1	0,32		
150 "		10,5		7	7	1	0,38		
155 "	350—450	9,5	1,2	5	7	1	0,35	50	70
185 "		12		6	7	1	0,46		
220 "		12,5		7	7	1	0,54		
215 "	450—550	11	1,4	5	7	1	0,48	44	62
260 "		13		6	7	1	0,62		
300 "		14,5		7	7	1	0,73		
280 "	550—650	13	1,6	5	7	1	0,63	39	54
330 "		15		6	7	1	0,81		
390 "		16,5		7	7	1	0,94		
350 "	650—800	14,5	1,8	5	7	1	0,80	36	48
425 "		17		6	7	1	1,03		
500 "		18,5		7	7	1	1,21		
aus bestem Patent-Tiegelgussstahl-Draht.									
400 kg	300—400	10,5	1,0	6	7	7	0,32	122	147
460 "		12		7	7	8	0,40		
800 "		13,5		6	14	1	0,65		
900 "	400—600	15	1,2	6	16	7	0,71	102	122
1000 "		16		6	18	7	0,83		
570 "		12,5		6	7	7	0,46		
670 "	500—800	14,5	1,4	7	7	8	0,56	94	112
1100 "		16		6	14	1	0,93		
1400 "		18		6	16	7	1,02		
1470 "	500—800	19	1,4	6	18	7	1,19	94	112
780 "		14,5		6	7	7	0,63		
900 "		17		7	7	8	0,76		
1550 "	500—800	19	1,4	6	14	1	1,30	94	112
1750 "		21		6	16	7	1,40		
2000 "		22		6	18	7	1,62		

2. Transmissions-Seile aus der nämlichen Fabrik.

Durchmesser des Seiles in mm	7	8	9	10	11	13	15	17	19	21	25	
Dicke der Seildrähte in mm	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	
Anzahl der Seildrähte	24	28	42	49	42	49	42	48	54	60	72	
Ungefähres Gewicht für 1 m in kg	0,18	0,22	0,32	0,38	0,46	0,54	0,82	0,95	1,10	1,20	1,45	
Preis in M. für 100m Seil aus	Schwed. Holzkohlen-Eisendraht	16	21	26	31	36	42	51	61	69	77	95
	Schwed. Stahldraht	18	23	29	34	40	46	56	67	76	85	105
	Pat. Gussstahldraht	21	28	35	41	48	56	68	81	92	103	127
	Desgl. verzinkt	25	33	41	48	58	66	79	93	105	117	142

3. Transmissions-Seile aus der Fabrik von Klauke in Müncheberg.

Durchmesser des Seiles in mm	5	6	7	8	9	10	11 ^{1/2}	13	15	16 ^{1/2}	18
Anzahl der Seildrähte	30	35	42	30	35	42	49	42	49	42	49
Preis für 100 m aus schwed. Eisendraht in M.	20	20	25	22 ^{1/2}	25	30	35	40	50	60	70
Preis für 100 m aus Gussstahl-Draht in M.	—	—	—	30	35	40	45	55	65	75	90

4. Förder-Drahtseile (aus 84—114 Drähten bestehend) der nämlichen Fabrik.

Durchmesser des Seiles in mm	16 ^{1/2}	19	21	23	26	30	33
Arbeitslast in kg, eins hl. Gefäß für Eisendraht-Seile	550	750	900	1000	1250	1750	2250
Arbeitslast in kg, einschl. Gefäß für Tiegel-Gussstahldraht-Seile	1500	2000	2700	3100	3600	5000	6000
Preis für 100 kg Eisendraht-Seil in M.	50	50	50	45	45	40	40
" " " " Tiegel-Gussstahldraht-Seil " "	90	90	—	85	85	80	80

Die Fabrik leistet für 10 fache Sicherheit Gewähr.

5. Förder-Drahtseile (aus 30—42 Drähten bestehend) der nämlichen Fabrik.

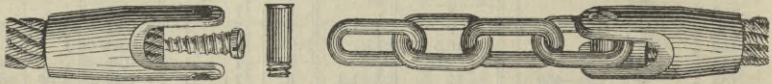
Aus Holzkohlen-Eisendraht.

Von 16¹/₂—21 mm Durchmesser für 100 kg 50—45 M.
 „ 23 —26 „ „ „ „ 40—35 „
 Gewährleistete Festigkeit f. 1 qcm 5 t.

Aus Tiegel-Gussstahl-Draht.

Von 13 —15 mm Durchmesser für 100 kg 90 M.
 „ 16¹/₂—26 „ „ „ „ 85—80 M.
 Gewährleistete Festigkeit f. 1 qcm 12 t.

6. Drahtseil-Schlösser der nämlichen Fabrik.



Schlösser für Seile in mm	5	6	7	8	9	10	11 ¹ / ₂	13	15	16 ¹ / ₂	18
Preis für d. Schloss einschl. Kette M.	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	5,00	5,00	5,00	5,50	5,50	5,50

Das Anmachen der Schlösser geschieht wie folgt: Das Seilende, welches in die Hülse gesteckt werden soll, wird mit einer Eisensäge durchschnitten „man muss hierbei aber vorsichtig sein, damit das Seilende nicht aufplatzt, womöglich solches mit einem Draht abbinden“ — dann von den Kanten des Seilendes den Grat etwas abgefeilt und in die Hülse gesteckt bis ziemlich zur Querschraube, alsdann wird mit dem beigegebenen Dorn ein Loch in die Mitte des Seilendes geschlagen und hier die Keilschraube so fest wie nur möglich eingeschraubt.

Nachdem beide Hülßen auf den Seilenden befestigt sind, werden dieselben durch die Kette und Querschrauben verbunden.

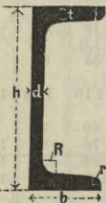
Felten & Guilleaume in Mülheim a. R. liefern Gussstahl-Seilschlösser zu folgenden Preisen:

Seildicke in mm	7	8	9	10	11	13	15	17	19	21	25
Mark	3,00	3,25	3,50	3,85	4,25	5,00	5,75	6,50	7,25	10,00	11,75

7. Kreosot- und säurefreie Seilschmiere für Förderseile u. dergl. liefern Felten & Guilleaume zu 40 M. für 100 kg ab Fabrik; desgl. Seilfirnis für Lauf- und Zugseile von Drahtseilbahnen zu 120 M. für 100 kg.

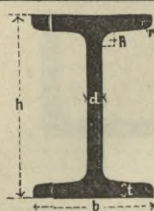
IV. Tabellen über Abmessungen, Gewichte und Tragfähigkeit verschiedener Formeisen.

a. Trägheitsmomente usw. deutscher Normalprofile, bezogen auf 2 rechtwinklig zu einander stehende neutrale Axen.



I. Normalprofile für C-Eisen.

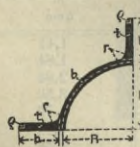
Nr.	W _y bez. auf cm	G kg für 1 m	Abmessungen in mm				F qcm	Schwerpunkts- Abstand von der äusserst. Flansch- kante gemessen cm	W _x bez. auf cm	T _y	T _x
			h	b	d	t					
3	4,3	4,2	30	33	5	7	5,42	1,86	2,8	6	5
4	7,1	4,8	40	35	5	7	6,20	2,04	3,6	14	7
5	11	5,6	50	38	5	7	7,12	2,32	4,3	27	10
6 ¹ / ₂	18	7,1	65	42	5,5	7,5	9,05	2,66	5,9	58	16
8	27	8,6	80	45	6	8	11,04	2,93	7,4	107	22
10	41	10,5	100	50	6	8,5	13,5	3,31	10	207	33
12	61	13,3	120	55	7	9	17,04	3,76	13	368	49
14	87	15,9	140	60	7	10	20,4	4,09	17	609	71
16	117	18,8	160	65	7,5	10,5	24,1	4,49	22	932	97
18	152	21,9	180	70	8	11	28,0	4,90	26	1364	130
20	193	25,2	200	75	8,5	11,5	32,3	5,30	32	1927	171
22	247	29,3	220	80	9	12,5	37,6	5,66	40	2712	226
26	374	37,8	260	90	10	14	48,4	6,42	57	4857	365
30	538	45,9	300	100	10	16	58,8	7,05	80	8064	564



2. Normalprofile für I-Eisen.

W_y und T_y { Widerstandsmoment und Trägheitsmoment, bezogen auf eine der } Flanschrichtung } folgende
 W_x und T_x { Widerstandsmoment und Trägheitsmoment, bezogen auf eine der } Stegrichtung } neutrale Achse.

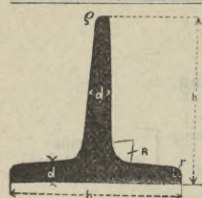
Nr.	W_y bez. auf cm	G kg für 1 m	Abmessungen in mm				Querschnitt qcm	W_x bez. auf cm	T_y	T_x
			h	b	d	t				
8	20	6,0	80	42	3,9	5,9	7,6	3,5	78	7,3
9	26	7,1	90	46	4,2	6,3	9,1	4,5	118	10
10	34	8,3	100	50	4,5	6,8	10,7	5,7	172	14
11	44	9,6	110	54	4,8	7,2	12,4	7,0	241	19
12	55	11,1	120	58	5,1	7,7	14,3	8,7	331	25
13	68	12,6	130	62	5,4	8,1	16,2	10	441	32
14	83	14,3	140	66	5,7	8,6	18,4	13	579	41
15	99	16,0	150	70	6,0	9,0	20,5	15	743	52
16	118	17,9	160	74	6,3	9,5	22,9	17	945	64
17	139	19,8	170	78	6,6	9,9	25,4	20	1177	79
18	162	21,9	180	82	6,9	10,4	28,0	23	1460	96
19	187	24,0	190	86	7,2	10,8	30,7	27	1779	115
20	216	26,2	200	90	7,5	11,3	33,7	31	2162	138
21	246	28,5	210	94	7,8	11,7	36,6	35	2587	163
22	281	31,0	220	98	8,1	12,2	39,8	39	3090	192
23	317	33,5	230	102	8,4	12,6	42,9	44	3642	224
24	357	36,2	240	106	8,7	13,1	46,4	49	4288	261
26	446	41,9	260	113	9,4	14,1	53,7	60	5798	341
28	547	47,9	280	119	10,1	15,2	61,4	72	7658	429
30	659	54,1	300	125	10,8	16,2	69,4	85	9888	530
32	789	61,0	320	131	11,5	17,3	78,2	100	12622	652
34	931	68,0	340	137	12,2	18,3	87,2	115	15827	789
36	1098	76,1	360	143	13,0	19,5	97,5	134	19766	956
38	1274	83,9	380	149	13,7	20,5	107,5	153	24208	1138
40	1472	92,3	400	155	14,4	21,6	118,3	174	29446	1349
42 ^{1/2}	1754	103,7	425	163	15,3	23,0	133,0	205	37266	1672
45	2054	115,2	450	170	16,2	24,3	147,7	236	46204	2004
47 ^{1/2}	2396	127,6	475	178	17,1	25,6	163,6	272	56912	2424
50	2770	140,5	500	185	18,0	27,0	180,2	310	69245	2871



3. Normalprofile für Quadrant-Eisen.

Die Angaben G (Gewicht in kg), T =Trägheitsmoment und F = Querschnitt in qcm, D äußerer Durchm. und B ganze Breite in mm beziehen sich auf den ganzen aus 4 Quadranteisen zusammen gesetzten Querschnitt. P ist Druckfestigkeit in t (bei 750 kg/l qcm Beanspruchung) und H diejenige Höhe in m, bis zu welcher Zerknickungs-Festigkeit neben der Druckfestigkeit nicht in Betracht kommt.

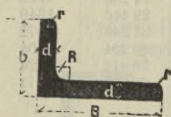
Profil-Nr.	T bez. auf cm	G für 1 m kg	F qcm	P_{max} t à 1000 kg	H m	Abmessungen in mm					
						R	b	d	t	D	B
5	573	23,4	29,8	22,8	2,92	50	35	4	6	104	174
5	901	37,5	48,0	36,0	2,89	50	35	8	8	108	178
7 ^{1/2}	2046	42,9	54,9	41,2	4,07	75	40	6	8	156	236
7 ^{1/2}	2957	62,8	80,2	60,1	4,05	75	40	10	10	160	240
10	5434	68,9	88,1	66,1	5,23	100	45	8	10	208	298
10	7395	94,0	120,4	90,3	5,22	100	45	12	12	212	302
12 ^{1/2}	11970	101,0	129,3	97,0	6,41	125	50	10	12	260	360
12 ^{1/2}	15591	131,6	168,8	126,6	6,41	125	50	14	14	264	364
15	23206	139,6	178,9	134,2	7,59	150	55	12	14	312	422
15	32283	194,0	248,6	186,4	7,59	150	55	18	17	318	428



4. Normalprofile für T-Eisen.

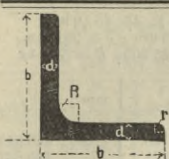
a) hochstegige.

Nr.	G (kg für 1 m)	Abmessungen in mm			F qcm	W _y (bez. auf cm)	Schwerpunkts-Abstand von der äussersten Stegkante gemessen cm
		b	h	d			
2/2	0,9	20	20	3	1,11	0,3	1,39
2 1/2 / 2 1/2	1,3	25	25	3,5	1,63	0,5	1,75
3/3	1,7	30	30	4	2,24	0,9	2,10
3 1/2 / 3 1/2	2,3	35	35	4,5	2,95	1,4	2,46
4/4	2,9	40	40	5	3,75	2,0	2,82
4 1/2 / 4 1/2	3,6	45	45	5,5	4,65	2,8	3,17
5/5	4,4	50	50	6	5,64	3,7	3,53
6/6	6,2	60	60	7	7,91	6,2	4,24
7/7	8,2	70	70	8	10,6	9,8	4,96
8/8	10,6	80	80	9	13,6	14	5,67
9/9	13,3	90	90	10	17,0	20	6,38
10/10	16,2	100	100	11	20,8	27	7,10
12/12	23,0	120	120	13	29,5	46	8,52
14/14	31,0	140	140	15	39,8	74	9,95
β) breitfüssige.							
6/3	3,6	60	30	5,5	4,64	3,3	2,30
7/3 1/2	4,6	70	35	6	5,94	4,9	2,69
8/4	6,2	80	40	7	7,91	7,5	3,07
9/4 1/2	7,9	90	45	8	10,16	11	3,45
10/5	9,4	100	50	8,5	12,02	14	3,84
12/6	13,3	120	60	10	17,0	24	4,62
14/7	17,8	140	70	11,5	22,8	38	5,39
16/8	23,0	160	80	13	29,5	56	6,17
18/9	28,9	180	90	14,5	37,0	79	6,95
20/10	35,4	200	100	16	45,4	107	7,72



5. Normalprofile für ungleichschenklige L-Eisen.

Nr.	G kg für 1 m	Abmessungen in mm			F qcm
		h	b	d	
2/3	1,1	30	20	3	1,41
	1,4	30	20	4	1,84
3/4 1/2	2,2	45	30	4	2,84
	2,7	45	30	5	3,50
4/6	3,7	60	40	5	4,75
	5,1	60	40	7	6,51
5/7 1/2	6,4	75	50	7	8,26
	8,1	75	50	9	10,44
6 1/2 / 10	11,0	100	65	9	10,04
	13,2	100	65	11	16,94
8,12	14,8	120	80	10	19,00
	17,6	120	80	12	22,56
10,15	22,3	150	100	12	28,56
	25,8	150	100	14	33,04
2/4	1,3	40	20	3	1,71
	1,8	40	20	4	2,24
3/6	3,3	60	30	5	4,25
	4,5	60	30	7	5,81
4/8	5,3	80	40	6	6,84
	7,0	80	40	8	8,96
5/10	8,9	100	50	8	11,36
	10,9	100	50	10	14,00
6 1/2 / 13	14,4	130	65	10	18,50
	17,1	130	65	12	21,96
8,16	21,3	160	80	12	27,36
	24,7	160	80	14	31,64
10,20	31,2	200	100	14	40,04
	35,4	200	100	16	45,44



6. Normalprofile für gleichschenklige L-Eisen.

Nr.	G (kg für 1 m)	mm		F qcm	Nr.	G (kg für 1 m)	mm		F qcm
		b	d				b	d	
1 1/2	0,6	15	3	0,81	7 1/2	8,9	75	8	11,4
	0,8	15	4	1,04		10,9	75	10	14,0
2	0,9	20	3	1,11	8	12,9	75	12	16,6
	1,1	20	4	1,44		9,5	80	8	12,2
2 1/2	1,1	25	3	1,41	9	11,7	80	10	15,0
	1,4	25	4	1,84		13,9	80	12	17,8
3	1,8	30	4	2,24	10	12,0	90	9	15,4
	2,5	30	6	3,24		14,5	90	11	18,6
3 1/2	2,1	35	4	2,64	11	16,9	90	13	21,7
	3,0	35	6	3,84		14,8	100	10	19,0
4	2,4	40	4	3,04	12	17,6	100	12	22,6
	3,5	40	6	4,41		20,3	100	14	26,0
4 1/2	4,5	40	8	5,76	13	16,4	110	10	21,0
	3,3	45	5	4,25		19,5	110	12	25,0
5	4,5	45	7	5,81	14	22,5	110	14	28,9
	5,7	45	9	7,29		19,7	120	11	25,2
5 1/2	3,7	50	5	4,75	15	23,0	120	13	29,5
	5,1	50	7	6,51		26,3	120	15	33,8
6	6,4	50	9	8,19	16	23,2	130	12	29,8
	4,9	55	6	6,24		26,9	130	14	34,4
6 1/2	6,4	55	8	8,16	17	30,5	130	16	39,0
	7,8	55	10	10,00		27,1	140	13	34,7
7	5,3	60	6	6,84	18	31,0	140	15	39,8
	7,0	60	8	8,96		34,9	140	17	44,7
7 1/2	8,6	60	10	11,00	19	31,2	150	14	40,0
	6,7	65	7	8,61		35,4	150	16	45,4
8	8,5	65	9	10,9	20	39,6	150	18	50,8
	10,2	65	11	13,1		35,7	160	15	45,8
8 1/2	7,3	70	7	9,31	21	40,2	160	17	51,5
	9,2	70	9	11,8		44,6	160	19	57,2
9	11,1	70	11	14,2					

γ



b. Trägheitsmomente deutscher Normalprofile, bezogen auf 2 rechtwinklig zu einander stehende, ausserhalb des Profils liegende Axen. 1)

F Querschnitt. — G Gewicht für 1 m. — e grösster Abstand der äussersten Faser von der wagrechten Schwerpunkts-Axe. — a lichter Abstand des Profils von der senkrechten Axe. — J_x und J_y Trägheitsmomente bezogen auf die wagrechte bzw. senkrechte Axe.

1. Normalprofile für gleichschenklige L-Eisen.

L-E. 40 · 40 · 4 mm; F = 3,04 qcm; e = 28,5 mm; J _x = 46 081; G = 2,37 kg				L-E. 40 · 40 · 6 mm; F = 4,44 qcm; e = 27,8 mm; J _x = 64 480; G = 3,46 kg				L-E. 40 · 40 · 8 mm; F = 5,76 qcm; e = 27,1 mm; J _x = 80 441; G = 4,49 kg			
a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y
0	86 101	5,5	133 665	0	130 448	5,5	203 411	0	176 128	5,5	275 216
2	101 269	6	138 901	2	153 872	6	211 376	2	208 128	6	285 952
2,5	105 441	6,5	144 289	2,5	160 283	6,5	219 563	2,5	216 848	6,5	296 976
3	109 765	7	149 829	3	166 916	7	227 972	3	225 856	7	308 288
3,5	114 241	7,5	155 521	3,5	173 771	7,5	236 603	3,5	235 152	7,5	319 888
4	118 869	8	161 365	4	180 848	8	245 456	4	244 736	8	331 776
4,5	123 649	9	173 509	4,5	188 147	9	263 828	4,5	254 608	9	356 416
5	128 581	10	186 261	5	195 668	10	283 088	5	264 768	10	382 208

1) Bearbeitet vom Ingenieur Kützow in Cottbus.

L-E. 45 · 45 · 5 mm; $F = 4,25 \text{ qcm}; e = 31,9 \text{ mm};$ $J_x = 80 \text{ 738}; G = 3,32 \text{ kg}$				L-E. 45 · 45 · 7 mm; $F = 5,81 \text{ qcm}; e = 31,2 \text{ mm};$ $J_x = 101 \text{ 656}; G = 4,53 \text{ kg}$				L-E. 45 · 45 · 9 mm; $F = 7,29 \text{ qcm}; e = 30,5 \text{ mm};$ $J_x = 125 \text{ 009}; G = 5,69 \text{ kg}$			
a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	153 542	6,5	243 810	0	216 970	6,5	345 757	0	282 123	6,5	450 340
2	177 492	7	252 242	2	251 368	7	357 698	2	327 321	7	465 831
2,5	184 010	7,5	260 885	2,5	260 693	7,5	369 928	2,5	339 532	7,5	481 687
3	190 742	8	269 742	3	270 310	8	382 450	3	352 107	8	497 907
3,5	197 685	9	288 092	3,5	280 216	9	408 364	3,5	365 047	9	531 441
4	204 842	10	307 292	4	290 414	10	435 440	4	378 351	10	566 433
4,5	212 210	11	327 342	4,5	300 901	11	463 678	4,5	392 020	11	602 883
5	219 792	12	348 242	5	311 680	12	493 078	5	406 053	12	640 791
5,5	227 585	13	369 992	5,5	322 748	13	523 640	5,5	420 451	13	680 157
6	235 592			6	334 108			6	435 213		

L-E. 50 · 50 · 5 mm; $F = 4,75 \text{ qcm}; e = 35,7 \text{ mm};$ $J_x = 112 \text{ 504}; G = 3,7 \text{ kg}$				L-E. 50 · 50 · 7 mm; $F = 6,51 \text{ qcm}; e = 34,9 \text{ mm};$ $J_x = 148 \text{ 952}; G = 5,1 \text{ kg}$				L-E. 50 · 50 · 9 mm; $F = 8,19 \text{ qcm}; e = 34,2 \text{ mm};$ $J_x = 181 \text{ 446}; G = 6,4 \text{ kg}$			
a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	210 208	6,5	318 840	0	296 583	6,5	451 533	0	384 963	6,5	587 402
2	239 358	7	328 858	2	338 401	7	465 731	2	439 881	7	605 841
2,5	247 240	7,5	339 115	2,5	349 669	7,5	480 254	2,5	454 634	7,5	624 689
3	255 358	8	349 608	3	361 263	8	495 103	3	469 797	8	643 947
3,5	263 715	9	371 308	3,5	373 182	9	525 777	3,5	485 369	9	683 691
4	272 308	10	393 958	4	385 427	10	557 753	4	501 351	10	725 073
4,5	281 140	11	417 558	4,5	397 997	11	591 031	4,5	517 442	11	768 093
5	290 208	12	442 108	5	410 893	12	625 611	5	534 543	12	812 751
5,5	299 515	13	467 608	5,5	424 114	13	661 493	5,5	551 753	13	859 047
6	309 058			6	437 661			6	569 373		

L-E. 55 · 55 · 6 mm; $F = 6,24 \text{ qcm}; e = 39,0 \text{ mm};$ $J_x = 177 \text{ 398}; G = 4,8 \text{ kg}$				L-E. 55 · 55 · 8 mm; $F = 8,16 \text{ qcm}; e = 38,3 \text{ mm};$ $J_x = 224 \text{ 889}; G = 6,4 \text{ kg}$				L-E. 55 · 55 · 10 mm; $F = 10,00 \text{ qcm}; e = 37,6 \text{ mm};$ $J_x = 267 \text{ 693}; G = 7,8 \text{ kg}$			
a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	336 278	6,5	492 083	0	451 688	6,5	663 016	0	569 583	6,5	837 708
2	378 602	7	506 252	2	509 368	7	682 128	2	643 083	7	861 433
2,5	389 963	7,5	520 733	2,5	524 808	7,5	701 648	2,5	662 708	7,5	886 588
3	401 636	8	535 526	3	540 656	8	721 576	3	682 833	8	911 583
3,5	413 626	9	566 048	3,5	556 912	9	762 656	3,5	708 458	9	963 333
4	425 918	10	597 818	4	573 576	10	805 368	4	724 583	10	1 017 083
4,5	438 527	11	630 836	4,5	590 648	11	849 712	4,5	746 208	11	1 072 833
5	451 448	12	665 102	5	608 128	12	895 688	5	768 333	12	1 130 583
5,5	464 681	13	700 616	5,5	626 016	13	943 296	5,5	790 958	13	1 190 333
6	478 226			6	644 312			6	814 083		

L-E. 60 · 60 · 6 mm; $F = 6,84 \text{ qcm}; e = 42,7 \text{ mm};$ $J_x = 233 \text{ 291}; G = 5,3 \text{ kg}$				L-E. 60 · 60 · 8 mm; $F = 8,96 \text{ qcm}; e = 42,1 \text{ mm};$ $J_x = 296 \text{ 871}; G = 7,0 \text{ kg}$				L-E. 60 · 60 · 10 mm; $F = 11,00 \text{ qcm}; e = 41,4 \text{ mm};$ $J_x = 354 \text{ 623}; G = 8,6 \text{ kg}$			
a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	435 888	7	634 212	0	584 875	7	853 675	0	736 667	7	1 077 567
2	485 712	7,5	650 943	2	652 715	7,5	876 235	2	823 067	7,5	1 106 042
2,5	499 023	8	668 016	2,5	670 795	8	899 243	2,5	846 042	8	1 135 067
3	512 676	9	703 188	3	689 323	9	946 603	3	869 567	9	1 194 767
3,5	526 671	10	739 728	3,5	708 299	10	995 755	3,5	893 642	10	1 256 667
4	541 008	11	777 636	4	727 723	11	1 046 699	4	918 267	11	1 320 767
4,5	555 687	12	816 912	4,5	747 595	12	1 099 439	4,5	943 442	12	1 387 067
5	570 708	13	857 556	5	767 915	13	1 153 963	5	969 167	13	1 455 567
5,5	586 071	14	899 568	5,5	788 683	14	1 210 283	5,5	995 442	14	1 526 267
6	601 776	15	942 948	6	809 899	15	1 268 395	6	1 022 267	15	1 599 167
6,5	617 823			6,5	831 563			6,5	1 049 642		

└-E. 65 · 65 · 7 mm; $F = 8,61 \text{ qcm}; e = 46,2 \text{ mm};$ $J_x = 342 \text{ 295}; G = 6,7 \text{ kg}$				└-E. 65 · 65 · 9 mm; $F = 10,89 \text{ qcm}; e = 45,5 \text{ mm};$ $J_x = 421 \text{ 636}; G = 8,5 \text{ kg};$				└-E. 65 · 65 · 11 mm; $F = 13,09 \text{ qcm}; e = 44,8 \text{ mm}$ $J_y = 494259; G = 10,2 \text{ kg}$			
a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y
mm		mm		mm		mm		mm		mm	
0	647 423	7	916 531	0	837 483	7	1 188 771	0	1 030 916	7	1 466 120
2,5	733 347	7,5	938 982	2,5	950 692	7,5	1 217 947	2,5	1 171 620	7,5	1 502 115
3	752 423	8	961 863	3	974 967	8	1 247 667	3	1 201 724	8	1 538 764
3,5	771 430	9	1 008 917	3,5	999 787	9	1 308 741	3,5	1 232 483	9	1 614 026
4	790 867	10	1 057 693	4	1 025 151	10	1 371 993	4	1 263 896	10	1 691 906
4,5	810 735	11	1 108 191	4,5	1 051 060	11	1 437 423	4,5	1 295 964	11	1 772 404
5	831 033	12	1 160 411	5	1 077 513	12	1 505 031	5	1 328 686	12	1 855 520
5,5	851 762	13	1 214 353	5,5	1 104 511	13	1 574 817	5,5	1 362 063	13	1 941 254
6	872 921	14	1 270 017	6	1 132 053	14	1 646 781	6	1 396 094	14	2 029 606
6,5	894 511	15	1 327 403	6,5	1 160 140	15	1 720 923	6,5	1 430 780	15	2 120 576

└-E. 70 · 70 · 7 mm; $F = 9,31 \text{ qcm}; e = 49,9 \text{ mm};$ $J_x = 432 \text{ 191}; G = 7,3 \text{ kg}$				└-E. 70 · 70 · 9 mm; $F = 11,79 \text{ qcm}; e = 49,2 \text{ mm};$ $J_x = 533 \text{ 853}; G = 9,2 \text{ kg}$				└-E. 70 · 70 · 11 mm; $F = 14,19 \text{ qcm}; e = 48,5 \text{ mm};$ $J_x = 627 \text{ 437}; G = 11,1 \text{ kg}$			
a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y
mm		mm		mm		mm		mm		mm	
0	807 536	7	1 114 864	0	1 043 823	7,5	1 477 949	0	1 283 843	7,5	1 821 454
3	928 076	7,5	1 140 308	3	1 201 557	8	1 511 607	3	1 479 731	8	1 862 971
3,5	949 796	8	1 166 216	3,5	1 229 909	9	1 580 691	3,5	1 514 862	9	1 948 133
4	971 980	9	1 219 430	4	1 258 851	10	1 652 133	4	1 550 703	10	2 036 133
4,5	994 631	10	1 274 506	4,5	1 288 382	11	1 725 933	4,5	1 587 253	11	2 126 971
5	1 017 746	11	1 331 444	5	1 313 503	12	1 802 091	5	1 624 513	12	2 220 647
5,5	1 041 328	12	1 390 244	5,5	1 349 213	13	1 880 607	5,5	1 662 482	13	2 317 161
6	1 065 374	13	1 450 906	6	1 380 513	14	1 961 481	6	1 701 161	14	2 416 513
6,5	1 089 887			6,5	1 412 402	15	2 044 713	6,5	1 740 549	15	2 518 703
				7	1 444 881			7	1 780 647		

└-E. 75 · 75 · 8 mm; $F = 11,36 \text{ qcm}; e = 53,3 \text{ mm};$ $J_x = 601 \text{ 816}; G = 8,9 \text{ kg}$				└-E. 75 · 75 · 10 mm; $F = 14,00 \text{ qcm}; e = 52,6 \text{ mm};$ $J_x = 724 \text{ 781}; G = 10,9 \text{ kg}$				└-E. 75 · 75 · 12 mm; $F = 16,56 \text{ qcm}; e = 51,9 \text{ mm};$ $J_x = 838 \text{ 632}; G = 12,9 \text{ kg}$			
a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y
mm		mm		mm		mm		mm		mm	
0	1 136 435	7,5	1 569 995	0	1 427 917	7,5	1 977 292	0	1 723 788	7,5	2 391 228
3	1 294 523	8	1 603 443	3	1 628 767	8	2 019 517	3	1 968 408	8	2 442 348
3,5	1 322 859	9	1 627 043	3,5	1 664 692	9	2 106 067	3,5	2 012 076	9	2 547 072
4	1 351 763	10	1 742 915	4	1 701 317	10	2 195 417	4	2 056 572	10	2 655 108
4,5	1 381 235	11	1 816 059	4,5	1 738 642	11	2 287 567	4,5	2 101 896	11	2 766 456
5	1 411 275	12	1 891 475	5	1 776 667	12	2 382 517	5	2 148 048	12	2 881 116
5,5	1 441 883	13	1 969 163	5,5	1 815 392	13	2 480 267	5,5	2 195 028	13	2 999 088
6	1 473 059	14	2 049 123	6	1 854 817	14	2 580 817	6	2 242 836	14	3 120 372
6,5	1 504 803	15	2 130 355	6,5	1 894 942	15	2 684 167	6,5	2 291 472	15	3 244 968
7	1 537 115			7	1 935 767			7	2 340 936		

└-E. 80 · 80 · 8 mm; $F = 12,16 \text{ qcm}; e = 57,1 \text{ mm};$ $J_x = 737301; G = 9,5 \text{ kg}$				└-E. 80 · 80 · 10 mm; $F = 15,00 \text{ qcm}; e = 56,3 \text{ mm}$ $J_x = 889 \text{ 835}; G = 11,7 \text{ kg}$				└-E. 80 · 80 · 12 mm; $F = 17,76 \text{ qcm}; e = 55,6 \text{ mm};$ $J_x = 1 \text{ 031 683}; G = 13,9 \text{ kg}$			
a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y	a	J _y
mm		mm		mm		mm		mm		mm	
0	1 377 621	7,5	1 864 581	0	1 730 000	7,5	2 346 875	0	2 087 168	7,5	2 836 568
3	1 555 989	8	1 901 909	3	1 956 500	8	2 394 000	3	2 362 928	8	2 893 568
3,5	1 587 845	9	1 978 389	3,5	1 996 875	9	2 490 500	3,5	2 411 996	9	3 010 352
4	1 620 309	10	2 057 301	4	2 038 000	10	2 590 000	4	2 461 952	10	3 130 688
4,5	1 653 381	11	2 138 645	4,5	2 079 875	11	2 692 500	4,5	2 512 796	11	3 254 576
5	1 687 061	12	2 223 421	5	2 122 500	12	2 798 000	5	2 564 528	12	3 382 016
5,5	1 721 349	13	2 308 629	5,5	2 165 875	13	2 906 500	5,5	2 617 148	13	3 513 008
6	1 756 245	14	2 397 269	6	2 210 000	14	3 018 000	6	2 670 656	14	3 647 552
6,5	1 791 749	15	2 488 341	6,5	2 254 875	15	3 132 500	6,5	2 725 052	15	3 785 648
7	1 827 861	16	2 581 845	7	2 300 500	16	3 250 000	7	2 780 336	16	3 927 296

┌-E. 90 · 90 · 9 mm; F = 15,39 qcm; e = 64,2 mm; J _x = 1 181 009; G = 12,0 kg				┌-E. 90 · 90 · 11 mm; F = 18,59 qcm; e = 63,5 mm; J _x = 1 399 069; G = 14,5 kg				┌-E. 90 · 90 · 13 mm; F = 21,71 qcm; e = 62,8 mm; J _x = 1 603 469; G = 16,9 kg			
a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y
0	2 206 688	8	2 940 867	0	2 708 050	8	3 616 298	0	3 215 390	8	4 300 838
3	2 458 917	9	3 046 491	3	3 020 758	9	3 746 560	3	3 589 868	9	4 456 058
3,5	2 503 649	10	3 155 193	3,5	3 076 129	10	3 880 540	3,5	3 656 080	10	4 615 620
4	2 549 151	11	3 266 973	4	3 132 430	11	4 018 238	4	3 723 378	11	4 779 524
4,5	2 595 422	12	3 381 831	4,5	3 189 660	12	4 159 654	4,5	3 791 761	12	4 947 770
5	2 642 463	13	3 499 767	5	3 247 820	13	4 304 788	5	3 861 230	13	5 120 358
5,5	2 690 273	14	3 620 781	5,5	3 306 909	14	4 453 640	5,5	3 931 784	14	5 297 288
6	2 738 853	15	3 744 873	6	3 366 928	15	4 606 210	6	4 003 424	15	5 478 560
6,5	2 788 202	16	3 872 043	6,5	3 427 876	16	4 762 498	6,5	4 076 149	16	5 664 174
7	2 838 321	18	4 135 617	7	3 489 754	18	5 086 228	7	4 149 960	18	6 048 428
7,5	2 889 209	20	4 411 503	7,5	3 552 561	20	5 424 830	7,5	3 224 856	20	6 450 050

┌-E. 100 · 100 · 10 mm; F = 19,00 qcm; e = 71,3 mm; J _x = 1 800 044; G = 14,8 kg				┌-E. 100 · 100 · 12 mm; F = 22,56 qcm; e = 70,6 mm; J _y = 2 100 127; G = 17,6 kg				┌-E. 100 · 100 · 14 mm; F = 26,04 qcm; e = 69,9 mm; J _x = 2 383 212; G = 20,3 kg			
a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y
0	3 363 333	8	4 356 933	0	4 050 688	8	5 256 448	0	4 745 328	8	6 166 832
3	3 707 433	9	4 498 233	3	4 469 008	9	5 427 472	3	5 239 332	9	6 367 956
3,5	3 768 108	10	4 643 333	3,5	4 542 676	10	5 603 008	3,5	5 326 223	10	6 574 288
4	3 829 733	11	4 792 233	4	4 617 472	11	5 783 056	4	5 414 416	11	6 785 838
4,5	3 892 308	12	4 944 933	4,5	4 693 396	12	5 967 616	4,5	5 503 911	12	7 002 576
5	3 955 833	13	5 101 433	5	4 770 448	13	6 156 688	5	5 594 708	13	7 225 632
5,5	4 020 308	14	5 261 733	5,5	4 848 628	14	6 350 272	5,5	5 686 807	14	7 451 696
6	4 085 733	15	5 425 833	6	4 927 936	15	6 548 368	6	5 780 208	15	7 684 068
6,5	4 152 108	16	5 593 733	6,5	5 008 372	16	6 750 976	6,5	5 874 911	16	7 921 648
7	4 219 433	18	5 940 933	7	5 089 936	18	7 169 728	7	5 970 916	18	8 412 432
7,5	4 287 708	20	6 303 333	7,5	5 172 628	20	7 606 528	7,5	6 068 223	20	8 924 048

┌-E. 110 · 110 · 10 mm; F = 21,00 qcm; e = 78,8 mm; J _x = 2 427 024; G = 16,4 kg				┌-E. 110 · 110 · 12 mm; F = 24,96 qcm; e = 78,1 mm; J _x = 2 838 350; G = 19,5 kg				┌-E. 110 · 110 · 14 mm; F = 28,84 qcm; e = 77,4 mm; J _x = 3 228 300; G = 22,5 kg			
a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y
0	4 470 000	8	5 652 400	0	5 380 448	8	6 814 688	0	6 299 141	8	7 989 445
3	4 881 900	9	5 819 100	3	5 880 848	9	7 016 432	3	6 889 745	9	8 226 689
3,5	4 955 225	10	5 990 000	3,5	5 968 616	10	7 223 168	3,5	6 993 226	10	8 469 701
4	5 027 600	11	6 165 100	4	6 057 632	11	7 434 896	4	7 098 149	11	8 718 481
4,5	5 102 025	12	6 344 400	4,5	6 147 896	12	7 651 616	4,5	7 204 514	12	8 973 029
5	5 177 500	13	6 527 900	5	6 239 408	13	7 873 328	5	7 312 321	13	9 233 345
5,5	5 254 025	14	6 715 600	5,5	6 332 168	14	8 100 032	5,5	7 421 570	14	9 499 429
6	5 331 600	15	6 907 500	6	6 426 176	15	8 331 728	6	7 532 261	15	9 771 281
6,5	5 410 225	16	7 103 600	6,5	6 521 432	16	8 568 416	6,5	7 644 394	16	10 048 901
7	5 489 900	18	7 508 400	7	6 617 936	18	9 056 768	7	7 757 969	18	10 621 445
7,5	5 570 625	20	7 930 000	7,5	6 715 688	20	9 565 088	7,5	7 872 986	20	11 217 061

┌-E. 120 · 120 · 11 mm; F = 25,19 qcm; e = 85,9 mm; J _x = 3 462 293; G = 19,7 kg;				┌-E. 120 · 120 · 13 mm; F = 29,51 qcm; e = 85,2 mm; J _x = 3 996 290; G = 23,0 kg				┌-E. 120 · 120 · 15 mm; F = 33,75 qcm; e = 84,5 mm; J _x = 4 504 781; G = 26,4 kg			
a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y	a mm	J _y
0	6 384 360	9	8 132 700	0	7 566 360	9	9 652 938	0	8 758 125	9	11 188 125
4	7 111 020	10	8 352 150	4	8 434 708	10	9 914 290	4	9 770 625	10	11 491 875
4,5	7 207 520	11	8 576 638	4,5	8 549 891	11	10 181 544	4,5	9 904 781	11	11 802 375
5	7 305 280	12	8 806 164	5	8 666 550	12	10 454 700	5	10 040 625	12	12 119 625
5,5	7 404 299	13	9 040 728	5,5	8 784 684	13	10 733 758	5,5	10 178 156	13	12 443 625
6	7 504 578	14	9 280 330	6	8 904 294	14	11 018 718	6	10 317 375	14	12 774 375
6,5	7 606 116	15	9 524 970	6,5	9 025 379	15	11 309 580	6,5	10 458 281	15	13 111 875
7	7 708 914	16	9 774 648	7	9 147 940	16	11 606 344	7	10 600 875	16	13 456 125
7,5	7 812 971	18	10 289 118	7,5	9 271 976	18	12 117 578	7,5	10 745 156	18	14 164 875
8	7 918 288	20	10 823 740	8	9 397 488	20	12 852 420	8	10 891 125	20	14 900 625

\perp -E. 130 · 130 · 12 mm; $F = 29,76$ qcm; $e = 93,1$ mm; $J_x = 4\ 797\ 795$; $G = 23,2$ kg				\perp -E. 130 · 130 · 14 mm; $F = 34,44$ qcm; $e = 92,3$ mm; $J_x = 5\ 476\ 724$; $G = 26,8$ kg				\perp -E. 130 · 130 · 16 mm; $F = 39,04$ qcm; $e = 91,6$ mm; $J_x = 6\ 125\ 638$; $G = 30,4$ kg			
a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	8 855 968	9	11 075 152	0	10 358 768	9	12 971 756	0	11 872 981	9	14 885 461
4	9 782 752	10	11 351 488	4	11 451 216	10	13 296 528	4	13 133 781	10	15 259 221
4,5	9 905 296	11	11 633 776	4,5	11 595 521	11	13 628 188	4,5	13 300 165	11	15 640 789
5	10 029 328	12	11 922 016	5	11 741 548	12	13 966 736	5	13 468 501	12	16 030 165
5,5	10 154 848	13	12 216 208	5,5	11 889 297	13	14 312 172	5,5	13 638 789	13	16 427 349
6	10 281 856	14	12 516 352	6	12 038 768	14	14 664 496	6	13 811 029	14	16 832 341
6,5	10 410 352	15	12 822 448	6,5	12 189 961	15	15 023 708	6,5	13 985 221	15	17 245 141
7	10 540 336	16	13 134 496	7	12 342 876	16	15 389 808	7	14 161 365	16	17 665 749
7,5	10 671 808	18	13 776 448	7,5	12 497 513	18	16 142 672	7,5	14 339 461	18	18 530 389
8	10 804 768	20	14 442 208	8	12 653 872	20	16 923 088	8	14 519 509	20	19 426 261

\perp -E. 140 · 140 · 13 mm; $F = 34,71$ qcm; $e = 100,2$ mm; $J_x = 6\ 486\ 608$; $G = 27,1$ kg				\perp -E. 140 · 140 · 15 mm; $F = 39,75$ qcm; $e = 99,5$ mm; $J_x = 7\ 334\ 556$; $G = 31,0$ kg				\perp -E. 140 · 140 · 17 mm; $F = 44,71$ qcm; $e = 98,8$ mm; $J_x = 8\ 147\ 644$; $G = 34,9$ kg			
a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	11 983 673	11	15 442 557	0	13 860 625	11	17 884 975	0	15 750 766	11	20 347 974
4	13 144 261	12	15 798 653	4	15 212 725	12	18 298 525	4	17 297 290	12	20 819 554
4,5	13 297 144	13	16 161 691	4,5	15 390 681	13	18 720 025	4,5	17 500 666	13	21 300 076
5	13 451 763	14	16 531 671	5	15 570 625	14	19 149 475	5	17 706 276	14	21 789 540
5,5	13 608 117	15	16 908 593	5,5	15 752 556	15	19 586 875	5,5	17 914 233	15	22 287 946
6	13 766 207	16	17 292 457	6	15 936 475	16	20 032 225	6	18 124 204	16	22 795 294
6,5	13 926 032	18	18 081 011	6,5	16 123 381	18	20 494 775	6,5	18 336 522	18	23 836 816
7	14 087 593	20	18 897 333	7	16 310 275	20	21 893 125	7	18 551 074	20	24 914 106
7,5	14 250 889	22	19 741 423	7,5	16 500 156	22	22 871 375	7,5	18 767 863	22	26 027 164
8	14 415 921	24	20 613 281	8	16 692 025	24	23 881 225	8	18 986 886	24	27 175 990
9	14 581 911	25	21 059 623	9	17 081 725	25	24 398 125	9	19 431 640	25	27 763 816
10	15 093 403	26	21 512 907	10	17 479 375	26	24 922 975	10	19 885 336	26	28 360 584

\perp -E. 150 · 150 · 14 mm; $F = 40,04$ qcm; $e = 107,3$ mm; $J_x = 8\ 586\ 137$; $G = 31,2$ kg				\perp -E. 150 · 150 · 16 mm; $F = 45,44$ qcm; $e = 106,6$ mm; $J_x = 9\ 629\ 058$; $G = 35,4$ kg				\perp -E. 150 · 150 · 18 mm; $F = 50,76$ qcm; $e = 105,9$ mm; $J_x = 10\ 631\ 895$; $G = 39,6$ kg			
a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	15 874 395	11	20 117 095	0	18 182 955	11	23 070 123	0	20 506 608	11	26 046 252
4	17 305 083	12	20 550 843	4	19 832 875	12	23 568 939	4	22 378 896	12	26 610 768
4,5	17 492 928	13	20 992 599	4,5	20 040 339	13	24 076 843	4,5	22 624 353	13	27 185 436
5	17 682 775	14	21 442 363	5	20 268 075	14	24 593 835	5	22 872 348	14	27 770 256
5,5	17 874 624	15	21 900 135	5,5	20 489 083	15	25 119 915	5,5	23 122 881	15	28 365 228
6	18 068 475	16	22 365 915	6	20 712 363	16	25 655 083	6	23 375 952	16	28 970 352
6,5	18 264 328	18	23 321 499	6,5	20 937 915	18	26 752 683	6,5	23 631 561	18	30 211 056
7	18 462 183	20	24 309 115	7	21 165 739	20	27 886 635	7	23 889 708	20	31 492 368
7,5	18 662 040	22	25 328 763	7,5	21 395 835	22	29 056 939	7,5	24 150 392	22	32 814 288
8	18 863 899	24	26 380 443	8	21 628 203	24	30 263 595	8	24 413 616	24	34 176 816
9	19 273 623	25	26 918 295	9	22 099 755	25	30 880 555	9	24 677 676	25	34 873 308
10	19 691 355	26	27 464 155	10	22 580 395	26	31 560 603	10	24 951 888	26	35 579 952

\perp -E. 160 · 160 · 15 mm; $F = 45,75$ qcm; $e = 114,5$ mm; $J_x = 11\ 158\ 081$; $G = 35,7$ kg				\perp -E. 160 · 160 · 17 mm; $F = 51,51$ qcm; $e = 113,7$ mm; $J_x = 12\ 423\ 800$; $G = 40,2$ kg				\perp -E. 160 · 160 · 19 mm; $F = 57,19$ qcm; $e = 113,0$ mm; $J_x = 13\ 643\ 830$; $G = 44,6$ kg			
a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	20 643 125	11	25 779 575	0	23 444 853	11	29 309 921	0	26 263 706	11	32 866 016
4	22 382 825	12	26 301 425	4	25 433 377	12	29 904 921	4	28 504 414	12	33 534 854
4,5	22 610 581	13	26 832 425	4,5	25 693 533	13	30 510 233	4,5	28 797 371	13	34 215 130
5	22 840 625	14	27 372 575	5	25 956 263	14	31 125 827	5	29 093 186	14	34 906 844
5,5	23 072 956	15	27 921 875	5,5	26 221 569	15	31 751 733	5,5	29 391 862	15	35 609 996
6	23 307 575	16	28 480 325	6	26 489 451	16	32 387 941	6	29 693 396	16	36 324 586
6,5	23 544 481	18	29 624 675	6,5	26 759 908	18	33 691 263	6,5	29 997 791	18	37 788 080
7	23 783 675	20	30 805 625	7	27 032 941	20	35 035 793	7	30 305 044	20	39 297 326
7,5	24 025 156	22	32 023 175	7,5	27 308 549	22	36 421 531	7,5	30 615 158	22	40 852 324
8	24 268 925	24	33 277 325	8	27 586 733	24	37 848 477	8	30 928 130	24	42 453 074
9	24 763 325	25	33 918 125	9	28 150 827	25	38 577 403	9	31 562 654	25	43 270 606
10	25 266 875	26	34 568 075	10	28 725 233	26	39 316 631	10	32 208 616	26	44 099 576

2. Normal-Profile für C-Eisen.

C-Eisen Nr. 3. $F = 5,42 \text{ qcm}$; $J_x = 64\,693$; $G = 4,2 \text{ kg}$		C-Eisen Nr. 4. $F = 6,20 \text{ qcm}$; $J_x = 142\,727$; $G = 4,8 \text{ kg}$		C-Eisen Nr. 5. $F = 7,12 \text{ qcm}$; $J_x = 267\,529$; $G = 5,6 \text{ kg}$			
a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	168 373	0	201 167	0	257 569	6,5	424 905
2	201 833	2	239 247	2	302 649	7	440 269
2,5	210 875	2,5	249 542	2,5	314 809	7,5	455 989
3	220 189	3	260 147	3	327 325	8	472 065
3,5	229 773	3,5	271 062	3,5	340 197	9	505 285
4	239 629	4	282 287	4	353 425	10	539 929
4,5	249 755	4,5	293 822	4,5	367 009	11	575 997
5	260 153	5	305 667	5	380 949	12	613 489
5,5	270 821	5,5	317 822	5,5	395 245	13	652 405
6	281 761	6	330 287	6	409 897		
6,5	292 971	6,5	343 062				
7	304 453	7	356 147				
7,5	316 205	7,5	369 542				
8	328 229	8	383 247				
9	353 089	9	411 587				
10	379 033	10	441 167				

C-Eisen Nr. 6_{1/2}.
 $F = 9,05 \text{ qcm}$;
 $J_x = 580\,979$;
 $G = 7,1 \text{ kg}$

C-Eisen Nr. 8.
 $F = 11,04 \text{ qcm}$;
 $J_x = 1\,068\,032$;
 $G = 8,6 \text{ kg}$

a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	373 213	7,5	633 913	0	490 608	7,5	812 988	22	1 788 432
2	432 778	8	654 913	2	564 432	8	838 896	24	1 959 408
2,5	448 800	9	698 270	2,5	584 268	9	892 368	25	2 048 208
3	465 275	10	743 433	3	604 656	10	948 048	26	2 139 216
3,5	482 203	11	790 415	3,5	625 596	11	1 005 936	30	2 525 328
4	499 583	12	839 203	4	647 088	12	1 066 032	35	3 057 648
4,5	517 415	13	889 800	4,5	669 132	13	1 128 336	40	3 645 168
5	535 700	14	942 208	5	691 728	14	1 192 848	45	4 287 888
5,5	554 438	15	996 425	5,5	714 876	15	1 259 568	50	4 985 808
6	573 628	16	1 052 453	6	738 576	16	1 328 496	55	5 738 928
6,5	593 270	18	1 200 440	6,5	762 828	18	1 472 976	60	6 547 248
7	613 365	20	1 294 663	7	787 632	20	1 626 288	65	7 410 768

C-Eisen Nr. 10.
 $F = 13,48 \text{ qcm}$;
 $J_x = 2\,070\,114$;
 $G = 10,5 \text{ kg}$

0	714 309	8	1 164 485	22	2 367 477	65	9 366 329	120	25 584 069	175	49 957 209
3	862 905	9	1 232 889	24	2 582 469	70	10 503 669	125	27 462 809	180	52 577 349
3,5	890 030	10	1 303 989	25	2 694 009	75	11 708 409	130	29 408 949	185	55 264 889
4	917 829	11	1 377 785	26	2 808 245	80	12 980 549	135	31 422 489	190	58 019 829
4,5	946 302	12	1 454 277	30	3 292 149	85	14 320 089	140	33 503 429	195	60 842 169
5	975 449	13	1 533 465	35	3 957 689	90	15 727 029	145	35 651 769	200	63 781 909
5,5	1 005 270	14	1 615 349	40	4 690 629	95	17 201 369	150	37 867 509	210	69 713 589
6	1 035 765	15	1 699 929	45	5 490 969	100	18 743 109	155	40 150 649	220	75 964 869
6,5	1 066 934	16	1 787 205	50	6 358 709	105	20 352 249	160	42 501 189	230	82 485 749
7	1 098 777	18	1 969 845	55	7 293 849	110	22 028 789	165	44 919 129	240	89 276 229
7,5	1 131 294	20	2 163 269	60	8 296 389	115	23 772 729	170	47 404 469	250	96 336 309

C-Eisen Nr. 12.
 $F = 17,04 \text{ qcm}$;
 $J_x = 3\,675\,168$;
 $G = 13,3 \text{ kg}$

0	1 009 912	8	1 594 552	22	3 142 504	65	12 073 432	120	32 681 272	175	63 598 312
3	1 203 592	9	1 682 968	24	3 418 168	70	13 520 872	125	35 065 912	180	66 920 152
3,5	1 238 854	10	1 774 792	25	3 561 112	75	15 053 512	130	37 535 752	185	70 327 192
4	1 274 968	11	1 870 024	26	3 707 464	80	16 671 352	135	40 090 792	190	73 819 432
4,5	1 311 934	12	1 968 664	30	4 326 952	85	18 374 392	140	42 731 032	195	77 396 872
5	1 349 752	13	2 070 712	35	5 177 992	90	20 162 632	145	45 456 472	200	81 059 512
5,5	1 388 422	14	2 176 168	40	6 114 232	95	22 036 072	150	48 267 112	210	88 640 392
6	1 427 944	15	2 285 032	45	7 135 672	100	23 994 712	155	51 162 952	220	96 562 072
6,5	1 468 318	16	2 397 304	50	8 242 312	105	26 038 552	160	54 143 992	230	104 824 552
7	1 509 544	18	2 632 072	55	9 434 152	110	28 167 592	165	57 210 232	240	113 427 832
7,5	1 551 622	20	2 880 472	60	10 711 192	115	30 381 832	170	60 361 672	250	122 371 912

┌-Eisen Nr. 14.
 $F = 20,40 \text{ qcm}; J_x = 6\,088\,000; G = 15,9 \text{ kg}$

a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	1 453 720	8	2 207 320	22	4 154 440	65	15 134 920	120	40 175 320	175	77 557 720
3	1 705 720	9	2 319 880	24	4 497 880	70	16 901 320	125	43 063 720	180	81 568 120
3.5	1 751 290	10	2 436 520	25	4 675 720	75	18 769 720	130	46 054 120	185	85 680 520
4	1 797 880	11	2 557 240	26	4 875 640	80	20 740 120	135	49 146 520	190	89 894 920
4.5	1 845 490	12	2 682 040	30	5 626 120	85	22 812 520	140	52 340 920	195	94 211 320
5	1 894 120	13	2 810 920	35	6 678 520	90	24 986 920	145	55 637 320	200	98 629 720
5.5	1 943 770	14	2 943 880	40	7 832 920	95	27 263 320	150	59 035 720	210	107 773 520
6	1 994 440	15	3 080 920	45	9 089 320	100	29 641 720	155	62 536 120	220	117 323 320
6.5	2 046 130	16	3 222 040	50	10 447 720	105	32 122 120	160	66 138 520	230	127 282 120
7	2 098 840	18	3 516 520	55	11 908 120	110	34 704 520	165	69 842 920	240	137 648 920
7.5	2 152 570	20	3 827 320	60	13 470 520	115	37 388 920	170	73 649 320	250	142 985 320

┌-Eisen Nr. 16.
 $F = 24,075 \text{ qcm}; J_x = 9\,318\,076; G = 18,8 \text{ kg}$

a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	1 941 922	9	3 005 823	25	5 860 203	80	25 073 422	140	62 645 047	200	117 550 672
3	2 253 221	10	3 148 109	26	6 079 529	85	27 542 328	145	66 558 453	210	128 386 859
3.5	2 309 317	11	3 295 211	30	7 004 984	90	30 131 609	150	70 592 234	220	139 704 547
4	2 366 617	12	3 447 127	35	8 270 141	95	32 841 266	155	74 746 391	230	151 503 734
4.5	2 425 121	13	3 603 858	40	9 655 672	100	35 671 297	160	79 020 922	240	163 784 422
5	2 484 828	14	3 765 404	45	11 161 578	105	38 621 703	165	83 415 828	250	176 546 609
5.5	2 545 739	15	3 931 766	50	12 787 859	110	41 692 484	170	87 931 109	260	189 790 297
6	2 607 854	16	4 102 942	55	14 534 516	115	44 883 641	175	92 566 766	270	203 515 484
6.5	2 671 173	18	4 459 739	60	16 401 547	120	48 195 172	180	97 322 797	280	217 722 172
7	2 735 696	20	4 835 797	65	18 381 953	125	51 627 078	185	102 199 203	290	232 410 359
7.5	2 801 422	22	5 231 114	70	20 496 734	130	55 179 359	190	107 195 984	300	247 580 047
8	2 868 352	24	5 645 692	75	22 724 891	135	58 852 016	195	112 313 141		

┌-Eisen Nr. 18.
 $F = 28,04 \text{ qcm}; J_x = 13\,641\,055; G = 21,8 \text{ kg}$

a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	2 542 299	9	3 830 631	25	7 242 599	80	29 920 859	140	74 008 379	200	138 284 699
3	2 921 271	10	4 001 819	26	7 503 515	85	32 823 719	145	78 593 639	210	150 960 219
3.5	2 989 340	11	4 178 615	30	8 603 259	90	35 866 779	150	83 319 099	220	164 196 539
4	3 058 811	12	4 361 019	35	10 104 119	95	39 050 039	155	88 184 759	230	177 993 659
4.5	3 129 684	13	4 549 031	40	11 745 179	100	42 373 499	160	93 190 619	240	192 351 579
5	3 201 959	14	4 742 651	45	13 526 439	105	45 837 159	165	98 336 679	250	207 270 299
5.5	3 275 636	15	4 941 879	50	15 447 899	110	49 441 019	170	103 622 939	260	222 749 819
6	3 350 715	16	5 146 715	55	17 509 559	115	53 185 079	175	109 049 399	270	238 790 139
6.5	3 427 196	18	5 573 211	60	19 711 419	120	57 069 339	180	114 616 059	280	255 391 259
7	3 505 079	20	6 022 139	65	22 053 479	125	61 083 799	185	120 322 919	290	272 553 179
7.5	3 584 364	22	6 493 499	70	24 535 739	130	65 258 959	190	126 189 979	300	290 275 899
8	3 665 051	24	6 987 291	75	27 158 199	135	69 563 319	195	132 157 239		

┌-Eisen Nr. 20.
 $F = 32,295 \text{ qcm}; J_x = 19\,270\,167; G = 25,2 \text{ kg}$

a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	3 270 608	10	5 015 191	26	9 149 995	85	38 687 622	145	91 784 517	210	175 545 841
3	3 726 164	11	5 225 174	30	10 442 056	90	42 224 251	150	97 258 846	220	190 854 323
3.5	3 807 741	12	5 441 615	35	12 202 460	95	45 922 355	155	102 894 650	230	206 808 706
4	3 890 933	13	5 664 516	40	14 124 338	100	49 781 933	160	108 691 928	240	223 408 988
4.5	3 975 740	14	5 893 876	45	16 207 692	105	53 802 987	165	114 650 682	250	240 655 171
5	4 062 162	15	6 129 695	50	18 452 521	110	57 985 516	170	120 770 911	260	258 547 253
5.5	4 150 199	16	6 371 972	55	20 858 825	115	62 329 520	175	127 052 615	270	277 085 236
6	4 239 850	18	6 875 905	60	23 426 603	120	66 834 998	180	133 495 793	280	296 269 118
6.5	4 331 116	20	7 405 673	65	26 155 857	125	71 501 952	185	140 100 447	290	316 098 901
7	4 423 997	22	7 961 278	70	29 046 586	130	76 330 381	190	146 866 576	300	336 574 583
7.5	4 518 492	24	8 542 718	75	32 098 790	135	81 320 285	195	153 794 180	320	379 463 648
8	4 614 602	25	8 843 127	80	35 312 468	140	86 471 663	200	160 883 258	340	424 936 313
9	4 811 667										

└-Eisen Nr. 22.
 $F = 37,55 \text{ qcm}; J_x = 27\ 115\ 323; G = 29,3 \text{ kg.}$

a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y	a mm	J_y
0	4 314 052	12	6 964 312	40	17 353 852	100	59 443 552	160	128 569 252	240	262 792 852
4	5 077 312	13	7 233 982	45	19 828 702	105	64 171 402	165	135 550 102	250	282 950 302
4,5	5 181 168	14	7 511 162	50	22 491 302	110	69 087 002	170	142 718 702	260	303 858 752
5	5 286 902	15	7 795 852	55	25 341 652	115	74 190 352	175	150 075 052	270	325 518 202
5,5	5 394 513	16	8 088 052	60	28 379 752	120	79 481 452	180	157 619 152	280	347 928 652
6	5 504 002	18	8 694 982	65	31 605 602	125	84 960 302	185	165 351 002	290	371 090 102
6,5	5 615 368	20	9 331 952	70	35 069 202	130	90 626 902	190	173 270 602	300	395 002 552
7	5 728 612	22	9 998 962	75	38 620 552	135	96 481 252	195	181 377 952	320	445 080 452
7,5	5 843 733	24	10 696 012	80	42 409 652	140	102 523 352	200	189 673 052	340	498 162 352
8	5 960 732	25	11 055 802	85	46 386 502	145	108 753 202	210	206 826 502	360	554 248 252
9	6 200 362	26	11 423 102	90	50 551 102	150	115 170 802	220	224 790 952	380	613 338 152
10	6 447 502	30	12 967 402	95	54 903 452	155	121 776 152	230	243 386 402	400	675 432 052
11	6 702 152	35	15 066 752								

└-Eisen Nr. 26.
 $F = 48,40 \text{ qcm}; J_x = 48\ 572\ 213; G = 37,8 \text{ kg}$

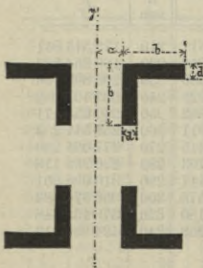
a	J_y	a	J_y	a	J_y	a	J_y	a	J_y	a	J_y
0	6 881 333	12	10 578 293	40	24 625 333	100	80 281 333	160	170 785 333	240	345 665 333
4	7 958 773	13	10 949 293	45	27 932 333	105	86 492 333	165	179 900 333	250	371 881 333
4,5	8 104 343	14	11 329 973	50	31 481 333	110	92 945 333	170	189 257 333	260	399 065 333
5	8 252 333	15	11 720 333	55	35 272 333	115	99 640 333	175	198 856 333	270	427 217 333
5,5	8 402 743	16	12 120 373	60	39 305 333	120	106 577 333	180	208 679 333	280	456 337 333
6	8 555 573	18	12 949 493	65	43 580 333	125	113 756 333	185	218 780 333	290	486 425 333
6,5	8 710 823	20	13 817 333	70	48 097 333	130	121 177 333	190	229 105 333	300	517 481 333
7	8 868 493	22	14 723 893	75	52 856 333	135	128 840 333	195	239 672 333	320	582 497 333
7,5	9 028 583	24	15 669 173	80	57 857 333	140	136 745 333	200	250 481 333	340	651 385 333
8	9 191 093	25	16 156 333	85	63 100 333	145	144 892 333	210	272 825 333	360	724 145 333
9	9 523 373	26	16 653 173	90	68 585 333	150	153 281 333	220	296 137 333	380	800 777 333
10	9 865 333	30	18 737 333	95	74 312 333	155	161 912 333	230	320 417 333	400	881 281 333
11	10 216 973	35	21 560 333								

└-Eisen Nr. 30.
 $F = 58,80 \text{ qcm}; J_x = 80\ 633\ 760; G = 45,9 \text{ kg}$

a	J_y	a	J_y	a	J_y	a	J_y	a	J_y	a	J_y
0	10 756 000	12	15 764 320	40	34 036 000	100	104 236 000	160	216 772 000	240	432 676 000
4	12 237 280	13	16 258 120	45	38 269 000	105	111 997 000	165	228 061 000	250	464 956 000
4,5	12 435 670	14	16 763 680	50	42 796 000	110	120 052 000	170	239 644 000	260	498 412 000
5	12 637 000	15	17 281 000	55	47 617 000	115	128 401 000	175	251 521 000	270	533 044 000
5,5	12 841 270	16	17 810 080	60	52 732 000	120	137 044 000	180	263 692 000	280	568 852 000
6	13 048 480	18	18 903 520	65	58 141 000	125	145 981 000	185	276 157 000	290	605 896 000
6,5	13 258 630	20	20 044 000	70	63 844 000	130	155 212 000	190	288 916 000	300	643 996 000
7	13 471 720	22	21 231 520	75	69 841 000	135	164 737 000	195	301 969 000	320	723 844 000
7,5	13 687 750	24	22 466 080	80	76 132 000	140	174 556 000	200	315 316 000	340	808 396 000
8	13 906 720	25	23 101 000	85	82 717 000	145	184 669 000	210	342 892 000	360	897 652 000
9	14 353 480	26	23 747 680	90	89 596 000	150	195 076 000	220	371 644 000	380	991 612 000
10	14 812 000	30	26 452 000	95	96 769 000	155	205 777 000	230	401 572 000	400	1090 276 000
11	15 282 280	35	30 097 000								

3. Gruppierung von 4 gleichschenkligen L-Eisen (Normalprofile).

Die Trägheitsmomente (für ein L-Eisen berechnet) sind bezogen auf die y-Axe im Abstände a vom L-Eisen.



└-E. 80·80·8 mm $F = 12,16 \text{ qcm}$				└-E. 80·80·10 mm $F = 15,00 \text{ qcm}$				└-E. 80·80·12 mm $F = 17,76 \text{ qcm}$			
a mm	J mm	a mm	J mm	a mm	J mm	a mm	J mm	a mm	J mm	a mm	J mm
0	1 377 621	8	1 901 909	0	1 730 000	8	2 394 000	0	2 087 168	8	2 893 568
4	1 620 309	9	1 978 389	4	2 038 000	9	2 490 500	4	2 461 952	9	3 010 352
4,5	1 653 381	10	2 057 301	4,5	2 079 875	10	2 590 000	4,5	2 512 796	10	3 130 688
5	1 687 061	11	2 138 645	5	2 122 500	11	2 692 500	5	2 564 528	11	3 254 576
5,5	1 721 349	12	2 222 421	5,5	2 165 875	12	2 798 000	5,5	2 617 148	12	3 382 016
6	1 756 245	13	2 308 629	6	2 210 000	13	2 906 500	6	2 670 656	13	3 513 008
6,5	1 791 749	14	2 397 269	6,5	2 254 875	14	3 018 000	6,5	2 725 052	14	3 647 552
7	1 827 861	15	2 488 341	7	2 300 500	15	3 132 500	7	2 780 336	15	3 785 648
7,5	1 865 581			7,5	2 346 875			7,5	2 836 508		

c. Trägheitsmomente usw. von Wellblechen.

1. Pfeiffer & Druckenmüller in Berlin.

Träger-Wellbleche.

Nr. des Profils	Höhe der Welle		Stärke des Bleches	Widerstandsmoment, mm f. 1 m Blechbreite	Querschn. in qmm f. 1 m Blechbreite	Gewicht f. 1 qm Blech	Nr. des Profils	Höhe der Welle		Stärke des Bleches	Widerstandsmoment, mm f. 1 m Blechbreite	Querschn. in qmm f. 1 m Blechbreite	Gewicht f. 1 qm Blech
	mm	Breite der halben Welle mm						mm	mm				
1	20	15	1	7800	17 66	13,8	15	91	50	3	137 110	69 60	54,3
1a	30	37,5	1	10 100	13 33	10,4	16	92	50	4	182 400	93 60	73
2	30	22	1	12 181	18 ± 9	14,3	17	100	60	2	98 208	43 34	34
2a	45	45	1	16 785	15 42	12	18	101	60	3	146 550	65 52	50,7
3	50	45	1	19 355	16 33	12,8	19	102	60	4	194 258	88 00	67,7
4	50,5	45	1,5	28 989	24 66	19,3	20	103	60	5	241 600	110 80	86,5
4a	50	50	1	18 650	15 50	12,1	21	120	70	3	176 986	66 00	51,5
5	60	45	1	25 966	18 44	14,5	22	121	70	4	235 393	88 56	69
6	60,5	45	1,5	39 289	27 82	21,7	23	122	70	5	292 985	111 40	87
7	61	45	2	51 333	37 32	29	24	123	70	6	350 085	134 58	105
7a	60	50	1	24 480	17 20	13,5	25	150	80	3	237 569	71 25	56
8	70	45	1	33 344	20 55	16	26	151	80	4	315 556	95 48	75
8a	70	45	1,5	50 000	30 82	24	27	152	80	5	393 075	120 00	94
9	71	45	2	66 111	41 54	32,5	28	153	80	6	470 000	144 72	112
10	72	45	3	98 378	63 00	49	29	200	100	3	338 440	75 60	60
11	80	50	1	39 070	21 11	16,5	30	201	100	4	443 215	101 20	80
12	81	50	2	77 410	42 60	33,3	31	202	100	5	554 935	127 00	100
13	82	50	3	114 910	64 50	50	32	203	100	6	664 045	153 00	120
14	90	50	2	92 210	46 00	36							

Die Profile 1 und 2 werden bis 3 m, die übrigen bis 4 m Blechlänge geliefert.

2. Potthoff & Golf in Berlin N.

Träger-Wellbleche.

Nr. des Profils	Wellblech-Profil			Widerstandsmom. f. 1 m Breite	Querschnitt f. 1 m Breite in qmm	Gewicht f. 1 qm kg	Zulässige, gleichmässig verteilte Belastung f. 1 qm in kg bei einer Freilegung von m					
	Tiefe d. Welle mm	Halbe Breite d. Welle mm	Blech-Stärke mm				mm	qmm	kg	1,0	1,5	2,5
1	15	15	1	5540	1570	12	332	149				
2	20	20	1	7495	1570	12	450	200	72			
3	28	28	1	10 648	1570	12	639	284	102			
4	25	45	1	7777	1310	10	467	208	75			
5	45	45	1	17 260	1570	12	1036	460	165			
6	45	45	1,5	25 630	2330	18	1536	682	246			
7	45	45	2	34 520	3140	24	2030	900	324			
8	50	45	1	20 390	1682	13	1232	543	195			
9	50	45	1,5	30 356	2523	19	1820	808	291			
10	60	45	1	27 170	1904	15	1628	722	265			
11	60	45	1,5	40 530	2856	22	2430	1080	388			
12	60	45	2	54 340	3808	30	3212	1428	514			
13	70	45	1	34 780	2127	16	2084	922	334			
14	70	45	1,5	51 888	3190	24	3110	1382	498			
15	70	45	2	68 722	4253	32	4119	1830	660			
16	50	50	1	17 000	1570	12	1020	453	163			
17	60	50	1	25 200	1800	14	1512	672	242			
18	70	50	1	33 000	2050	16	1980	880	317			
19	80	50	1	40 500	2170	17	2430	1080	388			
20	80	50	1,5	60 400	3255	26	3625	1610	580			
21	80	50	2	80 000	4340	34	4800	2133	783			
22	80	50	2,5	99 600	5426	42	5976	2651	956			
23	80	50	3	118 600	6510	51	7116	3162	1138			
24	90	50	2	96 800	4740	37	5808	2581	929			
25	90	50	2,5	120 630	5926	46	7238	3218	1158			
26	90	50	3	144 040	7110	56	8640	3840	1382			
27	100	50	2	115 220	5140	40	6913	3072	1106			
28	100	50	3	171 000	7710	60	10 260	4580	1640			
29	100	50	4	225 800	10 280	80	13 550	6020	2167			
30	100	50	5	279 800	12 850	100	16 790	7460	4690			

3. L. Bernhard & Co. in Berlin.

a) Fläche Wellbleche.

No. des Profils.	Well-Tiefe	Halbe Well-Breite	Blechstärke in mm	Widerstandsmom für 1 m Breite mm	Gewicht für 1 qm
A 1	30	75	1	8 500	8,8
" 2	40	75	1	12 000	9,3
" 3	50	75	1	16 000	11,1
B 1	30	75	1	9 400	9,8
" 2	40	75	1	13 600	11,0

β) Träger-Wellbleche.

No. des Profils	Well-Tiefe mm	Halbe Wellbreite mm	Blech-Stärke mm	Widerst.-Mom. für 1 m Breite mm	Querschnitt f. 1 m Breite mm	Gewöhnl. Breite d. Tafeln mm	Ungew. f. 1 qm kg	No. des Profils	Well-Tiefe mm	Halbe Well-Breite mm	Blech-Stärke mm	Widerst.-Mom. für 1 m Breite mm	Querschnitt f. 1 m Breitm mm	Gewöhnl. Breite d. Tafeln mm	Ungew. f. 1 qm kg
F 4	50	45	1	21 000	1750	0,775	13,1	15	90	50	2	96 000	4 900	0,550	38
G 4	45	45	1	17 000	1620	0,775	12,3	16	70	50	3	101 100	6 120	0,650	48
G 2	45	45	3/4	12 750	1215	0,675	9-10	17	100	50	2	112 800	5 375	0,550	40
1	50	50	1	17 000	1600	0,750	12,2	18	80	50	3	120 000	6 875	0,650	52
2	60	50	1	25 200	1800	0,650	14	19	90	50	3	144 000	7 250	0,650	55
3	70	50	1	33 000	2050	0,650	16	20	120	60	2	152 500	5 500	0,540	42,6
4	60	50	1 1/2	37 800	2690	0,650	21	21	80	60	4	160 000	8 000	0,660	62
5	80	50	1	40 000	2380	0,550	18	22	100	50	3	169 200	8 000	0,550	61
6	90	50	1	48 000	2480	0,550	19	23	90	60	4	182 000	8 680	0,660	67
7	60	50	2	50 400	3625	0,650	29	24	140	60	2	199 600	6 120	0,420	48
8	70	50	1 1/2	50 500	3000	0,650	23,5	26	100	60	4	225 600	9 400	0,660	72
9	100	50	1	56 400	2625	0,450	20,4	27	120	60	3	228 800	8 240	0,540	64
10	80	50	1 1/2	60 000	3375	0,550	25,5	30	140	60	3	299 400	9 400	0,540	72
11	70	50	2	67 000	4000	0,650	31	31	120	60	4	305 000	11 000	0,540	85
12	90	50	1 1/2	72 000	3650	0,550	28	32	120	60	5	381 000	13 800	0,540	107
13	80	50	2	80 000	4500	0,550	35	33	140	60	4	399 200	12 240	0,540	96
14	100	50	1 1/2	84 600	4000	0,450	30	34	140	60	5	499 000	15 300	0,540	120

4. A. Kammerich & Co. in Berlin.

Träger-Wellbleche.

Nr.	Tiefe der Welle mm	Halbe Breite der Welle mm	Blech-Stärke mm	Widerstandsmoment f. 1 m Breite mm	Querschn. für 1 m Breite qmm	Gewicht für 1 qm kg	Gewöhnl. Breite der Tafeln m	Zulässige gleichmässig verteilte Belastung für 1 qm in kg bei einer Freilegung von m								
								1	1,5	2	2,5	3	3,5	4		
								1	10	10	0,5	1 850	785	6	0,66	
2	15	15	1	5 533	1 570	12	"									
3	20	15	1	8 800	1 904	13,5	0,585	528	235	132						
4	25	20	1	10 700	1 820	13,8	0,580	642	285	160	102					
5	30	20	1	14 350	2 070	15	0,540	861	382	215	106					
6	45	45	1	17 267	1 570	12	0,675	1 035	460	259	165	115				
7	45	45	1,5	25 633	2 355	18	"	1 536	682	384	246	170	126			
8	45	45	2	33 844	3 140	24	"	2 028	901	506	324	225	165	139		
9	50	45	1	20 389	1 682	13	0,585	1 222	543	306	195	136	100	76		
10	50	45	1,5	30 355	2 523	19,5	"	1 820	808	455	291	202	148	114		
11	50	45	2	40 089	3 363	26	"	2 402	1072	600	384	267	196	150		
12	60	45	1	27 166	1 904	15	"	1 628	723	407	265	181	133	102		
13	60	45	1,5	40 533	2 856	22,5	"	2 430	1080	608	388	270	198	152		
14	60	45	2	53 610	3 808	30	"	3 213	1428	803	514	357	262	201		
15	70	45	1	34 777	2 127	16	"	2 084	922	521	334	232	172	130		
16	70	45	1,5	51 888	3 190	24	"	3 110	1382	778	497	345	254	183		
17	70	45	2	68 722	4 253	32	"	4 119	1830	1040	659	467	336	257		
18	70	45	2,5	85 366	5 317	40	"	5 117	2274	1279	818	568	418	320		
19	80	50	1	40 500	2 170	17	0,550	2 430	1080	608	388	270	198	152		
20	80	50	1,5	60 400	3 255	25,5	"	3 625	1610	906	580	403	296	227		
21	80	50	2	80 000	4 340	34	"	4 800	2133	1200	784	533	392	300		
22	80	50	2,5	99 600	5 425	42,5	"	5 976	2651	1499	956	664	488	373		
23	80	50	3	118 600	6 510	51	"	7 116	3163	1779	1138	791	585	445		
24	80	50	4	156 500	8 680	68	"	9 390	4173	2348	1503	1043	766	587		
25	90	50	2	96 800	4 740	37	"	5 808	2581	1452	929	645	474	363		
26	90	50	2,5	120 630	5 925	46	"	7 238	3217	1810	1158	805	590	453		
27	90	50	3	144 040	7 110	55,5	"	8 642	3841	2161	1382	960	705	540		
28	90	50	4	190 200	9 480	74	"	11 412	5094	2853	1826	1268	931	713		
29	100	50	2	115 230	5 140	40	0,450	6 913	3072	1728	1106	768	564	432		
30	100	50	3	171 000	7 710	60	"	10 260	4582	2565	1641	1140	837	641		
31	100	50	4	225 800	10 280	80	"	13 548	6021	3387	2167	1505	1106	847		
32	100	50	5	279 800	12 850	100	"	16 788	7460	4197	2686	1865	1362	1049		
33	100	65	2	98 338	4 220	33	0,585	5 906	2626	1478	945	657	482	369		
34	100	65	3	146 169	6 330	49,5	"	8 778	3901	2195	1404	975	716	548		
35	100	65	4	193 161	8 440	66	"	11 600	5155	2900	1856	1290	947	723		
36	100	65	5	239 400	10 550	82,5	"	14 378	6390	3595	2300	1597	1173	900		

5. A. & G. Kammerich in Schladern a. d. Sieg.

Profil-Nr.	Tiefe der Welle		Halbe Breite		Blech-Stärke		Widerstands-moment für 1 m	Quer-schnitt	Ge-wicht f. 1 qm	Zulässige gleichmässig vertheilte Belastung für 1 qm in kg bei einer freien Tragweite von m											
	mm	mm	mm	mm	mm	mm				mm	mm	1	2	3	4	4,5					
15	15	15	15	15	1	1	5533	1567	12	90c	90	50	2	96800	4740	5808	1452	645	363	287	
20	20	20	20	20	1	1	8800	1904	13,5	100	100	50	2	190200	9480	11412	2853	1268	713	563	
25	25	25	25	25	1	1	9438	1571	12	100a	100	50	4	76894	3142	4614	1153	517	288	227	
25a	25	25	25	25	1	1	10700	1820	13,8	100a	100	50	4	151009	6283	9060	2265	1007	566	447	
30	30	30	30	30	1	1	11393	1576	12	100b	100	80	4	87090	3643	284	5225	1306	581	326	252
30a	30	30	30	30	1	1	12562	1771	13,3	100b	100	80	4	171046	7283	568	10263	2566	1140	642	506
45	45	45	45	45	1	1	17267	1570	12	100c	100	65	5	98338	4220	330	5904	1478	657	369	290
50	50	50	50	50	2	2	33844	3140	24	100c	100	65	5	239400	10550	82,5	14378	3595	1597	900	709
50a	50	50	50	50	2	2	19242	1571	11,5	110	110	50	4	115220	5140	40,5	6913	1728	768	432	343
50a	50	50	50	50	2	2	37753	3141	24	110	110	50	4	225400	10280	80,0	13548	3387	1505	847	669
50a	50	50	50	50	2	2	20389	1682	13	110	110	50	5	206555	7842	24,5	5084	1271	565	318	251
50a	50	50	50	50	2	2	40089	3363	26	110	110	50	5	3882	3882	30,4	6079	1320	676	180	300
60	60	60	60	60	2	2	23434	1571	12	110a	110	80	2	101322	4284	30,4	6079	1320	676	180	300
60a	60	60	60	60	2	2	45573	3141	24	110b	110	80	2	123066	4642	36,2	7379	4458	1981	1115	880
60a	60	60	60	60	2	2	25689	1771	13,8	110b	110	60	5	392363	12021	93,8	17574	4395	1953	1099	868
60b	60	60	60	60	2	2	50497	3541	27,6	120	120	60	5	392363	12021	93,8	17574	4395	1953	1099	868
60b	60	60	60	60	2	2	27166	1904	15	120	120	60	5	137767	4712	36,8	8267	2067	918	517	408
70	70	70	70	70	2	2	53610	3808	30	120a	120	100	3	228183	7854	61,2	13571	3393	1568	848	672
70	70	70	70	70	2	2	27593	1571	12	120a	120	100	3	250360	8854	69,0	15022	3755	1689	938	742
70	70	70	70	70	3	3	67846	4713	36,9	120b	120	80	3	170787	6212	48,5	10247	2362	1280	640	506
70a	70	70	70	70	3	3	29730	1737	13,5	120b	120	80	3	170787	6212	48,5	10247	2362	1280	640	506
70b	70	70	70	70	3	3	58176	3475	27,1	130	130	80	3	284512	10355	80,8	17071	4968	1897	1067	844
70c	70	70	70	70	3	3	32981	1971	15,4	130	130	130	3	149463	4712	36,7	9968	2242	996	560	443
70c	70	70	70	70	3	3	63642	3942	30,8	130b	130	130	3	245723	7854	61,2	14743	3686	1638	922	728
70c	70	70	70	70	4	4	38184	954	42,4	130b	130	110	3	163055	5258	41,1	9783	2446	1076	605	478
80	80	80	80	80	2	2	68722	4253	33,2	130c	130	110	5	161464	9219	71,9	9688	2422	1076	605	478
80	80	80	80	80	2	2	39077	1571	12,0	130c	130	90	3	183950	5523	43,1	11037	2759	1236	690	545
80	80	80	80	80	3	3	90807	4714	36,0	130c	130	90	3	302355	9204	71,8	18141	4535	2015	1134	896
80	80	80	80	80	3	3	33360	1714	13,4	1	15	20	1	3760	1340	10,5	226	56			
80	80	80	80	80	3	3	56581	5141	40,2	1	15	20	1	3760	1340	10,5	226	56			
80b	80	80	80	80	3	3	36628	1904	14,8	2	25	40	1	6413	1243	9,7	385	96			
80c	80	80	80	80	3	3	106938	5713	44,4	3	25	40	1	6413	1243	9,7	385	96			
80c	80	80	80	80	4	4	40500	2170	17,0	4	30	60	1	7236	1170	9,1	464	141			
80	80	80	80	80	4	4	156500	680	68,0	5	35	67,5	1	9021	1170	9,1	565	141			
80	80	80	80	80	4	4	69882	3142	24,5	6	40	75	1	10404	1174	9,2	624	156			
90	90	90	90	90	2	2	135889	6283	48,0	7	45	75	1	11642	1225	9,6	786	175			
90a	90	90	90	90	2	2	79475	3713	29,0	8	50	90	1	13107	1159	9,0	638	197			
90a	90	90	90	90	2	2	156821	7405	57,8	9	60	90	1	15911	1271	9,9	955	239			
90b	90	90	90	90	2	2	86783	4142	32,3	10	70	90	1	18272	1453	11,4	1096	274			
90	90	90	90	90	4	4	170890	8283	64,6	11	75	115	1	20220	1432	11,2	1213	303			

β) Fläche Wellbleche.

Profil-Nr.	Tiefe der Welle	Halbe Breite	Blech-Stärke	Widerstands-moment für 1 m	Quer-schnitt	Ge-wicht f. 1 qm	Zulässige gleichmässig vertheilte Belastung für 1 qm in kg bei einer freien Tragweite von m
	mm	mm	mm	mm	qmm	kg	1
15	15	15	1	5533	1567	12	90c
20	20	20	1	8800	1904	13,5	100
25	25	25	1	9438	1571	12	100a
25a	25	25	1	10700	1820	13,8	100a
30	30	30	1	11393	1576	12	100b
30a	30	30	1	12562	1771	13,3	100b
45	45	45	1	17267	1570	12	100c
50	50	50	2	33844	3140	24	100c
50a	50	50	2	19242	1571	11,5	110
50a	50	50	2	37753	3141	24	110
50a	50	50	2	20389	1682	13	110
50a	50	50	2	40089	3363	26	110
60	60	60	2	23434	1571	12	110a
60a	60	60	2	45573	3141	24	110b
60a	60	60	2	25689	1771	13,8	110b
60b	60	60	2	50497	3541	27,6	120
60b	60	60	2	27166	1904	15	120
70	70	70	2	53610	3808	30	120a
70	70	70	2	27593	1571	12	120a
70	70	70	3	67846	4713	36,9	120b
70a	70	70	3	29730	1737	13,5	120b
70b	70	70	3	58176	3475	27,1	130
70c	70	70	3	32981	1971	15,4	130
70c	70	70	4	63642	3942	30,8	130b
80	80	80	2	68722	4253	33,2	130c
80	80	80	2	39077	1571	12,0	130c
80	80	80	3	90807	4714	36,0	130c
80	80	80	3	33360	1714	13,4	1
80	80	80	3	56581	5141	40,2	1
80b	80	80	3	36628	1904	14,8	2
80c	80	80	3	106938	5713	44,4	3
80c	80	80	4	40500	2170	17,0	4
80	80	80	4	156500	680	68,0	5
80	80	80	4	69882	3142	24,5	6
90	90	90	2	135889	6283	48,0	7
90a	90	90	2	79475	3713	29,0	8
90a	90	90	2	156821	7405	57,8	9
90b	90	90	2	86783	4142	32,3	10
90	90	90	4	170890	8283	64,6	11

6. Wilhelm Tillmanns in Remscheid.

Profil-Nr.	Wellen-		Für eine Blechstärke von 1 mm			Gerades Wellblech.			Bombrirtes Wellblech.						
	Breite	Höhe	Ungewöhnliches Gewicht	Fläche	Trägheitsmoment	Widerstandsmoment	Zulässige gleichmäßig vertheilte Belastung in kg auf 1 qm bei einer Freilage von m.	Zulässige gleichmäßig vertheilte Belastung in kg auf 1 qm bei einer Freilage von m.	Zulässige gleichmäßig vertheilte Belastung in kg auf 1 qm bei einer Freilage von m.	Zulässige gleichmäßig vertheilte Belastung in kg auf 1 qm bei einer Freilage von m.					
	mm	mm	kg	qmm	mm	mm	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000
1	60	20	10	76	410	490	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000
2	75	25	9,25	95	6 250	480	314	217	163	125	78	54	40	—	—
3	85	25	9,5	110	45 875	500	480	307	213	120	77	53	38	—	—
4	122	29	8,8	140	11 130	510	296	204	170	117	82	56	41	—	—
5	135	35	9,1	150	18 725	780	460	326	236	150	74	50	37	—	—
6	150	40	9,2	176	28 920	575	368	255	191	144	92	63	46	35	—
7	230	75	9,9	290	170 400	1435	918	637	478	359	230	158	115	85	—

a) Fläche Wellbleche.

Profil-Nr.	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000
1	2 460	1 556	1 077	788	597	448	330	245	171
2	2 400	1 440	1 050	764	583	435	325	245	171
3	2 522	1 593	1 136	811	624	461	341	251	179
4	2 246	1 383	975	723	552	409	306	226	162
5	2 786	1 751	1 231	899	684	509	378	281	205
6	3 385	2 096	1 480	1 072	819	610	451	334	244
7	7 498	4 889	3 094	2 250	1 720	1 265	931	693	502

β) Träger-Wellbleche.

Profil-Nr.	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000
8	4 486	2 865	1 985	1 455	1 077	817	689	578	478
9	6 268	3 995	2 773	2 100	1 588	1 222	1 004	831	683
10	7 421	4 729	3 283	2 487	1 821	1 310	1 044	804	650
11	9 832	6 439	4 377	3 264	2 100	1 586	1 244	1 004	804
12	11 170	7 383	5 032	3 739	2 764	2 044	1 625	1 276	988
13	11 000	7 179	4 988	3 776	2 771	2 044	1 625	1 276	988
14	12 000	8 162	5 425	4 289	3 164	2 101	1 625	1 276	988
15	13 000	9 268	6 427	4 875	3 578	2 590	1 985	1 586	1 222
16	14 000	10 374	7 427	5 469	4 091	3 099	2 378	1 871	1 463
17	15 000	11 480	8 427	6 062	4 604	3 608	2 766	2 260	1 755
18	16 000	12 586	9 427	6 655	5 118	4 117	3 149	2 444	1 938
19	17 000	13 692	10 427	7 248	5 632	4 631	3 634	2 928	2 422
20	18 000	14 798	11 427	7 839	6 145	5 144	4 117	3 402	2 906
21	19 000	15 904	12 427	8 430	6 658	5 657	4 604	3 891	3 385
22	20 000	17 010	13 427	9 021	7 171	6 170	5 099	4 378	3 863
23	21 000	18 116	14 427	9 612	7 684	6 683	5 594	4 863	4 341
24	22 000	19 222	15 427	10 203	8 197	7 196	6 089	5 349	4 819
25	23 000	20 328	16 427	10 794	8 710	7 709	6 594	5 864	5 297
26	24 000	21 434	17 427	11 385	9 223	8 222	7 109	6 379	5 775
27	25 000	22 540	18 427	11 976	9 736	8 735	7 614	6 894	6 253
28	26 000	23 646	19 427	12 567	10 249	9 248	8 119	7 409	6 731
29	27 000	24 752	20 427	13 158	10 762	9 761	8 634	7 934	7 209
30	28 000	25 858	21 427	13 749	11 275	10 274	9 149	8 459	7 687

Grösste Länge 4 m, grösste Stärke 6 mm.

7. Fr. Buderus & Co., Germania bei Neuwied.

a) Wellbleche.

Profil	Dicke mm	Gewicht für 1 qm	Widerstands- Moment für 1 Wellenbr.	Zulässige Belastung für 1 qm bei freitragender Länge in m von										
				1	1,5	2	2,5	3	3,5					
				A.						1,5	14,2	915	855	380
Wellenlänge 85.	1,375	13,0	839	784	348	196	125	87	—	—	—	—	—	—
Wellenhöhe 27.	1,25	11,8	762	712	316	178	114	79	—	—	—	—	—	—
Grösste Baubreite 9 Wellen = 765.	1,125	10,6	686	641	285	160	102	71	—	—	—	—	—	—
Ganze Breite 815.	1,00	9,5	610	570	254	142	91	63	—	—	—	—	—	—
Grösste Länge 3,26 m bei 1—1,5 mm	0,875	8,3	534	498	221	124	80	—	—	—	—	—	—	—
Dicke, bei schwächeren Nummern kürzer.	0,750	7,1	458	427	190	107	68	—	—	—	—	—	—	—
	0,625	5,9	381	356	160	90	—	—	—	—	—	—	—	—
B.						1,5	13,2	1170	768	341	192	123	85	63
Wellenlänge 122.	1,375	12,1	1073	704	313	176	111	79	56	—	—	—	—	—
Wellenhöhe 29.	1,25	11,0	975	640	284	160	100	72	50	—	—	—	—	—
Grösste Baubreite 7 Wellen = 854.	1,125	9,9	877	576	255	144	92	64	—	—	—	—	—	—
Ganze Breite 924.	1,00	8,8	780	512	227	128	82	57	—	—	—	—	—	—
Länge wie bei A.	0,875	7,7	682	448	200	110	72	—	—	—	—	—	—	—
	0,750	6,6	584	384	170	94	61	—	—	—	—	—	—	—
	0,625	5,5	486	320	142	78	—	—	—	—	—	—	—	—
C.						1,5	13,7	1604	937	415	234	150	104	75
Wellenlänge 137.	1,375	12,6	1470	859	381	215	137	95	68	—	—	—	—	—
Wellenhöhe 35.	1,25	11,4	1337	781	347	195	125	87	62	—	—	—	—	—
Grösste Baubreite 6 Wellen = 822.	1,125	10,3	1204	703	312	176	112	78	56	—	—	—	—	—
Ganze Breite 900.	1,00	9,1	1070	625	277	156	100	70	50	—	—	—	—	—
Länge wie bei A.	0,875	8,0	936	544	242	137	187	61	—	—	—	—	—	—
	0,750	6,8	802	469	207	117	175	—	—	—	—	—	—	—
	0,625	5,7	668	390	172	98	162	—	—	—	—	—	—	—
D.						2,0	18,2	2832	1510	671	380	241	167	123
Wellenlänge 150.	1,75	16,0	2478	1321	587	330	211	146	108	—	—	—	—	—
Wellenhöhe 40	1,5	13,7	2124	1132	503	283	181	125	92	—	—	—	—	—
Grösste Baubreite 6 Wellen = 900.	1,375	12,6	1947	1038	461	260	166	115	83	—	—	—	—	—
Ganze Breite 975.	1,25	11,4	1770	945	420	236	151	105	77	—	—	—	—	—
Grösste Länge 3,26 m bei 1—2 mm Dicke,	1,125	10,3	1593	849	377	212	135	94	—	—	—	—	—	—
bei schwächeren Nummern kürzer.	1,00	9,1	1416	755	335	189	120	84	—	—	—	—	—	—
	0,875	8,0	1239	660	293	165	105	—	—	—	—	—	—	—
E.						3,0	29,3	13632	4742	2107	1185	758	527	387
Wellenlänge 230.	3,5	34,2	15904	5532	2458	1383	880	614	451	—	—	—	—	—
Wellenhöhe 75	4,0	39,5	18176	6322	2810	1580	1010	702	516	—	—	—	—	—
Grösste Baubreite 4 Wellen = 920.	4,5	44,5	20484	7112	3160	1778	1138	790	580	—	—	—	—	—
Ganze Breite 1020. Grösste Länge 3 m.	5,0	49,5	22720	7902	3510	1975	1264	878	645	—	—	—	—	—
F.						0,625	5,7	300	330	146	82	52	—	—
Wellenlänge 75. Wellenhöhe 20.	0,75	6,8	370	390	173	98	62	—	—	—	—	—	—	—
Grösste Baubreite 10 Wellen = 750.	0,875	8,0	435	460	204	115	73	—	—	—	—	—	—	—
Ganze Breite 800. Grösste Länge 2,3 m.	1,00	9,1	500	530	235	132	85	—	—	—	—	—	—	—
G.						0,625	5,9	85	170	75	42	—	—	—
Wellenlänge 40. Wellenhöhe 12.	0,75	7,1	100	205	91	51	—	—	—	—	—	—	—	—
Grösste Baubreite 20 Wellen = 800.	0,875	8,3	120	240	106	60	33	—	—	—	—	—	—	—
Ganze Breite 840. Grösste Länge 2,6 m.														

Bemerkungen. A und B werden bis 1 m, C bis 2 m, D bis 2,5 kleinstem Halb. bombirt.

E, F, G werden nicht bombirt.

β) Träger-Wellbleche. (Grösste Länge 3 m.)

Profil-Masse	Profil-Nr.	Wellenhöhe	Für 1 mm Stärke						Ausgeführt in den Blechstärken von mm		
			Gewicht für 1 qm	Widerstands- Moment für 1 Wellenbr.	Zulässige Belastung f. 1 qm bei freitragender Länge in m von						
					1	1,5	2	2,5		3	3,5
0—IV.	0	45	12,0	1550	1378	612	345	220	153	112	5/8—1 1/2
Wellenlänge 90.	I	50	13,0	1835	1630	725	407	260	180	133	„
Grösste Baubreit- 7 Wellen	II	55	14,0	2105	1870	830	468	300	207	153	„
= 630.	III	60	15,0	2440	2170	965	542	347	242	175	„
Ganze Breite 700.	IV	65	16,1	2760	2450	1088	612	390	272	200	1—1 1/2

Profil-Maasse	Profil-Nr.	Wellenhöhe	Für 1 mm Stärke							Ausgeführt in den Blechstärken von mm			
			Gewicht f. 1 qm	Wider- standsmom. f. 1 Wellenbr.	Zulässige Belastung f. 1 qm bei frei tragender Länge in mm von								
					1	1,5	2	2,5	3		3,5		
V—XV.	V	50	12,3	1840	1472	665	368	235	164	120	1—3		
Wellenlänge 100.	VI	55	13,55	2235	1788	795	447	286	200	146	„		
Grösste Baubreite 6 Wellen = 600.	VII	60	13,8	2617	2094	930	523	335	233	171	„		
Ganze Breite 650.	VIII	65	14,5	2980	2384	1060	596	380	265	195	„		
	IX	70	15,4	3330	2664	1184	666	426	295	217	1—2 $\frac{1}{2}$		
	X	75	16,2	3600	2880	1280	720	460	320	235	„		
	XI	80	17,0	4050	3240	1444	810	520	360	265	„		
	XII	85	17,8	4450	3560	1582	890	570	395	290	1 $\frac{1}{2}$ —2 $\frac{1}{2}$		
	XIII	90	18,5	4840	3872	1720	968	620	430	316	2—2 $\frac{1}{2}$		
	XIV	95	19,3	5270	4216	1874	1054	675	468	345	„		
XV	100	20,1	5700	4560	2025	1140	730	506	372	„			
XVI—XVIII.													
Wellenlänge 120.	XVI	80	15,0	4461	2960	1315	740	473	330	242	2—3		
Grösste Baubreite 5 Wellen, für XVI, XVII, 4 Wellen für XVIII; ganze Breite 660 bezw. 540.	XVII	90	16,2	5385	3575	1590	894	572	397	292	„		
XVIII	100	17,5	6383	4240	1890	1060	678	470	345	„			
Wellenlänge 160.	XIX	150	19,0	8340	4168	1852	1042	667	465	340	2—3		
Grösste Baubreite 3 Wellen. Ganze Breite 560.													
Es werden bombirt . . .	0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Profil XII—XIX wer- den nicht bombirt.
bis zum kleinsten Halb. m	2,5	2,5	3	4	5	3	4	5	8	10	11	12	

8. Brest & Co. in Berlin.

Profil-Nr.	Profil-			Annäherung- des Gewicht f. 1 qm	Querschn. f. 1 m Breite qmm	Wider- standsmom. f. 1 m Br. mm	Profil-Nr.	Profil-			Annäherung- des Gewicht f. 1 qm	Querschn. f. 1 m Br. qmm	Wider- standsmom. f. 1 m Br. mm	
	Höhe	Breite	Stärke					Höhe	Breite	Stärke				
a) Trägerwellblech.														
1	100	65	3	48	6325	140 900	9	70	45	1,5	23,5	3170	51600	
2	100	50	2	32	4220	93 950	10	60	45	1,5	15,6	2115	34430	
3	90	50	2	39	5200	112 800	11	50	45	1,5	14	1985	26 800	
4	80	55	1,5	27	3550	72 600	12	45	45	1,5	12,5	1670	21 000	
5	80	50	2	47	6075	109 600	13	30	20	1	11,5	1570	17 000	
6	70	50	2	31	4050	73 100	14	25	20	1	14	2000	15 000	
7	60	50	1,5	23,5	3040	54 850	15	20	20	1	0,8	11,5	1600	12 000
8	50	50	1	15,5	2025	36 525	16	20	15	1	0,6	8,5	1200	9 000
9	50	50	1,5	24	4360	80 000	17	15	15	1	14	1795	11 000	
10	40	50	1	16	2180	40 000	18	15	15	1	0,8	11	1435	8800
11	30	50	2	30	4000	66 000	19	15	15	1	0,6	8,5	1080	6600
12	20	50	1,5	22,5	3000	49 000	20	15	15	1	11,5	1540	6700	
13	15	50	1	15	2000	33 000	21	15	15	1	9	1200	5360	
14	10	50	2	27	3590	50 000	22	15	15	1	0,6	7	920	4000
15	10	50	1,5	21	2690	37 600	23	15	15	1	13,5	1860	9000	
16	10	50	1	13,5	1795	25 200	24	15	15	1	0,8	11	1480	7200
17	10	50	2	24	3200	37 000	25	15	15	1	0,6	8	1100	5400
18	10	50	1,5	18	2400	27 700	26	15	15	1	11,5	1540	4800	
19	10	50	1	12	1600	18 500	27	15	15	1	0,8	9	1200	3840
20	10	50	1	12	1600	18 500	28	15	15	1	0,6	7	900	2880
β) Flaches Wellblech.														
18	60	90	2	20,4	2546	38 800	25	30	50	2	19,6	2450	19 000	
19	50	90	1	10,2	1273	19 400	26	25	50	2	9,8	1225	9500	
20	60	75	2	19	2380	30 600	27	40	45	2	17,0	2120	15 000	
21	50	75	1	9,5	1190	15 300	28	30	45	2	8,5	1060	7500	
22	45	75	2	22	2760	41 600	29	25	45	2	23,4	2920	28 600	
23	45	75	1	11	1380	20 800	30	20	45	2	11,7	1460	14 800	
24	40	75	2	20,4	2550	32 600	31	20	45	2	20,4	2550	19 400	
25	40	75	1	10,2	1275	16 300	32	20	45	2	10,2	1275	9700	
26	45	75	2	19,6	2454	27 200	33	25	45	2	19	2390	15 400	
27	45	75	1	9,8	1227	13 600	34	25	45	2	9,5	1195	7700	
28	45	75	2	23,6	2946	32 800	35	25	45	2	0,8	7,6	956	6160
29	45	75	1	11,8	1473	16 400	36	20	45	2	10,7	1340	5000	
30	40	75	2	22	2760	27 800	37	20	45	2	0,8	8,6	1100	4000
31	40	75	1	11	1380	13 900	38	20	45	2	0,6	6,4	800	3000

9. Dillinger Hütte in Dillingen a./Saar. Wellblech.

Nr.	Profilmaasse.	Blech-Dicke		Annäherndes Gewicht für 1 qm einsehl. Ueberdeckung		Nr.	Profilmaasse.	Blech-Dicke		Annäherndes Gewicht für 1 qm einsehl. Ueberdeckung		Nr.	Profilmaasse.	Blech-Dicke		Annäherndes Gewicht für 1 qm einsehl. Ueberdeckung	
		mm	mm	roh	verzinkt			roh	verzinkt	mm	mm			roh	verzinkt	roh	verzinkt
2.	Wellenlänge 87 Wellenhöhe 27 Grösste Baubreite 18 Wellen = 1566 Grösste Länge 0,9 m	0,90	0,90	9,9	20,2	5.	Wellenlänge 120. Wellenhöhe 30. Grösste Baubreite 6 Wellen = 720. Grösste Länge wie bei 3.	2,00	2,00	19,4	20,9	9.	Wellenlänge 80. Wellenhöhe 80. Grösste Baubreite 6 Wellen = 480. Grösste Länge bis 1,25 Stärke 3 m " 1,70 " 4 " " 2,25 " 5 " " 3,00 " 6 "	3,00	62,7	67,0	
		0,80	1,85	18,0	19,4			1,85	18,0	3,00	62,7						
		0,70	1,70	16,5	17,8			1,70	16,5	2,75	57,5						
		0,60	1,55	15,0	16,2			1,55	15,0	2,50	52,3						
		0,50	1,40	13,6	14,8			1,40	13,6	2,25	47,0						
3.	Wellenlänge bis 1,70 Stärke = 154, bis 2,00 Wellen = 150. Wellenhöhe 45 Grösste Baubreite 6 Wellen = 924 bezw. 900. Grösste Länge 3,10 m.	2,00	2,00	20,2	21,8	6.	Wellenlänge 80. Wellenhöhe 40. Grösste Baubreite 6 Wellen = 480. Grösste Länge bis 1,00 Stärke 3 m " 1,40 " 4 " " 1,70 " 5 " " 2,00 " 6 "	2,00	2,00	26,4	28,5	10.	Wellenlänge 100. Wellenhöhe 100. Grösste Baubreite 6 Wellen = 600. Grösste Länge bis 2,00 Stärke 4 m " 2,75 " 5 " " 3,50 " 6 "	3,50	71,6	76,6	
		1,85	1,85	18,7	20,2			1,85	18,7	3,25	66,5						
		1,70	1,70	17,2	18,5			1,70	17,2	3,00	61,3						
		1,55	1,55	15,6	16,8			1,55	15,6	2,75	56,3						
		1,40	1,40	14,2	15,4			1,40	14,2	2,50	51,1						
4.	Wellenlänge 100. Wellenhöhe 25. Grösste Baubreite 6 Wellen = 600. Grösste Länge wie bei 3.	2,00	2,00	19,4	21,0	8.	Wellenlänge 120. Wellenhöhe 60. Grösste Baubreite 6 Wellen = 720. Grösste Länge wie bei 7.	2,50	2,50	28,9	31,4	11.	Wellenlänge 120. Wellenhöhe 120. Grösste Baubreite 6 Wellen = 600. Grösste Länge bis 1,85 Stärke 4 m " 2,75 " 5 " " 4,00 " 6 "	4,00	88,8	93,8	
		1,85	1,85	18,0	19,4			1,85	18,0	3,75	83,2						
		1,70	1,70	16,5	17,8			1,70	16,5	3,50	78,5						
		1,55	1,55	15,0	16,2			1,55	15,0	3,25	73,2						
		1,40	1,40	13,6	14,8			1,40	13,6	3,00	68,0						

10. Jacob Hilgers, Rheinbrohl.

a) Verzinkte Wellbleche.

In Längen von 4 m; die einzelne Nummer bis 5 m lang.

Nr.	Profil-Maasse	1 qm fertige Dachfläche bei 80 mm Längen- und an jeder Seite 1/2 Welle Breiten- Ueberdeckung unter Verwendung von 2 m langen Blechen wiegt etwa bei einer Stärke von							mm
		1,5	1,38	1,25	1,13	1,00	0,88	0,75	
I	{ Wellenlänge 120. Höhe 25. Baubreite 720. Ganze Breite 790. }	14,6	13,4	12,2	11,0	9,8	8,5	7,3	kg
II	{ Wellenlänge 135. Höhe 30. Baubreite 810. Ganze Breite 830. }	14,8	13,6	12,3	11,1	9,9	8,6	7,4	"
III	{ Wellenlänge 150. Höhe 40. Baubreite 900. Ganze Breite 970. }	15,7	14,5	13,1	11,9	10,5	9,2	7,9	"
IV	{ Wellenlänge 150. Höhe 45. Baubreite 900. Ganze Breite 970. }	16,6	15,2	13,8	12,4	11,0	9,7	8,3	"
V	{ Wellenlänge 76. Höhe 25. Baubreite 760. Ganze Breite 790. }	16,4	15,0	13,6	12,3	10,9	9,6	8,2	"

Bei kürzeren Blechen als 2 m erhöhen sich die Gewichts-Sätze; bei längeren Blechen verringern sie sich.

β) Verzinkte Träger-Wellbleche.

Grösste Länge 4 m.

Nr.	Abmessungen			Annäherndes Gewicht für 1 qm ohne Ueberdeckung kg	Widerstands- Moment, mm für 1 m Breite	Zulässige gleichm. vertheilte Belastung in kg f. 1 qm bei einer Materialspannung von 10 kg f. 1 qm und bei einer Freilage der Bleche in m von					
	Wellen- breite mm	Wellen- höhe mm	Dicke mm			3,2	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
						0	45	45	1,00	12	15 210
A	45	50	1,00	13	17 940	140	159	230	359	637	1 435
			2,00	26	40 000	313	355	512	800	1420	3 200
B	45	60	1,00	15	24 340	190	215	310	485	861	1 940
			2,00	30	53 520	419	475	684	1070	1901	4 282
C	45	70	1,00	17	30 550	240	272	390	611	1085	2 444
			2,00	34	68 500	537	609	877	1370	2433	5 480
D	50	80	1,00	18	35 600	279	316	456	712	1265	2 848
			2,00	36	80 000	626	710	1024	1600	2840	6 400
			3,00	54	118 400	928	1052	1515	2368	4205	9 472
			4,00	72	156 000	1223	1387	1996	3120	5541	12 480
E	50	90	1,00	19	43 030	337	382	550	860	1527	3 442
			2,00	38	96 740	758	860	1238	1935	3436	7 740
			3,00	57	143 500	1123	1276	1837	2870	5097	11 480
			4,00	76	189 400	1485	1683	2424	3788	6726	15 150
F	50	100	1,00	21	51 040	400	454	652	1021	1811	4 083
			2,00	42	114 900	900	1022	1470	2298	4080	9 192
			3,00	63	170 600	1337	1516	2184	3412	6060	13 648
			4,00	84	225 370	1766	2003	2884	4507	8005	18 030
			—	105	279 000	2187	2480	3571	5580	9910	22 320

II. Hein, Lehmann & Co. in Berlin.

a) Trägerwellbleche.						β) Flache Wellbleche.						
Nr.	Profilmaasse			Gewicht f. 1 qm bei 1 mm Stärke kg		Widerstmm. f. 1 m Br. 10 Wellen, b. 1 mm Stärke mm	Nr.	Profilmaasse		Gewicht f. 1 qm von 1 mm Stärke kg		Widerstmm. für 1 m Br. bei 1 mm Stärke mm
	Wellenlänge mm	Wellenhöhe mm	Blechstärke mm	schwarz	verzinkt			Wellenlänge mm	Wellenhöhe mm	schwarz	verzinkt	
5	100	50	1-2	12,5	14,3	17 000	2 1/2/10	100	25	9,4	10,7	7 500
6	100	60	1-2	14,1	16,0	25 200	3/10	100	30	9,8	11,2	9 480
7	100	70	1-3	15,7	17,9	33 000	3 1/2/10	100	35	10,4	11,9	11 620
8	100	80	1-5	17,3	19,7	40 500	4/10	100	40	11,1	12,7	13 920
9	100	90	1-5	18,9	21,5	48 400	4 1/2/10	100	45	11,5	13,1	16 380
10	100	100	2-5	20,5	23,4	56 450	2 1/2/15	150	25	8,5	9,7	6 833
11	100	110	2-5	22,1	25,2	67 980	3/15	150	30	8,8	10,0	8 520
							3 1/2/15	150	35	9,1	10,4	10 313
							4/15	150	40	9,4	10,7	12 313
							4 1/2/15	150	45	9,8	11,2	14 220
							5/15	150	50	10,2	11,6	16 333

γ) Jalousie- und Thürbleche.

Nr.	Profilmaasse		Gewicht f. 1 qm bei 1 mm Stärke kg		Widerstmm. für 1 m Br. bei 1 mm Stärke mm
	Wellenlänge mm	Wellenhöhe mm	schwarz	verzinkt	
1	40	15	10,7	12,2	5 137
2	40	20	12,6	14,4	7 550
3	50	15	9,8	11,2	4 710
4	50	25	12,6	14,4	9 750
5	50	30	14,2	16,1	11 700

Die grössten Längen der Trägerwellbleche und flachen Wellbleche sind bei einer Blechstärke

von 5,5	-4	mm	2,0	m
"	3,75	-3	"	2,5
"	2,75	-1,75	"	2,75
"	1,50	-1,25	"	3,5
"	1,125	-1	"	4,5
"	0,875	-0,75	"	3,5
"	0,625	-0,50	"	2,0

Die Breiten der Trägerwellbleche sind je nach Profil und Plattenlänge:

bei 1	mm	Stärke	0,45-0,75	m
"	1 1/2	"	0,55-0,85	"
"	2	"	0,45-0,85	"
"	3, 4 und 5	mm,	wenn über 1,40 m lang	0,45-0,65 m,
			wenn unter 1,40 m lang	0,95-1,30 m.

Bei den flachen Wellblechen wechseln die Plattenbreiten von 0,65-0,95 m je nach Profil und Stärke. Die Baubreite deckt 0,05 m weniger.

In verlegter Fläche gemessen, erhöht sich die zur Verrechnung kommende Wellblech-Fläche wegen der seitlichen Ueberdeckung der einzelnen Platten in 1 mm Stärke

bei Normal-Profil Nr. 5 (50 × 100) um	7 0/0	bei Normal-Profil Nr. 9 (90 × 100)	
" " " 6 (60 × 100) " "	"	" " " 10 (100 × 100) " "	9 0/0
" " " 7 (70 × 100) " "	8 0/0	" " " 11 (110 × 100) " "	
" " " 8 (80 × 100) " "			

bei flachen Wellblechen um etwa 5-6 0/0.

Bei grösseren Blechstärken vermindert sich der Prozentsatz für die seitliche Ueberdeckung um 1-2 0/0 je nach Stärke und Profil.

Verzinkt oder verbleit wiegt 1 qm abgewickelte Fläche etwa 1 kg mehr als schwarz.

Für Bombiren und Beschneiden werden für 1 qm 0,20 M. oder für 100 kg 2,00 M. berechnet, für Bombiren allein die Hälfte.

Grundpreis. Der Grundpreis versteht sich für die Stärken von:

5,5	-3	mm	bis zu einer Länge von	1,40	m
2,75	-1	"	"	"	2,50
0,875	-0,625	"	"	"	2,00
0,562	-0,50	"	"	"	1,60

Ueberpreis. Ueberpreise treten ein bei den Stärken von:

5,5-3 mm über 1,40 m Länge 3,00 M. für 100 kg

und von:

2,75-0,50 mm für jede angefangene 100 mm Mehrlänge 0,20 M. für 100 kg.

d. Tragfähigkeit (P) von I-Eisen, Widerstandsmom. beliebiger Formeisen.

1. Tragfähigkeit (P) von I-Trägern bei gleichförmig vertheilter Belastung und freier Auflagerung der Enden.

Bei 750 kg grösster Biegungs-Spannung für 1 qem.

Normal- I-Profil Nr.	Widerstands- mom. W _y cm	Gewicht für 1 m kg	Freitragende Länge l in m											
			2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
			Zulässige Belastung P in kg											
8	19,6	6,0	588	470	392	336	294	261	235	196	168	147	131	118
9	26,2	7,1	786	629	524	449	393	349	314	262	225	197	175	157
10	34,4	8,3	1032	826	688	590	516	459	413	344	295	258	229	206
11	43,8	9,6	1314	1051	876	751	657	584	526	438	375	329	292	263
12	55,1	11,1	1653	1322	1102	945	827	735	661	551	472	413	367	331
13	67,8	12,6	2034	1627	1356	1162	1017	904	814	678	581	509	452	407
14	82,7	14,3	2481	1985	1654	1418	1241	1102	992	827	709	620	551	496
15	99,0	16,0	2970	2376	1980	1697	1485	1320	1188	990	849	743	660	594
16	118	17,9	3540	2832	2360	2023	1770	1573	1416	1180	1011	885	787	708
17	139	19,8	4170	3336	2780	2383	2085	1853	1668	1390	1191	1043	927	834
18	162	21,9	4860	3888	3240	2777	2430	2160	1944	1620	1389	1215	1080	972
19	187	24,0	5610	4488	3740	3206	2805	2493	2244	1870	1603	1403	1247	1122
20	216	26,2	6480	5184	4320	3703	3240	2880	2592	2160	1851	1620	1440	1296
21	246	28,5	7380	5904	4920	4217	3690	3280	2952	2460	2109	1845	1640	1476
22	281	31,0	8430	6744	5620	4817	4215	3747	3372	2810	2409	2108	1873	1686
23	317	33,5	9510	7608	6340	5434	4755	4227	3804	3170	2717	2389	2113	1902
24	357	36,2	10 710	8568	7140	6120	5355	4760	4284	3570	3060	2678	2380	2142
26	446	41,9	13 380	10 704	8920	7646	6690	5947	5352	4460	3823	3345	2973	2676
28	547	47,9	16 410	13 128	10 940	9377	8205	7293	6564	5470	4689	4103	3647	3282
30	659	54,1	19 770	15 816	13 180	11 297	9885	8787	7908	6590	5649	4943	4393	3954
32	789	61,0	23 670	18 936	15 780	13 526	11 835	10 520	9468	7890	6763	5918	5260	4734
34	931	68,0	27 930	22 344	18 620	15 960	13 965	12 413	11 172	9310	7980	6983	6207	5586
36	1098	76,1	32 940	26 352	21 960	18 823	16 470	14 640	13 176	10 980	9411	8235	7320	6588
38	1274	83,9	38 230	30 576	25 480	21 840	19 110	16 987	15 288	12 740	10 920	9555	8493	7644
40	1472	92,3	44 160	35 328	29 440	25 234	22 080	19 627	17 664	14 720	12 617	11 040	9813	8832
42 ¹ / ₂	1754	103,7	52 620	42 096	35 080	30 069	26 310	23 387	21 048	17 540	15 034	13 155	11 693	10 524
45	2054	115,2	61 620	49 296	41 080	35 211	30 810	27 387	24 648	20 540	17 606	15 405	13 693	12 324
47 ¹ / ₂	2396	127,6	71 880	57 504	47 920	41 074	35 940	31 947	28 752	23 960	20 537	17 970	15 973	14 376
50	2770	140,5	83 100	66 480	55 400	47 486	41 550	36 933	33 240	27 700	23 743	20 775	18 467	16 620

Bei 1000 kg grösster Biegungs-Spannung für 1 qem.

8	19,6	6,0	784	627	523	449	392	349	314	261	224	196	174	157
9	26,2	7,1	1048	838	699	599	524	466	419	349	299	262	233	210
10	34,4	8,3	1376	1101	917	786	688	611	550	459	393	344	306	275
11	43,8	9,6	1752	1402	1168	1001	876	779	701	584	501	438	378	350
12	55,1	11,1	2204	1763	1469	1259	1102	979	881	735	630	551	490	441
13	67,8	12,6	2712	2169	1808	1550	1356	1206	1085	904	775	678	603	542
14	82,7	14,3	3308	2646	2205	1890	1654	1470	1323	1103	945	827	735	662
15	99,0	16,0	3960	3168	2640	2263	1980	1760	1584	1320	1131	990	880	792
16	118	17,9	4720	3776	3147	2697	2360	2098	1888	1573	1349	1180	1049	944
17	139	19,8	5560	4448	3707	3177	2780	2471	2224	1853	1589	1390	1236	1112
18	162	21,9	6480	5184	4320	3703	3240	2880	2592	2160	1851	1620	1440	1296
19	187	24,0	7480	5984	4987	4274	3740	3324	2992	2493	2137	1870	1662	1496
20	216	26,2	8640	6912	5760	4937	4320	3840	3456	2880	2469	2160	1920	1728
21	246	28,5	9840	7872	6560	5623	4920	4373	3936	3280	2811	2460	2187	1968
22	281	31,0	11 240	8992	7493	6423	5620	4996	4496	3747	3211	2810	2498	2248
23	317	33,5	12 680	10 144	8453	7246	6340	5636	5072	4227	3623	3170	2818	2536
24	357	36,2	14 280	11 424	9520	8160	7140	6347	5712	4760	4080	3570	3173	2856
26	446	41,9	17 840	14 272	11 893	10 194	8920	7929	7136	5947	5097	4460	3964	3568
28	547	47,9	21 880	17 504	14 587	12 503	10 940	9 724	8 752	7293	6251	5470	4862	4376
30	659	54,1	26 380	21 088	17 573	15 063	13 180	11 716	10 544	8 783	7531	6590	5858	5272
32	789	61,0	31 560	25 248	21 040	18 034	15 780	14 027	12 624	10 520	9 017	7890	7013	6312
34	931	68,0	37 240	29 792	24 827	21 280	18 620	16 551	14 896	12 413	10 640	9310	8276	7448
36	1098	76,1	43 920	35 136	29 280	25 097	21 960	19 520	17 568	14 640	12 549	10 980	9760	8784
38	1274	83,9	50 960	40 768	33 973	29 120	25 480	22 649	20 384	16 987	14 560	12 740	11 324	10 192
40	1472	92,3	58 880	47 104	39 253	33 646	29 440	26 169	23 552	19 627	16 823	14 720	13 084	11 776
42 ¹ / ₂	1754	103,7	70 160	56 128	46 773	40 091	35 080	31 182	28 064	23 387	20 046	17 540	15 591	14 032
45	2054	115,2	82 160	65 728	54 773	46 949	41 080	36 516	32 864	27 387	23 474	20 540	18 258	16 432
47 ¹ / ₂	2396	127,6	95 840	76 672	63 893	54 766	47 920	42 596	38 336	31 947	27 383	23 960	21 298	19 168
50	2770	140,5	110 800	88 640	73 867	63 314	55 400	49 244	44 320	36 933	31 657	27 700	24 622	22 160

2. Erforderliches Widerstands-Moment W beliebiger Formeisen (in idealer Reihenfolge) geordnet für gegebene gleichförmig verteilte Belastung (P) und 1000 kg grösste Biegungsspannung für 1 qcm.

Gleichförm. vertheilte Last P/kg	Erforderl. Widerst. Mom. $W = \frac{Pl}{80}$ l in m W (cm)	Freitragende Länge l in m														
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	
		Erforderliches Widerstands-Moment W														
40	0,5	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	
80	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	
120	1,5	1,5	2,25	3,0	3,75	4,5	5,25	6,0	6,75	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	
160	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	
200	2,5	2,5	3,75	5,0	6,25	7,5	8,75	10,0	11,25	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	
240	3,0	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	18,0	21,0	24,0	27,0	30,0	
280	3,5	3,5	5,25	7,0	8,75	10,5	12,25	14,0	15,75	17,5	21,0	24,5	28,0	31,5	35,0	
320	4,0	4,0	6	8,0	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40	
360	4,5	4,5	6,75	9	11,25	13,5	15,75	18	20,25	22,5	27	31,5	36	40,5	45	
400	5,0	5,0	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	30	35	40	45	50	
440	5,5	5,5	8,25	11	13,75	16,5	19,25	22	24,75	27,5	33	38,5	44	49,5	55	
480	6,0	6,0	9	12	15	18	21	24	27	30	36	42	48	54	60	
520	6,5	6,5	9,75	13	16,25	19,5	22,75	26	29,25	32,5	39	45,5	52	58,5	65	
560	7,0	7,0	10,5	14	17,5	21	24,5	28	31,5	35	42	49	56	63	70	
600	7,5	7,5	11,25	15	18,75	22,5	26,25	30	33,75	37,5	45	52,5	60	67,5	75	
640	8,0	8,0	12	16	20	24	28	32	36	40	48	56	64	72	80	
680	8,5	8,5	12,75	17	21,25	25,5	29,75	34	38,25	42,5	51	59,5	68	76,5	85	
720	9,0	9,0	13,5	18	22,5	27	31,5	36	40,5	45	54	63	72	81	90	
800	10	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	
880	11	11	16,5	22	27,5	33	38,5	44	49,5	55	66	77	88	99	110	
960	12	12	18	24	30	36	42	48	54	60	72	84	96	108	120	
1040	13	13	19,5	26	32,5	39	45,5	52	58,5	65	78	91	104	117	130	
1120	14	14	21	28	35	42	49	56	63	70	84	98	112	126	140	
1200	15	15	22,5	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75	90	105	120	135	150	
1280	16	16	24	32	40	48	56	64	72	80	96	112	128	144	160	
1360	17	17	25,5	34	42,5	51	59,5	68	76,5	85	102	119	136	153	170	
1440	18	18	27	36	45	54	63	72	81	90	108	126	144	162	180	
1520	19	19	28,5	38	47,5	57	66,5	76	85,5	95	114	133	152	171	190	
1600	20	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200	
1760	22	22	33	44	55	66	77	88	99	110	132	154	176	198	220	
1920	24	24	36	48	60	72	84	96	108	120	144	168	192	216	240	
2080	26	26	39	52	65	78	91	104	117	130	156	182	208	234	260	
2240	28	28	42	56	70	84	98	112	126	140	168	196	224	252	280	
2400	30	30	45	60	75	90	105	120	135	150	180	210	240	270	300	
2560	32	32	48	64	80	96	112	128	144	160	192	224	256	288	320	
2720	34	34	51	68	85	102	119	136	153	170	204	238	272	306	340	
2880	36	36	54	72	90	108	126	144	162	180	216	252	288	324	360	
3040	38	38	57	76	95	114	133	152	171	190	228	266	304	342	380	
3200	40	40	60	80	100	120	140	160	180	200	240	280	320	360	400	
3520	44	44	66	88	110	132	154	176	198	220	264	308	352	396	440	
3840	48	48	72	96	120	144	168	192	216	240	288	336	384	432	480	
4160	52	52	78	104	130	156	182	208	234	260	312	364	416	468	520	
4480	56	56	84	112	140	168	196	224	252	280	336	392	448	504	560	
4800	60	60	90	120	150	180	210	240	270	300	360	420	480	540	600	
5120	64	64	96	128	160	192	224	256	288	320	384	448	512	576	640	
5440	68	68	102	136	170	204	238	272	306	340	408	476	544	612	680	
5760	72	72	108	144	180	216	252	288	324	360	432	504	576	648	720	
6080	76	76	114	152	190	228	266	304	342	380	456	532	608	684	760	
6400	80	80	120	160	200	240	280	320	360	400	480	560	640	720	800	
7040	88	88	132	176	220	264	308	352	396	440	528	616	704	792	880	
7680	96	96	144	192	240	288	336	384	432	480	576	672	768	864	960	
8320	104	104	156	208	260	312	364	416	468	520	624	728	832	936	1040	
8960	112	112	168	224	280	336	392	448	504	560	672	784	896	1008	1120	
9600	120	120	180	240	300	360	420	480	540	600	720	840	960	1080	1200	

Gleichförm. vertheilte Last P/kg	Erforderl. Widerst.-Mom. $W = \frac{Pl}{80}$ l in m W (cm)	Freitragende Länge l in m.											
		2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
		Erforderliches Widerstandsmoment W											
10 240	128	256	320	384	448	512	576	640	768	896	1 024	1 152	1 280
10 880	136	272	340	408	476	544	612	680	816	952	1 088	1 224	1 360
11 520	144	288	360	432	504	576	648	720	864	1 008	1 152	1 296	1 440
12 160	152	304	380	456	532	608	684	760	912	1 064	1 216	1 368	1 520
12 800	160	320	400	480	560	640	720	800	960	1 120	1 280	1 440	1 600
14 080	176	352	440	528	616	704	792	880	1 056	1 232	1 408	1 584	1 760
15 360	192	384	480	576	672	768	864	960	1 152	1 344	1 536	1 728	1 920
16 640	208	416	520	624	728	832	936	1 040	1 248	1 456	1 664	1 872	2 080
17 920	224	448	560	672	784	896	1 008	1 120	1 344	1 568	1 792	2 016	2 240
19 200	240	480	600	720	840	960	1 080	1 200	1 440	1 680	1 920	2 160	2 400
20 480	256	512	640	768	896	1 024	1 152	1 280	1 536	1 792	2 048	2 304	2 560
21 760	272	544	680	816	952	1 088	1 224	1 360	1 632	1 904	2 176	2 448	2 720
23 040	288	576	720	864	1 008	1 152	1 296	1 440	1 728	2 016	2 304	2 592	2 880
24 320	304	608	760	912	1 064	1 216	1 368	1 520	1 824	2 128	2 432	2 736	3 040
25 600	320	640	800	960	1 120	1 280	1 440	1 600	1 920	2 240	2 560	2 880	3 200
28 160	352	704	880	1 056	1 232	1 408	1 584	1 760	2 112	2 464	2 816	3 168	3 520
30 720	384	768	960	1 152	1 344	1 536	1 728	1 920	2 304	2 688	3 072	3 456	3 840
33 280	416	832	1 040	1 248	1 456	1 664	1 872	2 080	2 496	2 912	3 328	3 744	4 160
35 840	448	896	1 120	1 344	1 568	1 792	2 016	2 240	2 688	3 136	3 584	4 032	4 480
38 400	480	960	1 200	1 440	1 680	1 920	2 160	2 400	2 880	3 360	3 840	4 320	4 800
40 960	512	1 024	1 280	1 536	1 792	2 048	2 304	2 560	3 072	3 584	4 096	4 608	5 120
43 520	544	1 088	1 360	1 632	1 904	2 176	2 448	2 720	3 264	3 808	4 352	4 896	5 440
46 080	576	1 152	1 440	1 728	2 016	2 304	2 592	2 880	3 456	4 032	4 608	5 184	5 760
48 640	608	1 216	1 520	1 824	2 128	2 432	2 736	3 040	3 648	4 256	4 864	5 472	6 080
51 200	640	1 280	1 600	1 920	2 240	2 560	2 880	3 200	3 840	4 480	5 120	5 760	6 400
56 320	704	1 408	1 760	2 112	2 464	2 816	3 168	3 520	4 224	4 928	5 632	6 336	7 040
61 440	768	1 536	1 920	2 304	2 688	3 072	3 456	3 840	4 608	5 376	6 144	6 912	7 680
66 560	832	1 664	2 080	2 496	2 912	3 328	3 744	4 160	4 992	5 824	6 656	7 488	8 320
71 680	896	1 792	2 240	2 688	3 136	3 584	4 032	4 480	5 376	6 272	7 168	8 064	8 960
76 800	960	1 920	2 400	2 880	3 360	3 840	4 320	4 800	5 760	6 720	7 680	8 640	9 600
81 920	1 024	2 048	2 560	3 072	3 584	4 096	4 608	5 120	6 144	7 168	8 192	9 216	10 240
87 040	1 088	2 176	2 720	3 264	3 808	4 352	4 896	5 440	6 528	7 616	8 704	9 792	10 880
92 160	1 152	2 304	2 880	3 456	4 032	4 608	5 184	5 760	6 912	8 064	9 216	10 368	11 520
97 280	1 216	2 432	3 040	3 648	4 256	4 864	5 472	6 080	7 296	8 512	9 728	10 944	12 160
102 400	1 280	2 560	3 200	3 840	4 480	5 120	5 760	6 400	7 680	8 960	10 240	11 520	12 800
112 640	1 408	2 816	3 520	4 224	4 928	5 632	6 336	7 040	8 448	9 856	11 264	12 672	14 080
122 880	1 536	3 072	3 840	4 608	5 376	6 144	6 912	7 680	9 216	10 752	12 288	13 824	15 360
133 120	1 664	3 328	4 160	4 992	5 824	6 656	7 488	8 320	9 984	11 648	13 312	14 976	16 640
143 360	1 792	3 584	4 480	5 376	6 272	7 168	8 064	8 960	10 752	12 544	14 336	16 128	17 920
153 600	1 920	3 840	4 800	5 760	6 720	7 680	8 640	9 600	11 520	13 440	15 360	17 280	19 200
163 840	2 048	4 096	5 120	6 144	7 168	8 192	9 216	10 240	12 288	14 336	16 384	18 432	20 480
174 080	2 176	4 352	5 440	6 528	7 616	8 704	9 792	10 880	13 056	15 232	17 408	19 584	21 760
184 320	2 304	4 608	5 760	6 912	8 064	9 216	10 368	11 520	13 824	16 128	18 432	20 736	23 040
194 560	2 432	4 864	6 080	7 296	8 512	9 728	10 944	12 160	14 592	17 024	19 456	21 888	24 320
204 800	2 560	5 120	6 400	7 680	8 960	10 240	11 520	12 800	15 360	17 920	20 480	23 040	25 600

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

22-2

5-96

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349551

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297356