











Preisgekrönt vom Vereine Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.

# DIE EISENBAHN-TECHNIK DER GEGENWART.

UNTER MITWIRKUNG VON

ABT, LUZERN; † BATHMANN, STETTIN; BAUMANN, KARLSRUHE; BERNDT, DARMSTADT; † VON BEYER, POSEN; BIBER, MÜNCHEN; A. BLUM, BERLIN; O. BLUM, HANNOVER; BORCHART, MAGDEBURG; † VON BORRIES, BERLIN; BRÜCKMANN, BERLIN; BUSSE, KOPENHAGEN; CLAUSNITZER, WEIMAR; COURTIN, KARLSRUHE; DAUNER, STUTTGART; DIETZ, BERLIN; DOLEZALEK, BERLIN; EBERT, MÜNCHEN; FRAENKEL, ERFURT; GARBE, BERLIN; GÖLSDORF, WIEN; † GRIMKE, CASSEL; GROESCHEL, MÜNCHEN; GROSSMANN, WIEN; HALFMANN, BERLIN; HAMMEL, MÜNCHEN; HEFFT, KARLSRUHE; HIMBECK, BERLIN; † JÄGER, AUGSBURG; KITTEL, STUTTGART; KOHLHARDT, WITTENBERGE; KUMBIER, BERLIN; W. KUNTZE, BERLIN; LAISTNER, STUTTGART; LEHNERS, HALBERSTADT; † LEISSNER, CASSEL; † LEITZMANN, DARMSTADT; VON LEMMERS-DANFORTH, MÜLHEIM-RUHR; VON LITTROW, WIEN; MAYSCHIEDER, MÜNCHEN; MEYERINGH, WITTEN; NADERER, NEUAUBING; NITSCHMANN, BERLIN; PATTÉ, ERFURT; † PAUL, LIPPSTADT; † REIMHERR, BERLIN; RICHTER, LEIPZIG; RIEMER, STETTIN; RIMROTT, DANZIG; SANZIN, WIEN; † SCHOLKMANN, BERLIN; SCHRADER, FALKENBERG; † SCHUBERT, BERLIN; SCHUGT, NEUWIED; SCHUMACHER, POTSDAM; SOMMERGUTH, BERLIN; STABY, LUDWIGSHAFEN; TROSKE, HANNOVER; WAGNER, BRESLAU; † WALZEL, WIEN; WEHRENFENNIG, WIEN; VON WEISS, MÜNCHEN; ZEHME, BERLIN.

HERAUSGEGEBEN VON

Dr.-Ing. **BARKHAUSEN**

GEHEIMEM REGIERUNGSRATE,  
PROFESSOR DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN A. D., HANNOVER.

Dr.-Ing. **BLUM**

WIRKLICHEM GEHEIMEM OBER-  
BAURATE, BERLIN.

**COURTIN**

OBERBAURATE, KARLSRUHE.

**VON WEISS**

GEHEIMEM RATE, MÜNCHEN.

FÜNFTER BAND.

## LAGER-VORRÄTE, BAU- UND BETRIEBSSTOFFE DER EISENBAHNEN.

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN IM TEXT UND LITHOGRAPHIERTEN TAFELN.

WIESBADEN

C. W. KREIDEL'S VERLAG.

1914.

# LAGER-VORRÄTE, BAU- UND BETRIEBSTOFFE DER EISENBAHNEN.

HERAUSGEGEBEN VON

Dr.-Ing. **BARKHAUSEN**

GEHEIMEM REGIERUNGSRATE,  
PROFESSOR DER INGENIEURWISSENSCHAFTEN A. D., HANNOVER.

Dr.-Ing. **BLUM**

WIRKLICHEM GEHEIMEM OBER-  
BAURATE, BERLIN.

**COURTIN**

OBERBAURATE, KARLSRUHE.

**VON WEISS**

GEHEIMEM RATE, MÜNCHEN.

## ERSTER TEIL.

ALLGEMEINES. METALLISCHE WERKSTATT- UND OBER-  
BAU-VORRÄTE. HOLZ.

BEARBEITET VON

DIETZ, BERLIN; HALFMANN, BERLIN; KUNTZE, BERLIN; LEMMERS-DANFORTH,  
MÜLHEIM-RUHR; NITSCHMANN, BERLIN.

MIT 111 ABBILDUNGEN IM TEXTE.



*Nov. 12 14*

WIESBADEN

C. W. KREIDEL's VERLAG.

1914.



III - 306688

ALLE RECHTE VORBEHALTEN.  
NACHDRUCK VERBOTEN.  
ÜBERSETZUNGEN IN ALLE SPRACHEN, AUCH IN DIE UNGARISCHE  
UND RUSSISCHE VORBEHALTEN.



~~III 15385~~

Druck der Königl. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.

BPK B 410/2017

Akc. Nr. ~~250~~/50

# Inhaltsverzeichnis\*).

## Band V. Lager-Vorräte, Bau- und Betriebsstoffe.

	Seite
<b>A. Allgemeines.</b> Bearbeitet von W. Kuntze	
I. Begriff und Einteilung der Lagervorräte . . . . .	1
II. Anforderung für die Beschaffung . . . . .	1
a) Beschaffung durch Kauf . . . . .	1
b) Beschaffung durch Anfertigung . . . . .	2
III. Die Aufbewahrung der Bestände . . . . .	2
a) Betriebsbestände . . . . .	2
b) Feuergefährliche Vorräte in Werkstätten und Diensträumen . . . . .	5
IV. Die Verwendung der Vorräte . . . . .	5
a) Verbrauch . . . . .	5
b) Verwendung zu Wiederherstellung . . . . .	6
V. Die Beseitigung der Rückstände . . . . .	6
a) Nebenerzeugnisse . . . . .	6
b) Altvorräte . . . . .	6
<b>B. Metallische Werkstatt- und Oberbau-Vorräte.</b> . . . . .	7
I. Allgemeines über das Prüfungsverfahren. Bearbeitet von Halfmann . . . . .	7
II. Prüfung der mechanischen Eigenschaften. Bearbeitet von Halfmann . . . . .	8
a) Ermittlung der Zug- und Druckfestigkeit . . . . .	8
1. Prüfungsmaschinen und ihre Einrichtungen . . . . .	8
2. Prüfung der Maschinen. . . . .	23
α) Prüfung mit Doppelhebel und Gewichten . . . . .	23
β) Prüfung mit eingeschaltetem Hebel . . . . .	23
γ) Vergleichung der zu prüfenden Maschine mit einer anderen . . . . .	23
A. Mittels Wasserpresse . . . . .	23
B. Mittels Prüfstabes . . . . .	23
3. Vornahme der Prüfungen . . . . .	24
4. Einspannvorrichtungen . . . . .	26
5. Verlauf des Zerreißversuches und Abmessungen der Probestäbe . . . . .	29
Druckversuch . . . . .	34
Zugversuch . . . . .	34

\* Ein buchstäblich geordnetes Inhaltsverzeichnis wird mit jedem vollen Bande ausgegeben.

	Seite
6. Einfluß der Herstellungsweise der Baustoffe auf das Ergebnis der Proben . . . . .	35
7. Entnahme und Behandlung der Probestäbe . . . . .	38
8. Versuchsausführung . . . . .	39
$\alpha$ ) Einfacher Zugversuch . . . . .	39
$\beta$ ) Vollständiger Zugversuch. . . . .	39
$\gamma$ ) Bestimmung der Bruchdehnung . . . . .	39
b) Härteproben . . . . .	40
1. Kugeldruckprobe . . . . .	40
2. Kegeldruckprobe. . . . .	46
3. Probe durch Einhieb . . . . .	47
4. Ritzprobe . . . . .	47
5. Härte, Zähigkeit, Sprödigkeit . . . . .	47
c) Kerbschlagprobe . . . . .	48
d) Ermittlung des Widerstandes gegen Stöße . . . . .	50
1. Schlagwerke . . . . .	50
2. Schlagversuche . . . . .	52
e) Technologische Proben . . . . .	53
1. Biegeproben . . . . .	54
$\alpha$ ) Allgemeine Grundsätze . . . . .	54
$\beta$ ) Biegevorrichtungen . . . . .	54
$\gamma$ ) Beschaffenheit und Form der Probekörper . . . . .	56
$\delta$ ) Ausführung der Versuche . . . . .	67
2. Schmiedeproben . . . . .	60
$\alpha$ ) Ausbreitprobe . . . . .	60
$\beta$ ) Stauchprobe . . . . .	60
$\gamma$ ) Aufdornprobe . . . . .	60
$\delta$ ) Lochprobe . . . . .	61
f) Gefügeproben . . . . .	61
III. Eisen. Bearbeitet von Halfmann . . . . .	62
a) Allgemeines . . . . .	62
1. Unterscheidung der Eisenarten . . . . .	62
2. Gewinnung des Eisens . . . . .	64
3. Lieferbedingungen und Prüfung . . . . .	65
$\alpha$ ) Allgemeines . . . . .	65
$\beta$ ) Inhaltsübersicht der Lieferbedingungen . . . . .	67
b) Eisenguß . . . . .	68
1. Gußeisen . . . . .	68
$\alpha$ ) Prüfung und Bezug des Gußeisens . . . . .	68
2. Flußeisen- und Stahl-Formguß . . . . .	76
$\alpha$ ) Eigenschaften und Erzeugung . . . . .	76
$\beta$ ) Lieferbedingungen für Flußeisen- und Stahl-Guß . . . . .	76
A. Radgestelle . . . . .	78
B. Achsbüchsen für Güterwagen . . . . .	80

	Seite
3. Schmiedbarer und Temperstahl-Guß . . . . .	87
c) Fluß- und Schweiß-Eisen . . . . .	88
1. Herstellung . . . . .	88
$\alpha$ ) Schweiß Eisen . . . . .	88
$\beta$ ) Flußeisen . . . . .	90
A. Das Bessemer- und Thomas-Verfahren. Windfrischen . . . . .	90
B. Das Siemens-Martin-Verfahren . . . . .	91
2. Vorgänge beim Erstarren im Gußblocke und in der Bramme . . . . .	93
$\alpha$ ) Schrumpfen, Schwinden, Lunkern . . . . .	93
$\beta$ ) Seigerung, Entmischung . . . . .	95
$\gamma$ ) Blasen, Sandrisse, Schalen . . . . .	96
3. Die Formgebung des schmiedbaren Eisens . . . . .	97
$\alpha$ ) Hämmer und Pressen . . . . .	97
$\beta$ ) Walzen . . . . .	96
4. Gewerbliche Eigenschaften des schmiedbaren Eisens . . . . .	100
$\alpha$ ) Das Gefüge des Schweiß Eisens . . . . .	100
$\beta$ ) Das Gefüge des Flußeisens . . . . .	101
$\gamma$ ) Die Schmiedbarkeit . . . . .	102
$\delta$ ) Schweißbarkeit . . . . .	103
$\epsilon$ ) Härte und Haltbarkeit . . . . .	105
$\zeta$ ) Festigkeit und Zähigkeit . . . . .	105
d) Bleche . . . . .	106
1. Einteilung, Herstellung und Eigenschaften . . . . .	106
2. Lieferbedingungen für Bleche . . . . .	109
$\alpha$ ) Allgemeines . . . . .	109
$\beta$ ) Beispiele für Lieferbedingungen . . . . .	109
3. Güteprüfung . . . . .	117
$\alpha$ ) Allgemeines . . . . .	117
$\beta$ ) Umfang der Prüfungen . . . . .	117
$\gamma$ ) Bestimmungen anderer Verwaltungen . . . . .	118
e) Walzeisen . . . . .	120
1. Stabeisen und Draht . . . . .	120
2. Formeisen . . . . .	121
3. Lieferbedingungen für Form-, Grob- und Bau-Eisen . . . . .	122
f) Zug- und Stoß-Vorrichtungen . . . . .	128
1. Stoff und Proben . . . . .	128
2. Herstellung . . . . .	131
g) Niete, Schrauben und Muttern . . . . .	134
1. Herstellung . . . . .	134
2. Lieferbedingungen . . . . .	135
h) Draht . . . . .	136
1. Herstellung . . . . .	136
2. Stoff und Beschaffenheit . . . . .	137

	Seite
i) Rohre, Rauch-, Heiz-, Siede- und Rohre für Heiz- und Brems-Leitungen	138
1. Herstellung	138
2. Lieferbedingungen	141
k) Geschmiedete Rad-Sterne und -Scheiben	145
1. Herstellung	145
2. Lieferbedingungen	145
IV. Stahl. Bearbeitet von Halfmann	147
a) Begriff und Einteilung	147
1. Bessemer- und Thomas-Stahl	147
2. Martinstahl	148
3. Zement- und Tiegel-Stahl	148
$\alpha$ ) Zementstahl, Oberflächen- und Einsatz-Härten	148
$\beta$ ) Tiegelstahl	149
4. Elektrostahl	150
$\alpha$ ) Die elektrischen Öfen	150
$\beta$ ) Erstarrungsvorgänge im Stahlblocke	151
b) Formgebung des Stahles	151
c) Die gewerblichen Eigenschaften des Stahles	152
1. Das Gefüge des Stahles	152
2. Schmiedbarkeit	152
3. Schweißbarkeit	152
4. Härbarkeit	152
5. Festigkeit	154
d) Blatt-, Schrauben- und Wickel-Federn aus Stahl	156
1. Stoff und Herstellung	156
2. Lieferbedingungen	157
e) Radreifen	161
1. Stoff und Herstellung	161
2. Lieferbedingungen	162
f) Achsen für Lokomotiven, Tender und Wagen	168
1. Stoff und Herstellung	168
2. Lieferbedingungen	170
g) Achssatz	175
h) Sonstige Schmiedeteile	177
V. Oberbauteile aus Eisen und Stahl. Bearbeitet von Dietz	178
a) Schienen, Laschen und Herzstücke	178
1. Schienen	178
$\alpha$ ) Herstellung	178
$\beta$ ) Lieferbedingungen	178
2. Laschen	208
$\alpha$ ) Herstellung	208
$\beta$ ) Besondere Bedingungen	208
$\gamma$ ) Äußere Beschaffenheit	208

	Seite
A. Genauigkeit der Abmessungen . . . . .	208
B. Äußere Beschaffenheit . . . . .	208
d) Prüfung und Abnahme . . . . .	208
3. Herzstücke . . . . .	209
b) Eiserne Schwellen . . . . .	209
1. Herstellung . . . . .	209
2. Besondere Bedingungen . . . . .	209
3. Prüfung und Abnahme . . . . .	219
c) Kleineisenzeug . . . . .	219
1. Unterlegplatten, Klemmplatten, Hakenplatten, Schienenstühle, Gleitstühle . . . . .	219
α) Herstellung . . . . .	219
β) Lieferbedingungen . . . . .	219
A. Stoffe . . . . .	219
B. Abmessungen . . . . .	227
γ) Abnahme . . . . .	227
2. Oberbauschrauben . . . . .	227
α) Herstellung . . . . .	227
VI. Kupfer und weiche Metalle. Bearbeitet von von Lemmers-Danforth	236
a) Allgemeines . . . . .	236
b) Einfache Metalle . . . . .	237
1. Kupfer . . . . .	237
α) Vorkommen und Gewinnung . . . . .	237
A. Trockene Gewinnung . . . . .	237
B. Nasse Gewinnung . . . . .	238
C. Elektrische Gewinnung . . . . .	238
β) Eigenschaften . . . . .	238
γ) Verwendung und Herstellung . . . . .	240
A. Bleche und Platten . . . . .	240
B. Stangenkupfer und Kupferdraht . . . . .	240
C. Kupferrohren . . . . .	240
δ) Arten und Abmessungen . . . . .	241
ε) Prüfung und Abnahme . . . . .	243
2. Zinn . . . . .	246
α) Vorkommen und Gewinnung . . . . .	246
β) Eigenschaften . . . . .	247
γ) Verwendung . . . . .	247
δ) Arten des Zinnes . . . . .	247
ε) Prüfung und Abnahme . . . . .	248
3. Zink . . . . .	249
α) Vorkommen und Gewinnung . . . . .	249
β) Eigenschaften . . . . .	249
γ) Verwendung . . . . .	249
δ) Abmessungen . . . . .	250
ε) Prüfung und Abnahme . . . . .	250

	Seite
4. Blei . . . . .	250
$\alpha$ ) Vorkommen und Gewinnung . . . . .	250
$\beta$ ) Eigenschaften . . . . .	251
$\gamma$ ) Verwendung . . . . .	251
$\delta$ ) Abmessungen . . . . .	252
$\varepsilon$ ) Prüfung und Abnahme . . . . .	252
5. Antimon . . . . .	253
$\alpha$ ) Vorkommen und Gewinnung . . . . .	253
$\beta$ ) Eigenschaften . . . . .	254
$\gamma$ ) Verwendung . . . . .	254
$\delta$ ) Prüfung und Abnahme . . . . .	254
6. Wismut . . . . .	254
7. Nickel . . . . .	255
$\alpha$ ) Vorkommen und Gewinnung . . . . .	255
$\beta$ ) Eigenschaften . . . . .	255
$\gamma$ ) Verwendung . . . . .	255
$\delta$ ) Arten . . . . .	256
c) Mischmetalle, „Legierungen“ . . . . .	256
1. Allgemeines . . . . .	256
2. Herstellung . . . . .	257
3. Messing. . . . .	258
$\alpha$ ) Zusammensetzung und Eigenschaften . . . . .	258
$\beta$ ) Herstellung und Verwendung . . . . .	259
$\gamma$ ) Prüfung . . . . .	262
4. Deltametall . . . . .	263
5. Rotguß und Bronze . . . . .	263
$\alpha$ ) Zusammensetzung und Eigenschaften . . . . .	263
A. Rotguß . . . . .	263
B. Bronze . . . . .	264
$\beta$ ) Herstellung und Verwendung . . . . .	265
$\gamma$ ) Prüfung und Abnahme . . . . .	266
6. Phosphorbronze . . . . .	266
$\alpha$ ) Zusammensetzung und Eigenschaften . . . . .	266
$\beta$ ) Herstellung und Verwendung . . . . .	267
$\gamma$ ) Prüfung und Abnahme . . . . .	268
7. Mangan- und Silizium-Bronze . . . . .	268
$\alpha$ ) Manganbronze . . . . .	268
$\beta$ ) Siliziumbronze . . . . .	269
8. Weißmetalle . . . . .	269
$\alpha$ ) Zusammensetzung und Eigenschaften . . . . .	269
A. Zinnmischungen . . . . .	269
B. Zinkmischungen . . . . .	270
C. Bleimischungen . . . . .	270
$\beta$ ) Herstellung und Verwendung . . . . .	270
$\gamma$ ) Prüfung und Abnahme . . . . .	271
9. Neusilber . . . . .	271
d) Lote . . . . .	272

	Seite
<b>C. Holz, Bearbeitet von W. Kunze . . . . .</b>	<b>274</b>
I. Allgemeines . . . . .	274
a) Entstehung und Beschaffenheit des Holzes . . . . .	274
b) Allgemeine Eigenschaften . . . . .	277
c) Das Schwinden und Quellen . . . . .	278
d) Dauer und Zerstörung . . . . .	279
e) Wachstum und Bezeichnung . . . . .	280
f) Herkunft und Behandlung . . . . .	383
II. Werkstatt-Nutzhölzer. Bearbeitet von W. Kuntze . . . . .	284
a) Allgemeine Anforderungen . . . . .	284
b) Eichen- und Kastanien-Holz . . . . .	285
c) Eschenholz . . . . .	286
d) Buchenholz . . . . .	286
e) Ahorn- und Platanen-Holz . . . . .	287
f) Ulmen- oder Rüter-Holz . . . . .	288
g) Nußbaumholz . . . . .	289
h) Hickoryholz . . . . .	290
i) Akazienholz . . . . .	290
k) Mahagoniholz . . . . .	291
l) Palisander-, Jakaranda-, Eben- und andere Hart-Hölzer . . . . .	292
m) Obstbaumhölzer . . . . .	293
n) Erlenholz . . . . .	294
o) Lindenholz . . . . .	295
p) Pappel-, Weiden- und Birken-Holz . . . . .	295
q) Tannen-, Wachholder- und Zypressen-Holz . . . . .	297
r) Fichtenholz . . . . .	298
s) Kiefernholz . . . . .	298
t) Pechfichtenholz . . . . .	300
u) Lärchenholz . . . . .	301
III. Besondere Formen der Verwendung. Bearbeitet von W. Kuntze . . . . .	301
a) Stangen . . . . .	301
b) Bremsknüppel . . . . .	302
IV. Holzschwellen. Bearbeitet von Nitschmann . . . . .	302
a) Einleitung . . . . .	302
b) Bedarf und dessen Deckung . . . . .	303
c) Wahl geeigneter Holzarten . . . . .	303
d) 1. Abmessungen und Bearbeitung der Holzschwellen . . . . .	304
2. Widerstandsfähigkeit . . . . .	305
$\alpha$ ) Einzelabmessungen . . . . .	305
$\beta$ ) Bearbeitung der Schwellen . . . . .	307
e) Behandlung des Holzes im Walde und auf den Stapelplätzen . . . . .	307
1. Der rote Kern des Buchenholzes . . . . .	308
f) Abnahme der Schwellen . . . . .	309
g) Lagerung der eingelieferten Schwellen . . . . .	309
h) Künstliche Verlängerung der Dauer durch Tränkung der Schwellen . . . . .	310

	Seite
1. Wirkung der verschiedenen Trankstoffe . . . . .	311
2. Vorbereitung der Tränkung durch Trocknen . . . . .	311
3. Dämpfen der Schwellen . . . . .	312
4. Die Tränkung der Schwellen . . . . .	312
$\alpha$ ) Tränkung mit Chlorzink . . . . .	312
$\beta$ ) Tränkung mit Chlorzink unter Teerölzusatz . . . . .	313
$\gamma$ ) Tränkung mit heißem Teeröle . . . . .	313
$\delta$ ) Die Verfahren von Hasselmann und Wiese . . . . .	313
$\varepsilon$ ) Tränkung mit beschränkter Teerölaufnahme . . . . .	314
i) Mittel gegen Abnutzung der Holzschwellen . . . . .	316
1. Abnutzung im Schienenlager . . . . .	316
2. Abnutzung durch die Befestigungsmittel für die Schienen . . . . .	317
3. Sonstige Schutzmittel . . . . .	318
k) Tatsächliche Lebensdauer der Holzschwellen . . . . .	318

## Verzeichnis der Herausgeber und Mitarbeiter.

- Abt, Ingenieur in Luzern.
- \*) Barkhausen, Dr.-Ing., Geheimer Regierungsrat, Professor a. D. in Hannover.
- † Bathmann, Oberbaurat, in Stettin.
- Baumann, Baurat in Karlsruhe.
- Berndt, Geheimer Baurat, Professor in Darmstadt.
- † von Beyer, Eisenbahn-Bau- und Betriebsinspektor a. D. in Posen.
- Biber, Ministerialrat in München.
- \*) Blum, A., Dr.-Ing., Wirklicher Geheimer Oberbaurat in Berlin.
- Blum, O., Dr.-Ing., Professor in Hannover.
- Borchart, Oberbaurat in Magdeburg.
- \*) † von Borries, Geheimer Regierungsrat, Professor in Berlin.
- Brückmann, Direktor der Berliner Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft  
vormals L. Schwartzkopff in Berlin.
- Busse, Eisenbahndirektor a. D. in Kopenhagen.
- Clausnitzer, Ober- und Geheimer Baurat a. D. in Weimar.
- \*) Courtin, Oberbaurat in Karlsruhe.
- Dauner, Bauinspektor in Stuttgart.
- Dietz, Baurat in Berlin.
- Dolezalek, Dr.-Ing., Geheimer Regierungsrat, Professor in Berlin.
- Ebert, Oberregierungsrat in München.
- Fraenkel, Regierungs- und Baurat in Erfurt.
- Garbe, Dr.-Ing., Geheimer Baurat a. D. in Berlin.
- Gölsdorf, Dr.-Ing., Sektionschef in Wien.
- † Grimke, Eisenbahn-Bauinspektor a. D. in Cassel.
- Groeschel, Dr., Oberregierungsrat in München.
- Großmann, Oberinspektor in Wien.
- Halfmann, Regierungs- und Baurat in Berlin.
- Hammel, Direktor der Lokomotivbauanstalt J. A. Maffei in München.
- Hefft, Dr. phil., Obermaschineninspektor in Karlsruhe.
- Himbeck, Regierungsbaumeister a. D. in Berlin.
- † Jäger, Eisenbahn-Präsident in Augsburg.
- Kittel, Oberbaurat in Stuttgart.
- Kohlhardt, Regierungs- und Baurat in Wittenberge.
- Kumbier, Geheimer Baurat in Berlin.
- Kuntze, W., Geheimer Baurat in Berlin.
- Laistner, Baurat in Stuttgart.
- Lehners, Regierungs- und Baurat in Halberstadt.
- † Leißner, Eisenbahn-Bauinspektor a. D., Direktor der Lokomotiv-  
Bauanstalt von Henschel und Sohn, in Cassel.
- † Leitzmann, Geheimer Baurat a. D. in Darmstadt.
- von Lemmers-Danforth, Regierungs- und Baurat in Mülheim-Ruhr.
- von Littrow, Hofrat in Wien.
- Mayscheider, Regierungsrat in München.
- Meyeringh, Regierungsbaumeister in Witten.
- Naderer, Obermaschineninspektor, Neuaubing bei München.
- Nitschmann, Geheimer Oberbaurat in Berlin.
- Patté, Oberbaurat in Erfurt.
- † Paul, Regierungs- und Baurat z. D. in Lippstadt.
- † Reimherr, Regierungsbaumeister a. D. in Berlin.
- Richter, Baurat in Leipzig.

\*) Herausgeber.

- Riemer, Regierungsbaumeister in Stettin.  
 Rimrott, Dr.-Ing., Eisenbahndirektions-Präsident in Danzig.  
 Sanzin, Dr. techn., Maschinen-Oberkommissär, Dozent an der Technischen Hochschule in Wien.
- † Scholkmann, Geheimer Oberbaurat in Berlin.  
 Schrader, Geheimer Regierungsrat in Falkenberg.
- † Schubert, Geheimer Baurat in Berlin.  
 Schugt, Regierungs- und Baurat a. D. in Neuwied.  
 Schumacher, Geheimer Baurat in Potsdam.  
 Sommerguth, Regierungs- und Baurat a. D. in Berlin.  
 Staby, Oberregierungsrat in Ludwigshafen a. Rh.  
 Troske, Geheimer Regierungsrat, Professor in Hannover.  
 Wagner, Ober- und Geheimer Baurat in Breslau.
- † Walzel, Ober-Inspektor in Wien.  
 Wehrenfennig, Baurat a. D. in Wien.
- \*) von Weifs, Geheimer Rat in München.  
 Zehme, ehem. Ober-Ingenieur der Siemens-Schuckertwerke, Schriftleiter der Elektrotechnischen Zeitschrift, Privatdozent an der Technischen Hochschule in Berlin.

---

\*) Herausgeber.

# Band V. Lager-Vorräte, Bau- und Betrieb-Stoffe.

## A. Allgemeines.

Bearbeitet von W. Kuntze.

### A. I. Begriff und Einteilung der Lagervorräte.

Die Rohstoffe, einfachen Gegenstände und Massenerzeugnisse, die die Eisenbahnen für ihre Betriebe, für die Ergänzung und Instandhaltung ihrer Fahrzeuge und Anlagen bedürfen, werden Eisenbahn-Lagervorräte genannt. Diese Bezeichnung gilt namentlich für alle Stoffe, die regelmäßig verbraucht werden, und daher in größeren Beständen vorrätig gehalten werden müssen. Je nach der Art der Verwendung unterscheidet man Betriebsvorräte, Baustoffe, Oberbau-, Werkstätten-, Telegraphen- und Alt-Vorräte. In beschränktem Sinne werden noch andere Gegenstände, teils zu den Vorräten, teils zur Ausstattung, zum „Inventare“, gerechnet, wie Druck-sachen, Schreib- und Zeichen-Geräte, Dienstbekleidung, Geräte bei den Zügen, in den Werkstätten und auf den Bahnhöfen, sowie Zubehörstücke zu den Fahrzeugen und zur Unterhaltung der Gleise und Bauwerke.

### A. II. Anforderung für die Beschaffung.

#### II. a) Beschaffung durch Kauf.

Vorräte, die in der gewünschten Beschaffenheit als Handelsware käuflich sind, wie Kohlen, Öl, Holz, Metalle, Farben, werden durch Ankauf beschafft. An ihre Beschaffenheit werden aber besondere Anforderungen gestellt, damit sie ihren Verwendungszwecken gut entsprechen. Diese Anforderungen halten sich in solchen Grenzen, daß sie nicht über das Nötige hinausgehen, weil Erschwerungen bei der Lieferung, oder in bezug auf die Beschaffenheit Erhöhung der Preisforderungen bedingen. Von Bestimmungen über Angabe des Ursprungsortes, der Gewinnungs- oder Herstellungs-Art ist tunlich abzusehen, wenn auch, besonders bei den Staatsbahnen, die Forderung auf Lieferung einheimischer Erzeugnisse nicht immer außer Acht gelassen werden kann.

Andererseits bedingt die Art des Eisenbahnbetriebes besondere Bestimmungen über die Anlieferung, die Zeit, die Abnahme und die Bezahlung, weil die Eisenbahn, wie kein anderes Unternehmen, darauf angewiesen ist, sicher und rechtzeitig in den Besitz der zum Betriebe nötigen und geeigneten Stoffe zu gelangen.

Die Eisenbahnverwaltung stellt besondere Lieferungsbedingungen auf, die über die Anfertigung und Güte der Gegenstände, die Art der Lieferung, die Form der Abnahme, die Zeit der Anlieferung, die Einreichung von Proben, die Gewährleistung, Verzugstrafe ausführliche Angaben enthalten, die der Lieferer anzuerkennen hat. Die Lieferungsbedingungen enthalten namentlich jene Forderungen, die für die Verwendbarkeit der betreffenden Gegenstände gestellt werden müssen, damit besonders die zur Unterhaltung vorhandener Anlagen und Geräte dienenden Stoffe dieselbe Beschaffenheit haben, wie ursprünglich das zu Ersetzende. Zu gleichem Zwecke werden von den Eisenbahnverwaltungen Muster derjenigen Bestände ausgelegt, deren Stoff und Ansehen durch die Beschreibung nicht genau festgestellt werden kann, oder man verlangt die Einreichung von Proben mit dem Angebote. Oft ist es für den Liefernden wichtig, die Prüfungsarten zu kennen, nach denen die Güte festgestellt wird, darum werden diese genau beschrieben, und die anzuwendenden Vorrichtungen genannt.

Die Abnahme der gelieferten Gegenstände erfolgt teils an den Herstellungs-, teils an den Anlieferungs-Orten. Mit der Abnahme in den Werken ist in der Regel eine Überwachung der Herstellung verbunden, wenn es sich um fabrikmäßig erzeugte Waren handelt.

## II. b) Beschaffung durch Anfertigung.

In den Eisenbahnwerkstätten und Lagerräumen werden in der Regel nur Bestandteile angefertigt, die auf andere Weise nicht in der entsprechenden Beschaffenheit erlangt werden können, oder die der örtlich beschränkten Verwendung wegen nur für die nächsten Verbrauchstellen in Frage kommen, ferner solche, deren Einfachheit oder Vergänglichkeit die eigene Anfertigung bedingt.

## A. III. Die Aufbewahrung der Bestände.

### III. a) Betriebsbestände.

Vorräte für den Eisenbahnbetrieb werden in Haupt- und Neben-Lagern, „Magazinen“, aufbewahrt, deren Verwaltung besonders ausgebildeten Beamten übertragen ist. Diese haben dafür zu sorgen, daß die erforderlichen Bestände vorhanden sind, daß die Aufbewahrung sachgemäß erfolgt, und daß der Verbrauch angemessen bleibt.

Dem Verderben weniger ausgesetzte Massenbestände, wie Kohlen, Schienen, Schwellen, werden im Freien auf eigens dazu hergerichteten Lagerplätzen, nach Arten getrennt, übersichtlich gestapelt. Steinkohlen sollen nicht über 2,5 m hoch, Preßkohlen nicht über 3 m hoch lagern, damit die Gefahr der Selbstentzündung vermieden wird, und keine Zerkleinerung durch Druck eintritt. Wo dennoch Erwärmung zu befürchten ist, werden senkrechte Röhren in die Haufen eingelassen,

in denen die Wärme durch Herablassen eines Thermometers leicht nachgemessen werden kann. Die Lagerung anderer fester und flüssiger Stoffe hat so zu geschehen, daß weder eine Zerstörung durch Feuer, Feuchtigkeit oder andere Ursachen eintreten kann, noch eine Wertverminderung durch Verlust, Austrocknung oder ähnliche Einflüsse stattfindet.

Sonstige Bestände werden in Lagergebäuden, Verschlägen oder Kellern untergebracht, so daß die Einnahme und Ausgabe ungestört erfolgen, und die Höhe der Bestände augenblicklich festgestellt werden kann. Die wertvollen Lagerbestände sollen dauernd unter Verschuß gehalten werden.

Über die Lagerung feuergefährlicher Gegenstände bestehen landespolizeiliche Vorschriften, die sich im Wesentlichen auf die Entzündlichkeit und auf die Menge der in einem Raume zu lagernden feuergefährlichen Gegenstände beziehen. Außerdem enthalten sie Bestimmungen über die baulichen Anlagen zum Zwecke der Begrenzung und Bekämpfung eines etwa entstandenen Brandes. Diese Bestimmungen sind auch für Eisenbahnlager maßgebend. Die Verwaltungsordnungen der Eisenbahnen enthalten ergänzende und verschärfende Vorschriften. Man unterscheidet nach dem Grade der Entzündungsmöglichkeit meist drei Gruppen.

Gruppe I. Stoffe, die sich ohne Vermittelung eines brennenden Körpers entzünden, oder in Berührung mit anderen Stoffen eine Entzündung herbeiführen können, und zwar:

- a) Stoffe, die sich beim Lagern an freier Luft unter Umständen von selbst entzünden: Kienruß; organische Faserstoffe, wie Putzwolle, Garnabfälle, Putzlappen, Hanf, Flachs, Hede, Werg, Schmierkissen, die mit Öl, Fett, Lack oder Firnis getränkt sind;
- b) Stoffe, die sich durch Reibung, Stoß oder Schlag entzünden, wie Knallsignale, Streichhölzer;
- c) Stoffe, die in Berührung mit anderen Stoffen, wie Stroh, Sägespänen, eine Entzündung bewirken können: Salpetersäure, die schwerer ist, als 1,4 kg/l;
- d) Kalziumkarbid, das in Verbindung mit Wasser brennbare Gase entwickelt;

Gruppe II. Flüssigkeiten, die entflammbare Dämpfe entwickeln:

- a) Flüssigkeiten, die schon unter einem Luftdrucke gleich 760 mm Quecksilberdruck bei einer Erwärmung auf weniger, als 21° C entflammbare Dämpfe entweichen lassen: Benzin, Ligroin, Gasolin, Petroleumäther, Kohlenwasserstoff, Spiritus, Spirituslack, Spirituspolitur;
- b) Flüssigkeiten, die unter 760 mm Quecksilberdruck bei Erwärmung von 21° bis 65° C entflammbare Dämpfe entwickeln: Petroleum, das zur Fettgasbereitung benutzte Rohpetroleum und dessen Destillate, das bei der Petroleumdestillation oder aus Braunkohlenteeröl gewonnene Putzöl, das 0,8 bis 0,85 kg/l wiegt, Teer, Terpentinöl, Terebine, Sikkativ, Lacke aller Art;
- c) Flüssigkeiten, die bei 65° bis 140° C entflammbare Dämpfe entwickeln: Braunkohlenteeröl und Schieferöl für Gasbereitung;
- d) andere Flüssigkeiten, die bei mehr als 140° C entflammbare Dämpfe entwickeln: Mineralschmieröl, Zylinderöl, Leinöl, Leinölfirnis, Rüböl.

Gruppe III. Stoffe, die in Berührung mit einem brennenden Körper leicht Feuer fangen:

- a) Pech und Pechfackeln, Harze, Schellack, Kolophonium, aufbereitete Kohlen, Holzkohlen;
- b) Hanf, Werg, Flachs, Hede, Seegras, Waldwolle, Putzwolle, Garnabfall.

Vorräte der Gruppe I müssen, abgestuft nach der Gefahr der Selbstentzündung, in dicht verschlossenen eisernen Kästen, in gemauerten, mit eisernem Deckel versehenen Gruben, oder in feuersicheren Räumen lagern, größere Mengen von Knallsignalen und Streichhölzern in trockenen, verschlossenen Räumen, und zwar in Behältnissen verpackt, wie sie für die Beförderung auf den Eisenbahnen durch die Verkehrsordnung vorgeschrieben ist. Kalziumkarbid darf nur in Blechbüchsen verpackt, in trockenen Räumen lagern, ölgetränkte Putzwolle und Putztücher nur in dicht schließenden eisernen Kästen.

Vorräte der Gruppe II, die flüssige Brennstoffe und Mineralöle umfaßt, werden nach der Leichtigkeit der Verdampfung in drei Gefährklassen geschieden.

Zur Klasse 1 gehören die Flüssigkeiten, die bei 760 mm Quecksilberdruck und geringerer Wärme, als 21° C, entflammbare Dämpfe entwickeln, wie Benzin und Spiritus.

Werden Glasflaschen, Ballons, benutzt, so sind diese in eiserne Behälter zu stellen, die den ganzen Inhalt der Flaschen beim Auslaufen aufnehmen können. Kohlenwasserstoff aus den Fettgasanstalten soll in eisernen Gefäßen, die nicht ganz gefüllt sein dürfen, im Freien, tunlich abgesondert von Gebäuden, lagern. Mengen bis zu 300 kg dürfen nur in Kellern oder ebenerdigen, ummauerten Räumen untergebracht werden, die keine Abflüsse nach außen, keine Heizvorrichtungen und Schornsteinöffnungen und reichliche Lüftung haben. Auch soll durch Tafeln und Anschriften das Betreten mit Licht, das Rauchen und das Umfüllen bei künstlicher Beleuchtung verboten werden. Für größere Vorräte sind weitere Verschärfungen der Sicherheits-einrichtungen vorgesehen. Zunächst wird verlangt, daß für mehr als 300 kg solcher Flüssigkeiten frei liegende Räume hergerichtet werden, ferner, daß die Keller oder Gruben von einer Schutzzone umgeben sind, deren Breite mit der zu lagernden Menge des brennbaren Stoffes wächst, und schließlich dürfen große Mengen nur auf eigentlichen Lagerhöfen oder in Behälter-Anlagen in Vorrat gehalten werden.

Für die Beförderung der Glasflaschen nach den Lagerstätten und Verbrauchstellen gelten die Vorsichtsmaßregeln, daß die Flaschen mit Stroh, Heu, Kleie, Sägemehl, Infusorienerde oder ähnlichen lockeren Stoffen in Körben, Kübeln oder Kisten fest verpackt sein, und die Aufschrift „Feuergefährlich“ tragen müssen. Der Wagen muß mit einer gut befestigten Schutzdecke versehen sein.

Zur Klasse 2 der feuergefährlichen Flüssigkeiten gehören die bei 21° bis 65° C entflammbare Dämpfe entwickelnden, wie Petroleum und Putzöl. Die Vorschriften schließen sich denen der Klasse 1 an, lassen aber einige Erleichterungen zu. Mengen von 10 000 kg bis 50 000 kg dürfen ohne Schutzzone gelagert werden, wenn die Behälter ganz in die Erde eingegraben sind. Bei Anwendung freistehender eiserner Behälter darf die Schutzzone auf 5 m, bei Lagerung in Fässern auf 10 m beschränkt werden.

In Klasse 3 gehören Flüssigkeiten, die entflammbare Dämpfe bei 65° bis 140° C entwickeln. Sie dürfen in Mengen bis zu 10 000 kg überall in feuersicheren Räumen gelagert werden, bei denen das Fortfließen durch die Bauart der Räume

sicher verhindert ist. Größere Mengen dürfen nur in eigens hergerichteten Lagerhäusern oder Höfen mit Schutzzonen und unter Beachtung der üblichen Sicherheitsmaßregeln aufbewahrt werden.

Für die drei Klassen gilt gemeinsam die Vorschrift, daß, wenn in verschiedene Klassen gehörende Flüssigkeiten in einem Raume, oder in nicht feuersicher getrennten Räumen lagern, alle Vorräte so anzusehen sind, als ob sie der Klasse der am leichtesten entflammaren Flüssigkeit angehörten.

Ferner sollen die Abfüllvorrichtungen möglichst aus geschlossenen Pumpen oder Hebern bestehen. Auch sollen Löschgeräte, Sand und Werkzeuge für Erdarbeiter zur Hand sein.

Die Gruppe III umfaßt die leicht brennbaren Stoffe, wie Garnabfall und Holzkohlen. Die Lagerungsvorschriften bestimmen, daß die Räume feuersicher abschließbar, die Gegenstände in Säcken oder Kisten verpackt sein müssen, und bei Massengütern, daß die abgesonderten Lagerstellen zu Löschzwecken allseitig zugänglich sind.

Auch die Aufbewahrung der leeren Fässer unterliegt gewissen Vorschriften, indem die Stapel 5 bis 10 m von den Grenzen und von Gebäuden entfernt bleiben, und für die Löschgerätschaften fahrbare Zuwege offen gehalten werden müssen.

### III. b) Feuergefährliche Vorräte in Werkstätten und Diensträumen.

In den Werkstatträumen dürfen feuergefährliche Flüssigkeiten, die nicht unter die Polizeiverordnungen fallen, nur in ganzen Gebinden oder Blechgefäßen aufbewahrt werden. In den Bahnhofsgebäuden, Güterschuppen und ähnlichen Diensträumen sollen feuergefährliche Stoffe nur für den augenblicklichen Verbrauch und im Allgemeinen in Mengen von nicht mehr als 15 kg, Flüssigkeiten der Gruppe 1 nur in Mengen von 2 kg vorhanden sein. Sie sollen entweder unter Verschuß gehalten, oder an unausgesetzt beaufsichtigten Orten aufbewahrt werden. In der Nähe ist der Gebrauch offenen Lichtes unstatthaft.

Verdichtete oder verflüssigte Gase sollen nur in sicher verschlossenen eisernen Gefäßen lagern. Für die Aufbewahrung von Leuchtgas von mehr als 10 at. Überdruck, für Azetylen, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff müssen die Behälter nahtlos hergestellt sein. Die Gefäße sind vor ihrer Benutzung einer amtlichen Prüfung nebst Druckprobe zu unterziehen. Letztere soll alle fünf Jahre wiederholt werden.

Alle in den Arbeitsräumen erzeugten feuergefährlichen Gegenstände, wie gebrauchte Putzstoffe, Papier- und Zeug-Abschnitte, Hobelspäne, sollen in eisernen Kästen untergebracht, oder täglich aus den Arbeitsräumen entfernt werden.

---

## A. IV. Die Verwendung der Vorräte.

### IV. a) Verbrauch.

Verbraucht werden alle Stoffe und Gegenstände, die bei ihrer Benutzung zerstört, oder so verändert werden, daß sie zu weiterer Verwendung ungeeignet sind, wie Heizstoffe, Schmierstoffe, Farben, Leder. Aus einigen anderen werden

Nebenerzeugnisse gewonnen, die im Eisenbahnbetriebe wieder verwendbar sind, wie Kupfer- und Weißguß-Späne, oder solche, die verkäuflich sind, oder als wertlos beseitigt werden müssen, wie Eisenschrott, Gummiabfälle, Glasbrocken und Holzabfälle.

#### IV. b) Verwendung zu Wiederherstellung.

Nach Abnutzung wieder herstellbar sind fast alle Oberbauteile, der größte Teil der Werkstatt- und Telegraphen-Vorräte und ein Teil der Betriebsvorräte. Beim Verbräuche werden fast immer gleichartige Teile gewonnen, die den Lagern als noch brauchbare, oder als unbrauchbare Altvorräte zugeführt werden. Bei den Betriebsvorräten werden vorwiegend geringwertige oder unbrauchbare Stoffe gewonnen, bei den Oberbau- und Werkstatt-Vorräten sind die Rückstände meist noch wieder verwendbar oder verkäuflich.

### A. V. Die Beseitigung der Rückstände.

#### V. a) Nebenerzeugnisse.

Die Nebenerzeugnisse der Gasanstalten werden fortlaufend gewonnen. Für die Flüssigkeiten werden besondere Gefäße oder Gruben angelegt, in denen sie angesammelt werden. Der Verkauf findet in der Regel für die in einem bestimmten Zeitraume zu gewinnenden Bestände vorweg statt; dem Käufer wird eine Abnahmefrist festgesetzt, die vom Tage der Benachrichtigung an läuft. Nicht selten wird für eine bestimmte Beschaffenheit der abzuliefernden Stoffe Gewähr geleistet, so für den Gehalt des Gaswassers an Ammoniak.

#### V. b) Altvorräte.

Die Wiederverwendung der alten in den Werkstätten und Lagern wieder gewonnenen Gegenstände für Betriebszwecke ist in vielen Fällen angängig und wirtschaftlich vorteilhaft. Die regelmäßig gewonnenen und in den Lagern untergebrachten Altvorräte werden daher meist ohne Wertberechnung an die Verbrauchstellen abgegeben. Bei den wertvolleren erfolgen Einnahme und Ausgabe nach Maß und Gewicht, bei den geringwertigen fällt jede besondere Aufschreibung fort, sofern sich die Vorräte nicht in belästigender Weise ansammeln. Die bei den Oberbauarbeiten und in der Telegraphenabteilung gewonnenen und die im äußern Eisenbahnbetriebe gesammelten, wertvollen Altvorräte, besonders Kupfer und Weißmetalle, werden von Zeit zu Zeit an die Werkstattlager abgeführt, um sie dort entweder den Verbrauchstellen zuzuführen, oder sie zusammen mit den Werkstattvorräten zu verkaufen.

Der Verkauf findet meist nach öffentlicher Ausschreibung statt, falls nicht ohne vorherige Anfrage von Kauflustigen besonders vorteilhafte Angebote gemacht sind. Kommen erhebliche Mengen in Frage, wie bei den Oberbau- und Bau-Stoffen, so werden für den Verkauf einzelne Lose gebildet, für die die Abnahmebedingungen je nach der Örtlichkeit der Lagerung verschieden sein können. Besondere Beschränkungen pflegen für die Verladung zu bestehen, wenn die Vorräte zwischen den Betriebsgleisen, oder an wenig zugänglichen Stellen gelagert sind.

Für die Beschaffenheit wird nur dann eine gewisse Gewähr übernommen, wenn dadurch der zu erzielende Preis erhöht werden soll, so bei Schienen, die als „brauchbar für Nebengleise“ bezeichnet werden. Meist wird den Kauflustigen in solchem Falle eine vorherige Besichtigung der ausgetobenen Mengen gestattet oder empfohlen.

Für die Auslieferung und das Verwiegen der verkauften Gegenstände sind Vorschriften erlassen, die sich den Handelsgebräuchen möglichst anschließen.

Größere Mengen werden nur in ganzen Wagenladungen abgegeben, die vor der Versendung auf einer Brückenwage gewogen werden. Wertvolle und geringere Mengen anderer Verkaufsgegenstände werden dem Käufer stückweise, in Körben, Fässern oder anderen Behältern zugemessen oder zugewogen.

## B. Metallische Werkstatt- und Oberbau-Vorräte.

### B. I. Allgemeines über das Prüfungsverfahren.

Bearbeitet von A. Halfmann.

Bevor die von der Eisenbahn in Auftrag gegebenen Gegenstände endgültig in ihren Besitz übergehen, werden sie einer Abnahmeprüfung unterworfen, die sich auf die wichtigsten, vertraglich ausbedungenen Eigenschaften bezieht. Diese Prüfung kann entweder im Werke selbst vorgenommen werden, wobei der Lieferer alle zur Prüfung nötigen Maschinen und Mannschaften auf seine Kosten stellt, oder sie erfolgt in den Werkstätten des Auftraggebers, wobei sich der Lieferer vertreten lassen kann. Die Prüfung geschieht nach vertraglichen Vorschriften, die sich auf die Entnahme, Behandlung, Anzahl, Form und Größe des Probestückes beziehen. Der Abnahmebeamte ist in der Regel befugt, sich durch geeignete andere Proben von der Güte der abzunehmenden Gegenstände zu überzeugen.

Die Prüfungen erstrecken sich auf die mechanischen, technologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Zu den mechanischen Eigenschaften gehören die Zug-, Druck-, Biege- und Stoß-Festigkeit, die Aufschluß über die Nachgiebigkeit, Härte, Zähigkeit und Sprödigkeit der Stoffe geben.

Die technologischen Eigenschaften kommen für die Bearbeitung in Betracht, besonders bei Zerlegung und Abtrennung einzelner Stücke, bei Umformung durch Schmieden, Hämmern, Walzen in glühendem und kaltem Zustande, und bei Zusammenfügung getrennter Teile, Schweißen.

Die physikalischen Eigenschaften umfassen: das Gewichtsverhältnis zum Wasser, die Dichtigkeit, das Gefüge, ferner die Leitungsfähigkeit für Wärme und Elektrizität, die Ausdehnungs- und Widerstands-Werte.

Die chemischen Eigenschaften betreffen namentlich die Zusammensetzung

und Verunreinigung durch andere Stoffe, das Verhalten gegen Säuren, Alkalien, Luft, Feuchtigkeit. Ihre Kenntnis ist für die Bewertung der Stoffe oft nötig.

Der „Deutsche Verband für die Materialprüfungen der Technik“<sup>1)</sup> fordert in seinen „Grundsätzen für einheitliche Materialprüfungen“<sup>1)</sup> für wissenschaftliche Untersuchungen der Stoffe die Ermittlung der Eigenschaften nach den angegebenen vier Richtungen. Veröffentlichungen über Stoffuntersuchung geben dem Leser nur dann ein vollständiges Bild über die betreffenden Stoffe, wenn sie enthalten: Art, Herkunft und Entstehungsart; die mechanischen, physikalischen, mikroskopischen und chemischen Eigenschaften nebst Angaben über die Behandlung der Probe vor der Prüfung.

Diese Grundsätze wurden von dem „Internationalen Verbands für die Materialprüfungen der Technik“<sup>1)</sup> in seiner Schrift<sup>1)</sup>: „Verfahren zur Prüfung von Metallen und Legierungen, von hydraulischen Bindemitteln, von Holz, von Ton-, Steinzeug- und Zement-Rohren“ übernommen, und in der IV. Sitzung dieses Verbandes zu Brüssel 1906 als allgemeine Richtschnur Erzeugern und Verbrauchern zu Abnahmezwecken empfohlen.

## B. II. Prüfung der mechanischen Eigenschaften.

Bearbeitet von A. Halfmann.

In erster Linie ist der Widerstand gegen die Beanspruchungen zu ermitteln, denen der Gegenstand im Betriebe vorwiegend ausgesetzt wird. Die hierzu erforderlichen Maschinen und Werkzeuge müssen so beschaffen sein, daß sie leicht und sicher auf ihre Richtigkeit geprüft werden können.

### II. a) Ermittlung der Zug- und Druck-Festigkeit.

Unter Zug- und Druck-Festigkeit versteht man den Widerstand eines Körpers gegen Zerstörung durch in der Körperlängsachse wirkende reine Zug- und Druck-Kräfte. Ermittelt werden sie an Probestäben, die nach besonderen Vorschriften von den Gegenständen entnommen, behandelt und geformt in den Prüfmaschinen bis zur vollständigen Trennung durch Zerreißen oder Zerdrücken beansprucht werden.

#### a. 1) Prüfmaschinen und ihre Einrichtungen.

Der I.-V. schreibt vor: „Die Probiemaschinen müssen so gebaut sein, daß sie bei achtsamer Handhabung stoßfrei wirken. Die Prüfung der Maschinen und Instrumente auf ihre Richtigkeit soll ausreichend oft wiederholt werden.“

Eingehende Beschreibungen der Festigkeits-Prüfmaschinen geben Martens<sup>2)</sup>, Rudeloff und andere. Die Hauptbestandteile einer solchen Maschine sind: der Antrieb, das Maschinengestell, der Kraftmesser und die Einrichtungen für die Messung der erzielten Formänderungen.

<sup>1)</sup> In der Folge mit „D. V. f. M.“ und „Gr. f. M.“ oder mit „I. V.“ und „V. z. P.“ bezeichnet.

<sup>2)</sup> Martens, Materialienkunde für den Maschinenbau, I, Berlin 1898, Springer.

Der auf Zugfestigkeit zu prüfende Probestab wird mit seinen beiden Enden fest in die Maschine eingespannt. Das eine Einspannende ist in der Regel fest, das andere in der Stabachse bewegliche Ende wird durch Belastung in dieser Richtung bewegt. Den Antrieb bewirkt entweder Wasserdruck, eine Schraube oder ein Schneckenrad.

Der Wasserdruck wird durch mit der Maschine verbundene Handpumpen, oder durch Maschinenkraft unter Einschaltung eines Kraftspeichers erzeugt. Die Spannung des Wassers beträgt 50 bis 180 at., doch gibt es Ausführungen bis 500 at. Spannung.

Als Preßflüssigkeit verwendet man reines Wasser, Spiritus, Öl- oder, besonders bei dem Froste ausgesetzten Leitungen, Glycerin-Mischungen. Die Öle und Mischungen erfordern eine Rückleitung, in die zweckmäßig Klärvorrichtungen eingebaut werden.

Bei Handpumpenbetrieb regelt sich der Wasserzufluß zum Preßzylinder einfach durch die Handhabung nach Maßgabe der Versuchserfordernisse; bei mechanisch betriebenen Pumpen mit Kraftspeicher müssen zwischen diesen und dem Preßzylinder Hähne oder Ventile zur Regelung der Kolbengeschwindigkeit angebracht werden. Der Kraftspeicher stellt bei höchstem Stande die Pumpen selbsttätig ab und setzt sie ebenso kurz vor Erreichung des tiefsten Standes in Tätigkeit. Wo der Kraftspeicher fehlt, die Pumpen also unmittelbar in den Preßzylinder arbeiten, müssen sie eine selbsttätige Absperrung bei Erreichung des höchst zulässigen Wasserdruckes und bei Beendigung des Preßwasserverbrauches haben.

Die Kraftspeicher haben die allgemein bekannten Ausführungen mit Gewichtsbelastung, Druckmehrer für vorhandenen niedrigen Leitungsdruck, oder Luftdruck.

Bedingung für Preßwasser-Antrieb sind: Sachgemäße Ausführung der Stulpen, stoßlose, regelbare Flüssigkeitsförderung und Verwendung reiner Flüssigkeit, die keine groben Verunreinigungen, wie Sand, enthalten darf.

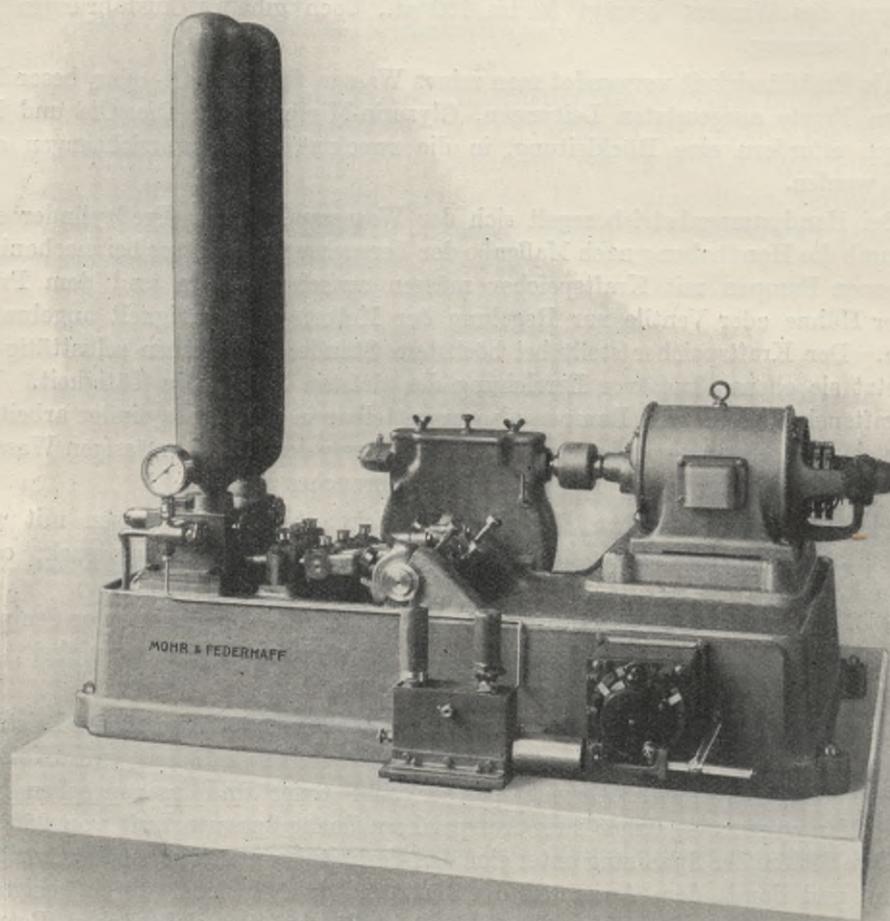
Gewöhnliche Pumpwerke eignen sich wegen der Gleichmäßigkeit ihrer Leistung nur für Maschinen mit annähernd gleichförmiger Geschwindigkeit, wie Ketten- und Feder-Prüfmaschinen. Gewichtspeicher sind teuer und beanspruchen viel Raum. Man verwendet daher zum Aufspeichern hochgespannte Luft von 250 at., wobei dem Sinken der Spannung unter eine den Verhältnissen anzupassende niedrigste Pressung und damit dem Austreten der Luft aus dem Speicher durch geeignete Vorrichtungen zu begegnen ist. Textabb. 1 stellt eine für elektrischen Betrieb eingerichtete Pumpe mit Preßluft-Speicher dar, bestehend aus dreikolbiger Pumpe mit Hauptkessel, Hilfskessel, Steuerventil und selbsttätigem Ausschalter, wie sie die Mannheimer Maschinenfabrik vormals Mohr und Federhaff ausführt.

Eine zwei- oder dreikolbige, auf dem Flüssigkeitsbehälter angeordnete Preßpumpe führt die Flüssigkeit der Festigkeitsmaschine zu, während die über den augenblicklichen Verbrauch überschießende Menge durch besondere Ventile in den Windkessel eintritt, so daß die Versuchsgeschwindigkeit bei stoßfreier Flüssigkeitsförderung von der Leistung der Pumpe unabhängig ist. Erreicht nun die Pressung die Höchstgrenze, so wird die Pumpe durch einen Selbstschalter still gesetzt. Die Tätigkeit des Selbstschalters besteht im Verschieben des Antriebmittels, also eines Riemens oder eines elektrischen Anlassers, in die Ruhestellung, nachdem der Höchstdruck

erreicht ist, in die Einschaltstellung, wenn eine bestimmte niedrigste Spannung, beispielsweise 150 at. unterschritten wird.

In Bezug auf den Bau ist die Maschine die beste, die mit übersichtlicher Anordnung leichte Zugänglichkeit der Ventile und Mittel zur Regelung verbindet.

Abb. 1.



Dreikolbige Preßpumpe mit Preßluftspeicher für elektrischen Betrieb, Mohr und Federhaff.

Zur stoßfreien Wirkung der Maschine müssen die Querschnitte der Ventile beim Öffnen allmählich zunehmen, damit der Eintritt des Wassers in den Preßzylinder stoßfrei erfolgt. Hähne halten schwer dicht, und bedürfen großer Aufmerksamkeit bei der Handhabung. Bei Neuausführungen vermeidet man sie.

Der aus Gußeisen oder Stahlguß gefertigte Preßzylinder hat einen Scheiben- oder Tauch-Kolben, und wird in der Regel durch einen U-förmigen Lederstulp abgedichtet. Dichtheit und möglichst reibungsfreier Gang des Kolbens in seinen

Führungen ist für Maschinen, bei denen die ausgeübte Kraftwirkung mit Wasserdruckmesser oder einer Meßdose unmittelbar gemessen wird, von größter Wichtigkeit. Nach Martens liegt die Größe der Stulpreibung innerhalb der praktisch zulässigen Fehlergrenze von 5% und schwankt bis herab zu 0,5% des ausgeübten Druckes.

Ausführungen mit Schrauben- oder Schneckenrad-Antrieb gibt es für Hand- und Maschinen-Betrieb. Handbetrieb ist nur für kleine Kraftwirkungen gebräuchlich; die gangbaren Maschinen von 50 bis 100 t Zugkraft werden meist von einer Wellenleitung aus angetrieben.

Bei Handbetrieb wird die Drehung der Kurbel durch ein Schneckenrad oder Kegelrädergetriebe, bei dem die Nabe des getriebenen Rades als Mutter für eine Schraubenspinde ausgebildet ist, auf eine solche übertragen. Hierbei ist eine genaue, für Feinmessungen unerläßliche Lasteinstellung gegeben.

Bei Kraftantrieb wird der Antrieb der Schraubenspinde in geeigneter Weise von der Wellenleitung, oder einer elektrischen Triebmaschine abgeleitet. Die verschiedenen Geschwindigkeitsstufen werden durch Einschaltung eines Reibrädergetriebes zwischen Riemscheibe und Schnecke leicht und bequem hergestellt. Neuerdings kuppelt man die Triebmaschine und Schneckenwelle unmittelbar, und stellt die verschiedenen Geschwindigkeitsstufen durch besondere Anlaßwiderstände her. Vorteilhaft ist die durch Verwendung der Spindel erzielte große Stetigkeit und Stoßfreiheit der Bewegung und die beliebig lange Einstellung einer Belastung unveränderlicher Höhe, ohne Spannungsabfall befürchten zu müssen.

Im Allgemeinen wendet man sich mehr und mehr dem Preßwasserbetriebe zu. Er gestattet die Prüfarbeiten rasch und mit hinreichender Sicherheit auszuführen, während man beim Wellenantriebe von der Umdrehungszahl und den Übersetzungen abhängt. Mit einer gut gehaltenen Preßwassermaschine läßt sich schnell und langsam stoßfrei arbeiten, der Wasserzufluß läßt sich während des Versuches ganz absperrern, so daß Feinmessungen und sonstige Untersuchungen an dem unter Zug liegenden Probestabe grade so gut vorgenommen werden können, wie bei dem Schrauben- und Schneckenrad-Antriebe. Die Wasserdruckmaschinen gestatten die Ausführung einer Zerreißprobe innerhalb einer Minute, die Wellenmaschinen brauchen zehn Minuten und mehr.

Das Maschinengestell muß so gebaut sein, daß es den einwirkenden Kräften ohne erhebliche Formänderungen Widerstand leistet und mit Sicherheit die beim Bruche der Probe eintretenden Stöße aufnimmt.

Die Kraftübertragung vom Erzeugungsorte durch den Probekörper auf die Meßeinrichtung zu erstem zurück muß ein Kreislauf sein.

Ihrer äußern Form nach sind stehende und liegende Maschinen zu unterscheiden; liegende werden vorwiegend zur Prüfung von Seilen, Riemen, Ketten und anderen langen Proben verwendet, stehende dienen fast allgemein zur Prüfung der hier behandelten Stoffe. Sie haben den Vorteil, Feinmessungen mit Hilfe von Spiegeln und Fernrohr bequem zu gestatten, und bei Versuchen unter höheren Wärmestufen das sonst störende Eigengewicht der Stäbe auszuschalten.

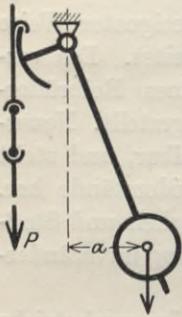
Die Anordnung der Teile muß die stete Beaufsichtigung und leichte Zugänglichkeit des Versuchstabes, des Kraftmessers und des Antriebes gestatten. Auswechselungen müssen leicht und schnell vorgenommen werden können.

Zur Bestimmung der auf den Probestab wirkenden Kraftbelastung dient der Kraftmesser, meist eine Balken-, Wasserdruck- oder Feder-Wage, deren Belastung

stufenweise oder stetig erfolgt. Er muß die wirkende Kraft augenblicklich anzeigen, und darf durch äußere Einflüsse, wie Wärmeänderungen im Versuchsraume oder Stöße in der Prüfmaschine beim Bruche des Probekörpers nicht gestört werden; ferner sind Einrichtungen zu treffen, die bei diesem Vorgange, also nach Aufhören der Belastung, die höchste benutzte Kraft dauernd anzeigen. Für die Ausführung dieser Meßvorrichtungen sind dieselben Grundsätze maßgebend, wie für den Bau der Brückenwagen und Druckmesser. Die bei diesen auftretenden Fehler finden sich auch bei den Kraftmessern der Prüfmaschinen.

Bei der Hebelwage, die mit ein-, doppelarmigem oder Winkel-Hebel ausgeführt ist, erfolgt die Belastung stufenweise durch Aufsetzen der Gewichte von Hand oder mechanisch. Sie hat den Nachteil stoßweiser Belastung bei nicht ganz vorsichtiger Behandlung und erschwert die genaue Feststellung der einzelnen Belastungen. Für gewöhnliche Abnahme-Versuche mit den üblichen weiten Festigkeitsgrenzen ist sie wegen ihrer Einfachheit und Übersichtlichkeit brauchbar, sie erschwert jedoch rasches Arbeiten.

Abb. 2.



Neigungswage.

Zweckmäßiger ist die stetige Lastvermehrung bei Neigungs-, Feder- und Laufgewichtswagen. Die Neigungswage ist ein Winkelhebel, an dessen kürzerm Arme die Zugkraft angreift; durch den Ausschlag  $a$  (Textabb. 2) des andern Armes von der durch den Stützpunkt des Hebels gelegten Senkrechten wird ihre Größe gemessen. Bei kleineren Ausführungen geschieht dies unmittelbar, bei größeren, beispielsweise bei der Maschine von Pohlmeier-Ehrhardt mittelbar durch Hebelübertragung auf ein Zeigerwerk

mit Schleppeziger. Genaueste Anbringung und unverrückbare Lagerung des Gegengewichtes ist Vorbedingung für zuverlässiges Arbeiten. Die Federwage ist nur für geringe Belastungen geeignet und scheidet für Zerreißmaschinen von 50 t und mehr Belastung aus. Am meisten Anwendung hat die Laufgewichtswage gefunden, bei der das Gewicht von Hand mittels Schneckenübersetzung oder von der Maschine selbsttätig verschoben und abgestellt wird.

Die Hebel sollen möglichst starr sein, so daß ihre Formänderungen ohne Einfluß auf das Ergebnis sind; die Schneiden sind an den Hebeln anzubringen und an Verschiebungen gegen die am Maschinengestelle angebrachten Pfannen zu verhindern. Die Anordnung muß die genaue Prüfung des Übersetzungsverhältnisses durch Wägen oder Messen gestatten.

Je einfacher die Übersetzungsverhältnisse sind, desto leichter und sicherer ist die Nachprüfung. Die Schneiden und Pfannen dürfen nach Martens mit 4000 kg/qcm Druck beansprucht werden, wobei sich die Schneide in die Pfanne mit einer Fläche von 0,5 mm Breite eindrückt. Die Schneiden von vornherein abzurunden, ist vorteilhaft.

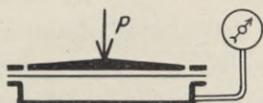
Um die bis zu 200 t Zerreißkraft gebauten Maschinen auch geeignet zu machen, schwache Probestäbe zu prüfen, wird ein Feinmeß-Kraftanzeiger dadurch hergestellt, daß man das Laufgewicht zweiteilig macht. Nach Abheben des einen Teiles hat es 10% des Gewichtes des Ganzen und zeigt dann dementsprechend bei der Verschiebung die Belastung mit zehnfach vergrößerter Genauigkeit an.

Zur Messung des Flüssigkeitsdruckes dienen meist Druckmesser. Die Feder-Druckmesser müssen so eingerichtet sein, daß sie die Beschädigung der Feder oder

der Anzeigevorrichtung sofort erkennen lassen, oder man verwendet zwei von einander unabhängige Feder-Druckmesser, doch ist häufige Nachprüfung der Richtigkeit des Anzeigers zu empfehlen.

Des Quecksilber-Druckmessers zur Anzeige der ausgeübten Kraft bedienen

Abb. 3.



Einrichtung der Meßdose von Martens.

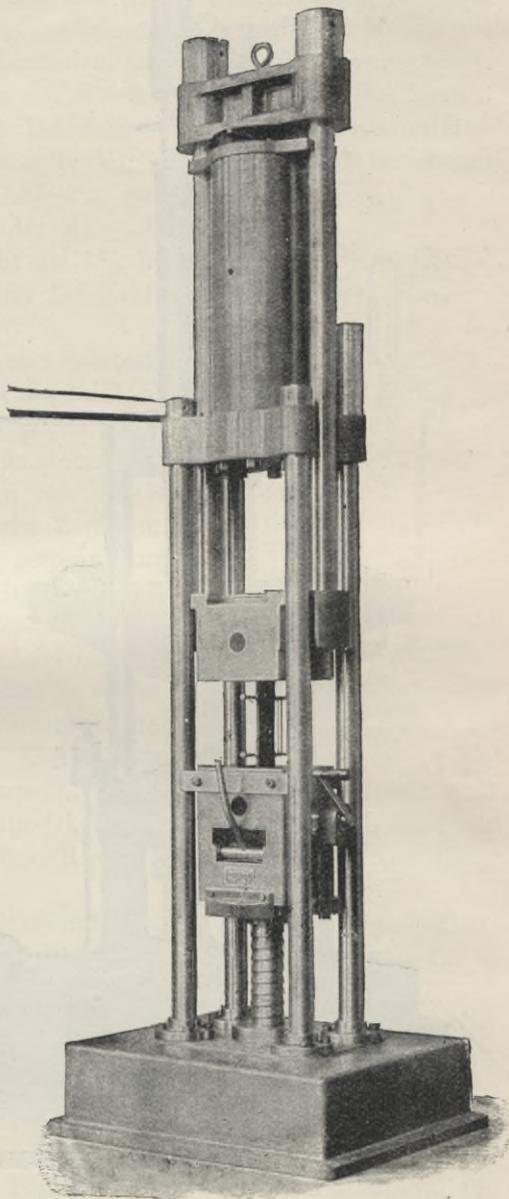
sich vornehmlich Amsler-Laffon und Sohn unter Einschaltung eines Druckminderers zwischen Prüfmaschine und Druckmesser. Ein durch Gegengewicht ausgeglichener Schwimmer auf der Quecksilbersäule wird durch das steigende Quecksilber verschoben, zeigt dadurch die ausgeübte Kraft an und kann leicht zur selbsttätigen Aufnahme einer Schaulinie eingerichtet werden.

Die vornehmlich von Martens eingeführten Meßdosen setzen die von der Prüfmaschine ausgeübte Kraft unter Ausschaltung der das Ergebnis trübenden Reibungseinflüsse in Flüssigkeitsdruck um. Die Meßdose besteht aus einem Gehäuse, das mit Wasser, Öl, Quecksilber oder anderer Flüssigkeit bis dicht unter den Abschluß, eine Biegehaute, luftdicht gefüllt ist (Textabb. 3). Auf die Biegehaute aus Metallblech, Gummi oder Leder wirkt der Druck der Prüfmaschine, der durch einen doppelten Druckmesser angezeigt wird. Bei sorgfältiger Unterhaltung hat sich dieser überaus einfache Kraftmesser bis auf 1% Fehler zuverlässig erwiesen.

Auch bedient man sich der Pendel-Druckmesser, um den Flüssigkeitsdruck durch den Ausschlag eines Pendels unmittelbar zu messen, wobei der Flüssigkeitsdruck nach Art der Neigungswage auf den kurzen Arm eines Winkelhebels einwirkt und der Ausschlag des andern Armes an einer Teilung abgelesen wird.

Vielfach werden die Maschinen mit einer Vorrichtung zum selbsttätigen Aufzeichnen von Schaulinien versehen, aus denen alle Vorgänge beim Zerreißen

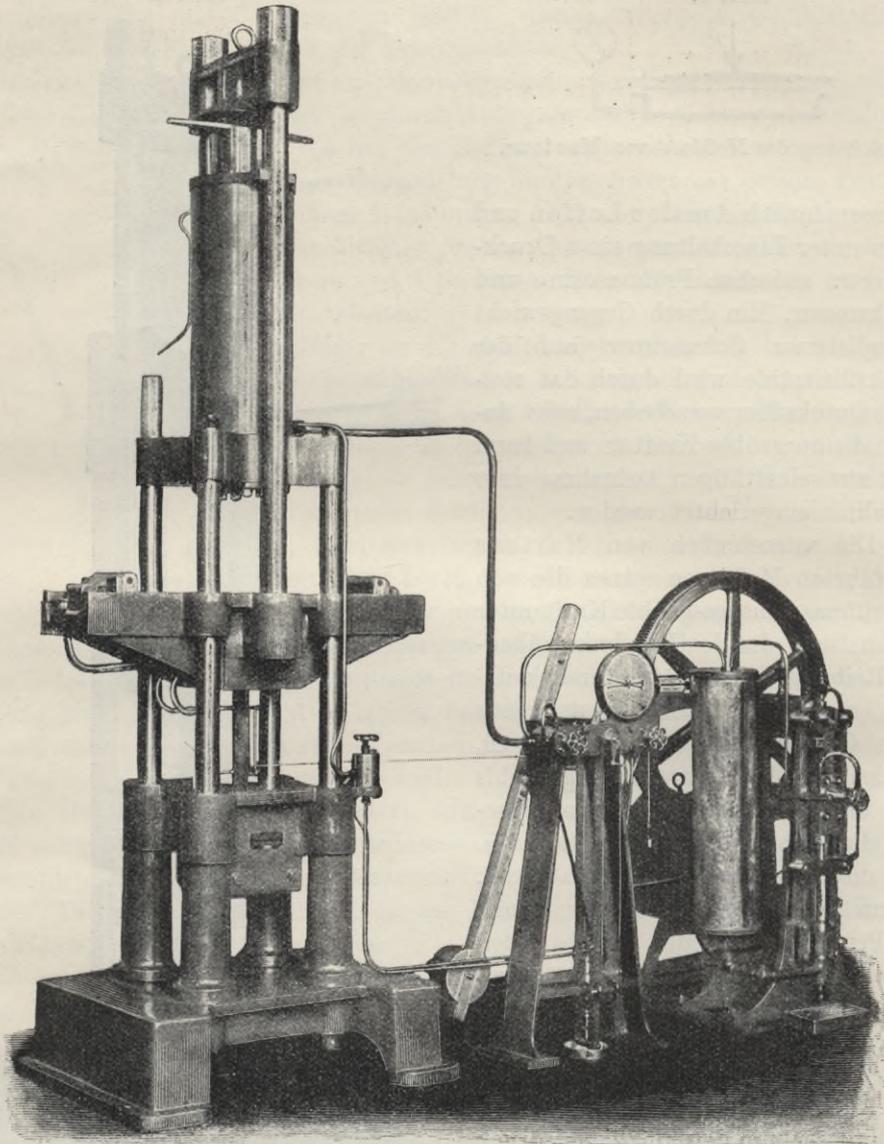
Abb. 4.



Zerreißmaschine für 100 t, Amsler-Laffon.

suche, wie Streckgrenze, Höchst- und Bruch-Last bequemer entnommen werden können, als durch unmittelbare Beobachtung, mit denen also die Eigenschaften ähnlicher, aber verschiedenartig zusammengesetzter oder bearbeiteter Stoffe anschaulich verglichen werden können. Die Ausführung ist verschieden je nach der

Abb. 5.



Zerreiß-, Druck-, Biege- und Falt-Maschine für 80 t, Gebrüder Amsler.

Verwendung von Laufgewichtswagen oder Meßdosen; grundsätzlich zeichnet der Schreibstift auf einem um eine Trommel gelegten Papierstreifen selbsttätig die Belastung des Probestabes und in Verbindung mit dem Dehnungsmesser seine gleichzeitige Dehnung oder Durchbiegung auf. Kraft und Formveränderung wirken dabei verschiebend auf den Schreibstift so, daß die eine Ursache eine Bewegung

des Schreibstiftes in Richtung der Trommelachse, die andere eine Drehung der Trommel hervorruft.

Dehnungsmesser sind Einrichtungen, die die Dehnungen oder Durchbiegungen des Probestabes während des Versuches vergrößert erkennbar machen. Zwischen zwei am Probestabe befestigten Klemmen wird der Dehnungsmesser untergebracht. Er zeigt die Dehnung zwischen den beiden Körnern nach Art eines Lochtasters durch Verschieben von zwei gegen einander beweglichen Maßstäben an, von denen einer die Teilung in Hundertteilen, der andere den Nonius trägt. Durch Übertragung dieser Verschiebungen auf Fühlhebel lassen sich die kleinen Dehnungen stark vergrößern, so daß auch Dehnungen innerhalb der Elastizitätsgrenze gemessen werden können. Für genauere Versuche sind jedoch für diesen Zweck die Spiegel nach Martens mit Ablesung im Fernrohre vorzuziehen. Da die Ungleichartigkeiten der Baustoffe Schwankungen in der Zugfestigkeit von weit mehr als 1% bedingen, so fordern die V. z. P. einen Genauigkeitsgrad der Kraftmesser bis zu 2 %.

Im Folgenden sind einige der bemerkenswertesten Ausführungen derartiger Festigkeitsprüfmaschinen beschrieben, die einen Überblick über die ausgeführten Bauarten geben.

Textabb. 4 zeigt eine stehende Zerreißmaschine für 100 t mit Einrichtungen für Liege- und Druck-Proben von Amsler-Laffon und Sohn in Schaffhausen. Die eigentliche Zerreißmaschine ist der Zugänglichkeit wegen von der Pumpe getrennt angeordnet.

Der Probestab wird am untern Ende in einem Einspannkopfe befestigt, der während des Versuches still steht, vor dem Versuche aber durch Drehen einer Kurbel rasch passend eingestellt werden kann. Das obere Ende des Probestabes wird in einem Einspannkopfe befestigt, der mit dem obersten Querstücke der Maschine und dem Druckkolben zusammenhängt. Der Kolben ist durch Schleifen in den Zylinder so genau eingepaßt, daß Dichtungen überflüssig sind und die Preßflüssigkeit, dickflüssiges Rizinus-Öl, nur sehr langsam durch die Fuge zwischen Kolben und Zylinder dringt. Hiermit wird nahezu reibungsfreier Gang erzielt.

Der Preßdruck wird durch einen Druckverminderer so auf einem Quecksilber-Druckmesser übertragen, daß einer Zugkraft von 100 t eine Steighöhe von 1,5 m entspricht.

Die Pumpe ist eine Kapselradpumpe ohne Ventile, die das Öl aus einem über ihr angebrachten Zylinder ansaugt und für Hand- und Riemen-Betrieb eingerichtet ist.

Die neueren Maschinen der Gebrüder Amsler zeigen bemerkenswerte Abweichungen von den früheren. Das Bestreben, die teure Maschine nicht allein für Zerreiß-, sondern mit geringem Zeitaufwande auch für Biege-, Falt- und Druckproben geeignet zu machen, hat die in Textabb. 5 dargestellte Ausführung für 80 t entstehen lassen. Sie hat auf dem eingeschlifenen Kolben ohne Stulpdichtung ein Querhaupt, das durch zwei Säulen mit einem Balken verbunden ist, der bei den Zerreißversuchen als Einspannkopf für das obere Ende des Probestabes dient und leicht durch Flüssigkeitseinlaß in die passende Stellung gebracht werden kann. Das untere Ende des Probestabes wird im Tische des Sockels befestigt.

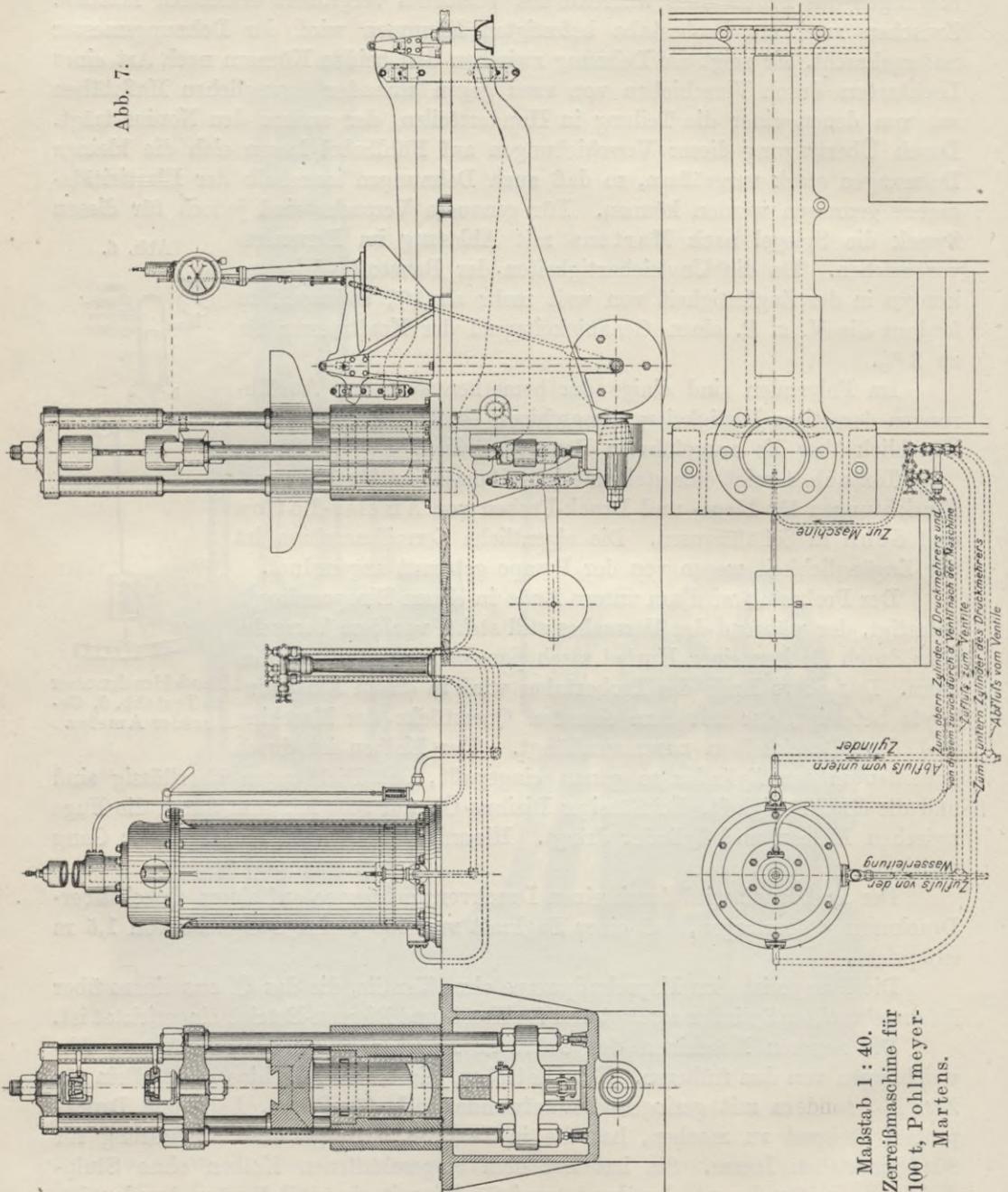
Abb. 6.



Pendeldruckmesser zu Textabb. 5, Gebrüder Amsler.

Der Balken dient bei Biegeproben als Träger der beiden Endschneiden. Die Mittelschneide wird auf der Unterseite des Zylinderbodens befestigt. Für Druckproben wird statt dieser eine Preßplatte angebracht.

Abb. 7.

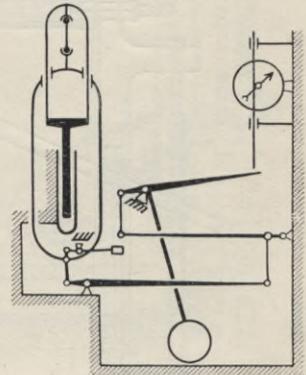


Maßstab 1 : 40.  
Zerreißmaschine für  
100 t, Pohlmeier-  
Martens.

Zur Messung der von der Maschine ausgeübten Kraft dient jetzt fast allgemein der Pendeldruckmesser, der getrennt von der Maschine neben dieser auf dem Fußboden steht. Der Pendeldruckmesser mißt Flüssigkeitsdrucke durch den Ausschlag

eines Pendels. Nach dem Grundsatz der Neigungswage (Textabb. 2) greift nicht der Probestab, sondern der Kolben einer kleinen Flüssigkeitspresse zum Zwecke der Übertragung des Preßdruckes auf das Pendel an diesem an. Textabb. 6 veranschaulicht die grundsätzliche Ausführung. Der Zylinder a steht mit dem Druckzylinder der Zerreißmaschine durch Röhren in Verbindung, so daß in beiden gleicher Druck herrscht, der durch den eingeschliffenen Kolben b auf einen Winkelhebel übertragen wird. Das am ausschwingenden, längern Hebelarme befestigte Gegengewicht zeigt auf einer Teilung den ausgeübten Druck an. Der Pendeldruckmesser ist eine sehr empfindliche und genau anzeigende Meßeinrichtung. Gegen Beschädigungen und äußere Einflüsse ist er unempfindlich, bedarf fast keiner Wartung und ist nach Anschluß der Druckölleitung, der Ölrückleitung und der Leitung zur Prüfmaschine sofort betriebsbereit.

Abb. 8.



Darstellung der Wirkungsweise der Maschine Textabb. 7.

Zum Betriebe dient eine Zweikolbenpumpe mit elektrischem Antriebe. Textabb. 5 veranschaulicht den Zerreißversuch an einem Flachstabe mit angesetzter Klemme zur Aufzeichnung der Schaulinie.

In Textabb. 7 ist eine nach Pohlmeier-Martens von Ehrhardt in Düsseldorf gebaute Zerreißmaschine mit Neigungswage für 100 t Zugkraft dargestellt. Der Druckmehrer kann an eine Niederdruck-Wasserleitung angeschlossen werden, und arbeitet zuverlässig, wenn in der Wasserleitung nicht zu starke Druckschwankungen auftreten. Der Wasserdruck wird nach Textabb. 8 durch den Tisch auf das obere Querhaupt und durch den Zugstab auf das untere Querhaupt mit angeschlossenem Wagebalken übertragen.

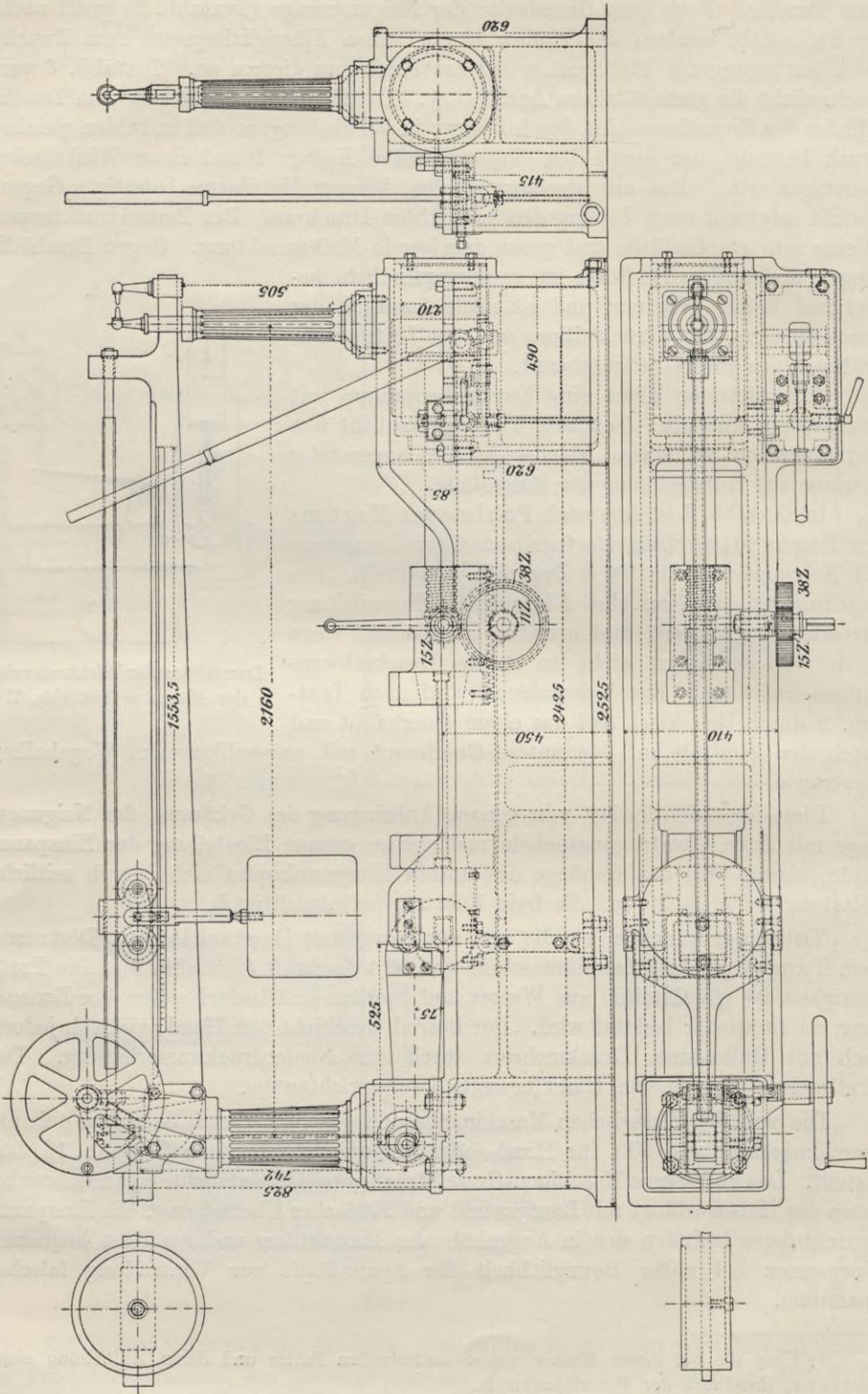
Diese Maschine fordert sehr genaue Anbringung des Gehänges, der Neigungswage mit ihren Übertragungshebeln und ebenso genaue Einstellung der Einspannköpfe, damit sich das Gehänge des untern Einspannkopfes nicht durch seitliche Belastung schief stellt und die freie Führung beeinträchtigt<sup>3)</sup>.

Vielfach gebräuchlich ist die von der Bauanstalt Deutschland in Dortmund nach Tangye gebaute Zerreißmaschine von 50 t Zugkraft (Textabb. 9). Die Preßflüssigkeit ist ein Gemisch aus Wasser und Spiritus und bedarf selten der Erneuerung, da sie wieder benutzt wird. Der Betrieb geschieht von Hand, vielfach jedoch auch mit Hülfe eines Druckmehrsers durch eine Niederdruckwasserleitung. Der Kraftmesser ist eine von Hand bewegte Laufgewichtswage.

Die von der Elsässischen Maschinenbau-Gesellschaft Grafenstaden gebaute Zerreißmaschine von 50 t für Hand- oder Riemen-Betrieb ist in Textabb. 10 dargestellt. Das gußeiserne Maschinen-Gestell trägt oben die senkrechte Spannschraube, unten das Hebelgestänge mit Laufgewicht und 200facher Übersetzung. Die Einspannvorrichtungen befinden sich in Augenhöhe des Beobachters und gestatten bequemes Einspannen bei voller Beweglichkeit der Spannköpfe zur Vermeidung falscher Spannung.

<sup>3)</sup> Über die bei dieser Bauart weiter auftretenden Fehler und deren Aufhebung siehe Martens, Handbuch der Materialienkunde.

Abb. 9.

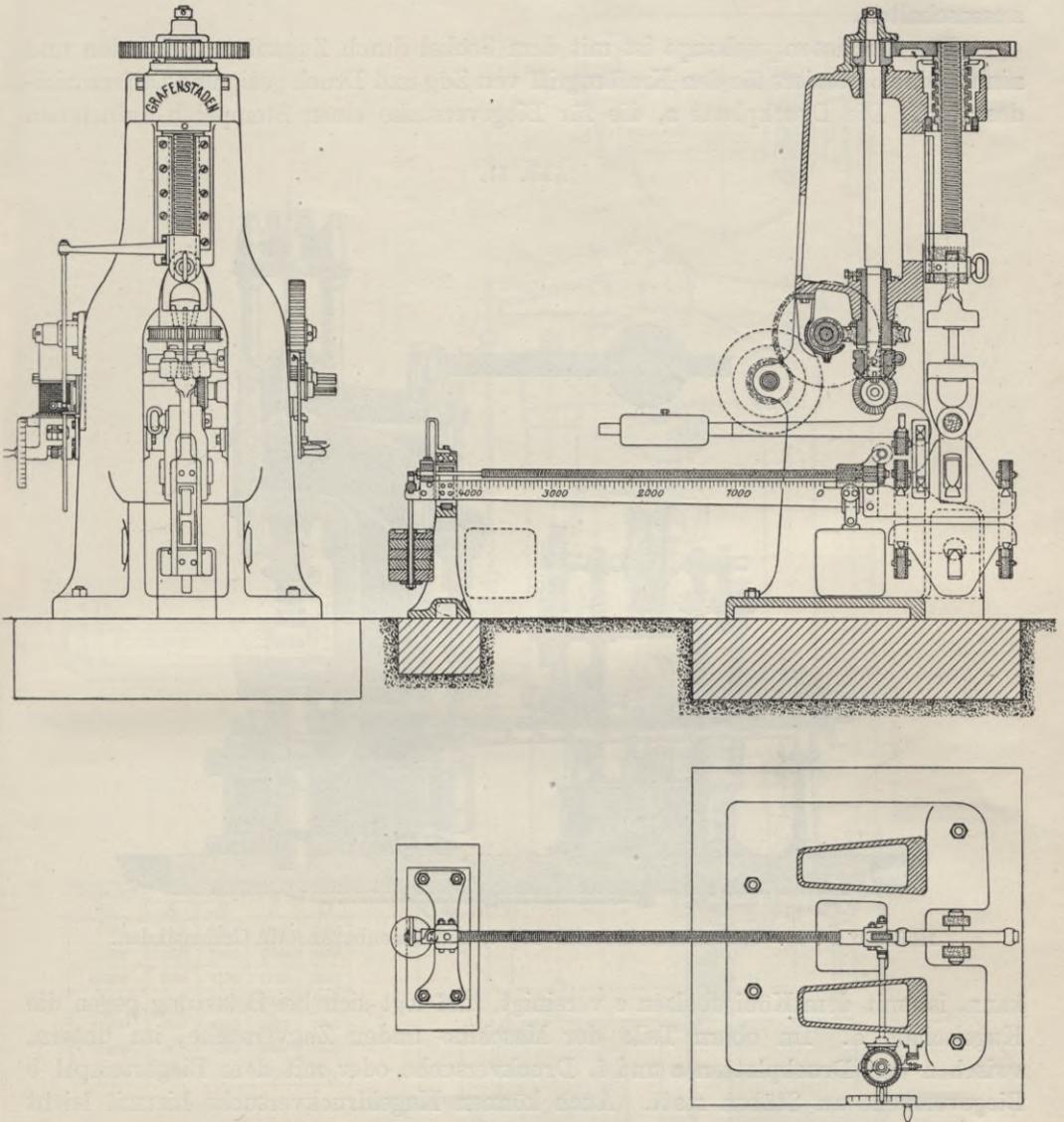


Maßstab 2 : 35. Zerreißmaschine für 50 t nach Tangye, Maschinenbauanstalt „Deutschland“ in Dortmund.

Textabb. 11 zeigt eine Zerreißmaschine von demselben Werke für 100 t Zugkraft für Betrieb mit Preßflüssigkeit.

Die Mannheimer Maschinenfabrik vormals Mohr und Federhaff baut Zerreißmaschinen mit Riemenbetrieb nach Textabb. 12 und 13. Der untere beweg-

Abb. 10.



Maßstab 1 : 32. Zerreißmaschine für 50 t, Maschinenbauanstalt Grafenstaden.

liche Einspannkopf wird durch ein Reibrädergetriebe bewegt, und kann bei Stillstand durch Kurbel, Vorgelege und Schneckengetriebe leicht in die gewünschte Höhenlage gebracht werden.

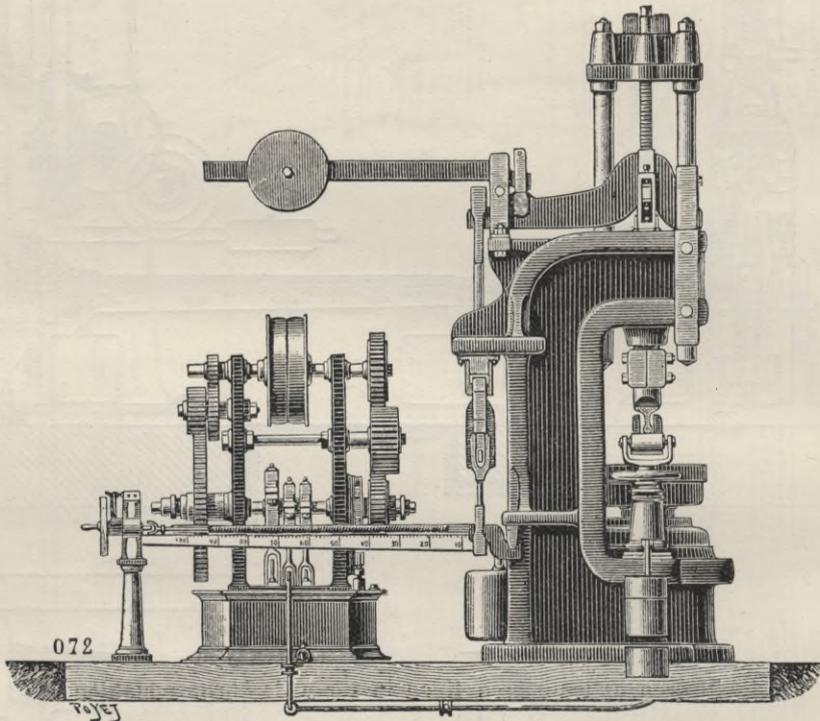
Der obere Einspannkopf hängt in einer Hebelanordnung, die eine von Hand oder selbsttätig elektrisch betriebene Laufgewichtswage betätigt. Hierbei tritt

durch das Spiel der Wage ein Elektromagnet mit Trockenzelle in Tätigkeit, der das Laufgewicht auf dem Balken verschiebt. Die Wage wird daher stets im Gleichgewichte gehalten, und läßt jeden Augenblick die Belastung des Probestabes erkennen.

Eine Prüfmaschine für Zug und Druck mit Meßdose von demselben Werke zeigt Textabb. 14. Das wesentliche Merkmal ist die Trennung der Druckmesser von der Maschine, um die Erschütterungen bei plötzlichem Bruche des Stabes auszuschalten.

Das Meßdosenquerhaupt ist mit dem Sockel durch Zuganker verbunden und nimmt eine besonders für den Kraftangriff von Zug und Druck geeignete Differenzialdose auf. Die Druckplatte a, die für Biegeversuche einen Stempel b aufnehmen

Abb. 11.



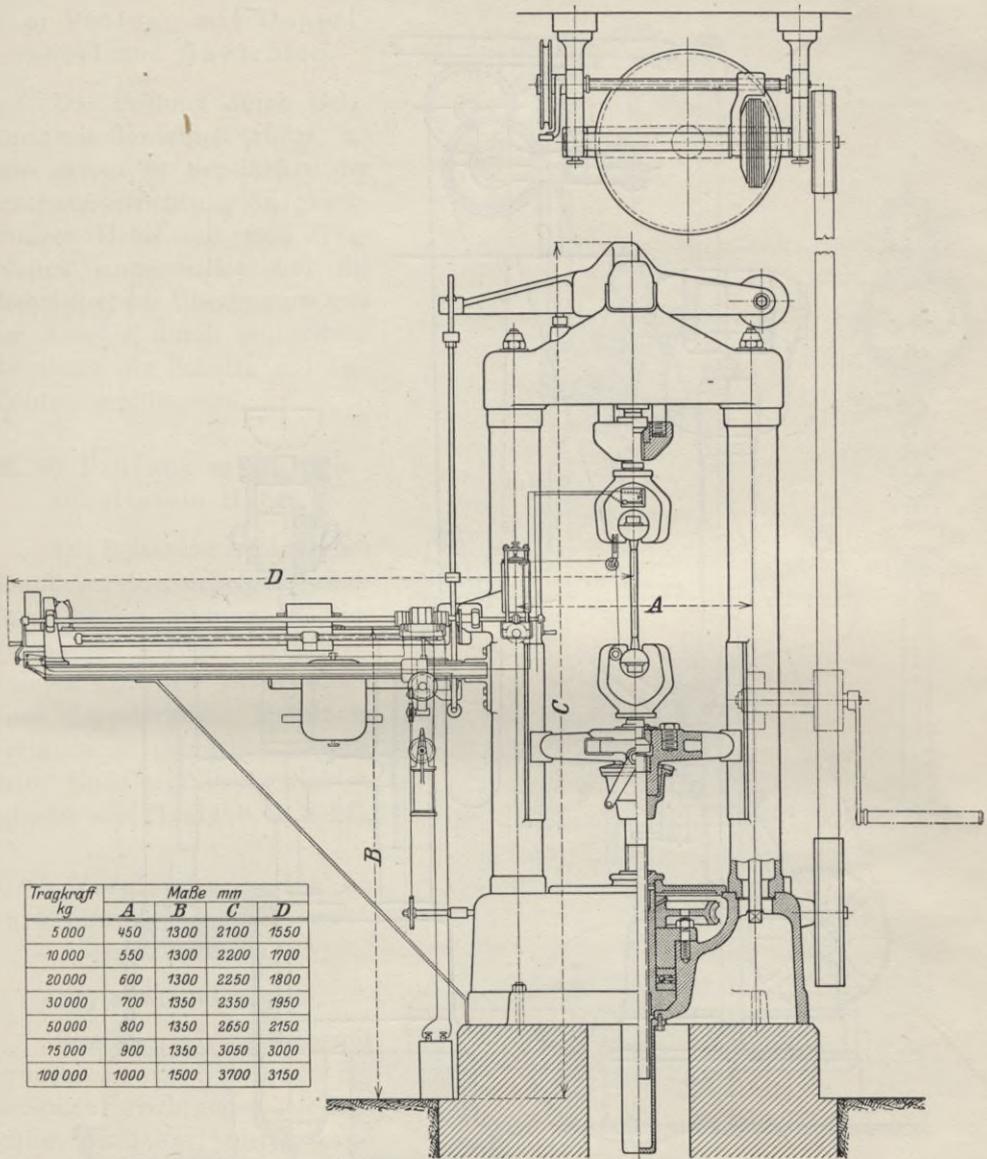
Maßstab 1 : 35. Zerreißmaschine für 100 t, Maschinenbauanstalt Grafenstaden.

kann, ist mit dem Königsbolzen c vereinigt, und legt sich bei Belastung gegen die Kugelschale d. Im oberen Teile der Maschine finden Zugversuche, im unteren, zwischen den Druckplatten a und f, Druckversuche oder mit dem Biegestempel b Biegeversuche an Stäben statt. Auch können Kugeldruckversuche hiermit leicht ausgeführt werden.

Textabb. 15 zeigt eine Ausführung der Düsseldorfer Maschinenbau-Aktiengesellschaft vormals J. Losenhausen „Immerfertig“, die für Zug-, Biege-, Druck-, Knick-, Scher- und Dreh-Proben ohne Umbau eingerichtet und mit Kraftmessung durch Wasserdruckmeßdose, Druckmesser, unmittelbarem elektrischem Antriebe mit Reibungsvorgelege, mit Nachprüf-Druckmesser, Feinmeß-Kraftanzeiger, Dehnungsmesser mit Feinmeßzeiger und Wasserdruck-Aufzeichner ausgestattet ist.

Eine liegende Maschine nach Werder, von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, für 100 t Belastung, die zur Vornahme von Zug-, Druck-, Biege-, Scher-, Loch-, Knick- und Dreh-Versuchen geeignet ist, zeigen Textabb. 16 und 17.

Abb. 12.



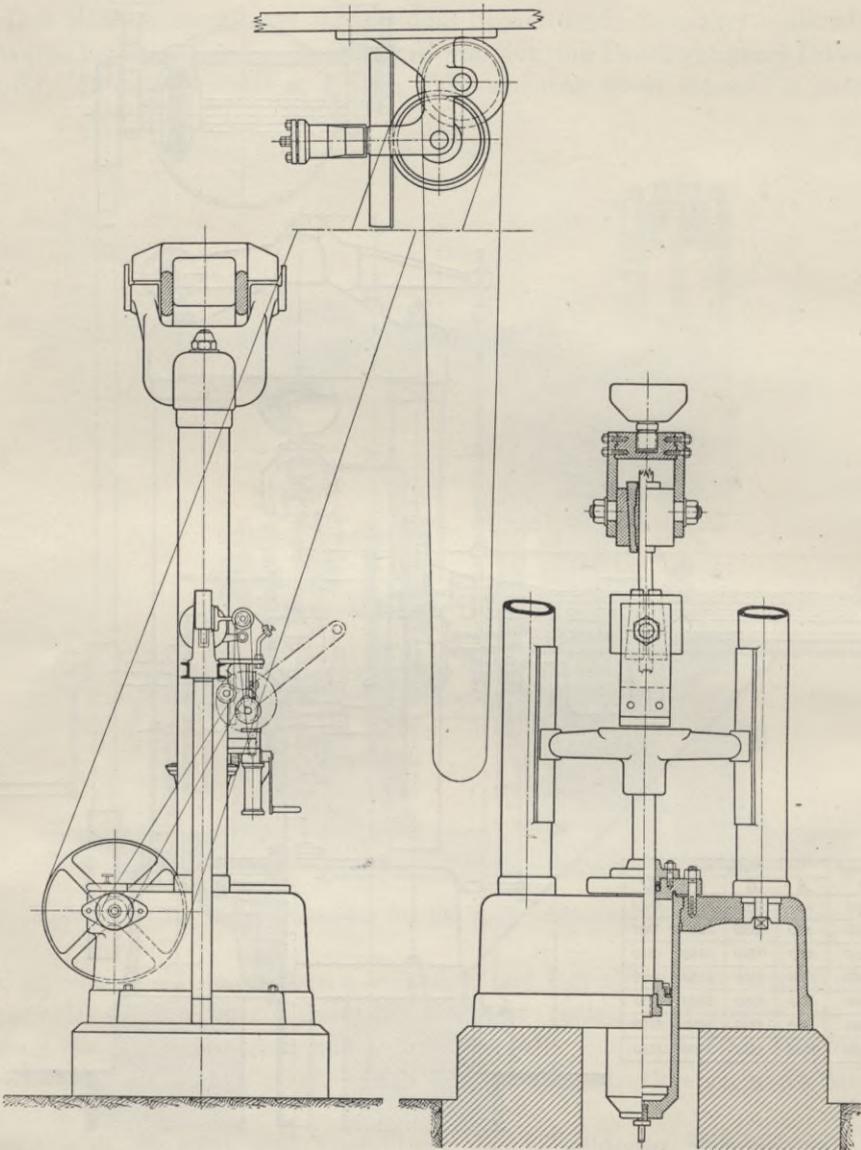
Tragkraft kg	Maße mm			
	A	B	C	D
5 000	450	1300	2100	1550
10 000	550	1300	2200	1700
20 000	600	1300	2250	1800
30 000	700	1350	2350	1950
50 000	800	1350	2650	2150
75 000	900	1350	3050	3000
100 000	1000	1500	3700	3150

Maßstab 1 : 25. Zerreißmaschine mit Laufgewicht für 5 t bis 100 t, Mohr und Federhaff, Mannheim, Vorderansicht.

Der Antrieb der Maschine erfolgt durch Wasserdruck von 150 at. Als Kraftmesser dient nur eine doppelarmige Hebelwaage mit einer Mindestzahl von Schneiden. Die Belastung wird durch Gewichte auf der am vordern Ende des Hebels hängen-

den Schale ermittelt; außerdem ist die Wage der Maschine noch als Laufgewichtswage für einen Meßbereich bis 6 t ausgebildet. Die Länge des Maschinenbettes wird meist so ausgeführt, daß Zugproben bis 9,5 m und Knickproben bis 7,5 m Länge ausgeführt werden können. Die Längen-Einstellung der Maschine erfolgt durch

Abb. 13.



Maßstab 1 : 25. Hinter- und Seiten-Ansicht zu Textabb. 12.

besondere Zwischenstücke, Laternen genannt, die sich gegen das Maschinengestell stützen. Die größte Spannweite für Biegeproben beträgt 3 m. Wegen ihrer allgemeinen Verwendbarkeit hat die Maschine Verbreitung in staatlichen Versuchsanstalten und großen Hüttenwerken gefunden.

### a. 2) Prüfung der Maschinen.

Zur Prüfung der Richtigkeit der Angaben der Zerreißmaschinen werden folgende Verfahren benutzt:

Abb. 14.

#### 2. a) Prüfung mit Doppelhebel und Gewichten.

Die Prüfung durch Belastung mit Gewichten erfolgt, indem genau in der Achse der Einspannvorrichtung ein gleicharmiger Hebel mit zwei Wagschalen eingeschaltet und die Richtigkeit der Übertragung und der Anzeige durch stufenweise Belastung der Schalen mit Gewichten geprüft wird.

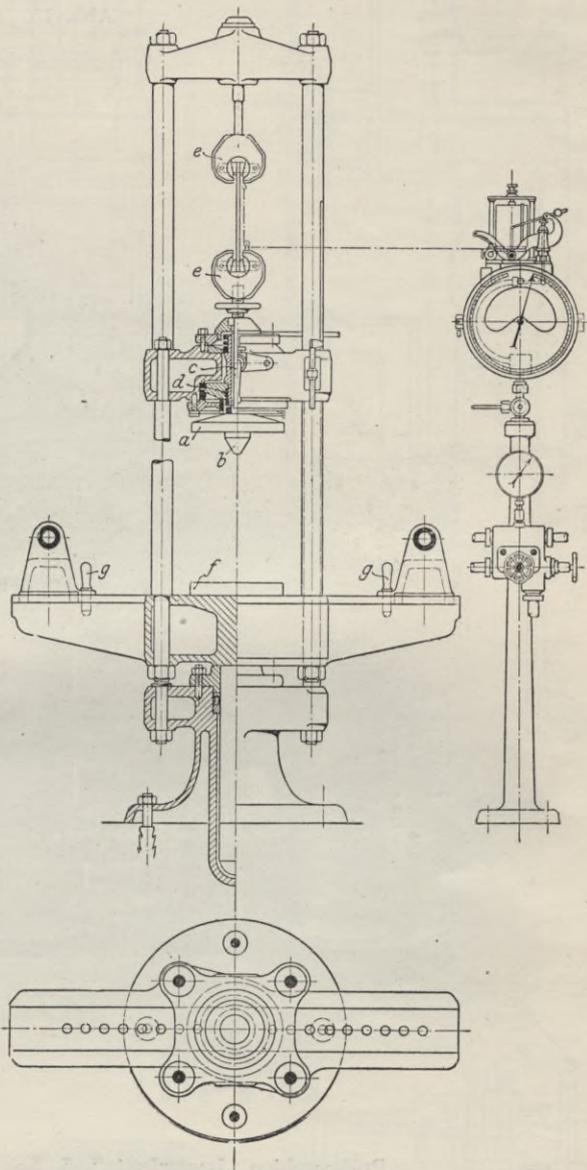
#### 2. $\beta$ ) Prüfung mit eingeschaltetem Hebel.

Die Belastung erfolgt unter Benutzung einer zwischengeschalteten Hebelvorrichtung. Die Einspannköpfe werden durch Zugstangen mit den Drehpunkten eines doppelarmigen Hebels in Verbindung gebracht, dessen freies Ende mit Prüfungsgewichten belastet wird (Textabb. 18, S. 26).

#### 2. $\gamma$ ) Vergleichung der zu prüfenden Maschine mit einer andern.

##### $\gamma$ . A) Mittels Wasserpresse.

Eine Wasserdruckpresse mit Druckmesser wird zwischen die Einspannvorrichtungen der Maschine geschaltet; hierzu kann auch die Meßdose verwendet werden.



Prüfmaschine für Zug und Druck, Mohr und Federhaff.

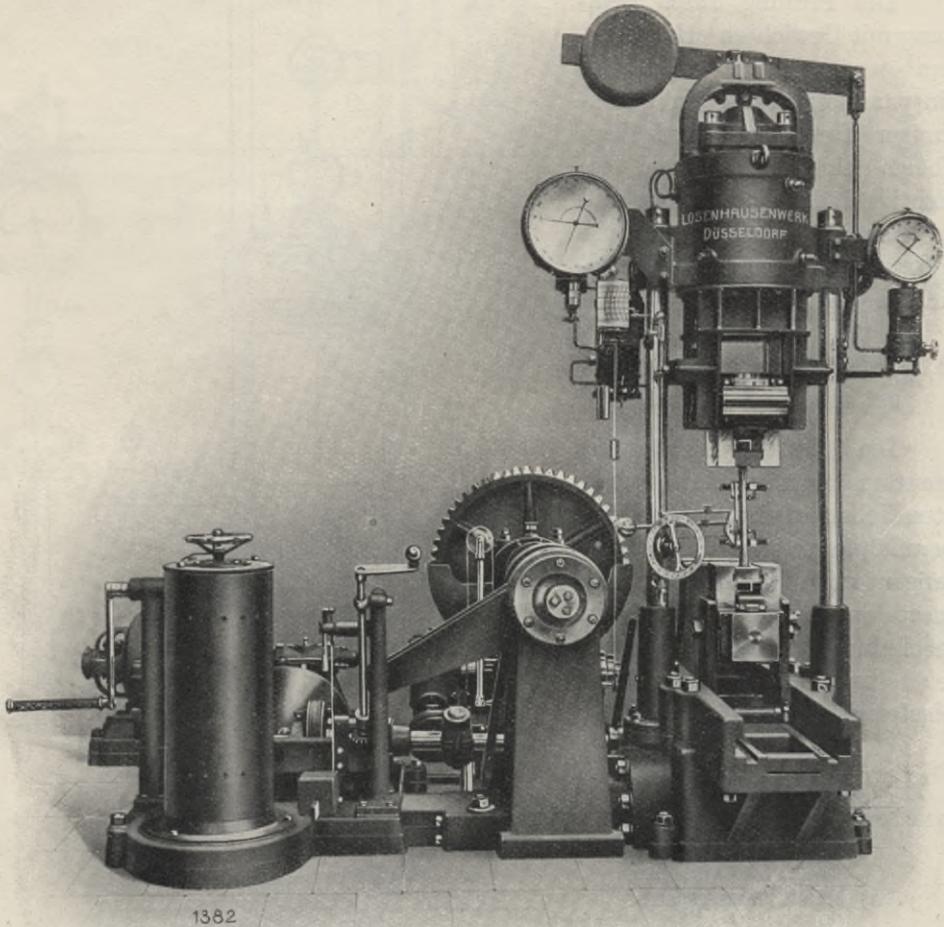
##### $\gamma$ . B) Mittels Prüfstabes.

Derselbe Stab wird nach einander in die zu vergleichenden Maschinen gespannt und beobachtet.

## a. 3) Vornahme der Prüfungen.

Häufige Nachprüfung der Zerreißmaschinen auf richtiges Arbeiten ist geboten. Die allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlage von Dampfkesseln vom 17. XII. 1908 fordern in Anlage I, 4, daß die Zerreißmaschinen für Kessel-

Abb. 15.



Prüfmaschine „Immerfertig“, J. Losenhausen, Düsseldorf.

bleche mindestens alle drei Monate einmal durch einen Sachverständigen auf richtiges Arbeiten aller Teile untersucht werden sollen. ber diese Untersuchung ist ein Befundbericht aufzunehmen, der bei der Vornahme von Prüfungen auf Verlangen vorzulegen ist.

Für den Abnahme-Beamten ist eine schnelle Nachprüfung der Richtigkeit

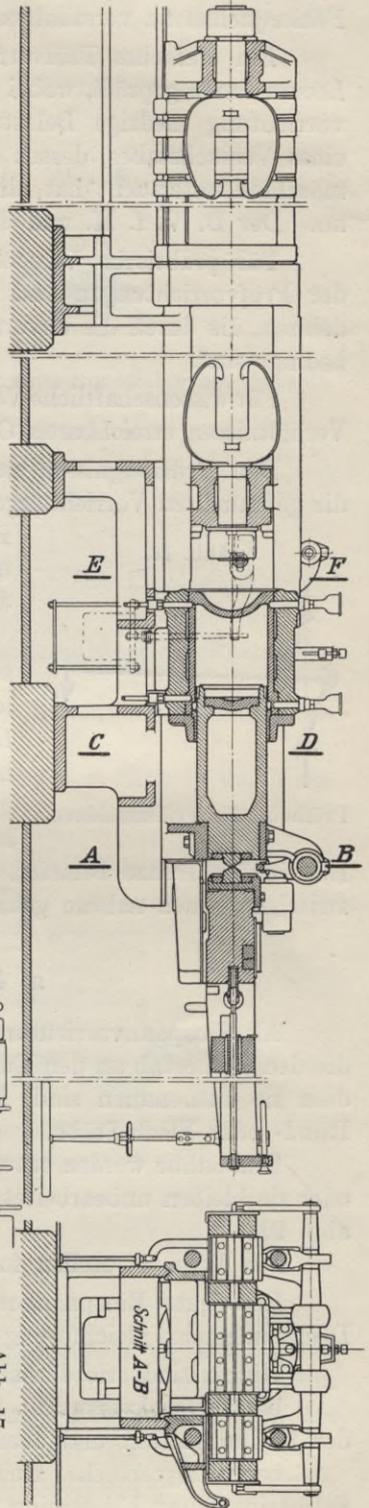


Abb. 16.

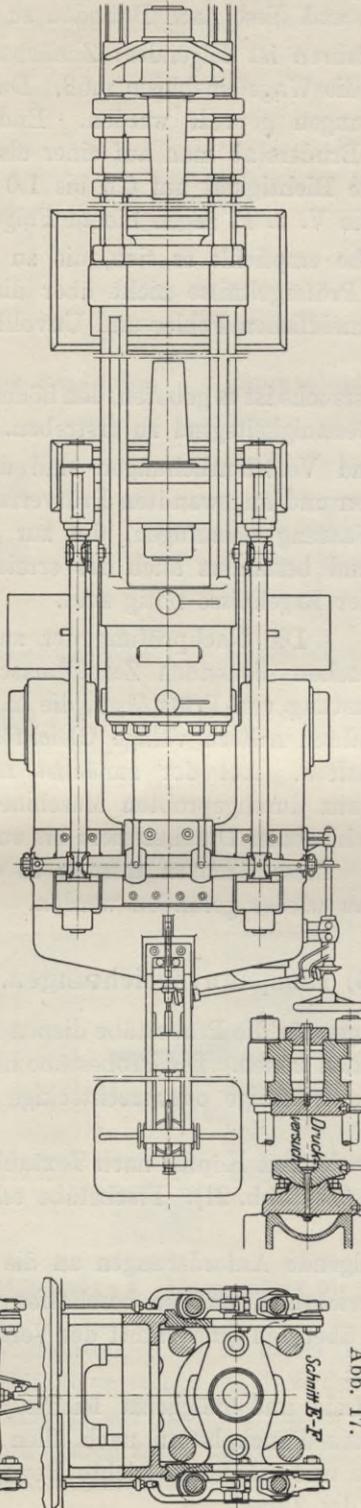
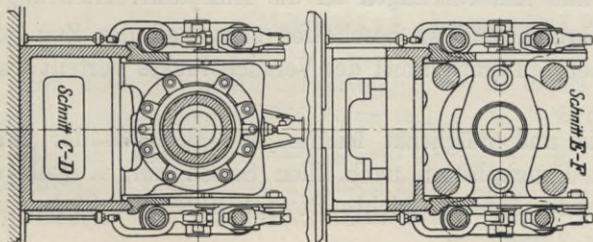


Abb. 17.

Maßstab 1 : 32. Prüfmaschine für 100 t nach Werder, Maschinenbauanstalt Augsburg-Nürnberg.  
Ansicht, Längsschnitt, Grundriß und Schnitt AB.



Maßstab 1 : 32. Schnitt EF  
und CD zu Textabb. 16.

der Maschine von Bedeutung. Er hat sich zunächst ein Bild von den möglichen Fehlerquellen zu verschaffen und diese nach Befinden zu untersuchen.

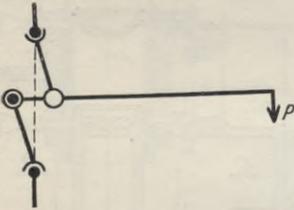
Ein einfaches Prüfverfahren ist folgendes: Zunächst wird die Maschine im Leerzustande geprüft, wobei die Wage einspielen muß. Dann können mit der Prüfvorrichtung niedrige Belastungen geprüft werden. Endlich gibt das Zerreißen eines Versuchstabes, dessen Bruderstab man auf einer als richtig erkannten Prüfmaschine untersucht hat, die Richtigkeit auf 0,5 bis 1,0 kg/qmm Zugunterschied an. Der D. V. f. M. und die V. z. P. sagen hierzu Folgendes.

Für praktische Versuche empfiehlt es sich, die zu erstrebende Genauigkeit der Prüfvorrichtungen und Prüfergebnisse nicht über diejenigen Grenzen auszuweiten, die durch die unvermeidlichen Fehler und Unvollkommenheiten der Stoffe bedingt sind.

Für wissenschaftliche Versuche ist es geboten, den höchsten, unter den gegebenen Verhältnissen erreichbaren Genauigkeitsgrad zu erstreben.

Den Prüfzeugnissen und Veröffentlichungen sind diejenigen Angaben über die gebrauchten Vorrichtungen und angewandten Prüfverfahren in möglichst kurzer Fassung beizufügen, die zur Beurteilung des Wertes und besonders auch des erreichten Genauigkeitsgrades der Ergebnisse nötig sind.

Abb. 18.



Prüfhebel für Prüfmaschinen.

Die Nachprüfung der zu wissenschaftlichen Versuchen dienenden Zerreißmaschinen erfolgt durch Belastung von Prüfstäben, die in einem verwickelten Verfahren nahezu völlige Gleichförmigkeit des Stoffes erhalten. Auf der zunächst mit der Prüfvorrichtung ganz durchgeprobten Maschine werden Prüfstäbe verschiedenen Durchmessers bis zur Proportionalitäts- oder Elastizitäts-Grenze belastet. Diese Grenzen müssen in den verschiedenen Prüfzwischenräumen nahezu genau wieder gefunden werden.

#### a. 4) Einspannvorrichtungen.

Als Einspannvorrichtungen für die Probestäbe dienen Spannköpfe oder Mäuler, die den Probestab an den Enden fassen. Die Probestäbe haben je nach dem Stoffe, dem sie entnommen sind, kreisförmige oder rechteckige Querschnitte, sind also Rund- oder Flach-Stäbe.

Rundstäbe werden entweder mit Köpfen nach Textabb. 19 oder 20 ausgeführt, oder sie bleiben unbearbeitet (Textabb. 21). Flachstäbe erhalten Köpfe nach Textabb. 22.

Die V. z. P. stellen folgende Anforderungen an die Einspannvorrichtungen.

Eine gute Einspannvorrichtung muß so beschaffen sein, daß der Zug oder Druck möglichst gleichförmig über den Querschnitt des Versuchstückes verteilt wird.

Hierzu sind erforderlich:

beim Druckversuche: freie und möglichst leichte Beweglichkeit der einen der beiden glatten und ebenen Druckplatten nach allen Seiten hin, Kugellager;

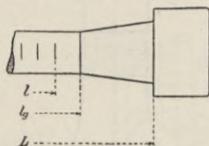
beim Zugversuche: freie und möglichst leichte Beweglichkeit des Stabes zur Selbsteinstellung bei Beginn des Zuges.

Diese Bedingungen erfüllen erfahrungsgemäß:

bei Rundstäben: die Kugellagerung; am besten die mit ungeteilter Kugelschale;

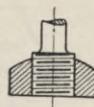
bei Flachstäben: Einspannloch und Bolzen, wenn die Löcher genau in der Stabmittellinie stehen;

Abb. 19.



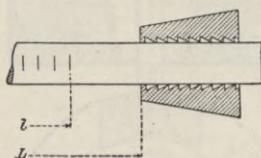
Kegelförmiger Einspannkopf des Rundstabes.

Abb. 20.



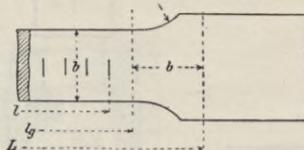
Einspannkopf eines Rundstabes mit Gewinde.

Abb. 21.



Unbearbeiteter Einspannkopf eines Rundstabes.

Abb. 22.

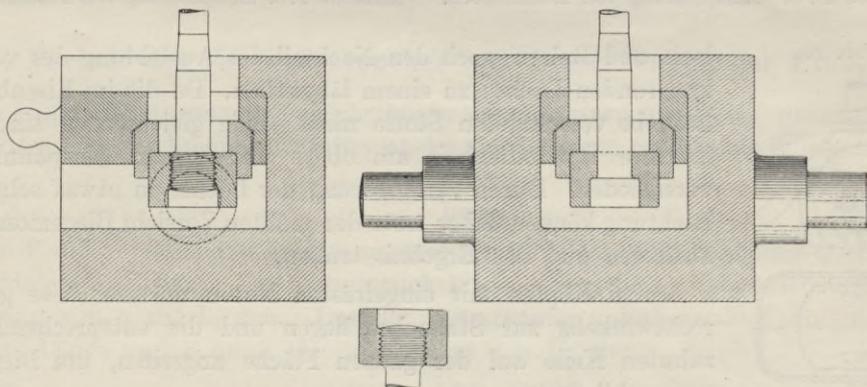


Unbearbeiteter Einspannkopf eines Flachstabes.

Köpfe mit eingefrästen Nuten und entsprechenden Keilen, wenn schiefe Beanspruchungen ausgeschlossen sind;

Einbeißkeile, Keile mit rauen Greifflächen, wenn sie den Stab in der Mitte der Kopffläche fassen.

Abb. 23.



Maßstab 1 : 5. Einspannkopf für 5 t.

Bei allen Einspannvorrichtungen ist in erster Linie darauf zu achten, daß keine Biegespannungen im Stabe entstehen, da diese das Ergebnis wesentlich trüben. Die Flachstäbe müssen daher genau gleichgerichtete Seitenflächen und nicht, wie es bei Formeisenproben vorkommen kann, keiligen Querschnitt von ungleichmäßiger Dicke haben. Die Köpfe von Rundstäben müssen überall dicht anliegen; bei Flachstäben mit Einspannloch und Bolzen müssen diese genau in der Stabachse liegen.

Abgesehen von der Schwierigkeit der genauen Ausführung und der Umständlichkeit, sich durch Nachmessen davon zu überzeugen, hat die Verwendung von Einspann-

Abb. 24.

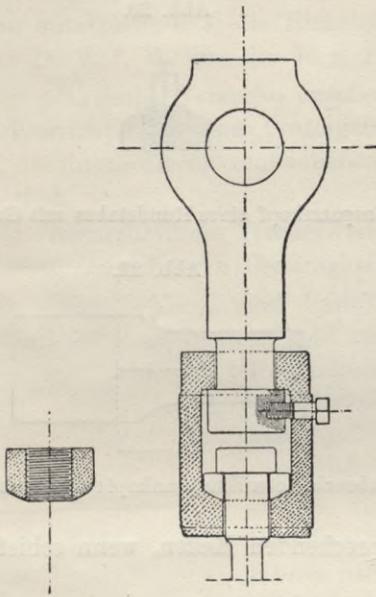
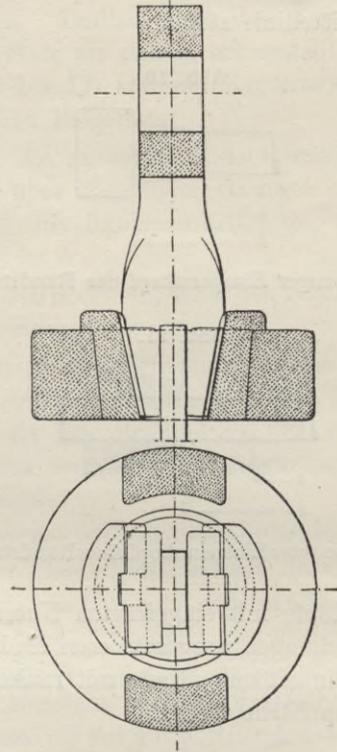
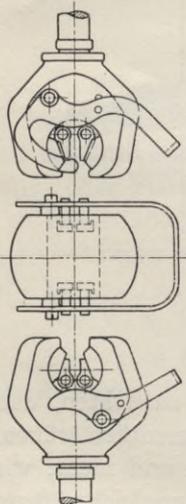


Abb. 25.



Maßstab 1 : 5. Einspannung von Rundstäben.      Maßstab 1 : 5. Einspannung von Flachstäben.

Abb. 26.



Maßstab 1 : 15.  
Schnellspann-Vorrichtung.

loch und Bolzen noch den Nachteil der Ausbildung des vorher kreisrunden Loches zu einem länglichen. Da die im Eisenbahnbetriebe verwendeten Stoffe nicht völlig gleichförmig sind, so ist ihre Beschaffenheit am obern und untern Einspannloche verschieden. Durch Verlängerung der Löcher in etwas schräger Richtung können daher trotz der größten Vorsicht Biegemomente auftreten und das Ergebnis trüben.

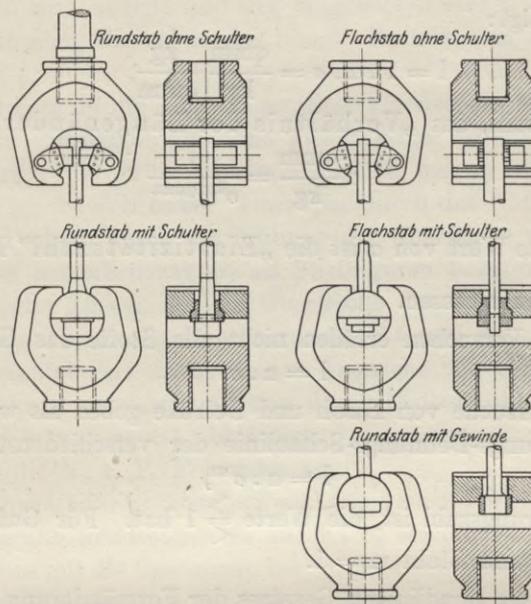
Bei Köpfen mit eingefrästen Nuten müssen diese genau rechtwinkelig zur Stabachse liegen und die entsprechend gezahnten Keile auf der ganzen Fläche angreifen, um Biegung auszuschließen.

Am zweckmäßigsten erscheint auch für Flachstäbe die Kugellagerung mit breiten Keilbeilagen mit Feilenhieb, die sich in der Mitte der Kopffläche einbeißen. Um dies sicher zu erreichen, kann man den Kopf des Flachstabes durch Fräsen etwas brechen.

In den Textabb. 23—25 ist eine Anzahl der gebräuchlichen Einspannvorrichtungen angegeben.

Textabb. 26 stellt Doppelspannköpfe dar, in die durch Umdrehen Probestäbe mit und ohne Schultern eingespannt werden können. Neuerdings bedient man sich der Köpfe für beliebige Einspannung nach Textabb. 27, die eine Bohrung zum Prüfen von runden oder prismatischen Stäben mit oder ohne Schultern haben. Die Stäbe werden außerhalb der Maschine in einer einfachen Lehre in die Keile eingelegt und in die Köpfe eingeschoben, wobei durch Anschläge für mittige Einstellung gesorgt ist.

Abb. 27.



Maßstab 1 : 15. Spannkopf für verschiedene Stabformen mit und ohne Schulter.

**a. 5) Verlauf des Zerreiversuches und Abmessungen der Probestäbe.**

Unter Voraussetzung gleichmäßiger Zugbeanspruchung des ganzen Querschnittes und gleichmäßigen Stoffes ist die auf das qmm entfallende Zugspannung  $\sigma$

$$\text{Gl. 1) } \dots \dots \dots \sigma^{\text{kg/qmm}} = \frac{P^{\text{kg}}}{F^{\text{qmm}}}$$

worin P die aufgewendete und gemessene Kraft, F den ursprünglichen Querschnitt des Stabes bezeichnet. Ein ursprünglich L mm langes Stück dehnt sich unter Einwirkung von  $\sigma$  auf  $L_1$  mm. Das der Betrachtung unterliegende Probestück von L mm Länge und F qmm Querschnitt hat den Inhalt:

$$\text{Gl. 2) } \dots \dots \dots J^{\text{ebmm}} = L^{\text{mm}} \cdot F^{\text{qmm}}$$

Bei demselben Probestabe ergibt das jeweilige Verhältnis zwischen Länge und Querschnitt bei wachsender Zugspannung eine auf ihre Asymptoten als Achsen bezogene gleichseitige Hyperbel. Mit zunehmender Längenänderung ist eine gesetzmäßige Querschnittsminderung verbunden.

Bis zu einer gewissen Belastung stehen die Verlängerungen in geradem Verhältnis zur Belastung und Länge und im umgekehrten zum Querschnitte. Die

„Verlängerungsziffer“  $\alpha$  gibt die Verlängerung der Längeneinheit eines Stabes von 1 qmm Querschnitt bei Anwachsen der Spannung um 1 kg/qmm an, sie hängt von der Beschaffenheit des Stoffes des Stabes ab, die Einheitsbezeichnung von  $\alpha$  muß also als  $\frac{\text{mm}}{\text{mm kg/qmm}} = \frac{\text{qmm}}{\text{kg}}$  aufgefaßt werden.

Danach ist die Verlängerung:

Gl. 3) . . . . .  $L_1 - L = l^{\text{mm}} = \alpha \frac{P}{F} L = \alpha \cdot \sigma \cdot L.$

Für:  $L = 1$  folgt:

Gl. 4) . . . . .  $1 = 1 \cdot \alpha \cdot \sigma = \frac{\text{qmm}}{\text{kg}} \frac{\text{kg}}{\text{qmm}}$

als reine Verhältniszahl, das „Verhältnis der Längenänderung“ und

Gl. 5) . . . . .  $\alpha \frac{\text{qmm}}{\text{kg}} = \frac{1}{\sigma^{\text{kg/qmm}}}$

Der umgekehrte Wert von  $\alpha$  ist die „Elastizitätszahl“  $E$  der Einheit  $\frac{\text{kg}}{\text{qmm}}$ , also als Spannung aufzufassen.

Nach neueren Versuchen erfüllen nicht alle Stoffe das Gesetz von Hooke:

$$l = \alpha \cdot \sigma.$$

Eingehende Versuche von Bach und Schüle geben als wahrscheinliches Gesetz für die Spannungs-Dehnungs-Schaulinie der verschiedensten Stoffe die Beziehung:

$$l = \alpha \cdot \sigma^m,$$

worin  $m$  eine Erfahrungszahl ist, die Werte  $\geq 1$  hat. Für Gußeisen ist  $m$  größer als 1, für Flußeisen und Stahl  $m = 1$ .

Die Grenze dieses geradlinigen Gesetzes der Formänderung wird „Proportionalitätsgrenze“ genannt, auch sie ist demnach eine Spannung.

Bei zunehmender weiterer Belastung folgen die Verlängerungen nicht mehr einem geradlinigen Gesetze; nach vollständiger Entlastung verschwinden sie aber wieder und der Körper nimmt seine ursprüngliche Form wieder an.

Unter Elastizitätsgrenze versteht man diejenige Spannungsgröße, bei der der Körper anfängt, eine bleibende Formänderung zu zeigen. Die Genauigkeit ihrer Bestimmung hängt ab von der Güte der zu Gebote stehenden Feinmeßvorrichtungen, der scharfen Beobachtungsgabe des Prüfenden und der zwischen wiederholter Be- und Entlastung liegenden Zeit.

Die V. z. P. bestimmen hierzu folgendes:

Die Feinmeß-Vorrichtungen zur Bestimmung der Elastizitäts- und Proportionalitäts-Grenze sollen die Längenänderungen bis auf 0,0005 % genau anzeigen.

Als Elastizitätsgrenze gilt die Spannung, bis zu der der Stoff in praktisch ausreichender Weise noch als vollkommen elastisch gelten kann.

Diese Grenze kann bei etwa 0,001 % bleibender Formänderung angenommen werden.

Als Proportionalitätsgrenze gilt die Spannung, bis zu der die Dehnungen für gleiche Spannungsänderungen um etwa 1 kg/qmm gleich groß bleiben; jede neue Dehnung gilt hier als von gleicher Größe mit der vorausgegangenen, so lange sie

vom Mittelwerte der vorausgegangenen um nicht mehr als 0,0005 % der beobachteten Dehnung abweicht.

Im täglichen Betriebe beobachtet man bei einer gewissen Belastung ein plötzliches, stark bemerkbares Fließen und Strecken des Stabes, diese Grenzspannung bezeichnet man als Streck- oder Fließ-Grenze. Sie wird in roher Weise bestimmt durch Einsetzen zweier Körnerspitzen in 100 oder 200 mm Abstand in die auf dem Versuchstabe angekörnten oder auch angerissenen Marken und Beobachtung der Belastung, bei der eine deutlich wahrnehmbare Streckung des Versuchstabes um 0,5 mm bis 0,75 mm eintritt und der Wagebalken stehen bleibt oder plötzlich abfällt. Die Bestimmung dieser Grenze hängt ebenfalls von der Genauigkeit der Beobachtung ab.

Für sehr dehnbare Stoffe kann unter Streckgrenze die Spannung verstanden werden, bei der die Formänderung ohne gleichzeitiges Anwachsen der Spannung zunimmt. Je geringer die Prüfgeschwindigkeit ist, um so sicherer ist ihre Lage zu bestimmen. Sie macht sich ferner bemerkbar durch das Abfallen von Walksinter bei unbearbeiteten Proben, durch die Trübung der Oberfläche polierter Proben und durch das Auftreten bemerkenswerter, als Fließfiguren bekannter, unter 45° gegen die Stabachse geneigter Linien, die der Oberfläche des Stabes ein gewebeähnliches Aussehen geben. Man kann die Streckgrenze leicht und genau kenntlich machen, indem man den Eisenstab mit einem dünnen Anstriche von Gips, Kreide oder einer anderen spröden Schicht versieht, und nun durch Beobachtung die Spannung feststellt, bei der der Überzug zuerst abblättert.

Hierzu geben die V. z. P. Folgendes an.

Die Streckgrenze ist für praktische Zwecke mit einer Vorrichtung zu bestimmen, die die Längenänderung mindestens bis auf 0,1 % schätzen läßt.

Als Streckgrenze gilt die Spannung, bei der die bleibende Verlängerung zwischen 0,2 und 0,5 % liegt.

Die Streckgrenze läßt sich hiernach am bequemsten mit einem nach Hundertteilen der Meßlänge eingeteilten Maßstabe bestimmen. Bei vielen Stoffen deutet schon das Stehenbleiben oder Fallen des Kraftanzeigers die Streckgrenze genau genug an.

Die Streckgrenze, die häufig mit der Elastizitätsgrenze verwechselt wird, liegt bei weichem Flußeisen etwa bei 60 %, bei harten Stahlsorten bei 87,5 % der Bruchspannung. Die Proportionalitätsgrenze liegt bei ungefähr 70 % der Streckgrenze. Diese Zahlen geben jedoch nur ein ungefähres Bild von der Lage der bedeutsamen Grenzen zu einander.

Die Streckung des Stoffes nimmt bei weiterm, langsamem Anwachsen der Belastung zu, bis der Wagebalken plötzlich abfällt, und nun ein starkes örtliches Einschnüren beginnt, das schließlich den Bruch an der geschwächten Stelle unter starker Erwärmung zur Folge hat.

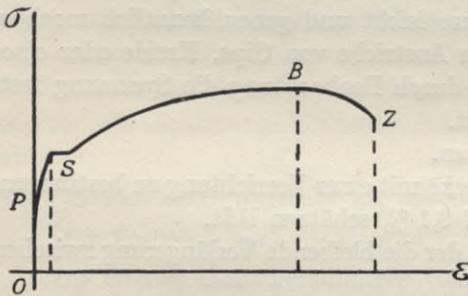
Eine bei weichem Flußeisen selbsttätig aufgezeichnete Dehn-Schaulinie ist in Textabb. 28 wiedergegeben. Die Dehnungen sind als Längen, die zugehörigen Spannungen als Höhen aufgetragen. Die beachtenswerten Punkte in dem Schaubilde eines stetig durchgeführten Zerreiβversuches sind: P = die Proportionalitätsgrenze, S = die Streckgrenze, B = die Bruchlast und Z = die Bruchgrenze.

Textabb. 29 zeigt die Schaulinie eines Probestabes, der nach Erreichung einer bestimmten Belastung jedesmal wieder völlig entlastet, und darauf wieder mit einer

neuen, höhern Belastung beansprucht wurde. In diesem Falle erhält man eine zweite, in Textabb. 29 gestrichelte Linie, die nach Erreichung des Punktes E, der Elastizitätsgrenze, die nun verbleibende Dehnrestlinie angibt. Dieser Linienzug hängt stark von der Länge der zwischen den auf einander folgenden Be- und Entlastungen liegenden Zeiträume ab. Sind diese Zeiten sehr lang, etwa mehrere Tage, so erhält man eine höher liegende E-Grenze, da der Stoff Zeit hat, sich zu erholen, und seine Teile in eine neue Gleichgewichtslage zu bringen. Je kürzer die Zeit, desto weniger ruhig ist der Stoff. Man erkennt hieraus die Schwierigkeit einer genauen Bestimmung der E-Grenze. Bei Abnahme für Eisenbahnzwecke beschränkt sich die Untersuchung meist auf die Feststellung der B-Grenze, die Bestimmung der schließlichen Dehnung und der Querschnittsminderung, höchstens bestimmt man noch die S-Grenze. Bei Abnahme von Kanonenstahl und anderen hochwertigen Metallen wird der Zerreißversuch mit Feinmessung gemacht.

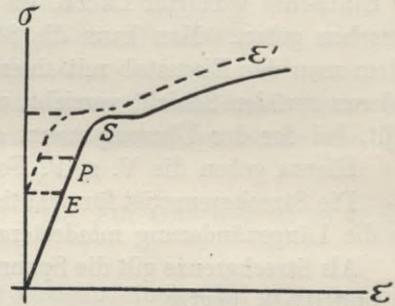
In Wirklichkeit fallen die B- und Z-Grenze nicht zusammen, der Unterschied ist jedoch nicht bedeutend. Die Vorgänge zwischen B- und Z-Grenze folgen sich so schnell, daß es höchst schwierig ist, Z genau zu bestimmen. Man begnügt sich daher

Abb. 28.



Dehnschaulinie einer Zerreißprobe.

Abb. 29.



Dehnlinie eines wiederholt belasteten Stabes.

allgemein mit der Ermittlung der B-Grenze und bezeichnet als Bruchspannung f die aus dem ursprünglichen Stabquerschnitte F und der größten aufgewendeten Belastung P<sub>b</sub> folgende, also:

$$\text{Gl. 6) } \dots \dots \dots f \frac{\text{kg}}{\text{qmm}} = \frac{P_b \text{ kg}}{F \text{ qmm}}.$$

Daher bestimmen die V. z. P. auch:

Als Bruchgrenze gilt die höchste während des Versuches erreichte Spannung.

Die Spannungen an der E-, P-, S- und B-Grenze sollen bis auf 0,1 kg/qmm angegeben werden.

Die Bruchspannung oder Zugfestigkeit sollte tunlich mit Belastungstufen von nicht über 0,5 kg/qmm ermittelt werden.

Die Verlängerung bestimmt man durch Zusammenfügen der beiden Enden des zerrissenen Stabes und Ausmessen der Entfernung L<sub>1</sub> der vor Beginn des Versuches auf dem Stabe angebrachten Körnerschläge des Abstandes von L mm. Die gemessene Abstandzunahme l = L<sub>1</sub> - L bestimmt man meist in % des anfänglichen Abstandes als hundertfaches Verhältnis der Längenänderung:

$$\text{Gl. 7) } \dots \dots \dots 1\% = \frac{L_1 - L}{L} \cdot 100.$$

Wie schon erwähnt, beginnt mit Eintritt der Höchstlast in der Regel ein starkes Einschnüren an der Bruchstelle, die übrigen Stababschnitte sind unbeeinträchtigt. Der Bruch erfolgt stets von der innern Faser aus. Der an der Bruchstelle ermittelte Querschnitt  $F_1$ , in % des Urquerschnittes ausgedrückt, also  $\frac{F_1}{F} \cdot 100$ , gibt ein Maß für die Zähigkeit des Stoffes. Gewöhnlich gibt man an Stelle dieser Zahl die Querschnittsminderung in % des Urquerschnittes an, also die Zahl

$$\text{Gl. 8) } \dots \dots \dots c = \frac{F - F_1}{F} \cdot 100,$$

die man das Verhältnis der Einschnürung nennt.

Damit die Stäbe von beschränkter Länge mit Sicherheit in der zur Verfügung stehenden Meßlänge brechen, müssen sie mit Köpfen versehen werden. Diese Köpfe

von größerem Querschnitte, als der Versuchsquerschnitt haben geringere Spannung, also auch geringere Dehnung als der mittlere Teil. Die Kopfform hat daher eine Rückwirkung auf die benachbarten Versuchsquerschnitte und bewirkt hier verminderte Verlängerung. Die der vollen Dehnung nicht unterliegenden Außenteile a b, c d des erbreiterten Kopfes neben der verlängerten Breite b c des eigentlichen Versuchstabes (Textabb. 30) üben auf die stärker gedehnten Teile innerhalb der Breite des Versuchstabes einen Seitendruck aus, der sich in Erhöhung der Festigkeit und Verminderung der Dehnung äußert. Die entlastende Wirkung der Kopfausbildung nimmt mit wachsender Entfernung vom Kopfe immer mehr ab.

Abb. 30.

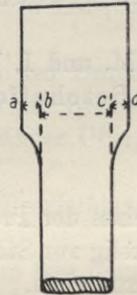
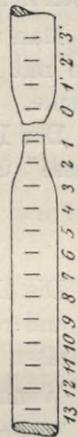


Abb. 31.



Gestalt des Kopfes Zerrissener Rundstab eines Flachstabes. stab mit Teilung.

Die Querschnitte innerhalb der beiden Körnerschläge können der Dehnung Folge leisten. Teilt man deren Abstand mit 10 mm Teilmaß ein (Textabb. 31), und mißt die bis zum Beginne der Einschnürung auftretenden Längenänderungen der einzelnen Abschnitte, so sind diese auf der ganzen Beobachtungslänge einander nahezu gleich und unabhängig von der gewählten Größe des Querschnittes. Flachstäbe aus Kesselblechen von 34 bis 41 kg/qmm Zugfestigkeit ergeben 2 bis 2,2 mm Verlängerung für jede Teilung von 10 mm.

Die örtliche Dehnung in Folge der Einschnürung hängt stark vom Querschnitte und von ihrer Lage zu den Einspannköpfen ab. Die ganze Dehnung eines Stabes ist danach zusammengesetzt aus der Grunddehnung  $l_1$  und der örtlichen Dehnung  $l_2$ .

Aus der Verlängerungsziffer  $a$  folgt die Verlängerung der Länge  $L$  mm durch 1 kg/qmm

$$\text{Gl. 9) } \dots \dots \dots l_1 = a \cdot L.$$

Die örtliche Dehnung kann man nach Bauschinger annehmen zu

$$\text{Gl. 10) } \dots \dots \dots l_2 = \beta \sqrt{F}$$

worin  $\beta$  einen Stoffwert und  $F$  den ursprünglichen Stabquerschnitt bezeichnet. Die ganze Verlängerung in % ist danach:

$$\text{Gl. 11) } \dots \dots \dots \frac{(l_1 + l_2)}{L} \cdot 100 = 100 \left( \alpha + \frac{\beta \sqrt{F}}{L} \right).$$

Für einen zweiten Stab der Länge  $L_m$  mm und des Querschnittes  $F_m$  qmm aus demselben vollkommen gleichmäßig gedachten Stoffe würde sich demnach die Verlängerung zu

$$\text{Gl. 12) } \dots \dots \dots 100 \left( \alpha + \frac{\beta \sqrt{F_m}}{L_m} \right)$$

ergeben.

Sollen die gleichartigen und ähnlichen Stäbe gleiches Verhältnis der Längenänderung zeigen, so muß stattfinden:

$$\text{Gl. 13) } \dots \dots \dots \frac{\sqrt{F}}{\sqrt{F_m}} = \frac{L}{L_m}.$$

Um also gleiche Dehnungen bei gleichartig gedachtem Stoffe zu erhalten, müssen sich die Meßlängen verhalten, wie die Quadratwurzeln aus den Querschnitten.

Man wählt  $L = n \sqrt{F}$ , worin  $n > 1$  sein muß, um den Einfluß der Einspannköpfe mit Sicherheit auszuschließen. Ähnliche Betrachtungen gelten für Druckversuche.

Der D. V. f. M. und I. V. sind nach diesen Erwägungen zu folgendem „Beschlusse“ über die Beschaffenheit und Form der Probekörper gelangt.

### Druckversuch.

Die Druckflächen der Probestücke müssen möglichst eben und gleichgerichtet sein, und rechtwinkelig zur Stabachse stehen; sie sind, soweit möglich, abzuhobeln, abzufräsen oder abzdrehen.

Wenn möglich, ist beim Druckversuche Würfelform zu benutzen.

Wenn quadratischer Querschnitt möglich ist, so empfiehlt es sich, die Länge  $L$  des prismatischen Körpers gleich  $\sqrt{F}$  zu machen, weil das Verhältnis von  $L : \sqrt{F}$  die Druckfestigkeit erheblich beeinflußt.

### Zugversuch.

Querschnittsgröße und Querschnittsform haben bei langen Stäben erfahrungsmäßig keinen Einfluß auf die Festigkeitswerte.

Bei den einschnürenden Stoffen ist das Längenverhältnis  $L = n \sqrt{F}$  von wesentlichem Einflusse auf die Bruchdehnung; daher ist es nötig, den benutzten Wert von  $n$  am einfachsten als Fußzeichen, beispielsweise  $\delta_{5,65} = x\%$  oder  $\delta_{11,3} = y\%$  anzugeben.

Ohne die Kenntnis von  $n$  ist die Bruchdehnung ein unbestimmter Wert, und für die Beurteilung eines einschnürenden Stoffes nicht verwendbar.

Es wird empfohlen, im Anschlusse an den in sehr vielen Ländern gebräuchlichen Rundstab von 20 mm Durchmesser und 200 mm Meßlänge als Regel-Verhältnis  $L = 11,3 \sqrt{F}$  anzuwenden. Für kurze Stäbe wird die Meßlänge  $L = 5,65 \sqrt{F}$  empfohlen.

Wegen des Einflusses der Stabköpfe, oder der Spannköpfe der Maschine bei Stäben ohne Köpfe, auf die Bruchdehnung ist es zweckmäßig, auch die Gebrauchs-

länge  $L_g$ , die Länge des prismatischen Stabteiles, und die freie Länge  $L_f$  zwischen den Stabköpfen oder den Einspannungen nach  $\sqrt{F}$  zu bemessen.

Vorgeschlagen wird vom D. V. f. M.

für Rundstäbe (Textabb. 19 bis 21):

$$L = 11,3 \sqrt{F}; \quad L_g = 12,5 \sqrt{F}; \quad L_f = 20 \sqrt{F} \text{ oder}$$

$$L = 5,65 \sqrt{F}; \quad L_g = 7,0 \sqrt{F}; \quad L_f = 12 \sqrt{F};$$

für Flachstäbe (Textabb. 22):

$$L = 11,3 \sqrt{F}; \quad L_g = 12,5 \sqrt{F}; \quad L_f = 12,5 \sqrt{F} + 2 b \text{ oder}$$

$$L = 5,65 \sqrt{F}; \quad L_g = 7,0 \sqrt{F}; \quad L_f = 7,0 \sqrt{F} + 1,5 b.$$

Hierin ist  $b$  die Breite des prismatischen Stabteiles und  $L_f$  wird von Beginn zu Beginn der Einspannung an den Köpfen gerechnet.

Der I. V. schreibt vor:

Bei Flachstäben wähle man wegen des Einflusses der Querschnittsform auf die Einschnürung möglichst das Verhältnis der Breite zur Dicke mit 3 bis 4. Um bei Probestäben mit Köpfen den Einfluß der Köpfe oder bei Stäben ohne Köpfe den Einfluß der Einspannvorrichtung der Maschine auszuschließen, muß die Länge des prismatischen Stabteiles oder die Länge zwischen den Einspannbacken die Meßlänge wie folgt überschreiten:

bei Rundstäben an jedem Ende mindestens um den Durchmesser,

bei Flachstäben an jedem Ende mindestens um die Breite.

Bei Stäben mit Kopf ist zweckmäßig ein allmäliger Übergang in den Kopf vorzusehen.

Für praktische Versuche soll die Meßlänge bei Rundstäben gleich dem zehnfachen Durchmesser sein.

Bei Flachstäben soll die Meßlänge für Stäbe von 300 qmm Querschnitt und mehr 200 mm, für Stäbe von 200 bis 300 qmm Querschnitt 160 mm betragen, oder nach der Formel  $L^{\text{mm}} = 11,3 \sqrt{F^{\text{qmm}}}$  bestimmt werden.

Diese Feststellung trägt zunächst dem Umstande Rechnung, daß sich die Lieferbedingungen für Bleche und Flacheisen unter Annahme einer Meßlänge von 200 mm entwickelt haben, und entspricht auch den praktischen Rücksichten auf die Herstellung der Proben. Stäbe verschiedener Dicke können beim Fräsen gemeinsam bearbeitet, Rundstäbe müssen ohnehin einzeln bearbeitet werden; daher kann man die Stäbe leicht der Formel entsprechend herstellen.

## a. 6) Einfluß der Herstellungsweise der Baustoffe auf das Ergebnis der Proben.

Das der Bestimmung der Meßlänge zu Grunde liegende Gesetz ist das „Gesetz der Ähnlichkeiten“ nach Barba oder das „Gesetz der proportionalen Widerstände“ nach Kick und lautet allgemein ausgedrückt:

Geometrisch ähnliche Körper aus gleichem und gleichförmigem Stoffe erfahren unter gleichen Versuchsbedingungen durch die gleichen Spannungen geometrisch ähnliche Formänderungen.

Martens<sup>4)</sup> bemerkt hierzu treffend:

„Man hat also zu erwarten, daß innerhalb der Fehlergrenzen der Versuchs-

4) Martens, Materialkunde für den Maschinenbau.

ausführung und innerhalb der unvermeidlichen Verschiedenheiten des Stoffes bei gleichen Spannungen auch gleiche Dehnungen an zwei Probestäben erhalten werden, wenn alle Abmessungen, also auch diejenigen der Stabköpfe, der Übergänge vom mittlern Stabteile zum Kopfe, die Gebrauchslänge, die Meßlänge und die Teilung der Meßlänge in gleichem Verhältnisse stehen. Streng genommen müssen auch alle Nebenumstände dem Gesetze der Ähnlichkeit Rechnung tragen, beispielsweise muß die Einspannung unter ähnlichen Verhältnissen bewirkt werden. Diese Dinge machen es zuweilen schwer, die Ursachen der Abweichungen von dem Gesetze aufzufinden, wenn die Erfahrungen dem Gesetze gelegentlich zuwider laufen.“

Die Voraussetzung dieses Gesetzes ist gleichförmiger Stoff, der überall gleiche Zusammensetzung und Eigenschaften hat. Solchen Stoff gibt es im strengsten Sinne nicht. Selbst hochwertige Stahllarten, wie Tiegelflußstahl, erfüllen diese Bedingung nicht ganz. Das in der Birne, im Flammherde oder im Tiegel nach basischem oder saurem Verfahren gewonnene flüssige Eisen ist eine Mischung von Fe, C, Si, Mn, P, S und deren gasigen Oxyden, O, H, Ars, N, Cu und anderen Elementen, die sich je nach der Natur des Vorganges und der Wahl der Rohstoffe im Eisenbade aufgelöst vorfinden und durch ihre Menge die Eigenschaften des Erzeugnisses bedingen.

Aus der Gießpfanne fließt das beispielsweise für Kesselblech bestimmte Eisen entweder von unten oder oben in die Gußformen mit abgerundet eckigem Querschnitte. Das Verhältnis der Quermaße zur Höhe schwankt zwischen 0,5 und 0,25. Das Flußeisenbad besteht aus einem Gemische von Fe, Mn, Si, C und O-Verbindungen, die während des Vorganges aus den heißen Feuergasen des Flammofens durch Aufnahme des darin enthaltenen O entstanden sind. Das weiche Flußeisen erfordert zur Schmelzung um so größere Hitze, je reiner das Fe von C, Si und P ist. Daher wird der Stahl heiß vergossen und ist lebhaft und unruhig. Da die reinen Fe-Teilchen einen höhern Schmelzpunkt haben, als die anderen Elemente und Oxyde, so erstarren sie auch zuerst, und zwar am schnellsten an den Wandungen und dem Boden der Gußform, wobei die flüssig bleibenden und gleichzeitig mit fremden Bestandteilen angereicherten Massen nach dem Innern gedrängt werden. Dieser Vorgang wird sich unter Wegdrängung der an fremden Bestandteilen stetig reicher werdenden Massen bis zur Mitte hin fortsetzen, wenn das Eisen nicht in einen dickflüssigen, teigigen Zustand überginge, der die Teilchen an ihrer Stelle festhält und sie später hiermit erstarren läßt. Im flüssigen Innern steigen die flüssigen Oxyde, unterstützt durch die Gasblasen und vermöge ihres geringern Gewichtes nach oben und reichern das obere Drittel des Blockes im Kerne besonders an. Hier findet die stärkste Entmischung oder Seigerung statt, um so stärker, je heißer das Flußeisen vergossen wurde, und je mehr Gase Aufnahme fanden. Der in der Gußform fest gewordene Körper heißt „Bramme“. Die Verteilung der Mengen an C, P, Si und S ist daher sehr ungleichmäßig, der Kopf der Bramme ist reicher an diesen Bestandteilen, als das Bodenende, das Innere reicher, als der Umfang. Eine gute Bramme sieht nach Quer- und Längs-Bruch aus, wie die Textabb. 32 und 33 angeben.

In etwa 30 % des Halbmessers vom Rande befindet sich eine wabenartige Zone, in der Hohlräume dicht neben einander liegen. Aus der Bildung der Saugtrichter, aus der Lage der Lunken und schließlich aus der Kopfausbildung, ob eingesunken, glatt oder erhaben, kann man auf den Verlauf des Gußvorganges schließen und gewinnt daraus ein Urteil über die Güte des Erzeugnisses.

Diese Bramme wird nach Wiedererhitzen im Schweiß- oder Flamm-Ofen bis zur Weißglut gewöhnlich in einer, selten in mehreren Hitzen <sup>5)</sup> zu Blech verwalzt. Nach einigen Stichen in Längsrichtung wird das Gut zunächst um 90° in seiner Ebene gedreht, auf fertige Breite gewalzt und dann nach abermaligem Drehen um 90° in derselben Ebene fertig längs ausgewalzt. Die Anzahl der Stiche oder der Durchgänge durch die Walzen hängt von Länge, Dicke und Breite des verlangten Erzeugnisses ab. Die vorher auf Brammenstärke gestellten Walzen werden bei jedem Stiche enger gestellt, zu Beginn des Walzens stärker, als bei den späteren Stichen, und bewirken nun ein kräftiges Bearbeiten des Gutes. Das reinste Eisen, das den Mantel der Bramme bildete, umgibt auch das fertige Blech außen. Kräftiges Bearbeiten eines schweißwarm gemachten Eisens verbessert seine Eigenschaften, und zwar wird das Gut um so gleichmäßiger, je tiefer sich die Walzarbeit in das Innere erstreckt.

Abb. 32.



Abb. 33.



Querschnitt eines Stahlgußblockes. Höhengchnitt eines Stahlgußblockes.

Diese Betrachtungen gelten für alle aus Guß durch Walzen hergestellten Erzeugnisse. Demnach ist der Stoff in einem Probestabe nicht gleichartig. Seine Beschaffenheit hängt ferner auch von der Art seiner Bearbeitung ab. Zu der reinen Festigkeit, die dem Stoffe selbst eigen ist, tritt eine Bearbeitungsfestigkeit. Die beim Versuche erhaltene Zugfestigkeit entspricht also einem Mittel aus den Festigkeiten des geschmeidigen, zähen Randeisens und der spröderen, inneren Teile. Je mehr Walzhaut der Probestab im Verhältnisse zu seinem Kerne enthält, desto besser wird die Dehnung werden, desto stärker ist die Querschnittsverminderung. Daher kommt es auch, daß schmale Probestäbe aus dicken Blechen mit wenig Walzhaut weniger Dehnung und höhere Festigkeit zeigen, als breitere Probestäbe desselben Bleches mit mehr Walzhaut. Diese Abhängigkeiten werden häufig übersehen oder nicht erkannt.

Die Verschiedenartigkeit des Stabquerschnittes erklärt auch neben statischen Verhältnissen, warum der Bruch in der Regel von der Mitte ausgeht. Das Innere ist eben spröder als das geschmeidigere Äußere, daher kommen auch die Trichterbildungen an den Zerreißstellen.

Für Kupfer-Platten und -Bleche treffen diese Ausführungen nicht zu. Je heißer sie gewalzt werden, um so schneller und tiefer bedeckt sich die Oberfläche des Kupferkuchens mit Kupferoxydul, einem dunkelbraunen Überzuge, der härter und spröder ist als Kupfer. Für Kupferstreifen ist daher bestimmt: Die Stäbe sind in der Längsrichtung zu schlichten und dann mit feinem Schmirgelpapier abziehen; die Kanten der Flachstäbe sind etwas zu brechen.

Diese Ausführungen geben ein Bild über die Anwendung des Gesetzes von Barba bei Abnahmen. Das Gesetz ist zweifellos richtig und bietet dem Kenner eine gute Stütze bei Stoffvergleichen; es wird aber Abnehmern und Lieferern zur Last bei zu starrer Festlegung.

<sup>5)</sup> Große Schiffskesselbleche von 4 m Breite und mehr, 12 m Länge und mehr und über 25 mm Dicke werden in zwei Hitzen verwalzt.

### a. 7) Entnahme und Behandlung der Probestäbe.

Die Entnahme der Probestäbe aus den zu prüfenden Gegenständen erfolgt nach den Liefervorschriften. In den meisten Fällen wird das Probestück auf kaltem Wege abgetrennt, und zwar bei Flachproben mit der Schere oder dem Meißel, bei Rundproben durch Sägenschnitte oder Ausbohren. Grundsatz sollte sein, daß sich der Stoff des Probestabes genau in demselben Zustande befindet, wie das zur Abnahme vorgelegte Stück.

Werden die bei der Abtrennung krumm gewordenen Stäbe kalt gerade gerichtet, so entstehen schädliche Biegespannungen, die erhöhte Festigkeit bei verminderter Dehnung ergeben. Um das zu vermeiden, müssen die Stäbe in solcher Breite abgetrennt werden, daß der Probestab bequem herausgearbeitet werden kann; im Allgemeinen wird dreifache Probestabbreite als genügend angesehen. Die Durchführung dieser Vorschrift würde aber unnötige Kosten verursachen, wenn sie Anwendung finden sollte auf Stoffe, die ausgeglüht werden. Jedes, durch Walzen oder Hämmern entstandene Gut enthält um so höhere Spannungen, je niedriger die Wärme bei der Herstellung war. Zur Beseitigung dieser Spannungen macht man das Gut in Glühöfen rotwarm, und läßt es entweder mit dem Ofen, bisweilen noch unter einer Aschendecke, oder außerhalb des Ofens unter einer Aschendecke, oder frei auf der Hüttensohle erkalten. Je hochwertiger das Gut, um so sorgfältiger wird das Ausglühen geleitet. Die Spannung, die das Gut durch die Bearbeitung angenommen hatte, äußert sich in erhöhter Festigkeit bei verminderter Dehnung; durch das Ausglühverfahren wird die Festigkeit vermindert und die Dehnung erhöht. Das Geraderichten in Rotglut erscheint daher bei allen Versuchstäben zweckmäßig, deren Mutterstoff ausgeglüht werden muß.

Als gänzlich verfehlt muß es bezeichnet werden, wenn die Vorschriften Geraderichten unter möglichst geringer Erwärmung des Probestabes vorschreiben. Dabei können leicht die bedenklichen, vor der Rotglut liegenden Blauwärme-Zustände im Versuchstabe festgelegt werden. Die Stäbe sind daher mindestens in dunkler Rotglut gerade zu richten.

Hierbei können aber schon Gefügeänderungen herbeigeführt werden, die mit dem Mutterstoffe nicht mehr übereinstimmen. Wird das Geraderichten in Wärme ohne Aufsicht ausgeführt, so liegt es in der Hand des Arbeiters, bei Stahl nach Belieben Festigkeitsunterschiede bis zu 10 kg/qmm und mehr herbeizuführen. Wird die Probe zu bequemerer Arbeit hellrot, etwa auf 900° warm gemacht, und legt man die gerade gerichtete Probe in diesem Zustande in einen zugigen Raum, oder auf eine kalte, gut leitende Unterlage, so sind die erwähnten Festigkeitsunterschiede gegeben. Eine Absicht zur Fälschung braucht dabei gar nicht vorzuliegen.

Rundproben müssen einzeln auf der Drehbank gedreht werden. Dabei ist zu beachten, daß der erste Span nicht zu kräftig wird, dem dann nur ein leichter Schlichtspan folgt. Auch darf sich die Probe beim Abdrehen nicht zu sehr erwärmen. Grobe Behandlung erhöht die Festigkeit auf Kosten der Dehnung. Das Abdrehen soll vielmehr mit einem mäßig dicken Späne auf der ganzen Länge gleichförmig erfolgen. Zwei Schrubbspäne mit einem oder zwei Schlichtspänen und folgendem Schlichten oder leichtem Schmirgeln genügen, wenn nicht der Probestab gar zu sehr aus dem Vollen herausgearbeitet werden muß, wie es bei Stäben aus den Schienenköpfen oder Radreifen vorkommt. An den Enden des Probestabes kräftige Schrub-

späne zu nehmen und die Mitte des Stabes sorgfältig zu bearbeiten, um den Bruch nahezu in der Mitte eintreten zu lassen, sollte untersagt sein, ebenso das demselben Zwecke dienende Mittel, die Mitte um 0,25 mm bis 0,5 mm dünner zu drehen.

Flachstäbe werden bisweilen bis zu acht, je nach der Stärke des Bleches, auf einander gelegt, gefräst und zwar entweder auf beiden Seiten nach einander oder gleichzeitig. Letzteres geht schneller, ersteres gestattet festere Lagerung der Stäbe. Zu beachten ist die genaue Einhaltung der richtigen Form unter Entfernung des Grates, und genügenden Abstandes der Endmarken von den Einspannköpfen.

Um auch hier eine Nachprüfung eintreten lassen zu können, empfiehlt es sich, Bruderstäbe unter genauer Bearbeitungsvorschrift auf Überwachungsmaschinen zu prüfen.

### a. 8) Versuchsausführung.

Die Versuchsausführung soll nach den „Beschlüssen“ die folgende sein:  
Der Zugversuch ist ein abgekürzter, einfacher oder ein vollständiger.

#### 8. $\alpha$ ) Einfacher Zugversuch.

Festzustellen sind:

- die Bruchbelastung, Zugfestigkeit,
- die Länge der ursprünglichen Meßlänge nach dem Zerreißen, Bruchdehnung.

#### 8. $\beta$ ) Vollständiger Zugversuch.

Zu den vorstehend angegebenen Ermittlungen treten noch die Bestimmungen:  
des Querschnittes an der Bruchstelle, Querschnittsminderung,  
der ganzen bleibenden und federnden Längenänderungen bei verschiedenen Belastungen, und aus ihnen zutreffenden Falles:  
der Dehnungszahl oder der Elastizitätszahl und  
der Proportionalitätsgrenze,  
der Fließ- oder Streckgrenze,  
der Elastizitätsgrenze, derjenigen Spannung, bis zu der hin die bleibenden Dehnungen als verschwindend klein erscheinen.

Beim vollständigen Zugversuche sind die Einzelheiten des Versuches ausführlich anzugeben.

#### 8. $\gamma$ ) Bestimmung der Bruchdehnung.

Die Bruchdehnung wird entweder an einer auf dem Stabe angebrachten Teilung (Textabb. 31), oder zwischen den Endmarken der Meßlänge gemessen. Letzteres Verfahren ist im regelmäßigen Betriebe das übliche.

Die Teilung geschehe mit 0,05 der Meßlänge.

Die Teilung läßt sich leicht mit sägeförmigen Anreißmaßstäben auftragen. Um die Maßnahme durchzuführen, wird man die Querschnitte  $F$  so wählen, daß man nur wenige Anreißmaßstäbe braucht.

Weil die Formänderungen an beiden Stabteilen nahezu symmetrisch zum Bruche verlaufen, kann man an der Teilung die Bruchdehnung immer so bestimmen, als ob der Bruch in der Stabmitte erfolgt wäre.

Reißt beispielsweise ein Stab von 200 mm Zerreißlänge mit 20 Teilungen von je 1 cm in der in Textabb. 31 dargestellten Form, so folgt die Dehnung aus der Länge:

0 bis 10 vermehrt um die Länge 0 bis 3' vermehrt um 3 bis 10, da nach dem oben Gesagten angenommen wird, daß die Länge 3 bis 10 der wegen des Bruches nicht in Erscheinung tretenden Länge 3' bis 10' gleich sei. Wäre der Stab in der Mitte gerissen, so betrüge die neue Länge 0 bis 10 vermehrt um 0 bis 10'. Die Verlängerung  $l$  ist also zu finden aus den Maßen:  $l^L = [0 \text{ bis } 10 + 0 \text{ bis } 3' + 3 \text{ bis } 10] - L$  und daraus die Bruchdehnung:  $(l^L : L) \cdot 100 = Q_{11.3}$ .

Die örtliche Dehnung im Einschnürungsfelde, die sich bei weichem Flußeisen auf drei bis zwei Teilungen von je 1 cm Länge erstreckt, beträgt 80 bis 120% jeder Teillänge und ist von größter Bedeutung für die Zähigkeit und Bildsamkeit des Stoffes.

Bei Bestimmung der Bruchdehnung an Stäben mit Endmarken soll man bei einschnürenden Stoffen diejenigen Stäbe von der Dehnungsbestimmung ausschließen, bei denen der Bruch innerhalb der Endviertel liegt.

Die Zeitdauer der Versuche wird bei Abnahmeprobieren möglichst kurz bemessen. Bei dem heutigen Flußeisen ist kein Unterschied in den Ergebnissen schneller und langsamer Zerreißversuche bemerkbar. Selbst plötzliche hohe Belastungen eingekerbter Probestäbe, die einer Schlagwirkung ähnelt, haben keinen merkbaren Unterschied ergeben. Für tägliche Zwecke erscheint es bei recht dehnbaren Stoffen zulässig, wenn sich ein Versuch mit Einspannen und Aneinanderlegen der Probestücke in zwei Minuten abspielt, wobei auf den eigentlichen Zerreißversuch höchstens 1,5 Minuten entfallen. Die Beschlüsse des D. V. f. M. sagen hierüber:

„Der Einfluß der Zeit auf die Ergebnisse der Festigkeitsversuche ist im Allgemeinen nicht zu verkennen, doch liegt, da vorausgesetzt werden darf, daß die Versuchsdauer nicht außergewöhnlich kurz gewählt werden wird, kein genügender Grund vor, in praktischen Fällen für die Prüfung der wichtigsten Metalle, nämlich Eisen in allen Formen, Kupfer und Bronze, vorzuschreiben, daß eine bestimmte Streckgeschwindigkeit eingehalten werden muß.“

Aus Vorstehendem ergibt sich, daß viele Umstände beachtet werden müssen, um aus dem Zugversuche ein ungetrübtes Bild der Stoffbeschaffenheit zu erhalten, und daß es leicht ist, beabsichtigte oder unbeabsichtigte Trübungen herbeizuführen. Diese Umstände drücken den Wert der kostspieligen Zerreißprobe für gewöhnliche Zwecke stark herab. Man sollte sich daher auf die geringste Zahl der zulässigen Proben beschränken, und bei allen Gegenständen, die nicht vorwiegend auf Zug beansprucht sind, wenig Gebrauch von der Zerreißprobe machen. Beispielsweise unterliegen Schienen, Schwellen, Radreifen mehr der Abnutzung, Biege-, Stoß- und Dreh-Kräften, als Zug, für sie ist daher die Kenntnis der Gleichartigkeit des Stoffes wichtiger, als die der Höhe der Zugbruchlast. Dehnbarkeit und Zähigkeit sind Eigenschaften, deren Kenntnis bei schwer bestimmbarer Beanspruchung wertvoll ist, beispielsweise für die Baustoffe der Dampfkessel; bei Maschinenteilen und Bauwerken, die keine bleibenden Formänderungen erleiden dürfen, bei denen jene Eigenschaften also nicht eintreten, ist die Kenntnis der Proportionalitäts-, mindestens aber der Streck-Grenze, wertvoller.

## II. b) Härteproben.

### b. 1) Kugeldruckprobe.

Die Unzulänglichkeit der Zerreißprobe zur Beurteilung starker Abnutzung unterworfenen Gegenstände, wie Schienen, die teure Herstellung der Zerreißstäbe und die vorerwähnten Möglichkeiten, die Ergebnisse bezüglich Festigkeit und Dehnung

durch die Art der Behandlung des Probestabes zu beeinflussen, haben Anlaß gegeben, nach anderen Prüfarten zu suchen, die diese Mängel nicht haben, und doch dem Abnehmer ohne große Vorbereitung der zu untersuchenden Stücke ein sicheres Urteil über die Güte des vorgelegten Stoffes geben. Eine solche scheint die Ermittlung der Oberflächenhärte nach dem Eindruckverfahren zu bieten.

Als Härte bezeichnet man den Widerstand, den ein Körper dem Eindringen eines andern, härtern Körpers in seine Oberfläche entgegensetzt. Auf diesem Begriffe der Härte beruhen nachstehende Verfahren der Untersuchung.

Bei dem Eindruckverfahren wird ein von einer Druckpresse bewegter Stempel aus besonders hartem Stoffe mit gewölbter, kegelförmiger oder ebener Fläche in die Oberfläche des Versuchskörpers eingedrückt, wobei die beiden Körper in unveränderter Lage zu einander bleiben. Gemessen wird der Druck zur Erreichung einer bestimmten Tiefe des Eindringens, oder diese Tiefe bei gegebenem Drucke. Bei der Schwierigkeit der Herstellung einwandfreier Versuchstempel und der genauen Ausbildung der Endfläche, hat man als Druckkörper Stahlkugeln gewählt, die un schwer mit größter Genauigkeit herzustellen sind.

Dieses zuerst von Brinell erdachte und durchprobte Verfahren soll nicht nur über die Härte des Stoffes, sondern auch über seine anderen Eigenschaften, wie Zugfestigkeit, Nachgiebigkeit, Gleichartigkeit, Zähigkeit hinreichenden Aufschluß geben. Hierbei wird eine gehärtete Stahlkugel vom Durchmesser  $D$ , wie sie für Kugellager verwendet wird, mit einem bestimmten Drucke  $P$  in die Oberfläche des zu prüfenden Stoffes eingedrückt. Die Härtezahl  $H$  ist das Verhältnis von  $P$  zur Oberfläche der entstandenen Kugelhaube. Ist  $h$  die Höhe,  $d$  der Durchmesser der Haube, so ist:

$$\text{Gl. 14) } \dots H^{\text{kg/qmm}} = \frac{P^{\text{kg}}}{\pi D^{\text{mm}} \cdot h^{\text{mm}}} = \frac{P^{\text{kg}}}{\frac{\pi D^{\text{mm}}}{2} (D^{\text{mm}} - \sqrt{D^{\text{mm}2} - d^{\text{mm}2})}$$

wenn die Kugel beim Drucke keine elastische Abplattung erfährt.

Die Ausführung der Probe ist einfach und erfordert wenig Zeit. Unter eine Presse mit meßbarem Drucke wird in das Versuchstück mit sauber geschlichteter, von allen Drehriefen und Vertiefungen freier Eindruckebene eine Kugel bestimmten Durchmessers gepreßt, und entweder die Kugelhaubentiefe oder ihr Grundkreisdurchmesser gemessen, daraus dann die Härtezahl bestimmt. Zur Ausführung dieses Versuches eignet sich jede Zerreißmaschine, doch sind besondere, einfache Ausführungen hierfür gebaut. Zu beachten ist, daß die zu prüfende Platte nicht unter 2,5 mm stark, und daß der Abstand der Mitte des Eindruckkreises von der Plattenkante nicht kleiner als 14 mm sein soll, damit die Härtezahl nicht durch seitliche Verdrückung der Platte beeinflußt wird.

Da die Härtezahl mit steigender Eindringtiefe wegen Verdichtung des gedrückten Stoffes wächst, so hat Brinell gesucht, diese Wirkung durch die Wahl der Oberfläche der Kugelhaube statt der Fläche des Eindruckkreises als Teiler auszugleichen, da die Haubenfläche schneller wächst als die des Kreises.

Zur Erzielung der Vergleichbarkeit der Härtezahlen verschiedener Stoffe ist es aus dem vorstehenden Grunde ferner unerläßlich, daß ein bestimmter Druck, ein bestimmter Kugelkreisdurchmesser und eine bestimmte Druckzeit angenommen, ebenso, daß die Eindruckfläche nach bestimmten Regeln festgestellt wird. Brinell

wählt für Eisen und Stahl eine Stahlkugel von 10 mm Durchmesser, 3000 kg Druck, 15 Sekunden Dauer, für weniger harte Stoffe 500 kg und 30 Sekunden; doch ist diese Abstufung noch ungenügend, Brinell mußte 1000 kg als Zwischenstufe einführen. Die Vergleichbarkeit der Stoffe ist durch diese Abstufungen erschwert, und ihr wissenschaftlicher Wert ist sehr unsicher, trotzdem hat diese Probe für Betriebszwecke große Bedeutung.

Der wirtschaftliche Erfolg der Bearbeitung eines Werkstückes kann nach den Ergebnissen der Kugeldruckprobe von vornherein beurteilt werden. Schmiedestücke oder Walzerzeugnisse aus hochwertigem Stoffe werden vor ihrer Weiterbearbeitung stückweise geprüft, und das nach den Erfahrungswerten unbrauchbare ausgesondert oder nochmals gegläht. Radreifen können nach gleichen Härtezahlen geordnet, und gleich harte Radreifen auf dieselbe Achse gepreßt werden, zur Schonung der Fahrzeuge und Herabminderung der Abreharbeiten. Die Kugeldruckprobe ist überall da am Platze, wo ein bestimmter Stoff nach bestimmten Grundsätzen erzeugt wird, und wo Rücksicht auf die Verhinderung des Abreibens, Verschleißes, neben der Festigkeit die Wahl des Stoffes bedingt, also in allen Fällen, wo Bewegungen von festen, flüssigen und luftförmigen Körpern an festen in Frage kommen.

So hat Kohn unabhängig von und gleichzeitig mit Brinell seit 1900 die Schienen der preußisch-hessischen Staatsbahnverwaltung nach dem Kugeldruckverfahren prüfen lassen, indem ohne jede Vorbereitung in den Schienenkopf einer Schiene auf dem Lager eine Kugel von 19 mm Durchmesser mit 50 t Druck eingedrückt wird. Die Tiefe des Eindruckes darf dann nicht weniger als 3,3 und nicht mehr als 5,5 mm betragen. Bei besonders verschleißfesten Schienen mit mindestens 70 kg/qmm Zugfestigkeit soll der Eindruck zwischen 3 und 5 mm liegen. Die Absicht war weniger, die Oberflächenhärte des Schienenstoffes zu bestimmen, als den Widerstand zu ermitteln, den der Schienenkopf dem Drucke entgegensetzt, und die Hohlräume oder sonstigen Fehlstellen zu erkennen, die sich grade zur Zeit der Einführung der Probe in großem Umfange zeigten.

Bei schwedischem Eisen und Stahle sind die Verhältnisse zwischen Zerreißfestigkeit und Härtezahl nach Brinell und Dillner in Zusammenstellung I aufgeführt.

#### Zusammenstellung I.

Verhältnis  $\sigma_z : H$ .

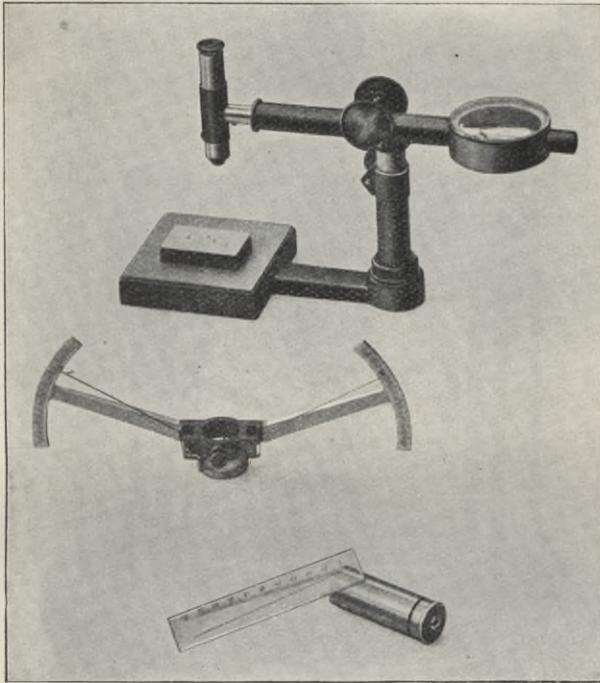
Härtezahl	Druckrichtung bei der Kugeldruckprobe	
	rechtwinkelig	gleichlaufend
	zur Walzrichtung	
unter 175	0,362	0,354
über 175	0,344	0,324

Die größten Abweichungen zwischen der aus der Härtezahl berechneten und der durch Versuch bestimmten Zugfestigkeit betragen 6%. Charpy bestätigt diese Untersuchungen, und findet bei französischem Stahle gleichlaufend mit der Walzrichtung die Zahlen 0,351 und 0,336. Für deutschen Stahl kann nach Stribeck 0,36, für grobe Annäherung kann 0,33 angenommen werden.

Die bei der Kugeldruckprobe gebräuchlichen Meßwerkzeuge sind in Textabb. 34 dargestellt. Das obere ist ein je nach dem Zwecke verschieden zu formen-

des Mikroskop-Mikrometer zum Messen des Kugelkreisdurchmessers, bei dem die Bewegung des wagerechten Fernrohres auf eine Kreisteilung übertragen wird, so daß man 0,01 mm ablesen, 0,005 mm bequem schätzen kann. Das mittlere Meßwerkzeug ist ein an der Kugeldruckpresse angebrachter Fühlhebel für Tiefenmessung, bei dem zwei die Zeiger tragende Rollen durch die Bewegung der Kugel gegen das Versuchstück gedreht werden. Die Übersetzung ist 1 : 50, so daß 0,02 mm abgelesen, 0,002 mm geschätzt werden können. Das unten dargestellte Meßwerkzeug dient für schnelle Messungen und ist ein Glaskörper, auf dem ein sehr spitzer Winkel mit Teilung eingeritzt ist. Man bringt diese Schenkel mit dem Eindruckkreise zur Berührung und liest den Betrag des Berührungsdurchmessers an der Teilung ab.

Abb. 34.



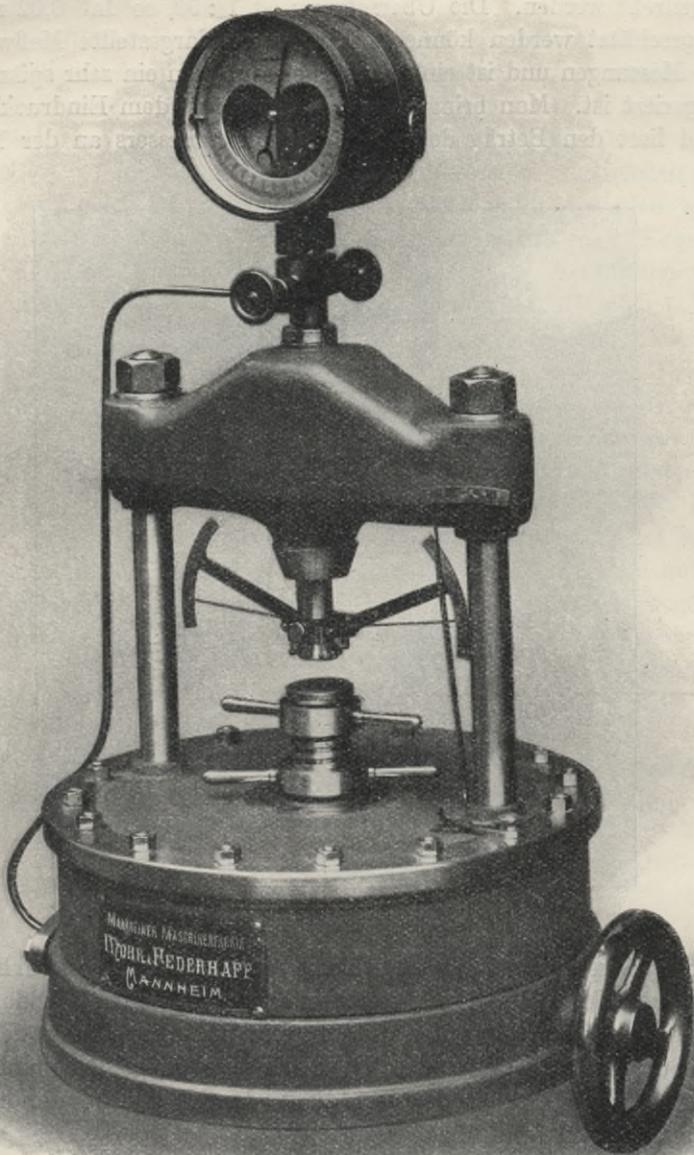
Meßwerkzeuge für die Kugeldruckprobe.

Textabb. 35 veranschaulicht eine kleine von Mohr und Federhaff gefertigte Presse der Bauart Martens für kleine Versuchskörper. Die Meßdose ist als einfache Druckdose gebaut, und dient gleichzeitig zur Herstellung des Eindruckes. Die Verschiebungen des Kolbens werden durch eine kleine Preßpumpe im untern Teile erzeugt, der vordere Druckmesser dient als Gebrauchs-, der hintere, in der Abbildung nicht sichtbare als Prüf-Gerät.

Textabb. 36 stellt die Ausführung der „Aktienbolaget Alpha“ in Stockholm dar, wie sie ähnlich bereits Brinell benutzte. Die je nach dem Probestücke verstellbare Schraubenspindel trägt auf ihrem obern Ende eine in Kugelschale gelagerte Preßplatte, auf die das zu prüfende Stück gelegt wird. Der Preßstempel ist zur Abdichtung in den Zylinder der im Oberteile des Maschinengestelles angeordneten Presse zur Vermeidung aller Reibung eingeschliffen. Der Druck wird mittels Handpumpe erzeugt.

Der von L. Schopper in Leipzig ausgeführte Härteprüfer der Bauart Martens (Textabb. 37), besteht aus einem Druckerzeuger, der im untern Teile der Vorrichtung liegt, und der darüber liegenden Tiefmeßvorrichtung. Das durch die Öffnung rechts

Abb. 35.

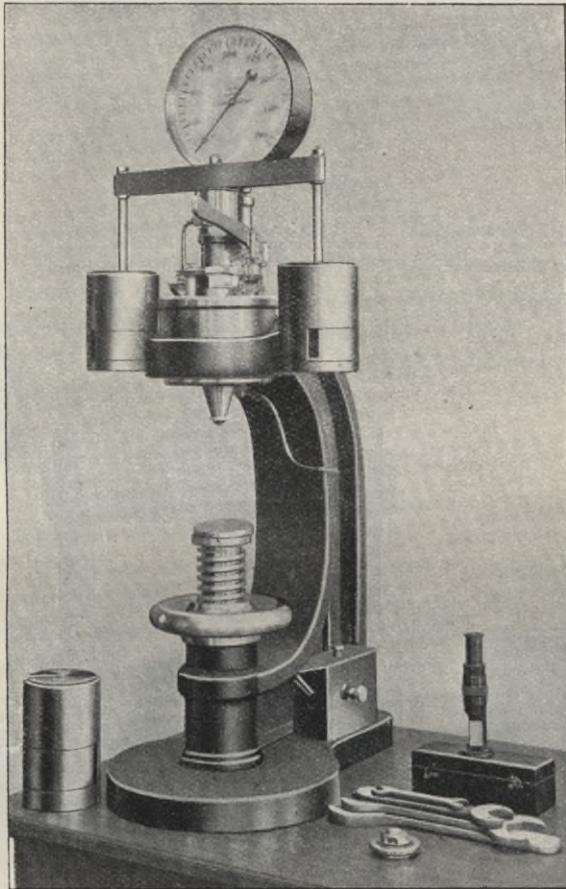


Härteprüfer mit Kugeldruck von Martens; Mohr und Federhaff.

eintretende Wasser tritt unter eine Biegeplatte aus Gummi und Leder, die zwischen den Deckel und die Grundplatte festgeklemmt ist. Das Druckwasser hebt die Biegehaut und übt einen durch den gesonderten Druckmesser meßbaren Druck auf den

Kolben aus. Die Ventile am Fuße des Druckmesserstockes regeln den Zu- und Abfluß des Wassers. Die 5 mm dicke Stahlkugel wird in dem obern Futterkörper mit etwas Wachs leicht befestigt. Im Futterkörper befinden sich drei leicht verschiebbare Stahlstäbchen, die sich auf den zu untersuchenden, eben hergestellten Probekörper stützen, der bei seiner Bewegung nach oben zur Aufnahme des Kugeleindruckes die Stäbchen ebenfalls nach oben bewegt. Diese übertragen die Bewegung durch eine Kolbenanordnung im Innern des Querhauptes auf die Quecksilbermeßvorrichtung auf dem Querhaupte. Die Maßangabe in Millimetern ist der Betrag,

Abb. 36.



Brinell - Presse für Kugeldruckproben, Aktienbolaget Alpha, Stockholm.

um den die obere Fläche des Probekörpers gegen die Anfangstellung gehoben ist und ist zusammengesetzt aus Eindrucktiefe und elastischer Formänderung der Kugel, der Vorrichtung und des Probekörpers. Schließt man den Zufluß und öffnet den Abfluß allmähig, so sinkt der Druck nach Maßgabe des Druckmesseranzeigers und zugleich das Quecksilber im Tiefenmesser. Dieses bleibt aber bei dem Drucke Null längere Zeit in einer bestimmten Höhe stehen, die die wirkliche Eindrucktiefe angibt. Bei weiterm Öffnen des Abflusses sinkt das Quecksilber des Tiefenmessers auf Null in die Anfangstellung zurück.

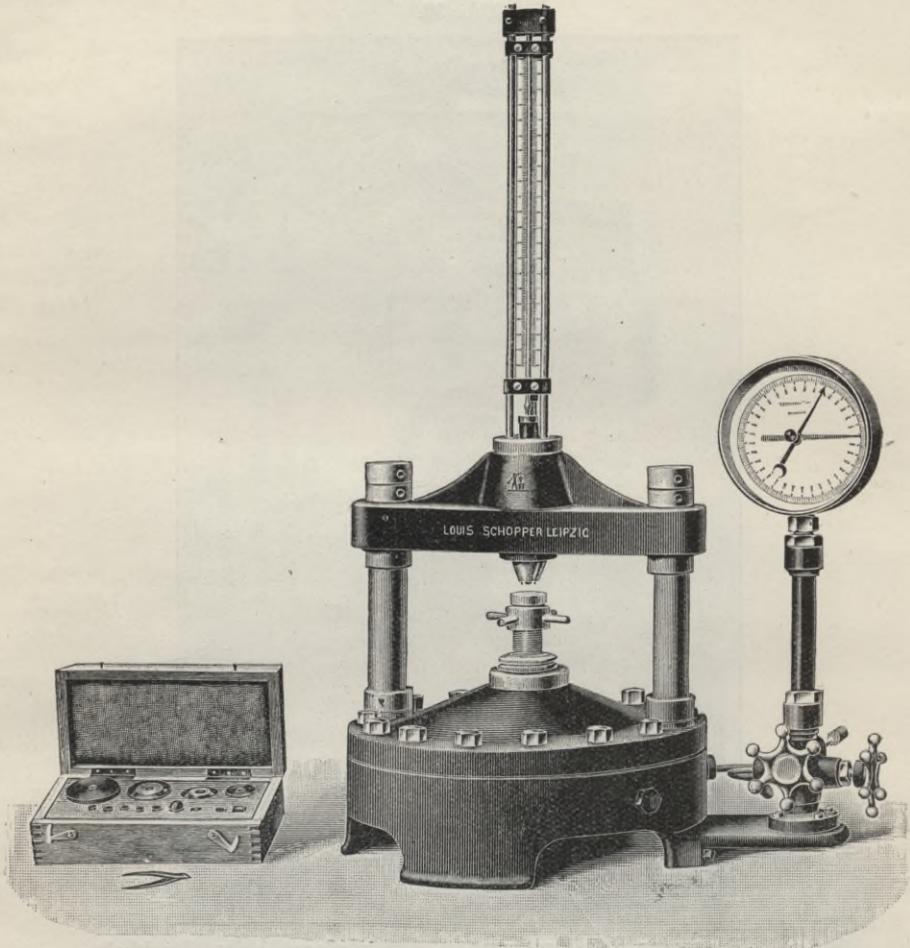
Diese Vorrichtung ist sehr bequem zum Ablesen und macht genaue Angaben.

Wenn der Härteprüfer so eingerichtet werden könnte, daß ohne Weiteres fertige Stücke, wie Radreifen, damit zu prüfen wären, so würde dadurch deren Abnahme wesentlich erleichtert.

### b. 2) Kegeldruckprobe.

Statt der Kugel kann nach Ludwik auch ein Stempel mit Endkegel von  $90^\circ$  Spitzenwinkel benutzt werden, die leicht meßbare Eindringtiefe gibt als Maß

Abb. 37.



Kugeldruck-Härteprüfer von Martens, L. Schopper, Leipzig.

die Kegeldruckhärte an. Die praktische Schwierigkeit liegt in der genauen Herstellung des Kegelstempels und seiner Härtung.

Für harten Stoff ist diese Probe wegen der Schwäche der Spitze nicht geeignet. Für weiches Eisen, ungehärteten Stahl, Kupfer und dessen Mischungen ist sie vorteilhaft, da man bei gleichmäßigem Stoffe stets gleiche, von der Höhe der Belastung unabhängige Härtezahlen erhält, und bei Benutzung geeigneter Anordnungen Durchmesser und Tiefe des Eindruckes ohne Mikroskop und ohne Entfernung des Versuchstückes aus der Maschine bestimmen kann. Handelt es sich also um die

Bestimmung der Zunahme der Härte von außen nach innen, so ist die Kegelprobe am Platze.

Bezeichnet man die Belastung mit P, den Durchmesser des Eindruckes mit d, so ist die Härtezah:

$$\text{Gl. 15) } \dots \dots \dots \mathfrak{H}^{\text{kg/qmm}} = \frac{P^{\text{kg}}}{\pi \frac{d^{\text{mm}}}{2} \cdot \frac{d^{\text{mm}}}{\sqrt{2}}} = 0,9 \frac{P^{\text{kg}}}{(d^{\text{mm}})^2}$$

**b. 3) Probe durch Einhie.**

Auch durch Einhiebe unter Schlagwirkung kann man die Härte eines Metalles bestimmen, indem man Meißel von bestimmter Schneidenform mit Fallgewichten in die Oberfläche eintreibt. Das Maß der Härte wird ermittelt durch Vergleich der aufgewendeten Schlagarbeit bei bestimmter Tiefe, oder der erreichten Tiefen bei bestimmter Schlagarbeit.

**b. 4) Ritzprobe.**

Eine dritte Untersuchungsart schließt an die Härtebestimmung in der Mineralogie an, nämlich das Ritzverfahren. Man bestimmt die Oberflächenhärte durch Ritzen mit einem Diamanten oder mit verschieden harten Reißnadeln, indem man den Druck zur Erzeugung eines Risses von bestimmter Tiefe und Länge oder die Länge und Tiefe der erhaltenen Risse unter gegebenem Drucke ermittelt. Dies Verfahren hat wenig Eingang gefunden.

**b. 5) Härte, Zähigkeit, Sprödigkeit.**

Der Begriff Härte wird im täglichen Leben vielfach anders aufgefaßt, nämlich als ein von der Festigkeit und Dehnbarkeit abhängiger Widerstand gegen bleibende Formänderung durch Zug oder Druck, oder man versteht darunter den Widerstand gegen Abreiben, Abschaben und Feilen, und bezeichnet den Körper als härter, von dem man in einer gewissen Zeit unter Anwendung eines bestimmten Druckes weniger Masse wegarbeiten kann, als von einem andern. Diese Härte hängt von der Nachgiebigkeit der Oberfläche und ihres mehr oder minder feinen Gefüges ab.

Endlich wird der Begriff Härte vielfach im Eisenhüttenwesen ohne Rücksicht auf die mechanischen Eigenschaften angewandt. Die Bezeichnung als hartes und weiches Flußeisen, die Härtestufen für Stahl hängen von der chemischen Zusammensetzung, namentlich dem Gehalte an Kohlenstoff, ab.

Für die Begriffe Zähigkeit und Sprödigkeit läßt sich schon eher eine bestimmte Erklärung geben. Zähigkeit ist der Widerstand des Körpers gegen Trennung seiner Teile nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze. Ein Maß der Zähigkeit ist also bei der Zerreißprobe das Maß vom Beginne der Streckgrenze bis zur Höchstbelastung: die Grunddehnung, vermehrt um die örtliche Dehnung, eine Folge der Querschnittsminderung.

Martens gibt als ein mit den Erfahrungen gut in Einklang stehendes Maß für die Zähigkeit an:

$$\text{Gl. 16) } \dots \dots \dots Z = \frac{f^{\text{kg/qmm}}}{\sigma_s^{\text{kg/qmm}}} \cdot \frac{c\%}{100}$$

worin f die Zugfestigkeit,  $\sigma_s$  die Spannung an der Streckgrenze, c die Bruchdehnung, bezogen auf die ursprüngliche Meßlänge, bedeutet.

Es ist zweifelhaft, ob die örtliche Dehnung, die erst nach Überschreiten der Höchstlast eintritt, noch in das Maß für die Zähigkeit einzurechnen ist. Bei einem stetig durchgeführten Zugversuche erleidet ein Stab trotz Querschnittsminderung eine stete Zunahme an innerer Spannung. Die zähe Formveränderung muß vom Standpunkte der Zugbeanspruchung als beendet angesehen werden, sobald die Spannung ihren Höchstwert erreicht hat. Danach könnte die Querschnittsminderung im Gebiete der örtlichen Dehnung nur als ein Maß der Bildsamkeit betrachtet werden, das große Bedeutung für die später zu behandelnden technologischen Proben hat.

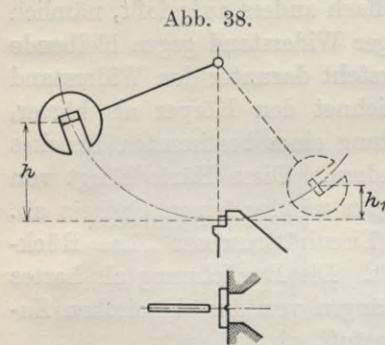
Sprödigkeit ist der der Zähigkeit entgegengesetzte Begriff, also die Eigenschaft eines Stoffes, nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze mehr oder minder rasch zu brechen. Je näher die Elastizitätsgrenze der Bruchgrenze liegt, um so näher liegt die Gefahr eines plötzlichen Bruches, wenn sich eine plötzliche Beanspruchung der Elastizitätsgrenze nähert.

Körper, die nur geringe stoßweise Beanspruchungen ertragen, bezeichnet man als „spröde“; „zähe“ sind solche, die bei dieser Beanspruchung nur unter starker Formänderung zerstört werden können.

## II. c) Kerbschlagprobe.

Diese erst seit einigen Jahren bekannte, noch nicht allgemein in das Abnahmewesen eingeführte Probe auf Zähigkeit hat uns unter Verhältnissen Kenntnis von Verschiedenheiten der Baustoffe gegeben, wo alle anderen Proben versagten. Da die Ermittlung der Kerbzähigkeit der Stoffe künftig im Prüfwesen von hoher Bedeutung sein wird, hat der D. V. f. M. feste Grundsätze für die Ausführung der Proben und für die dabei zu verwendenden Geräte aufgestellt, um die Untersuchungen von vornherein einheitlich zu gestalten und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

Als Schlagwerk dient der Pendelhammer von Charpy in drei Ausführungen, für 10, 75 und 250 kgm Arbeitsleistung. Die beiden letzteren gleichen sich in der Bauausführung, unterscheiden sich nur durch die Abmessungen, Gewichte und Fallhöhen der eigentlichen Hämmer. Das aus flachen Rohren gebildete Gehänge des Hammers

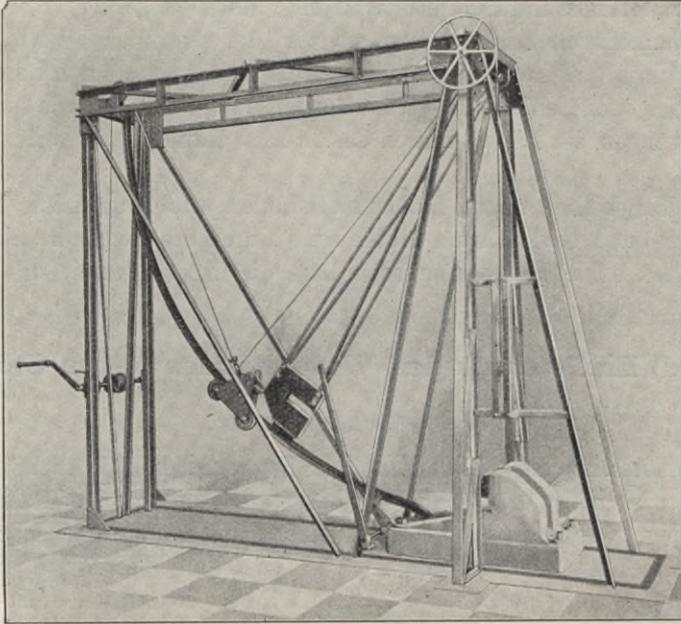


Kerbschlaghammer für 75 kg.

ist möglichst leicht zu machen, damit der Schwerpunkt der pendelnden Masse möglichst tief und nahe dem Punkte des Auftreffens der Hammerschneide auf den Probekörper fällt. Zur Verminderung der Reibung läuft die Drehachse des Pendels in Kugellagern. Der Ambos, der den Probekörper in einem besondern, auswechselbaren Widerlager aus hartem Stahle aufnimmt, wird, getrennt von dem Eisengerüste des Schlagwerkes, im Grundmauerwerke befestigt, damit die Stöße und Schwingungen beim Durchschlagen des Stabes nicht auf die übrigen Teile übertragen werden. Der Ausschlag des Pendels nach dem Durchschlagen des Probekörpers wird auf einer seitlich am Schlagwerke in bequemer Höhe angebrachten Teilung abgelesen. Die Pendelbewegung wird durch eine dünne Drahtschnur auf den Zeiger übertragen;

die Schnur ist um eine auf der Pendelachse befestigte leichte Scheibe geschlungen. Der Unterschied zwischen der Fallhöhe des Hammers und der Steighöhe nach dem Durchschlagen der Probe ergibt das Maß für die zum Brechen des Probestabes aufgewendete Arbeit. Nach Erreichung der höchsten Steighöhe, wird der Hammer abgebremst.

Abb. 39.



Pendelschlagwerk.

Am meisten verwendet wird das grundsätzlich in Textabb. 38, der Ausführung nach in Textabb. 39 dargestellte Pendelschlagwerk für 75 kgm. Die lebendige Kraft des Schlages muß so bemessen sein, daß der Stab unter nur einem Schlage bricht. Textabb. 40 zeigt die vorgeschriebene Stabform mit Kerbe. Die zum Zerschlagen des Stabes aufgewendete Arbeit  $A$  ist:

$$A = G (h - h_1).$$

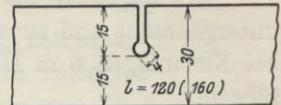
Die Festsetzungen des D. V. f. M. gibt die Zusammenstellung II an.

## Zusammenstellung II.

Schlagwerk	Arbeit kgm	$G^{kg}$	$h^m$
I	250	85,0	2,94
II	75	33,0	2,28
III	10	8,2	1,22.

Die Größe der auf die Einheit des Kerbquerschnittes entfallenden Schlagarbeit hängt von der Form und der Tiefe der Kerbe und der Dicke des Stabes ab. Geo-

Abb. 40.



Probestück für die Kerbschlagprobe.

metrisch ähnliche Stäbe ergeben bei Zugrundelegung obiger Übereinkünfte nicht dieselbe Schlagarbeit für die Einheit des Querschnittes.

Nach den sehr eingehenden Versuchen von Ehrensberger besteht der hohe Wert der Kerbschlagprobe in folgenden Umständen:

Die Kerbschlagprobe führt unter Umständen zu einer andern Bewertung der Stoffe, als die Zugprobe.

Die Kerbschlagprobe zeigt in Fällen, wo die Zugprobe genügende Zähigkeit und genügende Widerstandsfähigkeit feststellt, zuweilen geringe Kerbzähigkeit an. Dies kommt namentlich bei Stahlformguß vor, der zwar hohe Werte der Dehnung und Einschnürung, oft aber geringe Kerbzähigkeit zeigt. Besonders macht die Kerbschlagprobe auf fehlerhafte Wärmebehandlung und die dadurch hervorgerufenen Änderungen der Eigenschaften des Stoffes aufmerksam, wofür die Zugprobe versagt.

Die im Vergleiche zu den Kohlenstoffstählen erfahrungsmäßig höhere Zähigkeit der Nickel- und Nickelchrom-Stähle wird durch die Zugprobe nicht zum Ausdrucke gebracht. Die Kerbschlagprobe läßt die Überlegenheit dieser Stähle erkennen.

## II. d) Ermittlung des Widerstandes gegen Stöße.

### d. 1) Schlagwerke.

Zur Ermittlung des Verhaltens der Stoffe gegen plötzliche Belastungen, Stöße, denen namentlich die Schienen, Achsen, Radreifen und Radkörper ausgesetzt sind, dienen Schlagwerke, bei denen ein senkrecht geführter Bär auf die Versuchskörper herabfällt. Je nach der Art der Anstellung kann man damit Stauch-, Zerreiß-, Biege-, Scher-, Loch- und andere Proben ausführen. Mit dem Schlagwerke sind Maße und andere Einrichtungen verbunden, die die Größe der Schlagwirkung und die Formänderungen des Probekörpers festlegen. Bei den gewöhnlichen Schlagproben begnügt man sich meist mit der Biegeprobe, und schreibt eine bestimmte Anzahl von Schlägen mit einer gewissen Wirkung und einer bestimmt zu erreichenden Durchbiegung des Probestückes vor.

Für die Ausführung der Schlag-Werke und -Versuche enthalten die Beschlüsse des D. V. f. M. und die V. z. P. das Nachstehende.

„Schlagwerke bis zu 6 m Fallhöhe können leichter in geschlossenen Räumen untergebracht und zuverlässiger gebaut werden, als höhere; es empfiehlt sich daher, bei Neuanlagen 6 m Höhe nicht zu überschreiten und den Aufbau in Eisen auszuführen.“

„Es sind Einrichtungen zu treffen, die verhindern, daß das Versuchstück aus den Auflagern springt, oder umkippt; die freie Beweglichkeit des Stückes darf dadurch nicht beeinflußt werden.“

„Das Bärgewicht sei 1000 kg oder 500 kg; für besondere Fälle sind kleinere Bärgewichte zuzulassen.“

„Die Bärmasse kann aus Gußeisen, gegossenem oder geschmiedetem Stahle bestehen.“

„Die Bärform ist so zu wählen daß der Schwerpunkt der ganzen Bärmasse möglichst tief liegt.“

„Die Schwerlinie des Bären muß in die Mittellinie der Bärführungen fallen.“

„Das Verhältnis der Führungslänge des Bären zur Lichtweite zwischen den Führungen soll größer sein, als 2 : 1.“

„Die Bärführungen sind aus Metall, etwa aus Eisenbahnschienen, so herzustellen, daß dem Bären kein großer Spielraum bleibt.“

„Es wird empfohlen, die Führungen mit Graphit zu schmieren.“

„Die Hammerbahn ist aus Stahl einzusetzen, und durch Schwalbenschwanz und Keil mittig zur Schwerlinie des Bären zu befestigen. Durch besondere Marken ist die Erfüllung dieser Bedingung erkennbar zu machen.“

„Die Aufsatzstücke müssen leicht sein, wenn möglich 20 kg wiegen.“

„Bei den Bären von 1000 und 500 kg soll die Hammerbahn nach 150 mm Halbmesser abgerundet sein, die Auftrefflinie soll rechtwinkelig zur Schwerlinie stehen.“

„Die Auflagerstücke für den Probekörper sind sicher am Untersatze zu befestigen, etwa zu verkeilen.“

„Der Untersatz soll aus einem Stücke Gußeisen bestehen, sein Gewicht soll mindestens das Zehnfache des Bärgewichtes betragen.“

„Die Gründung soll möglichst unnachgiebig aus einem Mauerkörper gebildet sein, dessen Größe zwar durch die Baugrundverhältnisse bedingt ist, dessen Höhe aber mindestens 1 m betragen muß.“

„Die Höhenteilung zum Ablesen der Fallhöhe soll an der Geradführung verschiebbar und in cm geteilt sein.“

„Die Auslösevorrichtung für den Bären soll so beschaffen sein, daß sie den freien Fall des Bären nicht beeinflusst.“

„Es ist eine Einrichtung zu treffen, durch die verhindert wird, daß der teilweise oder ganz gehobene Bär zufällig herabfällt.“

„Vor dem Versuche ist festzustellen, daß die Führung senkrecht steht, und der Bär sich in der ganzen Führungslänge leicht bewegt.“

„Um die Ergebnisse vergleichen zu können, wird empfohlen, möglichst alle Einzelheiten des bei den Versuchen beobachteten Verfahrens anzugeben.“

Hiervon etwas abweichend stellt der V. D. E. V. noch folgende Vorschriften auf:

„Das Bärgewicht soll bei der Prüfung von Achswellen und Radreifen zwischen 500 und 1000 kg, bei der Prüfung von Radgestellen 200 kg betragen.“

„Das Fallwerk soll eine solche Höhe haben, daß eine Wirkung von 5600 kgm ausgeübt werden kann.“

„Das Gewicht des Aufsatzstückes soll nicht über 20 kg betragen.“

„Das Gewicht des Untersatzes soll mindestens 10 000 kg betragen.“

„Die Auflager für die Achswellen sollen halbrunde Form von 50 mm Halbmesser haben, und in ihrer Mitte sattelförmig gestaltet sein.“

„Damit die Auflager bei starken Durchbiegungen der Achswelle nicht un Zweckmäßig hoch über den Untersatz der beiden Auflager hervorragen, ist durch ihre Form entsprechender Raum zu schaffen.“

„Dem Aufsätze, wie dem Unterlegstücke für Radreifen ist ein Halbmesser von etwa 150 mm zu geben.“

„Die Höhenteilung soll an der Geradführung des Bären verschiebbar sein, und die der Höhe entsprechende Schlagwirkung in kgm angeben. Nach jedem Schlage ist die Fallhöhe des Bären entsprechend der Durchbiegung des Versuchstückes zu regeln.“

Der Lieferer ist verpflichtet, der die Abnahme bewirkenden Eisenbahnbehörde auf Verlangen eine Zeichnung des benutzten Fallwerkes und seiner Gründung zu übersenden, auch dem Abnahmebeamten Gelegenheit zu geben, sich von deren Richtigkeit zu überzeugen.

Da die Schlagproben ihrer Gefährlichkeit wegen in einem allseitig umschlossenen Raume ohne Beisein von Menschen vor sich gehen, so ist zur Beaufsichtigung der Stellung des Bären eine Zeigervorrichtung erwünscht, die dem Beamten im geschützten Raume jederzeit die Nachprüfung gestattet. Eine solche Nachahmung des Falles ist ohne besondere Kosten leicht anzubringen.

Das wirksame Bärgewicht läßt sich durch Einschalten einer Federwage zwischen Bär und Auslösevorrichtung ermitteln. Das bei langsamem Herablassen des Bären ermittelte Gewicht ist das wirksame Bärgewicht, also das Bärgewicht vermindert um die Reibung, beim Anheben des Bären erhält man an der Federwage das Bärgewicht vermehrt um die Reibung. Über die Größe der zulässigen Reibung sind Vorschriften nicht gegeben; frühere Beschlüsse setzten die Höchstgrenze auf 2 % der Schlagarbeit des Bären fest.

Zur Feststellung des Gewichtes des Untersatzes und des Mauerkörpers ist man entweder auf beglaubigte Zeichnungen, oder auf Ausgrabung und Ausmessung angewiesen. Die Erfüllung der geforderten Bedingungen ist von wesentlichem Einflusse auf die Versuchsergebnisse. Man kann das Gewicht des Untersatzes und des Mauerkörpers als genügend groß ansehen, wenn unter der größten Schlagarbeit keine dauernden Schwingungen im Mauerkörper festgestellt werden können.

Die Erfüllung der übrigen geforderten Bedingungen läßt sich durch Ausmessen und mit der Wasserwage feststellen.

Die Vorschrift des V. D. E. V. ist wegen der vielen darin zugelassenen Bärgewichte nicht zweckmäßig. Die Fassungen der „Beschlüsse“ des D. V. f. M. und der V. z. P. sind vorzuziehen, weil danach stets dieselbe Teilung benutzt werden kann.

Im Hinblick auf diese vielen einflußreichen Beziehungen enthielten die früheren Beschlüsse noch die Vorschrift: „Jedes Regel-Fallwerk ist zu eichen“ mit der Begründung: Es ist nicht ausgeschlossen, daß Fallwerke, die mit allen Vorsichtsmaßregeln gebaut sind, durch unübersehbare Einflüsse unrichtige Wirkungen geben. Man kann nur dann vergleichbare Ergebnisse erhalten, wenn man die Reibungsverluste in Rechnung zieht oder ausgleicht.

Die Eichung mit einem bestimmten Kupferzylinder hat sich als unzureichend erwiesen, und ist deshalb aufgegeben. Während man sich von der Richtigkeit der Zerreiß-Maschine, die übrigens auch nicht geeicht ist, leicht durch passend gewählte Gegenproben überzeugen kann, führen bei den Schlagwerken nur die angegebenen Maßregeln zum Ziele.

#### d. 2) Schlagversuche.

Ist  $G^{kg}$  das Gewicht des Bären,  $g = 9,81^{m/Sek.^2}$  die Erdbeschleunigung,  $h^m$  die Fallhöhe, so ist die Schlagwirkung:

$$\text{Gl. 17) } \dots \dots \dots \frac{m}{2} \cdot v^2 = \frac{G}{2g} \cdot 2g \cdot h = G \cdot h \cdot \text{kgm.}$$

Danach könnte es zur Erzielung einer bestimmten Schlagwirkung gleichgültig erscheinen, ob große Gewichte und kleine Fallhöhen, oder kleine Gewichte und große Fallhöhen verwendet werden, wenn nur  $G \cdot h$  dasselbe ist. Stauch- und Biege-Versuche unter dem Schlagwerke haben jedoch erwiesen, daß bei gleicher Arbeit wuchtige Schläge eine größere Wirkung erzielen, als leichte, und daß die größeren Bärgeichte bei gleicher Arbeitsleistung  $G \cdot h$  größere Durchbiegungen bewirken. Das leuchtet ohne Weiteres ein, wenn man bedenkt, daß die Gewichte auch mittels der Durchbiegung als Weg noch Arbeit leisten.

Von besonderer Wichtigkeit für die Versuchsergebnisse ist die Vermeidung jeder Lagenänderung des Versuchstückes und des Prellschlages. Bei einer Prüfung von Chromstahl-Schienen war das vorgeschriebene Bärgeicht 600 kg, die Fallhöhe 2,5 m, die Freilage der Schiene der Form 9 der preußisch-hessischen Staatsbahnen 1 m. Nach den Zerreiß-Versuchen mußte ein gutes Verhalten unter dem Schlagwerke erwartet werden. Bei den ersten Versuchen waren die Schienen aber nach wenigen Schlägen für weitere Prüfung ungeeignet, weil der Bär nach jedem Falle zurückgeschleudert wurde und die Schiene von ihren Lagern sprang. Der wieder niederfallende Bär traf nun die noch nicht auf ihre Auflager zurückgekehrte, in ihrer Lage veränderte Schiene seitlich und gab so zu ungewollten starken Biegespannungen Anlaß. Nach Abstellung dieses Übelstandes und Verdoppelung der Schlagwirkung erhielt man die erwarteten günstigen Ergebnisse.

Prellschläge treten auf, wenn das Versuchstück weit über die Auflager hinausragende Enden hat. Die Schwingungen pflanzen sich vom Stoß-Mittelpunkte nach den Enden zu fort. Je größer nun die überhängende Masse ist, um so stärker ist ihre Rückwirkung auf die Größe des Prellschlages. Die preußisch-hessischen Staatsbahnen schreiben daher für Schienen bei 1 m Auflager-Entfernung 1,3 m Länge vor.

Bei genügend gesteigerter Durchbiegung der Versuchstücke treten auch hier, wie beim Zerreißversuche, die Erscheinungen der Dehnung und unter Umständen der Querschnittsminderung auf.

Das Schlagwerk ist zur Prüfung des Stoffes fertiger Gegenstände weit bequemer, als die Zerreißmaschine, da der Versuch an fertigen Stücken ohne weitere Vorbereitung vorgenommen werden kann. Nach Erfüllung der Liefervorschriften hat es der Abnehmer in der Hand, durch erhöhtes Schlagmoment die Dehnbarkeit und Zähigkeit des Stoffes an dem Versuchstücke bis an ihre Grenzen zu ermitteln.

## II. e) Technologische Proben.

Unter technologischen Proben versteht man Biege- und Schmiede-Proben, die Aufschluß über die Zähigkeit und Bearbeitbarkeit des Stoffes bei verschiedenen Wärmestufen geben sollen. Bei diesen Proben kommt es darauf an, ob sich die Versuche nur auf die Erfüllung der Liefervorschriften erstrecken, oder bis zur Erschöpfung der Eigenschaften des Stoffes fortgesetzt werden sollen.

Im erstern Falle, dem gewöhnlichen, beschränkt man sich auf die Ausführung der Proben und entscheidet über Annahme oder Ablehnung. Im letztern, der geeignet ist, einen Zusammenhang zwischen den bei der Zerreißprobe eintretenden Erscheinungen der Dehnung und Querschnittsminderung herzustellen, und für die Beurteilung der Güte sehr wertvoll erscheint, bestimmt man den Augenblick der ersten Ribbildung.

### e. 1) Biegeproben.

Die Beschlüsse des D. V. f. M. und der V. z. P. enthalten hierüber folgendes:

#### 1. a) Allgemeine Grundsätze.

„Die Biegeprobe muß mit einer langsam und stetig wirkenden Maschine ausgeführt werden.“

„Die am meisten gebogene Stelle der gezogenen Stabseite muß dem Auge frei sichtbar bleiben.“

„Zur Stoffbeurteilung dient am besten das Verhältnis zwischen der Proben-  
dicke  $a$  und dem Krümmungshalbmesser  $\varrho$  der Nulllinie bei Eintritt von deutlichen  
Rissen.“

„Als Gütemaßstab benutzt man die Biegegröße:  $B_g = 50 a/\varrho$ .“

Die ursprüngliche und in kleinen Werken noch vielfach gebräuchliche Art der Biegeprobe besteht darin, daß ein 250 bis 300 mm langes Probestück auf der Amboßkante mit dem Vorschlaghammer soweit herumgebogen wird, bis der verlangte Biegewinkel erreicht ist. Das Ergebnis dieses rohen Verfahrens hängt vorwiegend von der Geschicklichkeit des Zuschlägers ab; der Eintritt der Rißbildung ist schwer festzustellen.

#### 1. $\beta$ ) Biegevorrichtungen.

An die Biegevorrichtungen stellen die Beschlüsse daher folgende Anforderungen.

„Die Maschine biegt:

entweder den auf zwei Stützen gelegten Stab mit Mitteldruck, oder den einseitig eingespannten Stab mit Seitendruck.“

„Die Biegung kann hierbei erfolgen:

entweder frei um eine abgerundete Kante, den Dorn des Druckstempels oder der Einspannbacke (Textabb. 41),

oder gezwungen um einen Dorn, so daß sich die innere Probenfläche satt an den Dorn anlegt (Textabb. 42).“

„Bei Biegung um einen Dorn ist dessen Durchmesser entsprechend dem zu prüfenden Stoffe nach dem Vielfachen der Probendicke zu bemessen.“

„Es empfiehlt sich, die Stäbe viermal so breit als dick zu wählen.“

Legt sich der Stab voll an den Dorn an, und liegt die Nulllinie bei rundem oder rechteckigem Querschnitte bei gleicher Zug- und Druck-Festigkeit in der Mitte des Stabes, so ergibt sich nach Textabb. 43 die Länge der Nulllinie zu  $L = a \varrho = \left(\frac{n}{2} a + \frac{1}{2} a\right) \alpha$ , die Länge der stärkst gedehnten Faser zu  $L_1 = \left(\frac{n}{2} a + a\right) \alpha$ , worin  $\alpha =$  den Biegewinkel,  $a =$  die Blechstärke und  $D = n a =$  den Dorndurchmesser bezeichnen.

Die Verlängerung in % ist demnach:

$$\text{Gl. 18} \dots \dots \dots l = \frac{L_1 - L}{L} \cdot 100 = \frac{50 \cdot a}{\varrho} = \frac{100}{n + 1} \text{ } \text{\%}.$$

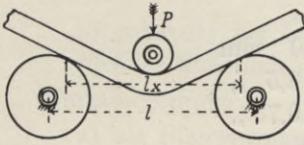
Das Größtmaß der zu erwartenden Dehnung ist für  $n = 0$ :  $l = 100\%$ .

Für einen Dorn gleich der Dicke des Stabes sind 50% Dehnung als Höchstwert zu erwarten, dieser Höchstwert wird aber nicht erreicht.

Bei den Proben lassen sich dünne Flußeisenbleche ganz dicht zusammenschlagen; bei den dickeren erreicht man dies schon schwieriger. Der Grund hierfür liegt in folgenden Umständen.

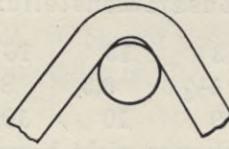
Bei basischem Siemens-Martin-Kesselbleche von 34 bis 41 kg/qmm Zugfestigkeit und 25 % Dehnung, bezogen auf 200 mm ursprünglicher Meßlänge, ist die Grunddehnung für je 10 mm Teilung 2 bis 2,2 mm; die örtliche Dehnung, die sich auf höchstens drei Teilungen erstreckt, geht von 7 bis 12 mm Längung. Wird

Abb. 41.



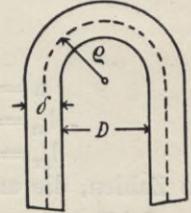
Biegeprobe an abgerundeter Kante.

Abb. 42.



Biegeprobe über den Dorn.

Abb. 43.



Gestalt der Biegeprobe.

also ein Blechstreifen von 6 bis 20 mm Dicke aufwärts um einen Dorn gleich der Blechdicke um 180° gebogen, so sind die auftretenden Verlängerungen

$$\text{Gl. 19} \quad \dots \quad \frac{3}{2} \pi a - \pi a = 0,5 \pi a = \sim 1,6 a.$$

Eine ursprüngliche Länge  $\pi a$  des Bleches von:

Zusammenstellung III.

der Blech-	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20 mm
dicke a =	18,9	22	25	28	31	35	38	41	44	47	50	53	57	60	63 „
mit $\pi a =$															
längt sich auf	28,5	33	37,5	40,5	46,5	52,5	57	61,5	66	70	74,5	79	85	89,5	94 „
( $\pi + 1,6$ ) a =															
Ist hierbei die Grunddehnung	23,2	26,9	30,5	34,2	37,9	42,8	46,5	50	53,8	55,7	61,2	64,8	69,6	73,4	77 „
= $1,22 \cdot \pi a =$															
So entfallen auf die örtliche Dehnung:	5,3	6,1	7	6,3	8,6	9,7	10,5	11,5	12,2	14,3	13,3	14,2	15,4	16,1	17 mm

Die Grunddehnung von 2,2 mm auf je 10 mm Teilung würde für jede Länge

$$\pi a \text{ sein: } \frac{\pi a}{10} \cdot 2,2 = 0,69 a; \text{ die Länge } \pi a \text{ geht infolge der Grunddehnung also über}$$

$$\text{in } \pi a \left( 1 + \frac{2,2}{10} \right) = 1,22 \pi a, \text{ die in die vierte Reihe der Zusammenstellung eingetragen ist.}$$

Der Längenunterschied  $\frac{3}{2} \pi a - \pi a \cdot 1,22$ , in der fünften Reihe der Zusammenstellung III entfällt also auf die örtliche Dehnung, und muß je nach seiner Größe eine Querschnittsminderung herbeiführen. Diese Zahl ist bei Blechen von 6 bis 10 mm so gering, daß die eintretenden Querschnittsminderungen nicht erheblich sind; bei Blechen über 20 mm ergeben sich schon recht starke Verminderungen.

Die Annahme, daß sich das Blech voll um den Dorn herumlegt, trifft indes bei den gebräuchlichen Biegevorrichtungen nach den Beschlüssen nicht zu.

Indem der vorgehende Stempel mit dem davor gehaltenen Dorne die Biegung einleitet, bildet sich gewöhnlich die in Textabb. 42 übertrieben gezeichnete Form aus. Das auf die Stützrollen gelagerte Blech wird von der durch den Stützdruck entstehenden Reibung gleichsam eingespannt, und nun beginnt die Dehnung auf der Länge  $l_x$ , wie Textabb. 41 angibt. Je mehr man demnach die Rollen einander nähert, desto schärfer wird die Probe. Am schärfsten fällt sie für die lichte Entfernung  $3a$  der Stützrollen bei einem Durchmesser der Stützrollen von 0 mm aus. Bei der Prüfung von weichen, basischen Siemens-Martin-Kesselblechen, einer lichten Rollenentfernung:  $L_1 = 60$  mm, einem Rollendurchmesser = 120 mm, Dorn-durchmesser = Blechstärke und  $180^\circ$  Biegewinkel ergab sich eine Mittel- und Höchst-Dehnung auf 10 mm Teilung von

## Zusammenstellung IV.

$\alpha = 10$	13	15	16	20 mm
$l_m = 4,5$	$5\frac{1}{4}$	6,5	8	8,5 „
$l_{gr} = 8,5$	9	10	10,5	10,75 „

also Zahlen, die an die berechneten nicht heranreichen.

Schlägt man die um  $180^\circ$  vorgebogenen Proben unter dem Dampfhammer flach zusammen, so erhält man zwar größere Höchstdehnungen auf 10 mm Teilung, aber nicht die rechnerisch zu erwartenden. Das rührt daher, daß die Probe zwar zunächst weiter gedehnt wird, zuletzt aber ein bemerkbares Rückwärtsstauchen der stärkst gedehnten Faser eintritt.

Abb. 44.



Querschnitt eines Probestückes nach der Biegeprobe.

Die Nulllinie bleibt aber auch bei Stoffen, die gleiche Zug- und Druck-Festigkeit haben, nicht in der Mitte des Biegestabes, sie rückt um so mehr nach der Druckseite, je kleiner das Verhältnis Breite:Dicke ist. Bei Stabform wird die Breite der Zugseite schmaler, als die der Druckseite, und der vorher rechteckige Querschnitt geht in ein Trapez mit stark gekrümmten Seiten nach

Textabb. 44 über; ist das Verhältnis Breite:Dicke groß, so tritt diese Trapezform wenig oder fast gar nicht auf.

Den einfachen Biegeproben ist also unter Umständen je nach dem Stoffe und nach dem Ausfalle der Zerreißproben wenig Bedeutung beizumessen. Sie können beispielsweise bei weichen Kesselblechen unbedenklich entbehrt werden.

1.  $\gamma$ ) Beschaffenheit und Form der Probekörper.

Die V. z. P. verlangen für „die Beschaffenheit und Form der Probekörper“ und für die „Versuchsausführung“ Folgendes.

„Der Stoff kann geprüft werden:

im Zustande der Anlieferung: dann ist der Probestreifen kalt und möglichst so abzutrennen, daß er keine Formänderungen erleidet, nicht mit der Schere;

geglüht: dann ist das Glühen in einer der Stoffart angepaßten Weise zu besorgen;

abgeschreckt: das heißt geglüht bis etwa  $800^\circ$  C und in Wasser von 15 bis  $30^\circ$  C unter Umrühren schnell abgekühlt;

unverletzt: an prismatischen Stäben;

verletzt: an eingekerbten, gelochten oder sonst verletzten Stäben.“

„In der Regel sollen die Probekörper rechteckigen Querschnitt erhalten, und an der Biegestelle mit stark abgerundeten Kanten versehen werden.“

„Bei Profilstäben sollen die Querschnittsabmessungen tunlichst erhalten bleiben.“

„Die Einkerbung an der spätern Zugseite der Probe soll mit spitzem Stahle durch Einhobeln bis auf 0,2 der Probendicke  $a$  erfolgen.“

„Die Lochung soll, wenn möglich, mit einem Stempel von 2  $a$  Durchmesser in der Mitte eines Stabes von den Abmessungen  $a : b = 1 : 5$  erfolgen.“

### 1. $\delta$ ) Ausführung der Versuche.

„Die Prüfung kann erfolgen als:

Kaltbiegeprobe

- a) entweder bei Luftwärme, 10 bis 30° C;
- b) oder künstlich abgekühlt, unter 0° C;

Warmbiegeprobe

- a) als Blauwarmprobe;
- b) als Rotwarmprobe.“

„Bei der Blauwarmprobe muß Eisen so stark erwärmt sein, daß es auf einer blank gemachten Stelle blau anläuft und diese Farbe behält; es wird nicht blau, wenn es zu kalt ist, und bleibt nicht blau, wenn es zu warm ist.“

„Bei der Rotwarmprobe soll Eisen 500 bis 600° C haben, es erscheint im Schatten deutlich rotwarm.“

„Der Biegehalbmesser wird am einfachsten und hinreichend genau mit Lehren ermittelt, die auf der Zugseite des Stabes angelegt werden.“

„Die Lehren für  $\rho$  sollen in Stufen von 2 zu 2 mm fortschreiten.“

„Die Öffnung der Lehren soll immer 45° betragen.“

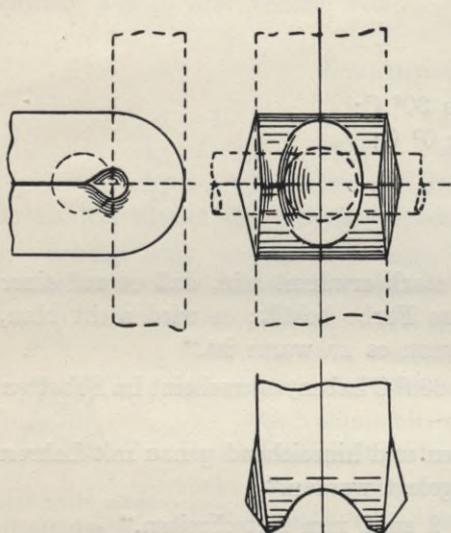
Über das Geraderichten in kaltem Zustande und die Entfernung des Scherenschnittes, deren Einwirkung auf Verminderung der Dehnung und Erhöhung der Festigkeit, sowie über das Ausglühen gilt das für die Zerreißprobe auf S. 38 Gesagte. Bei der Abschreck-, Härte- oder Temper-Probe soll das Eisen auf etwa 800° C erwärmt werden, das Wasser muß vollkommen rein sein, also keinen Öl- oder Seifen-Zusatz und Zimmerwärme von 15 bis 30° C haben. Der sich am Eisen bildende Dampfmantel, ein schlechter Wärmeleiter, muß durch lebhaftes Hin- und Herbewegen im reichlich großen Wasserbade immer wieder entfernt werden. Geschieht dieses nicht, so steigt die Festigkeit nur wenig, während die Dehnung nahezu unverändert bleibt. Je höher die Wärme des Versuchstabes, je niedriger die des Wasserbades und je stärker die Hin- und Herbewegung des Probestabes im Wasser ist, um so größer wird die Zugfestigkeit, und um so mehr sinkt die Dehnung, um so schärfer wird also die Abschreck-Biegeprobe. Der Vorgang des Härtens erklärt sich aus dem bei etwa 730° beginnenden Lösungsvermögen des Eisenkarbides,  $Fe_3C$ , in dem „Ferrit“ genannten reinen Eisen, und damit einer Gefügeänderung, bei der durch schroffes Abschrecken der Lösungs-Zustand festgehalten wird, und durch die Festhaltung des entsprechenden „Martensit“-Gefüges eine Spannung im Eisen erzeugt, die sich durch erhöhte Festigkeit und verminderte Dehnung kenntlich macht.

Erwärmung des Probestabes unter  $700^{\circ}$  hat keine Umwandlung zur Folge, und läßt keine oder nur sehr geringe Härtung nach dem Abschrecken auftreten, ist also für die Zwecke der Härteprobe wertlos.

Die einfache Biegeprobe wird verschärft durch die Einkerbprobe. Durch die V. z. P. wird gegenüber dem Meißeleinhibe die Bildung von Haarrissen verhindert und damit die Neigung zu plötzlichem Brechen vermieden.

Eine scharfe Biegeprobe für weiches Flußeisen, die bei richtiger Ausführung nahezu die ganze Zähigkeit erschöpft, ist die Lochbiegeprobe. Erfolgt die Lochung

Abb. 45.



Lochbiegeprobe.

mit dem Stempel auf kaltem Wege, so muß die Probe zur Beseitigung der Stempelspannung gut ausgeglüht werden; besser ist es, das Loch zu bohren, sauber auszuarbeiten und die Kanten sorgfältig abzuschrägen. Die Vorgänge bei dem folgenden Biegen sind nach Textabb. 45 etwa folgender Art.

Auf Biegung sind zunächst nur die durchlaufenden Fasern beansprucht. Die am Loche endigenden Fasern nehmen daran nur wenig teil und wirken durch ihren starken Seitendruck hemmend auf die in gleicher Höhe liegenden Teilchen der sich dehnen, durchlaufenden Fasern. Der Einfluß ist um so stärker, je dicker das Blech und je weniger seitlich stehen geblieben ist, eine Folge der Ungleichartigkeit des Stoffes im Querschnitte, wie schon beim Einflusse der Walzhaut auf die Dehnergebnisse der Zerreißprobe (S. 37) besprochen wurde. Zerreißversuche mit ge-

lochten Stäben haben gezeigt, daß die Spannung am Lochrande unter Umständen 2,3 mal größer ist, als die mittlere, und daß dieser Zustand umso mehr auftritt, je kleiner das Loch ist.

Teilt man die Biegezone durch ein Netz von Linien ein, so erhält man bei eintretender Querschnittsminderung Biegezahlen, die mit den bei der Zerreißprobe an der örtlichen Einschnürstelle erhaltenen gut übereinstimmen. Biegeproben dieser Art bilden wertvolle Gegenproben zu den Zerreißproben und beweisen die Güte des Stoffes. Einzelne Verwaltungen schreiben diese Versuche auch für abgeschreckte Proben vor. Dem kann indes nur ein besonders hochwertiger und ausgesuchter Stoff genügen. Die V. z. P. geben an:

„Die Lochung erfolge, wenn möglich, an Stäben, deren Breite gleich der fünffachen Dicke ist, in der Mitte und möglichst mit einem Stempel von der doppelten Dicke des Stabes.“

Die Kaltbiegeprobe wird vorzugsweise bei solchen Eisenarten angewandt, bei denen große Zähigkeit Haupterfordernis ist, weniger bei Stahl mit mehr als 0,6 % C. Sie ist zugleich eine Probe auf Phosphorgehalt, denn dieser macht das Eisen spröde und kaltbrüchig, und zwar um so mehr, je höher der C-Gehalt neben dem P-Gehalte ist.

Die Warmbiegeprobe dient neben den Schmiedeproben zur Beurteilung der Schmiedbarkeit, und bei Dunkelrotglut ausgeführt, zur Feststellung der Rotbrüchigkeit, also der Neigung, bei Rotglut auf der gedehnten Seite einzureißen.

Die Schmiedbarkeit aller Arten schmiedbaren Eisens ist sehr gering bei einer Wärme von 200 und 400° C, bei der das Eisen nach Abschaben des Glühspanes blau anläuft. Die Zugfestigkeit steigt und zeigt im Allgemeinen ihren Höchstwert bei etwa 250° und die Dehnung sinkt beträchtlich. Heft IV der Mitteilungen des Materialprüfungsamtes zu Groß-Lichterfelde enthält die bemerkenswerten Angaben der Zusammenstellung V.

Zusammenstellung V.

Stoff	Wärme 0° C	Streckgrenze kg/qmm	Zugfestigkeit kg/qmm	Dehnung auf 100 mm %	Querschnitts- minderung %
Fluß Eisen . . . .	+ 20°	22	38,4	30,4	58,6
	+ 200°	19,9	50,3	15,8	41,5
	+ 300°	15,6	47,4	20,0	22,9
	+ 400°	11,3	34,1	35	57,5
Fluß Eisen . . . .	+ 20°	26,0	46,7	26,8	48,7
	+ 200°	22,9	54,8	14,8	33,2
	+ 300°	—	52,9	22,6	27,6
	+ 400°	14,3	43,2	29,5	50,6

Ähnlich sind die Ergebnisse bei Schweiß Eisen.

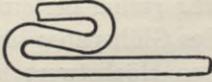
Aus der starken Abnahme der Dehnung und der Querschnittsminderung ergibt sich die Erklärung dafür, daß Eisen in der gefährlichen Wärmezone, in der es gelb, braun und blau anläuft, nur geringe Biegebeanspruchungen verträgt. Daraus ergibt sich weiter, daß Eisen nie bis unter Dunkelrotglut bearbeitet werden soll. Das in Blauwärme bearbeitete Eisen erhält nicht feststellbare Spannungen und Risse, die sich häufig in unvermutetem Brechen der Werkteile äußern. Solche Spannungen und die Rissigkeit können nur durch nachfolgendes sorgfältiges Ausglühen über 750° und vorsichtiges Abkühlen beseitigt werden.

Die Warmbiegeprobe, am besten bei Dunkelrotglut ausgeführt, gibt guten Aufschluß über die durch zu hohen Gehalt an Schwefel, Eisenoxydul und anderen Beimengungen hervorgerufene Rotbrüchigkeit des Eisens. Sie ist zweckmäßig nach Textabb. 46 auszuführen, um die gedehnte Faser auf beiden Seiten des Flachstabes auf Anrisse beobachten zu können. Verschärft wird sie durch die später zu erörternde Loch- und Aufschlitz-Probe, bei denen bei richtiger Wahl der maßgebenden Größen zugleich starke Dehnungen mit erheblichen Querschnittsminderungen auftreten.

Die warme Lochprobe besteht im Lochen des rotglühend gemachten Stabes mittels des Dornes und Umschlagen um den Lochdurchmesser; die bei der Kaltbiegeprobe erwähnten Erscheinungen treten hierbei ebenso auf.

Schärfer, als die Lochprobe ist die Schlitz- oder Hörnle-Probe in einer Hitze. In den hellrot warm gemachten Versuchstreifen wird in passender Entfernung vom Rande mittels des Dornes ein Loch eingeschlagen, der Rand mit dem Schrotmeißel bis zur Kante aufgeschlitzt und nun die Enden bis zum vollständigen Anliegen am ganzen Stücke umgeschlagen. Dieses Hochkantumbiegen ruft sehr starke Dehnungen mit Querschnittsminderungen in der Dehnseite hervor. Das Umschlagen des zweiten Endes erfolgt meist in Dunkelrotglut. Nur vorzüglich schmiedbares, von Rotbrüchigkeit ganz freies Eisen hält diese Probe aus. Der Durchmesser des Loches soll ein Drittel der Breite des Versuchstabes betragen, das Loch soll genau in der Stabmitte angebracht sein.

Abb. 46.



Warmbiegeprobe.

### e. 2) Schmiedeproben.

Schmiedeproben werden in kaltem und in warmem Zustande ausgeführt. Um die am häufigsten vorkommenden Proben einheitlich durchzuführen und unter einander vergleichen zu können, empfehlen die V. z. P. folgendes:

#### 2. a) Ausbreitprobe.

„Die Ausbreitprobe wird mit einem Handhammer, Vorschlaghammer oder schnell arbeitenden Hammerwerke ausgeführt; die Hammerfinne soll einen Abreibungsdurchmesser von 15 mm haben und quer zur gewünschten Ausbreitrichtung stehen.“

„Der Probestreifen soll das Breitenverhältnis  $a : b = 1 : 3$  haben und auf eine Länge  $l = 1,5$  bis  $2 b$  ausgebreitet oder ausgestreckt werden.“

„Als Maß für die Ausbreitung  $A_g$  von  $b$  auf  $b'$  oder für die Streckung  $S_g$  von  $l$  auf  $l'$  gilt der bei der Reißbildung erreichte Wert von  $A_g = (b' : b) 100$  oder  $S_g = (l' : l) 100$ .“

#### 2. β) Stauchprobe.

„Die Stauchprobe wird mit einem Hammer oder einem schnell gehenden Hammerwerke ausgeführt.“

„Die Probekörper sollen tunlich Zylinder sein, deren Höhen gleich den doppelten Durchmessern sind,  $h = 2 d$ .“

„Als Maß für die Stauchung  $St_g$  gilt der bei der Reißbildung erreichte Wert  $St_g = [(h - h') : h] 100$ .“

#### 2. γ) Aufdornprobe.

„Bei der Aufdornprobe wird im hellrotglühenden Stabe des Breitenverhältnisses  $a : b = 1 : 5$  mit dem Lochhammer ein Loch vom Durchmesser  $2 a$  hergestellt und mit kegelförmigen Dornen aufgetrieben.“

„Die Dorne sollen auf 10 mm Länge um 1 mm im Durchmesser wachsen.“

„Die Probe ist nötigen Falles wieder zu erhitzen und der Dorn abwechselnd von beiden Seiten einzutreiben, um einseitige, scharfe Ränder, die Anlaß zur Bildung von Rissen geben, zu vermeiden.“

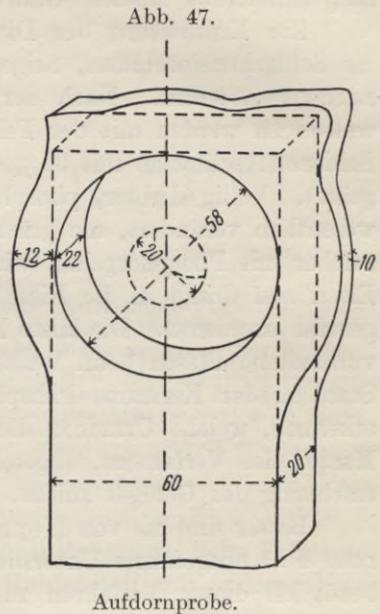
„Als Maßstab für die Erweiterung  $E_g$  gilt der bei der Reißbildung erreichte Wert  $E_g = (d' : d) 100$ , worin  $d'$  der Durchmesser nach und  $d$  der vor der Probe ist.“

Die Aufdornprobe wird bei sehr weichen und zähen Stoffen häufig in kaltem Zustande ausgeführt, wobei der geringste Querschnitt für die Größe der Aufweitung maßgebend ist. Auf der stark gedehnten äußern Seite treten bei beginnendem Einschnüren die Dehnzahlen auf, wie bei der Zerreißprobe. Diese Probe gibt daher auch über Dehnung und Querschnittsminderung Aufschluß. Textabb. 47 zeigt die Aufdornprobe bei einem Kesselblechstreifen von 34 bis 41 kg/qmm Zugfestigkeit und 25 % Dehnung auf 200 mm Länge.

### 2. δ) Lochprobe.

„Bei der Lochprobe auf dem Ambosse wird an einem rotglühenden Probestücke, dessen Breitenverhältnis  $a : b$  größer als  $1 : 5$  ist, mit dem Lochstempel vom Durchmesser  $a$  geprüft, wie nahe man das Loch an den Rand setzen kann, ohne daß das Stück aufreißt. Als Maß des Widerstandes gegen das Aufreißen gilt das Verhältnis zwischen der Probendicke  $a$  und dem doppelten Abstände des Lochrandes von der Kante des Probestückes.“

Die in den folgenden Lieferbedingungen aufgeführten weiteren Proben werden daselbst besprochen.



## II. f) Gefügeproben.

In vielen Lieferbedingungen ist die Art des Gefüges vorgeschrieben, beispielsweise wird verlangt, daß das Schweißisen sehnigen Bruch haben und kein kristallinisches Gefüge zeigen soll. Diese Vorschriften über Gefügeaussehen sind zu unbestimmt und Ursache vieler Schwierigkeiten bei der Abnahme. Unbestimmt sind sie deshalb, weil sich die Beschreibung eines bestimmten Gefüges nicht eindeutig geben läßt, am wenigsten mit Worten, und weil die Art der Erzeugung des Bruches von wesentlichem Einflusse auf das Aussehen des Gefüges ist. So kann ein durchaus sehniges Schweißisen nach einem scharfen Schlage gegen das abzubrechende Ende stark körniges Gefüge zeigen. Am deutlichsten tritt das Gefüge hervor, wenn das abzubrechende Ende nach Herstellung einer Einkerbung mit einem Hobelstahle auf der Maschine, oder mit einer scharfen Dreiecksfeile mit stetigem Drucke nach nur einer Richtung abgebogen wird, damit die Kristallkörner der Streckung folgen können. Hin- und Herbiegen verwischt das Bild, indem die Bildung von Stauchkorn eintritt. Starke Schläge führen zu plötzlicher Trennung der sich strecken wollenden Kristalle und lassen diese oft mitten durchbrechen, so daß hellglänzende Kristallflächen entstehen. Der Grund dieser Gefügeerscheinung ist der, daß die Metalle aus Kristallkörnern aufgebaut sind, die je nach der Art ihrer Entstehung verschiedene Größe haben können, sich in ihrer Ausgestaltung mehr oder weniger gegenseitig hemmen und keine ausgesprochene Achsenlagerung haben, daher mehr oder minder in einander verfilzt sind.

Wenn also ein bestimmtes Aussehen des Bruches vorgeschrieben wird, so sollte mindestens die Art der Brucherzeugung genau vorgeschrieben werden; erst

dann läßt sich ein Schluß auf die bedingungsgemäße Beschaffenheit des Stoffes ziehen. Auf grob kristallinisches Gefüge, das die Stoffe spröde macht, wirken Beimengungen, beispielsweise Phosphor im Eisen als Eisenphosphit und hohe oder lang anhaltende mittlere Glühwärmestufen.

Zur Ermittlung der Dichtheit des Gefüges dienen Beiz- oder Ätz-Proben, die Schlackeneinschlüsse, Seigerungen, Schweißstellen und andere unganze Stellen nachweisen sollen. Nach der Vorschrift des Vereines deutscher Eisenbahn-Verwaltungen werden mit der Feile eben bearbeitete, nicht geschliffene Flächen von Schienenabschnitten mit 30 % Salzsäure in 70 % Wasser dreimal 24 Stunden lang geätzt. Völlig dichter, phosphorfreier Stahl wird durch diese Behandlung nicht wesentlich verändert, die geätzte Fläche erscheint nur rauh. Rissiger Stahl und solcher mit Phosphorgehalt wird angegriffen. Die Säure löst das phosphorhaltige Eisen und dringt in die Risse ein, erweitert sie und greift Stellen an, die vorher gesund erschienen. Die Risse können dadurch entstanden sein, daß im Walzblocke vorhandene Blasen beim Walzen nicht gehörig verschweißt wurden, oder daß der Stahl in der Kernzone Phosphorseigerungen enthält. Das Ätzmittel läßt nicht erkennen, welche Ursachen die Bildung von Rissen bewirkt haben. Dies ist ein Mangel des Verfahrens, abgesehen davon, daß die Tiefätzung keine genauere Betrachtung des Gefüges zuläßt.

Besser sind die von Heyn angegebenen Ätzmittel, die die unter der Vergrößerung 4 : 1 ausgeführte Untersuchung des Gefüges in einwandfreier Weise gestatten; bezüglich dieser Verfahren muß auf anderweite Veröffentlichungen<sup>6)</sup> verwiesen werden.

---

## B. III) Eisen.

Bearbeitet von **Halfmann.**

---

### III. a) Allgemeines.

#### a. 1) Unterscheidung der Eisenarten.

Das technisch verwertete Eisen ist eine Mischung von Eisen mit anderen Metallen und Nichtmetallen. Besonders beeinflußt der Kohlenstoff je nach der Höhe seiner Beimengung die Eigenschaften des Eisens und gibt die Grundlage für die Einteilung der Eisenarten in der Technik ab. Im flüssigen Eisen ist höchstwahrscheinlich aller Kohlenstoff als Eisenkarbid,  $\text{Fe}_3\text{C}$ , gelöst, er bestimmt durch seine Menge den Erstarrungspunkt des Eisenbades. Reines Eisen erstarrt bei  $1550^\circ \text{C}$ ; 4,3% C enthaltendes Eisen bei  $1130^\circ$ , noch stärkerer Gehalt an Kohlenstoff erhöht den Erstarrungspunkt wieder.

Der Kohlenstoffgehalt ist bestimmend für die Zugfestigkeit, Dehnung, Schweiß-

---

<sup>6)</sup> Handbuch der Materialkunde für den Maschinenbau von Dr. ing. Martens, Teil II, Hälfte A: Die wissenschaftlichen Grundlagen für das Studium der Metalle und Legierungen; Metallographie von E. Heyn.

und Schmiedbarkeit. Je geringer der Kohlenstoffgehalt ist, desto geringer ist die Zugfestigkeit des Eisens, desto größer die Dehn-, Schmied- und Schweißbarkeit.

Die technisch wichtigsten Eisenarten sind nach dem Kohlenstoffgehalte und der Art ihrer Herstellung in Zusammenstellung VI aufgeführt.

## Zusammenstellung VI.

## Roheisen.

Nicht schmiedbar, spröde, beim Erhitzen plötzlich schmelzend. Gehalt an Kohlenstoff, Silizium, Phosphor und anderen Stoffen mindestens 2,3%:

Graues Roheisen.	Weißes Roheisen.	Eisenmangan, Ferromangan.
Ein Teil des Kohlenstoffes wird beim Erkalten als Graphit abgeschieden. Die Farbe der Bruchfläche ist grau. In der Gießerei zu Gußwaren verarbeitet heißt das graue Roheisen Gußeisen, mit hohem Siliziumgehalte Ferrosilizium.	Der Kohlenstoff ist als Härtkohle im Eisen gelöst, die Farbe der Bruchfläche ist weiß. Es ist härter und spröder als graues Roheisen; es wird meist zur Umwandlung in schmiedbares Eisen erzeugt.	Kohlenstoffhaltige Eisenmangannmischungen mit hohem Manganengehalte. Der Kohlenstoff ist als Härtkohle im Eisen gelöst. Die Farbe der Bruchfläche ist weiß oder gelblich.

## Schmiedbares Eisen.

Schmiedbar und in gewöhnlicher Wärme weniger spröde als Roheisen. Beim Erhitzen erweicht es allmähig bis zum Schmelzen. Gehalt an Kohlenstoff und anderen Beimengungen weniger als 1,6%. Eisen mit 1,6 bis 2,3% Kohlenstoff findet in der Technik keine Anwendung.

## Schweiß Eisen.

In nicht flüssigem, teigartigem Zustande erzeugt. Schlackenhaltig und aus zahlreichen, einzeln entstandenen, zusammengeschweißten Eisenkörnern bestehend.

**Schweißstahl.**  
0,5% und mehr Kohlenstoff, härter, Zugfestigkeit 50 kg/qmm und mehr.

**Schweiß Eisen, Schmiedeeisen.**  
Weniger als 0,5% bis 0,04% Kohlenstoff, zäher und geschmeidiger als Schweißstahl; nicht deutlich härter. Zugfestigkeit unter 50 kg/qmm.

## Fluß Eisen.

In flüssigem Zustande gewonnen, schlackenfrei.

a) **Flußstahl.**  
0,5% und mehr Kohlenstoff, härter, Zugfestigkeit 50 kg/qmm und mehr.

b) **Fluß Eisen, Flußschmiedeeisen.**  
Weniger als 0,5% bis 0,04% Kohlenstoff, zäher und geschmeidiger als Flußstahl; nicht deutlich härter, Zugfestigkeit weniger als 50 kg/qmm.

So scharf der Unterschied zwischen Schweiß- und Fluß Eisen ist, so verschwommen sind die Grenzen zwischen Stahl und Schweiß Eisen. Je nach der Wärmebehandlung kann ein Stoff Stahl oder Schweiß Eisen genannt werden. Bei plötzlichem Abschrecken, Ablöschen, Tempern, rotglühenden Eisens in Wasser von 28° C sind beide Arten härter; eine Unterscheidung zwischen härter und deutlich oder stark härter ist aber nicht getroffen. Die Härtung ist um so stärker, je größer der Wärmeunterschied zwischen Eisen und Wasser ist, je schneller die Abkühlung erfolgt und je mehr Kohlenstoff das Eisen enthält.

Auch die Unterscheidung nach dem Kohlenstoffgehalte ist heute nicht mehr haltbar, da sehr vorzügliche Stahlarten mit weniger als 0,5% Kohlenstoff durch

Zusatz anderer Stoffe, wie Mangan, Chrom, Wolfram, Nickel, Vanadium und andere Metalle, hergestellt werden.

In Deutschland spricht man von „Stahl“ bei 50 kg/qmm und mehr, von „Eisen“ bei weniger als 50 kg/qmm Zugfestigkeit. Großbritannien, Nordamerika, Frankreich und andere Länder nennen die auf flüssigem Wege hergestellten Arten: Stahl, und unterscheiden: hard und mild steel, acier dur und doux. Der Begriff „Stahl“ ist also im Allgemeinen unklar, eine richtige Deutung kann ihm nur durch Feststellung weiterer Eigenschaften gegeben werden.

### a. 2) Gewinnung des Eisens.

Gediegenes Eisen von unserer Erde stammend ist eine Seltenheit, aus dem Weltall ist es mit Nickel und Kobalt vereint in den Meteoriten zu uns gekommen. Für die Gewinnung des Eisens kommen fast nur die nachstehend aufgeführten wichtigsten Eisenerze in Betracht.

1. Magneteisenerz, hauptsächlich  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , Eisenoxydoxydul, mit den Beimengungen: Kalkspat, Granat, Hornblende, Quarz und den Verunreinigungen: Schwefel, Magnet-, Kupfer- und Arsenikkies, Bleiglanz, Zinkblende. Fundorte<sup>7)</sup> Mittel- und Nord-Schweden, Grängesberg, Gellivara.
2. Roteisenerz,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Eisenoxyd, mit Kalkspat, Dolomit, Quarz und Ton gemengt und verunreinigt mit Schwefelkies und phosphorsauerm Kalke. Fundorte: Sieg, Lahn, Dill; Porta-Westphalika, Sauerland, Harz, Nordspanien.
3. Brauneisenerz, Rasen- oder Sumpf-Eisenerz,  $3\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe}_2\text{O}_3$ , Eisenoxydhydrat; häufig ein Zersetzungserzeugnis anderer Eisenerze und daher stark mit diesen vermischt. Beimengungen sind: Quarz, Ton, Kalk, Dolomit; Verunreinigungen: Schwefelkies, Bleiglanz, Zinkblende, Galmei. Fundorte: Norddeutsche und holländische Tiefebene, Luxemburg, Lothringen, Minorka.
4. Spat-, Ton- und Kohlen-Eisenstein,  $\text{FeCO}_3$ , Eisenkarbonat, mit den Beimengungen: Quarz und Kalkspat, oder Ton, Mergel, Sand und Kalk und den Verunreinigungen: Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende. Fundorte: Siegerland, Steiermark, Zwickau und Ruhr.

Das Eisen wird aus diesen Sauerstoffverbindungen durch den in den Brennstoffen enthaltenen Kohlenstoff gewonnen, die Fremdkörper werden, soweit sie sich nicht in der Hitze verflüchtigen, in heißflüssigem Zustande oder durch geeignete Zuschläge als Schlacke ausgeschieden.

Als Brennstoff diente im Hochofen früher allgemein die von schädlichen Bestandteilen freie Holzkohle, die noch heute bei reinen Erzen und großem Holzreichtume bevorzugt wird.

Der größte Teil des Roheisens wird mit Koks erblasen, dessen Güte mit seiner Festigkeit und Dichte steigt. In Oberschlesien wurde bis um 1890 rohe, sehr feste Steinkohle mit Koks gemengt, in Schottland und Nordamerika wird vereinzelt nur rohe Steinkohle zum Hochofenbetriebe verwendet, da diese dort dem starken Drucke der Beschickung im Hochofen standhält.

<sup>7)</sup> Die für das deutsche Roheisengewerbe in Frage kommenden Fundorte sind genannt.

Die zur Verbrennung dienende Luft wird durch Gebläsemaschinen auf 0,2 bis 1 at Überdruck gepreßt und vor dem Eintritte in den Hochofen stark erhitzt.

Je nach dem Gange des Hochofens wird weißes oder graues Roheisen erzeugt, das man teils in Rinnen auf der Hüttensohle in Sand, teils in eisernen Gußformen, „Kokillen“, zum Erstarren bringt und als „Gänzen“ oder „Masseln“ verkauft. Das weiße Roheisen wird meist in flüssigem Zustande weiter verarbeitet. Mangan-gehalt bis 90% befördert die Bindung des Kohlenstoffes an das Eisen bis 7%, also die Entstehung weißen Roheisens. Silizium, Nickel, Aluminium und Schwefel befördern die Ablagerung des Kohlenstoffes als Graphitplättchen, also die Entstehung grauen Roheisens. Weißes Roheisen ist ein Zwischenerzeugnis zur Herstellung von Stahl und Schweiß Eisen durch Frischen, und dient zu besonders harten Gußstücken, graues kann unmittelbar zu gewöhnlichen Gußwaren verwendet werden. Im Allgemeinen ist dies jedoch wegen der örtlichen Trennung des Gießerei- und des Hochofen-Betriebes, und wegen Mengung zur Erzielung bestimmter Eisensorten nicht üblich. Man schmilzt daher das als „Gänzen“ oder „Masseln“ erhaltene Roheisen wieder ein.

### a. 3) Lieferbedingungen und Prüfung.

#### 3. a) Allgemeines.

Die Lieferbedingungen bestehen aus einem technischen und einem kaufmännischen Teile, der Zahlungen, Versand, Ersatz und dergleichen behandelt. In technischer Hinsicht verlangen sie, daß eine gewisse untere Gütegrenze erreicht wird. Diese Grenze schreibt der Besteller dem liefernden Werke vor. Seine Willkür hat hierbei weite Grenzen, denn der Wettbewerb zwingt die Werke, viele verschiedene Rohstoffe auf Lager zu halten. Scharfe Lieferbedingungen und Abnahmen wirken zwar häufig auf Verbesserung der Ware, andererseits hemmt die Regellosigkeit der Gütevorschriften die Leistungsfähigkeit der Werke und ihr Eingreifen in den Wettbewerb auf dem Weltmarkte, einheitliche feste Vorschriften würden hier fördernd wirken und sind, als wirtschaftlich sehr bedeutungsvoll, anzustreben.

Die untere Gütegrenze eines Stoffes hängt von der Art des Rohstoffes ab. Die englischen Hüttenwerke erzeugen aus ihren im Lande gewonnenen hochwertigen, phosphorarmen Erzen ein Flußeisen von höherer Festigkeit als Deutschland aus seinen phosphorreichen. In der Güte sind beide gleichwertig; es würde eine Schädigung des deutschen Gewerbes bedeuten, wenn man die höheren Festigkeiten verlangen wollte. Ferner bedingt die Erzeugung im Flammofen oder in der Birne die untere Grenze der Festigkeit. Im Allgemeinen ist das in der Birne erzeugte Gut etwas härter, als das im Flammofen dargestellte. Die Festlegung der untern Grenze der Festigkeit ist also von großer wirtschaftlicher Bedeutung, da zu eng gegriffene Grenzen viel brauchbare Stoffe ausscheiden und unnötige Erschwerungen der Herstellung zur Folge haben.

Obere Grenzen werden zuweilen vorgeschrieben, um beispielsweise bei Flußeisen oder Flußstahl Sprödigkeit auszuschließen. Der Abstand beider Grenzen darf nicht zu klein sein, da dann viel brauchbare Erzeugnisse ausfallen. Bei Flußeisen für Kesselbleche sind beispielsweise 7 kg/qmm Unterschied in der Zugfestigkeit zu gewähren und vom Standpunkte des Entwerfers auch als zulässig hinzunehmen,

da es nicht möglich ist, die Festigkeitseigenschaften einer Schmelzung im Gewichte von 10 t und darüber gleichmäßiger zu gestalten. Die erste Bramme fällt eben trotz aufmerksamster Betriebsleitung anders aus, als die letzte. Unnötig viel Ausschub wegen zu enger Fortsetzung der Grenzen der Festigkeit erhöht den Verkaufspreis.

Um die verwendbaren Erzeugnisse zu kennzeichnen, und den zu großen Ausfall von Ware zu mindern, sind Wertziffern eingeführt, die durch Zusammenzählen oder Vervielfältigen von Festigkeit und Dehnung oder Festigkeit und Einschnürung gebildet werden, und deren Einführung durch gewisse Stoffeigenschaften bedingt ist. Da Kesselbleche über 20 mm Stärke wegen ungenügender Durcharbeitung durch den Druck der Walzen oft zu geringe Zugfestigkeit, dafür aber starke Dehnung zeigen, ist die Bildung der Wertziffer: Zugfestigkeit + Dehnung eingeführt. Zuerst bildete Wöhler Wertziffern für bestimmte Stoffe durch Zusammenzählen von Festigkeit und Querschnittsminderung, die von Durchschnittsproben erreicht werden. Tetmajer leitet die Wertziffer aus dem Schaubilde des Zerreißvorganges ab. Die dabei geleistete Arbeit aus Festigkeit mal Dehnung in % soll einem bestimmten Grenzwerte entsprechen. Beispielsweise besteht bei Stahl von 50 bis 60 kg/qmm Zugfestigkeit die Schwierigkeit, bei den höheren Festigkeiten die Dehnung von 20 % auf 200 mm Zerreißlänge zu erreichen, hier tut die Wertziffer: Festigkeit  $\times$  Dehnung = 1000 recht gute Dienste, um brauchbare Erzeugnisse vor der Zurückweisung zu schützen. Vielfach läßt sich eine nach Festigkeit oder Dehnung nicht entsprechende Ware, bei der die Wertziffer genügt, durch vorsichtiges Ausglühen über die Umwandlungsstufe von 730° C hinaus und sorgfältiges Abkühlen abnahmefähig machen.

Die für viele Zwecke wichtige Proportionalitäts-Grenze wird bei den Abnahmen marktgängiger Ware nicht bestimmt, da diese Bestimmung zeitraubend, schwierig und eine Quelle dauernder Streitigkeiten zwischen Werk und Abnehmer ist, und die Werke zu kostspieligen Einrichtungen zwingen würde.

Die weit einfachere Bestimmung der Streckgrenze scheint sich zur Benutzung bei der Abnahme zu eignen.

Über den Wert der Zerreißproben ist man noch geteilter Meinung, da sie bei den der Abnutzung unterliegenden Erzeugnissen, wie Schienen, fast ganz versagt, oder auch, wie für Lokomotiv- und Wagen-Achsen und Radreifen von zweifelhaftem Werte ist. Aus den früher bei der Zugprobe<sup>8)</sup> erörterten Gründen ihrer Unzuverlässigkeit ist es erwünscht, sie nicht mehr unbedingt vorzuschreiben und durch einfachere Verfahren zu ersetzen. Die Kugeldruck- und Schlag-Proben, scharfe technologische Proben sind weiterer Ausbildung fähig und werden vielleicht guten und sichern Ersatz bieten.

Gewisse im Betriebe stark beanspruchte Stoffe, von denen man besondere Zuverlässigkeit fordern muß, sollten in jedem Stücke einer einfachen, etwa der Kugeldruck-Probe unterworfen werden.

Die heutigen Lieferbedingungen umfassen die in den folgenden Abschnitten mitgeteilten Bestimmungen, die in geeigneter Auswahl zur sichern Beurteilung der Güte der Stoffe ausreichen.

<sup>8)</sup> B. II. a. 6). S. 35.

3.  $\beta$ ) Inhaltsübersicht der Lieferbedingungen.

Die Liefervorschriften sind nach folgenden Gesichtspunkten einzuteilen.

## A. Allgemeine Vorschriften.

1. Herstellung des Rohstoffes oder des fertigen Stückes.
2. Chemische Zusammensetzung.
3. Äußere Beschaffenheit des Stückes.
4. Bestimmungen über Maße und Gewichte.
5. Vorschriften über Verpackung und Versendung.

## B. Proben.

## a) Allgemeines.

6. Entnahme der Probestücke aus den Rohstoffen oder aus fertigen Stücken.
7. Vorbereitung des Probestückes.

## b) Festigkeitsproben.

8. Zerreißmaschinen und die an sie zu stellenden Anforderungen.
9. Zerreißprobe:
  - Form und Herstellung der Probestücke.
  - Meßlänge und Dauer der Belastung.
  - Zugfestigkeit, Dehnung, Querschnittsminderung.
  - Gütezziffer, Streckgrenze.
  - Untersuchungsverfahren.
10. Belastungs-Biege-Proben.
11. Belastungsproben der Federn; Druckproben bei Rohren.
12. Kugeldruckproben, Druck, Kugeldurchmesser, Zeitdauer.
13. Schlagwerke und ihre Ausführung.
14. Schlagproben.

## c) Technologische Proben.

15. Bruchproben, Gefüge.
16. Kaltbiegeproben.
17. Warmbiegeproben.
18. Härtebiegeproben.
19. Stauchproben.
20. Lochproben.
21. Ausbreit-, Treib- und Börtel-Proben.
22. Weit- und Einzieh-Proben.
23. Schweißproben.
24. Anderweite Proben.

## C. Schlußbestimmungen.

25. Gültigkeit und Wiederholung der Proben, Annahme und Zurückweisung der Ware.

26. Besondere Bestimmungen über Kosten der Abnahme, vergebliche Reisen der Abnahme-Beamten.
27. Frachtkosten bei Zurückweisungen.
28. Gewährleistung, Hinterlegung von Gewährwerten, Bürgen, Zahlungsart.
29. Bildung und Verfahren von Schiedsgerichten.

Nach diesen Gesichtspunkten sind die Lieferbedingungen aller Verwaltungen aufgestellt und den Verträgen über Lieferungen beigegeben.

### III. b) Eisenguß.

#### b) 1. Gußeisen.

##### 1. a) Prüfung und Bezug des Gußeisens.

Der Verein deutscher Gießereien teilt die aus Gußeisen hergestellten Waren ein in Maschinenguß, Bau- und Säulen-Guß und in Rohrguß mit den Unterabteilungen: Röhren für Gas- und Wasser-Leitungen, für Dampf bis 7 at oder 165° C und für Dampf über 7 at Überdruck.

Die Prüfung erstreckt sich auf die Form, die Abmessungen der Gußstücke und auf die Eigenschaften des Stoffes. Als maßgebend werden die Biegefestigkeit und die Durchbiegung des verwendeten Gußeisens, sowie der Widerstand gegen innern Druck angesehen.

Die Zerreißprobe ist als ungeeignet verworfen, da sie zu sehr von örtlichen Fehlern des Stabquerschnittes abhängt, auch ist es mit den gebräuchlichen Zerreißmaschinen nicht möglich, die elastischen Längenänderungen des Gußeisens zu ermitteln. Die Festigkeitseigenschaften des Gußeisens hängen in hohem Maße von der Art der Abkühlung, der Wandstärke und der Masse des Gusses ab. Je schneller abgekühlt wird, desto weniger Kohlenstoff scheidet sich als Graphit aus, der die Festigkeit durch Lockerung des Gefüges stark herabsetzt; daher ist zur Ermittlung der Festigkeitseigenschaften von Gußstücken der Querschnitt des Probestabes in ein bestimmtes Verhältnis zur Wandstärke und Masse des Gußstückes zu bringen.

Die Vorschriften für die Lieferung von Gußstücken bestimmen daher:

Zur Bestimmung der Biegefestigkeit und der Durchbiegung sind mit besonderer Sorgfalt herzustellende Probestäbe zu verwenden. Sollen die Probestäbe an die Gußstücke angegossen werden, so sind besondere Vereinbarungen zu treffen.

Die Probestäbe sollen bei kreisrundem Querschnitte 30 mm Durchmesser, 650 mm Gußlänge haben und mit 600 mm Stützweite untersucht werden.

Die Probestäbe sind in getrockneten, möglichst ungeteilten Formen stehend bei steigendem Gusse und bei mittlerer Gießwärme des Gußeisens aus demselben Abstiche herzustellen, der zur Anfertigung der Gußstücke verwendet wird, und bis zur Erkaltung in den Formen zu lassen. Müssen die Probestäbe aus irgend einem Grunde in geteilten Formen gegossen werden, so sind sie so auf die Prüfmaschine zu legen, daß der Druck rechtwinkelig zur Ebene der Gußnaht erfolgt.

Die Probestäbe werden in unbearbeitetem Zustande, also mit Gußnaht, der Probe unterworfen.

Die Biegefestigkeit und die Durchbiegung bis zum Bruche sind bei allmählich zunehmender Belastung in der Mitte der Probestäbe an drei Stäben festzustellen.

Mit Gußfehlern behaftete Probestäbe bleiben bei dieser Feststellung außer Betracht. Als maßgebende Ziffer gilt das Mittel der Ergebnisse fehlerfreier Probestäbe.

Der Rundstab ist mit Rücksicht auf die gleichmäßigere Abkühlung gegenüber dem Quadratstabe gewählt worden. Der steigende Guß gibt weniger Seigerungserscheinungen als der Guß von oben. Die Stäbe sind mit der Gußhaut zu prüfen und nur mit der Stahlbürste von anhaftendem Sande zu befreien. Bearbeitete Stäbe haben wegen Verletzung der Gußhaut meist nicht so hohe Biegefestigkeit wie unbearbeitete. Gesondert gegossene Stäbe haben wegen gleichmäßigerer Abkühlung höhere Biegefestigkeiten, als Stäbe, die mit dem Gußstücke dicht zusammen gegossen sind. Nach zahlreichen Versuchen hat sich der Stab von 30 mm Durchmesser als der geeignetste erwiesen, da bei gutem Gusse größere Durchmesser keine Verbesserung bringen, der 20 mm-Stab aber zu leicht abkühlt und ein feinkörniges Gefüge gibt, das im Gußstücke nicht vorhanden ist.

Die freie Stützweite  $l$  zwischen den Auflagern des Versuchstabes wird zweckmäßig = dem 20fachen Durchmesser gewählt. Ist  $f$  die Durchbiegung, so ist das Verhältnis  $100 f : l$  ein geeigneter Vergleichswert. Im Sinne der Vorschriften soll haben:

## Zusammenstellung VII.

Bezeichnung	Biegefestigkeit kg/qmm	100 f : l	f in mm	Entspricht einer Zugfestigkeit in kg/qmm bei 200 mm Länge und 20 mm Durchmesser
Gewöhnlicher Maschinenguß . . . . .	28	$\geq 1,165$	$\leq 7$	15
Maschinenguß hoher Festigkeit . . . . .	34	„ 1,667	„ 10	18
Bau- und Säulen-Guß . . . . .	26	„ 1,00	„ 6	12
Gas- und Wasser-Leitungsrohre . . . . .	26	„ 1,00	„ 6	12

Die Nachprüfungen dieser Zahlen haben ergeben, daß die Durchbiegungen beizubehalten sind, daß es sich jedoch empfiehlt, die Biegefestigkeit in Rücksicht auf die hohe Leistungsfähigkeit der deutschen Gießereien beträchtlich zu erhöhen. Beispielsweise gaben die Mittelwerte aus fünf Schmelzungen für Maschinenguß hoher Festigkeit 11,8 mm Durchbiegung und 42 kg/qmm Biegefestigkeit. Bindende Werte sind noch nicht festgestellt.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen schreiben für Gußeisen zu ihren Fahrzeugen folgendes vor:

Der Guß muß fest und dicht, an den Ecken und Kanten voll, ohne Spannung und Fehler, wie Risse, Blasen, sein, eine glatte Oberfläche haben, auf der Bruchfläche feines gleichmäßiges Korn von grauer Farbe zeigen und, sofern nichts anderes verlangt wird, so weich sein, daß er sich leicht bearbeiten läßt.

Die einzelnen Gußstücke müssen genau nach den überwiesenen Modellen oder Zeichnungen sauber gegossen und frei von Formsand oder Kernmasse sein; windschiefe oder versetzte Stücke dürfen nicht geliefert werden. Angüsse und Saugköpfe sind sorgfältig zu entfernen, der Grat soll gut abgeputzt sein.

## Zylinderguß.

Die Zugfestigkeit soll 18 bis 24 kg/qmm betragen. Zu ihrer Feststellung sind an geeigneter Stelle Probestäbe von mindestens 350 mm Länge anzugeßen. Auf

gleichmäßig feste und dichte Beschaffenheit der zu bearbeitenden Flächen wird besonderer Wert gelegt; harte Adern im Gusse berechnen zur Zurückweisung.

#### Schieber- und Kolbenring-Guß.

Schieber und Kolbenringe sind weicher, mit einer Zugfestigkeit für erstere von 12 bis höchstens 16 kg/qmm, für letztere von 12 bis höchstens 14 kg/qmm herzustellen. Der Guß soll vollkommen dicht und zähe sein. Harte Adern im Gusse berechnen zur Zurückweisung. Fertige Kolbenringe müssen sich durch Hämmern strecken lassen.

#### Maschinenguß.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 12 kg/qmm betragen.

#### Gewöhnlicher Eisenguß und Herdguß.

Die Zugfestigkeit soll dem Verwendungszwecke entsprechen und bequeme Bearbeitung gestatten. Roststäbe sind aus Gußeisen herzustellen, das der Einwirkung des Feuers möglichst widersteht.

#### Hartguß.

Der durch Eingießen in eiserne Formen hergestellte Eisenguß mit weichem Kerne ist aus geeigneten Mischungen spannungsfrei anzufertigen und muß eine Härteschicht von mindestens 5 mm Stärke besitzen. Auf der Bruchfläche soll das strahlige Gefüge der härteren Teile allmählich in das graue Korn übergehen.

#### Bremsklotzguß.

Die Bremsklötze sind aus zähem, dichtem und fehlerfreiem Stahlgusse, Gußeisen mit Stahlzusatz, der sich noch gut bohren läßt, sauber und glatt anzufertigen.

Diese Vorschriften finden sich in ähnlicher Form bei fast allen Eisenbahn-Verwaltungen mit unerheblich abweichenden Zugfestigkeitszahlen.

Schlag- und Fall-Proben sind die besten Prüfmittel auf Spannungen im Gußstücke, besonders die letzteren als Stückproben ausgeführt, wobei man die Gußstücke aus bestimmter Höhe frei auf den Fußboden fallen läßt. Die amerikanischen Wagenräder mit Hartgußlaufflächen, von denen 3% geprüft werden, werden nachstehender Spannungsprobe unterworfen.

Eines der drei Proberäder wird mit dem Spurkranze nach unten auf drei höchstens 127 mm breite Stützen eines schweren Untersatzes gelegt, die Nabe muß zwölf Schläge von 233 kgm bei 63,5 kg Bärge wicht aushalten, ohne daß Bruch des Rades eintritt. Die beiden anderen Proberäder werden mit dem Spurkranze nach unten in Formsand gelegt, dann wird in eine um die blanke Lauffläche gestampfte Rinne von 37 mm Breite und 102 mm Tiefe flüssiges Eisen gefüllt. Nach zwei Minuten darf sich an den Rädern kein Riß zeigen.

Die Spannungen in den Gußstücken, auch aus anderen Stoffen als Gußeisen, denkt man sich wie folgt entstanden. Alle flüssigen Metalle schrumpfen mit sinkender Wärme. Die Abkühlung schreitet von außen nach innen fort, der Kern

bleibt am längsten flüssig. Erstarrt dieser, so ist nicht genügend Stoff mehr vorhanden, um den Raum der vorher erstarrten Hülle auszufüllen, so entsteht der gefürchtete „Lunker“. In Folge innerer Vorgänge, namentlich teilweiser Ausscheidung des bisher gelösten Kohlenstoffes, die Wärme frei machen, dehnt sich der Guß trotz äußerer Abkühlung aus. Diese Ausdehnung ist vorübergehend und tritt nach dem Maße der fortschreitenden Abkühlung wieder auf, wie die Versuche von West und Keep gezeigt haben. Unter einer gewissen Wärmestufe hört dieses Ausdehnen auf und der Stab schwindet. Im Allgemeinen zeigt der in die Form gegossene Stab nach dem Erkalten eine erheblich geringere Länge, diese Verkürzung des festen Stabes nennt man Schwinden, das bei Gußeisen je nach der Zusammensetzung 0,5 bis 2% beträgt. Wird das Schwinden gehemmt, so daß die Krystalle sich nicht natürlich lagern können, so treten Spannungen auf, die Reißen oder günstigen Falles Werfen zur Folge haben. Die Spannungen sind also sichtbar geworden, man kann sie mildern oder beseitigen, beispielsweise durch sorgfältiges Ausglühen. Schlimmer sind die nicht erkennbaren Spannungen, die durch Stoßwirkungen oder einseitige geringe Erwärmung des Stückes plötzlich ausgelöst werden und zu unvermuteten Brüchen führen.

Die Spannung kann entstehen durch unrichtige Abkühlung bei ungleichmäßiger Massenverteilung und durch Vorsprünge und Reibung des Gußstückes in harter Formmasse, die das Schwinden unterbinden. Bei nicht starker Lunkerbildung ohne sichtbaren Hohlraum findet man schwammiges Gefüge, das zu Undichtheiten Anlaß gibt; dem Auge sind diese Stellen als dunkle Flecken kenntlich. Aufgabe der Gießereifachmänner ist es, diese Mängel tunlich zu verhüten.

Die amerikanischen Eisenbahnen, die Gußeisen nicht in ihren Betrieben herstellen, unterscheiden drei Arten: Zylinder- und Schieberbüchsen-Guß; Verschlußteile, wie Deckel; leichten, mittlern und schweren Guß. Für die beiden ersten Gruppen wird folgende Zusammensetzung verlangt: Si 1,25 bis 1,8%; Mn 0,3 bis 0,6%; P 0,5 bis 0,8%; S höchstens 0,08%; gebundener C 0,5 bis 0,8%; Graphit 2,75 bis 3,15%, die durch Entnahme von Proben aus den ersten und letzten beiden Güssen einer Schmelzung bestimmt wird.

Die Prüfung erfolgt an besonders gegossenen Rund- oder Vierkant-Stäben durch Biegen, das nach der Güte gesteigert wird. Zerreißversuche werden mit 20 mm dicken, abgedrehten Stäben von nur 25 mm Zerreißlänge gemacht, gefordert werden 20 kg/qmm Zugfestigkeit. Die französische Ostbahn schreibt Fallproben mit besonders gegossenen abgehobelten Stäben von 40/40 mm Querschnitt vor. Bei Zerreißproben ist der abgedrehte Stab bei 100 mm Länge 25 mm stark. Die Bruchbelastung geht von 14 bis 18 kg/qmm. Italien und Rumänien haben die Schlagprobe mit Stäben von 40×40 mm Querschnitt, 200 mm Länge und 160 mm Abstand der Auflager eingeführt, die je nach der Güte des Eisengusses ein Schlagmoment von 4 bis 5 kgm aushalten müssen.

Zylinder, Schieber und Gußeisenröhren werden einer Wasserdruckprobe unterzogen, die bei Hochdruckzylindern und dem Hochdruckdampfe ausgesetzten Teilen gleich dem höchsten Überdrucke + 2 at, bei Niederdruckzylindern gleich dem Kesselüberdrucke sein soll.

#### Rohrguß.

Für Rohrguß hat der deutsche Verein folgende Vorschriften gegeben:

## Art der Rohre.

Diese Lieferungsvorschriften sollen Geltung haben für:

- Muffenrohre,
- Flanschenrohre,
- die zu diesen Rohren gehörenden Formstücke.

Die Rohre sollen gerade und im innern und äußern Durchmesser kreisrund sein.

Für die Formen und Abmessungen der gußeisernen Muffen- und Flanschenrohre für Gas- und Wasser-Leitungen, sowie der Formstücke, sind die Rohrvorschriften des Vereines deutscher Gas- und Wasser-Fachmänner und des Vereines deutscher Ingenieure vom Jahre 1882 maßgebend, sofern nicht Sondervorschriften bestehen oder erlassen werden.

## Abweichungen vom vorgeschriebenen Durchmesser.

Die äußeren Abmessungen aller Rohre, sowie die inneren Abmessungen der Muffen sind unabänderlich. Die Wandstärke des glatten Rohres kann auf Kosten der Lichtweite innerhalb gewisser Grenzen größer oder kleiner sein. Falls durch eine Verstärkung des Rohres auch eine Verstärkung der Muffe bedingt wird, so geht dies auf Kosten der äußern Muffenform; die dafür entstehenden Modellkosten sind vom Besteller zu tragen.

## Abweichungen in der Wandstärke.

Abweichungen von den vorgeschriebenen Wandstärken sind zulässig:

bei geraden Rohren von	25 bis 100 mm Lichtweite	$\pm 15\%$
„ „ „ „	125 „ 225 „ „	$\pm 12\%$
„ „ „ „	250 „ 475 „ „	$\pm 11\%$
„ „ „ „	500 mm und darüber	$\pm 10\%$

Für regelmäßige Formstücke ist die doppelte Abweichung zulässig, wie für gerade Rohre.

Für Leitungen, die zerstörenden Einflüssen ausgesetzt sind, ist die Wandstärke gegenüber der regelmäßigen entsprechend zu erhöhen.

## Abweichungen in der Länge.

In den Baulängen sind Abweichungen bis zu  $\pm 20$  mm gestattet. Kürzere Rohre dürfen bis zu 5% der Menge mitgeliefert werden. Die Minderlänge darf bis zu 1 m weniger betragen, wie die Regellänge der Vorschriften des Vereines deutscher Ingenieure und Wasserfachmänner vom Jahre 1882<sup>9)</sup>.

## Gewichtsabweichungen.

Bei der Berechnung der Rohrgewichte nach den Regelabmessungen ist das Gewicht von Gußeisen mit 7,25 angenommen. Das auf diese Weise berechnete und für regelmäßige Formstücke um 15%, für regelmäßige Krümmer um 20% erhöhte Gewicht ist das Regelgewicht.

<sup>9)</sup> „Hütte“, 21. Auflage, Band I, S. 956.

Bei geraden Rohren darf die Abweichung von dem Regelgewichte nicht mehr betragen als . . . . .  $\pm 5\%$ ,  
 bei Formstücken . . . . .  $\pm 10$  „  
 bei Doppelabzweigen und schwierigen Formstücken .  $\pm 15$  „

Ausgenommen hiervon sind Abzweigstücke von mehr als 400 mm Durchmesser, die größere Wandstärke und unter Umständen Verstärkungen durch Rippen erhalten. Diese Verstärkungen sind in den Gewichtsverzeichnissen nicht berücksichtigt, sie sind vom Besteller nach besonderer Vereinbarung zu zahlen.

### Bezeichnung.

Auf der Außenwand der Rohre und Formstücke soll die Fabrikmarke und der innere Durchmesser aufgegossen sein.

### Gußeisen.

Das zu den gußeisernen Rohren und Formstücken verwendete Gußeisen soll im Bruche dicht, von grauer Farbe und so weich sein, daß es sich mittelst Meißel und Feile bearbeiten läßt.

### Festigkeit des Gußeisens.

Das zu prüfende Gußeisen wird an Probestäben von 30 mm Durchmesser bei 600 mm Auflagerentfernung der Untersuchung unterworfen.

Nachstehende Mindestwerte sollen erreicht werden:

### Zusammenstellung VIII.

Bei	Biegefestigkeit kg/qmm	Durchbiegung mm
a) Muffenrohren . . . . .	26	6
b) Flanschenrohren aus gewöhnlichem Gußeisen . . . . .	26	6
c) Flanschenrohren aus Gußeisen von hoher Festigkeit . .	34	10

### Herstellung.

Die geraden Rohre regelmäßiger Baulänge sollen stehend in gut getrockneten Formen gegossen werden. Enge Röhren bis zu 40 mm können auch schräg gegossen werden.

### Beschaffenheit der Gußstücke.

Die Rohre und Formstücke sollen fehlerfrei, glatt an den Seitenflächen, ohne Schalen und Risse sein. Rohre und Formstücke mit kleineren Mängeln, die beim Gießverfahren unvermeidlich sind und die Brauchbarkeit des betreffenden Gußstückes in keiner Weise in Frage stellen, dürfen nicht zurückgewiesen werden.

Gußstücke mit Fehlern, die die Festigkeit des Rohres nachteilig beeinflussen, sind von der Lieferung auszuschließen.

### Reinigung und Bearbeitung.

Die Oberfläche des Gußstückes muß in- und auswendig von Formsand und allen Unebenheiten gereinigt sein. Die beiden Enden müssen rechtwinkelig zur Achse stehen. Flanschrohre werden nur mit Dichtleisten und, wenn nicht anderes bestimmt, auch mit gebohrten Flanschlöchern geliefert. Wenn letztere nicht gebohrt werden sollen, so ist dies bei der Bestellung besonders anzugeben. Als Regel gilt, daß sich in der senkrechten Ebene durch die Achse des Rohres keine Schraubenlöcher befinden sollen. Hierbei ist Voraussetzung, daß die Leitung und die Abzweige wagerecht verlegt werden.

### Prüfung der Rohre.

Der Betriebsdruck ist für die Probepressung in erster Linie maßgebend, sie muß den Betriebsdruck um 10 at übersteigen. Deutsche Regelrohre sind auf 20 at Wasserdruck zu prüfen. Während der Druckprobe, die 0,5 bis 1 Minute nicht übersteigen soll, werden die Rohre mit einem schmiedeeisernen Hammer mit abgerundeten Bahnen von 1 kg Gewicht und üblicher Stiellänge mit mäßiger Kraft abgehämmert. Die Druckprobe erfolgt gleich nach der Herstellung.

### Asphaltanstrich.

Die Rohre und Formstücke werden gleich nach der Druckprobe mit Asphalt gestrichen. Vorher werden sie auf etwa 150° C erwärmt.

Die Asphaltmasse darf keine wasserlöslichen Teile enthalten, und muß frei von allen Bestandteilen sein, die dem Wasser irgend welchen Geschmack geben könnten.

Die Asphaltmasse muß nach dem Streichen trocken sein, muß auf dem Rohre gut haften und darf weder abblättern noch kleben.

### Gewichtfeststellung.

Das der Verrechnung zu Grunde zu legende Gewicht der Rohre und Formstücke bezieht sich auf den fertig geteerten Zustand.

### Abnahme.

Sofern die Rohre und Formstücke nicht dem Lager entnommen werden, steht es dem Besteller oder dem von ihm Beauftragten frei, der Prüfung auf dem Werke beizuwohnen.

Wenn der Besteller eine zweite Druckprobe nach Ankunft der Rohre am Bestimmungsorte wünscht, so gehen die Kosten dieser zweiten Probe auf seine Rechnung. Diese Probe muß mit einwandfreien Vorrichtungen ausgeführt werden, dem Liefernden steht es frei, auf seine Kosten dieser Probe beizuwohnen. Für Bruch- oder Ausschußstücke, die sich bei dieser zweiten Probe ergeben, ist der Liefernde nur dann zum Ersatze verpflichtet, wenn nachweislich Guß- oder Stoff-Fehler vorliegen. In diesem Falle hat der Liefernde Ersatzstücke gegen Rücksendung der ausgeschossenen Stücke frei Ankunftstation zu liefern.

1.  $\beta$ ) Arten des Gußeisens.

Zur Gießerei wird hauptsächlich graues Roheisen verwendet, weil es schnell erstarrt und sich kurz vorher stark ausdehnt, so daß die Formen dicht ausgefüllt werden.

Unter Gießereiroheisen versteht man im Handel graue Roheisengattungen mit hohem Siliziumgehalte und Graphitausscheidung; je nach der Menge Silizium und dem Bruche unterscheidet man die Sorten I, II, III, IV und V, von denen II selten ist. Die Unterscheidung nach dem Bruche und der Korngröße ist nicht haltbar, da diese von der Geschwindigkeit der Abkühlung, der Art des Gusses in Eisenformen oder Sand und dem Querschnitte des Gußkörpers abhängen. Je langsamer abgekühlt wird, desto mehr Kohlenstoff scheidet sich als Graphit aus, desto grobblättriger wird dieser und desto gröber und dunkeler das Korn. Richtiger ist es, das Roheisen nach dem Siliziumgehalte von 1,8 bis über 3% und seinen Beimengungen an Mangan, Phosphor und Schwefel zu kaufen. Silizium erniedrigt, Mangan erhöht den Schmelzpunkt des Eisens. Phosphor macht dünnflüssig, aber zugleich stark kaltbrüchig, über einen gewissen Gehalt darf daher nicht hinausgegangen werden. Schwefel macht dickflüssig und ist stets ein unangenehmer Begleiter. Der Verein deutscher Eisengießereien teilt das Gießereiroheisen in drei Arten ein, in:

Hämatit von 1,8 bis über 3% Silizium, bis 0,8% Mangan, 0,1% Phosphor und 0,02 bis 0,04% Schwefel;

Gießereiroheisen von 1,8 bis über 3% Silizium, bis 0,8% Mangan, 0,6% Phosphor, 0,02 bis 0,06% Schwefel.

Luxemburger Roheisen von 1,8 bis 3% Silizium, bis 0,7% Mangan, 1,7% Phosphor und 0,03 bis 0,06% Schwefel.

Feste Grundsätze haben sich noch nicht herausgebildet, doch sollte der Kauf nach der Zusammensetzung die Regel werden.

Das für einen bestimmten Zweck geeignetste Roheisen stellt man durch „Gattieren“, das heißt passendes Mischen der verschiedenen Roheisenarten her, denen man Wrackstücke, Eingüsse, Trichter von früheren Güssen und Brucheisen beimischt.

1.  $\gamma$ ) Herstellung des Gußeisens.

Das Umschmelzen der Masseln erfolgt in Tiegel, in Flamm- und in Kupol-Öfen.

Die aus Ton oder Graphit gefertigten Tiegel werden gefüllt in einen mit Deckel verschlossenen Schacht gestellt, der mit Koks geheizt wird. Beim Umschmelzen erleidet das Roheisen durch den Sauerstoffgehalt der eingeschlossenen Luft, die am Eisen haftenden Oxyde und durch die Tiegelbestandteile Veränderungen.

Beim Flammofen, der zum Einschmelzen großer, schwer zu zerkleinernder Eisenstücke, oder für große Güsse dient, wird das Roheisen auf einem Herde aus feuerfesten Ziegeln mit vorliegender Rost- oder Siemens-Feuerung eingeschmolzen. Fe, Mn und Si werden verbrannt, C erst, wenn der Mn- und Si-Gehalt bedeutend gesunken ist. S nimmt zu durch Aufnahme aus den Flammgasen.

Der Kupolofen wird zum Umschmelzen am meisten verwendet. Der Herd ist mit geschlossener Brust oder, wenn größere Eisenmassen angesammelt werden sollen, mit Vorherd versehen. Diesem wird als Übelstand nachgesagt, daß er das

Eisen abschreckt, aber nicht, wie vielfach angenommen wird, als Mischer dient, da das herablaufende Eisen sich schichtenweise nach seiner Schwere absetzt. Die Luftzuführung geschieht durch Gebläse.

Der Einfluß des Umschmelzens auf das Roheisen ist beim Kupolofen ein anderer, als beim Flammofen; in ersterm verbrennen im Mittel 10% Silizium, 15% Mangan; der Schwefel vermehrt sich um 50%. Beim Schmelzen im Flammofen ist je nach der Führung der Verlust an Silizium 25 bis 50%, an Mangan 33 bis 67%, an Kohlenstoff 10 bis 15%. Phosphor und Schwefel bleiben unverändert. Je nach dem Erzeugnisse setzt man zur Herabminderung des Kohlenstoffes Brucheisen, Schmiede- oder Stahl-Abfälle zu.

Das geschmolzene Eisen wird in die Gießpfanne abgelassen, in der es zu guter Mischung und Entfernung der Gase kräftig umgerührt wird. Aus der Pfanne oder aus kleineren Kellen werden die einzelnen Formen gefüllt. Diese bestehen aus Sand, Masse, Lehm oder Eisen.

Die Formen werden im offenen oder gedeckten Herde, in zwei- oder mehrteiligen Kästen hergestellt. Der offene Herd für Herdguß wird benutzt, wenn eine Fläche rau sein darf; beim gedeckten Herde wird eine mit Lehm überzogene Eisenplatte aufgelegt. Zwei und mehrteilige Kästen, in Amerika auch aus Holz gefertigt, ermöglichen es, das Modell leichter und ohne Schaden aus der Form zu bringen. Bei Schalenguß besteht die Form in den Teilen, die härten sollen, aus Eisen, sonst aus Masse.

Die Modelle werden meist aus Kiefern- oder Erlen-Holz gefertigt, aber auch aus Eisen oder Messing, sie müssen um das Schwindmaß des Eisens zu groß sein. Lehm benutzt man für große hohle Gußstücke und für Kerne. Neuerdings bemüht man sich, für gewisse, häufig herzustellende Güsse feste Formen und Kerne zu verwenden, die durch den Guß nicht zerstört werden.

Das langsam erkaltete Gußstück wird aus seiner Form befreit und nötigen Falles von anhaftendem Sande in umlaufenden Trommeln, durch Sandgebläse oder Schmirgelscheiben gereinigt; Trichter und Nähte werden abgemeißelt und die Gußstücke sauber befeilt.

## b. 2) Flußeisen- und Stahl-Formguß.

### 2. a) Eigenschaften und Erzeugung.

Verwickelte und hoch belastete Eisenbauteile von hoher Festigkeit und Widerstandsfähigkeit werden aus in feuerfesten oder anderen Formen gegossenem Flußeisen, oder einem wenig Kohlenstoff enthaltenden Flußstahle hergestellt, wenn die Herstellung aus Gußeisen zu starke Maße liefert, und das Schmieden zu teuer wird. Das Schmelzen erfolgt im Tiegel, Siemens - Martin - Ofen mit saurem oder basischem Futter, in kleiner Birne mit saurer Ausfütterung, oder im elektrischen Ofen.

Das Schmelzen im Tiegel wird schon seit 1851 geübt. Es kommt aber nur für hochwertige Erzeugnisse, wie Kanonen und Kirchenglocken in Betracht, für Eisenbahnzwecke ist es zu teuer.

Vorwiegend ist der Siemens - Martin - Ofen im Gebrauch. In diesem werden Schweißisenabfälle und Alteisen mit höchstens 33% Zusatz an Roheisen geschmolzen. Der Einsatz von etwa 12 t geschieht meist in fester Form. Basische Fütterung

des Herdes aus Dolomit- und Magnesit-Ziegeln, die die Ausscheidung des Phosphors in Form von Kalziumphosphat ermöglichen, herrscht vor. Sauere Herdfütterung verlangt phosphorarmen Einsatz. Mit beiden Arten lassen sich gleich gute Güsse erzeugen; im sauern Ofen werden die härteren, im basischen die weicherer Arten hergestellt.

Für die Herstellung kleinerer Teile, wie Achsbuchsen, Daumenwellenlager, Laternenstützen, dient mit Vorteil die Birne. Sie hat fast immer saueres Futter, verlangt also phosphorarme Erze, und faßt 1 bis 2,5 t Einsatz. Das Blasen dauert 15 Minuten. Für gutes Gießen ist Bedingung, daß die Birne sehr heiß geht. Der Wind dringt nicht, wie bei der Groß-Bessemer-Birne, von unten durch das Eisenbad, sondern strömt unter einem spitzen Winkel von  $50^{\circ}$  bis  $90^{\circ}$  gegen die Wagerechte von oben her auf das im Kupolofen vorgeschmolzene flüssige Eisen, kann aber doch bei der geringen Badtiefe gleichmäßiges Metall erzielen. Das Verfahren hat vor dem Martin-Betriebe den Vorteil, daß die Erzeugung stets leicht dem Bedarfe entsprechend ein- und abgestellt werden kann. Jede gewöhnliche Gießerei kann ohne Schwierigkeit eine kleine Bessemer-Birne betreiben, doch ist nicht jedes Roheisen des Kupolofens zum Frischen tauglich. Das gewonnene Metall eignet sich wegen seiner Dünflüssigkeit namentlich zur Herstellung von Gegenständen mit geringen Wandstärken, die sonst bei gleicher Widerstandsfähigkeit in solcher Vollkommenheit nicht ausführbar sind. Wegen dieser guten Eigenschaften haben große Stahlformgießereien die „Kleinbessemerie“ neben dem Martin-Betriebe eingeführt.

Der elektrische Ofen tritt nur in Wettbewerb mit dem Tiegelbetriebe und da, wo Strom billig zu haben ist. Er kommt nur für hochwertige Stahlarten in Betracht.

Zwecks Herstellung dichter, gut ausgebildeter Stahlformgußstücke muß neben Herabminderung aller schädlichen Beimengungen, wie Phosphor, Schwefel, Kupfer, auf das Mindestmaß auf gießfertigen Stahl bestimmter Wärme gesehen werden, sonst wird der Guß blasig. Jedes flüssige Metall hat die Eigenschaft, die Flammengase in sich aufzulösen; die Menge der Gase, wie Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, hängt von der Wärme des Bades ab. Mit sinkender Wärme entläßt das Bad die Gase wieder, teils so stürmisch, daß Kochen und Wallen eintritt. Auch tritt Sauerstoff in Wechselwirkung mit Eisen und Kohlenstoff. Tritt diese Erscheinung in stürmischer Weise auf, so erstarrt das Eisenbad vorzeitig, die Gasblasen werden am Austreten gehindert und geben blasigen Guß. Dies verhindert hoher Siliziumgehalt des Eisens und Aluminiumzusatz von höchstens 0,1% zum fertigen Gusse.

Die Formen bestehen aus feuerfestem Tone, gemagert mit gemahlenem, schon benutztem Tone, oder auch mit Graphit und Holzkohle zur Verhinderung des Schwindens beim Trocknen und Scharfbrennen. Zu den Formen für Bessemerisen wird fetter belgischer Gelbsand verwendet, der in der Regel nur an der Oberfläche getrocknet wird.

Die hartgebrannten Formen sind nicht nachgiebig; da aber das Flußeisen um 1,13 bis 2% doppelt so stark schwindet wie Gußeisen, so ist das Gußstück zur Verhütung von Warmrissen, die an der Oxydhaut der Rissefläche kenntlich sind, und besonders gern dann eintreten, wenn das Gußstück durch Vorsprünge oder auch durch übergroße Reibung am Formsande an der Zusammenziehung gehindert wird, bei Beginn der Erstarrung rechtzeitig frei zu legen. Kaltrisse entstehen durch Trennung der schneller erkaltenden dünnen Teile von den dicken. Zur Verhütung der Kalt-

risse, ungleichmäßigen Erkaltsens und der Lunkerbildung werden doppelt so viele Saugtrichter angebracht, wie bei gewöhnlichem Gusse.

Da flüssiger Stahl viel eher erstarrt und weniger zur Unterkühlung neigt, als Gußeisen, so muß der flüssige Stahl auf möglichst kurzem Wege in die Formquerschnitte eintreten. Guß von unten wird in der Stahlgießerei selten angewendet, da der Stahl oben zu kalt anlangen würde, oft wird zur Kürzung der Wege geneigte Lage des Formkastens angewendet. Querschnittsverengungen beim Austritte aus dem Eingusse, oder Übergänge zum verlorenen Kopfe sind zu vermeiden, da unterhalb der Verengung Undichtheit eintritt.

Zur Erzielung reiner Oberflächen muß die Form nach oben verlängert werden, wo sich alle Unreinigkeiten ansammeln. Bohrungen müssen, um beim Drehen sauber zu werden, starke Zugaben haben, besonders wenn ihre Achse wagrecht in der Form liegt. Zapfen und zu bearbeitende Wellenflächen müssen eine verlorene Verlängerung erhalten, auf der Köpfe und Eingüsse angebracht werden, um saubere Oberflächen zu haben. Fließnarben entstehen durch sich abscheidende, vorzeitig erkaltende Eisenkristalle, die die Oberfläche nachher verunschönen. Dickwandige Gußstücke haben oft wurmartig gebildete, tiefe Einfressungen auf der Oberfläche als Folge der Dampferzeugung in ungenügend getrockneter Form.

Zur Beseitigung von Spannungen und zur Umwandlung des spröden, etwas grobkörnigen Gefüges in zäheres Feinkorn werden die Gußstücke mit Saugtrichter und verlorenen Köpfen in Glühöfen auf 700 bis 900° langsam angewärmt, 12 bis 24 Stunden in dieser Glut belassen, und in dreimal so langer Zeit bei Vermeidung jeden Luftzutrittes langsam abgekühlt.

## 2. $\beta$ ) Lieferbedingungen für Flußeisen- und Stahl-Guß.

Der Guß soll zähe, dicht und von gleichmäßigem Gefüge sein.

Das Gußstück soll sauber, an den Ecken und Kanten voll sein, und darf weder Risse noch Lunker zeigen. Angüsse und Saugnäpfe sind sorgfältig zu entfernen. Scharfkantige Übergänge sind zu vermeiden.

Als Maßstab für die Festigkeit und die Dehnung dienen Zerreißproben, als Maßstab für die Zähigkeit bei besonderer Form der Gußstücke, wie Radgestelle, Schlagproben. Die Dehnung darf auf eine ursprüngliche Länge von 100 mm gemessen werden. Ausglühen der Probestäbe ist zu unterlassen, wenn das Gebrauchstück nicht ebenfalls ausgeglüht wird.

Die Zugfestigkeit soll für Flußeisenguß mindestens 37, höchstens 44 kg/qmm, die Dehnung mindestens 20% betragen.

Für kleine Beschlagteile wird vom Nachweise der Festigkeit und Dehnung abgesehen, wenn der Stoff in kaltem Zustande Biegungen von 30 bis 45° aushält, ohne Beschädigungen zu erleiden.

Bei Flußstahlguß soll die Zugfestigkeit mindestens 50, höchstens 60 kg/qmm, die Dehnung mindestens 16% betragen, die auf 100 mm Meßlänge bezogen werden darf.

### $\beta$ . A) Radgestelle.

Radgestelle für Lokomotiven und Tender aus Flußeisenguß müssen den folgenden Bedingungen genügen.

Die Radgestelle aus Flußeisenguß sind mit Angüssen zu versehen, aus denen Zerreißproben hergestellt werden können. Der Abnahmebeamte kann für je zehn dieser Radgestelle eine Zerreißprobe vornehmen und außerdem von je 50, oder angefangenen 50 Radgestellen eines der Schlagprobe unterziehen. Aus den einzelnen Teilen dieses letztern können zur Prüfung der Gleichmäßigkeit des Eisens weitere Proben entnommen werden.

Die aus einer Schmelzung gegossenen Radgestelle sind bis nach der Prüfung streng geschieden zu halten. Der Unternehmer ist verpflichtet, jederzeit anzugeben, welche Radgestelle zu einer Schmelzung gehören. Entsprechen die geprüften Stücke den Anforderungen nicht oder nur teilweise, so wird die Abnahme aller Teile der Schmelzung abgelehnt.

Gewinnt der Abnahmebeamte die Überzeugung, daß das Mißlingen der Proben auf unbedeutende örtliche Fehler zurückzuführen ist, so können aus den zu derselben Schmelzung gehörenden Stücken zwei weitere Proben entnommen werden. Entspricht auch nur eine davon den Anforderungen nicht, so werden alle Stücke der Schmelzung verworfen. Vor Entnahme der zweiten und dritten Probe können alle Stücke der betreffenden Schmelzung ausgeglüht werden.

Werden bei einem Versuche geringe Abweichungen von den vorgeschriebenen Bedingungen festgestellt, und glaubt der Abnahmebeamte, daß Ausführungsfehler vorliegen, so ist ihm gestattet, durch nicht mehr und nicht weniger als zwei weitere Versuche festzustellen, ob das Vorgelegte abnahmefähig ist.

Wenn bei den weiteren Prüfungen die Überzeugung von der untadelhaften Beschaffenheit der Stücke nicht gewonnen wird, oder bei deren Abnahme anderweite Mängel oder Fehler hervortreten, die nicht bedingungsgemäße Beschaffenheit erkennen lassen, so ist die Eisenbahnverwaltung berechtigt, die ganze Lieferung zurückzuweisen. Für die hieraus und durch nicht rechtzeitige Bereitstellung der zu liefernden Gegenstände entstehenden Nachteile treten besondere Bestimmungen in Kraft.

### Schlagversuche mit Radgestellen.

Die Radgestelle werden mit dem Felgenkranze auf Holzunterlagen wagerecht gelagert. In die Nabenbohrung wird eine aus vier Abschnitten bestehende Büchse geschoben, deren lichte Weite im Innern auf je 20 mm Länge um 1 mm verjüngt ist. Ein genau in die Büchse passender Stahldorn von quadratischem Querschnitte wird bei den Rädern mit 145 mm Nabenbohrung durch sechs, bei denen mit 130 mm Nabenbohrung im Fertigmaße durch fünf Schläge, die nach einander die Schlagmomente von 300, 400, 500, 600, 700 und 800 kgm ergeben, in die Büchse eingetrieben. Der Dorn und die Innenflächen der Büchse sind vor der Benutzung mit Öl abzureiben und wieder trocken abzuwischen.

Nach dieser Probe dürfen die Radgestelle weder in der Nabe, noch in den Speichen, noch in dem Felgenkranze Sprünge oder sonstige Beschädigungen zeigen.

Die Schlagprobe kann bei etwa einem Drittel der Probestücke bis zum Bruche fortgesetzt werden, nötigen Falles ist der Bruch bei den Achswellen und Radreifen durch Einkerbung herbeizuführen.

Ungewöhnliche Erscheinungen in der Formänderung des Probestückes und am Bruche sind tunlich eingehend zu untersuchen und zu vermerken.

Die Lieferbedingungen anderer Bahnen sind ähnlich.

Die österreichischen Staatsbahnen schreiben außerdem vor:

Jeder Radstern soll auf zwei um  $90^\circ$  versetzte Stellen fallen. Bei Radsternen mit Gegengewicht wird diese Fallprobe durch eine entsprechende Schlagprobe ersetzt. Die Fallgröße beträgt 300 bis 500 kgm, der höchste Gehalt an Phosphor 0,05 %.

Die österreichische Südbahn bestimmt für Guß aus basischem Martin-Flußeisen in Radsternen für Lokomotiven und Tender:

Der Radkörper wird in lotrechter Stellung auf den Felgenkranz frei fallen gelassen; die Arbeitsgröße ist dabei 300 bis 500 kgm, die Höhe mindestens 0,5 m, der Untersatz mindestens 4000 kg schwer und mit satt aufliegender Eisenbahnschiene versehen. Jeder Radstern ist zweimal, um  $90^\circ$  verdreht, zu prüfen. Anrisse und sonstige Mängel dürfen nicht auftreten.

Die russischen Staatsbahnen bedingen:

Für Radgestelle: 2 Schläge mit 750 kgm bei 500 kg Bärgewicht auf das stehende Rad, ohne Risse. Radgestelle werden längs eines Durchmessers, bei Triebrädern durch die Kurbel, mit einem 25 mm tiefen Einschnitte versehen und unter dem Fallwerke zerschlagen.

Die italienische Südbahn verlangt:

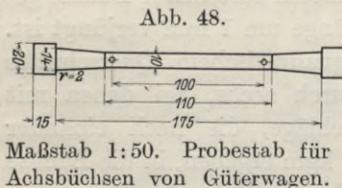
Das Probestück wird zerschlagen; der Bruch muß feinkörnig und gleichmäßig ohne Fehlstellen sein.

### β. B) Achsbüchsen für Güterwagen.

Für die Ausführung und Lieferung von Achsbüchsen für Güterwagen hat der deutsche Staatsbahnwagenverband folgende Bedingungen aufgestellt.

#### Baustoffe.

Zur Vornahme von Zerreißversuchen müssen mindestens je drei von 100, oder angefangenen 100 Achsbüchsen einer Schmelzung mit einer angegossenen Platte für die Entnahme eines Probestabes versehen sein. Letzterer kann auch aus den



Führungsleisten der zu Schlagversuchen verwendeten Achsbüchse entnommen werden. Für jede Schmelzung sind zwei Zerreißversuche auszuführen. Die runden Probestäbe sollen Durchmesser von 10 mm erhalten und in ihren Formen und Abmessungen tunlich der Textabb. 48 entsprechen.

Zu Schlagversuchen ist von 100 oder angefangenen 100 Achsbüchsen einer Schmelzung je eine auszuwählen, die sich nach zehn Schlägen mit einem Bärgewichte von 300 kg aus 1 m Fallhöhe höchstens auf 75% ihrer ursprünglichen lichten Weite zusammendrücken lassen darf, ohne Risse zu zeigen. Hierbei auftretende kleine Anrisse im Staubringkasten bilden keinen Grund für die Zurückweisung der Achsbüchsen der betreffenden Schmelzung.

Sinngemäß gelten die Vorschriften für Radgestelle hinsichtlich der Sonderung jeder Schmelzung auch hier.

Nur das Gehäuse der Achsbüchse soll aus Flußeisenguß bestehen.

### Herstellung.

Die Gußstücke dürfen weder Risse noch Lunker enthalten; sie müssen sauber gegossen sein und gut ausgebildete Ecken und Kanten haben. Scharfkantige Übergänge dürfen nicht vorhanden sein, Angüsse und Saugköpfe sind sorgfältig zu entfernen, Gußnähte sauber abzutputzen, der Guß muß zähe, dicht und von gleichmäßigem Gefüge sein. Verkitten, Verstemmen und sonstiges Verdecken von Fehlern ist verboten.

Die einzelnen Teile der Achsbüchse sind an den in der Zeichnung näher bezeichneten Stellen dem Zwecke und der geforderten Genauigkeit entsprechend zu bearbeiten. Die Lage der bearbeiteten Flächen zu einander und zur Mittellinie des Lagers muß der Zeichnung genau entsprechen.

Die inneren Flächen des Gehäuses, an denen die Lagerschale anliegt, sind genau nach den eingeschriebenen Maßen zu bearbeiten, die Lagerschalen sind so einzupassen, daß sie fest im Gehäuse sitzen, aber ohne Zwang daraus entfernt werden können, und in den einzelnen Achsbüchsen ohne Rücksicht auf ihre Herkunft beliebig vertauscht werden können.

### Kennzeichnung.

Mit der abgekürzten Kennzeichnung der Achsbüchse als Achsbüchse des deutschen Staatsbahnwagenverbandes und dem Entstehungsjahre der Bauart, wie: D. W. V. 1910, in 21 mm hohen erhabenen Zeichen sind folgende Teile der Achsbüchse zu versehen:

das Gehäuse, oben unmittelbar vor der Verstärkung zur Auflage des Federbundes,

der Achsbüchsdeckel in der Mitte oberhalb des Eingusses für das Schmieröl, die Lagerschale oben auf der Fläche, die unter den nach innen vorspringenden Ansatz des Gehäuses zu liegen kommt.

Die Firma des Lieferers und die Jahreszahl der Lieferung sind im Kreise um die Kennzeichnung herum auf die äußere Seite des Achsbüchsdeckels aufzugießen; die Gehäuse, Lagerschalen und Achsbüchsdeckel sind mit dem Firmenzeichen der Gießerei an einer Stelle zu versehen, die nicht bearbeitet wird.

### Überwachung der Herstellung und Abnahme.

Für die Überwachung der Herstellung und die Abnahme der Achsbüchsen gelten die Bestimmungen der einzelnen Verbandsverwaltungen.

Für das Nachmessen der Achsbüchsen und Lagerschalen wird der Gebrauch der nachfolgend erläuterten Lehren empfohlen.

### Gewährfrist und Gewährleistung.

Die Gewährleistung beginnt mit dem Tage der endgültigen Übernahme der Achsbüchse, und erstreckt sich während der Dauer eines Jahres auf alle Schäden an den Achsbüchsen, die als Folge von Fehlern des Baustoffes oder der Ausführung entstehen.

Die Gewährleistung wird durch die Eigentumsverwaltung nach den von ihr hierüber erlassenen Bestimmungen in Anspruch genommen.

Als Muster für die beiden letzten Abschnitte werden die Bestimmungen der preußisch-hessischen Staatsbahnen mitgeteilt.

### Überwachung der Herstellung und Abnahme in Preußen.

Die Herstellung der Achsbüchsen wird durch einen dem Lieferer vom Eisenbahn-Zentralamte bezeichneten Abnahmebeamten überwacht, dem auch die Prüfung der Baustoffe und die Abnahme der fertigen Achsbüchsen übertragen ist.

Der Lieferer hat diesem den Beginn der Arbeiten, die Bereitstellung der Baustoffe und die der fertigen Achsbüchsen acht Tage vorher schriftlich anzuzeigen.

Die Abnahme von Baustoffen auf Werken von Unterlieferern ist stets zu beantragen.

Der Abnahmebeamte ist jederzeit berechtigt, Baustoffprüfungen vorzunehmen, zu denen ihm der Lieferer die Arbeitskräfte und Vorrichtungen ohne Entschädigung zur Verfügung zu stellen hat.

Die Beseitigung der bei den Prüfungen vorgefundenen Mängel hat der Lieferer sofort zu veranlassen. Werden nicht durchaus bedingungsgemäße Baustoffe vorgelegt, so steht es der Eisenbahnverwaltung frei, alle oder einen Teil der Achsbüchsen auf Kosten des Lieferers anderweit ausführen zu lassen. Dasselbe gilt, wenn sich bei der Abnahmeprüfung Abweichungen oder Mängel finden.

### Versendung.

Sofern Sendungen als Dienstgut aufzugeben sind, hat der Lieferer die zur Verladung nötigen Wagen zu bestellen, und zwar, soweit die Eisenbahnverwaltung nichts anderes bestimmt hat, in der für Sendungen des öffentlichen Verkehrs vorgesehenen Weise unter Bezeichnung der zu verladenden Gegenstände und mit der ausdrücklichen Angabe, daß es sich um Dienstgut handle.

Das Ladegewicht der gestellten Wagen ist nach Möglichkeit auszunutzen.

Als Ladefristen gelten, soweit es sich um die Verladung auf Freiladegleisen handelt, die für den öffentlichen Verkehr festgesetzten. Soweit die Verladung auf Anschlüssen oder Lagerplätzen stattfindet, gelten die für die Anschlüsse oder Lagerplätze festgesetzten verkürzten Fristen. Nach Ablauf der Ladefrist wird das tarifmäßige Standgeld erhoben.

Werden Sendungen, die als Dienstgut aufgegeben werden mußten, vom Lieferer nicht als Dienstgut aufgegeben, so ist die Eisenbahnverwaltung berechtigt, die tarifmäßige Fracht ganz oder teilweise einzuziehen oder einzubehalten.

### Gewährleistung.

Die Gewährleistung endigt mit Ablauf des auf das Lieferjahr folgenden Kalenderjahres.

Für Achsbüchsen oder einzelne Teile von solchen, die während der Gewährzeit schadhaft werden, ist die Eisenbahnverwaltung durch Nachlieferung zu entschädigen.

Die Kosten für die Auswechslung schadhaft gewordener Achsbüchsen trägt der Lieferer.

Die Gewährleistung hat das Eisenbahn-Werkstätten- oder Maschinen-Amt zu beanspruchen, in dessen Bereich die Mängel festgestellt sind. Bei Meinungsverschiedenheiten hat die zuständige Eisenbahndirektion nach den Bestimmungen der allgemeinen Vertragsbedingungen zu verfahren.

## Vertragstrafe.

Die in den Allgemeinen Vertragsbedingungen vorgesehene Vertragstrafe wird für jeden angefangenen Tag der Überschreitung der Lieferfristen und für jede Achsbüchse auf 5 Pf. festgesetzt.

Als Erfüllungstag gilt der, an welchem die Achsbüchsen nach Erledigung der vorgeschriebenen Proben versandbereit zur Abnahme gestellt werden. Findet die Vornahme der Proben oder die Abnahme der fertigen Achsbüchsen ohne Schuld des Lieferers später statt, als er beantragt hatte, so wird diese Verzögerung auf Bescheinigung des Abnahmebeamten hin berücksichtigt.

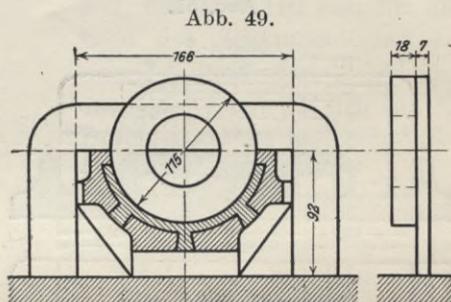
## Nachprüfung mit Lehren.

Den Gebrauch der Lehren zum Nachmessen der Achsbüchsen für Güterwagen gibt folgende Anleitung an:

## Lehre I (Textabb. 49).

Die Lagerschale wird auf die Richtplatte gelegt und Lehre I über die Schale gesteckt, bis der Ring auf der Lauffläche liegt. Hierdurch werden geprüft:

die Bohrung und ihre Lage zur Außenfläche der Schale, die äußeren Abmessungen der Schale, die Stärke der Schale im Scheitel und der Gleichlauf der äußeren Auflageflächen der Schale mit der Mittelachse des Achsschenkels, da die beiden Schenkel der Lehre auf der Richtplatte aufliegen müssen, wenn der Ring die Bohrung vollkommen berührt.



Maßstab 1:6. Lehre I für Achsbüchsen.

## Lehren IIa und IIb (Textabb. 50 und 51).

Jede Lagerschale muß sich ohne Spiel in die Meßplatte IIa einlegen lassen, bis die äußere Auflagefläche der Schale vollständig anliegt. Hierdurch werden geprüft:

der Abstand der seitlichen Anlageflächen, 80 mm, die richtige Lage des Rotgußteiles der Lagerschale durch Zusammenfallen der Ebenen a und a<sub>1</sub>,

die richtige Höhe des Rotgußteiles durch Zusammenfallen der Ebenen b und b<sub>1</sub>;

durch die Lehre IIb werden geprüft:

die Abrundungen an den Enden der Lagerschale, der Gleichlauf der innern und äußern Auflagefläche dadurch, daß die Lehre an den Enden vollständig aufliegt,

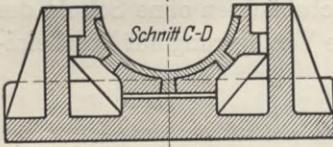
die richtige Lage der Aussparung von 80 mm dadurch, daß die Lehre an den beiden Endleisten c c anliegt.

## Lehrbolzen IIIa und Lehren IIIb und IIIc (Textabb. 52 und 53).

Der Lehrbolzen IIIa wird in das Lager gelegt, bis die Abrundung an der hintern Stirnfläche der Lagerschale anliegt, hierauf wird die Lehre IIIb in der Mittelebene an den Bolzen gelegt. Hierdurch werden geprüft:

jederseits das Maß 119 mm von Mitte Schenkel bis Führungsfläche, das Maß 51 mm von der Führungsfläche bis zur hintern Schalenstirn; die Lehre IIIc wird von oben an den Führungsflächen anliegend auf das Gehäuse geschoben, wobei der Zapfen a in die Bohrung für den Zapfen des Federbundes greift. Hierdurch werden geprüft:

Abb. 50.



Maßstab 1:6. Lehre IIIa für Achsbüchsen.

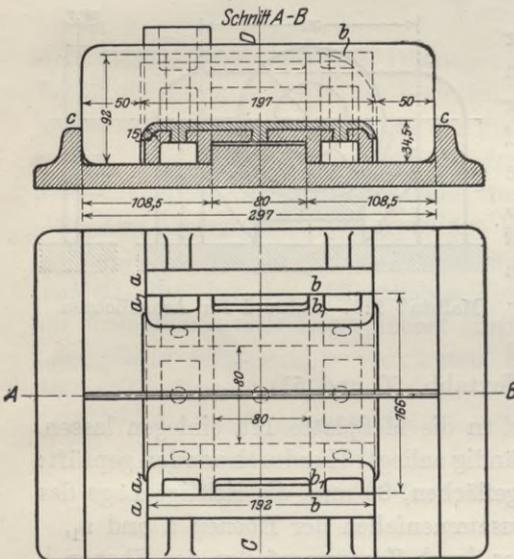
das Maß 47,5 mm zwischen Führungsfläche und Mitte der Bohrung für den Zapfen des Federbundes, der Durchmesser der Bohrung von 50 mm und ihre Tiefe.

Lehre IV (Textabb. 54).

Die Lehre IV muß sich in voller Länge in den Staubringkasten einführen lassen. Hierdurch werden geprüft:

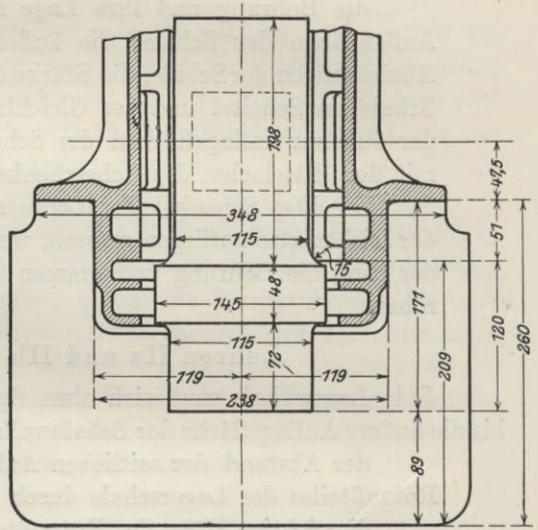
das Maß 208 mm und das Maß 23 mm als Lichtweiten am Staubringkasten.

Abb. 51.



Maßstab 1:6. Lehre IIa und IIb für Achsbüchsen.

Abb. 52.



Maßstab 1:6. Lehrbolzen IIIa und Lehre IIIb für Achsbüchsen.

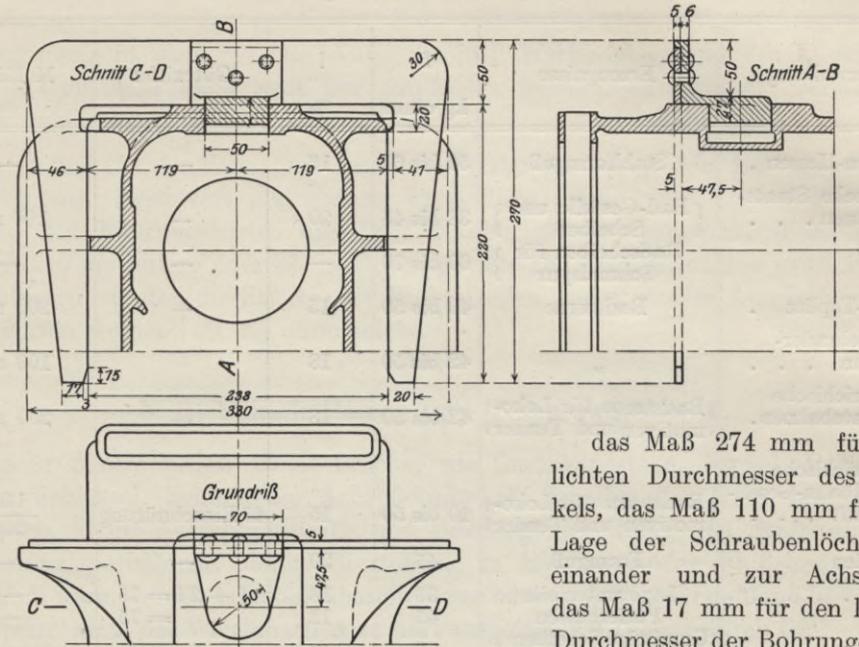
Lehre Va und Vb (Textabb. 55 und 56).

Die Lehre Va dient zum Nachmessen des Deckelsitzes und der Bohrungen der Deckelschrauben am Gehäuse. Hierdurch werden geprüft:

das Maß 273 mm für den äußern Durchmesser des Deckelsitzes am Gehäuse, das Maß 110 mm für die Lage der Schraubenlöcher zu einander und zur Achsmittle, das Maß 17 mm für den lichten Durchmesser der Bohrungen für die Deckelschrauben;

die Lehre Vb dient zum Nachmessen des Deckels und dessen Bohrungen für die Deckelschrauben. Hierdurch werden geprüft:

Abb. 53.



Maßstab 1:6. Lehre IIIc für Achsbüchsen.

das Maß 274 mm für den lichten Durchmesser des Deckels, das Maß 110 mm für die Lage der Schraubenlöcher zu einander und zur Achsmittle, das Maß 17 mm für den lichten Durchmesser der Bohrungen für die Deckelschrauben.

Mehrere Bahnverwaltungen schreiben vor, daß gewisse Beimengungen, wie Phosphor, Silizium oder Stahlberuhigungsmittel, wie Aluminium, nur bis zu einem bestimmten Verhältnisse vorhanden sein dürfen.

Die österreichischen Staatsbahnen fordern Flußeisenformguß aus dem basischen Martin- oder Tiegelguß-Verfahren. In Radgestellen sollen höchstens 0,05 % P, in Teilen für ruhende Belastung höchstens 0,06 % P und in stark erschütterten höchstens 0,04 % P enthalten sein.

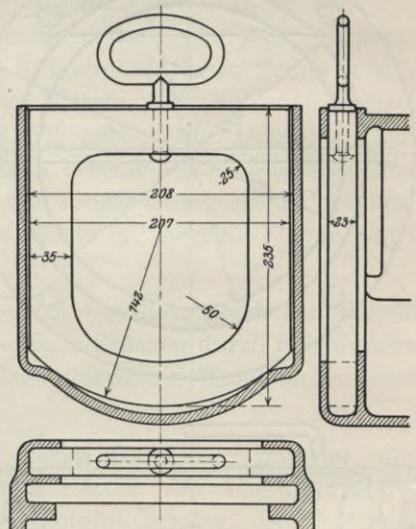
Die russischen Staatsbahnen schreiben 0,1% Aluminium und 0,25% Silizium als Höchstgrenze vor.

Hinsichtlich der Festigkeit  $f$  und der Dehnung  $l$  verlangen Bayern, Baden, die Reichsbahnen, Lübeck-Büchen, Mecklenburg-Schwerin, Preußen-Hessen und Württemberg basischen oder sauern Siemens-Martin-Flußeisenguß für Radsterne und Radscheiben von  $f = 37$  bis  $44 \text{ kg/qmm}$  und  $l = 20\%$  auf 100 mm Meßlänge.

Weitere Forderungen sind in Zusammenstellung IX angegeben.

Da das Ausglühen der Flußeisenstücke nicht unbedingt vorgeschrieben, aber zur Ver-

Abb. 54.

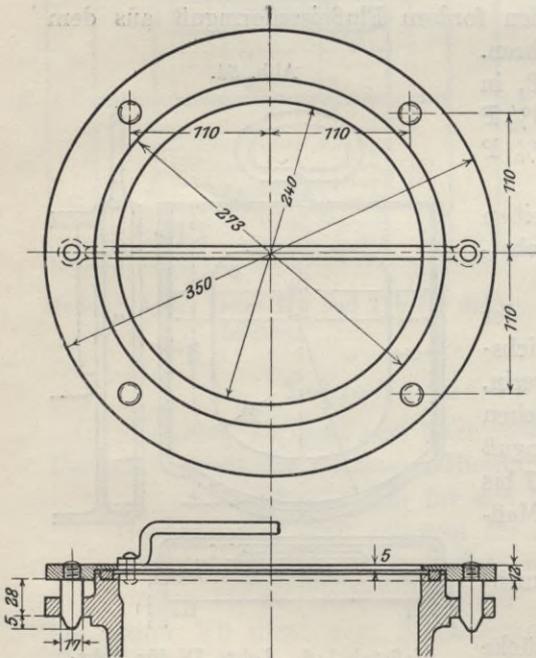


Maßstab 1:6. Lehre IV für Achsbüchsen.

Zusammenstellung IX:

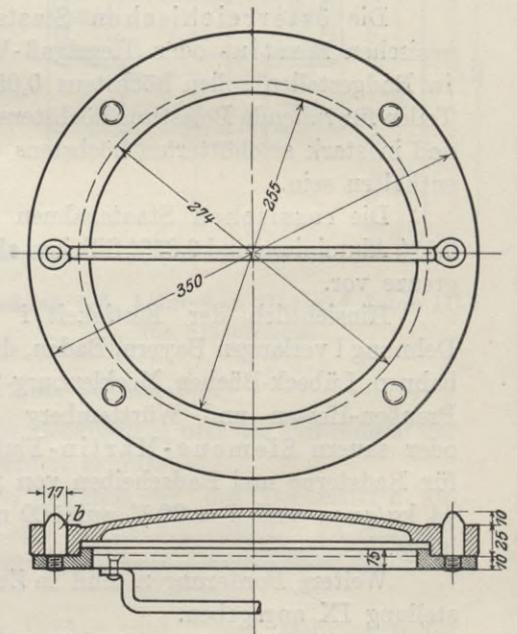
Verwaltung	Erzeugnisse	f kg/qmm	l %	Güteziffer	Meßlänge
Preußen-Hessen .	Stahlformguß	50 bis 60	16	—	—
Sächsische Staatsbahnen . . .	{ Rad-Gestelle und Scheiben }	38 bis 45	20	—	100 mm
		{ Radscheiben für Schmalspur }	60 bis 70	—	—
Aufsig-Teplitz .	Radsterne		40 bis 50	15	—
Buschtehrader-Bahn . . .	„	42 bis 50	18	—	100 mm
Österreichische Staatsbahnen.	{ Radsterne für Loko- motiven und Tender }	42 bis 50	18	—	200 mm
Österreichische Südbahn-Gesellschaft . . .	{ Radsterne für Loko- motiven und Tender }	40 bis 50	15	45 Einschnürung	$\frac{160}{200}$
Bulgarien . . . . .	Formguß	45	20	—	—
Italien . . . . .	Lagerunterteile	36	16	$f + 21 = 75$	—
	Pufferhülsen	45	12	„ = 75	—
	Unmittige Scheiben } Achsgabeln }	55	8	„ = 75	—
Rußland . . . . .		Radgestelle	38	10	—
Pennsylvania-Bahn	erwünscht:	49,3	15	—	—
	erlaubt:	42,2	12	—	—

Abb. 55.



Maßstab 1:6. Lehre Va für Achsbüchsen.

Abb. 56.



Maßstab 1:6. Lehre Vb für Achsbüchsen.

meidung der Gußspannungen und Verbesserung des Gefüges vorteilhaft ist, so sollte wenigstens für die wichtigsten Teile ein bestimmtes Glühverfahren zur Bedingung gemacht werden. Das Aufgießen der Werkzeichen und des Lieferjahres auf die Gußstücke kann auch nur empfohlen werden, da dann die verlässlichen Werke bald erkannt werden.

Art und Ort der Entnahme der Probestreifen ist von großem Einflusse auf das Güteergebnis. Besonders angegossene Probestäbe geben meist andere Werte, als die aus den Führungsleisten derselben Achsbüchse entnommenen, diese wieder, je nachdem die untere oder obere Führungsleiste zur Probeentnahme gewählt wird. Zu verbieten ist, daß die Stücke mit Probestreifen einem andern Ausglühverfahren unterworfen werden, als die ohne solche.

### b. 3) Schmiedbarer und Temperstahl-Guß.

Sehr dünnwandige, kleine Stücke, wie Gasleitungsteile, Nippel, Rohrkreuzstücke, Schlüssel, Schloßteile, Achsbüchdeckel, Schellen für Heiz- und Brems-Schläuche, kleine Ausrüstungsgriffe und Beschlagteile, Räder und Schmierbüchsen für Schmalspurbahnen, deren Herstellung in Eisenguß oder Flußeisen unwirtschaftlich wäre, werden in schmiedbarem Gusse oder auch Temperstahlguß hergestellt. „Tempern“ heißt das Weichmachen zu hart ausgefallenen Gusses durch Glühen unter einer Sand-, Aschen- oder Holzkohlen-Decke. Gußstücke aus weißem Roheisen, das Kohlenstoff als Zementit,  $\text{Fe}_3\text{C}$ , enthält sind besonders gut zu tempern. Bei einer Wärme über  $750^\circ$  zerlegt sich der an Eisen gebundene Kohlenstoff, Eisenkarbid  $\text{Fe}_3\text{C}$ , in Eisen und Kohlenstoff, der sich als Temperkohle ausscheidet. Temperkohle ist, wie Graphit, mechanisch beigemengt, und erscheint auf der Bruchfläche von Tempereisen in schwarzen, feinen, gleichmäßig oder auch gruppenweise verteilten Pünktchen. Da der Vorgang also auf Zerlegung des Eisenkarbides beruht, kann der den C als Graphit enthaltende Grauguß nicht getempert werden. Glüht man weißes Roheisen in Sauerstoff abgebenden Mitteln unter Abschluß der Luft, so wird das Roheisen durch dieses „Glühfrischen“ durch Verbrennen des C entkohlt, es nimmt Eigenschaften von Stahl oder Schweißeisen an. Technisch heißt Tempern das Ausglühen der Gußwaren in Sauerstoff abgebenden Mitteln. Der Kohlenstoffgehalt des Temperroheisens darf nicht unter 2,5 bis 2,75% gehen, um Düninflüssigkeit zu erhalten. Zur Herstellung von Temperguß dienen besondere Roheisensorten von 3,2 bis 4,3% C, 0,5 bis 1,7% Si, 0,1 bis 0,4% Mn und möglichst geringem Phosphor- und Schwefel-Gehalte. Verschmolzen wird das Eisen in Tiegeln, Flamm- und Kupol-Öfen.

Beim Gießen von Tempergußteilen sind die bei Gußeisen gegebenen Regeln noch sorgsamer zu beachten, da sonst bei dickwandigen Stücken durch Seigerungen und Rißbildungen leicht Fehlgüsse eintreten. Die günstigsten Wandstärken sind 3 bis 8 mm; das Gefüge ist weißstrahlig.

Zum Tempern werden möglichst gleich starke Gußteile lagenweise mit fein gekörntem Roteisensteine in große gußeiserne Kästen von Walzenform gepackt, und in gemauerten Kammern bis Kirschrotglut erhitzt, drei bis vier Tage in dieser Glut belassen und dann sehr langsam abgekühlt. Dann ist eine von außen nach innen fortschreitende Entkohlung vor sich gegangen, die um

so ungleichmäßiger wird, je stärker die Ware ist; 25 mm Wandstärke dürfte heute die Grenze sein.

Das Erzeugnis ist leicht mit Feile und Meißel bearbeitbar und läßt sich schmieden und strecken. Bei 32 bis 36 kg/qmm Zugfestigkeit hat es nur sehr geringe Dehnung von 1 bis 1,5% auf 150 mm Zerreißlänge. Zur Unterscheidung ob ein Stück aus schmiedbarem Gusse oder Flußeisenguß hergestellt ist, dient die Kohlenstoffprobe. Ein haferkorngroßes Stück wird in verdünnter rauchender Salpetersäure bei 80° erhitzt, hierbei löst sich das Eisen auf. Schmiedbarer Guß hinterläßt wegen der Höhe seines Gehaltes an Temperkohle einen erheblichen, Flußeisen fast keinen schwarzen Niederschlag.

Temperstahlguß nennt man den durch Zusatz von Schweißisen oder Stahlabfällen hergestellten schmiedbaren Guß.

Die Vorschriften über schmiedbaren Eisenguß lauten: Schmiedbarer Eisenguß muß sich in kaltem Zustande hämmern, strecken und richten lassen, ohne zu brechen. Hinsichtlich der äußern Beschaffenheit der gegossenen Stücke gilt das für Gußeisen Gesagte. Die amerikanischen Bahnen lassen sich Musterstücke einreichen, deren Bruchaussehen maßgebend für die ganze Lieferung ist. Jedem Gußstücke über 2,72 kg ist ein Probestück von 19 mm Länge und 9,5 mm Stärke anzugießen, das zerschlagen wird, und genau dasselbe Gefüge zeigen muß, wie das Muster. Bei kleineren Gußstücken wird von 500 kg Gußware ein Gußstück in der Art des Musterstückes zerbrochen, dessen Gefüge mit dem des Musterstückes übereinstimmen muß. Die Gußstücke tragen aufgegossen die Ziffer des Modelles und das Werkzeichen des Lieferers.

### III. c) Fluß- und Schweiß-Eisen.

#### c. 1) Herstellung.

Schmiedbares Eisen wird jetzt nur noch selten unmittelbar durch Rennarbeit aus den Erzen, sondern fast ausschließlich aus dem Roheisen der Hochöfen durch Entkohlung, durch Frischen, gewonnen. Der Vorgang besteht im Wesentlichen in der Entfernung von Kohlenstoff, Silizium, Mangan, Phosphor und Schwefel durch den Luftsauerstoff, der diese Bestandteile beispielsweise zu Kohlenoxyd, Kieselsäure, schwefliger Säure verbrennt.

Wird hierbei die Wärmestufe des Schmelzpunktes des Eisens nicht überschritten, so wird das in Gestalt von zusammen geschweißten Kristallen erhaltene Eisen Schweißisen genannt, entsteht das Erzeugnis in flüssigem Zustande, so heißt es Flußeisen. Die zur Zeit gebräuchlichsten Verfahren sind im Nachfolgenden aufgeführt.

#### 1. a) Schweißisen.

Fast alles Schweißisen wird durch Puddeln erzeugt. Das Puddeln besteht im Umrühren des unter Einwirkung einer durch feste oder gasförmige Brennstoffe erzeugten Flamme teigig gewordenen Eisens im Flammofen zwecks Zuführung von Luft zur Verbrennung der Fremdkörper im Eisen. Man unterscheidet Sehne-, Feinkorn- und Stahl-Puddeln. Die wesentlichste Grundlage bietet ein dem Zwecke entsprechendes Roheisen. Für Stahl- und Feinkorn-Bildung nimmt man reines, graues Eisen allein, oder ein Gemenge mit manganreichem Spiegeleisen,

möglichst frei von P und S; bei Sehnepuddeln bedient man sich des weißen Roheisens, auch lassen sich in niedriger Hitze P und S leichter abscheiden.

Am Ende des Rohfrischens wird das Eisen steif, setzt sich zu Boden und schweißt aneinander. Die einzelnen Stücke werden mittels eiserner Stangen der Verbrennung, dem Garfrischen, ausgesetzt, um eine gleichmäßige Entkohlung des gewünschten Grades zu erlangen, schließlich zu Ballen oder Luppen vereinigt. Diese werden durch Quetschen mit der Luppenquetsche oder unter dem Dampfhammer noch tunlich von der eingeschlossenen, flüssigen Schlacke befreit und dann zum Zängen gefahren, wobei die Schlacke durch Pressen möglichst entfernt wird. Dann geht die Luppe zum Rohschienen-Walzwerke und wird zu einer 3 bis 5 m langen Stange rechteckigen Querschnittes, der Rohschiene, ausgewalzt. Diese Rohschiene wird unter dem Luppenbrecher, einem etwa 1 t schweren Fallhammer, oder einer Presse in etwa 400 mm lange Stücke gebrochen und nach dem Gefüge-Aussehen geordnet. Die Rohschienenstücke werden je nach dem Gewichte und der Art des Querschnittes des herzustellenden Walzeisens zu Paketen von 30 bis 900 kg zusammen gelegt, kreuzweise bei Blechen, der Länge nach bei Formeisen. Das Paket wird im Schweißofen schweißwarm gemacht. Pakete von 130 kg und mehr werden unter einem schweren Dampfhammer zwecks innigen Zusammenschweißens der einzelnen Lagen allseitig bearbeitet, dann nochmals geschweißt und ausgewalzt. Manchmal werden diese ausgewalzten Stäbe nochmals zu Knüppeln zerschnitten, von neuem paketiert und geschweißt. Die Menge der eingeschlossenen Schlacke wird dabei wesentlich verringert, also wird ein gleichmäßigeres Erzeugnis gewonnen. Gleichzeitig wird der Kohlenstoff verringert, der teils durch die Flammengase verbrannt wird, teils Glühspan bildet, teils in Berührung mit den Bestandteilen der Schlacke verbrennt. Je öfter der Vorgang des Paketierens und Durchschweißens wiederholt wird, desto schlackenreiner und kohlenstoffärmer wird das Eisen, desto geringere Festigkeit, um so größere Zähigkeit und Bildsamkeit erhält es. Es nähert sich in seinen Eigenschaften dem schlackenreinen Flußeisen. Pakete geringern Gewichtes werden mit einmaliger Schweißhitze den Walzen sofort zugeführt und unter dem Drucke der Walzen geschweißt.

Handelsware wird vielfach aus sogenannten „Schrottpaketen“ hergestellt. Ein Kastengestell aus Rohschienen, oder passend geschnittenen Blechen aus Alteisen wird mit Schweißeisenschrott aller Art ausgefüllt, mit Eisendraht zusammengebunden und auf Schweißhitze gebracht. Geringe Ware wird in den Walzen durch deren Druck, besseres Gut wird zwei- oder dreimal unter jedesmaliger Behandlung mit dem Hammer geschweißt. Gegen dieses Verfahren wäre an sich nichts einzuwenden, wenn stets reiner Schweißeisenschrott zur Verwendung käme. Leider ist gegenüber dem zunehmenden Mangel an solchem, wegen der Schwierigkeit, Schweißeisenschrott von Flußeisen- und Flußstahl-Schrott zu unterscheiden, die Sonderung von Alt-Schweiß Eisen und -Flußeisen nicht möglich, und so enthalten die Schrottpakete auch vielfach Flußeisen- und Flußstahl-Abfälle, die sich nicht ordentlich verschweißen lassen, wodurch die Sicherheit gegen Bruch stark herabgemindert wird.

Im Handel unterscheidet man: Handelseisen, Preßmuttereisen zur Herstellung von Schraubenmuttern, Niet- und Hufstab-Eisen, die nach Zusammenstellung X verschiedene Zugfestigkeit und Dehnung haben.

## Zusammenstellung X:

Marke	f	l	Stärke mm	Bemerkungen
1 × best	34	12	mehr als 15 mm	
„	35	12	10 bis 15	
„	36	12	bis zu 10 mm	
2 × best	34 bis 36	18	—	Nieteisen
3 × best	38	18	—	Feinkorn
Spindeleisen	36	15	—	Feinkorn zu Sehne ausgewalzt
„	34	18	—	„ „
Stehbolzeneisen	38	18	bis 25 mm	„ „
„	36	15	über 25	„ „

## 1. β) Flußeisen.

## β. A) Das Bessemer- und Thomas-Verfahren, Windfrischen.

Beim Bessemeren oder Windfrischen wird das in eine mit Quarz ausgefüllte Birne gefüllte, unmittelbar dem Hochofen, einem Mischer oder einem Umschmelzofen entnommene flüssige, phosphorarme Roheisen von zahlreichen Windstrahlen durchdrungen. Das Feinen, Roh- und Gar-Frischen nimmt innerhalb 15 Minuten einen sehr schnellen Verlauf, so daß es schwierig ist, den Vorgang bei einer bestimmten Entkohlung zu unterbrechen. Daher entkohlt man meist fast vollständig, und führt nachträglich mittels „Rückkohlung“ durch Zusatz von Spiegeleisen, Ferromangan oder Ferrosilizium wieder Kohle zu. Das Gut wird aus den Birnen in eiserne, feuerfest ausgefütterte Pfannen entleert und aus diesen zur Herstellung von Blöcken, Ingots, in Gußformen, Kokillen, gefüllt.

Das Thomas-Verfahren wird angewendet, wenn aus dem flüssigen Eisen Phosphor zu entfernen ist. Die Birne erhält dann basisches Futter aus gebranntem Dolomit und dem Bade wird Kalk zugeschlagen.

Erst wenn nahezu aller Kohlenstoff verbrannt ist, beginnt während des Nachblasens die Verbrennung des Phosphors, der dabei in die Schlacke überführt wird, und diese bei einem Gehalte von 12 bis 25 % an Phosphorsäure zu einem wertvollen Erzeugnisse für die Landwirtschaft macht. Hat man sich durch eine Schöpf- oder Schmiede-Probe von der Entphosphorung überzeugt, so wird zunächst die Schlacke abgossen, und hierauf Ferromangan oder Spiegeleisen zugesetzt. Gäbe man diese Zusätze bei noch vorhandener Schlackendecke, so könnte der Kohlenstoff des Zusatzes Phosphor aus der Schlacke ausscheiden und in das Eisen zurückführen, da Phosphor geringere Verwandtschaft zum Sauerstoffe hat, als Kohlenstoff. Das Übersehen dieses Umstandes hat früher zu Mißerfolgen Anlaß gegeben.

Der Zusatz von Spiegeleisen erfolgt, um das gebildete Eisenoxydul, das schon in geringen Mengen das Eisen stark warmbrüchig macht, in Eisen und Mangan-

oxydul zu zerlegen, das von der Schlacke aufgenommen wird, weiter um das Bad durch den Kohlenstoff des Ferromangans auf die gewünschte Höhe zurück zu kohlen.

Das Bessemer-Verfahren verlangt ein phosphorarmes, aber 1 bis 2% Silizium enthaltendes Roheisen, das durch seine Verbrennung zu Kieselsäure soviel Wärme entbindet, daß das Eisenbad sehr flüssig wird. Bedingung für das Thomas-Verfahren ist ein siliziumarmes, aber 1,8 bis 2,5% Phosphor enthaltendes Roheisen. 1% Phosphor erhöht das Eisenbad von 1500° bei seiner Umwandlung in Phosphorsäure um 120° und da Phosphor erst beim Nachblasen verbrennt, erhitzt er das Bad grade, wenn für das schmiedbare Eisen die höchste Wärme erforderlich ist.

Hierdurch unterscheidet sich das Thomas- oder basische Verfahren von dem Bessemer- oder sauern Verfahren, da bei diesem das Silizium unerwünschter Weise vor allen Fremdkörpern verbrennt, somit dem Bade anfangs recht hohe Wärme gibt. 1% Si steigert beim Verbrennen die Wärme des Eisenbades von 1500° um 150°. 1 kg Si macht bei seiner Verbrennung zu Kieselsäure 7830 Wärmeeinheiten, 1 kg Phosphor bei seiner Verbrennung zu Phosphorsäure 5900 Wärmeeinheiten frei.

Jedoch steigert sich der Abbrand bei dem basischen Verfahren durch das Nachblasen auf 11 bis 15,5% des Einsatzes, der beim sauern Verfahren durchschnittlich 10 bis 12% beträgt.

Die Birnen haben 15, 20 und 25 t Inhalt, der durch Kippen der Birne in eine feuerfest ausgekleidete, gut vorgewärmte Gießpfanne entleert wird. Die Gießpfanne wird der Reihe nach über die Gießformen gefahren und durch die zur Zurückhaltung der oben schwimmenden Schlacken im Pfannenboden befindliche, mit einem feuerfesten Stopfen nach innen zu verschließbare Öffnung gefüllt. Die unten offenen, auf einer gußeisernen Platte stehenden Gußformen haben gewöhnlich quadratischen oder rechteckigen Querschnitt mit abgerundeten Ecken, und sind oben enger als unten, damit sie von den Stahlblöcken, „Ingots“, nach deren Erstarren mit dem Krane abgehoben werden können. Für Bleche, Platten und breite Flacheisen haben die Gußformen der Fertigware bereits angenäherten, rechteckigen Querschnitt zur Verminderung der Walzarbeit.

### β. B) Das Siemens-Martin-Verfahren.

Um den in großen Mengen abfallenden Schrott durch Einschmelzen mit Zusatz von Roheisen wieder zu verwerten, dient der 1865 von Martin zuerst angewendete Flammofen, der erst durch Hinzufügung der Vorwärmer, „Regenerativ“-Feuerung, von Siemens zu der jetzigen Bedeutung gelangt ist.

Der Ofen besteht aus:

1. dem eigentlichen Schmelzraume mit den beiden seitlich davon angeordneten, die Gas- und Luft-Züge enthaltenden Brennköpfen;
2. zwei Paar Wärmespeichern für Luft und Gas, „Regeneratoren“;
3. den Umsteuerventilen für Gas und Luft mit den erforderlichen Kanälen;
4. dem Schornsteine.

Man unterscheidet fest stehende und kippbare Öfen. Die fest stehenden Öfen fassen 12 bis 80 t Eisen, in Deutschland sind Öfen von 20 bis 40 t Inhalt am gebräuchlichsten. Die Kippöfen, zuerst in Amerika und England gebaut, fassen 100 bis 200 t.

Der Herd ist muldenförmig, und je nach dem angewendeten Verfahren basisch oder sauer gefuttern. Er wird auf den Langseiten begrenzt durch die Vorderwand mit den Einsatztüren, die Rückwand mit dem Abstichloche, gegebenen Falles auch mit dem Eingußloche für flüssiges Roheisen, und auf den Schmalseiten von den Brennköpfen mit ihren Gas- und Luft-Zügen. Unmittelbar unter dem Ofen, oder bei Anordnung einer Schlackenammer seitlich, befinden sich die aus feuerfestem Stoffe gitterartig gemauerten Wärmespeicher, von denen je zwei zur Zuführung von Verbrennungsluft, die anderen beiden von Gas dienen. Der Betrieb ist so geregelt, daß sich die auf einer Seite eintretenden Gase aus dem Erzeuger des Verbrennungsgases mit der im Wärmespeicher vorgewärmten Luft im richtigen Verhältnisse mischen, über dem Bade zur Verbrennung und damit größter Hitzeentwicklung gelangen und durch den andern Wärmespeicher unter Abgabe ihrer Hitze an das gitterförmige Mauerwerk, durch den Schornstein abziehen. Nach einer gewissen Betriebszeit, in der der erste Wärmespeicher seine Hitze an die Verbrennungsluft und die Gase abgegeben hat, wird umgesteuert.

Bei dem Schrottschmelz-Verfahren schmilzt man in dem in voller Hitze befindlichen Ofen zunächst das 5 bis 30%, in der Regel 15% vom ganzen Einsatze betragende Roheisen unter gleichzeitigem Einbringen des zum Abscheiden von Phosphor, Silizium und Schwefel erforderlichen Kalkzuschlages ein. Dann wird der Schrott auf einmal, oder in Absätzen zugesetzt, und die Masse zum Schmelzen gebracht. Das umgekehrte Einsetzen kommt seltener vor. Im Verlaufe des Schmelzanges von 4 bis 8 Stunden verbrennt der Sauerstoff der Verbrennungsgase allmählig den Kohlenstoff, das Silizium, das Mangan und bei basischem Herde auch den Phosphor. Die Oxyde gehen, soweit sie nicht gasförmig fortziehen, in die auf dem Bade schwimmende Schlacke. Der Fortgang des Schmelzvorganges wird durch Schöpf- und Hammer-Proben verfolgt, beim Garen Ferromangan in entsprechender Menge zugesetzt, und endlich das Erzeugnis wie aus der Birne in eine Gießpfanne abgestochen.

Neuerdings kommt das Roheisen-Erz-Schmelz-Verfahren in Aufnahme, das darin besteht, daß das vom Hochofen oder einem Mischer kommende Roheisen flüssig in den Martin-Ofen eingesetzt und nach Bedarf mit Schrott gemengt wird. Zur Beschleunigung der Verbrennung der in dem Roheisen enthaltenen Bestandteile setzt man im Verlaufe des Schmelzens reine Erze, wie Rot-eisenstein, Magneteisenstein, Walzsinter zu, wobei der größte Teil des Eisengehaltes dieser Zuschläge frei und in das Bad überführt wird.

Um bei hohem Gehalte des Roheisens an Phosphor nicht phosphorreiches Eisen zu erhalten, frischt man in einem Ofen vor, wobei die Hauptmenge an Phosphor abgeschieden wird, und führt den flüssigen Inhalt einem zweiten Ofen zu, wo fertig gefrischt wird. Dieses Schmelzverfahren heißt das Bertrand-Thiel-Verfahren.

Bei dem Hoesch-Verfahren wird zu demselben Zwecke nur ein Ofen benutzt. Das phosphorarme Zwischenerzeugnis wird abgestochen, die Schlacke ent-

fernt, und nun nach Wiedereinfüllen des von der phosphorreichen Schlacke befreiten Eisens in demselben Ofen fertig gefrischt.

Das vereinigte Bessemer- und Martin-Verfahren ist von Vorteil, wenn ein nach seinem Gehalte an Phosphor und Silizium für keines der beiden Verfahren recht geeignetes Roheisen verarbeitet werden muß. Man verbrennt das Silizium zunächst in der Bessemer-Birne und frischt das flüssige Zwischenerzeugnis im Martin-Ofen fertig.

Beim Roheiseneinsatz geht die Verbrennung der Fremdkörper schneller vor sich, als beim Schrottverfahren, da außer dem Sauerstoffe der Verbrennungsluft noch der des Roheisens mitwirkt. Der Reihe nach verbrennen Silizium und Mangan, dann Phosphor und Kohlenstoff, wobei starke Wärme entsteht.

In 3 bis 4 Stunden ist eine Schmelzung fertig. Bei dieser außerordentlich vielseitigen Verwendbarkeit des Martin-Ofens, die damit noch nicht abgeschlossen ist, ist die Erzeugung von Stahlblöcken aus dem Flammofen nur wenig hinter der aus der Birne zurückgeblieben. Für Deutschland betrug die Erzeugung an Stahlblöcken 1910 aus:

der Birne: 8202279 t,

dem Flammofen: 5377569 t.

## c. 2) Vorgänge beim Erstarren im Gußblocke und der Bramme.

### 2. a) Schrumpfen, Schwinden, Lunkern.

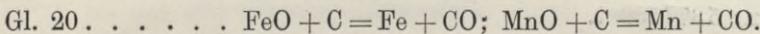
Die Eigenschaften des aus Flußeisen hergestellten Gutes hängen in erster Linie von der sorgfältigen Behandlung der Gußblöcke oder Brammen ab.

Der Guß der Blöcke oder Brammen aus der Gießpfanne erfolgt in Gußformen, und zwar entweder von oben, unmittelbarer Guß, oder meist von unten, steigender Guß. Bei steigendem Gusse füllt man durch einen Mitteltrichter mehrere Formen, die auf einer gemeinsamen Platte, der „Gespannplatte“ stehen und durch vom Mitteltrichter ausgehende Kanäle verbunden sind, durch die das Metall vom Trichter aus von unten in die Blockformen steigt, diese allmähig füllend. Bei und nach dem Gießen findet lebhafte Gasentwicklung in den Gußformen statt; die austretenden Gase reißen kleine Eisenteilchen mit, die an der Luft unter Funken sprühen wie Eisenfeilichtspäne in der Leuchtgasflamme verbrennen. Jedes flüssige Metall löst um so mehr Gase in sich auf, je heißflüssiger es ist, und unter je höherem Drucke Gas und Metall stehen.

Im Flammofen, und noch mehr in der Birne, wo die Luft durch das flüssige Eisen hindurchgepreßt wird, bietet sich zur Aufnahme der Gase reichlich Gelegenheit. Beim Abkühlen scheidet sich das Gas um so stürmischer aus, je rascher die Abkühlung erfolgt. Durch falsche Behandlung beim Gießen können die Stahlblöcke Schrumpfungshohlräume, Saughohlräume, starke Seigerungen, große Blasen Hohlräume, Randblasen und Schalen erhalten.

Diese Fehler beeinträchtigen die Güte der aus den Blöcken hergestellten Ware, teilweise in sehr hohem Maße. Hohlräume geben Doppelungen im Walzgute, da ihre Wände beim Walzen nicht zusammenschweißen. Starke Seigerungen bedingen Ribbildung und Brüchigkeit der Ware beim Verarbeiten, Randblasen verursachen pockiges, Schalen unsauberes Aussehen der Oberflächen.

Nach S. 69 und 70 ist »Schrumpfen« die Raumverminderung des flüssigen Eisens beim Erstarren, „Schwinden“ die des festen Eisens während des Erkaltens. Die Gußformwände entziehen dem flüssigen Eisen schnell die Wärme, daher scheidet sich zunächst das reinste Eisen, das am frühesten erstarrt, weil es den höchsten Schmelzpunkt hat, an den Wänden in Form von Kristallen aus und bildet eine feste Kruste. An diese setzen sich weitere Krusten unter jedesmaligem Schrumpfen an, das aber stets durch Nachströmen des flüssigen Innern ausgeglichen wird. Ist kein flüssiger Kern mehr vorhanden, so kann das Schrumpfen nicht mehr ausgeglichen werden, der entstehende Hohlraum heißt „Lunker“. Dieser wird durch das nun einsetzende Schwinden verringert. Die Beobachtung nun, daß der Lunker um so größer wird, je heißer vergossen wird, führt zur Forderung, daß das Vergießen bei möglichst niedriger Wärme erfolgen soll. Langsames Gießen, wobei das Flußeisen Zeit hat, sich abzukühlen, übt dieselbe Wirkung. Die vorher erwähnte Gasentwicklung vermindert ebenfalls das Schrumpfen. Auch wird noch Gas im Blockinnern entwickelt, vermutlich durch die Einwirkung des Kohlenstoffes des Blockes auf die Eisen- und Mangan-Oxyde unter Bildung von Metall- und Kohlen-Oxyden nach den Gleichungen:



Solange der Block noch heiß und dünnflüssig ist, treten die Gase ungehindert aus, die Blockränder sind daher blasenfrei, da die wegen starker Abkühlung sich in der Randzone am lebhaftesten bildenden Gase auch noch nach dem flüssigen Innern abgedrängt werden können. Mit fortschreitendem Erstarren nach dem Innern zu, besonders des Blockkopfes, wird den entweichenden Gasblasen Widerstand entgegen gesetzt, dieser bedingt eine Druckerhöhung des Gases und erhöht die Aufnahmefähigkeit des Eisens für Gas. In einem bestimmten Gleichgewichtszustande hört die Gasentwicklung auf, und die Blasen werden an Ort und Stelle festgehalten. Der Block hat dann das in Textabb. 32 und 33, S. 37, dargestellte Aussehen im Längs- und Quer-Schnitte. Die Möglichkeit ist gegeben, daß unter Umständen kein Lunker entsteht.

Zu heißes Gießen, oder ungenügende Erwärmung der Gußformen läßt an den Wänden heftige Gasentwicklung auftreten, die die flüssige Masse so in Bewegung bringt, daß stets frisches, heißes Metall mit den kälteren Wänden in Berührung kommt, so daß von neuem Gasentwicklung stattfindet. Dieser Vorgang geht so lange vor sich, bis das Bad erstarrt ist. Die Blasen können nicht mehr nach dem Innern abgeschoben werden, bleiben am Rande des Blockes und dieser ist nicht zu verwalzen, da beim Wiedererhitzen des Blockes die die Blasen deckende, dünne Eisenschicht geschwächt, und durch den Walzdruck zerrissen wird, so daß die Blasen bloß liegen. Das hieraus hergestellte Walzgut ist pockig.

Ist endlich die Einwirkung des Ferromangan oder Ferrosilizium noch nicht beendet, setzt sich diese vielmehr in der mit ihr verbundenen Ausscheidung von Kohlenoxyd in der Gußform fort, so kocht und steigt das Metall in der Form und treibt auch den gelösten Wasserstoff mit aus. Dieses Kochen bewirkt aber eine gleichmäßige Abkühlung des ganzen Gusses, die dünne Kruste am Blockkopfe wird durch den Gasdruck gesprengt, die Entlastung bringt wieder heftige Gasentwicklung hervor und schließlich erstarrt der Block mit Blasen in seiner ganzen Ausdehnung; er ist dann unbrauchbar.

Zur Verhütung der beiden letzten Möglichkeiten wird Aluminium bis 0,1% und auch Silizium zugesetzt, auch kühlt man den Kopf durch Auflegen einer Eisenplatte. Der schneller erstarrende Kopf kann dem Gasdrucke größeren Widerstand entgegen setzen, das Eisen kann unter dem Gasdrucke mehr Gas lösen, doch läuft man Gefahr, größere Lunker zu bilden.

Ungleichmäßige Füllung verbundener Gußformen kann in den höher gefüllten Saugtrichter hervorrufen, die als Röhre durch ihren ganzen Block gehen. Das Walzgut zeigt in seiner ganzen Länge eine Doppelung; als Blech verwalzt, ist es unbrauchbar. Zur Vermeidung dieses Fehlers muß die Gespannplatte wgerecht liegen, und die Kanäle müssen überall gleichen Querschnitt haben.

Die Lunkerbildung wird durch langsames Gießen, Nachgießen durch den Trichter, frühzeitiges Auflegen von Deckeln und Nachgießen von oben gemindert. Je größer der Block, desto größer ist im Allgemeinen wegen der langsamen Abkühlung der Lunker.

## 2. $\beta$ ) Seigerung, Entmischung.

Der Schmelzpunkt des stets die sehr zahlreichen, aufgezählten Fremdkörper enthaltenden Flußeisens liegt um so höher, je weniger Fremdbestandteile vorhanden sind. Vor allem beeinflußt der Kohlenstoff den Schmelzpunkt des Eisens. Beim Erstarren zerfällt das Flußeisen in eine Reihe von Körpern verschiedener Zusammensetzung. Die am schwersten schmelzbare Verbindung scheidet sich zuerst aus, und eine Mutterlauge von anderer Zusammensetzung und niedrigerem Schmelzpunkte bleibt zurück. Die Oberfläche einer Bramme erstarrt zuerst, daher wird hier das reinste Eisen sein, weil es den höchsten Schmelzpunkt hat. Die noch flüssige, an Verunreinigungen reichere Mutterlauge wird nach innen und oben gedrängt, stark unterstützt durch den aufsteigenden Gasstrom.

Die stärkste Seigerung oder Entmischung findet sich da, wo die Masse am längsten flüssig geblieben ist, sie findet sich deshalb in der Regel im Kopfe unterhalb des Lunkers; hier liegen die stärksten Ausscheidungen an Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor. Die Verteilung der Entmischung im Blocke ist jedoch nicht gleichmäßig, da das beginnende Erstarren der gleichmäßigen Verteilung der Seigerungen Widerstand entgegen setzt. Die darüber von Wüst und anderen angestellten Untersuchungen ergeben an Eisen von 39 kg/qmm Zugfestigkeit und 28% Dehnung auf 200 mm Zerreißlänge Folgendes.

1. Die Neigung zum Seigern ist am größten bei Schwefel und Phosphor, schwächer bei Kohlenstoff, am geringsten bei Mangan und Kupfer.

2. Bei großen Blöcken ist die Entmischung des Schwefels stärker, als bei kleinen; Phosphor, Kohlenstoff und Mangan zeigen das entgegengesetzte Verhalten.

Dieser Vorgang der Entmischung des Kohlenstoffes beruht darauf, daß die zuerst abgeschiedenen Eisenkristalle kohlenstoffärmer sind, als die zuletzt abgeschiedenen. Möglichst langsame Abkühlung begünstigt aber die Gleichmäßigkeit der Zusammensetzung. Da nun Kohlenstoff die Festigkeitseigenschaften in erster Linie bedingt, so muß die Entmischung bei Erzeugnissen, von denen große Gleichmäßigkeit verlangt wird, tunlich vermieden werden, und das ist bei großen Blöcken sicherer zu erreichen, als bei kleinen.

Der Gehalt an Phosphor betrug in der Blockmitte mehr als am Rande:

bei großen Thomas-Blöcken . . . .	78,7%	bei 0,054 ‰ am Rande
bei großen Martin-Blöcken . . . .	59,6%	bei 0,0525 ‰ am Rande
bei kleinen Martin-Blöcken . . . .	72,9%	bei 0,048 ‰ am Rande.

3. Der Einfluß der Seigerungen auf die Zugfestigkeit ist nicht sehr erheblich, doch haben stärker geseigerte Teile geringere Dehnung und Einschnürung, als die nicht entmischten.

4. Am stärksten ist der Einfluß der Entmischung auf die Kerbzähigkeit, die bei den stark geseigerten Kopfteilen außerordentlich gering und unregelmäßig ist. Deshalb ist das Kopfeisen gegen Stöße sehr unzuverlässig, also für Brücken- und Eisenbahn-Bau unbrauchbar.

Durch zweckmäßigeres Gießen kann die Entstehung von Seigerungen nicht verhindert werden, man muß nur Sorge tragen, daß sie in das obere Blockende gelangen. Dies geschieht durch langsames Gießen und Warmhalten des Kopfes mit besonderen Einrichtungen, durch Nachgießen von oben oder durch Pressen des eben gegossenen Blockes nach dem Harmet- und anderen Verfahren, durch Wahl flaschen- oder birnenförmiger Gußformen und andere Mittel.

Wegen der Seigerung haben die aus dem reinern Blockfuße gewalzten Teile geringere Festigkeit und viel höhere Dehnung, als die aus dem Lunkerende. Diese sind meist doppelt und infolge des hohen Phosphor- und Schwefel-Gehaltes stark kalt- und warm-brüchig. Diese gefährlichen Blockteile müssen bis zu 33% der Blocklänge entfernt werden. Für Formeisen walzt man wohl auf der Blockstraße vor, und entfernt vom Vorblocke mit der Warmschere so viel, daß der Lunker nicht mehr sichtbar ist, oder endlich wird bei Blechen so viel abgeschnitten, daß der Lunker mit seinen größten Seigerungen sicher beseitigt ist. Nur bei nachlässigem Betriebe kommen solche Teile zur Vorlage. Der Abnahmebeamte und der Verbraucher können diese Fehler auch bei sorgfältigem Vorgehen, und selbst bei Prüfung jedes Stückes nicht immer entdecken.

## 2. $\gamma$ ) Blasen, Sandrisse, Schalen.

Flußeisenblöcke sind wegen ihrer hohen Gießwärme, die mit fallendem Gehalte an Kohlenstoff steigt, stets von einer großen Anzahl von kleinen Gasblasen durchsetzt, die durch den Walzdruck verschweißt oder fest zusammen gepreßt werden können.

Größere, nicht mehr zusammen zu schweißende Fehlstellen entstehen, wenn Fremdkörper aus den nicht sauber gehaltenen Kanälen, oder von der Kanalwandung in den Eisenfluß geraten. Die dadurch bewirkte Abkühlung erzeugt heftige Entwicklung von Gas, das zum Teile an dem Fremdkörper haften bleibt, und zur Bildung einer großen Blase Anlaß geben kann. Verbrannte Eisenteilchen, die von der schlecht gereinigten Gußform in den Eisenstrom eintreten, verursachen, ebenso Gasaustritt und Blasen, was durch die Einwirkung des Kohlenstoffes des flüssigen Eisens auf den Sauerstoff des verbrannten Teilchens noch verstärkt wird. Ebenso wirkt mitgerissene, in den Eisenstrom eingeschmolzene Luft auf Bildung von Blasen. Auch will man bei Guß von oben stärkere Blasenbildung beobachtet haben, als bei steigendem Gusse, da das fallende Eisen viel Luft mit-

reißt, und der auf den Boden fallende Strahl leicht Spritzer bildet, die sofort verbrennen und im allmählig nachfolgenden Eisen die oben angeführten Schäden verursachen.

Die Bildung von Schlieren und Schalen an der Oberfläche des Walzgutes wird durch ungenügend vorgewärmte Gußformen bedingt, da an der kalten Wandung eine sehr lebhaft Gasentwicklung aus dem flüssigen Eisen einsetzt, die das Eisen aufspritzen läßt, so daß verbrannte Teilchen beim Zurückfallen an den Seitenwänden haften bleiben. Guß von oben trägt aus diesen Gründen mehr zur Schalenbildung bei, als steigender. Schalen lassen sich durch Wegmeißeln entfernen, sie können aber bei starkem Auftreten oder bei Bildung von Tiefstellen zum Verwerfen des Gutes Anlaß geben.

### c. 3) Die Formgebung des schmiedbaren Eisens.

#### 3. a) Hämmer und Pressen.

Zur Herstellung von Handelsware bedarf das schmiedbare Eisen der Bearbeitung, die zugleich eine Verbesserung der Festigkeit, Zähigkeit, Schmied- und Schweißbarkeit herbeiführt. Beim Schweiß Eisen nimmt man auf weitgehende Entfernung der Schlacke Bedacht, beim Flußeisen werden die Blasen durch Walzen, Hämmern und Pressen zugeschweißt oder stark gedichtet. Hierzu wird das Rohgut in Schweißöfen auf Schweißhitze gebracht, und entweder unter schweren Dampf-hämmern bis 150 t Gewicht, oder neuerdings vorwiegend unter Pressen bis 5000 t und mehr gedichtet.

Die Pressen werden als vereinigte Dampf-Wasser-, oder reine Wasser-Pressen gebaut. Sie wirken durch ihren ruhigen, starken Druck vollkommener und nutzen die aufgewendete Arbeit günstiger aus, als die schweren Dampfhammer, die durch ihre wuchtigen, die Umgebung weithin erschütternden Schläge überwiegend auf die Oberfläche der Stahlblöcke wirken, ohne das Innere genügend zu beeinflussen. Große Schmiedestücke, wie gekröpfte und gerade Lokomotivachsen, Wagenachsen, Radgestelle, werden mit schweren Dampfhammern und Wasserpressen aus schweren Blöcken hergestellt. Das Kleineisen-Gewerbe bedient sich vornehmlich der Fall- und Riemen-Hämmer zur Herstellung der zahlreichen Fahrzeug-Beschlagteile und des Kleineisenzeugs für den Eisenbahn-Oberbau.

#### 3. β) Walzen.

Die beiden sich in entgegengesetzter Richtung drehenden, meist wagerecht liegenden Walzen vermindern und gestalten den Querschnitt des Arbeitstückes. Ihr Antrieb ergreift das zu walzende Stück durch die Reibung der Walzenoberflächen und zwängt es zwischen ihnen hindurch.

Ein Walzwerk mit zwei gleich gerichteten Walzen, einer Ober- und Unterwalze, heißt Zwei- oder „Duo“-Walzwerk. Die Unterwalze wird gewöhnlich angetrieben, die Oberwalze wird mit Druckschraube gegen die Unterwalze auf die Stärke des Walzgutes eingestellt. Das auf der einen Seite in das Walzenpaar eintretende Gut muß bei stetig laufenden Walzen für den folgenden Durchsich wieder über die Walzen zurückgehoben werden, wobei es erkaltet und die Nutzwirkung verschlechtert. Daher kehrt man den Drehsinn der Walzen nach jedem

Durchgänge des Walzgutes um, und erhält so das Umkehr- oder „Reversier“-Walzwerk. Die hierzu erforderliche Triebmaschine muß sehr stark sein, da kein Schwungrad zur Aufnahme der lebendigen Kraft bei Leerlauf oder geringem Kraftverbrauche angewendet werden kann. Man wendet die Kehrwalzwerke daher nur bei schweren Blöcken zum Vorwalzen, oder bei schweren Blechstraßen an.

Das aus drei über einander liegenden Walzen bestehende Drei- oder „Trio“-Walzwerk wird meist verwendet, da das auf der einen Seite zwischen Unter- und Mittel-Walze, die meist den kleinsten Durchmesser hat, hingegangene Gut sogleich von der andern zwischen Mittel- und Ober-Walze zurückkehren kann. Zur Zuführung des Walzgutes zu den Walzen ist nur Heben oder Senken der Hebe- oder Walz-Tische nötig, die das aus der Walze kommende Gut beiderseits aufnehmen.

Zur Herstellung des Stabeisens von Quadrat-, Rund-, Vierkant-, Flach- und Band-Querschnitt, der Formeisen, Winkel und Träger, der Baueisen, der Schienen und Schwellen dienen gefurchte, „kalibrierte“, Walzen. Furchen, die gleichmäßig in die Ober- und Unter-Walze eingeschnitten sind, heißen offene, bei geschlossenen tritt die Oberwalze mit einem vorspringenden Rande in die Furche der Unterwalze.

Die Furchen bilden eine Reihe von Übergängen vom Blocke bis zum Fertigeisen das von dem endgültigen Querschnitte noch um das Schwindmaß des heißen Eisens abweicht. Jede Furche ist enger, als die vorhergehende und von dieser durch einen 10 bis 25 mm breiten Ring getrennt; in jeder Furche findet also eine Querschnittsminderung durch den Druck der Furche, somit zugleich eine Streckung oder Breitung statt. Stauchfurchen werden eingeschaltet, um eine zu groß gewordene Abmessung des Querschnittes des Walzgutes nach Drehung des Stabes um 90° zusammen zu drücken.

Die Aufgabe des Walzwerkes besteht darin, das Walzgut durch richtige Gestaltung der auf einander folgenden Querschnitte mit tunlich wenigen Stichen oder Furchen ohne Schädigung der Eigenschaften fertig zu stellen. Da die Stiche oft nicht auf einer Walze untergebracht werden können, muß ein zweites, oder auch noch ein drittes Gerüst gebaut werden; danach unterscheidet man Vor- und Fertig-Walzen.

Für Flacheisen bis zu 1500 mm Breite dienen „Universal“-Walzwerke. Die auf diesen hergestellten Flach- oder „Universal“-Eisen brauchen nicht, wie beispielsweise die Bleche, nach der Walzung an den Seiten noch beschnitten zu werden, um die Unregelmäßigkeiten der Ränder zu beseitigen, sondern werden im Walzwerke durch ein verstellbares Paar senkrecht stehender, durch Zahnräder angetriebener Walzen seitlich bearbeitet. Das „Universal“-Walzwerk ist also ein Blechwalzwerk mit zwei oder drei wagerecht liegenden Walzen und einem unmittelbar davor oder dahinter angeordneten senkrechten Walzenpaare.

Zur Herstellung von breitflanschigen **I**-Trägern mit neigungslosen Flanschen, von Grey-, Sack- oder Differdinger-Trägern, dienen Sonder-Walzwerke, die aus zwei hinter einander angeordneten Walzgerüsten bestehen; das erste trägt bei Grey zwei wagerecht gelagerte Walzen, ebenso das zweite zur Bearbeitung von Steg und Flansch, dazu noch zwei senkrecht angeordnete Walzen, die die Flanschen von der Außenseite her fertig machen. In ähnlicher Weise arbeitet das Sack-Walzwerk mit mehreren wagerecht und senkrecht angeordneten Walzen, die zudem noch Träger mit Flanschen unveränderlicher Dicke herstellen.

Endlich dienen noch zur Herstellung von Rundeisen und Draht aus Knüppeln von 50 mm Seitenlänge die Morgan- oder „kontinuierlichen“ Walzwerke amerikanischen Ursprunges, die neuerdings auch in Deutschland in Aufnahme gekommen sind. Das die Stiche oder Kaliber in der bisher üblichen Weise neben einander enthaltende Walzen-Paar ist in eine Reihe hinter einander stehender Walzengerüste aufgelöst, deren jedes ein Walzenpaar für ein Kaliber enthält. Der Block wird dem ersten Gerüste zugeführt und geht selbsttätig von einem Stiche in den andern bis zum Fertigquerschnitte. Die einzelnen Walzenpaare in den auf einander folgenden Gerüsten haben verschiedenartige, der Streckung angepaßte Geschwindigkeiten. Die Leistungen sind 120 bis 130 t Draht oder Rundeisen in zehn Stunden bei Verwendung vorzüglicher Knüppel.

Man teilt die Walzwerke auch nach den auf ihnen hergestellten Fertigerzeugnissen ein in Walzwerke für:

1. Blöcke zum Auswalzen schwerer Rohblöcke, ausgeführt als Umkehr-„Duo“-Walzwerke von 850 bis 1200 mm, oder als „Trio“-Walzwerke von 700 bis 1000 mm Durchmesser der Walzen;

2. Knüppel zum weitem Auswalzen der Blöcke bis auf Quadrateisen von etwa 50 mm als Vorerzeugnis für Feineisen und Drahtstraßen mit 650 bis 850 mm Walzendurchmesser;

3. Platinen, mit Walzen von 600 bis 800 mm Durchmesser zum Auswalzen von Brammen zu Feineisenblech, „Platinen“;

4. Schienen und Schwellen, mit Walzen von 650 bis 750 mm Durchmesser;

5. Grubenschienen, mit Walzen von 500 bis 650 mm Durchmesser;

6. Mitteleisen, mit Walzen von 400 bis 500 mm.

Die Walzengerüste von 5. und 6. dienen auch zur Aufnahme von Trägerwalzen für Träger bis zu 300 mm Höhe;

7. Träger, mit Walzen von 750 bis 900 mm zur Herstellung von Trägern über 300 mm Höhe;

8. Feineisen und Bandeisen, mit 250 bis 400 mm starken Walzen, Fertigwalzen;

9. Draht, mit Walzen von 220 bis 280 mm Durchmesser der Fertigwalzen.

Die bis jetzt aufgeführten Walzen sind alle gefurcht.

Glatte Walzen haben die Werke für:

10. Panzerplatten, mit Walzen von 1100 bis 1250 mm Durchmesser und 3500 bis 4500 mm Ballenlänge;

11. Grobbleche, mit Walzen von 700 bis 1100 mm Durchmesser;

12. Feinbleche mit 500 bis 700 mm Walzendurchmesser;

13. Universal-Eisen zur Herstellung bis zu 1500 mm breiter Band- und Spanten-Eisen und Rohrstreifen;

Besonders geformte Walzen verwenden die Werke zur Erzeugung von:

14. Rohren verschiedener Art, zum Hohlwalzen, Schweißen, Verringern der Wandstärke, Aufweiten oder Vermindern der lichten Weite;

15. Sondereisen, wie Trapezblechen, Schaufeln, Radreifen, Scheibenrädern, Ketten, Wellrohren, Wellblechen, Kesselschüssen und anderen.

Daneben sind noch zu nennen:

#### 16. Kaltwalzwerke.

Einige dieser Walzwerke sollen bei Besprechung der auf ihnen gefertigten Gegenstände noch näher erläutert werden, falls ihre Anwendung die Festigkeits-eigenschaften besonders beeinflußt.

Nach dem Verlassen der Walzen werden die stabförmigen Erzeugnisse, wenn nötig, rotglühend mit Kreissägen, Warmsägen, auf Länge geschnitten, sie gelangen dann auf mechanischen Fördervorrichtungen auf eine aus langen Eisenbahnschienen gebildete rostartige Unterlage, das Warmbett oder Warmlager, wo sie zum vollständigen Abkühlen liegen bleiben, und gegebenen Falles gestapelt werden. Die Abkühlung muß vorsichtig und gleichmäßig erfolgen, da sonst Spannungen auftreten. Stabförmige Körper ziehen sich fast stets krumm, und müssen gerichtet werden. Meist geschieht das kalt mit einer Presse, wobei das Eisen oft weit über seine Streckgrenze beansprucht wird. Diese Druckstellen sind kenntlich durch die Entblößung von Walzhaut und die netzartigen Streckzeichnungen. Die Träger und Formeisen werden kalt mit der Kreissäge oder Schere auf passende Länge geschnitten und in jeder Beziehung zum Verkaufe fertig gemacht. Alle diese der Art der Ware angepaßten Arbeiten nennt man die „Adjustage“.

Auch diese ist von großer Bedeutung für die Güte der Ware und wird bei den einzelnen Gegenständen besprochen werden.

### c. 4) Gewerbliche Eigenschaften des schmiedbaren Eisens.

#### 4. a) Das Gefüge des Schweißeisens.

Alles schmiedbare Eisen hat kristallinisch-körniges Gefüge, das beim Schweiß-eisen dadurch nachgewiesen wird, daß man einen Stab plötzlich bricht. Entsteht der Bruch durch langsames Zerreißen, oder durch Biegen in einer Richtung, so zeigen sich Fasern oder Sehnen in der Richtung der letzten Formänderung. Nötigen Falles ist der Bruch durch Einkerbten oder Einsägen des Stabes einzuleiten. Nur bei allmählichem Übergange aus völlig weichem in festen Zustand kommt das Eisen zur Sehnenbildung, daher ist Flußeisen fast nie sehnig. Je mehr Kohlenstoff und Phosphor das Eisen enthält, die beide auf Dünflüssigkeit, auf Herabminde-rung des Schmelzpunktes des Eisens hinwirken, desto mehr verschwindet die Sehne, da der Übergang aus dem weichen in den festen Zustand dabei schneller erfolgt. Kohlenstoff, Mangan, Wolfram erzeugen ein feines, dem Flußeisenbruche ähnliches, Phosphor bewirkt grobes, bläulich glänzendes, mit dem Phosphorgehalte wachsendes Korn.

Gewalztes Eisen neigt stärker zur Sehnenbildung als gehämmertes, da beim Walzen ein stärkeres und stetigeres Strecken der Kristalle in der Walzrichtung erfolgt, als beim Hämmern. Daher zeigen sehr dicke Eisenstäbe im Innern nie sehniges Gefüge, da die Streckarbeit der Walze nicht nach innen eindringt und die etwa gestreckten Kristalle sich bei der langsamen Abkühlung unter der Wirkung der Wärme wieder einzustellen vermögen. Diese Vorgänge werden später besprochen werden.

Sehniges Eisen läßt sich durch Erhitzen auf Weißglut und auch durch längeres Glühen über 700° in Grobkorn umwandeln.

Gutes sehniges Eisen hat Sehnen von bedeutender Länge. Kurzsehniges Eisen läßt auf übermäßigen Schlacken- oder auch Schwefel-Gehalt schließen, der Rotbruch erzeugt; es ist also minderwertig.

Zeigt der vorsichtig hergestellte Bruch zugleich Sehnen-, Grob- und Feinkorn, so liegt ungleichmäßiges Schweißisen vor, das sich bei Beanspruchungen ungünstig verhält.

Da Sehnenbildung nur in kohlenstoff- und phosphorarmem Schweißisen auftritt, so zeigt sie gute Schmiedbarkeit, Schweißbarkeit und Zähigkeit an. Die Vorschrift eines bestimmten Gefüges setzt demnach die Bekanntgabe der Bedingungen voraus, unter denen der Bruch zu erzeugen ist, ohne deren Festsetzung Mißhelligkeiten entstehen.

Bei sehr kohlenstoffarmem Flußeisen, das etwas Schlacke enthält und sehr stark gestreckt ist, zeigen sich beim Bruche auch Spuren von Sehnenbildung.

Ebenso kann Stabeisen aus einem Schrottpakete, das aus Flußeisenblechen oder aus Flußeisenschrott gebildet ist und zwei- bis dreimal mit dem Hammer geschweißt wurde, ein dem Schweißisen ähnliches Gefüge haben.

So leicht im Allgemeinen Flußeisen und Schweißisen nach dem Gefüge unterschieden werden können, so schwierig ist das Erkennen in den beiden zuletzt angeführten Grenzfällen. Hier leistet die Metallographie gute Dienste, die in den Schlackeneinschlüssen den Nachweis erbringt, daß Schweißisen vorliegt.

#### 4. $\beta$ ) Das Gefüge des Flußeisens.

Flußeisen hat fast stets kristallinisch-körniges Gefüge, wenn der durch Einkerbten eingeleitete Bruch durch Stoß oder Biegen erzeugt ist. Der durch Zugkraft erzielte Bruch ist feinschuppig und hat Trichterform mit gestaltlosem, grauem Grunde.

Während bei gutem Schweißisen unter Biegung nach dem Einkerbten nur die eingekerbten Sehnen reißen, die übrigen aber ganz bleiben, bricht eingekerbtes Flußeisen gleich ganz durch. Das Mikroskop zeigt bezüglich der Gefügebildung des Flußeisens folgende Erscheinungen.

Bei dem Übergange aus flüssigem in festen Zustand erstarrt das Eisen nicht zu einer gleichartigen, gestaltlosen Masse, sondern es bilden sich gleichachsige Kristalle, am vollkommensten im Lunker.

Im flüssigen Eisen ist der ganze Kohlenstoffgehalt als Eisenkarbid,  $\text{Fe}_3\text{C}$ , gelöst, der Gehalt an Kohlenstoff bestimmt die Erstarrungswärme, die bei reinem Eisen ungefähr  $1530^\circ$ , bei 4,3% C ungefähr  $1100^\circ$  beträgt. Das hier betrachtete Flußeisen hat höchstens 0,2% C, Stahl höchstens 0,9 bis 1% C. Die Erstarrungswärme liegt dabei zwischen  $1530^\circ$  und  $1400^\circ$ ; es entstehen Mischkristalle aus reinem Eisen und Karbid in wechselnder Zusammensetzung, strenge Ausbildung kann aber nicht eintreten, da die Kristalle sich zu gleicher Zeit von verschiedenen Mittelpunkten aus bilden, beim Wachsen zusammenstoßen und nun kleine und große vielflächige Körper bilden, die um so größer sind, je langsamer die Abkühlung erfolgt. Eisen hat nun innerhalb der Wärmestufen vom Erstarrungspunkte bis  $700^\circ$  zwei Zonen der Umwandlung, die erste bei  $900^\circ$ , die zweite bei etwas über  $780^\circ$ , es erscheint demnach in drei Abarten. Bei  $700^\circ$  bildet sich  $\alpha$ -Eisen, das magnetisch ist; bei  $780^\circ$  und  $900^\circ$  besteht, je nach dem Kohlenstoff-

gehalte,  $\beta$ -Eisen, das unmagnetisch ist und nur geringes Lösungsvermögen für Kohlenstoff hat, über  $900^{\circ}$  C entsteht das  $\gamma$ -Eisen, das unmagnetisch ist und allen Kohlenstoff in fester Lösung enthält. Die bei  $900^{\circ}$  einsetzende Gefügeumbildung kann das Erstarrungsgefüge um so stärker umändern, je langsamer die Abkühlung vor sich geht. Danach hat man es in der Hand, durch Erhitzung über  $900^{\circ}$  und schnelles oder langsames Abkühlen feines oder grobes Korn zu erzielen. Mit wachsender Wärme haben die Körner das Bestreben, zu wachsen, und zwar die großen auf Kosten der kleinen. Die Bildung hängt wesentlich von der Zeit ab; je länger die Zeit, desto deutlicher tritt das Wachsen der Körner hervor. Bis  $500^{\circ}$  C wachsen die Ferritkörner ziemlich genau in geradem Verhältnisse zur Glühdauer; Erwärmung auf  $400^{\circ}$  ändert die Größe der Körner, aber sehr wenig; längere Zeit anhaltende Erwärmung auf  $600^{\circ}$  bringt starkes Wachsen hervor. Langsame Abkühlung nach kurzer Erhitzung auf  $1100^{\circ}$  und mehr gibt recht grobes Korn und Sprödigkeit, lange Erhitzung auf  $600^{\circ}$  und höher gibt dasselbe Gefüge, das demnach seinem Bestande nach von der Zeit, der Wärmestufe und der Geschwindigkeit des Abkühlens abhängt. Das Verhalten des Eisens bestätigt dies. Über  $700^{\circ}$  bis  $780^{\circ}$  erhitztes Eisen zeigt je nach dem Kohlenstoffgehalte bei plötzlichem Abschrecken feinkörniges Gefüge, um so mehr, je höher der Kohlenstoffgehalt ist, um so weniger, je langsamer die Abkühlung vor sich geht. Feinkörniges Gefüge verliert sich durch Wiedererhitzen und darauf folgendes langsames Abkühlen. Grobkörniges Eisen läßt sich durch Erhitzen über den Umwandelungspunkt und schnelles Erkalten wieder zu feinkörnigem machen, das Eisen verliert seine Sprödigkeit.

Mechanische Bearbeitung, wie Walzen, Hämmern, Pressen, ändert die Form der Körner durch Strecken in Richtung der Einwirkung, und zwar am stärksten an der Oberfläche, bis zu einer dem Einflusse der Bearbeitung entsprechenden Tiefe. Je kälter das Eisen beim Bearbeiten wird, desto größer ist der Arbeitsaufwand zum Strecken der Körner, desto eher behalten die Körner ihre Streckrichtung bei, desto mehr Spannungen entstehen im Körper aus dieser erzwungenen Lage. Die Streckung kann zur Zertrümmerung der langgestreckten Körner führen, dann bilden sich kleinere Körner mit langgestreckter Achse. Das Gefüge wird um so feinkörniger, je stärker die Streckung ist, je kälter der Stoff wird; die Zugfestigkeit steigt, die Dehnung sinkt sehr stark. Der Stoff gewinnt an Elastizität, wird aber nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze stark bruchunsicher.

Beim Erhitzen über  $780^{\circ}$ , noch mehr über  $900^{\circ}$ , gehen die Körner wieder in ihre ursprüngliche Gestalt zurück und behalten diese bei langsamem Abkühlen bei. Je heißer daher das Eisen verwalzt, je eher es fertig und je langsamer es abgekühlt wird, desto natürlicher ist die Gestalt der Kristalle, da sie sich unter der Eigenwärme des Körpers wieder einrichten können. Ein Ausglühen der Erzeugnisse zur Beseitigung von Spannungen ist überflüssig, es kann höchstens zur Bildung größerer Körner und damit geringerer Zugfestigkeit Anlaß geben, verschlechtert also nur die Ware, ein bei der Abnahme sehr zu beachtender Umstand.

Auch bei Flußeisen hat das Vorschreiben eines Gefüges wenig Wert, wenn nicht die näheren Umstände zu dessen Erzeugung genau angegeben sind.

#### 4. $\gamma$ ) Die Schmiedbarkeit.

Schmiedbarkeit ist die Eigenschaft des Eisens, bleibende Formänderungen ohne Beschädigung zu gestatten. Die Erhitzung ermöglicht geringen Arbeitsverbrauch

und schnelle und sichere Wirkung. Zwischen 200 bis 350° C, wobei das Eisen blau anläuft, ist es sehr spröde. Es hat an Zugfestigkeit zugenommen, Dehnung und Einschnürung sind aber unverhältnismäßig gesunken. Jedes Eisen ist blaubrüchig, und zwar um so stärker, je reiner von Schlacke es ist. Wird das Eisen in den oben angegebenen Grenzen bearbeitet oder gebogen, so entstehen bleibende Spannungen, die, wenn sie nicht durch Ausglühen beseitigt werden, bei starken Beanspruchungen unerwarteten Bruch herbeiführen können.

Daher ist das Bearbeiten von Eisen in Blauwärme untersagt. Bei Abkühlung auf 500°, die im Dunkeln erkennbare Rotglut, sollte jedes Schmieden eingestellt werden. Beim Richten sollte man stets große Flächenteile hellrotwarm anrichten, damit nicht durch die Arbeit Biegespannungen in Teilen erzeugt werden, die die gefährliche Blauwärme haben. Daß Bearbeitung in Blauwärme erfolgt ist, kann nachgewiesen werden bei Reißbildungen durch blaue, gelbe oder braune Anlauffarben, sonst durch Sprödigkeit und schlechte Kerbzähigkeit der den Bruchstücken entnommenen Kerbproben, und durch chemische Untersuchung, wenn diese nach Vergleich mit sorgfältig ausgeglühten Gegenproben den zulässigen Phosphorgehalt von etwa 0,04% ergibt.

Die chemische Zusammensetzung ist von wesentlichem Einflusse auf die Schmiedbarkeit, sie hängt wieder in erster Linie vom Kohlenstoffgehalte ab; je stärker dieser ist, desto geringer wird die Schmiedbarkeit, desto geringere Erhitzung kann das Eisen vertragen, desto empfindlicher wird es für jede Wiedererhitzung. Bis 2,6% C verringert sich die Schmiedbarkeit nahezu in geradem Verhältnisse, darüber hinaus, je nach dem Grade der sonstigen Verunreinigungen auch wohl schon früher, hört sie auf.

Rotbrüchigkeit, die Neigung des Eisens zum Rissigwerden und Brechen bei Bearbeitung in Wärmestufen über 500°, entsteht nach Maßgabe des Gehaltes an Schwefel, Eisenoxyd, Sauerstoff, Zinn und Kupfer bei Mangel von Mangan. Schweißisen ist wegen des geringen Mangangehaltes empfindlicher gegen Schwefel als Flußeisen.

Faulbrüchigkeit ist die Neigung des Eisens zum Rissigwerden bei jeder Wärme; sie ist die Folge ungenügender Entfernung basischer Schlacken.

Kaltbrüchigkeit ist große Sprödigkeit des Eisens gegen Biegen und Stöße in gewöhnlicher Wärme; sie wird besonders durch Phosphor bewirkt, doch können auch mechanisch eingemengte, den Zusammenhang der Kristalle störende Fremdkörper hierzu Anlaß geben. Flußeisen hat im Allgemeinen weniger Phosphorgehalt als Schweißisen, bei dem die Schlacke meist ein Phosphorträger ist.

#### 4. δ) Schweißbarkeit.

Unter Schweißbarkeit versteht man die Möglichkeit der Verbindung zweier Eisenstücke durch äußern Druck in erweichtem Zustande, sie steigt mit fallendem Kohlenstoffgehalte; 1% C läßt bei Abwesenheit anderer schädlicher Fremdkörper die Schweißbarkeit noch zu, 1,6% C schließt sie aus, ebenso 0,2% Si. Der Gehalt an Si kann aber höher sein, wenn es bei der Entstehung des Eisens schon vorhanden war. Gehalt an P bis 0,4% bei C bis 0,1% ergibt leichtes Schweißen; S ist bei dem gewöhnlichen, mit Rücksicht auf Rotbruch zulässigen Gehalte von

0,1 % im Flußeisen und 0,04 % im Schweißeisen nicht schädlich. Gehalt an Mn über 1 % verhindert das Schweißen, besonders wenn C, Al und Cr<sup>10)</sup> bis 0,5 %, Cu in geringer Menge beigemischt sind, dagegen ist Ni bis 1 % zulässig.

Das Schweißen verlangt reine Flächen. Während bei Schweißeisen die sich in der Hitze bildenden Oxyde durch die eingeschlossene Schlacke aufgelöst und beim Schmieden herausgepreßt werden, ist bei Flußeisen und Stahl Schweißpulver zur Bildung von Schlacke erforderlich. Schweißeisen verlangt zum Schweißen Weißglut, Flußeisen geringere Hitze, Stahl nur Gelb- bis Rot-Glut je nach seiner Härte. Die Festigkeit ist in der Schweißstelle bei guter Ausführung gleich der des ungeschweißten Eisens, neben ihr aber meist geringer, weil hier das hoch erhitzte Eisen nicht durchgearbeitet ist. Man bessert diesen Mißstand durch sorgfältiges Behämmern der neben der Schweißnaht liegenden Stellen, nachheriges Ausglühen und Erkaltenlassen. Gute Schweißarbeiten hängen von der Güte der Werkeinrichtungen und Arbeiter ab, ohne diese sind Schweißarbeiten stets mit Mißtrauen zu betrachten. Eisen bis 41 kg/qmm Zugfestigkeit pflegt schweißsicher zu sein. Man pflegt 90 % der Festigkeit des gesunden Bleches in der Schweißnaht zu gewährleisten; die Dehnung geht auf die Hälfte der ursprünglichen zurück.

Bei der neuerdings stark in Aufnahme gekommenen „autogenen“ oder Schmelz-Schweißung macht man die beiden Stücke an der Schweißnaht schweißwarm und gibt zur Vereinigung ein Flußmittel, wie beim Löten, meist geschmolzenen, sehr kohlenstoffarmen schwedischen Holzkohle Draht zu. Als Wärmemittel dient Knallgas, eine Mischung von Wasserstoff und Sauerstoff, die beim Verbrennen eine zum Schmelzen des Drahtes genügende Hitze entwickelt, oder Azetylen gas mit Sauerstoffzuführung.

Die Gase werden erst unmittelbar beim Austritte aus besonderen Leitungen vereinigt und entzündet.

Die beiden zu vereinigenden Stücke werden entweder stumpf mit 0,5 bis 1 mm Abstand vor einander gehalten, oder mit abgeschrägten Enden so zusammengefügt, daß durch die Schrägung eine Rinne entsteht, und nun die Enden und der darüber gehaltene Holzkohle Draht mit dem dem Lötkolben entsprechenden Brenner weißwarm gemacht. Der Draht schmilzt und die Eisentropfen vereinigen sich mit den heißen Enden zu einem Ganzen. Die Handhabung ist einfach und sauber, erfordert aber sehr reine Gase, kohlenstoffarmes Flußmittel und Gewissenhaftigkeit des Schweißers, da sonst leicht ein Verbrennen der Stücke und gänzlichliches Mißlingen eintritt. So werden die bei der innern Besichtigung der Lokomotivkessel herausgezogenen Überhitzerrohre von 118 mm Weite und 3,5 mm Wandstärke, die zwecks Herausziehens an den Enden gekürzt werden müssen, wieder angelängt. Rostfurchen und andere Nähte am Kessel können nach Säuberung durch dieses Verfahren einwandfrei geschweißt werden. Auch hier ist sorgfältige Behämmern der Schweißnaht, wenn irgend möglich, auch nachheriges Ausglühen und vorsichtiges Abkühlen geboten. Es darf nur mit Brennern geschweißt werden, die allen zugeführten Sauerstoff verbrauchen, damit das zu schweißende Eisen nicht verbrennt.

<sup>10)</sup> Chrom.

## 4. δ) Härte und Härtbarkeit.

Die Härte steigt mit dem Gehalte an Kohlenstoff. Im Allgemeinen ist Schweiß- und Fluß-Eisen nicht stark härtbar. Wenn man das auf S. 57 angegebene Verfahren beobachtet, kann eine Härtung bis zu 10 kg/qmm Erhöhung der Zugfestigkeit und eine Verringerung der Dehnung um 33% herbeigeführt werden. Da die Härtung die Zähigkeit mindert, so soll Schweiß- und Fluß-Eisen nicht härtbar sein, weil durch unbeabsichtigtes Abschrecken eines rotwarmen Schmiedestückes, etwa eines Kesselteiles, keine oder nur geringe Spannungen eintreten dürfen.

## 4. ε) Festigkeit und Zähigkeit.

Flußeisen hat größere Festigkeit und Zähigkeit, als das stets durch Schlacken verunreinigte Schweißeisen. Kohlenstoff, Silizium und Mangan steigern die Festigkeit unter gleichzeitiger Herabsetzung der Zähigkeit, Schwefel wirkt auf Verminderung beider. Die Festigkeit des Eisens setzt sich zusammen aus der natürlichen und der durch Walzen oder Hämmern erzielten; letztere wächst mit dem Grade der Bearbeitung. Vielfach sind Formeln zur Vorausberechnung der Zugfestigkeit aus den Beimischungen aufgestellt worden. Nach den Erfahrungen des Verfassers zuverlässige Formeln sind die von Jüptner von Jonstorff. Bezeichnen A kg/qmm die Festigkeitszunahme durch Bearbeitung, C<sup>0/100</sup>, Si<sup>0/100</sup>, Mn<sup>0/100</sup> die Beimengungen, so ist die Zugfestigkeit f kg/qmm:

$$\text{Gl. 21)} \dots \dots \dots f = A + \frac{20}{3} C + \frac{20}{7} \text{Si} + \frac{10}{7} \text{Mn}$$

und die Querschnittsminderung c in % des ursprünglichen Querschnittes:

$$\text{Gl. 22)} \dots \dots \dots c = B - 7 \left( \frac{20}{3} C + \frac{20}{7} \text{Si} + \frac{10}{7} \text{Mn} \right)$$

worin B ein Festwert ist.

Bei gewöhnlichem Flußeisen, das nach der Bearbeitung an der Luft erkaltet, ist

$$A = 20 \text{ bis } 25 \text{ kg/qmm, } B = 60.$$

Die Werte hängen von den Verfahren der verschiedenen Werke ab, schwanken daher etwas.

Die gewöhnlichen weichen Flußeisenschmelzungen haben ungefähr folgende Zusammensetzung:

$$0,12\% \text{ C, } 0,42\% \text{ Mn, } 0,012\% \text{ P und } 0,037\% \text{ S}$$

bei 34 bis 39 kg/qmm Zugfestigkeit, 28% Dehnung und 55 bis 60% Einschnürung.

Die Beimengungen müssen in ihren Mengenverhältnissen betrachtet werden, denn die eine beeinflusst die Wirkung der andern.

Jede mechanische Bearbeitung des schmiedbaren Eisens, die eine Änderung des Gefüges bewirkt, beeinflusst auch die Festigkeit. Mit der Feinheit des Gefüges nimmt die Festigkeit und Elastizitätsgrenze zu, die Zähigkeit meist ab. Über dem Wärmepunkte der Umwandlung ist die Änderung gering, sie wächst mit sinkender Wärme. Die Bearbeitung zwischen 10 und 600° steigert die Festig-

keit auf Kosten der Dehnung. Zwischen 200 und 320°, bei gelber und blauer Anlauffarbe, zeigt sich diese Änderung am stärksten, weniger wenn die Dunkelrotglut überschritten ist.

Bedeutende Einbuße an Festigkeit und Zähigkeit erleidet kaltes Eisen durch Lochen und Schneiden. Dabei entsteht ein spröder Ring oder Streifen, der nach der Streckung des übrigen Eisens übermäßig beansprucht wird, und um so mehr den Ausgang für Anbrüche bildet, je schlechter das Schneidzeug ist. Durch Lochversuche hat man gefunden, daß die Festigkeit 20 bis 34% verlor, je nachdem weiches oder hartes Eisen vorlag. Dünne Platten zeigten geringere Verluste, als dicke. Wird der spröde Ring oder Streifen entfernt, so schwindet auch die Verschlechterung; bei Löchern genügt hierfür eine Erweiterung des Durchmessers mit dem Bohrer um 2 mm.

Durch Ausglühen über 730° C können nach dem früher Gesagten alle Folgen des Abschreckens, Lochens und Schneidens beseitigt werden.

Durch Behandeln mit verdünnter Säure zum Entzundern und Bilden reiner Oberfläche wird schmiedbares Eisen wegen Aufnahme von Wasserstoff um so mehr spröder, je dünner der Querschnitt ist. Diese Sprödigkeit, Beizbrüchigkeit, verschwindet bei gelinder Erwärmung oder längerem Lagern wieder. Wenn die Säure nicht vollständig unschädlich gemacht wird, gibt sie weiter zu Anfresungen und starker Rostbildung Anlaß.

Erschütterungen wirken wie Kaltbearbeitung und sind nachteilig, sobald die Elastizitätsgrenze überschritten wird; sie sind um so nachteiliger, je stärker die Überschreitung ist und je häufiger sie erfolgt. In der Ruhe bildet sich eine neue, höher liegende Elastizitätsgrenze, die sich der ebenfalls, aber viel langsamer steigenden Bruchgrenze nähert.

Bei plötzlich eintretendem Bruche reißt das Eisen unter Bildung eines stark kristallinen Gefüges, das dem verbrannten ähnlich ist. Dies ist aber nur eine Folge des plötzlichen Bruches, das Eisen ist an und für sich gesund, wie durch Ausglühen über 730° und Erkaltenlassen nachgewiesen werden kann, und ist nur durch Überanstrengung geschädigt.

Der Wärmezustand beeinflusst die Festigkeit wesentlich. Die Zugfestigkeit ist bei -20° C höher, als darüber, steigt von etwa 200° ab wieder an, um bei 250° ihr Höchstmaß zu erreichen, und sinkt dann sehr rasch. Umgekehrt verhält sich die Längenausdehnung. Bei größerer Kälte, etwa bei -50° C, wächst die Festigkeit unter ruhiger Belastung. Die Widerstandsfähigkeit gegen Erschütterungen nimmt aber ab. Weiches Flußeisen ist weniger spröde, als hartes. Zu starke oder zu lange Erhitzung des kohlenstoffarmen Eisens erzeugt grobkörnigeres Gefüge, Brüchigkeit und schwierige Verarbeitung. Lag die Erhitzung nahe beim Schmelzpunkte und folgt allmähliche Abkühlung ohne Bearbeitung, so ist das Eisen verbrannt.

Über die durch Wärme zu bewirkende Gefügeumwandlung wird auf den Abschnitt Gefüge c. 4) S. 100, 101, verwiesen.

### III. d) Bleche.

#### d. 1) Einteilung, Herstellung und Eigenschaften.

Man unterscheidet glatte, Tonnen- und Riffel-Bleche.

Die glatten Bleche werden nach ihrer Stärke bezeichnet, die schwächsten als

Schwarzbleche, die mittelstarken als Kessel- und die stärksten als Schiffs-Bleche oder auch bis 5 mm dicke als Feibleche, darüber als Grobbleche.

Bezüglich der Güte unterscheidet der D. V. f. M.: Behälterbleche, gemeinhin ohne Abnahme, Baubleche, Schiffsbleche, Kesselbleche, Sonderbleche, die mit über 50 kg/qmm Zugfestigkeit oder mit ungewöhnlich hoher Streckgrenze bestellt werden, schießlich alle Arten von Stahlblechen.

Bei Feiblechen unterscheidet man:

- 1a. Feibleche, Handelsware, fast ausschließlich aus Thomas-Flußeisen,
- 1b. Hochglanzbleche aus Siemens-Martin-Flußeisen,
2. Stanzbleche aus weichem Siemens-Martin-Flußeisen,
3. Falzbleche aus Siemens-Martin oder Thomas-Flußeisen,
4. Dynamobleche nur aus Siemens-Martin-Flußeisen.

Die im Handel üblichen Dicken sind in Zusammenstellung XI, S. 110, angegeben. Die Dicken werden nach den Nummern der Blechlehren mit Nr. 1 bis 30 bezeichnet.

Zur Herstellung von Feiblechen dienen zerschnittene Platten von 150 bis 200 mm Breite und 10 bis 20 mm Dicke aus Fluß- oder Schweißblechen, deren Gewicht mit 25 % Zuschlag für Verschnitt dem des herzustellenden Bleches angepaßt wird. Die Länge der Platten ergibt die Breite der Bleche. Beim Walzen wird das Blech zur Vermeidung zu schnellem Abkühlens mehrfach zusammengebogen, gedoppelt, oder mehrere Bleche werden auf einander gelegt. Den sich bildenden Glühspann entfernt man durch Besprengen der Walzen mit Wasser oder Abkehren mit feuchtem Besen.

Bleche, die zur Verzinnung eine glatte Oberfläche erhalten sollen, Weißbleche, werden mit stark verdünnter Schwefelsäure gebeizt, mit heißer Kalkmilch entsäuert, darauf geglüht und unter gehärteten Walzen vollendet. Glanzbleche werden einfach mit Wasser gereinigt und nach Bestreuung mit Holzkohlenpulver zu mehreren ausgewalzt.

Zu schweißeisernen Kessel-Blechen werden die gewalzten Puddelstäbe, Rohschienen, nach ihrer Güte und ihrem Kornaussehen ausgelesen und zu Paketen vereinigt, worin die Stäbe nach gewissen Regeln meist rechtwinkelig zu einander liegen. Häufig deckt man diese Pakete noch unten und oben mit einer stärkern Platte ab, um größere Biegefestigkeit und saubere Bohrarbeit zu erzielen. Diese Pakete werden mit mehrfachen Hitzen unter dem Dampfhammer zu Brammen geschweißt, um dann nach nochmaliger Erhitzung meist in einer Hitze zu Blechen ausgewalzt zu werden.

Nach einigen Längsstichen wird das Walzgut übereck oder um 90° gewendet und nahezu auf die vorgeschriebene Breite ausgewalzt, um dann nur in Längsstichen mit der vorgeschriebenen Dicke fertig gestellt zu werden. Das fertige Blech wird noch warm mit hölzernen Hämmern auf eiserner Unterlage oder, wie Rahmenplatten, kalt unter Walzen nachgerichtet. Die erkalteten, zu Kesselzwecken dienenden Bleche werden nach Vorzeichnung auf Maß unter der Schere geschnitten, von Schönheitsfehlern durch Aushämmern befreit, und zur Beseitigung der Walz-, Bearbeitungs- und Scheren-Spannung in Flammöfen ausgeglüht, wobei sie namentlich am Scherenschnitte gleichmäßige tiefblaue Färbung annehmen müssen.

Die flußeisernen Bleche werden ebenso aus Brammen gewalzt, wie die schweißeisernen.

Die Breite der Walzbleche steigt bis zu 4,20 m, ihre Länge bis zu 12 m und mehr, die Stärke bis zu 40 mm und mehr. Diese großen, zu Schiffbauzwecken dienenden Bleche werden in zwei Hitzen gewalzt. Mit der Breite der Bleche wächst die Schwierigkeit gleichmäßige Dicke zu erreichen, da diese wegen des Durchbiegens der Walzen in der Mitte leicht größer ausfällt. Auch hat der „Stich“, das Einlaufende des Bleches in die Walzen, größere Stärke, als das Auslaufende, und zwar ist der Unterschied um so größer, je heißer die Walzen beim Durchlaufen des Bleches wurden. Ein durchaus gleichmäßig dickes Blech zu erzeugen, ist heute noch unmöglich.

Bei Anwendung von Flußeisenblechen für Kessel hat man größere Neigung zum Rosten gefunden, als bei Schweißisen. Härtere Flußeisenbleche sollen den Anfressungen besser widerstehen, als die gebräuchlichen weichen Feuerbleche von 34 bis 41 kg/qmm Zugfestigkeit, doch sind einwandfreie Versuche in dieser Hinsicht noch nicht bekannt.

Hinsichtlich des beim Flußeisen besonders störenden Rostens ist Folgendes zu bemerken.

Mit Einführung des Flammofeneisens in den Kesselbau fand gleichzeitig eine Steigerung des Dampfdruckes bis 15 at. statt; die dadurch bedingten höheren Wärmegrade beeinflussen das Eisen in neuer Weise.

Flußeisen ist kein durchaus gleichartiger Körper, in einer Blechplatte wechselt die Dehnung und Festigkeit von oben nach unten aus bereits früher erörterten Ursachen. Das chemisch reinere Eisen bildet die Oberfläche des Bleches und ist den Einwirkungen eines nicht einwandfreien Kesselspeisewassers stärker unterworfen, als das mit Schlacke durchsetzte Schweißisen. Auswaschen mit heißem Wasser, sorgfältiges Anheizen, gute Entlüftung und häufiges Ablassen des Speisewassers sind geeignet, das Rosten stark zu mildern.

Meist wird für flußeiserne Kesselbleche eine höchste Schwankung der Festigkeit um 6 bis 7 kg/qmm vorgeschrieben, um den Werken den nötigen Spielraum zu geben. Grenzen für die Festigkeit der Teile desselben Bleches sind zwar von einigen Verwaltungen aufgestellt, allgemein ist die Frage aber noch nicht geklärt.

Otto<sup>11)</sup> hat diese Frage näher geprüft, und gibt die größten Unterschiede der Festigkeit eines Feuerbleches von 34 bis 40 kg/qmm Festigkeit zu 3,5 kg/qmm, die Unterschiede der Dehnung zu 10% an. Schweißisenbleche zeigen größere Unterschiede der Festigkeit wegen der ungleichen Bearbeitung der einzelnen Teile eines Paketes mit dem Hammer und im Feuer. Die Unterschiede in kleineren Blechen sind geringer, als die in größeren, weil ein kleineres Paket schneller durch und durch zur Schweißhitze erwärmt und in weniger Hitzen fertig gestellt werden kann. Der Unterschied der Festigkeit betrug 4,7 kg/qmm, der der Dehnungen 27%. Bei Flußeisen ändern sich die Festigkeiten und Dehnungen innerhalb eines Bleches stetiger, als bei Schweißisen.

Eine Erhöhung der Mindestfestigkeit wird angestrebt, um bei den stets größer werdenden Abmessungen das Gewicht niedrig halten.

<sup>11)</sup> Otto, Beitrag zur Materialkenntnis für den Kesselbau. Stahl und Eisen 1903.

Eichhoff<sup>12)</sup> hat auf Grund umfangreicher Versuche mit basischen Kesselblechen den Wert der Erhöhung wie folgt festgelegt.

Die Fließgrenze steigt und fällt ohne Zusammenhang mit der Festigkeit.

Das Verhältnis der Fließgrenze zur Festigkeit, die Zähigkeitsziffer, sinkt mit steigender Festigkeit.

Dieses Verhältnis wird durch jede Bearbeitung stark beeinflußt, und sinkt bei hartem Eisen stärker, als bei weichem.

Weiches Eisen kann auf die Querschnittseinheit höher belastet werden, als härteres.

Da weiches Eisen durch die Bearbeitung weniger leidet, als hartes, die einzelnen Bauteile in der Ausführung selten die berechnete Spannung erhalten, weiches Eisen sich den Unvollkommenheiten der Bearbeitung und des Zusammensetzens besser anpaßt als hartes, auch den Wirkungen innerer Spannungen weniger unterworfen ist, endlich bei den Ausführungen nicht nur die Haltbarkeit unter gewöhnlicher Belastung, sondern meist auch der Widerstand gegen Über- und Stoßbelastung in Betracht kommt, so gilt Eisen mit größerer Arbeitsfähigkeit in der Regel als das bessere. Arbeitsfähigkeit ist dabei als Bruchfestigkeit  $\times$  Dehnung aufgefaßt, sie sinkt mit der Härte.

Tonnen- oder Hänge-Bleche zum Tragen der Fahrbahnen auf Brücken haben meist  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{12}$  Pfeil mit ebenen Rändern von 60 bis 80 mm Breite zum Anneten an den Längsseiten.

Riffel-Bleche sind auf einer Seite mit geraden, rautenförmig gekreuzten Riffeln von 1,5 bis 3 mm Höhe und 4 bis 5 mm Maschenweite versehen, sie dienen als Beläge mit hoher Reibung.

Warzen-Bleche haben einseitig in regelmäßiger Teilung angeordnete, warzenartige Vorsprünge. Sie dienen denselben Zwecken, wie Riffelbleche.

## d) 2. Lieferbedingungen für Bleche.

### 2. a) Allgemeines.

Von allen Verwaltungen wird vollkommen dichtes, von Schlacken, Schiefen oder blasigen Stellen, Nähten und sonstigen Fehlern freies, glattes, sauberes und vollkantig ausgewalztes Blech verlangt. Nacharbeiten zur Verdeckung von Fehlern sind unzulässig.

### 2. β) Beispiele für Lieferbedingungen.

Die Lieferbedingungen der preußisch-hessischen Staatsbahnen sind die folgenden.

Für die Anfertigung gekümpelter Bleche sind die dem Lieferer bei der Bestellung überwiesenen Zeichnungen und Muster maßgebend. Die Kümpelungen sind sachgemäß und tadelfrei auszuführen, besonders dürfen im Umbuge weder Risse, Queranbrüche noch Falten entstehen. Die Stücke sind nach dem Kümpeln auszuglühen.

<sup>12)</sup> Eichhoff, Weiches und hartes Flußeisen als Konstruktionsmaterial. Stahl und Eisen 1903.

Bei gerippten Riffel- und Warzen-Blechen sind die Rippen oder Warzen mindestens 1,5 mm hoch scharf und sauber auszuwalzen.

Die Feibleche von 2,5 mm Stärke und darunter, Bekleidungsbleche, müssen besonders glatt gewalzt sein, sich kalt und im dunkelkirschroten Zustande nach jeder Richtung hin scharf zusammenlegen lassen, ohne Einbrüche zu bekommen. Beim Beizen dürfen sich keine Blasen oder Abblätterungen zeigen. Von Zerreißversuchen wird bei der Abnahme von Feiblechen abgesehen.

#### Zulässige Abweichungen der Maße und Gewichte.

Das Rechnungsgewicht folgt aus den bestellten Abmessungen mit dem Ansatz von 7800 kg/cbm für Schweißisen und 7850 kg/cbm für Flußeisen.

#### Abweichungen der Länge und Breite.

Für Bleche nach festen Maßen darf die Überschreitung der vorgeschriebenen Abmessungen bis 2 m Länge und Breite 10 mm, darüber hinaus bis + 0,5% betragen.

Werden Bleche nicht mit festen Maßen bestellt, so darf die Abweichung in der Länge  $\pm 150$  mm, in der Breite  $\pm 50$  mm betragen.

#### Abweichungen der Dicke und des Gewichtes.

Das Messen der Dicke erfolgt an Punkten, die mindestens 40 mm vom Rande und mindestens 100 mm von den Ecken des Bleches liegen.

Der Unterschied der kleinsten und größten Dicke eines Bleches wird im folgenden „Dickenunterschied“ genannt.

### I. Feibleche.

#### Zulässige Abweichungen von der bestellten Dicke.

Diese Bleche werden in der Regel mit den Lagergrößen der Zusammenstellung XI bestellt.

#### Zusammenstellung XI:

Nr. der Blechlehre	Dicke mm	Lagergrößen mm	Nr. der Blechlehre	Dicke mm	Lagergrößen mm
1	5,5	800 × 1600	16	1,37	800 × 1600
2	5,0		17	1,25	
3	4,5		18	1,12	
4	4,25	1000 × 2000	19	1,00	1000 × 2000
5	4,00		20	0,87	
6	3,75		21	0,75	
7	3,50	1250 × 2500	22	0,62	800 × 1600
8	3,25		23	0,56	
9	3,00		24	0,50	
10	2,75	1500 × 3000	25	0,44	800 × 1600
11	2,50		26	0,37	
12	2,25				
13	2,00	800 × 1600			
14	1,75				
15	1,50				

Der zulässige Dickenunterschied kann bei diesen Lagergrößen  $\pm 50\%$  des Unterschiedes gegen die nächste Nummer, bei solchen mit anderen, als den Lagergrößen,  $100\%$  dieses Unterschiedes betragen. Die sich hiernach ergebenden zulässigen Abweichungen dürfen an keinem Meßpunkte unter- oder überschritten werden.

## II. Grobbleche.

### Abnahme nach Maß.

Der größte Dickenunterschied einer Platte darf betragen

### Zusammenstellung: XII.

bei der Blechdicke		mm	5,0 bis 6,9	7 bis 9,9	10 bis 19,9	20
			mm	mm	mm	und mehr mm
und der Blechbreite	bis 1500 mm		1,2	1,1	1,0	0,9
„ „ „	von 1501 „ 2000 „		2,0	1,8	1,7	1,6
„ „ „	„ 2001 „ 2500 „		2,8	2,5	2,4	2,2
„ „ „	„ 2501 „ 3000 „		—	—	2,9	2,8
„ „ „	„ 3001 und mehr „		—	—	3,4	3,2

Das größte Untermaß der Dicke darf gleich dem 0,6fachen des zulässigen Dickenunterschiedes sein.

Kesselbleche dürfen die vorgeschriebene Dicke um höchstens 0,4 mm unterschreiten.

### Abnahme nach Gewicht.

Das ermittelte Gewicht der Grobbleche mit Ausnahme übergroßer Bleche darf von dem rechnermäßigen abweichen:

für alle Bleche jeder Teillieferung zusammen — 1 und + 5%,

für einzeln gelieferte Bleche . . . . . — 2 und + 8%.

Wird vorgeschrieben, daß das Rechnungsgewicht nicht überschritten wird, so darf es bei Abnahme mehrerer Grobbleche, die nicht zu den übergroßen gerechnet werden, bis zu 6%, bei Abnahme einzelner solcher Bleche bis zu 10% unterschritten werden.

#### Übergroße Bleche, die

bei 5 bis 6,9 mm Dicke 2000 mm Breite, oder 6000 mm Länge,

bei 7 bis 9,9 mm Dicke 2500 mm Breite, oder 7500 mm Länge,

bei 10 bis 19,9 mm Dicke 3000 mm Breite, oder 9000 mm Länge,

bei 20 und mehr mm Dicke 3250 mm Breite, oder 10000 mm Länge

überschreiten, sind nur der Beschränkung unterworfen, daß ihre dünnste Stelle die verlangte Dicke nicht überschreiten, und ihr Gewicht das Rechnungsgewicht nicht unterschreiten darf.

## III. Riffelbleche.

Riffelbleche dürfen für alle Sorten  $\pm 10\%$  in der Dicke und im Gewichte abweichen.

## Gütevorschriften und Proben.

Im Nachstehenden sind die Mindestbeträge der Zugfestigkeit so zu verstehen, daß die Versuchstücke die angegebenen Belastungen auf 1 qmm ihres ursprünglichen Querschnittes tragen müssen; die Mindestbeträge der Dehnung so, daß die Versuchstücke sich um den angegebenen Bruchteil der vorgeschriebenen Meßlänge ausdehnen müssen, wobei die Messung nach erfolgtem Bruche vorzunehmen ist. Die Festigkeits- und Dehn-Vorschriften sind bindend ohne Unterschied, ob das Eisen durch Schmieden, Pressen oder Walzen verarbeitet wird.

Für die Beschaffenheit im Einzelnen sind die nachstehenden Vorschriften maßgebend.

## I. Schweißisen.

Das Schweißisen soll von sehnigem Gefüge, dicht, gut stauch- und schweißbar und weder kalt- noch rotbrüchig, frei von Schlacken, Schiefen oder blasigen Stellen, Nähten oder sonstigen Fehlern, glatt, sauber und vollkantig ausgewalzt sein.

## I. Zerreiß- und Dehn-Probe.

## Zusammenstellung XIII:

	Güte I		Güte II	
	längs	quer	längs	quer
Geringste Zugfestigkeit . . . . . kg/qmm	36	34	35	34
Geringste Dehnung bei 200 mm vorgeschriebener Meßlänge . . . . . %	18	12	12	8

Bei Blechen von mehr als 26 mm Stärke verringert sich die Zugfestigkeit bei Vergrößerung der Stärke um je 2 mm stets um 0,5 kg/qmm des ursprünglichen Querschnittes, so daß die Festigkeit nur zu betragen braucht:

## Zusammenstellung XIV:

Bei Blechstärke von mm	Güte I		Güte II	
	längs kg/qmm	quer kg/qmm	längs kg/qmm	quer kg/qmm
26 bis 28 . . . . .	35,5	33,5	34,5	32,5
28 „ 30 . . . . .	35,0	33,0	34,0	32,0
30 „ 32 . . . . .	34,5	32,5	33,5	31,5
32 „ 34 . . . . .	34,0	32,0	33,0	31,0

## 2. Biegeprobe.

## a) In kaltem Zustande.

Probestreifen von 30 bis 50 mm Breite müssen sich um einen Dorn von 25 mm Durchmesser in den Winkel  $\alpha$  (Textabb. 57) biegen lassen, dessen Werte in Zusammenstellung XV angegeben sind.

## Zusammenstellung XV.

Bei Blechstärken mm	Güte I		Güte II	
	längs o	quer o	längs o	quer o
bis 8 . . . . .	130	110	110	90
8 „ 10 . . . . .	120	100	100	80
10 „ 12 . . . . .	110	90	90	70
12 „ 14 . . . . .	100	80	80	60
14 „ 16 . . . . .	90	70	70	50
16 „ 18 . . . . .	80	60	60	40
18 „ 20 . . . . .	70	50	55	30
20 „ 22 . . . . .	60	40	50	25
22 „ 24 . . . . .	55	30	45	20
24 „ 26 . . . . .	50	20	40	15

b) In dunkelkirschrotem Zustande.

Probestreifen müssen sich über eine gebrochene Kante in den Winkel  $\alpha$  biegen lassen, dessen Werte Zusammenstellung XVI angibt.



## Zusammenstellung XVI.

Bei beliebiger Blechstärke	Güte I	Güte II
in der Walzrichtung . . . . .	180°	180°
quer zur Walzrichtung . . . . .	180°	150°

Die Probestreifen sollen rechteckigen Querschnitt erhalten und an der Biegestelle mit abgerundeten Kanten versehen werden.

Ein Streifen gilt als gebrochen, wenn sich auf der gezogenen Seite in der Mitte der Biegestelle ein Bruch im metallischen Eisen zeigt.

## 3. Ausbreitprobe.

In rotwarmem Zustande muß ein auf kaltem Wege abgetrennter, 30 bis 50 mm breiter Streifen mit der in Richtung der Faser geführten, nach einem Halbmesser von 15 mm abgerundeten Hammerfinne bis auf das 1,5fache seiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren von Trennung im Eisen zu zeigen. Die Breite der Probestreifen soll tunlich das Dreifache ihrer Dicke betragen.

## 4. Lochprobe.

Blechstreifen mit einem Verhältnisse der Dicke zur Breite größer als 1:5, die in rotwarmem Zustande in einer Entfernung vom Rande gleich der halben Dicke des Streifens mit dem Lochstempel vom Durchmesser gleich der Blechstärke ge-

locht werden, dürfen nicht aufreißen. Bei Blechstreifen über 20 mm Stärke soll der Durchmesser des Lochstempels 20 mm betragen.

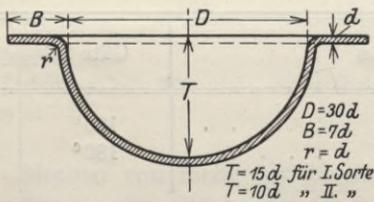
Schweißeisenbleche werden heute nur noch von wenigen Werken, dafür aber bei dem scharfen Wettbewerbe mit Flußeisen in guter Beschaffenheit hergestellt. Die in Preußen verlangten Kaltbiegeproben entsprechen nicht den bei Zerreißproben vorgeschriebenen Dehnungen. Der Biegewinkel bei Kaltbiegeproben kann für beide Blechsorten aus Schweißeisen erhöht werden, wie es beispielsweise bei Blechen für Dampfkessel gemäß den allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Land- und Schiffs-Dampfkesseln verlangt wird.

Die Vorschriften anderer Verwaltungen weichen nur unbedeutend von den hier aufgeführten ab, höhere Anforderungen an die Zerreißfestigkeit und Dehnung werden nirgend gestellt.

Einige Verwaltungen verlangen als Ausweis für die Bildsamkeit eine Schmiedeprobe, nämlich die Herstellung einer Kugelhaube oder eines quadratischen Kastens, gegebenen Falles in mehreren Hitzen gemäß Textabb. 58 und 59.

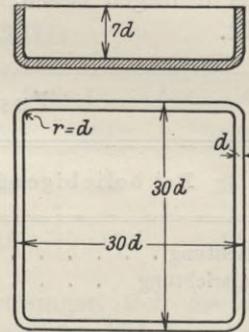
Die Kugelhaubenprobe verlangt viel Blech und ihr Gelingen hängt wesentlich von der Geschicklichkeit des Schmiedes ab; schwieriger ist die Kastenprobe,

Abb. 58.



Hauben-Schmiedeprobe.

Abb. 59.



Kasten-Schmiedeprobe.

bei der alle inneren Abrundungen mit einem Halbmesser gleich der Blechdicke hergestellt sein sollen. Die Bildung der Ecke stellt hohe Anforderungen an die Bildsamkeit des Stoffes.

## II. Flußeisen.

Die Zugfestigkeit soll 50 kg/qmm nicht übersteigen.

Das Flußeisen soll gleichmäßiges Gefüge besitzen, sauber, in den verlangten Formen vollkantig ausgewalzt, ohne Schiefer und Blasen sein, und darf weder Kantenrisse noch unganze Stellen haben.

Die vorgeschriebenen Festigkeits- und Dehn-Zahlen gelten bei den flußeisernen Blechen sowohl für die Längs-, als auch für die Quer-Richtung.

### A) Weiches Flußeisen.

Weiches Flußeisen muß im Flammofen erzeugt, gut schweißbar und durch Einsetzen härtbar sein. Die Zugfestigkeit soll innerhalb der Grenzen von 34 bis 41 kg/qmm liegen und die Dehnung mindestens 25% betragen. Für Bleche und

Nieteisen soll die Summe aus Zugfestigkeit und Dehnung mindestens 62 erreichen. Außerdem muß das Eisen die nachfolgenden Bedingungen erfüllen.

### 1. Härtbiegeprobe.

Blechstreifen von 30 bis 50 mm Breite mit abgerundeten Kanten längs und quer zur Walzrichtung, die dunkelkirschrot angewärmt und in Wasser von + 28° C abgeschreckt sind, sollen kalt vollständig zusammengebogen werden können, ohne auf der gezogenen Seite Anbrüche zu zeigen. Das Probestück gilt als gebrochen, wenn sich auf der gezogenen Seite in der Mitte der Biegestelle ein Bruch im metallischen Eisen zeigt.

### 2. Ausbreitprobe.

Blechstreifen, deren Breite tunlich das Dreifache ihrer Dicke beträgt, müssen in rotwarmem Zustande mit einer nach 15 mm Halbmesser abgerundeten Hammerfinne quer zur Walzrichtung mindestens auf das 1,5fache ihrer Breite ausgearbeitet werden können, ohne an den Kanten und auf der Fläche Risse zu erhalten.

### 3. Lochprobe.

Blechstreifen mit einem Verhältnisse der Dicke zur Breite größer als 1:5, die in rotwarmem Zustande in einer Entfernung vom Rande gleich der halben Dicke des Streifens mit dem Lochstempel vom Durchmesser gleich der Blechstärke gelocht werden, dürfen nicht aufreißen. Bei Blechstreifen über 20 mm Stärke soll der Durchmesser des Lochstempels 20 mm betragen.

### 4. Schweißprobe.

Zwei Versuchstücke sollen ohne besondere Hilfsmittel leicht zusammenschweißt werden können. Trennung der Teile in der Schweißstelle darf bei Vorahme der Biegeprobe in kaltem und warmem Zustande nicht erfolgen.

#### B) Härteres Flußeisen.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 37 und höchstens 44 kg/qmm, die Dehnung mindestens 20% betragen.

Die Herstellungsweise ist freigestellt. Die Schweiß- und Loch-Probe fallen fort. Für die Biegeprobe genügt es, das Probestück um einen Dorn von der halben Dicke um 180° zu biegen. Im Übrigen soll das Eisen den vorstehend unter A angeführten Bedingungen entsprechen. Im Einzelnen gelten folgende Vorschriften.

#### C) Flußeisen für Bleche.

Die Summe aus Festigkeit und Dehnung soll mindestens 60 betragen.

#### D) Flußeisen für Preßbleche.

Die Zugfestigkeit soll zwischen 42 und 50 kg/qmm liegen und die Dehnung mindestens 16% betragen.

Abweichend von diesen Bedingungen der preußisch-hessischen Staatsbahnen verlangen einige Bahnen nur basisches Martin-Eisen, andere schreiben den Höchstgehalt an Phosphor und Schwefel vor, beispielsweise

$$\text{Phosphor} \leq 0,05\%, \text{ Schwefel} \leq 0,04\%.$$

Amerikanische Bahnen verlangen eine chemische Zusammensetzung nach Zusammenstellung XVII

Zusammenstellung XVII.

	Feuerblech		Mantelblech	
	erwünscht %	erlaubt %	erwünscht %	erlaubt %
C	= 0,18	0,15—0,25	= 0,18	—
P	0,03	0,035	0,04	0,05
Mn	0,30	0,45	0,40	—
Si	0,02	0,03	0,05	—
S	0,02	0,045	0,03	—
Cu	0,03	0,05	0,03	—

entsprechend einer Festigkeit zwischen 38 und 43 kg/qmm.

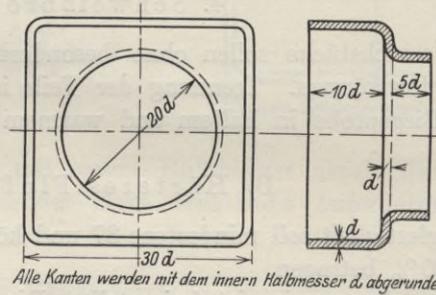
Einige Bahnen verlangen als Kaltbiegeproben in der Mitte eines Streifens von der Breite  $b$  mm die Bohrung eines Loches vom Durchmesser  $\leq 0,25 b$  und dichtes Zusammenbiegen in der Lochmitte.

Abb. 60.



Doppelfaltprobe.

Abb. 61.



Kasten-Schmiedeprobe mit rohrförmigem Ansatz, italienische Staatsbahnen.

Für Feibleche werden Zerreißversuche nicht vorgeschrieben, sondern nur einfache und doppelte Zusammenfaltproben (Textabb. 60).

Zerreißversuche mit Feiblechen lassen sich auch nur sehr unzuverlässig auf den für Eisenbahnzwecke gebräuchlichen Prüfmaschinen ausführen, sie sind bei der untergeordneten Bedeutung der Bleche von wenig Wert.

Die Härtbiegeprobe wird meist in kirschrot warmem Zustande bei  $900^{\circ}$  verlangt und kann auch nur so als wirkliche Hrtprobe angesprochen werden.

Die italienischen Staatsbahnen schreiben die Kugelhauben- (Textabb. 58) und die Kasten-Probe mit rohrförmigem Ansatz (Textabb. 61) zur Fest-

stellung der Bildsamkeit des Flußeisens in Schmiedehitze vor. Zu Textabb. 58 sind jedoch die Maßverhältnisse

$$D = 20 d, T = 14 d, r = d$$

bestimmt.

Die Probestabform ist die in Textabb. 19 und 22 dargestellte, der Zerreißversuch erfolgt nach den früher aufgestellten Regeln.

### d) 3. Güteprüfung.

ber die Güteprüfung und den Umfang der Prüfungen haben die preußisch-hessischen Staatsbahnen die folgenden Vorschriften erlassen, die sich übrigens auf alle Abnahmen beziehen, nicht bloß auf Bleche.

#### 3. a) Allgemeines.

Die Stoffe werden in der Regel vor der Verwendung auf dem Werke des Unternehmers oder Unterlieferers geprüft. Geschieht die Prüfung auf Antrag des Unternehmers nicht in seinen Werkstätten, sondern auf den Werken seiner Unterlieferer, so hat er die der Verwaltung hierdurch entstehenden Kosten, nämlich entweder den Anteil der Besoldung des Prfbeamten, dessen Tagegelder, Entschädigung für Zu- und Abgänge und Fahrgelder für Landwege und Dampfschiffahrten, oder die hierfür einheitlich festgesetzten Tagessätze zu erstatten.

Als Unterlieferer gelten auch Abteilungen von Werken, die in anderen Stadt- oder Gemeinde-Bezirken liegen, als die Lieferwerke selbst.

Die bedingungsgemäß befundenen Teile werden mit dem Prüfstempel versehen und gelten hiermit als abgenommen und zur Verwendung geeignet. Um den Prüfstempel leicht auffinden zu können, ist er mit einem in die Augen fallenden weißen Ölfarbenanstriche in geeigneter Weise zu kennzeichnen.

Das zu prüfende Eisen muß bis zur Entnahme der Probestäbe in ganz gleicher Weise behandelt werden, wie alle für dieselbe Lieferung bestimmten Stücke gleicher Gattung. Nach Abstempelung der Proben dürfen sie nicht mehr ausgeglüht werden. Ausgenommen sind jedoch Probestreifen von Blechen, die, sofern sie durch das Abschneiden krumm geworden sind, warm gerade gerichtet werden dürfen. Daher sind auch die zur Herstellung von Gteproben von einem Beamten auszuwählenden Versuchstücke von den zu untersuchenden Gegenständen kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten. Jeder Versuchstab muß deutlich gestempelt und bezeichnet, bei Blechen besonders bezüglich der Walzrichtung, und Teilen entnommen sein, die dieselben Abmessungen haben und in derselben Weise hergestellt und behandelt sind, wie die zur Abnahme gestellten Gegenstände.

Die Verwaltung behält sich das Recht vor, außer den Prüfungen in den Werken des Unternehmers auch solche in ihren eigenen Werkstätten oder einem nahe liegenden Werke vornehmen zu lassen. Ist in dem Werke des Lieferers oder Unterlieferers keine Prüfvorrichtung vorhanden, so geschieht das Prüfen auf Kosten des Lieferers in einer Eisenbahnwerkstatt. Für die in den Eisenbahnwerkstätten vorzunehmenden Prüfungen sind die zugerichteten Probestücke, sowie die zu Zerreißversuchen ausgewählten Probestücke, letztere mit einer gleichen Anzahl

unbearbeiteter Stäbe, mit denen die Proben nötigen Falles wiederholt werden können, frachtfrei an die bahnseitig zu bezeichnende Dienststelle zu senden.

Sind die erstgenannten Probestücke nicht, oder nicht vorschriftsmäßig bearbeitet, so erfolgt die nachträgliche Bearbeitung in der betreffenden Werkstatt auf Kosten des Lieferers.

Von den auf dem Werke des Lieferers oder Unterlieferers angestellten Proben sind die Bruch- und Probe-Stücke auf Verlangen kostenfrei an die Verwaltung einzusenden, jedoch ist der Unternehmer nicht verpflichtet, sie länger als drei Wochen hierzu aufzubewahren. Für die durch die Prüfung unbrauchbar gewordenen Stücke wird keine Entschädigung gewährt.

### 3. $\beta$ ) Umfang der Prüfungen.

Von je 100 Stäben oder Blechen mit Ausnahme der Kessel- und Rahmen-Bleche können drei Proben gleicher Art, und zwar nach Möglichkeit aus den Abfallenden entnommen werden. Bei Lieferungen unter 100 Stücken kann die Anzahl der Versuchstäbe entsprechend ermäßigt werden, doch sind mindestens zwei Proben anzustellen. Von den eisernen Kessel- und Rahmen-Blechen dürfen von jedem Stücke Proben entnommen werden. Bei diesen Blechen und bei 10% aller übrigen Bleche sind von vornherein für die Abnahme von Versuchstäben längs und quer zur Walzrichtung über die verlangte Größe hinaus Streifen von 600 mm Länge und 60 mm Breite stehen zu lassen, sofern nicht aus Ausschnitten oder Abschnitten genügend große Stücke zu den Versuchstäben gewonnen werden.

Die weiteren Ausführungen hinsichtlich nicht bedingungsgemäßer Proben, Ersatzproben und dergleichen sind im Abschnitte III. b.2) über Flußeisenformguß mitgeteilt.

### 3. $\gamma$ ) Bestimmungen anderer Verwaltungen.

Manche Verwaltungen verlangen die Prüfung aller Kesselbleche, die rumänischen Bahnen sogar vom Fuß- und Kopf-Ende eines Bleches. Da die Kesselbleche der Lokomotiven im Betriebe nicht unmittelbar dem Feuer ausgesetzt sind, vielmehr nur den Kesselmantel bilden, so geht diese Forderung zu weit und verteuert die Ware über Gebühr, wenn gute Kesselschmiedem mit geschulten Arbeitern vorhanden sind, die den Zusammenbau des Kessels und die Anrichtarbeiten sachgemäß ausführen. Um sich gegen zu harte Bleche zu schützen, dürfte das Verlangen gerechtfertigt sein, die Bleche dem Abnahmebeamten nicht fertig beschnitten vorzulegen, damit er in der Wahl der Probeentnahme unbeschränkt ist. Wird das Blech vom Hüttenwerke so weit beschnitten zur Abnahme vorgelegt, daß die Doppelung am Lunkerende bestimmt entfernt ist, so kann sich der Abnahmebeamte durch Entnahme von Querproben an diesem Ende gegen zu harte Bleche sichern, da das Blech nach dem Fußende zu stets zäher ist und geringere Festigkeit hat. Zur Erkennung des Kopf- und Fuß-Endes muß dieses belassen bleiben. Das Kopfende ist meist zackig, überwalzt ausgebildet, das Fußende rundlich, ohne besondere Merkmale. Wie sehr verschiedene Festigkeit und Dehnung am Kopf- und Fuß-Ende eines Bleches sind, zeigt Zusammenstellung XVIII<sup>13)</sup>.

13) Stahl und Eisen 1912, S. 1265.

## Zusammenstellung XVIII.

Blechstücke mm	Fußende		Kopfende	
	Festigkeit kg/qmm	Dehnung %	Festigkeit kg/qmm	Dehnung %
12	35,6	31,0	41,9	22,5
16	34,9	30,5	40,8	21,0
18	37,8	29,5	42,6	20,0
9	35,8	31,5	41,6	21,5
8	36,4	30,5	42,0	22,0
10	37,5	30,0	41,4	24,5

Mit den Bezeichnungen

a<sub>1</sub> Kesselblech, a<sub>2</sub> Rahmenblech, a<sub>3</sub> sonstige Grobbleche,  
a<sub>4</sub> Feinbleche, a<sub>5</sub> Riffelbleche, a<sub>6</sub> Preßbleche,  
aI Feuerblech, aII Mantelblech

gibt Zusammenstellung XIX die Vorschriften verschiedener Verwaltungen an.

## Zusammenstellung XIX.

Eisenbahn-Verwaltung	Erzeugnis	Festigkeit f kg/qmm	Dehnung l %	Ein- schnür- ung c	Gütezahl	Bemerkungen d = Blechdicke
Preußen-Hessen	a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub>	34 bis 41	25	—	62	längs und quer
Bayern	a <sub>1</sub> I	32 bis 38	≧ 25	—	≧ 65	—
	a <sub>1</sub> II	36 „ 42	≧ 23	—	≧ 62	—
	a <sub>6</sub>	42 „ 50	16	—	—	—
	a <sub>3</sub>	37 „ 44	20	—	—	—
Baden	a <sub>1</sub> I	34 bis 40	25	—	f + l = 62	längs und quer
	a <sub>1</sub> II	36 „ 42	22	—	„ = 61	„ „ „
	a <sub>2</sub>	39 „ 45	20	—	„ = 60	„ „ „, d < 24 mm
	„	38 „ 44	20	—	„ = 60	„ „ „, d > 24 mm
Sachsen	a <sub>2</sub>	34 bis 40	25	—	—	Hauptrahmenbleche
	a <sub>3</sub>	36 „ 42	20	—	—	Rahmenverbindungsbleche
Württemberg	a <sub>1</sub>	37 bis 43	25	40	—	—
	a <sub>2</sub>	32 „ 38	25	—	—	längs und quer
	a <sub>3</sub>	38 „ 44	20	30	—	Kesselersteifungen
Reichseisenbahnen	a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub>	34 bis 41	25	—	62	a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub> längs und quer
	Sonstiges	37 „ 44	20	—	60	—
Bulgarien	a <sub>1</sub> , a <sub>2</sub>	34 bis 41	25	—	—	—
	a <sub>3</sub>	37 „ 44	20	—	—	a <sub>3</sub> Führerhaus und Trittbleche
Dänemark	a <sub>1</sub>	36	20	—	—	längs und quer
Italien, Mittelmeerbahn	a <sub>1</sub>	38 bis 42	28 bis 30	—	—	längs und quer
	a <sub>2</sub>	38 „ 54	20	—	—	—

Eisenbahn-Verwaltung	Erzeugnis	Festigkeit f kg/qmm	Dehnung l %	Ein- schnür- ung c	Güteziffer	Bemerkungen d = Blechdicke
Italien, Staatsbahnen	a <sub>1</sub>	38	27	—	f + 2l = 96	Hauptrahmenbleche Rahmenverbindungs- und Rauchkammer-Bleche
	a <sub>2</sub>	45	18	—	„ = 85	
	a <sub>3</sub>	36	20	—	„ = 80	
Österreichische Staatsbahnen	a <sup>14)</sup>	33 bis 38	25	50	—	—
Orientalische Bahnen	a <sub>1</sub> I	34 bis 40	25	—	—	—
	a <sub>1</sub> II	36 „ 42	20	—	—	—
Rumänien	a <sub>2</sub> , a <sub>3</sub>	40 bis 45	25	40	—	—
Russische Staatsbahnen	a <sub>1</sub>	35 bis 40	25	—	f + l = 65	quer zur Walzrichtung <sup>15)</sup>
Uralische Bahnen	a <sub>1</sub>	35 bis 40	25	—	—	quer zur Walzrichtung <sup>15)</sup>
	a <sub>2</sub>	34 „ 40	25	—	—	E-Grenze = $\frac{f}{2}$
Schweiz	a <sub>1</sub>	36 bis 42	25	—	f.l = 1000	—
Frankreich Westbahn	a <sub>1</sub>	40 bis 45	33 bis 31	—	—	l = 100 mm
	a <sub>2</sub>	36 „ 40	36 „ 33	—	—	Feuerkasten- und Kumpel-Bleche
		≤ 36	≥ 32	—	—	
Amerika	a <sub>1</sub> I	42,2	28	—	—	erwünscht
		38,7 bis 45,7	—	—	f.l = 1020	erlaubt <sup>16)</sup>
	a <sub>1</sub> II	42,2	26	—	—	erwünscht
	38,7 bis 45,7	—	—	—	f.l = 985	erlaubt <sup>16)</sup>

### III. e) Walzeisen.

#### e. 1) Stabeisen und Draht.

Stab-, Stangen- und Handels-Eisen aus Schweiß- oder Fluß-Eisen, flach, rund, sechs- oder achteckig hergestellt, nennt man bis etwa 7 qcm Querschnitt ohne allgemein gültige Grenze Feineisen, darüber Grobeisen.

Dieselbe Unterscheidung gilt auch, je nachdem das Erzeugnis in einer, oder zwei Hitzen gewonnen wurde.

Das Stabeisen wird aus Brammen von 3000 bis 4000 kg Gewicht und 500/500 mm Grundfläche zunächst auf Quadratblöcke von 150 bis 200 mm Seitenlänge vorgeblockt. Diese werden passend zerschnitten und nach Erwärmung im Wärmofen entweder sofort zu Ganzerzeugnis ausgewalzt, oder auf 50 mm Quadratseite heruntergewalzt, und wieder in passender Länge zu Knüppeln geschnitten.

<sup>14)</sup> a<sub>1</sub>: Nach dem Zerreißen müssen die Staboberflächen unverletzt sein; [die Bruchflächen müssen gleichförmiges, dichtes Gefüge ohne Ungängen, Blasen und dergleichen zeigen.

<sup>15)</sup> a<sub>1</sub>: zwei zusammengehörige Proben dürfen nicht mehr als 3 kg/qmm Unterschied geben, 5 zusammengehörige Proben nicht mehr als 5 kg/qmm.

<sup>16)</sup> a: f > 45,7 nur gestattet, wenn l ≥ 30 und 28 ist. Für d ≤ 6,35 mm ist die obere Grenze f = 47,8.

Aus diesen Knüppeln walzt man dann nach nochmaligem Erhitzen die Fertigware, die noch auf der Hüttensohle durch Schlagen mit Hämmern gerade gerichtet wird.

Nicht selten gießt man zur Ersparnis an Walzarbeit Blöcke von so kleinen Abmessungen, daß sie in einer Hitze auch zu dünnen Querschnitten ausgestreckt werden können.

Das Verwalzen erfolgt auf Zwei- und auf Drei-Walzwerken.

Beim Walzen wird das Eisen oben und unten an den Walzen zurückgedrängt, und zwar nach der Mitte hin stärker, als an der Oberfläche; es tritt eine Querschnittsverdünnung und damit Streckung ein, wie beim Hämmern. Die Verschiebungen der Teilchen vollziehen sich beim Kaltwalzen etwas anders, da beim Heißwalzen die Außenflächen durch die kalten Walzen abgekühlt werden und an Geschmeidigkeit verlieren, während der Kern nachgiebig bleibt. Die Querschnittsabnahme und das Verhältnis der Walzfurchen zu einander ist durchschnittlich etwa 0,8, doch hängt das von der Arbeitsleistung der Triebmaschine, der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen, der Hitze und chemischen Zusammensetzung des Eisens, endlich, der ungleichen Druckverteilung wegen, auch davon ab, ob die Furche in der Mitte oder am Ende der Walzen liegt. Die Furchen für das Flacheisen sind nach der Mitte der Walzen zu verjüngt und in den Ecken abgerundet; Quadratischeisen wird übereck gewalzt und jedesmal um  $90^\circ$  gewendet, Rundeisen wird so weit vorgewalzt, daß es in nur einer Furche der Fertigwalze bei mehrmaligem Durchgange vollendet werden kann. Feineisen und Walzdraht bis etwa 5 mm, in Ausnahmefällen bis 2 mm, wird aus Knüppeln, ebenso wie Grob- und Rund-Eisen fertig gestellt, aber der Abkühlung wegen in schnell laufenden Dreiwalzwerken. Die Furchen für Draht sind abwechselnd länglich rund und quadratisch so angeordnet, daß das Eisen nach jedem Durchgange um  $90^\circ$  gedreht wird. Die Einführung in die Walzen erfolgt durch eine kastenförmige Führung, in die es mit der Hand oder selbsttätig hineingeleitet wird.

## e. 2) Formeisen.

Bau- oder Form-Eisen wird fast nur noch aus Flußeisen hergestellt, wobei hinsichtlich der Größe und Behandlung der Brammen wie bei Stabeisen verfahren wird.

Die gebräuchlichsten Formen sind: Winkeleisen  $\perp$ ,  $\sphericalangle$  und  $\sphericalangle$ , T-Eisen  $\perp$ , Doppel-T-Eisen  $\perp$ ,  $\square$ -Eisen, Kreuzeisen  $\oplus$ , Z-Eisen  $\text{Z}$ , Quadranteisen  $\sphericalangle$ , Phönix-eisen  $\sphericalangle$  und Belag- oder Zores-Eisen  $\sphericalangle$ . Mit der Tiefe der Walzenfurchen für das Formeisen ändert sich die Umfangsgeschwindigkeit und es entstehen Spannungen durch ungleiche Streckung, wenn diese nicht durch geringern Druck ausgeglichen wird. Verschiebungen der Eisenteile innerhalb des Querschnittes, die bei ungleichseitigen Formen, so bei langem, schwachem Stege des  $\perp$ -Eisens, auftreten, sind tunlich zu vermeiden.  $\perp$ -Eisen wird nur in liegenden Furchen gewalzt,  $\text{T}$ -Eisen abwechselnd in liegenden und stehenden. Die schwächeren Teile des Querschnittes werden wegen der stärkern Abkühlung zuletzt oder in Stauchfurchen für sich ausgebildet. Beim  $\oplus$ -Eisen werden abwechselnd zwei Schenkel unter Drehung um  $90^\circ$  gestreckt.  $\perp$ -Eisen wird in gleichbleibender Lage, mit der Ecke nach unten, ausgewalzt, ungleichschenkliges auch so, daß bald der eine, bald

der andere Schenkel wagerecht liegt. Eisen mit regelmäßig wiederkehrenden Ansätzen, wie Speichen für Räder, können ebenfalls in Furchen mit entsprechenden Vertiefungen auf dem Umfange der Walzen hergestellt werden.

Das aus der letzten Furchen kommende Walzgut wird unter Berücksichtigung des Schwindmaßes mit der Kreissäge oder Schere auf Länge geschnitten. Unganze Enden sind so weit zu entfernen, daß keine Stegrisse mehr erscheinen; Zuhämmern von schlechten Stellen und Bearbeiten mit der Feile sollen nicht stattfinden.

Das Richten geschieht bei Formeisen kalt unter der Richtmaschine, die nach Art der Stoßmaschine gebaut ist. Durch Einlegen entsprechender Zwischenlagen unter den Stempel werden die Unebenheiten im Eisen gerade gedrückt. Geworfene und windschiefe Stücke werden durch Schraubenpresse und Hobel in die richtige Lage gedreht.

Da die Zusammensetzung innerhalb einer Flußeisenbramme schwankt, so schwanken auch Dehnung und Festigkeit des Erzeugnisses um so mehr, je langsamer der Block erkaltet, je größer sein Gewicht ist. Aber auch innerhalb desselben Querschnittes eines größeren Formeisens trifft dies zu, besonders bei **I** und **□**-Eisen. Die Stege haben wegen der stärkern Bearbeitung durch die Walzen um 1,5 bis 2 kg/qmm höhere Zugfestigkeit als die Flanschen. Dieser Unterschied wächst mit der Höhe und Stärke des Flansches gegenüber der Stärke des Steges. Am wenigsten fest ist gewöhnlich die Ecke zwischen Steg und Flansch.

### e. 3) Lieferbedingungen für Fein-, Grob- und Bau-Eisen.

Hinsichtlich des Aussehens des Äußern und des Bruches gelten die früher mitgeteilten Bedingungen.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen verlangen Folgendes.

Die Stäbe müssen in handelsüblicher Weise gerade gerichtet, ihre Enden gerade und rechtwinkelig abgeschnitten sein; sie sind in handelsüblichen Längen von 4 bis 6 m zu liefern.

Die Herstellung aller Eisensorten in Schweißeisen oder Flußeisen bleibt dem Unternehmer überlassen, soweit nicht eine bestimmte Art vorgeschrieben ist.

Die Bezugsquelle, das Hüttenwerk, und bei Flußeisen die Herstellungsart, Bessemer-, Thomas- oder Martin-Flußeisen, sind vom Bewerber beim Angebote anzugeben.

Flach- und Vierkant-Eisen muß genau rechtwinkelig und scharfkantig, Rundeisen kreisrund sein.

Muttereisen, Sechskanteisen, soll aus zähem Schweißeisen der Güte I (Zusammenstellungen XIII bis XVI), oder aus weichem Flußeisen bestehen.

Sprengringeisen soll aus härterm Flußeisen hergestellt sein, und muß genau die verlangte Querschnittsform haben.

Bandeisen muß sich in kaltem Zustande ganz zusammenbiegen lassen, ohne an der Biegestelle Brüche oder Risse zu zeigen.

Die Bestimmung, daß das Rundeisen genauen Kreisquerschnitt haben soll, ist bei den gewöhnlichen Walzwerken nicht einzuhalten, bei dem amerikanischen Morgan-Walzverfahren erst recht nicht, da so große Längen gewalzt werden,

daß wegen der ungleichen Abkühlung beim Durchgange durch die Walzen sowohl der Querschnitt an sich oval wird, als auch die Querschnitte in der Stange von einander verschieden ausfallen. Man rechnet als scharfe Bedingung bis zu 25 mm Stärke eine Fehlergrenze von  $\pm 0,2$  mm im Durchmesser. Genaue Kreisform ist nur durch Kaltziehen zu erreichen. Ähnlich verhält es sich mit der Forderung genauen Querschnittes beim Sprengringeisen.

Die rumänischen Staatsbahnen gestatten daher die folgenden Grenzmaße:

Abweichung der Dicke der Rundeisen, Breite und Dicke der Flach- und Vierkant-Eisen:

$\pm 0,25$  mm für  $d < 20$  mm,

$\pm \frac{d}{80}$  für  $d = 20$  bis 80 mm,

$\pm 1,0$  mm für  $d > 80$  mm

Formeisen: Abweichung der Höhe und Breite . . . . .  $\pm 1\%$

Abweichung der Flanschenstärke und Stegdicke  $\pm 5\%$

Abweichung des Gewichtes . . . . .  $\pm 5\%$

Regelgewicht ist das Gewicht des ersten vorgelegten Stabes, der die richtigen Maße aufweist. Ist das mittlere Gewicht kleiner als 95% des regelmäßigen, dann werden die Stücke zurückgewiesen. Übergewicht über 5% wird nicht bezahlt.

Bei 7800 kg/cbm Gewicht für Schweißeisen und 7850 kg/cbm für Flußeisen verlangen die preußisch-hessischen Staatsbahnen für Stab-, Form- und Träger-Eisen:

Von dem rechnungsmäßigen Gewichte ist für jedes einzelne Stück eine Abweichung von  $\pm 3\%$  zulässig. Die Einhaltung bestimmter Abmessungen muß besonders vereinbart werden.

### Schweißeisen.

#### A. Stab- und Winkel-Eisen.

##### 1. Zerreiß- und Dehn-Probe.

#### Zusammenstellung XX.

	Geringste Zugfestigkeit im ursprüng- lichen Querschnitte kg/qmm	Geringste Dehnung % der vor- geschrie- benen Meßlänge
a) Eisen zu Stehbolzen, Ankern, Nieten und Schrauben		
bis zu 25 mm Stärke einschließlich . . . . .	38	18
bei größeren Stärken . . . . .	36	15
b) Eisen zu Kuppelungsteilen . . . . .	36	15
c) Eisen zu Pufferstangen, Zug- und Sicherheits-Haken, Zugstangen	34	18
d) Stabeisen, Flach-, Vierkant- und Rund-Eisen ohne ausgesprochenen Verwendungszweck, Winkeleisen		
bis einschließlich 10 mm Stärke . . . . .	36	12
von mehr als 10 bis einschließlich 15 mm Stärke . . . . .	35	12
bei mehr als 15 mm Stärke . . . . .	34	12

## 2. Biegeprobe.

a) Eisen zu Stehbolzen, Ankern, Ketten, Nieten und Schrauben.

Probestäbe müssen sich ohne Spuren einer Trennung an der Biegestelle zusammenbiegen lassen, und zwar:

dunkelkirschrot vollständig,

kalt zu einer Schleife über einen Dorn von der halben Stärke des Eisens.

Mit Gewinde versehene Stäbe von 25 mm Durchmesser und 180 mm Länge müssen sich kalt um einen Dorn von gleichem Durchmesser zusammenbiegen lassen, ohne Anbrüche im Gewinde zu zeigen.

b) bis d) Eisen zu Kuppelungsteilen, Pufferstangen, Zug- und Sicherheits-Haken, Zugstangen, Stabeisen ohne ausgesprochenen Verwendungszweck, Winkeleisen.

Probestücke von Flacheisenstäben mit abgerundeten Kanten, 30 bis 50 mm breit, sowie Vierkant- und Rund-Eisen müssen sich über einen Dorn von 25 mm Durchmesser winkelförmig biegen lassen, ohne daß sich an der Biegestelle ein Bruch im metallischen Eisen zeigt.

Der Winkel  $\alpha$ , den ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, beträgt (Textabb. 57)

für Biegung in kaltem Zustande:

bei Stärken von 8 bis 11 mm  $50^{\circ}$ ,

bei Stärken von 12 bis 15 mm  $35^{\circ}$ ,

bei Stärken von 16 bis 20 mm  $25^{\circ}$ ,

bei Stärken von 21 bis 25 mm  $15^{\circ}$ ,

für Biegung in dunkelkirschrotem Zustande:

bei Stärken bis 25 mm  $120^{\circ}$ ,

bei Stärken über 25 mm  $90^{\circ}$ .

## 3. Stauchprobe.

Eisen zu Stehbolzen, Ankern, Ketten, Nieten und Schrauben.

Ein Stück Rundeisen, dessen Meßlänge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich in rotwarmem, der Verwendung entsprechendem Zustande bis auf ein Drittel dieser Meßlänge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

## 4. Ausbreitprobe.

Rotwarm muß ein auf kaltem Wege abgetrennter, 30 bis 50 mm breiter Streifen eines Flach-, Vierkant-, Rund- oder Winkel-Eisens mit der in Richtung der Faser geführten, nach 15 mm Halbmesser abgerundeten Hammerfinne bis auf das 1,5fache seiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren von Trennung im Eisen zu zeigen.

Bei Muttereisen muß sich ein Probestück von der Höhe gleich der Seitenlänge des Sechskantes rotwarm mit einem Stempel in der Stärke des Kerndurchmessers des zugehörigen Schraubenbolzens lochen und auf den 1,25fachen Lochdurchmesser auftreiben lassen, ohne aufzureißen. Die zu verwendenden Dorne sollen auf je 10 mm Länge um 1 mm im Durchmesser wachsen.

## B. Formeisen.

## 1. Zerreiß- und Dehn-Probe.

## Zusammenstellung XXI.

Bezeichnung	Geringste Zugfestigkeit im ursprüng- lichen Querschnitte kg/qmm	Geringste Dehnung % der vor- geschriebenen Meßlänge
a) für Flanschen, Längsrichtung		
bei 10 mm oder weniger Stärke . . . . .	36	12
bei mehr als 10 mm bis einschließlich 15 mm Stärke . . .	35	12
bei mehr als 15 mm bis einschließlich 25 mm Stärke . . .	34	12
b) für die Stege, Längsrichtung		
bei 10 mm oder weniger Stärke . . . . .	35	10
bei mehr als 10 mm bis einschließlich 15 mm Stärke . . .	34	10
bei mehr als 15 mm bis einschließlich 25 mm Stärke . . .	33	10

## 2. Biegeprobe.

Die Biegeproben werden, wie bei Stab- und Winkel-Eisen, mit Probestücken ausgeführt, die in der Längsrichtung entnommen sind.

## Flußeisen.

Die für Bleche unter III. d) aufgestellten Bedingungen gelten sinngemäß auch hier.

Um die Waren in den Lagern leichter erkennen zu können, wird folgende Bezeichnung vorgeschrieben.

Alle Stäbe und Gebunde aus Schweißeisen zu Stehbolzen, Nieten, Ketten und Kuppelungsteilen, sowie zu Pufferstangen, Zug- und Sicherheits-Haken sind an einem Ende mit einem etwa 200 mm breiten weißen Streifen zu versehen, während alles übrige Stab-, Winkel- und Form-Eisen aus Schweiß-Eisen ohne Anstrich bleibt.

Alle Stäbe und Gebunde, sowie Winkel- und Form-Eisen aus Flußeisen erhalten an einem Ende einen etwa 200 mm breiten roten Streifen, solche aus weichem Martinflußeisen daneben noch einen etwa 50 mm breiten weißen Streifen, und solche aus basischem Martinflußeisen daneben noch einen 50 mm breiten gelben Streifen.

Jede Blechplatte erhält in weißem Ölfarbenanstriche bei Schweißeisen die Bezeichnung der Güte in der Form G. I, G. II, bei Flußeisen die Bezeichnung Fl. A. für weiches, Fl. B. für härteres Flußeisen.

Die Zerreißstäbe aus Flach- und Rund-Eisen sind Regelstäbe.

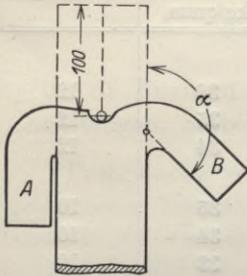
Die russischen Bahnen lassen bei Schweißeisen folgende Abweichungen des Rundeisens im Durchmesser  $d$  zu:

für  $d \leq 37$  mm      Abweichung =  $\pm 0,5$  mm,  
 = 38 bis 75 mm      Abweichung =  $\pm 1,0$  mm,  
 > 75 mm              Abweichung =  $\pm 1,5$  mm.  
 bei Nieteneisen: Abweichung von  $d \pm 1$  mm,

Amerika gestattet:

Stehbolzeneisen: Unrundheit bis 0,25 mm, Abweichung von  $d$   
 + 0,63, - 0,25 mm.

Abb. 62.



Streifen-Biegeprobe,  
italienische Staatsbahnen.

Hinsichtlich der Zugfestigkeit und Dehnung werden die preußisch-hessischen Vorschriften nicht übertroffen.

Bei der Warmbiegeprobe verlangen die italienischen Staatsbahnen, Südbahn, für Stab- und Winkel-Eisen Folgendes:

Bei Walzeisen I. Güte:

Streifen, nötigen Falles so bearbeitet, daß die Breite nicht größer als  $6d$  ist, werden rotwarm auf etwa 100 mm der Länge nach aufgespalten, die zwei Hälften werden nach A (Textabb. 62) bis zur vollständigen Berührung gebogen.

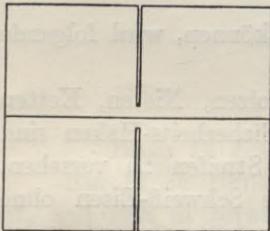
Bei Walzeisen II. Güte:

Dieselbe Probe in Weißglut.

Bei Walzeisen III. Güte:

Ebenso, aber nach B (Textabb. 62) mit  $\alpha = 135^\circ$ .

Abb. 63.



Formeisen I. Güte:

Winkelstücken, bei ungleichschenkeligen nach Verschmälerung des breiteren Schenkels, werden in Weißglut platt geschlagen, dann in der Mitte ihrer Länge mit zwei tiefen Einschnitten versehen; die eine Hälfte wird nach hinten zu einem Rohre gebogen, die andere ganz zusammen geschlagen (Textabb. 63):

Rumänien verlangt:

Walzeisen I. Güte ist dunkelrot ganz zusammen zu biegen;

Walzeisen II. Güte ist hellrot über Dorn =  $d$  um  $180^\circ$  zu biegen;

Walzeisen III. Güte ist ebenso zu behandeln, kleine Anrisse sind gestattet.



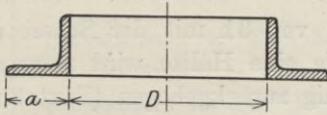
Biegeprobe mit L-Eisen,  
italienische Staatsbahnen.

Winkelstücken sind zu einem Ring mit  $D = 4a$  zu biegen (Textabb. 64). Von einem andern Stücke wird ein Schenkel um  $80^\circ$  aufgebogen; von einem dritten ein Schenkel um  $80^\circ$  gegen den andern gebogen.

T-Eisen sind zu einem Viertelkreise mit  $R = 4h$  zu biegen (Textabb. 65).

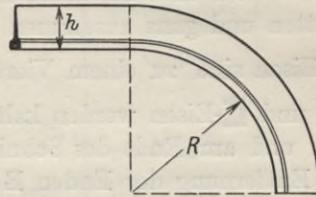
**I**- und **L**-Eisen werden kalt auf die Länge von  $3h$  mit der Schere aufgeschnitten und am Ende des Schnittes gelocht; die eine Hälfte wird rotwarm bis zu einer Entfernung der Enden  $E = h$  kreisförmig zurückgebogen (Textabb. 66).

Abb. 64.



Winkelringprobe mit  $D = 4a$ , rumänische Staatsbahnen.

Abb. 65.



**L**-Eisen-Biegeprobe um  $90^\circ$  mit  $R = 5h$ , rumänische Staatsbahnen.

Bei Flach- und Vierkant-Eisen werden Streifen weißglühend auf 100 mm Länge mit der Schere aufgeschnitten (Textabb. 62), am Ende des Schnittes mit einem kleinen Loche versehen und für Nieteisen und Stabeisen I. Güte nach A, für Walzeisen II. und III. Güte nach B mit  $\alpha = 90^\circ$  zurückgebogen.

Ist die Breite größer als  $8d$ , so werden zwei Schnitte so geführt, daß die äußeren Streifen  $3d$  Breite haben; diese werden wie oben behandelt, der mittlere dagegen in gewöhnlicher Art ganz zusammen, oder um  $90^\circ$  gebogen.

Sehr beachtenswerte Lochproben werden wie folgt vorgeschrieben.

#### Rumänien:

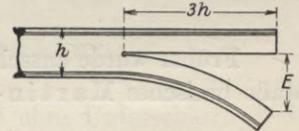
Lochprobe für Flacheisen, wenn  $d > 10$  mm und die Breite nicht mehr als  $8d$  beträgt, ferner für Rund- und Vierkant-Eisen, die vorher auf  $\frac{1}{3}$  ihres Durchmessers auszuschmieden sind: in Weißglut einer Hitze werden mit Kegeldornen zwei Löcher in das Eisen getrieben, so daß zwischen ihnen ein Steg von 10 mm bleibt; der Durchmesser der Löcher ist für Nieteisen = 0,85, für I. Güte = 0,75, für II. Güte = 0,50 der Breite.

Rußland verlangt für Walzeisen I. Güte:

In den hellroten Streifen wird in der Entfernung von 25 mm vom Ende mit dem Kegelstempel ein Loch des Durchmessers  $0,5b$  geschlagen, hierauf 12 mm von dessen Rande ein zweites (Textabb. 67).

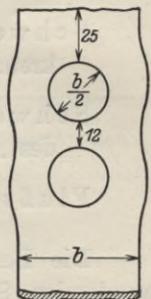
Bei Schweißversuchen verlangen einige Bahnen 95 % Festigkeit, 75 % Dehnung und 70 % Einschnürung der für das gesunde Blech bedingten Zahlen. Diese Zahlen können nur bei sehr gutem Schweißblech und vorzüglich geschulten Arbeitern unter Behämmern der Schweißstelle nach Fertigstellen und sorgfältigem Ausglühen erreicht werden.

Abb. 66.



Biegeprobe mit **I**- und **L**-Eisen, rumänische Staatsbahnen.

Abb. 67.



Doppellochprobe, russische Staatsbahnen.

Für Flußeisen verlangen einige Verwaltungen recht weiches Nieteisen mit 30 % Dehnung.

Die rumänischen Bahnen verlangen als Warmbiegeproben für Winkel- und Bau-Eisen Folgendes:

Winkeleisen sind zu einem Ringe mit  $D = 3a$  zu biegen (Textabb. 64), eben auszuplatten und ganz zusammen zu falten.

**T**-Eisen sind zu einem Viertelkreise mit  $R = 4h$  zu biegen (Textabb. 65).

**I**- und **C**-Eisen werden kalt auf die Länge von  $3h$  mit der Schere aufgeschnitten und am Ende des Schnittes gelocht; die eine Hälfte wird rotwarm bis zu einer Entfernung der Enden  $E = 2h$  kreisförmig zurückgebogen (Textabb. 66).

### III. f) Zug- und Stoß-Vorrichtungen.

Zu diesen gehören die Schrauben- und Sicherheits-Kuppelungen, die Kuppelspindeln, Zughaken, Zughaken-Führungen und Muffen, Pufferkreuze, Pufferstangen mit und ohne Teller.

#### f. 1) Stoff und Proben.

Früher wurde ausschließlich Schweißeisen verwendet, neuerdings in steigendem Maße basisches Martin-Flußeisen.

Es sollen hergestellt werden aus:

Schweißeisen: Zughaken zum Anschweißen;

basischem Martin-Flußeisen: Zugstangenmuffen, Schraubenkuppelungen und deren einzelne Teile, Sicherheitskuppelungen und deren einzelne Teile;

Schweißeisen oder basischem Martin-Flußeisen nach Wahl des Anbieters: Zughaken, die nicht anzuschweißen sind;

Schweißeisen oder Flußeisen nach Wahl des Anbieters: Pufferkreuze, Pufferstangen und Pufferteller;

Schweißeisen, Flußeisen oder Flußeisenformguß nach Wahl des Anbieters: Zughakenführungen;

Flußstahl: Alle Bolzen und Keile.

Die Bezugsquelle, das Hüttenwerk, und die Herstellungsweise des zu verwendenden Stoffes sind im Angebote anzugeben.

Diese Gegenstände und ihre Stoffe sollen nach Beschaffenheit und Herstellungsweise den nachstehenden Bedingungen entsprechen.

In Preußen gelten für Biege-, Ausbreit- und Stauch-Proben die unter III. c) und e) aufgeführten Bedingungen für Schweiß- und Fluß-Eisen. Die verlangten Zugfestigkeiten sind in Zusammenstellung XXI mitgeteilt.

## Zusammenstellung XXII.

Nr.	Stoff	Festigkeit des ursprünglichen Querschnittes	Geringste Dehnung nach dem Bruche, Meßlänge 200 mm
		f kg/qmm	l %
1	Schweiß Eisen für Zughaken, Pufferstangen und Pufferteller . . . . .	mindest. 34	18
2	Schweiß Eisen für Pufferkreuze und für Zughakenführungen . . . . .	34	12
3	Fluß Eisen für die unter Nr. 1 und 2 aufgeführten Teile, Zugstangenmuffen und Spaltkeile zu Pufferstangen . . . . .	37 bis 44	20
4	Fluß Eisen für Schraubenkuppelungen, Sicherheitskuppelungen und deren einzelne Teile . . . . .	über 45 bis 50	20
5	Fluß Eisenguß für Zughakenführungen . . . . .	37 bis 44	20
6	Fluß Stahl für Bolzen und Keile . . . . .	50 bis 60	20

Die Festigkeit- und Dehn-Vorschriften sind bindend ohne Unterschied, ob das Eisen durch Schmieden, Pressen, Walzen oder Gießen verarbeitet wird.

Alle Bahnen verlangen gleichmäßiges Gefüge, frei von Schiefen, Kantenrissen, blasigen oder unganzen Stellen für Fluß Eisen, und dichtes, gut stauch- und schweißbares, weder kalt- noch rotbrüchiges Schweiß Eisen, das frei ist von blasigen Stellen, Schweißnähten und Kantenrissen.

Während sich die Anforderungen für Fluß Eisen fast genau mit den vorstehend angegebenen decken, sind sie bei Schweiß Eisen mannigfaltiger, wie Zusammenstellung XXIII zeigt.

## Zusammenstellung XXIII.

Verwaltung	Erzeugnisse	f	l	c	Güteziffer	Bemerkungen
Preußen	Zughaken, Pufferstangen, Pufferteller	34	18			
	Pufferkreuze	34	12			
Württemberg	Zug- und Pufferstangen, Kuppelungsteile	38	20	30		Feinkorneisen
Bulgarien	„	36	12			
Schweiz	„	38	18		f . l = 720	
Baden	„	36		30	f + c = 68	
Italien	„	38	18			Festigkeit der ganzen Zugvorrichtung 30 t

Verwaltung	Erzeugnisse	f	l	c	Güte-ziffer	Bemerkungen
Niederlande	Kuppelungsteile	36		40		
Norwegen	Zug- und Puffer- Stangen, Kuppelungsteile	33 31	20 25			schwedisches Eisen
Anatolien	Zug- und Puffer- Stangen, Kuppelungsteile	38 36	20 15			
Schweiz	Zug- und Puffer- Stangen, Kuppelungsteile	38			f. l = 720	Kuppelung: bei 16 t keine Veränderung, Bruchlast $\geq 32$ t. Zughaken: bei 20 t keine Veränderung; Bruchlast $\geq 40$ t.
Rhätische Bahnen	Kuppelungsteile	38	18	35		
Ungarn	Zug- und Puffer- Stangen, Kuppelungsteile	32	16	25		

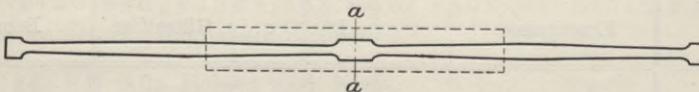
Weitere nennenswerte Sondervorschriften, die bessere Stoffe verlangen, sind nicht bekannt.

Für die Güteprüfung wird von je 50 Stücken eines ausgewählt; es muß in dem Zustande zur Prüfung kommen, wie das vorgelegte Stück, darf also nicht ausgeglüht und besonders vorbereitet werden. In Preußen sind die bereits mitgeteilten Vorschriften maßgebend, außerdem sind vorgeschrieben:

#### Schlagversuche mit Kuppelspindeln.

Die ausgeglühten Kuppelspindeln sind bei 400 mm freier Lagerung einer Schlagprobe in der Weise zu unterwerfen, daß mit einem Zuschlaghammer solange auf

Abb. 68.



Paarweise Herstellung von Hängebügeln.

den Schwengelbund geschlagen wird, bis in der Mitte der Spindel eine Einsenkung von 50 mm entstanden ist. Bei dieser Einsenkung darf die Spindel an keiner Stelle einen Einbruch zeigen. Der zu den Versuchen zu benutzende Hammer muß etwa 10 kg wiegen. Die Schläge sind in kräftiger Weise aus etwa 1 m Höhe zu führen.

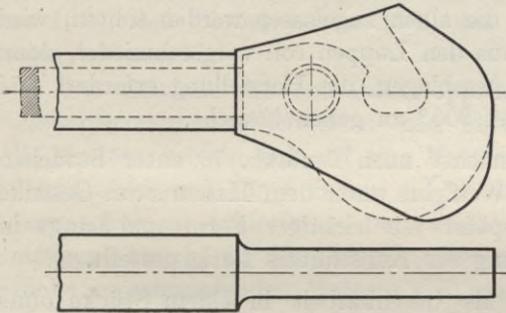
Für die von der Abnahme ausgeschlossenen Gegenstände ist innerhalb drei Wochen nach erfolgter Aufforderung bedingungsgemäßer Ersatz zu leisten.

## f. 2) Herstellung.

Die Muttern werden aus Vierkant-Eisen unter dem Dampfhammer, neuerdings auch unter Verwendung der Wasserpresse in das Gesenk geschlagen oder gepreßt und nach dem Bohren mit dem Schraubenbohrer auf Mutternschneidmaschinen mit einem Gewindebohrer mit Gewinde versehen; die Zapfen werden auf Sondermaschinen angearbeitet.

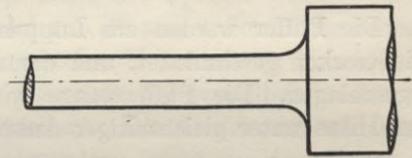
Die Spindeln werden aus auf Länge geschnittenen Rundeisen auf kräftigen Schraubenschneidmaschinen mit 3 bis 4 Gewindeschneidern, deren Schneiden zur Erzielung saubern Gewindes erst nach einander zum Eingriffe kommen, in je einem Schritte für Rechts- und Links-Gewinde hergestellt. Wegen der hohen Zugfestigkeit des Stoffes für die Spindeln treten bei dieser starken Beanspruchung durch die gleichzeitig arbeitenden Messer das früher beobachtete Längen und falscher Gewindegang nicht mehr ein. Die Spindeln werden ausgeglüht, die Schwengel warm aufgezogen, und die Endringe nach Aufbringen der Mutter und Bohren der für die Endringe nötigen Splintlöcher aufgebracht.

Abb. 69.



Maßstab 2:15. Herstellung eines Zughakens in zwei Hitzen.

Abb. 70.



Vorstück zur Herstellung eines Puffers.

Die Hängebügel werden aus stärkerem Rund- oder Vierkant-Eisen einzeln oder paarweise unter dem Dampfhammer nach Textabb. 68 ausgeschmiedet, darauf bei paarweiser Herstellung nach aa getrennt, und die Augen nach nochmaligem Erwärmen im Gesenke hergestellt.

Die Hängeeisen oder Laschen werden auch aus Flacheisen durch starkes Strecken unter dem Dampf- oder Riemen-Hammer gearbeitet.

Die Zugstangenmuffen stellt man hellrotwarm neuerdings auf einer Presse unter Benutzung von Ziehringen nahtlos in einem Stücke her, die Keillöcher werden auf besonderen Keilnut-Stoßmaschinen in kurzer Zeit sauber eingestoßen.

Schwierigkeit verursacht die Einhaltung der engen Grenzen der Festigkeit, schon hinsichtlich der Beschaffung des Halbzeuges, das aus besonders gut ausgesuchten Schmelzungen stammen muß, dann wegen des starken Reckens bei Herstellung der Bügel und Laschen, das Erhöhung der Zugfestigkeit bewirkt. Hat das verwendete Halbzeug eine nahe an 50 kg/qmm liegende Zugfestigkeit, so hat die fertige Ware stets

mehr als 50 kg/qmm, würde also nicht bedingungsgemäß sein. Ist die Arbeitsfähigkeit aus Zugfestigkeit und Dehnung mindestens 1000, so kann die Ware durch sorgfältiges Ausglühen in die verlangten Festigkeits- und Dehn-Grenzen zurückgeführt werden. Es dürfte aber zur Hebung dieses Mißstandes anzustreben sein, das Spiel zwischen Mindest- und Höchst-Festigkeit auf die allgemein üblichen 7 kg/qmm zu erhöhen.

Zughakenführungen werden durch Gesenkarbeit hergestellt, wenn sie nicht Flußeisenformguß sind.

Die Zughaken werden vorwiegend noch aus zwei- bis dreimal geschweißten Paketluppen hergestellt. Die Luppen sollen angeblich aus zusammengepackten „Platinen“, Kesselblechabfällen, Schweiß- und kohlenstoffarmen Flußeisenschrotte in zwei bis drei Schweißhitzen unter jedesmaliger starker Hammerbehandlung in Form und Größe eines Ziegelsteines gearbeitet sein, aus denen in zweimaliger Hitze der Zughaken hergestellt wird. In der ersten wird die Form nach Textabb. 69 annähernd gebildet, in der zweiten, der Sprühhitze, wird sie durch fünf bis sechs kräftige Schläge mit dem Dampfhammer endgültig im Gesenke vollendet. Nach Abgraten auf der Schere läßt man die Arbeitstücke erkalten, und schmiedet dann in einer dritten Hitze den Schaft aus.

Bei Verwendung von Pudelluppen, die allein zugelassen werden sollten, wird der Zughaken zur Erhaltung der Sehne aus den Luppen roh vorgeschmiedet, dann gebogen und endlich im Gesenke fertig geschlagen, die Herstellung erfordert drei Hitzen, wobei die mittlere nicht viel über 900° zu gehen braucht.

Die Puffer werden aus Luppen zunächst nach Textabb. 70 unter Stauchen und Strecken geschmiedet, und dann in Weißglut unter dem Hammer im Gesenke ausgeschlagen. Die Pufferstange wird später mit richtiger Form und Länge in einer Hitze unter gleichzeitiger Anbringung des Keilschlitzes fertig gestellt.

Pufferkreuze werden vielfach als Gesenkarbeit in einem Stücke ohne Schweißnaht hergestellt. Die rohe Form wird im Gesenke in einer Ebene entwickelt, und in einem zweiten entsprechend geformt.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen schreiben Folgendes vor.

Alle Gegenstände sind sauber und sorgfältig anzufertigen; die Grate sind gut zu beseitigen. Alle Keil-, Bolzen- und Schrauben-Löcher müssen gebohrt oder gefräst sein. Die mechanisch auf kaltem Wege bearbeiteten Teile müssen den Zeichnungen in Form und Abmessung genau entsprechen, die übrigen Teile dürfen nirgend schwächer sein, als es die Zeichnungen verlangen. Die zulässigen Abweichungen sollen sich in folgenden Grenzen halten:

#### Zusammenstellung XXIV.

Breite des Zughakens	50 bis 51 mm
Vierkant des Zughakens	50 bis 51 × 50 „ 51 „
Maulweite des Zughakens und des Hakens der	
Sicherheitskuppel	40 „ 41 „
Lichte Weite des Bügels an der Sicherheitskuppel	59 „ 61 „

Dicke der Laschenaugen an der Schraubenkuppel	28 bis 29 mm
desgleichen an der Sicherheitskuppel	26 „ 27 „
äußerer Durchmesser der Kuppelspindel	41,6 „ 42 „

Gegenstände aus Flußeisen, die bei der Herstellung an einzelnen Stellen angewärmt werden, sind nach Fertigstellung, soweit zugänglich, in ihrer ganzen Ausdehnung auszuglühen.

Die Zughaken und die Haken der Sicherheitskuppeln müssen aus einem Stücke geschmiedet, ihre Bolzenlöcher genau rechtwinkelig zu den Seitenflächen gebohrt und ausgerundet sein. Das Vierkant des Zughakens darf nicht windschief sein, muß auf der ganzen Länge genau quadratischen Querschnitt haben und besonders sauber und glatt geschmiedet sein. Stücke, die diesen Anforderungen nicht entsprechen, sind kalt nachzuarbeiten.

Alle Teile der Schrauben- und Sicherheits-Kuppel müssen aus je einem Stücke ohne Schweißung hergestellt, Bügel und Gehänge leicht beweglich sein.

Die Laschen sind vollständig fertig mäßig auszuglühen. Sie müssen sich dann bis 50 mm durchbiegen lassen, ohne Anbrüche zu zeigen.

Die Laschenaugen sind einer Aufdornprobe zu unterwerfen, wobei sie sich in kaltem Zustande mit einem Kegeldorne der Neigung 1:20 bei Schweißisen um 10%, bei Flußeisen um 15% des ursprünglichen Durchmessers aufweiten lassen müssen.

Die Gewinde der Schraubenkuppeln sind nach den vorgeschriebenen Abmessungen rein auszuschneiden und bis in die Mitte der Spindel durchzuführen. Alle Muttern müssen sich auf eine Musterspindel von 42 mm äußerem Durchmesser aufschrauben, und alle Spindeln sich in die zugehörige Mustermutter einschrauben lassen, ohne zu schlottern. Der weißwarm gemachte Schwengelbund ist unter kräftigem Drucke in die Gewindegänge einzutreiben. Die Zapfen der aus einem Stücke zu schmiedenden Muttern sind warm abzusetzen, nicht aus dem Vollen abzdrehen. Die Muttern sind in den Zapfen und in den Stoß- und Stirn-Flächen, die Kuppelbolzen durchweg sauber abzdrehen.

Die Spindeln der Schraubenkuppeln sind, vollständig fertig, mäßig auszuglühen, ohne daß Zundern eintreten darf.

Die Hängeeisen und Kuppelbügel sind durch Ausstrecken aus einem Stücke zu fertigen und dürfen zur Herstellung der Augen nicht gestaucht werden.

Die Pufferkreuze aus Schweißisen müssen gut geschweißt, die aus Flußeisen aus einem Stücke ohne Schweißung hergestellt sein. Die Köpfe der Pufferkreuze müssen an der Innen- und Außen-Seite und an der Stirnfläche abgedreht werden, die unteren Flächen der Füße sauber und glatt hergestellt sein, genau in einer Ebene liegen und mit der Mittellinie des Führungsloches einen rechten Winkel bilden, die oberen Flächen von den unteren überall gleichen Abstand haben, und für die Muttern eine sichere Auflage bieten. Geschmiedete Stücke, die diese Forderungen nicht erfüllen, sind nachzudrehen.

Die Pufferstangen sind auf dem ganzen Umfange abzdrehen und zu schlichten und müssen an einer angestauchten kleinen Scheibe mit der Pufferscheibe vernietet werden. Auf gute Nietung der Pufferteller ist besonderer Wert zu legen.

Die Anlageflächen der Zughakenführungen müssen eben sein und rechtwinkelig zur Mittellinie der eigentlichen Führung stehen; die Innenflächen der

Führung müssen eben und glatt sein. Soweit sich dies nicht durch saubern Guß oder gute Schmiedearbeit erreichen läßt, sind die Stücke nachzuarbeiten.

Die Zugstangenmuffen aus Flußeisen sind aus einem Stücke ohne Schweißung herzustellen; die Endflächen der Muffen sollen rechtwinkelig zu ihrer Mittellinie stehen, und ebenso, wie die kreisrunde, walzenförmige Innenfläche sauber und glatt hergestellt sein.

#### Bezeichnung.

Alle Gegenstände und ihre einzelnen Teile sind deutlich und sichtbar mit dem Eigentumsmerkmale K. P. E. V. in 10 mm hohen Buchstaben zu stempeln, und zwar die Zughaken und Sicherheitshaken auf der über dem Bolzenloche liegenden Fläche, die Pufferkreuze auf den Stirnflächen der Köpfe, die Pufferstangen auf der Rückseite der Teller, die Zughakenführungen an den Stirnflächen der Köpfe, die Zugstangenmuffen an einer Stirnfläche, die Schraubenkuppeln an besonders vorgeschriebenen Stellen.

Die Schraubenkuppeln, Zughaken und Sicherheitshaken der Güterwagen dagegen erhalten das Eigentumsmerkmal D. W. V., Deutscher Wagen-Verband, an besonders vorgeschriebenen Stellen.

### III. g) Niete, Schrauben und Muttern.

#### g. 1) Herstellung.

Das Rundeisen für Bolzen, Niete und Schrauben wird mit der Kaltschere auf passende Länge geschnitten, worauf die einzelnen Stücke innerhalb des zu stauchenden Abschnittes in einem drehbaren oder fest stehenden Wärmofen mit Koksfeuer bis Weißglut erhitzt werden. Die Köpfe werden in einer Hitze unter Pressen angestaucht, wobei die stählernen Gesenkteile mit kaltem Wasser kühl gehalten werden. Nicht marktgängige Ware wird besonders geschmiedet.

Fehler sind verbrannte Bolzen, ungenügende Länge und Dicke, schiefe Köpfe, mangelhafte Ausbildung der Köpfe wegen ungenügender Erhitzung oder unzulänglichen Preßdruckes, Nähte bei zersprungenen Formen. Je sehniger und besser das Eisen ist, desto schwerer füllt es beim Pressen die Form aus. Daher nimmt man zur Herstellung von gepreßten Muttern aus flachem Vierkanteisen phosphorhaltiges, im Bruche kristallinisch glänzendes Eisen mit wenig Sehne, das aus einer Rohluppe von 67 % Korn und 33 % Sehne hergestellt wird. 3 bis 4 m lange Stangen werden in einem kleinen, dem Schweißofen ähnlich gebauten Ofen auf 0,5 m Länge bis zur Weißhitze erwärmt und in die Mutternpreßmaschine geführt, wo die Muttern in einer Hitze abgestochen, gepreßt und gelocht werden.

Die Stahlwerkzeuge werden mit Wasser gekühlt, das manchmal auf einen Teil der fertigen, nach dem selbsttätigen Ausstoßen aus der Maschine regellos auf einem Haufen liegenden Muttern gelangt und unbeabsichtigtes Härten herbeiführt. Andere Mängel sind unfertig ausgebildete Muttern, unmittig sitzende Löcher, Nähteildung, verbrannte Muttern.

Die Gewinde der Schrauben und Muttern werden auf Schraubenschneidemaschinen in nur einem Durchgange hergestellt. Die Backen und Bohrer erhalten vorn stumpfe, nach hinten allmählig schärfere Zähne, damit die Schneide nicht zu schnell abgestumpft und reines Gewinde bis zu voller Tiefe erreicht wird. Die Verstellung der Backen erfolgt durch den Unterschied der Geschwindigkeiten zweier, in einander

steckender Wellen, von denen die äußere den Kopf mit der Schneidkluppe enthält, während die innere durch einen Kopf mit schraubenförmig steigender Leitfläche die Backen nach dem Mittelpunkt verschiebt. Ist das Gewinde rein ausgeschnitten, so hört die Verstellung auf. Beim Mutterschneiden tritt an die Stelle der Backen eine Büchse zur Aufnahme des Gewindebohrers.

Mängel sind unsauber geschnittenes Gewinde bei schlechtem Werkzeuge oder zu dünnem Rundeisen. Flußeisen ergibt bei Schmierung mit Seifenwasser im Gegensatz zu Schweißisen graues Gewinde, das heißt ein nicht überall blankes Gewinde mit grauen, ausgebrochen aussehenden Flächen.

Schon bei Besprechung des Formeisens<sup>17)</sup> ist auf die Schwierigkeit der Herstellung genauer Abmessungen eines genau kreisrunden Querschnittes für Rundeisen hingewiesen. Bei der Massenherstellung gelangen die fertig gepreßten Schraubenbolzen wahllos in die Schraubenschneidmaschine, in der die auf einen bestimmten Bolzendurchmesser eingestellten Gewindegewindebacken in den wenigsten Fällen ein allen Ansprüchen entsprechendes Gewinde schneiden, das nur auf einer Drehbank hergestellt werden kann. Man kann auch nicht die Schnittgeschwindigkeit der von 34 bis 50 kg/qmm schwankenden Zugfestigkeit des Schraubenrundeisens anpassen; unsaubere, teilweise ausgerissene Gewinde entstehen daher in großer Menge. Bei den gebräuchlichen Schraubenschneidmaschinen und der üblichen „Emulsion“-Kühlung gibt das Eisen von 40 bis 47 kg/qmm Festigkeit das beste, sauberste Gewinde, am günstigsten sind die Lagen um 44 kg/qmm herum. Da nun die Muttern mit einem sich im Durchmesser wenig ändernden Gewindebohrer geschnitten werden, so passen Schrauben- und Mutter-Gewinde selten mit satterm Gange auf der ganzen Gewindelänge.

Nur bei genau auf Durchmesser kalt gezogenem Rundeisen, das die Ware sehr verteuert, kann genaues Gewinde verlangt werden, doch erhält selbst weichstes Eisen von 33 bis 40 kg/qmm Festigkeit und 30% Dehnung auf 200 mm Länge, kalt gezogen, wegen der Zerrung der an der Oberfläche liegenden Körner stets starke Spannungen, die sich in starker Minderung der Zähigkeit und Erhöhung der Zugfestigkeit äußern.

Sorgfältiges Ausglühen stellt diese Sprödigkeit ab.

Zur Herstellung kalt gewalzten Gewindes für Schraubenbolzen bis 25,4 mm Durchmesser ist ganz weiches Eisen das geeignetste. Auf der Gewindelänge wird der Bolzen erst sauber kreisrund gefräst, so daß genaue Gestalt des Gewindes hier die Regel bildet.

## g. 2) Lieferbedingungen.

Alle Niete müssen in ihren Formen und Abmessungen den maßgebenden Tafeln oder den ausgelegten Mustern entsprechen. Der Niefschaft muß vollkommen kreisrund und rechtwinkelig zur Achse abgeschnitten sein. Der Kopf darf nicht einseitig zum Schafte sitzen und muß vollständig ohne Grat und Falten ausgeprägt sein.

Die eisernen Niete sind aus fehlerfreiem, gut schweißbarem, dichtem und sehnigem Schweißisen, das weder kalt- noch rotbrüchig sein darf, oder aus weichem, im Flammofen erzeugtem, gut schweißbarem Flußeisen herzustellen. Das Eisen, aus dem die Herstellung erfolgen soll, ist im Angebote anzugeben.

17) III. e) S. 121, 122.

Für die Abmessungen der Schrauben und Muttern einschließlich des Gewindes ist die Schraubenliste der preußisch-hessischen Staatsbahnen maßgebend, soweit nicht abweichende Vorschriften, Musterstücke oder Gewindelehren gegeben werden.

Alle Gewinde müssen rein und scharf ausgeschnitten sein. Die mit Gewinde versehenen Muttern müssen auf den zugehörigen Bolzen sanften, dabei festen und gleichmäßigen Gang haben, und dürfen nicht schlottern, müssen sich aber noch von Hand andrehen lassen.

Schrauben und Muttern, die in blanker Ausführung verlangt werden, sind überall sauber nach den vorgeschriebenen Maßen zu bearbeiten.

Für die eisernen Schrauben gelten die oben angegebenen Vorschriften für Niete.

Das Schweißeisen soll bei Stärken bis zu 25 mm einschließlich eine geringste Zugfestigkeit von 38 kg/qmm des ursprünglichen Querschnittes und eine geringste Dehnung von 18 %, bei größeren Stärken 36 kg/qmm und 15 % haben. Flußeisen soll 34 bis 41 kg/qmm Zugfestigkeit und 25 % Dehnung besitzen.

Ein Probestück aus dem Schraubenschaft von der Länge des doppelten Durchmessers soll sich in rotwarmem Zustande auf ein Drittel dieser Länge zusammenstauchen lassen, ohne Risse zu zeigen. Alle Schrauben, deren Gewinde auf der Drehbank geschnitten wird, sind am Ende des Gewindes mit einer runden Eindrehung von Gewindetiefe zu versehen.

Die Köpfe der Schrauben dürfen nicht einseitig zum Schaft sitzen, und müssen mit diesem voll und sauber aus einem Stücke hergestellt sein.

Die eisernen Muttern mit und ohne Gewinde sind aus Schweiß- oder Flußeisen herzustellen und müssen sich kalt mit einem schlanken Dorne um 10 % ihres Lochdurchmessers aufweiten lassen, ohne zu reißen.

Die Art des zu verwendenden Eisens ist im Angebote anzugeben.

Muttern ohne Gewinde sind sauber geschmiedet oder gepreßt zu liefern, dürfen weder einseitig noch schief zu den Endflächen gelocht sein, und sollen sich mit dem zugehörigen Gewindebohrer scharf und vollständig ausschneiden lassen.

Alle Schrauben und Muttern sind gut gereinigt zu liefern.

Eiserne Holzschrauben sind aus sehnigem Schweißeisen oder weichem Flußeisen anzufertigen und müssen in ihren Formen und Abmessungen den maßgebenden Tafeln oder den ausgelegten Mustern entsprechen. Der Schaft soll kegelförmig, das Gewinde sorgfältig und scharfkantig ausgeschnitten sein und an der Spitze schneckenförmig auslaufen. Der Einschnitt darf nicht einseitig und muß ohne Grat, scharf und genügend tief eingeschnitten sein. Die Köpfe müssen mitten auf den Schäften sitzen und sind bei den Schrauben mit vier- oder sechskantigen Köpfen, Schlüsselschrauben, so sauber herzustellen, daß sie weiterer Bearbeitung nicht bedürfen.

### III. h) Draht.

#### h. 1) Herstellung.

Das Walzverfahren ist früher beschrieben<sup>18)</sup>. Außer Runddraht mit Kreisquerschnitt wird Halbrund-, Trapez-, Quadrat- und noch anders geformter Draht hergestellt.

<sup>18)</sup> III. e), S. 121.

Der fertige Walzdraht wird aufgehaspelt und durch Beizen in erwärmter Schwefelsäure mit folgendem Scheuern mit grobem Sande und Wasser in einer umlaufenden Trommel oder auf der Polterbank vom anhaftenden Sinter befreit. Der gereinigte Draht erhält auf der Ziehbank seine genaue Stärke dadurch, daß er von dem Haspel durch die kegelförmige Öffnung einer verstellten Eisenplatte gezogen wird. Die Zugkraft wird durch eine zweite Trommel für den fertigen Draht ausgeübt. Nach der Größe der Ziehlöcher unterscheidet man Grob-, Mittel-, Fein- und Webe-Drahtzug. Nach jedem zweiten bis dritten Zuge wird dem Drahte durch Glühen in dicht geschlossenen Töpfen seine Geschmeidigkeit wieder erteilt, die durch die Bearbeitung verloren gegangen ist.

Die Wirkung der eingeschlossenen Luft bedingt weiteres Beizen, Waschen und Entsäuern in Kalkmilch. Statt durch Säuren reinigt man den Draht von dem Glühspahne auch durch Biegen in besonderen Vorrichtungen.

Zur Erzielung blanker, kupferfarbener Oberfläche wird der gebeizte Draht durch verdünntes Kupfervitriol gezogen.

Zwecks Verzinnung oder Verzinkung leitet man den gebeizten Draht durch ein Zinn- oder Zink-Bad, das durch eine Fettschicht gegen Verbrennen geschützt ist. Zur Erzielung gleichmäßigen Überzuges geht der Draht nach dem Bade durch Abstreifer.

Die verlangte Zugfestigkeit hängt von dem Verwendungszwecke ab. Für große Spannweiten oder hohe Zugkräfte wird Stahldraht verwendet, der bei weichem Kerne bis 220 kg/qmm Festigkeit besitzt.

Die Bestimmung des Durchmesser und hierauf sich gründende Einteilung des Drahtes erfolgt gemäß den Nummern einer mit 0,1 mm geteilten Lehre. Aus dem Drahte werden auf meist selbsttätig wirkenden Sondermaschinen Splinte, Nägel, Holzschrauben und andere Gegenstände hergestellt, auf Webstühlen und Sondermaschinen feine und grobe Drahtgewebe gefertigt.

In großen Mengen dient Draht zur Herstellung von Drahtseilen, zu Umhüllungen von elektrischen Kabeln als Schutz gegen mechanische Zerstörungen und von anderen Erzeugnissen.

## **h. 2) Stoff und Beschaffenheit.**

Der Draht wird selten noch aus Schweißisen, vorherrschend aus Flußeisen Flußstahl, Tiegelstahl mit sehr verschiedenen Festigkeiten hergestellt.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen stellen folgende Anforderungen.

Eisen- und Stahl-Draht muß gleichmäßige Stärke, vollständig kreisrunden Querschnitt und glatte, fehlerfreie Oberfläche haben, zähe sein und sich kalt und warm gut verarbeiten lassen.

Eisendraht ist unausgeglüht zu liefern.

Stahldraht muß sich so härten lassen, daß er ohne spröde oder rissig zu werden gute Federkraft erhält.

Die Splinte sind in ihren Formen und Abmessungen nach den zugehörigen Tafeln oder den ausgelegten Mustern aus zähem Eisen mit vollkommen halbrundem Querschnitte anzufertigen. Die Schenkel müssen sich in kaltem Zustande ohne Nachteil um 180° biegen lassen.

Die Splinte sind sortenweise in Packen von 100 Stück zu liefern, die mit Maßbezeichnungen für den Inhalt zu versehen sind.

Die eisernen Drahtstifte sind in ihren Formen und Abmessungen nach den zugehörigen Tafeln oder den ausgelegten Mustern zu liefern, müssen aus fehlerfreiem, blankem, hart gezogenem Drahte angefertigt, gerade gerichtet sein und gesunde, mitten auf dem Schafte sitzende Köpfe, sowie gute Spitzen ohne Grat oder Splitter haben.

Die Drahtstifte sind sortenweise in den vom Verande deutscher Drahtstiftfabrikanten festgesetzten Packungen zu liefern. Die Pakete müssen mit Aufschrift versehen sein, die deutlich das gewährleistetete Gewicht mit der handelsüblichen Packung, die Millimeternummer und Länge der Stifte einschließlich des Kopfes in Millimetern angibt.

Die Preise werden nach dem Bruttogewichte der Pakete berechnet.

Die Bezeichnung der Drahtstifte geschieht in Bruchform; 4,2/90 bedeutet Drahtstifte von 4,2 mm Stärke und 90 mm Länge.

Die handelsübliche Packung gibt für die einzelnen Stiftgrößen Gewichte an, unter denen nicht gepackt wird.

Die verzinkten oder verzinneten eisernen Drahtstifte und Decknägel müssen den Vorschriften für eiserne Drahtstifte sinngemäß genügen und fehlerfreien, gleichmäßig starken, fest haftenden Zink- oder Zinn-Überzug besitzen. Anlieferung und Packung der Decknägel muß übereinstimmend mit der der eisernen Drahtstifte erfolgen.

Eisendrahtgewebe und Drahtgeflecht für Funkenfänger sind aus ausgeglühtem Drahte herzustellen und müssen gleichmäßig und sauber gearbeitet sein.

Das in den verschiedensten Maschenweiten und Drahtstärken hergestellte Gewebe wird nach Nummern bezeichnet, die sich nach der Anzahl der Öffnungen auf den rheinischen Zoll, 26 mm, richten.

### **III. i) Rohre, Rauch-, Heiz-, Siede- und Rohre für Heiz- und Brems-Leitungen.**

#### **i. 1) Herstellung.**

Leitungen für Wasser, Gas, Dampf- und Wasser-Heizung bis 30 mm lichter Weite werden aus dünnem Flacheisen durch Zusammenrollen vorbereitet. In langen, niedrigen, neuerdings meist mit Gas oder Ölgas geheizten Öfen erhalten die 4 bis 6 m langen Streifen Schweißhitze und werden wiederholt auf der Ziehbank durch einen Trichter (Textabb. 71) gezogen, wobei die Längskanten der Streifen stumpf gegen einander gepreßt und zusammen geschweißt werden. Soll die Schweißnaht sehr gut sein, so wird die Schweißung durch Walzendruck über einem Dorne vollendet. Auf den letzten Schweißzug folgt noch ein Zug ohne weitere Erwärmung, um genauen äußern Durchmesser zu erhalten. Nach dem Erkalten wird das Rohr gerichtet auf Länge geschnitten und mit Wasserdruck auf Dichte und Schweißgüte geprüft.

Bei überlappt geschweißten Rohren muß wegen der großen Schweißfläche in der Überlappung viel größerer Walzendruck angewendet werden. Die Rohrstreifen werden nach vorheriger Abschrägung der Kanten durch Hobeln oder Walzen rot

warm durch den Trichter gezogen und in einem Walzwerke über dem Dorne geschweißt. Weiter wird wie oben verfahren, und das genaue Maß durch Ziehen durch den Hartgußring hergestellt. Größere Rohre werden gleich auf richtigen Durchmesser gewalzt und auf besonderen Schrägwalzwerken gerade gerichtet und gerundet. Überlappt geschweißte Rohre stellt man von 30 bis 400 mm äußern Durchmesser her.

Bei schraubenförmig geschweißten Rohren wird ein Blechstreifen schraubenförmig gewickelt und an den überlappten oder stumpf gestoßenen Kanten mit Wassergas geschweißt. Dies Verfahren wird besonders zur Herstellung dünnwandiger Rohre, bei denen allein die Schweißung zuverlässig gelingt, von 150 bis 600 mm Weite und großer Länge angewendet.

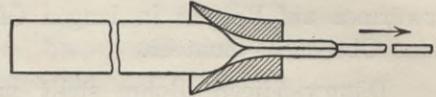
Rohre über 600 mm Weite und Kesselflammrohre werden aus entsprechend geschnittenen Blechplatten hergestellt, die auf Blechbiegemaschinen so gebogen werden, daß sich die Längskanten überlappen. Die Überlappung wird streckenweise mit Wassergas oder Azetylen und Sauerstoff auf Schweißhitze gebracht und durch selbsttätig schnell gehende Hämmer fortlaufend geschweißt, wobei das Rohr auf einem langen Amboßhorne liegt. Das ganze Rohr wird dann zur Beseitigung der Schweißspannung ausgeglüht, noch glühend auf langen Walzen unter nicht zu hohem Drucke rund gewalzt, noch rotwarm von den Walzen entfernt und langsam erkalten gelassen. Wellrohre werden nach dem Schweißen rotwarm auf entsprechend geformten Walzen hergestellt und behandelt, wie eben angegeben ist.

Für diese Verfahren muß zur Erzielung sicherer Schweißung sehr weiches Flußeisen oder zähes, gutes Schweißisen verwendet werden.

Nahtlose Rohre von großer Zugfestigkeit und ohne merkliche Schweißbarkeit werden aus dem vollen Metallblocke gewalzt, um neben geringem Gewichte hohe Widerstandsfähigkeit zu erzielen.

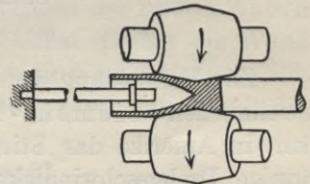
Nach dem Mannesmann-Verfahren erfolgt das Walzen von Rohren aus vollen Rundstäben oder gegossenen Rundblöcken, die sorgfältig auf kleinste Oberflächenfehler geprüft sind, auf dem Schrägwalzwerke. Dieses besteht aus zwei oder drei kegelstumpfförmigen Walzen, deren Achsen sich unter einem spitzen Winkel kreuzen (Textabb. 72). Bei der Drehung dieser Walzen wird der zwischen sie eingeführte, hoch erhitze, runde Block um seine Längsachse gedreht und gleichzeitig vorwärts bewegt, macht also eine Schraubenbewegung; er wird durch fest liegende Führungen in bestimmter Lage zwischen den Walzen gehalten. Hierbei werden aber nur bei durchaus gleichmäßiger Erwärmung des Blockes die äußeren Metallschichten gleichmäßig stark über die mittleren gezogen, wobei der Kern entsprechend zurückbleibt. Die Bildung des auf diese Weise entstehenden Rohres wird erleichtert durch einen zwischen den Walzen fest gelagerten, drehbaren Dorn, auf den sich das entstehende Rohr schiebt. Dieser Hohlkörper wird oft noch in derselben Hitze im Pilgerschritt-Walzwerke

Abb. 71.



Rohrschweißen auf der Ziehbank.

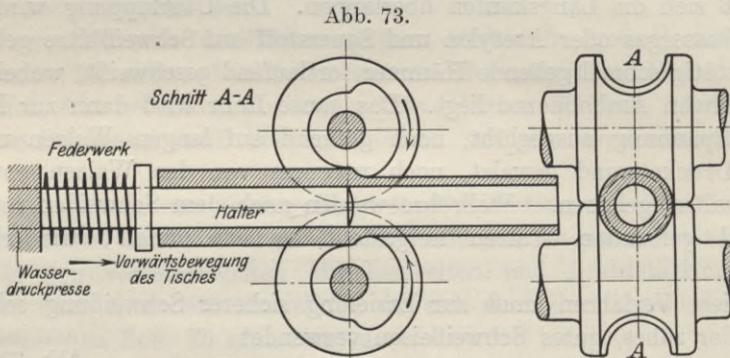
Abb. 72.



Grundgedanke des Walzwerkes von Mannesmann.

über einen Dorn zum fertigen Rohre ausgewalzt. Die Walzen sind nach Textabb. 73 geformt, und wirken durch stoßweises Ausstrecken wie ein Schmiedehammer auf das Walzgut ein, das hierbei eine größere Vor- und kleinere Rück-Bewegung macht, ähnlich dem Pilgerschritte von Echternach. Bei jedem Vorschieben um etwa 15 bis 20 mm dreht sich das Rohr zur Vermeidung der Bildung einer Längsnaht um 30°. Zur Erzielung guten Aussehens gibt man dem Rohre schließlich nach Erwärmen auf Rotglut in langen Öfen einen Warmzug, wobei eine glatte, tiefblaue Oberfläche entsteht.

Dünnwandigere Rohre stellt man durch Kaltziehen über den Dorn oder eine polierte Dornstange her; die Kaltzugwirkung wird durch Ausglühen beseitigt. Nur sorgfältigst ausgesuchter, sehr gleichmäßiger Stoff von hoher Festigkeit und Zähigkeit ohne Lunker und Seigerungen kann die Verarbeitung im Schräg- und Pilgerschritt-Walzwerke ohne Schädigung aushalten. Rohre von 50 bis 300 mm Durchmesser und 12 bis 15 m Länge werden nach dem geschilderten Verfahren hergestellt. Auf der Warmziehbank werden der Weite nach veränderliche Rohre gefertigt.



Grundgedanke des Pilgerschritt-Walzwerkes.

Zur Vermeidung der Beanspruchung auf Verwinden und um die Verwendung gewöhnlichen Siemens-Martin- und Thomas-Eisens möglich zu machen, dient in Amerika das Stiefel-Schrägwalz-Verfahren. Der Block erhält eine gleichförmige Drehgeschwindigkeit in allen Teilen, die mit dem Walzwerke in augenblicklicher Verbindung stehen.

Bei dem Ehrhardt-Verfahren wird ein Block quadratischen Querschnittes in heller Rotglut in eine runde Form eingelegt und durch einen eingetriebenen walzenförmigen Dorn so ausgeweitet, daß der durch diesen verdrängte Stoff die leeren Kreisabschnitte zwischen Block und Form grade ausfüllt, wobei der volle Boden, durch einen Strahl kalten Wassers gefestigt, erhalten bleibt. Der so vorgepreßte Hohlkörper wird noch in derselben Hitze auf einem Dorne durch eine Reihe hinter einander liegender, immer enger werdender Ziehringe auf den gewünschten Durchmesser und die verlangte Wandstärke gezogen, die 3,5 bis 4 mm betragen kann. So werden mit Boden versehene Hohlkörper aller Art, wie Gasflaschen für hohe Spannung, Zylinderböden, Geschosse und andere Teile hergestellt. Nach Abtrennen des Bodens können Rohre über einen Dorn gewalzt werden, wie früher beschrieben ist.

Die Herstellung nahtloser Kesselschüsse erfolgt bei gelochten Blöcken durch gleichzeitiges Arbeiten von außen und innen wirkender Walzenpaare. Bei Verringerung der Wandstärke auf die gewünschte Dicke wird gleichmäßig der Durchmesser vergrößert, wie beim Radreifenwalzwerke.

Eiserne Hohlmaste mit zwei Längsrippen werden aus hohlen, innen mit Graphit bestrichenen Blöcken hergestellt, die auf Walzwerken bei 900° C zu langen Streifen ausgewalzt sind.

Die Walzenform wird durch langsames Einpressen eines Dornes in den Graphitspalt des Streifens nachher wieder hergestellt.

### i. 2) Lieferbedingungen.

Stumpf geschweißte Wasser- und Gas-Rohre von 3 bis 76 mm, auch für Heizungen und Dampfleitungen, werden vielfach noch aus Puddelschweißeisen der Güte „best“ hergestellt. Die Gasrohre werden bis zu 12 at, die Wasserleitungsrohre mit 150 % des Betriebsdruckes geprüft.

Rohre für Dampfleitungen, Heizungen, Rohrschlangen und dergleichen werden nach den Bestimmungen des „Verbandes deutscher Zentralheizungs-Industrieller“ aus Rohrstreifen von Puddelschweißeisen der Güte „best“ hergestellt und einem Probedrucke von 50 at, für Rohrschlangen von 100 at ausgesetzt.

Vorwiegend wird zur Rohrherstellung gut schweißbares, weiches Flußeisen verwendet, für einige Rohrarten ist im Flammofen oder Elektroofen erzeugtes Flußeisen vorgeschrieben. Man verlangt, daß die Rohre möglichst kreisrund, nach dem Auge gerade gerichtet und gerade abgeschnitten sind, möglichst glatte innere und äußere Oberfläche haben, keine Schiefer, Risse oder andere schädliche Fehler aufweisen.

Von der Herstellung herrührende Wellenbildungen im Stoffe, die sich als geringfügige Erhöhungen kenntlich machen, rauhe Stellen im Rohre als Folge von Rissen in den Walzen, hervorgerufen durch das kalte Bespritzen der heißen Walzen, geringe Vertiefungen oder Längsriefen, wenn an diesen Stellen die für die Wanddicke gestatteten Untermaße nicht unterschritten werden, sind zu gestatten.

Der Verein deutscher Eisenhüttenleute setzt weiter noch folgende Bedingungen fest:

#### 1) Rohre für Landdampfkessel.

Das zu den Rohren verarbeitete Flußeisen soll im Siemens-Martin- oder Elektro-Ofen erzeugt und gut schweißbar sein.

#### Prüfung und Abnahme.

Zur Vornahme der Stoffprüfung dürfen höchstens 2% der abzunehmenden Rohre verbraucht werden. Die Probestücke sind den Enden der Rohre zu entnehmen. Entspricht das Ergebnis der Prüfung den gestellten Anforderungen nicht, so muß eine zweite Prüfung vorgenommen werden. Genügt auch diese nicht, dann darf das Loos zurückgewiesen werden.

Die Rohre sind einem Probedrucke von 40 at zu unterziehen und unter diesem Drucke abzuhämmern.

Zur Feststellung der Güte der Rohrstoffes sind folgende Proben vorzunehmen. Die Versuchstücke sind kalt abzutrennen und kalt zu bearbeiten. Sind

Probestücke gerade zu richten, so muß das in Rotwärme unter nachträglichem Ausglühen erfolgen.

**Aufweiteprobe.** Die Rohre sollen sich kalt auf 30 mm Länge aufweiten lassen, und zwar: bei Wanddicken bis 4 mm um 10% des innern Rohrdurchmessers, bei Wanddicken bis 6 mm um 6%. Rohre über 6 mm Wandstärke unterliegen bezüglich der Aufweiteprobe besonderen Abmachungen. Das Aufweiten muß mit einem oder zwei Kegeldornen mit Hammer oder Presse erfolgen.

**Börtelprobe.** Die Rohrenden müssen sich kalt nach außen umkrepfen lassen, und zwar für alle Rohrdurchmesser und für alle Wandstärken bis zu 6 mm um 90° mit einer Börtelbreite = 12% des innern Rohrdurchmessers. Bei allen Rohren über 6 mm Wandstärke fällt die Börtelprobe fort.

**Härtbiegeprobe.** Streifen von geeigneter Länge, in der Längsrichtung der Rohre herausgeschnitten, müssen sich bei Rohren bis zu 6 mm Wandstärke um 180° mit einem innern Halbmesser gleich der Blechdicke biegen lassen, bei Rohren über 6 mm Wandstärke muß dieser innere Halbmesser gleich 150% der Blechdicke sein. Der Streifen darf keine Anbrüche zeigen.

#### Spielraum für Abmessungen und Gewicht.

Die Rohre dürfen die nachstehenden Grenzen nicht überschreiten.

- a) Länge:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Minderlänge . . . . .} \quad 0 \text{ mm} \\ \text{bei Rohren bis 3 m Länge .} \quad + 10 \text{ mm} \\ \text{darüber hinaus . . . . .} \quad + 15 \text{ mm} \end{array} \right.$
- b) äußerer Durchmesser:  $\pm 1\%$ , mindestens  $\pm 0,5$  mm
- c) Gewicht:  $\left\{ \begin{array}{l} \pm 10\% \text{ für das einzelne Rohr} \\ \pm 5\% \text{ für die ganze Lieferung.} \end{array} \right.$
- d) Die vorgeschriebene Wanddicke soll an keiner Stelle um mehr als 20% unterschritten werden.

#### 2) Nahtlose und überlappt patentgeschweißte Rohre für Dampfleitungen, Heizungen, Rohrschlangen, Ölleitungen.

##### Herstellung.

Für die überlappt geschweißten Rohre ist gut schweißbares Flußeisen zu verwenden.

##### Prüfung und Abnahme.

Die Rohre sind mit dem doppelten Betriebsdrucke, oder nach besonderer Vereinbarung zu prüfen.

#### Spielraum für Abmessungen und Gewicht.

- a) Länge:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Minderlänge . . . . .} \quad 0 \text{ mm} \\ \text{bei Rohren bis 3 m Länge} \quad + 10 \text{ mm} \\ \text{darüber hinaus . . . . .} \quad + 15 \text{ mm} \end{array} \right.$
- b) äußerer Durchmesser:  $\pm 1\%$ , mindestens aber  $\pm 0,5$  mm, äußerer Durchmesser bei Rohren über 200 mm  $\pm 1,5\%$

- c) Gewicht:  $\left\{ \begin{array}{l} \pm 10\% \text{ für das einzelne Rohr} \\ \pm 5\% \text{ für die ganze Lieferung.} \end{array} \right.$
- d) Die vorgeschriebene Wanddicke soll höchstens um 20% unterschritten werden.

### 3) Rohre für Wasser und Gas bis 102 mm Weite.

Gasrohre sind mit 12 at, Wasserrohre mit dem doppelten Betriebsdrucke zu prüfen.

Bei Feststellung der Länge wird die aufgeschraubte Muffe zur Hälfte mitgemessen.

### 4) Mit Wassergas oder im Koksfeuer geschweißte Rohre.

Die Rohre sind aus gut schweißbarem Siemens-Martin-Flußeisen aus Blechen der Güte von Kessel-Feuerblech oder Mantelblech herzustellen.

Die Festigkeit der Schweißnaht soll bei überlappter Schweißung 85 bis 90% der des Bleches, die Dehnung muß 50% der des Bleches betragen.

### Abnahme.

Die endgültige Abnahme geschieht im Werke des Lieferers, wobei nur die sachlichen Kosten von diesem zu tragen sind. Falls nicht ausdrücklich andere Vereinbarungen getroffen sind, werden die Rohre in Gegenwart des Abnehmers auf 150% des Betriebsdruckes, und zwar nur einmal während der Zeitdauer von etwa 5 Minuten unter gleichzeitigem Abhämmern mit dem Handhammer gepreßt. Rohre, die sich bei der Druckprobe als undicht erweisen, werden nach dem Nachschweißen einer abermaligen Druckprobe unterworfen. Zerreißproben werden im Allgemeinen den für die Herstellung bestimmten Blechen entnommen. Falls Proben von fertigen Rohren entnommen werden, gehen die Kosten zur Wiederherstellung dieser Rohre zu Lasten des Bestellers; genügen diese Proben nicht, so sind weitere auf Kosten des Lieferers vorzunehmen. Im Allgemeinen sollen jedoch nicht mehr als 1% der Zahl der geraden Rohre zu Proben verwendet werden. Formstücke werden nur der Druckprobe unterworfen.

### Spielraum für Abmessungen und Gewicht.

Bei der Gewichtsberechnung ist das rechnerische Gewicht mit 8 kg/qm bei 1 mm Dicke einzusetzen. Auf die errechneten Rohrgewichte muß ein Spielraum von mindestens 5% nach oben, von 3% nach unten zugestanden werden.

Für den Spielraum in der Wandstärke sind die Vorschriften für Bleche maßgebend. Die Schweißnaht darf stellenweise bis 10% schwächer sein, als das ungeschweißte Blech in seiner geringst zulässigen Stärke.

### Spielraum in den Durchmessern.

Glatte Rohre ohne Muffen. Der gestattete Spielraum im Durchmesser D nach oben und unten ist  $x = 0,005 D + 3 \text{ mm}$ . Auf besonderes Verlangen können diese

Spielräume, an den Enden der Rohre auf etwa 200 mm Länge gemessen, bis auf die Hälfte vermindert werden.

Muffenrohre. Der Spielraum im Durchmesser beträgt nach oben 0,004 D, nach unten 0,005 D für das Spitzende; für das Muffenende beträgt der Spielraum im Stemmhalse gemessen + 0,01 D. Für den übrigen Teil des Rohres gelten die Bestimmungen für glatte Rohre.

Rundung der Rohre. Mit Rücksicht auf die Durchfederung der Rohre ist ein Höchstunterschied zwischen dem größten und kleinsten Durchmesser gestattet, der nach  $0,015 D + 30:s$  berechnet wird, worin D die Weite, s die Wandstärke in mm bedeutet.

Länge der Rohre. Auf besonderes Verlangen soll der Spielraum  $\pm 10$  mm bei Rohren bis 5 m Länge, bei solchen über 5 bis 10 m Länge  $\pm 15$  mm, über 10 bis 15 m  $\pm 20$  mm, über 15 m  $\pm 25$  mm betragen.

#### Spielraum bei Krümmern und Formstücken.

Für Muffenkrümmer beträgt der zulässige Spielraum in den Schenkellängen  $\pm 100$  mm, in den Winkelabmessungen  $\pm 2^\circ$ .

Für Flanschenkrümmer ist der Spielraum in den Schenkellängen  $\pm 50$  mm, in den Winkeln  $\pm 2^\circ$ .

Für sonstige Formstücke unterliegt der Spielraum besonderer Vereinbarung.

Anzahl der Rundnähte für Regelkrümmer bis  $35^\circ$  eine, bis  $60^\circ$  zwei, über  $60^\circ$  bis  $90^\circ$  drei, darüber hinaus entsprechend mehr.

Der Spielraum im Gewichte für Formstücke beträgt gegenüber den rechnerisch ermittelten Gewichten  $\pm 25\%$ .

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen stellen die folgenden Anforderungen.

#### Heiz- und Leitungs-Rohre für Luftdruckbremsen und Dampfheizung.

Das Eisen soll besonders weiches und gut schweißbares, basisches Martin-Flußeisen sein.

Die Rohre müssen nahtlos hergestellt sein, innen und außen eine glatte, fehlerfreie Oberfläche haben, genau kreisrund und gerade gerichtet sein, sowie überall gleichen Durchmesser haben. Abweichungen von der verlangten Wandstärke sind bis höchstens  $\pm 0,3$  mm zulässig.

Die Rohre sollen einem innern Probedrucke von 25 at widerstehen, ohne Undichtheiten oder sonstige Fehler zu zeigen; ihre Enden müssen eben und rechtwinkelig zur Längsachse sauber abgeschnitten sein.

Die Heizrohre müssen sich kalt, unausgeglüht durch Eintreiben von Dornen um 3 mm aufweiten lassen, ohne beschädigt zu werden. Bei dem zur Befestigung im Kessel nötigen Aufdornen, Anstauchen und Umbörteln dürfen sie nicht reißen oder sonst beschädigt werden.

Die Heizrohre werden außerdem folgender Härtsbiegeprobe unterzogen. Aus jedem zu prüfenden Rohre ist in der Längsrichtung ein Streifen von etwa 200 mm Länge herauszuschneiden, warm gerade zu richten und auf 40 mm Breite zu bearbeiten. Die Kanten sind leicht zu brechen. Der Streifen wird kirschrot warm

gemacht, darauf in Wasser von 28 bis 30° C abgekühlt. Hierauf muß sich der Streifen um 180° biegen und ganz zusammen schlagen lassen, ohne Risse zu zeigen.

Die Leitungsrohre für Luftdruckbremsen und Dampfheizung müssen sich kalt und warm gut bearbeiten lassen, ohne daß sich Fehler zeigen; besonders müssen sie sich rotglühend, mit Sand gefüllt, um einen Dorn von der Stärke des äußern Durchmessers bis zum rechten Winkel biegen lassen, ohne daß sich hierbei Risse oder Anbrüche zeigen.

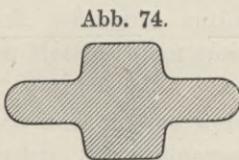
Die von anderen Eisenbahn-Verwaltungen gestellten Anforderungen weichen wenig hiervon ab.

### III. k) Geschmiedete Rad-Sterne und -Scheiben.

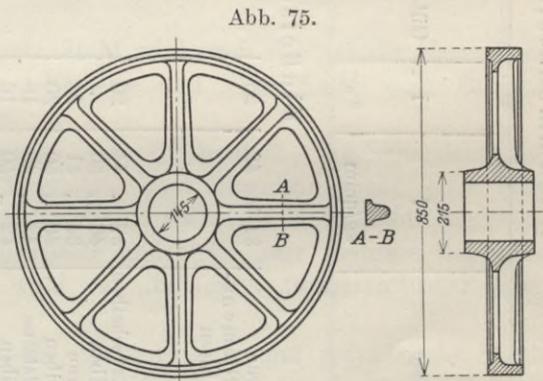
#### k. 1) Herstellung<sup>19)</sup>.

Neuerdings fertigt die „Rheinische Metallwarenfabrik“ in Düsseldorf aus einem Stücke geschmiedete, nahtlose Speichenräder.

Das Ausschmieden des runden Blockes (Textabb. 74) kann mit dem Dampfhammer oder der Presse geschehen. Gleichzeitig erfolgt die Ausbildung der einseitigen Rippen nach Textabb. 75. Durch nachfolgendes Walzen erhalten die Speichen und der Unterreifen ihre volle Form, worauf die Flächen zwischen den Speichen mit einer Presse ausgestanzt werden. Geringes Nachdrehen des Reifens und Ausbohren des ausgestoßenen Nabenloches stellen das Speichenrad fertig.



Block für einen Radstern.



Maßstab 1:20. Geschmiedeter Radstern.

Zu den Vorzügen des Speichenrades treten hinzu: gute Durcharbeitung des Stoffes beim Schmieden, Fehlen von Schweißstellen, Leichtigkeit, erhöhte Festigkeit und Zähigkeit wegen Verwendung von Martin-Flußeisen.

#### k. 2) Lieferbedingungen.

Bezüglich des Aussehens, der Anzahl der Proben, des Umfanges der Prüfung wird auf den Abschnitt III. b. 2), S. 75, „Flußeisenformguß“ verwiesen, die Stoffgüte legt Zusammenstellung XXV fest.

<sup>19)</sup> Band I, 1. Auflage, S. 537; 2. Auflage, S. 204 und 818; 3. Auflage, S. 379.

Zusammenstellung XXV.

Verwaltung	Erzeugnisse	f kg/qmm	l %	Güte-ziffer	Bemerkungen	Zahl der Proben % der zu liefernden Stücke	Schlag- moment kgm	Fallhöhe m	Durch- biegung mm
<b>Flußeisen.</b>									
Baden . . . . .	Radsterne aus basischem Siemens- Martin-Eisen	34 bis 42	25		L = 100 mm bis 150 mm	2	300 400 500 600 700 800	1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0	
Reichseisenbahnen . . . . .	Radsterne und Radscheiben	37 „ 44	20		L = 200 Regelstab	2	3000		12
Lübeck-Büchen . . . . .	Radscheiben	40 „ 50	—		L = 200	2			
Preußen . . . . .	Radsterne	34 „ 41	25		„	1			50
	Radscheiben	40 „ 50	20		„	2	1000 bis 3500		50
Ausgig-Teplitz . . . . .	Tender-Radsterne	42 „ 45	18			2	1000 bis 3500		50
„ . . . . .	Radscheiben	42 „ 50	18			6 bis 12	6000		
Österreichische Staats- bahnen . . . . .	Radscheiben	42 „ 50	18						
Niederländische Staats- bahnen . . . . .	Radscheiben	40 „ 50	20						
<b>Schweißeisen.</b>									
Preußen . . . . .	Tender- und Wagen- Radgestelle	≥ 34	12						
Reichsland . . . . .	Radsterne	35							
Baden . . . . .	„	34	15		L = 200 mm	2			
Bulgarien . . . . .	„	35							
Italienische Südbahn . . . . .	„	34	14						
Rumänien . . . . .	„	32	12						
Rußland . . . . .	„	31	12						
Ungarn . . . . .	„	32	30		2f + l = 80				

Für die Schlagprobe mit Radgestellen geben die rumänischen Bahnen folgende Vorschrift:

Radgestelle werden mit dem Kranze auf eine ringförmige Unterlage gelegt und mit dem Dampfhammer bis zur vollständigen Zerstörung auf die Nabe geschlagen. Diese Nabe wird nachher mit einem Kegeldorne gesprengt. Die Bruchflächen dürfen keine Schweißfehler oder sonstige Mängel aufweisen.

## B. IV) Stahl.

Bearbeitet von **Halfmann**.

### IV. a) Begriff und Einteilung.

Es gibt keine strenge Unterscheidung zwischen Eisen und Stahl. In Deutschland wird durch Übereinkunft jedes schmiedbare Eisen der Zugfestigkeit  $\leq 50$  kg/qmm als Stahl bezeichnet.

Die Stahlerzeugung erfolgt in festem oder in flüssigem Zustande. Der ähnlich dem Puddeleisen im Schweißherde erzeugte Schweißstahl hat an Bedeutung verloren, an seine Stelle sind die weichen Thomas- und Martin-Stahlarten getreten.

Der in flüssigem Zustande erzeugte Stahl wird nach der Art der Herstellung Bessemer-, Thomas-, Martin-, Elektro- und Tiegel-Stahl, oder Birnen-, Flammofen- und Tiegel-Stahl genannt.

Je nach den Zusätzen unterscheidet man: Kohlenstoff-, Silizium-, Mangan-, Nickel-, Chrom-, Wolfram-, Titan-, Molybdän- und Vanadium-Stahl, oder auch einfache und gemischte Stähle. Einfache Stähle enthalten Kohlenstoff als Härtebestandteil, gemischte enthalten Kohlenstoff und eines oder mehrere der oben genannten Metalle, man spricht dann wohl von „binären“, „ternären“ oder „quaternären“ Stählen.

Nach dem Gefüge werden perlitische, martensitische und polyedrische Stähle unterschieden, Bezeichnungen, die im Abschnitte IV. c. 1), S. 152, „Gefüge“ erklärt werden.

Nach dem Gebrauchszwecke werden Schienen-, Achsen-, Radreifen-, Werkzeug-Stahl und andere unterschieden.

#### a. 1) Bessemer- und Thomas-Stahl.

Die unmittelbare Herstellung des gewollten Stahles aus der Birne ist nicht üblich, da es bei der Schnelligkeit der Entkohlung, der verschiedenen Zusammensetzung des Eisens, der verschiedenen Wärme der einzelnen Hitzen und aus anderen Gründen schwierig ist, den geeigneten Kohlungsgrad mit Sicherheit festzuhalten, indem man das Blasen rechtzeitig plötzlich einstellt. Man entkohlt daher vollständig, und setzt den erforderlichen Kohlenstoff in Spiegeleisen oder Ferromangan, wie bei der Erzeugung von Flußeisen, wieder zu.

Bei dem Thomas-Verfahren wendet man bei höher gekohltem Stahle, der keinen allzu hohen Mangangehalt besitzen soll, in einigen Werken das Darby- und Düdelinger-Verfahren der Rückkohlung an, indem man dem fertig geblasenen Eisen, dessen Eisenoxydulgehalt bereits durch Manganzusatz zerstört ist, Kohlenstoff in Form von fein gemahlenem Anthrazit oder Kohlenziegeln mit etwas Kalkzusatz beimengt, der sich rasch und ziemlich vollständig auflöst.

### a. 2) Martinstahl.

Im Siemens-Martin-Ofen mit basischem oder saurem Futter wird unmittelbar Stahl erzeugt, da bei der Langsamkeit des Vorganges genau der Zeitpunkt abgepaßt werden kann, in dem der verlangte Kohlenstoffgehalt vorhanden ist. Durch Zusätze kann man die verschiedenen Sonderstähle erzeugen.

### a. 3) Zement- und Tiegel-Stahl.

Die bereits seit 1740 bekannte Bereitung des Tiegelgußstahles, die in höchster Vollendung beispielsweise die Aktien-Gesellschaft Krupp in Essen betreibt, verwendet Rohstoffe von ganz bestimmter Zusammensetzung, die in einem mit Ton gemagerten Graphittiegel unter Luftabschluß geschmolzen werden. Der früher allgemein allein gebräuchliche Einsatz ist Zementstahl, dessen Herstellung auch im Eisenbahnbetriebe wegen der Kohlung beim Oberflächen- oder Einsatz-Härten von Bedeutung ist.

#### 3. a) Zementstahl, Oberflächen- und Einsatz-Härten.

Der Zementstahl wird durch längeres Glühen von 10 bis 20 mm starken, 50 bis 100 mm breiten Stäben aus gutem Schweißisen oder kohlenstoffarmem, gutem, weichem Flußeisen durch Einwanderung des Kohlenstoffes in das Eisen gewonnen.

Die Eisenstäbe werden lagenweise in große, 15 bis 28 t fassende, gemauerte Kisten zwischen erbsengroße Holzkohlenstückchen gepackt, so daß jeder Stab allseitig von Holzkohlen umgeben ist. Der Kisteninhalt wird etwa 18 bis 24 Tage mit 1000° C geglüht und in 10 Tagen abgekühlt. Hierbei tritt der Kohlenstoff der Holzkohle allmähig bis in das Innerste der Stäbe in das Eisen ein. Die Menge des aufgenommenen Kohlenstoffes schwankt von 1,8 bis 0,8% und wächst mit steigender Wärme und der Glühdauer, fällt mit der Dicke des zu kohlendenden Stückes. Das Gefüge ist grau und grob kristallinisch, auf der Oberfläche wegen Spaltung des Eisenoxydes bei Schweißisen blasig, „Blasenstahl“. Die Stäbe werden gebrochen und nach dem Bruchkorne geordnet.

Schweiß-, Gärb- oder „Raffinier“-Stahl nennt man den durch Zusammenschweißen der Stücke ähnlich wie Schweißisen, durch Paketieren, Hämmern oder Walzen zur Entfernung der Schlacke und Hervorbringen gleichmäßiger Beschaffenheit erhaltenen Stahl.

Das Einsatz- oder Oberflächen-Härten beruht auch auf Einwanderung von Kohlenstoff in weiches, kohlenstoffarmes Eisen; es dient dazu, fertige Gegenstände verschleißfester zu machen. Gleitschienen, Schwingen, Schwingensteine, Bolzen, überhaupt Teile, die bei hin- und hergleitender Bewegung starker

Abnutzung unterliegen, werden mit Holz- oder Leder-Kohle von Erbsengröße in eiserne Kästen oder Muffeln verpackt und luftdicht abgeschlossen.

In besonderen Einsatz- oder Härt-Öfen werden die Stücke 18 bis 24 Stunden, Gleitschienen noch länger, mit etwa 900° geglüht. Ist die Dicke der kohlenstoffreicher gewordenen Schicht, 1 bis 2 mm, an einem mit eingelegten Probestabe genügend befunden, so werden die einzelnen Stücke noch rotglühend, am bestem in aufquellendem, reinem Wasser gehärtet.

Andere ziehen vor, die Teile erst erkalten zu lassen, und sie dann nach nochmaligem Erwärmen über die Umwandlungsstufe abzuschrecken. Beim Einsatzhärten von fertigen Teilen ist darauf zu halten, daß die Wärme möglichst gleichmäßig um 900° herum gehalten wird, da bei zu hoher Wärme leicht am groben Korne im Innern des Bruches erkennbare Sprödigkeit eintritt, bei zu niedriger Wärme die Kohlenstoffwanderung verzögert oder unterbunden wird. Kohlenstoff abgebende Mittel, wie Blutlaugensalz, Hornspäne den Holzkohlen beizumengen hat wenig Wert; die Mischung von 50% gekörnter, frischer Holz- und Leder-Kohle mit 50% gebrauchter Härtkohle, gutes Einbetten der Schmiedeteile in Härtmasse und vor allem luftdichtes Verschließen und gleichmäßige Wärme sichern gutes Härten. Die zum Bestreuen und Abbrennen bestimmten Härtmittel sind für die genannten Schmiedeteile wertlos, da die durch sie erzeugte Härtschicht höchstens ein Bruchteil eines Millimeters dick ist, und durch Abschleifen verschwindet.

### 3. β) Tiegelstahl.

Die nach ihrem Bruchaussehen geordneten, gekohlten Eisenstäbe, oder neuerdings auch chemisch reiner Martin- und Bessemer-Stahl, in Tiegelform gegossen, und Abfälle bekannter Zusammensetzung werden mit geeigneten anderen Rohstoffen, wie schwedischem Eisen, nach bestimmten Gewichtsverhältnissen in Tiegel gefüllt und in Tief- oder Martin-Öfen geschmolzen.

Hierbei werden aus der Tiegelwandung Kohlenstoff und Silizium aufgenommen, das auf der Oberfläche der Einsatzteile als Walzsinter haftende Eisenoxydul tritt ebenfalls in Wechselbeziehung zu dem Inhalte, so bildet sich eine auf der Oberfläche des Inhaltes schwimmende Schlacke. Von dem Verlaufe des Garens im Tiegel überzeugt man sich durch Prüfen des an einer durch den Tiegeldeckel gestoßenen Eisenstange haftenden Eisens.

Mittels großer Zangen werden die einzelnen Tiegel nach erfolgtem Garen aus dem Ofen geholt, in eine vorgewärmte Pfanne gegossen und in Block- oder andere Formen entleert. Der Inhalt eines Tiegels ist 50 bis 90 kg; 40, 60 und mehr Tiegel füllen einen Ofen. Eine Schmelzung dauert 6 bis 7 Stunden. Durch Zusätze erhält man die verschiedenen Sonderstähle.

Es ist fraglich, ob jeder im Tiegel erzeugte Stahl aus festem oder flüssigem Einsatze als Tiegelstahl zu bezeichnen ist. Ledebur führt aus, daß vorzüglicher Tiegelstahl nur durch Schmelzen reinen Schweiß- oder Zement-Stahles zu erlangen ist.

Es ist nur eine Veredelung gewöhnlichen Bessemer- oder Martin-Stahles, wenn dieser im flüssigen Zustande in Tiegel gefüllt und im Tiegelschmelzofen 30 Minuten oder länger flüssig gehalten wird. Hierbei werden die Oxyde teils ausgeschieden, teils durch den Kohlenstoffgehalt der Tiegel zerlegt, gelöste Gase können aus dem Stahle entweichen und der Rohstahl wird von allen schädlichen Aufnahmen gereinigt.

Auch kann im Martin-Ofen umgeschmolzener Tiegelstahl aus Abfällen von Tiegelstahl unter Zusatz des besten Sonder-Roheisens zur Herstellung großer Güsse nicht als Tiegelstahl bezeichnet werden, da die Herstellung unter ganz anderen Bedingungen erfolgt, als im geschlossenen Tiegel, wo der Inhalt der unmittelbaren Berührung der Flammengase entzogen ist.

### a. 4) Elektrostahl.

#### 4. a) Die elektrischen Öfen.

Die Herstellung von Elektrostahl liefert in der jetzigen Stufe der Entwicklung eine Ergänzung der bekannten Stahlarten, sie dient vorwiegend zur Verbesserung des Birnen- und Flammofen-Stahles. Die Erzeugung von Stahl und Eisen unmittelbar aus den Erzen mit Hilfe der Elektrizität kommt für Deutschland zunächst nicht in Betracht, ebenso das Einschmelzen von kaltem Schrotte. In großen Hüttenwerken dient der Elektrostahlöfen nur, oder vorwiegend zum Reinigen des flüssigen in den Abschnitten IV. a. 1) und IV. a. 2) behandelten Birnen- oder Flammofen-Stahles.

Als Stromart kommt nur Wechselstrom als Ein- oder Mehr-Wellenstrom zur Verwendung. Chemische oder physikalische Einwirkungen des Stromes auf das Bad und auf die Güte des Erzeugnisses sind ausgeschlossen. Der elektrische Strom bietet nur eine viel stärkere Wärmequelle, als die anderen Verfahren, mit außerordentlich leichter Wärmeregulierung und sicherer Betriebsweise, unter Ausschluß der bei den anderen Verfahren schädlichen Einwirkungen der Heizgase auf das Bad.

Bei den gebräuchlichen Öfen geht der Strom durch das flüssige Metall und erhöht dabei dessen Wärme, oder hält sie stetig auf bestimmter Höhe. Man unterscheidet zwei Ofenarten, Induktions- und Lichtbogen-Öfen.

Bei den Lichtbogenöfen wird die Wärme durch den elektrischen Lichtbogen erzeugt, wobei die Kohlenelektroden schräg oder senkrecht unmittelbar über dem Bade, möglichst nahe der Oberfläche, stehen. Zu diesen Öfen gehören die von Stassano und Héroult. Der Girod-Ofen hat nur eine Kohlenelektrode über dem Bade, die andere bildet das Schmelzgut mit dem Herde.

Die gebräuchlichsten Induktionsöfen sind die von Kjellin und Röchling-Rodenhauser. Nach Kjellin wird die erregende Spule auf dem einen Joche eines quadratischen Magneteisens (Textabb. 76) gleichzeitig mit der kreisringförmigen Schmelzrinne angeordnet.

Der in der erregenden Spule fließende Wechselstrom von 100 bis 5000 Volt und nur fünf Schwingungen erzeugt in dem als erregter Kreis wirkenden Metallbade durch Induktion Wechselströme, die dieses stark erwärmen.

Der Ofen von Röchling-Rodenhauser ist nach Textabb. 77 etwas anders angeordnet, er benutzt Wechselströme gewöhnlicher Schwingungszahl.

Abb. 76.

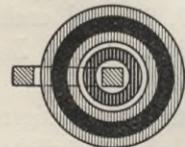
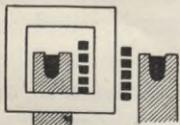
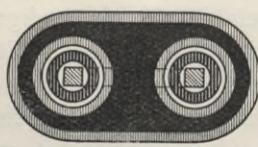
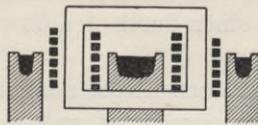
Elektrischer Ofen  
von Kjellin.

Abb. 77.

Elektrischer Ofen  
von Röchling-Roden-  
hauser.

Sehr erfolgreich ist die Verwendung der Elektroöfen zur Herstellung von Mischstählen, auch wird das zur Entziehung des Sauerstoffes erforderliche Ferromangan im Elektroofen flüssig gemacht, und dann zwecks besserer Wirkung in der Birne dem Bade zugesetzt.

#### 4. $\beta$ ) Erstarrungsvorgänge im Stahlblocke.

Die im Abschnitte B. III. c) geschilderten Vorgänge beim Erstarren treffen auch bei Stahl zu, sind hier aber von erhöhter Bedeutung. Seigerungen sind möglichst zu unterdrücken, die Lunker auf das Mindestmaß und auf die obersten Enden der Blöcke zu beschränken, damit sie sicher entfernt werden können. Der Stahl muß nach dem Garen abstehen, damit die Gase entweichen und dichter Stoff erzeugt wird. Da Stahl nicht schweißbar ist, so werden Blasen nicht durch Verschweißen unschädlich gemacht, sondern unter Hämmern, Pressen oder Walzen zwar zusammengepreßt und gestreckt, aber als Fehlstellen erhalten, die oft unvermutete Brüche zur Folge haben.

Die aufgeführten Mittel zur Verhinderung, oder doch Milderung, sind daher bei der Stahlgießerei vornehmlich anzuwenden. Stahl darf unter keinen Umständen zu heiß vergossen werden, er steigt dann in den Formen und gibt blasigen unbrauchbaren Guß.

Einwandfreie Ware läßt sich nur aus Blöcken herstellen, die im Längs- und Quer-Schnitte durchaus dicht sind, und bei denen Seigerungen und Lunker nur im obern, stets zu entfernenden Teile vorkommen. Diese Vorschrift ist um so strenger einzuhalten, je hochwertiger der Stahl sein soll.

Der beste und teuerste Stahl ist der Tiegelstahl, der billigste der Birnenstahl. Ein sicheres Erkennungsmittel der Arten gibt es nicht. Bessemer-Stahl ist sehr empfindlich gegen Verletzungen der Oberfläche und gegen Stöße. Die früher allgemein übliche Herstellung der Achsen und Radreifen für Eisenbahnwagen aus diesem Stoffe ist daher aufgegeben, und der basische oder saure Siemens-Martin-Stahl an seine Stelle getreten. Tiegelstahl ist wegen seiner sichern Herstellungsweise aus reinen, ausgesuchten und ihrer Zusammensetzung nach bekannten Stoffen der zuverlässigste Stahl, der daher zu allen die Sicherheit in erster Linie bedingenden Bauteilen verwendet wird; er hat bei richtiger Herstellung die geringste Seigerung und nahezu keine Lunkerbildung. Ihm nahe steht der erst seit wenigen Jahren eingeführte Elektrostahl.

---

#### IV. b) Formgebung des Stahles.

Die Formgebung erfolgt nach denselben Grundsätzen, wie bei Schweiß- und Fluß-Eisen gemäß Abschnitt B. III. c). Wegen des höhern Kohlenstoffgehaltes ist die Bearbeitung des Stahles schwieriger, und fordert zu gutem Gelingen um so größere Aufmerksamkeit im Erwärmen, Schmieden, Pressen, Strecken und Walzen, je kohlenstoffreicher der Stahl ist. Stahl ist nie kalt, sondern stets bei etwa 700° C zu schneiden, zu lochen oder abzuheben, da durch kalte Behandlung stets Haarrisse entstehen, die sich in dem kristallinen Gefüge nach allen Seiten ausbreiten, und oft unvermutet Brüche herbeiführen.

Kalt ist der Stahl nur durch Sägen, Feilen und Hobeln zu trennen. Diese Regel ist um so dringender zu beachten, je mehr Kohlenstoff der Stahl enthält.

#### IV. c) Die gewerblichen Eigenschaften des Stahles.

##### c. 1) Das Gefüge des Stahles.

Stahl hat je nach dem Kohlenstoffgehalte, der Abkühlung und dem Bearbeiten kristallinisch-körniges bis silbergrau fein sammetartiges Gefüge. Steigender Kohlenstoffgehalt wirkt auf immer feinere Kristallbildung hin, ein Mindestmaß der Kristallkörner tritt bei langsam abgekühltem Stahle von 0,9 bis 1,0 % Kohlenstoffgehalt ein. Was über das Gefüge des Flußeisens früher<sup>20)</sup> gesagt ist, gilt auch für Stahlgefüge. Namentlich durch Abschrecken wird er so feinkörnig, daß für das bloße Auge jede Kristallbildung verschwunden ist. Die Beurteilung der Güte des Stahles nach dem Gefüge, dem Aussehen des frischen Bruches, setzt genaue Kenntnis der Vorbehandlung voraus, und hängt von der Art der Herbeiführung des Bruches ab.

Ein gleiches Gefüge läßt sich durch Zusätze von Mangan, Silizium, Nickel, Wolfram, Chrom und andere Metalle erreichen, ohne daß es des Abschreckens bedarf. Diese Körper wirken noch mehr auf Kleinkristallbildung hin, als Kohlenstoff.

##### c. 2) Schmiedbarkeit.

Stahl ist um so schwerer schmiedbar, je mehr Kohlenstoff er enthält, bei 2,6 % ist die Schmiedbarkeit verschwunden. Auch darf der Stahl im Allgemeinen nicht zu hoch und zu oft erhitzt werden, da er dann leicht verbrennt. Die früher genannten Fremdkörper beeinträchtigen die Schmiedbarkeit wenig. Ausrecken des Stahles bei Dunkelrotglut kann leicht ein Zerschlagen durch Anrißbildung auf der Oberfläche bewirken, eine Gefahr, die mit dem Gehalte an Kohlenstoff wächst.

##### c. 3) Schweißbarkeit.

Schweißbar ist der Stahl um so weniger, je reicher an Kohlenstoff, Nickel, Chrom, Wolfram, Mangan er ist; selbst bei Anwendung von Schweißpulvern zur Erzielung metallisch reiner Oberflächen während der Schweißwärme bleibt die Schweißstelle stets gefährlich. Auch darf man wegen der Gefahr des Verbrennens keine so hohe Schweißhitze geben, wie bei Fluß- oder Schweiß-Eisen. Man sollte daher ohne Not Stahl nie schweißen.

##### c. 4) Härtbarkeit.

Der wichtigste Unterschied des Stahles gegen Schweiß- und Fluß-Eisen liegt in der Härtbarkeit, die sowohl durch wachsenden Kohlenstoffgehalt, als auch durch Beimengung von Mangan, Wolfram, Chrom oder Nickel erheblich gesteigert werden kann. „Naturhärte“ ist der Härtegrad, den der Stahl bei langsamer Abkühlung aus flüssigem oder rotglühendem Zustande annimmt. Kühlt man Stahl von

<sup>20)</sup> III. c. 4. β), S. 101.

730° C durch Eintauchen in kaltes Wasser plötzlich ab, so wird er „glashart“ und ritzt Glas. Zugleich mit der Härte wächst aber auch die Sprödigkeit des Stahles, so daß man ihn wieder erwärmen muß, um ihn gebrauchsfähig zu machen. Hierbei zeigen sich auf der blanken Oberfläche durch die Bildung dünner Häutchen von Eisenoxyduloxiden die Anlauffarben des Stahles hellgelb, dunkelgelb, hellbraun, dunkelbraun, purpurrot, violett, dunkelblau bis hellblau bei den Wärmestufen von 220° bis 325°.

Je nach der gewünschten Zähigkeit und Härte schreckt man den Stahl bei einer bestimmten Anlauffarbe ab, und spricht dann von „Anlaßhärte“.

Die mikroskopische Untersuchung des Stahlgefüges hat folgende Erklärung dieser Eigenschaft gegeben.

Über 900° ist der Kohlenstoff als Eisenkarbid,  $F_3C$ , in der Metallkunde Zementit genannt, im Eisen völlig gelöst. Enthält der Stahl weniger, als 0,95 % C, so lagert sich mit sinkender Wärme zunächst reines Eisen, Ferrit, ab, dann folgen Mischkristalle, bestehend in schichtenweiser Lagerung von Ferrit und Zementit, wegen des perlmutterartigen Glanzes unter dem Mikroskope Perlit genannt. Stahl von 0,95 % C wandelt sich erst kurz vor 700° zu einem gleichmäßigen perlitischen Gefüge um, das dem Gleichgewichtszustande des Stahles entspricht. Der im Eisenbahnbetriebe gewöhnlich benutzte Kohlenstoffstahl besteht also bei natürlicher Abkühlung aus einem Gemische von Ferrit und Perlit; letzteres nimmt um so mehr zu, je kohlenstoffreicher der Stahl ist, bei 0,95 % Gehalt an Kohlenstoff ist nur perlitisches Gefüge vorhanden. Stahl mit mehr als 0,95 % C lagert bei der Abkühlung zunächst Zementit ab, er besteht daher aus einer Mischung von Zementit und Perlit, von Zementit um so mehr enthaltend, je kohlenstoffreicher er ist.

Stahl mit 0,95 % C ist wegen der dichten Schichtung von Ferrit mit Zementit, dem Perlit, am dichtesten, härtesten und zugfestesten. Dieser Stahl hat ein wohlausgebildetes, „eutektisches“, Gefüge.

Diese natürliche Gleichgewichtslagerung kann durch Abschrecken unterbunden werden, und zwar um so mehr, je schroffer die Abkühlung von 900° bis unter 700° erfolgt. Die Mischkristalle werden festgehalten und es entsteht ein martensitisches<sup>21)</sup> Gefüge, bestehend aus harten, in Dreiecksform sich kreuzenden Nadeln. Bei Erwärmung zerfallen diese Nadeln wieder und streben, je höher die Wärme steigt, unter Bildung verschieden genannter Gefüge: Troostit, Osmondit, Sorbit, ihrer natürlichen Gleichgewichtsanzordnung zu. Martensit-Bildung ist also ein Gleichgewichtszustand, der durch Erwärmen umgewandelt werden kann. Hierdurch ist es erklärlich, warum ein Kohlenstoff-Werkzeugstahl seine Schneidfestigkeit verliert, denn durch das Schneiden, besonders durch das Aufschieben des abgehobenen Spanes auf den Schneidstahl, wird dieser je nach der Schnittgeschwindigkeit erhitzt, und ändert dann sein Gefüge.

Durch das Härten und die dadurch verursachte ungleichmäßige Abkühlung der äußeren und inneren Teile wird Spannung in dem gehärteten Gegenstande erzeugt, da die inneren Teile dem Drucke der äußeren nicht nachgeben können, und starken Gegendruck ausüben. Hat der Stahl sehr große Naturhärte, so kann die ungleiche Zusammenziehung der äußeren und inneren Teile Härterisse oder gar

<sup>21)</sup> Nach Martens benannt, der zuerst erfolgreich und planmäßig das Mikroskop zur Erforschung des Eisengefüges angewendet hat.

Sprünge herbeiführen. Diese Gefahr wächst bei Körpern mit sehr verschiedenen Querschnitten, und es bedarf bestimmter Kunstgriffe, um gleichmäßiges Härten, gleichmäßiges Zusammenziehen der Oberfläche herbeizuführen. Man verwendet dazu schwach erwärmtes Wasser, die Wärme schlecht leitende Flüssigkeiten, wie Öl, Seifenwasser, Kalkmilch, Fett. Weicherer Stahl ist der Gefahr des Zerspringens weniger unterworfen, er läßt sich stärker härten, wenn er in gut wärmeleitenden Flüssigkeiten, wie schwefelsäurehaltigem Wasser und Quecksilber, abgelöscht wird.

Stahl ist nach dem Härten leichter, als vorher, da die durch die Erwärmung ausgedehnten Teile beim Abschrecken nicht in die ursprüngliche Lage zurückgehen. Die Querschnitte werden stärker, die Längen kürzer, Bohrungen enger, Stempel weiter. Das Wachsen des Querschnittes beträgt je nach der Art des Stahles 0,25 bis 1%.

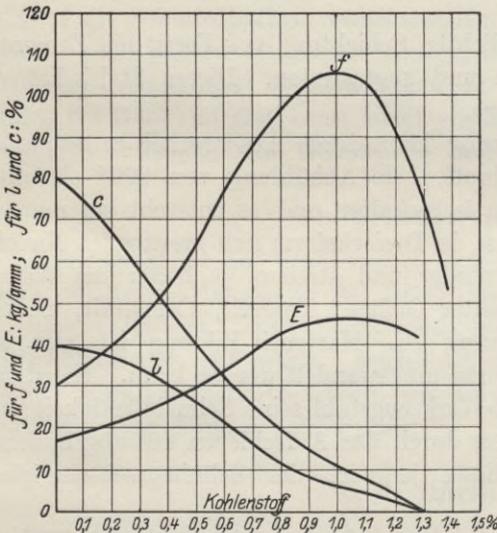
Nach Thallner soll nur „eutektischer“ Stahl seine Form behalten. Die Formänderung verschwindet beim Anlassen mehr oder weniger, bei Erwärmung über 325° C verschwindet sie.

c. 5) Festigkeit.

Textabb. 78 zeigt die Abhängigkeit der Zerreißfestigkeit  $f$ , der Elastizitätsgrenze  $E$ , der Dehnung  $l$  und der Einschnürung  $c$  des naturharten Stahles vom Kohlenstoffgehalte.

Die Härtezahl nach Brinell beträgt bei naturhartem Stahle von 0,1% C 100, von 1% C 300 (Textabb. 79), da Ferrit am weichsten, Zementit am härtesten ist, und Perlit zwischen beiden liegt; für Glashärte sind die entsprechenden Zahlen 150 und 650.

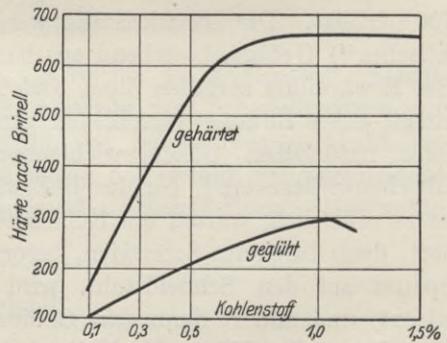
Abb. 78.



Darstellung der Abhängigkeit der Festigkeit  $f$ , der Bruchreckung  $l$ , der Elastizitätsgrenze  $E$  und der Einschnürung  $c$  vom Gehalte an Kohlenstoff.

Textabb. 80 zeigt für Tiegelstahl von 0,41% und 0,81% Gehalt an Kohlenstoff und 0,01% und 0,04% an Mangan

Abb. 79.



Darstellung der Abhängigkeit der Härte vom Gehalte an Kohlenstoff.

die durch Abschrecken nach verschiedenen Erwärmungen eingetretenen erhöhten Zugfestigkeiten  $f$ , die Steigerung der Elastizitätsgrenze  $E$ , die Verlängerung  $l$  und Einschnürung  $c$  nur für den weichen Stahl.

Danach werden alle Kohlenstoffstähle durch Abschrecken aus höheren Wärmestufen härter und zugfester, dieser Zuwachs erreicht sein Höchstmaß beim „eutektischen“ Stahle.

Ungleich stärker hebt sich die Elastizitätsgrenze, sie nähert sich stark der Bruchgrenze. Diese Eigenschaft ist von hoher Bedeutung für alle Federwerke, die die Elastizitätseigenschaften des Stahles ausnutzen, sie zeigt aber zugleich auch, daß die Überschreitung der Elastizitätsgrenze sofort den Bruch herbeiführen kann.

Je reicher an Kohlenstoff, also je härter der Stahl ist, desto empfindlicher ist er gegen Oberflächenfehler, wie Scharten und Meißelhiebe. Diese erzeugen im Stahle Haarrisse, die den Querschnitt ähnlich, wie die Härtrisse, stark schwächen, und oft ganz unvermutete Brüche herbeiführen.

Festigkeit, Elastizitätsgrenze und Härte werden durch Kaltrecken nach Maßgabe des Kohlenstoffgehaltes stark erhöht, wobei sich die Elastizitätsgrenze stark der Bruchgrenze nähert, und die Zähigkeit stark vermindert wird. Dies Verhalten wird oft benutzt, um durch Ziehen eine elastische, harte Ware, wie Draht, zu erhalten. Das Kaltrecken erzeugt aber Eigenspannungen, die für sich nicht schädlich zu sein brauchen, aber bei Beanspruchungen die Spannung erhöhen und beispielsweise bei einseitiger Erwärmung der Stücke, wie bei Turbinenschaufeln, Reißen zur Folge haben.

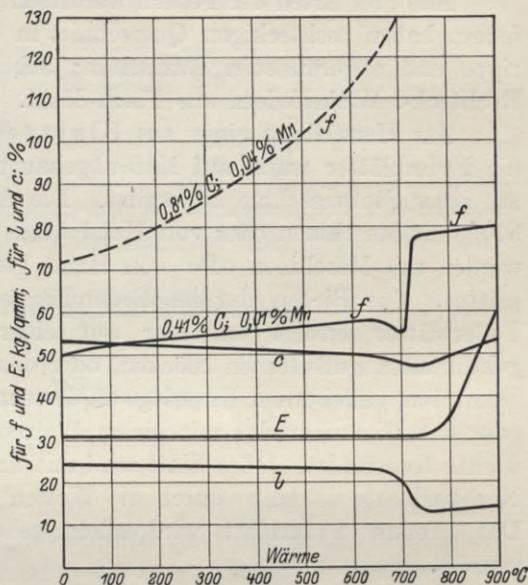
Die Wirkungen des Ausglühens des Stahles sind die beim Flußeisen angeführten. Harte Stellen und Zementitnester werden verteilt und der Stahl im Gefüge gleichmäßiger.

Je höher der Kohlenstoffgehalt ist, desto vorsichtiger muß ausgeglüht werden, falsches Glühen ist gefährlich für den Stahl.

Die Folgen sind:

- Entkohlung der äußeren Schichten, die dadurch weich werden;
- Sprödigkeit beim Glühen mit zu hohen Wärmestufen, die grobes Korn erzeugen;
- Aufhebung der Schichtung von Ferrit und Zementit durch zu langes Glühen;
- Bildung von Zementitnestern im groben Ferrit oder körnigen Perlit, der Stahl ist verglüht;
- Mürbigkeit bei gleichzeitig hoher und zu langer Erhitzung, der Stahl ist verbrannt.

Abb. 80.



Darstellung der Abhängigkeit der Festigkeit  $f$ , der Bruchreckung  $l$ , der Elastizitätsgrenze  $E$  und der Einschnürung  $c$  vom Gehalte an Kohlenstoff und Mangan.

Überhitzter oder verglühter Stahl kann durch richtiges Glühen mit nachfolgendem Abschrecken und Überschmieden wieder hergestellt werden, verbrannter Stahl nicht.

Vergüten oder Veredeln nennt man das Abschrecken glühenden Stahles in Öl oder einer sonstigen, die Wärme nicht stark ableitenden Flüssigkeit mit darauf folgendem Ausglühen. Hierdurch wird die Zähigkeit stark gehoben.

#### IV. d) Blatt-, Schrauben- und Wickel-Federn aus Stahl.

##### d. 1) Stoff und Herstellung.

Alle drei Arten der Federn werden in gefurchten Walzen hergestellt; die Blattfedern haben rechteckigen Querschnitt in der Regel von  $90 \times 13$  mm mit Mittelrippe und abgerundeten Kurzseiten; Schraubenfedern bestehen aus Rund-, oder Rechteck-, Wickelfedern aus Flach-Stahl.

Zur Herstellung eines aus Blattfedern bestehenden Federwerkes werden die Federblätter warm auf Maß abgehauen, die angewärmten Blattenden werden auf einer Stoßmaschine abgespitzt. Die Augen der Oberblätter werden bei etwa  $900^{\circ}$  mit Maschinen oder von Hand über einen Dorn gerollt. Gewulstete Enden werden mit Maschinen oder von Hand gestaucht und mit dem Setzhammer geglättet. Das Biegen der im Federglühofen auf etwa  $800^{\circ}$  rotwarm gemachten Federblätter erfolgt entweder auf einer Presse zwischen zwei entsprechend gekrümmten gußeisernen Blöcken, oder das Federblatt wird auf einer entsprechend geformten, gußeisernen Unterlage an diese mit geeigneten Vorrichtungen angeedrückt, oder das Biegen erfolgt mit einem Walzenpaare, dessen obere Walze durch Gewichte belastet ist. Jedes Blatt wird mit dem schon gebogenen und erkalteten obern Nachbarblatte so lange durch die Walzen geschickt, bis sich beide voll berühren. Das oberste Federblatt wird allein gebogen, seine Form wird genau nachgeprüft.

Das Härten der einzelnen Blätter geschieht meist sofort nach dem Formen ohne Wiedererhitzung je nach der Zusammensetzung des Stahles in Wasser von etwa 28 bis  $30^{\circ}$  C oder in Öl. Darauf werden die Blätter auf die vorgeschriebene Farbe angelassen und endgültig in Wasser gekühlt.

Bei den gewöhnlichen Federstählen bestimmt man die Anlaßfarbe nicht, sondern hält sie für fertig zur Abkühlung, wenn ein Stück Holz oder ein Reiserbesen beim Darüberstreichen Funken fängt.

Die einzelnen Lagen werden nun zusammengesetzt, und beim Härten verzogene Blätter mit Setz- und Vorschlag-Hammer gerichtet. Nach Aufziehen des rotwarm gemachten Federbundes wird das fertige Federwerk auf einer Federprüfmaschine geprüft, wobei fehlerhafte Blätter brechen.

Bei der Probe entsteht ein Verlust an Pfeilmaß. Dieses wird deshalb von vorn herein 7% zu groß angelegt.

Die Herstellung der Schraubenfedern erfolgt nach Flachschiagen der Enden des Rund- oder Vierkant-Stahles zur Bildung einer obern und untern ebenen Aufsatzfläche durch Wickeln auf eine Form, in die die Gänge eingeschnitten sind.

In derselben Hitze werden sie gehärtet und dann angelassen. Die Prüfung erfolgt wie oben.

Die Wickelfedern für Stoß-Vorrichtungen werden auf einem außermittig gelagerten Walzenpaare oder unter einem Dampfhammer an einem Ende verdünnt, in der Länge der kleinsten Windung auf der Stoßmaschine abgespitzt und unter der Schere der Neigung entsprechend abgeschrägt.

Hierauf wird das Blatt auf einen Dorn gewickelt, gehärtet, angelassen und geprüft. Die verloren gehende Höhe bei der ersten Durchbiegung ist beim Wickeln zuzugeben.

Als Stoff wird Sonder-, Flammofen- oder Birnen-Stahl verwendet, der ungefähr folgende Zusammensetzung hat:

a) für reine Wasserhärtung:

0,5 % bis 0,55 % C, 0,25 bis 0,3 % Si, 0,5 % Mn;

b) für Ölhärtung:

0,6 % bis 0,65 % C, 0,3 % Si, 0,55 % Mn;

c) für Härtung in Fettmischung:

0,7 % bis 0,8 % C, 0,3 % Si, 0,55 bis 0,6 % Mn.

Da gehärteter Stahl beim Einschlagen des Abnahmestempels Haarrisse erhalten kann, so sind fertige Federwerke nicht auf dem Auge oder dem Blatte, sondern auf dem Bunde zu stempeln.

Bei der Prüfung setzen sich die Federn und bleiben dann bei wiederholter Belastung stehen.

#### d. 2) Lieferbedingungen.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen schreiben für gewöhnlichen Federstahl Folgendes vor.

Der Federstahl soll Flußstahl von zäher und gleichmäßiger Beschaffenheit sein, er ist nach dem vorgeschriebenen Querschnitte glatt und sauber herzustellen, der Breite nach sind Abweichungen bis zu  $\pm 0,5$  mm zulässig, in der Dicke sind Abweichungen nach unten nicht gestattet, nach oben bis  $+ 0,3$  mm.

Der Federstahl muß beim Härten fehlerfrei bleiben.

Die Erzeugungsweise des Stahles ist vom Bewerber im Angebote anzugeben, sofern nicht eine bestimmte vorgeschrieben ist.

Die geringste Zugfestigkeit des ungehärteten Martin-, Thomas- oder Bessemer-Stahles soll mindestens 65 kg/qmm, die Dehnung mindestens 10 % der Zerreißlänge und die Summe aus der Zugfestigkeit und dem Doppelten der Dehnung  $f + 2l$  mindestens 95 betragen.

Ein gehärtetes Federblatt von  $b$  mm Breite und  $h$  mm Dicke darf bei einer Belastung von  $0,12 b h^2$  kg und 600 mm Stützweite keine bleibende Durchbiegung zeigen. Der Stahl soll sich gut für Wasserhärtung eignen.

Die Wickelfedern müssen den in den Zeichnungen oder im Angebotbogen angegebenen Abmessungen entsprechen. Die Federblätter sind an ihren beiden Enden in der Stärke so zu verjüngen, daß sie sich an die nächste Windung anschließen. Die Endebenen müssen überall gleichen Abstand haben und rechtwinkelig zur Längsachse stehen.

Die Federn sind sorgfältig zu härten und dürfen keine fehlerhaften Stellen, Kanten- oder Längs-Risse haben.

Bei wiederholter ruhender und schwingender Belastung mit 3500 kg müssen Wickelfedern von 7,5 mm Blattstärke 10 mm, mit 5000 kg solche von 10 mm Blattstärke 15 mm freies Spiel behalten. Die Federn dürfen hierbei keinerlei Beschädigungen zeigen, auch sich unter diesen Belastungen höchstens 2 mm bleibend setzen.

Die Belastungsprüfung der fertigen Federn erfolgt mittels einer Hebelpresse. In der Regel werden 5% der fertigen Federn der Belastungsprobe unterzogen; genügen diese den Bedingungen nicht oder nur teilweise, so steht es dem Abnahmebeamten frei, eine beliebige weitere Anzahl Federn zu prüfen. Die Probe soll bezüglich der Gehänge und Beanspruchungen der Anbringung unter den Fahrzeugen entsprechen. Am Gehänge muß während der Belastung der Neigungswinkel der Hängeeisen abgelesen werden können.

Die Belastung der Federn muß mindestens 100 kg/qmm Spannung, bei Federn aus Tiegelflußstahl 110 kg/qmm bewirken. Bei Federn aus Sonderstahl muß die Spannung 130 kg/qmm bei der mittelharten Sorte, 120 kg/qmm bei der weichen Sorte betragen. Nach der Entlastung dürfen die Federn keine bleibende Durchbiegung zeigen.

Für Tragfedern mit 13 mm starken Federblättern sind demnach die Prüfkraft nach Zusammenstellung XXVI zu bemessen.

Zusammenstellung XXVI.

Der Tragfeder		
Länge mm	Lagenzahl	Belastung kg
1000	10	10000
1000	9	9000
1100	9	8300
1100	8	7400
1600	10	6300
1600	9	5700
1600	8	5100
1750	8	4600
1800	14	7900
2000	13	6600
2000	12	6100
2000	11	5600
2000	10	5100
2000	9	4600
2000	8	4100

Für Federn aus Sonderstahl sind die angegebenen Belastungen um 30 beziehungsweise 20% zu erhöhen.

1% der vorgelegten Federblätter ist zu prüfen. Die Zerreißstäbe sind als Regelstäbe kalt herauszuarbeiten und der Regel gemäß zu prüfen.

Die bayerischen, badischen und Reichs-Eisenbahnen stellen hinsichtlich des Stoffes, der Festigkeit und Dehnung gleiche Bedingungen, Baden verlangt 2% Proben.

Die württembergischen Staatsbahnen verlangen auf je 1000 kg Ware 1 Probe und schreiben bei  $L = 200$  mm und  $F = 300$  bis  $400$  qmm vor:

## Zusammenstellung XXVII.

	f kg/qmm	l %
ungehärtet . . . . .	70	12
gehärtet . . . . .	100	4
Sonderstahl ungehärtet . . . . .	85	12
„ gehärtet . . . . .	140	5

Die Niederländischen Staatsbahnen fordern 2% Proben bei Bessemerflußstahl; bei  $L = 200$  mm und  $F = 200$  bis  $250$  qmm soll sein:

## Zusammenstellung XXVIII.

	f kg/qmm	l %	c %	g = f + l
ungehärtet . . . . .	75	14	30	92
gehärtet . . . . .	100	5	20	110

Bei der Belastungsprobe wird ein Stab von 750 mm Stützlänge nach einem Halbmesser gleich der 80fachen Stahldicke gebogen, gehärtet und angelassen wie ein gewöhnliches Federblatt, dann einmal flach gedrückt. Die dann gemessene Pfeilhöhe soll bei zehnmaligem Durchbiegen des Stabes in einer Minute bis zur Geraden unverändert bleiben.

Als Härteprobe wird ein rotwarm gemachter Stab unter dem Dampfhammer um  $180^{\circ}$  zusammen gebogen und kirschrot in kaltem Wasser abgeschreckt, Fehler dürfen nicht auftreten.

Das Gefüge muß bei einem Stabe von 400 mm Länge, der in gewöhnlicher Weise gehärtet und angelassen ist, und dann unter ruhiger Belastung gebrochen wird, gleichmäßig fein sein.

Die ungarischen Staatsbahnen schreiben bei saurem Martin-Stahle  $\frac{1}{2}$ % Zerreißproben vor und unterscheiden vorzügliche erste und gewöhnliche Güte.

## Zusammenstellung XXIX.

	f kg/qmm	c %	f + c	l %	Güte
gehärtet . . . . .	145	—	—	5	vorzügliche
gehärtet . . . . .	125	—	—	6	erste
ungehärtet . . . . .	80	15	100	—	gewöhnliche.

Für die Belastungsprobe ist die Stablänge 1 m. Das gehärtete und angelassene Stück wird auf 100 mm Pfeil gebogen und auf zwei bewegliche Stützen gelegt, dann in der Mitte mit

$$(Gl. 23) \quad P = \frac{2}{3} \cdot \frac{\sigma \cdot b h^2}{L},$$

entsprechend  $\sigma = 80$  kg/qmm Spannung belastet, worin  $\sigma$  kg/qmm die Spannung,  $L^{\text{mm}}$  die Stützweite,  $b^{\text{mm}}$  und  $h^{\text{mm}}$  Breite und Dicke des Federblattes bedeuten. 5% Einbiegung der ursprünglichen Pfeilhöhe ist nach der ersten Belastung gestattet, bei weiteren Belastungen muß diese Einbiegung unverändert bleiben.

Bei der Schlagprobe wird das gehärtete und nachgelassene 200 mm lange Probestück auf dem Ambosse des 50 kg schweren Fallhammers mit 100 mm Stützweite auf zwei Böcke gelegt. Ist  $F$  der Querschnitt der Probe,  $H$  die Fallhöhe, so soll  $H^{\text{cm}} = 0,25 F$  qmm sein. Das Probestück soll mindestens drei Schläge auf jede Seite ohne Ribbildung aushalten.

Die Elastizitätszahl wird an einem 1 m langen, auf 100 mm gesprengten, wie üblich behandelten Probestücke durch Belastung bis 80 kg/qmm Spannung bestimmt. Aus dem Unterschiede  $\delta$  mm der Pfeilhöhen im belasteten und freien Zustande wird die Elastizitätszahl nach

$$(Gl. 24) \quad E = \frac{\sigma L^2}{6 h \delta}$$

berechnet.

Die Einsenkung der Probe unter der zweiten Belastung ist maßgebend für die zu bestimmenden Werte.

Die österreichischen Staatsbahnen und die Außig-Teplitzer Eisenbahn schreiben vor.

#### Zusammenstellung XXX.

	f kg/qmm	l %	c %
gehärtet . . . . .	115	6	10
ungehärtet . . . . .	70	10	20

#### Die österreichische Südbahn

gehärtet . . . . .	120 bis 130	—	10
ungehärtet . . . . .	80 bis 90	10	20

Bei einer Blatt-Belastungsprobe ähnlich der oben beschriebenen wird die Belastung von 100 bis 125 kg/qmm Spannung gesteigert.

Bei verschiedenen Verwaltungen bestehen die in Zusammenstellung XXXI enthaltenen Vorschriften über Sonderstahl.

Die Belastungsproben fordern gewöhnlich 20 bis 30% Mehrbeanspruchung, als bei gewöhnlichem Federstahle. Das gute Betriebsverhalten dieser Stahlarten wird bedingt durch genaue Einhaltung der Bearbeitungs-, Glüh- und Anlaß-Vorschriften. Sonderstähle geben größere Nachgiebigkeit und dadurch ruhigeren und weicheren Gang der Fahrzeuge als gewöhnlicher Federstahl.

Je größer die Naturhärte eines Stahles ist, desto besser ist im Allgemeinen die Feder. Auch die Gestalt des Querschnittes und ihre Herstellung durch Walzen haben Einfluß auf das Verhalten der Federn. Runde Querschnitte neigen wegen ihrer Herstellung in spitzbogigen Walzenfurchen und der Wendung um  $90^\circ$  zwischen je zwei Stichen zum Reißen der Länge nach, das man durch Beizen der fertigen Teile sichtbar machen kann. Risse sind auch aus dem dumpfen Tone

zu erkennen, den ein an einem Ende lose gehalten, am andern mit dem Handhammer angeschlagener Stab abgibt.

#### IV. e) Radreifen.

##### e. 1) Stoff und Herstellung.

Der Stoff für Radreifen ist vorwiegend basischer oder saurerer Siemens-Martin-Stahl; für Tender- und Lokomotiv-Radreifen verwendet man Sonder-Martin- und Tiegel-Stahl, für die Reifen der neuen Schnellzug-Lokomotiven Nickel-, Chrom-Nickel- und andere Misch-Stähle.

Die Radreifenblöcke werden entweder aus großen, walzenförmigen Gußblöcken nach Abtrennung des Lunkerendes als dem Gewichte der Reifen entsprechende Scheiben geschnitten, oder einzeln nach dem Radreifengewichte mit entsprechender Zugabe gegossen.

Große Blöcke von 320 bis 500 mm Grundkreisdurchmesser und 1,6 bis 1,8 m Höhe für die Radreifen, die nur wenige deutsche Werke aus Tiegel- und Martin-Stahl gießen, haben zwar die früher erörterten Mängel großer Blöcke, aber den Vorteil großer Dichte und Gleichmäßigkeit im Fußende.

Wird die Lunkerbildung beispielsweise nach Harmet auf das geringste Maß herabgesetzt, so können bis 90 % des Blockes für Radreifen benutzt werden. Die „standard steel“ Werke haben seit 1890 große Blöcke mit Unterteilung für die Radreifen verwendet, sie sind mit den Ergebnissen zufrieden.

Meist werden Einzelblöcke von 270 bis über 700 kg in achtseitigen Pyramidenstumpfen oder Birnenform verwendet. Für Wagenradreifen sind achteckige Blöcke in Gespannen von sechs bis acht allgemein üblich; für Tiegel- oder andern Sonder-Stahl verwendet man birnenförmig gestaltete Gußformen, um den Lunker sicher in den Kopf des Blockes zu drängen. Bei Blöcken für Wagenradreifen ist es nicht üblich, den Lunkerkopf zu entfernen, bei Blöcken aus Tiegel- und Sonder-Stahl geschieht es hin und wieder. Die Einzelblöcke haben meist etwa 450 mm Höhe, und enthalten im Kopfe stets Lunker und Seigerungen.

Die Blöcke werden sauber geputzt, von Schalen, Schlieren und Oberflächenrissen befreit, und hellrotwarm unter dem Dampfhammer auf etwa 140 mm Länge gestaucht. Dann werden sie mit einem Stempel 200 mm weit gelocht und unter einem Rundhammer auf einem Hornambosse annähernd in Radreifenform geschmiedet. Darauf werden die Ringe in einem Rollofen auf etwa 900° erhitzt, auf dem Radreifenwalzwerke fertig gewalzt, und auf einer Presse kreisrund gestaltet. Die fertigen, noch rotwarmen Radreifen erhalten dann unter einer Stempel- presse die vorgeschriebenen Zeichen und kühlen nun auf der Hüttensohle mit feiner Asche bedeckt ab, oder werden in, nötigen Falles geheizten, Tieföfen vor Zug geschützt, ausgeglüht und gekühlt.

Die Reifen können je nach der Herstellung Fehler haben. Das früher übliche Lochen mit dem Spitzdorne zur Ersparung von Stahl und allmähiges Aufweiten ist mit Recht verlassen, denn dadurch gelangte der Lunker in den Reifen. Sitzt der Lunker nicht genau am Oberende der Blockachse, oder ist der Stahl wegen zu heißen Gießens blasig, so verteilen sich Lunker und Blasen beim Stauchen meist ringförmig in dem Reifen. Diese Fehler treten oft erst nach wiederholtem Ab-

drehen und längerer Betriebszeit auf. Sie sind Ursachen schnellen Verschleißes der Reifen, da die Verschleißfestigkeit stark vermindert ist, und die Beseitigung der meist als in regelmäßigen Abständen verteilte Querrisse auftretenden Blasen starkes Abdrehen erfordert. Beim Stauchen, noch mehr beim Runden, können Faltenbildungen durch Überschieben des Stahles auftreten, die Ribbildungen verursachen. Auch ist Verbrennen nicht ausgeschlossen, das sich durch Ribbildung kennzeichnet. Endlich gelangen beim Gießen leicht die Festigkeit mindernde Schlacken- teilehen in den Block. Die Ursache des Verschleißes der Radreifen ist nicht immer durchsichtig, da sie besonders bei nicht richtiger Zusammensetzung des Stahles auch Folge des Betriebes sein kann. Gebremste Räder werden bis 750° erhitzt, so daß bei schneller Abkühlung Gefügeänderung eintritt. Welche Zusammensetzung der Stoff verschleißfester Radreifen haben muß, ist noch nicht ermittelt, doch scheinen vorwiegend Kohlenstoff und Silizium die nötige Härte herbeizuführen, während Mangan in zu hoher Beimengung von 1,5% an bei niedrigem Gehalte an Kohlenstoff wohl recht dichten und zugfesten, aber nicht verschleißfesten Stahl gibt. Diese Frage ist noch durch eingehende Versuche zu klären.

Seigerungen und Blasen sind durch Ätzen des Radreifenquerschnittes nachweisbar, sie beeinflussen die Zugfestigkeit und Kugeldruckhärte unmittelbar. Prüft man nämlich den geschlichteten Radreifenquerschnitt mittels der Brinell-Probe in etwa 15 Punkten des Querschnittes, so findet man bei dichten Reifen Unterschiede der Festigkeit von nur 3 bis 4 kg/qmm, an blasigen und geseigerten Stellen bis zu 12 kg/qmm.

Das Ausglühen der Radreifen bedingt stets eine Entkohlung der Oberfläche und kann bei längerer Dauer zum Verglühen des Stahles führen, der dann Sprödigkeit gegen Stöße annimmt. Harte Reifen mit zu hohem Kohlenstoffgehalte und hoher Zugfestigkeit genügen oft der Schlagprobe nicht, daher glüht man sie unter Herabsetzung der Festigkeit um 10 bis 11 kg/qmm aus.

Wegen dieser vielen Fehlerquellen lassen einige Werke die Blöcke von Sonder- und Tiegel-Stahl nach jedem Arbeitsvorgange erkalten, um die gefundenen Fehler zu beseitigen.

Die senkrecht oder wagerecht angeordneten Radreifenwalzwerke sind in Band I in den Grundzügen dargestellt<sup>21)</sup>.

### e. 2) Lieferbedingungen.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen verlangen:

Lokomotivradreifen aus Martin- oder Tiegel-Flußstahl je nach Wahl, Tender- und Wagen-Radreifen aus Flußstahl; die Wahl des Stoffes ist dem Unternehmer anheimgestellt und im Angebote anzugeben.

Die Radreifen müssen aus fehlerfreien, durchweg gleichmäßig dichten Gußblöcken mit Hämmern oder Schmiedepressen und Walzen gefertigt werden; nach dem Walzen sind sie vor schneller Abkühlung zu schützen. Die Gußblöcke für Tiegelstahlreifen sind durch Zusammengießen des in Tiegeln umgeschmolzenen Stahles herzustellen. Die Herstellungsweise ist auf Verlangen dem abnehmenden Beamten nachzuweisen.

<sup>21)</sup> Band I, 2. Auflage, S. 826.

## Zusammenstellung XXXI.

Verwaltung	L mm	F qmm	f kg/qmm	e %	l %	g	Härt- flüssigkeit	Stahllart	Härtwärme in °C	Ablösch bei °C	Anlaßwärme °C	Bemerkungen
Baden . . .	200	—	75	—	12	105	Wasser	Tiegelstahl	810 bis 870	40 bis 45	450 bis 500	$g = f + 21$
Bayern . . .	200	20. $\delta$	$\geq 85$	—	$\geq 12$	$\geq 115$	"	Sonderstahl				$g = f + 21$
Oldenburg . .	—	—	$\geq 85$	—	12	$\geq 115$	"	"				"
Preußen-Hessen	11,3/ $\sqrt{F}$	—	75	—	14	105	"	weicher Sonderstahl		} lauwarm		"
"	"	—	85	—	12	110	"	mittelharter Sonderstahl				
Württemberg .	200	300 bis 400	85	—	12	—	"	Sonderstahl	850	40 bis 50	450 bis 500	ungehärtet
"	"	"	140	—	5	—	"	"				gehärtet
Niederlande .	"	—	80	32	15	100	"	"	—	—	—	ungehärtet, $E = 0,5 f$ ; $g = f + 1$
"	"	—	130	22	6	140	"	"	—	—	—	gehärtet
"	"	—	75	30	16	—	"	Tiegelstahl	—	—	—	ungehärtet
Rumänien . .	"	—	80	20	10	—	"	"	—	—	—	gehärtet
"	"	—	110	28	8	—	"	"	—	—	—	gehärtet
"	"	—	120	18	6	—	"	"	—	—	—	gehärtet

Die Radreifen müssen nach den vorgeschriebenen Querschnitten sauber, glatt und scharfkantig gewalzt sein, sie dürfen nicht unrund oder windschief sein, auch keine sich verjüngende Innenfläche haben. Der vorgeschriebene innere Durchmesser darf höchstens um 1 mm überschritten werden, der äußere Durchmesser, der sich aus dem vorgeschriebenen innern und der doppelten vorgeschriebenen Reifenstärke ergibt, sowie die Breite des Reifens dürfen höchstens um 1 mm unterschritten werden, vorausgesetzt, daß die betreffenden Flächen keine Fehler oder Unebenheiten zeigen.

Die Radreifen dürfen keine Risse zeigen; das Beseitigen von Sandstellen und das Wegmeißeln von Walzsplittern und Schalen ist nur gestattet, wenn sie nicht stärker als 1 mm sind.

Die berechneten Regelgewichte der rohen Radreifen dürfen höchstens um 5 % überschritten werden, bei der Feststellung sind Bruchteile von Kilogramm nach oben auf volle Kilogramme abzurunden. Die Übergewichte der Radreifen werden bis zu 3 % bezahlt. Die Radreifen sind einzeln zu wiegen, die ermittelten Gewichte sind mit weißer Ölfarbe auf die Innenflächen der Reifen zu schreiben. Ein Verzeichnis dieser Gewichte ist dem Abnahmebeamten auszuhändigen.

Abb. 81.



Maßstab 1:6. Bezeichnung der Radreifen.

Die angegebenen Grenzmaße gestatten also wohl ein Untermaß des Querschnittes um 2 mm in der Dicke und von 1 mm in der Breite, geben aber für das Unterbringen des Übergewichtes von 5 % keinen Anhalt. Dieses im Innern unterzubringen hat keinen Wert, da es weggedreht wird; zweckmäßig ist es nach außen zu legen, wo es durch Erhöhung der Reifendicke nützlich wirkt.

Die Radreifen sind nach Textabb. 81 auf der äußern Ringfläche 15 mm von der Innenkante mit der Werknummer, dem Zeichen des Lieferanten, der Jahreszahl der Lieferung, der Schmelzungs- und Stück-Nummer, sowie der abgekürzten Bezeichnung des Baustoffes zu versehen. Die abgekürzte Bezeichnung der Baustoffe ist in der oben angegebenen Weise zu fassen.

Bei in rohem Zustande zur Abnahme oder Probeentnahme vorgelegten Reifen ist hinter der Baustoffbezeichnung ein kreisrunder Eindruck von 20 mm Durchmesser für den Abnahmestempel anzubringen. Die Ziffern der Schmelzungs- und Stück-Nummer müssen 8 mm, die der übrigen Nummern, sowie die Buchstaben 15 mm groß sein; die Zahlen, Buchstaben und der Eindruck für den Abnahmestempel müssen etwa 5 mm tief, jedenfalls aber so eingeschlagen werden, daß sie auch nach dem Abdrehen noch vollständig sichtbar bleiben.

Die aus Tiegelflußstahl hergestellten Radreifen sind außerdem vor der Jahreszahl noch mit dem Buchstaben Tg zu zeichnen.

Der Prüfbeamte ist befugt, von je angefangenen 25 Tiegelstahlreifen einen auszusuchen und nach Maßgabe der Vorschriften zu prüfen. Wenn dieser den Bedingungen nicht, oder nur teilweise entspricht, werden die vorgelegten 25, oder angefangenen 25 Tiegelstahlreifen zurückgewiesen. Falls nach der Überzeugung des Prüfbeamten unbedenkliche örtliche Fehler das Mißlingen der Probe herbeigeführt haben, können von diesen 25, oder angefangenen 25 Tiegelstahlreifen noch zwei weitere Reifen geprüft werden. Genügt von diesen auch nur einer den Anforderungen nicht, oder nur teilweise, so werden alle 25, oder angefangenen 25 Tiegelstahlreifen zurückgewiesen.

Von sonstigen Radreifen, von Achswellen und Radgestellen kann der Prüfbeamte je 1 Stück von 50, oder angefangenen 50 aussuchen, und nach Maßgabe der Vorschriften prüfen.

Die Schmelzungen sind bis nach erfolgter Prüfung getrennt zu halten.

### Schlagversuche mit Radreifen.

Den senkrecht unter das Fallwerk gestellten Radreifen sollen durch Schläge des Fallbären auf die Mitte der Lauffläche die nachstehend aufgeführten Einsenkungen gegeben werden können, ohne daß die Reifen brechen oder sonstige Mängel zeigen. Das Arbeitsmoment eines Schlages soll zunächst 3000 kgm betragen und jedesmal um 500 kgm vergrößert werden, wenn die erzielte Einsenkung weniger als 10 mm beträgt. Nach jedem Schlage ist die Verminderung des senkrechten lichten Durchmessers mit dem in mm geteilten Schiebetaster zu messen, und die Fallhöhe des Bären der stattgehabten Einsenkung des Reifens entsprechend zu regeln. Der letzte Schlag kann der zu erreichenden Einsenkung angepaßt werden. Der Wärmegrad des Probestückes ist vor der Probe festzustellen und zu vermerken.

#### 1. Tender- und Wagen-Radreifen aus Martin-, Thomas- oder Bessemer-Stahl.

Die Einsenkung der Tender- und Wagen-Radreifen soll mindestens 12% ihres ursprünglichen innern Durchmessers betragen.

#### 2. Lokomotivradreifen aus Martin- oder Tiegel-Flußstahl.

Den Lokomotivradreifen soll eine Einsenkung  $E\% = 0,01 D^{\text{mm}} - 0,1 (d^{\text{mm}} - 65)$  gegeben werden können, worin E die Einsenkung in Hundersteln des lichten Durchmessers, D den Laufkreisdurchmesser und d die mittlere Reifenstärke im Laufkreise für den fertigen Zustand des Radreifens bezeichnen.

Zwischen den beiden Reifenarten besteht für Martin-Stahlreifen eine Unstimmigkeit, da für Lokomotivreifen erst von 1150 mm innerm Durchmesser an 12% Durchbiegung verlangt werden, während für Tender- und Wagen-Radreifen dies schon von 845 mm innerm Durchmesser verlangt wird, obwohl die Tenderräder leichter beansprucht sind.

Mit wachsendem Durchmesser und steigender Wärme des Versuchstückes fällt zudem die Schärfe der Probe.

Das Schlagwerk ist das früher<sup>22)</sup> besprochene Regelschlagwerk.

#### ZerreiBproben.

Die Zugfestigkeit des Regelrundstabes von 200 mm ZerreiBlänge bezüglich des ursprünglichen Querschnittes soll sein:

#### Zusammenstellung XXXII:

Stoff	f kg/qmm
Flußstahl für Wagenreifen . . . . .	≥ 50 kg
Martin-Flußstahl für Lokomotiven und Tender .	≥ 60 kg
Tiegelflußstahl für Lokomotiven . . . . .	≥ 70 kg

Der Stab ist aus der Mitte des Reifenquerschnittes aus einem unter möglichst schwacher Erwärmung gerade gerichteten Stücke der am wenigsten verbogenen Teile, in der Regel etwa 40° von der senkrechten Mittellinie heraus zu arbeiten.

Diese offenbar unter Voraussetzung sehnigen Gefüges gegebene Vorschrift des Warm-Geraderichtens ist bei dem kristallinisch-körnigen Gefüge des Stahles unhaltbar, da dieser durch Erwärmen ganz andere Eigenschaften erhalten kann, als die bei der Schlagprobe festgestellten.

Die Untersuchung von Radreifenschliffen gibt wohl eine Streckung der Körner in der Walzrichtung an, aber diese reicht höchstens 4 mm tief hinab, auf der Innenseite wegen des höhern Druckes der Walzen tiefer als außen. Diese Streckung zeigt sich auch nur bei nicht ausgeglühten Reifen; im Innern des Reifenquerschnittes findet man natürliche Lagerung des Ferrit und Perlit.

Daher sollten die ZerreiBproben nach dem aufgestellten Grundsätze stets kalt aus dem Reifen herausgearbeitet werden.

Die Gewährleistung beginnt mit der Abnahme und erlischt mit Ablauf des auf die Schlußabnahme folgenden zweiten Kalenderjahres. Die Vorschrift ergibt für die einzelnen Reifen starke Verschiedenheiten.

Für Lokomotivradreifen aus Martin Stahl bestehen in mehreren Ländern die in Zusammenstellung XXXIII vereinigten Bestimmungen.

Rumänien bestimmt im Einzelnen Folgendes.

Die Zugfestigkeit darf um 2 kg/qmm niedriger sein, wenn jedes fehlende kg durch 1% Vergrößerung der Dehnung und 2% der Einschnürung ausgeglichen wird.

Die Dehnung darf um 2% kleiner sein, wenn jedes fehlende % durch 1 kg/qmm Vergrößerung der Zugfestigkeit ausgeglichen wird.

Die Einschnürung darf um 4% kleiner sein, wenn je 2 fehlende % durch 1 kg/qmm Vergrößerung der Zugfestigkeit ausgeglichen wird.

<sup>22)</sup> Bd. II. d. 1), S. 50.

Zusammenstellung XXXIII.

RADREIFEN.

Verwaltung	Schlagprobe				Zerreißprobe					Bemerkungen		
	Von 100 sind zu prüfen	Schlagmoment kgm	Anzahl der Schläge	Durchbiegung % des Ursprungs durch Durchmessers	Von 100 sind zu prüfen	L mm	F qmm	f kg qmm	e %		l %	g
Baden . . . .	2	3000 600 kg. 5 m	6	—	4	200	—	50 60	35 25	20 16	90	$g = f + c$ obere Zahl für gehemste, untere für ungebremste Reifen Dehnung fordert nur Elsaß-Lothringen $g = f + c$ Zerreißstab kalt herausgearbeitet
Sachsen . . . .	2	3000	—	15	4	„	Regelstab	65	—	—	—	
Preußen-Hessen Elsaß-Lothringen . . . .	2	3000	n	Formel	2	200	Regelstab	$\geq 60$	—	20	—	
Württemberg . . . .	2	6000	n	12	2	200	$\geq 314$ 314	$\geq 60$ 70	25 34	16 14	90	
Rumänien . . . .	2	3000	—	12	2	200	—	70	—	—	—	
Lübbeck-Büchen Mecklenburg . . . .	2	„	n	Formel	2	„	Regelstab	$\geq 65$ $\geq 65$	—	—	—	Sonderstahl
Preußen-Hessen Österreichische Staatsbahnen	2	„	—	12	4	200	490 314	65 bis 75 70 85	—	13 10	—	Sonderstahl
„ . . . .	1	„	n	Formel	1	„	Regelstab	68 bis 74	—	16 bis 14	—	
Niederland . . . .	2	10000	4	18	4	„	Regelstab	—	25	—	—	

Tender- und Wagen-Radreifen.										
Verwaltung	Schlagmoment kgm	Anzahl der Schläge	Durchbiegung % des Ursprungs durch Durchmessers	L mm	F qmm	f kg qmm	e %	l %	g	Bemerkungen
Baden . . . .	3000	6	—	200	—	50	35	20	90	Steckgrenze: 30 kg/qmm
Preußen-Hessen Reichsbahnen . . . .	„	—	12	„	Regelstab	$\geq 50$	—	—	—	
Sachsen . . . .	„	4	20	„	491	$\geq 50$	—	10	—	$g = f + c$
Niederland . . . .	„	—	12	„	391	55	30	18	—	
Rumänien . . . .	6 × 1000	6	—	„	314	70	34	14	—	$g = f + c$
Bayern . . . .	—	—	—	„	314	$\geq 60$	$\geq 30$	—	—	
Österreichische Staatsbahnen	3000	n	12	„	„	50 bis 65	—	14	130	$f + 51$
Ungarn . . . .	„	2	12	„	„	55	—	—	—	

Die Lieferbedingungen sonstiger Bahnen weichen hinsichtlich Schlag- und Zerreiß-Proben nicht wesentlich von den in Zusammenstellung XXXIII aufgeführten ab. Bei den Schlagproben werden auf den senkrecht unter das Fallwerk gestellten Reifen je nach Vorschrift der Verwaltung Schläge von 1500 bis 10000 kgm ausgeführt. Entweder wird die Zahl der Schläge, oder die Durchbiegung des Reifens in % des Durchmesser vorgeschrieben. Die Vorschrift über Dehnung und Einschnürung für kalt herausgearbeitete Regel Zerreißstäbe ist wertvoll, da diese zugleich eine Gegenprüfung für die Schlagproben liefert.

Für Tiegelfluß- und Sonder-Stahl bestehen zurzeit die in Zusammenstellung XXXIV angegebenen Vorschriften.

#### IV. f) Achsen für Lokomotiven, Tender und Wagen.

##### f. 1) Stoff und Herstellung.

Die für Achsen verwendeten Stoffe sind dieselben, wie für Radreifen.

Bei den Lokomotivachsen unterscheidet man gekröpfte und gerade Achsen, bei Tendern und Wagen kommen nur gerade vor.

Beide Arten von Achsen werden durch Ausschmieden von Gußblöcken unter Dampfhammern, oder besser unter Pressen hergestellt. Die sorgfältig auf Anrisse nachgesehenen, von Schalen und Schlieren befreiten Blöcke werden mit dem Fußende in einem Ofen erwärmt, während das Kopfende außerhalb des Ofens in einer Art Zange hängt, die mittels Kran gehoben und gesenkt wird. Neuerdings wird der Block ganz erwärmt, und unter Pressen zur Achse gestaltet. Das Wesentliche der Bearbeitung besteht im Dichten und Strecken des Blockes. Man verlangt, daß sein mittlerer Durchmesser mindestens das Drei- bis Vierfache des Durchmessers der roh vorgeschmiedeten Achse beträgt. Bei geraden Achsen sucht man die teure Schmiedearbeit durch Auswalzen der Rohblöcke auf Walzenform zu mindern, doch auch hierbei ist zu verlangen, daß der vorgewalzte Block mindestens den doppelten Durchmesser der Rohachse hat.

Abb. 82.    Abb. 83.

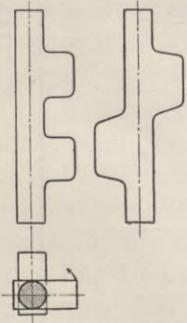


Abb. 82. Vorges  
schmiedete Kropf-  
achse.

Abb. 83. Verdre-  
hung einer vorge-  
schmiedeten Kropf-  
achse.

Die gekröpfte Achsen werden nur aus Rohblöcken hergestellt, die man zunächst in roher Annäherung an die Fertigform in einer Ebene streckt (Textabb. 82), die Aussparungen sind, wenn sie nicht abgesetzt werden können, mittels eines Abschrotmeißels herzustellen. In weiteren Hitzen werden die Wellenenden roh gerundet und die Ansätze in ihre richtigen Ebenen verdreht (Textabb. 83). Dann läßt man das Schmiedestück erkalten, glüht es nochmals sorgfältig aus, und läßt es vorsichtig erkalten. Auf Werkzeugmaschinen wird dann kalt die vorgeschriebene Form heraus gearbeitet.

Beim Schmieden werden die Kurbelarmblätter zwar durch Zusammendrücken des Blattes gedichtet, es ist jedoch nicht möglich, ihnen die Durcharbeitung zu geben, die die Achse in ihrer Längsrichtung erhält; daher bilden sie stets den schwachen Teil der gekröpfte Welle, besonders an ihrem Übergange zum Kurbelhalse wegen Hin- und Herbiegens durch die wechselnde Beanspruchung. Frémont sucht

## Zusammenstellung XXXIV.

Verwaltung	Schlagproben				Zerreibproben					Bemerkungen		
	Von 100 sind zu prüfen	Schlagmoment kg/m	Anzahl der Schläge	Durchbiegung % des ursprünglichen Durchmessers	Von 100 sind zu prüfen	L mm	F g/mm	f kg/mm	c %		l %	g
Baden . . .	2	3000	6	—	4	200	—	70	25	15	100	g = f + l. 5 Jahre Haltzeit
Bayern . . .	—	—	—	—	2	200	314	$\frac{65}{73}$	$\geq 25$	—	$\geq 95$	
Preußen-Hessen, Reichsbahnen	2	3000	—	Formel	4	200	Regelstab	$\geq 70$	—	—	—	" g = f + c
Sachsen . . .	2	"	—	15	4	"	491	65	—	10	—	
Württemberg . . .	2	"	—	12	2	"	Regelstab	70	25	15	100	
Österreich-Ungarn . . .	1	"	—	12	2	"	491	80	34	14	—	
Südbahn . . .	2	3000	—	9	4	160	314	65	—	15	—	
Niederlande . . .	2	10000	4	20,9	4	200	Regelstab	75	—	16	—	40 kg/gmm Streckgrenze wie Zusammenstellung XXXVIII
Rumänien <sup>23)</sup> . . .	2	6 × 1000	6	—	4	"	"	74	34	14	—	
Preußen . . .	4	3000	—	Formel	4	"	Regelstab	70	—	—	100	Mittelstahl g = f + c; Sonderstahl
Württemberg . . .	2	"	—	12	2	200	Regelstab	80	20	10	—	
Österreichische Staatsbahnen	1	"	—	12	4	"	491	75 bis 85	—	12	—	Sonderstahl
Ungarn <sup>24)</sup> . . .	2	3000	4	—	2	"	"	70	—	15	—	je eine Zerreibprobe aus Spurrkranz und Mitte Sonderstahl für Kleinbahnfahrzeuge
Niederland . . .	2	1500 bis 4500	4	10	4	"	Regelstab	80	—	10	—	
								90	—	8	—	

<sup>23)</sup> Die Dehnung soll auf 1 kg/gmm Zunahme der Festigkeit um 0,5% abnehmen.

<sup>24)</sup> Die ungarischen Staatsbahnen verwenden einen besonderen Chromstahl, wobei auch die Ermittlung der Kugeldruckhärte in Radreifenbaschnittten versuchsweise angewendet wird. Verwendet wird die 19 mm Kugel mit 50 t Druck bei mindestens 35 mm Stärke der Versuchstücke.

die Sicherheit der Blätter der Kurbelarme dadurch zu erhöhen, daß er den nicht durchgeschmiedeten Teil entfernt, soweit es die Sicherheit der Ausführung erlaubt. Sind die Mittelkurbeln um  $180^{\circ}$  versetzt, wie bei Vierzylinderlokomotiven, so verbindet man sie durch einen Schrägarm<sup>25)</sup>, der stärker durchgearbeitet werden kann, als rechtwinkelig zu einander stehende Verbindungen. Um Anrißbildungen möglichst zu vermeiden, sind stets sanfte Übergänge mit großen Hohlkehlen zwischen den verschiedenen Querschnitten zu bilden, eine allgemeine Sicherheitsmaßregel für alle aus Stahl zu fertigenden Teile, die um so strenger einzuhalten ist, je mehr Kohlenstoff der Stahl enthält.

Hohlachsen mit 50 bis 60 mm Bohrung in Achsenmitte bieten den Vorteil, daß etwaige Seigerungen und Blasen des Blockinnern durch das Ausbohren entfernt werden, und geben die Sicherheit, daß das Innere gesund ist, da das durch Ableuchten ermittelt werden kann.

## f. 2) Lieferbedingungen.

Die Vorschriften der preußisch-hessischen Staatsbahnen für Achswellen der Lokomotiven, Tender und Wagen enthalten Folgendes.

Falls keine besonderen Abmachungen getroffen sind, soll verwendet werden:

zu den gekröpften Lokomotiv-Achswellen Nickelflußstahl,

zu den Achswellen von Lokomotiven, Tendern und Wagen Flußstahl,

dessen Herstellungsweise dem Unternehmer unter Angabe im Angebote anheimgestellt wird.

Die Achswellen müssen aus fehlerfreien, durchweg gleichmäßig dichten Gußblöcken, deren mittlerer Querschnitt wenigstens das Vierfache von dem der roh vorgeschmiedeten Achswelle betragen muß, unter entsprechend schweren Hämmern oder Schmiedepressen ausgeschmiedet werden.

Werden die Achswellen aus vorgewalzten Gußblöcken geschmiedet, so muß der Querschnitt des Gußblockes wenigstens achtmal so groß, und der Querschnitt der vorgewalzten Blöcke wenigstens doppelt so groß sein, wie der der roh vorgeschmiedeten Achswellen.

Im Übrigen ist das Walzen nur zum Zwecke etwaigen Glättens der vorgeschmiedeten Achswellen zulässig.

Die Körner an den Köpfen der Achsschenkel sind vor dem Abdrehen genau nach Zeichnung fertigzustellen. Nachträgliches Einbohren der Körner ist unstatthaft.

An den gedrehten Achsen dürfen keine Risse, Schalen oder Sandstellen sichtbar sein.

Die Achswellen für Tender und Wagen sind genau nach den Maßen der zugehörigen Zeichnung auf der ganzen Oberfläche glatt und sauber zu drehen, scharfe Ansätze sind zu vermeiden. Die Hohlkehlen der Achsschenkel sind mit besonderer Sorgfalt herzustellen, sie dürfen auf keinen Fall zu tief eingedreht sein. Beim Abdrehen der Nabensitze sind 3 mm für das spätere Einpassen zuzugeben: vorgedrehter Durchmesser = Fertigdurchmesser + 6 mm. Die Achsschenkel müssen sauber geschlichtet und glatt geschmirgelt werden; jedes Bearbeiten mit der Feile ist zu vermeiden.

<sup>25)</sup> Band I, 3. Auflage. Textabb. 394, S. 375; 398, S. 377.

Lokomotiv-Achswellen sind an den Achsschenkeln und den Sitzen der Naben und zweimittigen Scheiben mit 3 mm Zugabe vorgedreht zu liefern: vorgedrehter Durchmesser = Fertigdurchmesser + 6 mm.

#### Bezeichnung.

Die Achswellen sind vor Kopf mit nachstehender Stempelung zu versehen: Werkzeichen, Lieferjahr, Schmelzungsnummer in 10 mm hohen Zeichen und Abnahmestempel.

Die fertigen Achswellen werden auf Festigkeit durch Zerreißproben, auf Zähigkeit durch Schlagproben geprüft.

Die aus den Achsen kalt heraus zu drehenden Regelzerreißstäbe sollen die in Zusammenstellung XXXV angegebenen Festigkeiten haben.

#### Zusammenstellung XXXV.

Stoff	f kg/qmm	l %	c %
Flußstahl für Achswellen. . . . .	$\geq 50$	—	—
Nickelflußstahl für Achswellen. . . . .	$\geq 60$	$\geq 18$	$\geq 45$

Der Flußstahl soll zäh und gleichmäßig sein, der Nickelflußstahl soll 5 % Nickelgehalt haben.

Die Anzahl der zu entnehmenden Proben soll 2 % betragen.

Die Schlagversuche sollen auf dem Regelfallwerke vorgenommen werden.

#### Schlagversuche mit Achswellen.

Die zu prüfenden Achswellen können unbearbeitet oder vorgedreht sein; sie sind mit 1,5 m Freilager durch Schläge des Fallbären auf ihre Mitte zu prüfen. Lokomotivachswellen müssen unter jedesmaligem Wenden acht Schläge von 5600 kgm, Tenderachswellen ebenso von 4200 kgm aushalten.

Wagenachswellen von 145 mm Durchmesser des Nabensitzes im Fertigmaße sollen bei den Schlagproben mit 3000 kgm für jeden Schlag ohne Wendung mindestens 180 mm durchgebogen werden können, ohne zu brechen oder sonstige Mängel zu zeigen, die im Nabensitze 130 mm starken Achswellen durch ebenso starke Schläge mindestens 200 mm. Nach jedem Schlage ist die Durchbiegung zu messen und die Fallhöhe des Bären entsprechend der eingetretenen Durchbiegung zu regeln. Der letzte Schlag kann der zu erreichenden Durchbiegung angepaßt werden.

Die Durchbiegung der Achswellen soll in deren oberer Fläche gemessen werden, und zwar immer in Bezug auf die ursprüngliche Entfernung der Auflagerpunkte.

Zum Messen ist ein Stangenzirkel mit einem in der Mitte angebrachten senkrecht beweglichen, mit Millimeterteilung versehenen Schieber zu benutzen.

Der Wärmegrad des Probestückes ist vor der Probe festzustellen und zu vermerken.

Die in Zusammenstellung XXXVI aufgeführten Schlag- und Zerreiß-Proben

Verwaltung	Schlagproben			Zerreißproben					Bemerkungen		
	Von 100 sind zu prüfen	Schlagmoment kgm	Anzahl der Schläge	Durchbiegung mm	Von 100 sind zu prüfen	L	D	f		c	l
Baden . . .	2	$\frac{2 \times 3000 + 2 \times 3300 + 3600 + 3900}{3}$	6	200	2	200	—	50	40	18	$\frac{f+c}{95}$ nach jedem Schläge um 180° wenden.
Bayern . . .	—	—	—	—	2	„	25	$\frac{50}{55}$ 50	$\geq 40$	—	$\geq 95$
Mecklenburg . . .	2	3000	n	180	2	„	—	50	—	—	Lokomotivachsen Tender- und Wagenachsen.
Preußen-Hessen Reichsland . . .	2	5600	8	nach jedem Schläge wenden	2	„	20	50	—	—	Durchbiegung 175:d beziehungsweise 260:d in cm, d = Achsdurchmesser in cm.
Sachsen . . .	2	4000	—	175:d	4	„	25	55 bis 60	—	—	für Tender und Wagen.
Württemberg . . .	—	—	—	—	4	„	25	50	—	—	$\frac{f+c}{90}$ g = f + c
Österreichische Staatsbahnen	—	4200	8	nach jedem Schläge wenden	„	„	20	„	30	20	Tender- und Wagenachsen.
Ungarische Staatsbahnen	2	5600	8	—	2	„	25	50	—	17	Lokomotiv-Achsen I. Klasse.

Martinstahl.

Von jeder Achse wird zur Gefügebeurteilung nach Eindrehen bis auf 40 mm ein Achsschenkel abgeschlagen

Ungarische Staatsbahnen	2	4200	8	—	2	200	20	$\frac{45}{55}$ 45	—	—	Lokomotiv-Achsen II. Klasse
Österreichische Staatsbahnen	—	3000	—	200 dann umwenden und wieder gerade richten	2	„	„	$\frac{45}{60}$ 60	—	$\frac{17}{15}$	Tender- und Wagenachsen
Niederland . . .	2	5600	8	wenden	4	„	20	52 bis 60	30 Streckgrenze 30 kg/qmm	20	$g = f + c$ Lokomotiv- und Tenderachsen
Rumänien . . .	2	3000	4	200	4	„	„	55	50	20	Lokomotiv-Kurbelachsen Tenderachsen
	2	5 × 1000	—	240	4	—	—	—	—	—	
	—	1,5 × 1000	—	100	—	—	—	—	—	—	Achsstummelprobe siehe unten
Baden . . .	—	—	—	—	2	200	bis 25 mm	60	35	20	$g = f + c$
Sachsen . . .	2	4000	—	Formel	4	„	25	$\frac{55}{60}$ 60	—	18	$\frac{175}{d}$ in cm = Durchbiegung
Württemberg Österreichische Südbahngesellschaft . . .	—	—	—	—	2	160	$\frac{20}{25}$ 20	60 50 55	35	20	$g = f + c$
	—	—	—	—	—	200	25	$\frac{55}{60}$ 60 65	—	16	
	—	—	—	—	—	200	25	60 65	—	15	

Tiegelstahl für Lokomotivachsen.

wie oben

siehe unten

Zusammenstellung XXXVI, Fortsetzung.

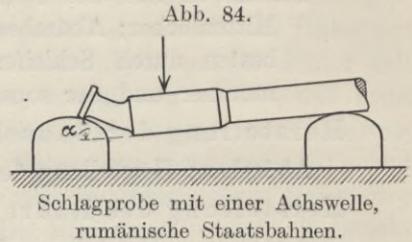
Verwaltung	Schlagproben				Zerreißproben						Bemerkungen	
	Von 100 sind zu prüfen	Schlagmoment kgrm	Anzahl der Schläge	Durchbiegung mm	Von 100 sind zu prüfen	L mm	D mm	f kg/qmm	c o/o	l o/o		g
Nickelflußstahl (Lok.).												
Baden . . .		wie oben			2	200	bis 25 mm	60	45	18	110	Kurbelachsen; g = f + c
Bayern . . .		5 % Nickelgehalt			100	200	25	$\frac{55}{65}$	$\geq 40$	—	$\geq 95$	Kurbelachsen
Preußen . . .	—	—	—	—	100	„	20	60	45	18	—	—
Sachsen . . .	2	200	—	95:d	4	„	25	55	—	18	—	800 mm Stützweite
Österreichische Staatsbahnen	Kerb-schlagprobe	50	5	siehe Schluß	von je-der der Achse 2	„	20	$\frac{55}{65}$	—	15	—	3% Nickelstahl; von jeder Schmelzung 1 Probe
Ungarische Staatsbahnen	„	„	3	„	1 Probe von je-der der Schmelzung	„	„	$\frac{55}{65}$	40	—	—	—
Rumänien . . .												

Stärkere Achsen werden durchgebogen, bis sich eine in der Mitte der Zugseite angebrachte Meßstrecke von 200 mm um 10 % vergrößert hat. In beiden Fällen werden die Achsen umgewendet und wieder gerade gerichtet.

beziehen sich auf eine Stützweite von 1500 mm; die Bedingungen gelten, wenn nicht anders bemerkt, für Lokomotiv-, Tender- und Wagen-Achsen.

Die rumänischen Staatsbahnen fordern, daß die eine Hälfte jeder zerbrochenen Achse nach Textabb. 84 mit Schlägen von 1500 kgm bei 1000 kg Bärgewicht bearbeitet wird, bis das Maß a auf 1000 mm angewachsen ist.

Die österreichische Südbahn, die österreichischen und die ungarischen Staatsbahnen verlangen die Schlagprobe mit Stäben von 400 mm Länge und 40 mm Durchmesser, die aus dem verlängerten Teile der Achse kalt herausgearbeitet werden. Der Stab wird bei 300 mm Stützweite mit einem auf seine Mitte gesetzten scharfen Meißel von  $45^\circ$  Schneidwinkel eingekerbt, der mit 25 kgm geschlagen wird. Hierauf wendet man den Stab um  $180^\circ$  und prüft ihn mit drei weiteren Schlägen von 50 kgm; die unten liegende Kerbe darf dabei nicht aufreißen.



Proben werden kalt, teils aus länger geschmiedeten Teilen der Achsen, teils aus den abfallenden Kurbelabschnitten entnommen. Wenn Proben aus Ansätzen an Schmiedestücken entnommen werden sollen, so ist darauf zu achten, daß der Ansatz nicht anders bearbeitet ist, als das Schmiedestück. Ist der Ansatz besonders stark ausgestreckt, so hat er ganz andere Eigenschaften, als das Mutterstück.

Die badischen Staatsbahnen verlangen bei Achsen aus Nickelstahl die Haftung für eine Mindestleistung von 400000 km.

Neuerdings werden aus drei Teilen zusammen gesetzte Kurbelachsen verlangt, bei denen jeder Teil vollkommen durchgearbeitet wird, und so eine bessere Gewähr für gleichartigen Stoff bietet.

Die österreichische Südbahn hat für „Raffinier“-Stahl an Phosphorgehalt vorgeschrieben  $P \leq 0,04\%$ .

Eine Untersuchung hatte folgende Ergebnisse:

0,31 % C, 0,94 % Mn, 0,28 % Si, 0,39 % Ni, 0,04 % Cu, 0,03 % P, 0,02 % S.

Französische Bahnen verwenden Chrom-Nickelstahl für gekröpfte Lokomotivachsen mit 1 bis 2,6 % Nickelgehalt und 0,2 bis 0,5 % Chrom. Die Festigkeiten und Dehnungen entsprechen den in Zusammenstellung XXXVI aufgeführten. Die Zerreißstäbe werden nach der Formel

$$L = \sqrt{66,67 F} \text{ oder auch } L = \sqrt{80 F}$$

angefertigt, und sollen Dehnungen bis 26 % bei 60 % Einschnürung haben.

#### IV. g) Achssatz.

Der Achssatz besteht aus Achse, Radsternen und Radreifen, seine Abnahme bezieht sich nur auf Besichtigung, Prüfung der Abmessungen und Auswuchtung. Die Achsen sollen mit Wasserdruckpressen unter Selbstaufzeichnung des dabei auftretenden Druckes in die Radnaben eingepreßt werden; die Radreifen werden mit einem Schrumpfwalze = 1 mm auf 1 m Durchmesser auf den Dorn gezogen unter Erwärmung des Reifens bis  $250^\circ$ , meist auf einem Gas-Rundfeuer.

Trieb-, Kuppel- und gekröpfte Achsen werden auf besonderen Richtständen genauestens auf Richtigkeit der Kurbelstellungen und sonstige Maße geprüft. Gewöhnliche Achssätze werden auf glatten wagerechten Unterlagen für die Achsschenkel durch Hin- und Herrollen auf richtige Auswuchtung untersucht.

Der Abnahme-Beamte hat bei Herstellung der Achssätze Folgendes zu beachten:

#### Herstellung der Achse.

Schmieden aus dem Rohblocke; Andrehen der Achsschenkel; Bohren der Mittenlöcher; Abdrehen der Achse; Fertigstellen der Achsschenkel, am besten durch Schleifen; Aufschlagen der Schmelzungsnummer, Achsnummer und der sonstigen Bezeichnungen vor Kopf.

#### Herstellung der Radscheiben.

Abdrehen; Herstellung der Nabenbohrung.

#### Herstellung des Radreifens.

Ausdrehen; Herstellung der Sprengringnute.

Meist werden nun die zu einander passenden Radreifen und Radscheiben ausgesucht und mit einem Schrumpfmaße von 1 bis  $1,3\frac{0}{100}$  aufgezogen.

Zwecks genauen Messens der Durchmesser ist ein sauberer Schlichtschnitt bei beiden zu vereinigenden Körpern erforderlich. Die zum Messen verwendeten Maßstäbe dürfen nicht federn, sie müssen starr sein, und sich genau auf den gleichen Durchmesser einstellen lassen. Der Sprengring wird in die Nut eingelegt und entweder mit dem Lufthammer, oder einer Walze fest mit der Scheibe verbunden. Falls der Sprengringquerschnitt dicht in die mit einem Meißel unveränderlichen Querschnittes hergestellte Nut paßt, ist gegen das kalte Einwalzen nichts einzuwenden. Meist paßt jedoch der Sprengring wegen der Ungenauigkeiten eines Walzerzeugnisses nicht genau in die Nut; der Hammer treibt den Ansatz des Radreifens dicht an den Sprengring heran, da der Stoff so lange ausweicht, bis er Widerstand am Ringe findet. Beim kalten Walzen steht dies nicht so sicher fest, jedenfalls ist die Beobachtung gemacht, daß kalt eingewalzte, im Querschnitte von der Regelform stark abweichende Sprengringe nicht fest in der Nut saßen, sondern sich verschieben ließen.

Die bereiften Radscheiben und die Achsen werden passend zusammen gesucht, wobei darauf zu achten ist, daß Bohrung und Nabensitz sauber geschlichtet, und im Durchmesser höchstens um 0,2 mm verschieden sind. Das Aufpressen der Räder auf die Achse muß langsam und stetig erfolgen. Sauber geschliffene Nabensitze und Bohrungen ergeben keinen genügenden Aufpreßdruck.

Die Forderung, zunächst die Räder auf die Achse zu pressen und dann erst zu bereifen, ein sich in den Werkstätten naturgemäß ergebender Vorgang, wird damit begründet, daß die Reifen dann fester auf der Achse säßen. Diese Anschauung ist nur dann haltbar, wenn nachgewiesen wird, daß das Bereifen einen Druck auf Verengung der Nabe ausübt, was wegen der Stärke der Nabe wenig wahrscheinlich ist.

Endlich ist noch der fertige Achssatz auszuwuchten, was auf genau wagerecht gelagerten Schienen erfolgt, auf denen die Achsschenkel hin und her rollen. Übergewicht an einer Seite verursacht Pendeln um die lotrechte Stellung des Übergewichtes.

Die entsprechenden Vorschriften der preußisch-hessischen Staatsbahnen enthalten Folgendes:

Auf eine Achswelle sollen nur solche Radgestelle gleicher Bauart aufgepreßt werden, deren Gewichtsunterschied 2 kg nicht übersteigt. Die auf den Umfang der Radgestelle bezogenen Übergewichte der zu einem Achssatze gehörigen Räder müssen möglichst gleich groß sein, und sollen tunlich in einer durch die Achsmittellinie gehenden Ebene, und zwar auf entgegengesetzten Seiten der Achswelle liegen. Das Aufpressen der Radgestelle soll mit einer Wasserdruckpresse erfolgen, deren Stempel den Druck durch eine den Achsschenkel umschließende Hülse auf den innern Bund des Achsschenkels überträgt. Das Aufpressen der Räder soll derart erfolgen, daß der Druck nach Zurücklegung von 20 mm beginnt und beim weitem Aufpressen bis zum richtigen Sitze des Rades stetig steigt. Der Enddruck soll bei Achsen von 130 mm Durchmesser im Nabensitze nicht unter 50 t und nicht über 75 t betragen. Bei Achsen von 145 mm Durchmesser im Nabensitze soll der Enddruck zwischen 60 und 90 t liegen. Die Räderpressen sind mit Druckmessern zu versehen, die den Verlauf des Aufpreßdruckes deutlich aufzeichnen. Der Maßstab muß mindestens 40 mm für 100 atmosphären Druck, die Abrollgeschwindigkeit des Streifens mindestens 20 mm in der Minute betragen.

Die Radgerippe müssen auf den Achswellen eine solche Stellung erhalten, daß jede Speiche des einen Rades mit einer Speiche des gegenüber stehenden Rades in einer Ebene liegt.

Die Radreifen sind mit einem Schrumpfmaße von 1 ‰ des Durchmessers warm aufzuziehen.

Die Verbindung der Radreifen mit den Radgestellen erfolgt durch Sprengringe, die durchweg den vorgeschriebenen Querschnitt haben müssen. Das Anrichten der Reifen nach dem Einlegen der Sprengringe muß sorgfältig auf dem ganzen Umfange erfolgen. Der Reifen darf keine Eindrücke der zum Anrichten benutzten Werkzeuge haben.

Nach erfolgtem Aufziehen und Befestigen der Radreifen werden die Lauf- und Stirn-Flächen nach den vorgeschriebenen Abmessungen oder den zu überweisenden Lehren abgedreht, besondere Sorgfalt ist darauf zu verwenden, daß beide Räder desselben Satzes genau denselben äußern Durchmesser erhalten. Die fertigen Achssätze mit aufgezogenen Reifen müssen genau mittig sein.

Das Verdecken von Schweißfugen, Brandlöchern und sonstigen Fehlern durch Hämmern, Verkitten oder Verstemmen ist unstatthaft.

Wegen der Wichtigkeit des Schrumpfmaßes sollte bedungen werden, daß die äußeren Flächen der Radscheiben und die inneren der Radreifen vor dem Aufschrupfen mit Schlichtschnitt bearbeitet, auch sollten Grenzen für die Abweichung der beiden Durchmesser von einander und für die Größe des Durchmessers bestimmt werden.

#### IV. h) Sonstige Schmiedeteile.

Trieb-, Kuppel-, Kolben- und Schieber-Stangen, Kurbeln und Kurbelzapfen.

Bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen werden außerdem noch aus Flußstahl von 50 bis 60 kg/qmm Zugfestigkeit und 20 % Dehnung der Regelstäbe hergestellt:

Stoßpuffer, Stoßplatten, Bolzen und Kuppelstangen der Kuppelung zwischen Lokomotiven und Tendern, Bolzen der Schraubenkuppelungen, Zugstangenmuffen, Drehgestellzapfen, obere Gleitplatten der Seitenaufleger von Lokomotivdrehgestellen, Führungsplatten für die Federbügel amerikanischer Drehgestelle, Kolbenkörper, Kreuzköpfe, Gleitbahnen, Stell- und Befestigungs-Keile.

Tiegelstahl mit mindestens 60 kg/qmm Zugfestigkeit und 20 % Dehnung der Regelstäbe wird bedungen für Kolbenstangen, Kurbel- und Kuppel-Zapfen und Gegenkurbeln.

Diese Teile werden auf verschiedene Weisen aus vorgeschmiedeten oder gewalzten Rohstücken hergestellt. Dabei ist zu beachten, daß die Teile bei Herstellung aus Rohstoffen der oben angegebenen Festigkeiten und Dehnungen durch die Bearbeitung ganz andere Eigenschaften annehmen. Meist ist die Festigkeit durch die Schmiede- und Streck-Arbeit auf Kosten der Dehnung gestiegen. Soll die Arbeits-Tüchtigkeit und -Sicherheit in einer Bauanstalt geprüft werden, so müßte gefordert werden, daß die aus Stahl hergestellten Schmiedestücke in dem Zustande nach Auswahl geprüft werden, in dem keine weitere Feuerbehandlung und kein kaltes Behämmern und Strecken mehr stattfindet. Angeschmiedete Probestücke dürfen keine andere Schmiedebearbeitung erfahren, als die Teile selbst. Die Anforderungen einiger Verwaltungen an einige der aufgezählten Schmiedestücke gibt Zusammenstellung XXXVII an.

Bei den neueren Schnellzuglokomotiven ist man bestrebt, für diese Teile besten Stahl zu verarbeiten, da so allein die erforderliche Sicherheit gegenüber den hohen Beanspruchungen erreicht wird.

Bearbeitung und Wärmebehandlung müssen genau nach den von den Werken gegebenen Vorschriften erfolgen, wenn die größte Ausnutzung der Arbeitsfähigkeit des Stoffes erreicht werden soll.

## B. V. Oberbauteile aus Eisen und Stahl.

### V. a) Schienen, Laschen und Herzstücke.

Bearbeitet von **Dietz**.

#### a. 1) Schienen.

##### 1. a) Herstellung.

Die Schienen werden im Walzverfahren aus Thomas-, Bessemer- und Siemens-Martin-Stahl hergestellt. In Deutschland wird Bessemer-Stahl nur noch von wenigen Werken erzeugt. Siemens-Martin-Stahl findet, wohl wegen seiner etwas höheren Herstellungskosten, nur geringe Verwendung, obgleich er in großen Mengen erzeugt wird, und wegen seiner Gleichmäßigkeit und Dichte sehr geeignet erscheint.

In allen neueren Werken mit Thomas-Betrieb sind die Arbeitsvorgänge jetzt durch die Anlage von Wärmegruben so geregelt, daß die Hochofenwärme für das Auswalzen der Schienen ohne Zwischenerwärmung ausgenutzt wird.

SCHIENEN.

Zusammenstellung XXXVIII.

Verwaltung	Trieb- und Kuppel-Stangen			Kolben- und Schieber-Stangen			Kurbeln und Kurbelzapfen			Bemerkungen			
	Stahlart	f kg/gmm	c %	l %	Stahlart	f kg/gmm	c %	l %	Stahlart		f kg/gmm	c %	l %
Baden . . . .	Tiegel	60	35	20	Tiegel	60	35	20	Tiegel	60	35	20	g = c + f =
Preußen-Hessen .	Nickel Fluß	60	45	18	Tiegel	60	35	20	Tiegel	60	20	—	
Sachsen . . . .	—	50	30	20	„	65	—	10	—	60	—	—	
Südbahn . . . .	—	—	—	—	Martin	60	40	15	Tiegel	70	32	14	
Ungarn . . . .	Martin	40	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Italien . . . .	—	50	—	—	Tiegel	65	—	12	—	—	—	—	
Französische Staatsbahnen	Fluß	40	—	20	—	—	—	—	—	—	—	—	
Große Zentralbahn England . . .	Fluß	41	—	18	Martin	66	—	10	—	—	—	—	
Große Ostbahn England . . .	„	39	—	12,5	„	72	—	8	—	—	—	—	
Nordostbahn England . . .	—	47	—	—	„ Ölhärtung	63	—	8	—	—	—	—	
Südafrikanische Zentralbahn .	Martin	42	—	18	Martin	63	—	6	—	Martin	47	15	
Schweizerische Bundesbahnen	Martin	49	—	20	Martin	55	—	12	—	—	—	15	
	Martin	45	—	20	Martin	63	—	20	„	36	—	25	
	Martin	55	—	20	„	71	—	20	„	42	—	25	

Die Erzeugung und Behandlung von Flußeisen und Stahl sind früher<sup>25)</sup> eingehend erörtert. Die Gußblöcke werden in der Regel für einen Schienenstab von 60 m und Länge bemessen, in noch rotwarmem Zustande in Stücke der gewünschten Längen geschnitten, die dann, sich selbst überlassen, erkalten.

Bei Verwendung von Siemens-Martin-Stahl kommt das Vorblocken meist in Fortfall, auch pflegt man die Blöcke erkalten zu lassen, und dann von neuem auf Rotglut zu erwärmen.

Die Fertigbearbeitung erfolgt in kaltem Zustande, sie besteht in dem Geraderichten der beim Erkalten stets krumm gewordenen Schienen, dem Glattfräsen der Stirnflächen, dem Bohren der Löcher, dem Entfernen der bei der Bearbeitung entstandenen Grate und dem Brechen der scharfen Kanten der bearbeiteten Stirnflächen.

### 1. $\beta$ ) Lieferbedingungen.

Die technischen Lieferbedingungen befassen sich mit den Stoffeigenschaften, mit dem Genauigkeitsgrade der Abmessungen und mit der äußern Beschaffenheit.

#### $\beta$ . A) Stoffeigenschaften.

Für die Prüfung des Schienenstahles sind Schlag-, Belastungs-, Druck- und Zerreiß-Proben gebräuchlich, außerdem vereinzelt die chemische und die Ätz-Probe und die Untersuchung des Groß- und Klein-Gefüges durch Vergrößerung.

Welche Proben gleichzeitig bei verschiedenen Verwaltungen vorgeschrieben sind, ist aus der Zusammenstellung XXXVIII ersichtlich.

Am gebräuchlichsten ist die Zerreißprobe in Verbindung mit der Schlagprobe oder Belastungsprobe. In neuerer Zeit ist die Kugel- oder Kegel-Druckprobe als Ersatz der Zerreißprobe hinzugekommen.

#### A. I) Zerreißfestigkeit und Dehnung.

Die in den besonderen Bedingungen der verschiedenen Verwaltungen angegebene Mindestfestigkeit bewegt sich zwischen den Grenzen 50 und 70 kg/qmm. Ein Maß für die Dehnung und Einschnürung ist meist nicht vorgeschrieben, wohl aber Zusammenstellungen von Festigkeits-, Dehn- und Einschnür-Zahlen. So soll nach den Bedingungen der schweizerischen Bundesbahnen für Laschen (Zusammenstellung XL, Nr. 15, S. 216) die Dehnung in % mit der Festigkeit in kg/qmm vervielfacht mindestens 900 ergeben, die österreichische Südbahn-Gesellschaft (Zusammenstellung XXVIII, Nr. 8, S. 190) schreibt für Schienen vor, daß die Dehnung in % mit dem Quadrate der Festigkeit vervielfacht mindestens 40000 betrage. Französische Bahnen (Zusammenstellung XXXIII, Nr. 10 bis 13, S. 192 bis 195) setzen eine Mindestzahl für das Zusammenzählen von Festigkeit und doppelter Dehnung fest.

Von diesen Zusammenfassungen läßt nur die erste eine mechanisch-physikalische Deutung zu, während die übrigen, willkürlich gestalteten, nur erfahrungsmäßig wirken. Die Festigkeit gibt mit der Dehnung vervielfältigt die zur Herbeiführung des Bruches aufzuwendende Zerreißarbeit Kraft  $\times$  Weg, bezogen auf die Querschnittseinheit. Diese Arbeit gibt einen zutreffenden Maßstab für die

<sup>25)</sup> Abschnitte III. c. 1), 2) und 3) von S. 88 an, IV. a) von S. 147 an.

Beurteilung der Zähigkeit des Stahles, da sie zeigt, welcher Arbeitsaufwand zur Herbeiführung dauernder Formänderungen nötig ist.

#### A. II) Druckprobe.

Als teilweiser Ersatz für die Zerreißprobe ist bei mehreren Verwaltungen die Druckprobe in die Lieferbedingungen aufgenommen<sup>26)</sup>. Den Maßstab für die Festigkeit des Stahles gibt der Flächendruck oder die Eindringtiefe. Nach den Lieferbedingungen der preußisch-hessischen Staatsbahnen soll die Eindringtiefe einer 9 mm starken Kugel unter 50 t Druck nicht mehr, als 5,5 mm, und nicht weniger, als 3,5 mm betragen.

Die Ansichten über den Wert der Kugeldruckprobe für die Schienenabnahme sind noch geteilt. Einige sehen in ihr einen vollwertigen Ersatz für die zeitraubende Zerreißprobe; andere halten sie nur für geeignet, schnell einen gewissen Anhalt für die Beschaffenheit des Stoffes zu erhalten, die Zerreißprobe könne aber nicht durch sie ersetzt oder entbeht werden<sup>27)</sup>.

#### A. III) Schlagversuche<sup>28)</sup>.

Bei den Schlagversuchen wird ein auf zwei Stützen ruhendes Schienenstück durch die Schlagwirkungen eines frei herabfallenden Bären in der Mitte zwischen den Stützen bleibend durchgebogen. Je nach den Vorschriften über die Schlagarbeit und Durchbiegung, gemessen als Pfeilhöhe gegen die Stützweite als Sehne, lassen sich die Schlagversuche der Eisenbahnen in drei Gruppen einteilen.

Bei beliebiger Schlagarbeit soll die Biegung ohne Rißbildung oder Bruch der Schiene ein vorgeschriebenes Maß erreichen; diese Probe ist bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen üblich.

Die Schiene soll eine bestimmte Schlagarbeit aushalten, ohne zu brechen; die Größe der Durchbiegung ist hierbei gleichgültig.

Bei vorgeschriebener Schlagarbeit soll die Durchbiegung entweder ein Mindestmaß erreichen, oder ein höchstes Maß nicht überschreiten.

Bei vorgeschriebener Durchbiegung im ersten Falle zeigt der Schlagversuch an, daß das Probestück in den äußersten Fasern eine bestimmte Dehnung und Stauchung zuläßt. Die Beziehung zwischen der Dehnung  $e$  mm, der Stützweite  $l$  mm, der Höhe  $h$  mm der Schiene und der Durchbiegung  $\delta$  wird annähernd durch

$$\text{Gl. 25) } \dots \dots \dots \delta = e \cdot l : (d h)$$

angegeben, worin  $d$  einen Zahlenfestwert darstellt.

Bei gleicher Dehnung der äußeren Fasern ist die Durchbiegung im umgekehrten Verhältnisse zur Schienenhöhe zu wählen.

In der zweiten Gruppe ist die Schlagarbeit vorgeschrieben, die das Probestück bis zum Bruche mindestens aushalten soll. Da die Schlagarbeit bis zum Bruche als ein Maß für die Zähigkeit gelten kann, so wird durch diese Vorschrift das Mindestmaß der Zähigkeit, unabhängig vom Zerreißversuche, festgesetzt.

Werden, wie in der dritten Gruppe, gleichzeitig eine kleinste oder größte zulässige Durchbiegung oder beide vorgeschrieben, so ist damit zugleich ein Mindest-

<sup>26)</sup> Organ, Ergänzungsband XIV, 1912, S. 7; Abschnitt B. II. b. 1), S. 40.

<sup>27)</sup> S. 40 und folgende.

<sup>28)</sup> S. 50 bis 52.

oder Höchst-Maß der Festigkeit oder beides gegeben. Der Schlagversuch kann in dieser Form den Zerreißversuch ersetzen, er gibt gleichzeitig ein Maß für die Zähigkeit des Stahles.

Die Beziehung zwischen Schlagarbeit  $\mathfrak{A}^{\text{kgcm}}$ , Zerreißfestigkeit  $f^{\text{kg/qcm}}$ , bleibender Durchbiegung  $\delta^{\text{cm}}$  und Stützweite  $l^{\text{cm}}$  lautet

$$\text{Gl. 26) } \dots \dots \dots \mathfrak{A} = \delta \frac{8 \mathfrak{S} \cdot f}{l} \text{ oder } \delta = \frac{\mathfrak{A} l}{f \cdot 8 \cdot \mathfrak{S}}$$

worin  $\mathfrak{S}^{\text{cm}^3}$  das statische Moment des auf einer Seite der wagerechten Schwerachse liegenden Teiles des Querschnittes in Bezug auf diese Achse ist. Die Ausdrücke gelten genau genug für Durchbiegungen bis 0,033 l.

A. IV) Belastungsprobe.

Bei der Belastungsprobe wird ein an beiden Enden gestütztes Schienenstück in der Mitte so belastet, daß in den äußeren Fasern eine Spannung entsteht, die entweder der verlangten Elastizitätsgrenze, oder der verlangten Bruchfestigkeit entspricht. Im ersten Falle darf keine bleibende Durchbiegung, im zweiten Falle kein Bruch eintreten. Die Belastung  $P^{\text{kg}}$  ist nach

$$\text{Gl. 27) } \dots \dots \dots P = 4 \cdot W \cdot \sigma : l$$

zu bestimmen, worin  $l^{\text{cm}}$  die Stützweite,  $W^{\text{cm}^3}$  das Widerstandsmoment und  $\sigma^{\text{kg/qcm}}$  die Spannung der äußeren Faser bedeutet.

Der Bruch tritt ein, wenn annähernd

$$\text{Gl. 28) } \dots \dots \dots \frac{Pl}{4} \geq W \cdot f \text{ ist.}$$

Die Belastungsprobe gibt nur Aufschluß über die Festigkeit des Stoffes, indem sie anzeigt, daß die Festigkeit einen gewissen Wert nicht unterschreitet, aber keinen über die Zähigkeit.

$\beta$ . B) Genauigkeit der Abmessungen.

Je nach dem Wärmegrade, mit dem das Walzgut durch die Fertigwalzen geht, fällt der Querschnitt des erkalteten Walzstabes verschieden aus. Lange Walzstäbe haben daher an den beiden Enden nicht ganz gleiche Querschnitte. Ferner hat die Abnutzung der Walzen stets Mafehler zur Folge.

Aus diesem Grunde lassen fast alle Verwaltungen Abweichungen von den Maßen der Zeichnung zu, und zwar meist 0,5 mm in der Höhe der Schiene und in der Breite des Kopfes, 1 mm in der Breite des Fußes, 3 % im Gewichte, 2 bis 3 mm in der Länge. Aus der Zusammenstellung XXXIX, S. 206, sind die näheren Angaben zu entnehmen.

ber die Genauigkeit der geraden Richtung werden meist keine Angaben gemacht.

$\beta$ . C) uere Beschaffenheit.

Bezüglich der äußeren Beschaffenheit wird verlangt, daß die Walzflächen glatt sind und keine Fehler, wie Löcher, Risse, eingewalzte Schalen, Walznhte aufweisen. Die bearbeiteten Flächen sollen glatt und die bei der Bearbeitung entstandenen Grate entfernt sein. Ferner sollen die Schienen gerade und namentlich an den Enden nicht verwunden sein.

Die in den Blöcken vorhandenen Blasen und sonstigen Hohlräume<sup>29)</sup> erscheinen nach dem Walzen in der fertigen Schiene als senkrecht liegende Längsspalten, die sich vom Kopfe durch den Steg bis zum Fuße auf größere Länge erstrecken können, ohne an der Oberfläche sichtbar zu sein. Sie machen sich nur an den Stirnflächen als feine senkrechte Linien bemerkbar, nach Beginn der Abnutzung des Schienenkopfes kommen sie aber als Längsrisse zum Vorschein.

### 1. $\gamma$ ) Prüfung und Abnahme.

Bei der Abnahme wird zunächst der Stoff der fertigen Schiene nach Maßgabe der in den besonderen Bedingungen in Bezug auf Anzahl und Art vorgeschriebenen Proben untersucht. Hierauf wird durch stichweise Prüfung des Querschnittes und der Bohrung, durch Messen der Längen und durch Besichtigung die bedungene Beschaffenheit festgestellt. Die Länge wird meist an jeder Schiene gemessen, ebenso wird meist die Beschaffenheit von Kopf, Fuß, Steg, der Stirnflächen und der Kennzeichnung durch Einzelbesichtigung untersucht. Die abgenommenen Schienen erhalten das Kennzeichen der abnehmenden Verwaltung.

---

<sup>29)</sup> B. II. a. 6), S. 37.



Zusammen-

1	2	3	4					5			6		
			Schlagproben					Zerreiß-					
Nr.	Verwaltung	Stoff	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Abstand der Stützpunkte	Schlagarbeit	Anzahl der Schläge	Durchbiegung	Luftwärme	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f			
			%	m	kgm		mm		%	kg/qmm			
2	Bayerische Staatsbahnen	Flußstahl. Die Schienen sind aus fehlerfreien, vollkommen gleichartigen, dichten Flußstahlblöcken zu walzen.	0,5	1	3000	1	100 ohne Bruch oder Mängel oder Mängel	—	0,5	≡ 60			
			der an das obere Ende des Blockes schließenden A-Schienen	1	1200	n							
			1	1500	2								
			1	1875	2								
Die Probeköpfe heraus													
3	Preußisch-Hessische Staatsbahnen, Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen und Lübeck-Büchener Eisenbahn-Gesellschaft	Flußstahl. Besonders verschleißfester Flußstahl.	0,5	1	1500	n	≡ 100	—	0,25	≡ 60			
			0,5	1	1500	n	≡ 80	—	0,25	≡ 70			
			0,5	1	1500	n	≡ 130 ohne Bruch oder sonstige Mängel	—	0,25	≡ 60			
Die Versuchsschienenköpfe													
4	Sächsische Staatsbahnen	Flußstahl.	0,5	1	1500	≡ 2	≡ 150	—	0,25	≡ 60			
			0,5	1	1500	≡ 2	≡ 150	—	0,25	≡ 65			
			0,5	1	3000	≡ 3	≡ 110	—	0,25	≡ 60			
			0,5	1	3000	≡ 3	≡ 110	—	0,25	≡ 65			
			0,5	1	3000	≡ 3	≡ 80	—	0,25	≡ 70			
			0,5	1	3000	≡ 4	≡ 100	—	0,25	≡ 60			
			0,5	1	3000	≡ 4	≡ 100	—	0,25	≡ 65			
			0,5	1	3000	≡ 4	≡ 75	—	0,25	≡ 70			
			0,5	1	3000	≡ 4	≡ 75	—	0,25	≡ 70			
			0,5	1	1500	≡ 2	≡ 150	—	0,25	≡ 65			
			0,5	1	3000	≡ 2	≡ 150	—	0,25	≡ 65			
			0,5	1	3000	≡ 3	≡ 150	—	0,25	≡ 65			
			Die Probestäbe kopfes kalt glühen ist ver-										
			Die Schläge sind mit derselben Arbeitsleistung fortzusetzen, bis die verlangte Durchbiegung erreicht ist										

stellung XXXVIII.

12					13					14					15					16					17					18					19					20					21					22					23					24				
proben					Belastungsproben					Druckproben																																																						
Einschränkung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = 1	f <sup>2</sup> . 1	f + 21	f . 1	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Entfernung der Auflager	Last	Bleibende Durchbiegung	Dauer der Belastung	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Eindrucktiefe einer harten Stahlkugel von 19 mm Durchmesser bei 50 t Druck	Bemerkungen																																																				
%	%				%	m	kg	mm	Min.	%	mm																																																					
≡ 20	≡ 12	—	—	—	0,5	1	140 × Wem <sup>3</sup> W = Widerstandsmoment der Schienen	—	—	—	—	bei Schienen von 140 mm Höhe und 43,5 kg/m Gewicht und Schienen von 135 mm Höhe und 34,87 kg/m Gewicht.																																																				
Die Erfüllung einer dieser beiden Bedingungen genügt												bei Schienen von 110 mm Höhe und 22,83 kg/m Gewicht.																																																				
stücke sind aus dem Schienenkopfe heraus zu arbeiten.												bei Schienen von 120 mm Höhe und 27,32 kg/m Gewicht.																																																				
stäbe sind aus der Mitte des kalt heraus zu arbeiten.												Genügen die Proben nicht, so wird ihre ganze Schmelzung von der Abnahme ausgeschlossen																																																				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,5 bis 5,5	} Schienen } Abnahmebedingungen wie Nr. 1. } Zungenschienen }																																																				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,0																																																					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,5 bis 5																																																					
Zu den Schlagproben siehe Bemerkung zu Nr. 1.																																																																
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5	} gewöhnliche Schienen } Form Ib, Gewicht 17,75 kg/m } Backenschienen }																																																				
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5																																																					
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5	} gewöhnliche Schienen } Form Va, Gewicht 36,85 kg/m } Backenschienen }																																																				
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5																																																					
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5	} gewöhnliche Schienen } Form VI, Gewicht 46,3 kg/m } Backenschienen }																																																				
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5																																																					
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5	} gewöhnliche Schienen } } Rillenschienen }																																																				
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5																																																					
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5	Zungenschienen Form Ib, Gewicht 24,52 kg/m																																																				
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5	Zungenschienen Form Va, Gewicht 46,5 kg/m																																																				
—	≡ 12	—	—	—	—	—	—	—	—	0,25	3,0 bis 5,5	Zungenschienen Form VI, Gewicht 59 kg/m																																																				
werden aus der Mitte des Schienenkopfes kalt gearbeitet. Vorheriges Ausbieten.												Abnahmebedingungen wie zu Nr. 1.																																																				

Zusammen-

1 Nr.	2 Verwaltung	3 Stoff	4-8 Schlagproben					9-11 Zerreiß-		
			Anzahl der Proben in % der Lieferung	Abstand der Stützpunkte	Schlagarbeit	Anzahl der Schläge	Durchbiegung	Luftwärme	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f
			%	m	kgm		mm		kg/qmm	
5	Württembergische Staatsbahnen	Flußstahl. Die Schienen sind aus fehlerfreien, gleichartigen, festen und dichten Gußblöcken herzustellen. Der Stahl muß gleichartiges Gefüge und eine Zähigkeit aufweisen, die vollkommene Sicherheit gegen Bruch unter den bei ihrer Verwendung vorkommenden Druck- und Stoß-Wirkungen gewährt.	0,5 0,5 1,0	1 1 1	1500 1500 1500	n n n	100 80 130 ohne Bruch oder sonstige Mängel	— — —	0,5 0,5 1,0	60 70 60
			Die Fallarbeit des letzten Schlages kann verringert und der noch zu erreichenden restlichen Durchbiegung angepaßt werden. Etwa bei einem Drittel der Probestücke ist die Schlagprobe mit größerer Fallarbeit bis 3000 kgm und mehr bis zum Bruche fortzusetzen. Nötigenfalls ist der Bruch durch Einkerbung des Probestückes herbeizuführen.					Die Versuchstäbe kopfes kalt heraus		
<b>B. Österreich-Ungarn.</b>										
6	Kaschau-Oderberger Eisenbahn	Flußstahl. Die ganze Bruchfläche muß ein gleichmäßiges, feinkörniges und lichtgraues Gefüge zeigen und frei von Blasen, Schlacken und sonstigen, den Stahl verunreinigenden Beimengungen sein.	0,5	1	500 × 19 $\frac{J}{e^2}$	n	$\frac{12800}{h}$ $\frac{10400}{h}$	über 0° C unter 0° C	0,5	Wenn nichts anderes bestimmt ist 70, bei besonderer Vereinbarung für Bessemerstahl $\leq 70$ und für Martinstahl $\leq 75$
			Die Schläge sind solange fortzusetzen, bis das Versuchstück bricht, oder sich auf 150 mm einbiegt.					Der Schienenkopf, heraus zu arbeiten ist, sonst erwärmt wer-		
								Pressen oder Nach-		

stellung XXXVIII.

12-16 proben					17-21 Belastungsproben					22-23 Druckproben		24 Bemerkungen
Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	f <sup>2</sup> . 1	f + 21	f. 1	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Entfernung der Auflager	Last	Bleibende Durchbiegung	Dauer der Belastung	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Eindrucktiefe einer harten Stahlkugel von 19 mm Durchmesser bei 50 t Druck	
%	%				%	m	kg	mm	Min.	%	mm	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	keine	3,5 bis 5,5	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Vor-	3,0 bis 5,0	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	schrift	3,5 bis 5,5	
sind aus der Mitte des Schienen-												
zu arbeiten.												
—	—	—	—	—	0,5	1	15970	keine bleibende Durchbiegung	5	—	—	
						$110 \frac{J}{e}$			5			
						36320			5			
						$250 \frac{J}{e}$			ohne Bruch			
Die Belastung wird dann unter Umständen mit 40000, 42500, 45000kg und so fort bis zum Bruche fortgesetzt, und die Belastung, bei der der Bruch eintritt, zur Beurteilung der Tragfähigkeit der Schiene vermerkt. Tritt bei der Belastung mit $36320 \text{ kg} = 250 \frac{J}{e}$ eine Durchbiegung der Schiene in dem Maße ein, daß die weitere Belastung nicht fortgesetzt, oder diese Belastung nicht 5 Minuten gehalten werden könnte, so ist die Versuchsschiene als nicht bedingungsgemäß anzusehen.												
aus dem der Probestab kalt darf vorher weder erhitzt, noch den, auch ist Nachschmieden, walzen verboten.												
J ist das Trägheitsmoment der Schiene, e die Entfernung der gespanntesten Faser von der Nulllinie und h die Schienenhöhe in mm. Schienen von 34,5 kg/m Gewicht.												
Wenn von den aus der zu prüfenden Teillieferung ausgewählten, den Versuchen unterworfenen Schienen auch nur eine den bezüglich der Schlag-, Zerreiß- oder Belastungs-Proben vorgeschriebenen Bedingungen nicht entsprechen sollte, so sind die Versuche auf eine größere Zahl bis zu 5% der Teillieferung auszudehnen. Für den Fall, daß mehr als 10% der so ausgewählten und den Versuchen unterzogenen Schienen den Bedingungen nicht entsprechen, ist die ganze Teillieferung oder Schmelzung, aus der diese Schienen ausgewählt wurden, von der Übernahme auszuschließen.												

Zusammen-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nr.	Verwaltung	Stoff	Schlagproben					Zerreiß-		
			Anzahl der Proben in % der Lieferung	Abstand der Stützpunkte	Schlagarbeit	Anzahl der Schläge	Durchbiegung	Luftwärme	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f
			%	m	kgm		mm		%	kg/qmm
7	Österreichische Staatsbahnen und Außig-Teplitzer Eisenbahn-Gesellschaft	Flußstahl. Die Bruchfläche muß gleichmäßiges Gefüge mit feinem, dichtem Korne ohne Risse oder Blasen zeigen.	0,5	1	100 $\frac{J}{e^2}$	1			0,5	√ 65
					40 $\frac{J}{e^2}$	2	100	+ 5° bis + 30°		
			0,5	1	100 $\frac{J}{e^2}$	1			0,5	√ 65
					40 $\frac{J}{e^2}$	2	90	+ 5° bis + 30° ohne Bruch oder sonstige Mängel		
			Der letzte Schlag kann der zu erreichenden Durchbiegung angepaßt werden. Bei einem Drittel der Probestücke ist die Schlagprobe bis zum Bruche fortzusetzen, nach jedem Schläge sind die Durchbiegungen zu messen. Nötigenfalls ist der Bruch des Probestückes durch Einkerbung herbeizuführen.							
8	Südbahn-Gesellschaft	Flußstahl. Die Schienen sollen aus fehlerfreien, festen und dichten Gußblöcken ganz gleichmäßigen Gefüges angefertigt werden. Dem Lieferer bleibt es überlassen, sie vorzuschmieden oder vorzuwalzen.	0,5	1	140 $\frac{J}{e^2}$	1	ohne Bruch oder sonstige Mängel	20° C und darüber	0,5	√ 70, sie soll jedoch 82 tunlich nicht überschreiten.
		56 $\frac{J}{e^2}$			n	bis zum Bruche				
		105 $\frac{J}{e^2}$			1	ohne Bruch oder sonstige Mängel	0° C bis + 20° C			
		42 $\frac{J}{e^2}$			n	bis zum Bruche				
		70 $\frac{J}{e^2}$			1	ohne Bruch oder sonstige Mängel	unter 0° C			
		28 $\frac{J}{e^2}$	n	bis zum Bruche						
			Die Probestäbe kalt heraus zu arwerden.							

stellung XXXVIII.

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
proben					Belastungsproben					Druckproben		Bemerkungen
Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	f <sup>2</sup> . 1	f + 21	f . 1	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Entfernung der Auflager	Last	Bleibende Durchbiegung	Dauer der Belastung	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Eindrucktiefe einer harten Stahlkugel von 19 mm Durchmesser bei 50 t Druck	
%	%				%	m	kg	mm	Min.	%	mm	
—	—	—	—	—	0,5	1	120 $\frac{J}{e}$	0	5	—	—	Bezeichnungen wie bei Nr. 6 bei Schienen bis 129 mm Höhe. wird zur Gewinnung von Erfahrungen vorgenommen bei Schienen über 129 mm Höhe. Entspricht eine Probe nicht den gestellten Anforderungen, so wird eine zweite und nach dem Ermessen des Abnahmebeamten eine dritte aus derselben Schmelzung zu entnehmende Schiene geprüft. Entspricht auch eine dieser beiden Schienen den Bedingungen nicht, so werden alle Schienen dieser Schmelzung von der Übernahme ausgeschlossen.
					Der Versuch ist mit zunehmender Belastung zu wiederholen und erst dann abzubrechen, wenn die Belastung um 25 bis 30% größer ist, als die, bei der die Streckgrenze erreicht wurde							
—	—	√ 40000	—	—	0,5	1	120 $\frac{J}{e}$ 240 $\frac{J}{e}$	0 ohne Bruch	5 5	—	—	Bezeichnungen wie bei Nr. 6 Verschiedene Versuche: a) Ein Teil der Probestücke wird gebrochen. Der Bruch muß hellgrau, feinkörnig und gleichmäßig sein. b) Die Schienen müssen sich in kaltem Zustande lochen und nuten lassen, ohne dabei Risse zu bekommen. c) Bei allen geprüften Schienen ist auch die chemische Untersuchung auf den Kohlenstoff-, Mangan-, Silizium- und Phosphorgehalt vorzunehmen. Sofern die Zerreißproben und die unter a und b aufgeführten Versuche nicht genügen, sind die Proben auf eine größere Zahl auszudehnen. Wenn mehr als 10% der so untersuchten Schienen einer Teilmenge den Bedingungen nicht entsprechen, so wird die ganze Menge verworfen.
					sind aus den Schienenstücken beiten; sie dürfen nicht ausgeglüht							
					dann ist mit einer Zunahme der Last um je 24 $\frac{J}{e}$ fortzufahren							

Zusammen-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nr.	Verwaltung	Stoff	Schlagproben					Zerreiß-		
			Anzahl der Proben in % der Lieferung	Abstand der Stützpunkte	Schlagarbeit	Anzahl der Schläge	Durchbiegung	Luftwärme	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f
			%	m	kgm		mm		%	kg/qmm
9	Ungarische Staatsbahnen	Bessemer- oder Martin-Flußstahl. Die Bruchfläche der Schienen muß ein gleichmäßiges Gefüge mit feinem, dichtem Korne zeigen und von mattgrauer Farbe sein. Blasen oder fehlerhafte Stellen dürfen nicht vorkommen.	a) Allgemein					a) Falls keine besondere Vorschrift gegeben ist		
			0,5	1	500 × 19 $\frac{J}{e^2}$	n	12 800 $\frac{h}{h}$ oder 10 400 $\frac{h}{h}$	über 0° C unter 0° C	0,5	≤ 50
			Verlauf wie bei Nr. 6					b) Bei Schienen von 42,8 kg/m Gewicht		
			0,5	1	2500	n	50	—	0,5	≤ 65, bei 10% der Proben ist jedoch eine Festigkeit ≤ 60 gestattet
			Wenn eine Versuchsschiene vorher bricht, werden weitere Stücke geprüft. Genügen 10 Schienen nicht, so wird die Annahme des betreffenden Gußsatzes abgelehnt.					Der Schienenkalt heraus zu argelegt, noch auf geschmiedet, ge-		
10	C. Frankreich. Ostbahn	Flußstahl.	a) Bei Schienen von 36 kg/m Gewicht					a) Bei Schienen von 45 kg/m Gewicht		
			1	1,1	300 450 600 720 1500	1	2 6 12 18 35	—	1	≤ 65
			1	1,1	900 1200 1800 3000	1	7 18 35 60	—		

stellung XXXVIII.

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
proben					Belastungsproben					Druckproben		Bemerkungen
Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	f <sup>2</sup> · l	f + 2l	f · l	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Entfernung der Auflager	Last	Bleibende Durchbiegung	Dauer der Belastung	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Eindringtiefe einer harten Stahlkugel von 19 mm Durchmesser bei 50 t Druck	
%	%				%	m	kg	mm	Min.	%	mm	
sondere Vorschrift gegeben ist					a) Allgemeine Vorschrift							Bezeichnungen wie bei Nr. 6. Abnahmebedingungen wie bei Nr. 6.
—	—	—	—	—	0,5	1	110 $\frac{J}{e}$	ohne bleibende Durchbiegung	5	—	—	
von 42,8 kg/m Gewicht					Die Belastung ist dann möglichst bis zum Bruche fortzusetzen und diejenige, bei der sich der Bruch etwa einstellt, behufs Beurteilung der Tragfähigkeit der Schiene in der Niederschrift zu vermerken. Falls die Durchbiegung bei der Belastung mit 250 $\frac{J}{e}$ derart war, daß die Belastung nicht bis zum vorgeschriebenen Maße gesteigert, oder die vorgeschriebene Belastung überhaupt nicht 5 Minuten lang angewendet werden konnte, so gilt die Probe als nicht bedingungsgemäß.							Bei Schienen von 36 kg/m Gewicht.
							250 $\frac{J}{e}$	ohne Bruch	5			
					b) Bei Schienen von 42,8 kg/m							Bei Schienen von 45 kg/m Gewicht.
					0,5	1	21 500	ohne bleibende Durchbiegung ohne zu brechen	5			
							50 000		5			
					1	1,1	18 500 35 000	0 ≤ 25	5 5	—	—	
					1	1,1	30 000 50 000	0 ≤ 25	5 5	—	—	
					Die Belastung wird dann bis zum Bruche unter Messung der Durchbiegungen fortgesetzt.							

Zusammen-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Nr.	Verwaltung	Stoff	Schlagproben					Zerreiß-		
			Anzahl der Proben in % der Lieferung	Abstand der Stützpunkte	Schlagarbeit	Anzahl der Schläge	Durchbiegung	Luftwärme	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f
			%	m	kgm		mm		%	kg/qmm
11	Westbahn	Flußstahl	—	1	300 450 600 750	1 1 1 1	1 3 8 15	—	—	—
12	Paris-Lyon-Mittelmeerbahn	Flußstahl	von jeder Schmelzung eine Probe	0,5	1800	1	ohne Bruch	—	von jeder Schmelzung eine Probe	70
13	Departementalbahn-Gesellschaft	Flußstahl	—	1	300 600 900	1 1 1	40	—	—	65 bis 76
<b>D. England.</b>										
14	Große Nordschottische Eisenbahn-Gesellschaft	Flußstahl	—	2,134	4700	2	88,9	—	—	—
15	Nordostbahn-Gesellschaft	Flußstahl	nach Gutdücken	0,914	1550	2	25,4	—	—	—
16	Große Nordbahn von Irland	Flußstahl	nach Gutdücken	0,914	2240	3	≅ 76	—	nach Gutdücken	≅ 47,2
<b>E. Sonstige Länder in Europa.</b>										
17	Belgische Staatsbahnen	Flußstahl	von jeder Schmelzung eine Probe	1,1	2000 6000	1	ohne Bruch	—	von jeder Schmelzung eine Probe	65

stellung XXXVIII.

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
proben					Belastungsproben					Druckproben		Bemerkungen
Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = 1	f <sup>2</sup> . 1	f + 21	f . 1	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Entfernung der Auflager	Last	Bleibende Durchbiegung	Dauer der Belastung	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Eindrucktiefe einer harten Stahlkugel von 19 mm Durchmesser bei 50 t Druck	
%	%				%	m	kg	mm	Min.	%	mm	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Für Schienen von 38,75 kg/m Gewicht. Entspricht eine Schiene nicht, dann werden einige weitere geprüft. Genügen mehr als 10 nicht, so erfolgt Zurückweisung der Schmelzung.
—	12	—	92	—	von jeder Schmelzung eine Probe	1,1	nach besonderer Angabe	0,0 bis 0,5 nach besonderer Angabe	5	—	—	—
—	14 bis 15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Jede den Proben nicht genügende Schiene wird mit ihrer Schmelzung verworfen.
—	—	—	—	—	nach Gutdücken	0,914	23368 35560	0 ohne Bruch	—	—	—	—
—	13	—	—	—	von jeder Schmelzung eine Probe	1,1	22000 35000	0	5	—	—	Bei Schienen von 38 kg/m Gewicht. Bei Schienen von 52 kg/m Gewicht. Genügt eine Schiene nicht, so werden zwei weitere geprüft. Wenn auch davon eine nicht genügt, so erfolgt Zurückweisung der Schmelzung.

Zusammen-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Nr.	Verwaltung	Stoff	Schlagproben					Zerreiß-			
			Anzahl der Proben in % der Lieferung	Abstand der Stützpunkte	Schlagarbeit	Anzahl der Schläge	Durchbiegung	Luftwärme	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f	
			%	m	kgm		mm		%	kg/qmm	
18	Dänische Staatsbahnen	Flußstahl Gehalt an Phosphor $\leq 0,75\%$	von jeder Schmelzung eine Probe	1	3000 6000	1	ohne Bruch	—	von jeder Schmelzung eine Probe	55 bis 65	
19	Niederländische Staatsbahnen	Thomas-Flußstahl	von jeder Schmelzung eine Probe	1	3000	1	$\leq 55$	—	höchstens eine Probe für eine Schmelzung, mindestens aber eine von fünf Schmelzungen	63 bis 70	
		2000			n	$\leq 120$					
		3000			1	$\leq 45$					
		2000			n	$\leq 100$					
					3000	1	$\leq 40$			65 bis 72	
					2000	n	$\leq 100$				
			Die Schlagprobe kann bis zum Bruche fortgesetzt werden. Die Bruchfläche muß gleichmäßiges Gefüge, feines und nicht zu hartes Korn und hellen Glanz haben, auch frei von Rissen und Blasen sein.							Die Probestäbe sind Schienenfüße heraus	
20	Norwegische Staatsbahnen	Bessemer-Flußstahl	0,5	1	3000	2	ohne Bruch	—	0,5	50 bis 60	
			bei Schienen mit einem Trägheitsmoment = 1000 cm <sup>4</sup>								
21	Schweizerische Bundesbahnen	Flußstahl Chemische Zusammensetzung: Gehalt an % C $\leq 0,30$ P $\leq 0,10$ S $\leq 0,10$ Die Schienen müssen aus fehlerfreien und dichten Gußblöcken gewalzt werden, die von allen Unreinigkeiten und Splintern gesäubert sind. Die Gußblöcke müssen eine mindestens 20 mal so große Querschnittsfläche haben, als die fertige Schiene.	0,5	1	3000 1200	1 n	100 ohne Bruch oder Risse	$\leq 10^0$ C	0,5	$\geq 65$	
			Für Schienen mit anderen Trägheitsmomenten als 1000 cm <sup>4</sup> sollen die Fallarbeiten im Verhältnis des Trägheitsmomentes bemessen werden.								

stellung XXXIII.

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
proben				Belastungsproben					Druckproben		Bemerkungen	
Einschränkung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = 1	f . 1	f + 21	f . 1	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Entfernung der Auflager	Last	Bleibende Durchbiegung	Dauer der Belastung	Anzahl der Proben in % der Lieferung		Eindrücktiefe einer harten Stahlkugel von 19 mm Durchmesser bei 50 t Druck
%	%				%	m	kg	mm	Min.	%	mm	
—	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bei Schienen von 20,4 kg/m Gewicht.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bei Schienen von 28,6 und 34,1 kg/m Gewicht.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Genügt eine Schiene nicht, dann wird eine zweite geprüft. Genügt auch diese nicht, so erfolgt Zurückweisung der Schmelzung.
—	—	—	—	$\geq 900$	—	—	—	—	—	—	—	Bei Schienen von 40 kg/m Gewicht.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bei Schienen von 46 kg/m Gewicht.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bei Schienen von 53 kg/m Gewicht.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Außerdem ist eine Biegeprobe vorgesehen. Hierbei muß ein Probestab von 15 mm Dicke zu einem rechten Winkel mit einer Abrundung von 35 bis 40 mm Halbmesser ohne Bruch oder Risse gebogen werden können.
—	14	—	—	—	0,5	1	10000 20000	0 ohne Bruch	5	—	—	Bei Schienen von 33,7 und 30 kg/m Gewicht.
—	—	—	—	$\geq 900$	—	—	—	—	—	0,5	höchstens 5, Durchmesser des Eindruckes höchstens 16,7 mm	Falls die Ergebnisse einzelner Versuche den Bedingungen nicht entsprechen, wird die doppelte Anzahl von Schienen derselben Schmelzung denselben Proben unterworfen. Verlaufen auch diese Proben ungenügend, so werden alle Schienen der Schmelzung zurückgewiesen. Dann kann eine weitere Schmelzung zur Entnahme von Proben bestimmt werden.

kalt aus dem Schienenkopfe oder zu arbeiten.







Zusammen-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Nr.	Verwaltung	Stoff	Schlagproben					Zerreiß-			
			Anzahl der Proben in % der Lieferung	Abstand der Stützpunkte	Schlagarbeit	Anzahl der Schläge	Durchbiegung	Luftwärme	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f	
			%	m	kgm		mm		%	kg/qmm	
<b>G. Afrika.</b>											
26	Ägyptische Eisenbahnen	Bessemerflußstahl	Die Hälften der zu den Belastungsproben verwendeten Schienen werden benutzt.	1,1	300	1	nicht über	—	—	60 bis 65	
					450	1	1	—	—		
					600	1	3	—	—		
					750	1	6	—	—		
							11	—	—		
27	Eisenbahnen der Kap-Regierung	Bessemerflußstahl	mindestens 1 Probe an jedem Tage	1,067	1517	1	ohne Bruch	—	—	—	
					4645						
<b>H. Asien.</b>											
28	Bengalen-Nagpur-Eisenbahn, Midnapur-Iherria	Bessemerflußstahl	Dieselbe Schiene, welche der Belastungsprobe unterworfen war, wird genommen.	1,067	6193	1	nicht über	—	—	—	
		Gehalt an									%
		C									0,30 bis 0,45
		Si									≧ 0,06
		P									≧ 0,08
		S									≧ 0,06
		1 Probe wird aus je 508 t entnommen									
29	Große Indische Eisenbahn-Gesellschaft	Bessemerflußstahl	6 Schienen täglich, 3 aus der Tagschicht, 3 aus der Nachtschicht, aus verschiedenen Blöcken.	0,914	9290	1	ohne Bruch	—	—	59,8 bis 66,1	
		Si									≧ 0,08
		P									
		S									
		1 Probe wird von 1016 t entnommen, bei geringeren Mengen auch von diesen.									

stellung XXXVIII.

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
proben					Belastungsproben					Druckproben		
Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	f <sup>2</sup> . l	f + 2 l	f . l	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Entfernung der Auflager	Last	Bleibende Durchbiegung	Dauer der Belastung	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Eindrucktiefe einer harten Stahlkugel von 19 mm Durchmesser bei 50 t Druck	Bemerkungen
%	%				%	m	kg	mm	Min.	%	mm	
35 bis 46	12 bis 20	—	—	—	bis 2% der Tagesleistung	1	20000	0	5	—	—	Bei Schienen von 35,72 kg/m Gewicht. Wenn 5% der Schienen einer Schmelzung den Belastungs- und Schlag-Proben nicht genügen, so wird die Schmelzung verworfen.
							40000	ohne Bruch	5			
							dann allmähliche Erhöhung bis zum Bruche					
—	—	—	—	—	mindestens 1 Probe an jedem Tage	1,067	9144	0	5	—	—	Bei Schienen von 17,36 kg/m Gewicht.
								20320		Einsenkung während der Belastung ≧ 9,5		
—	—	—	—	—	1 Probe von je 50,8 t	1,067	28448	0	30	—	—	Bei Schienen von 42,16 kg/m Gewicht. Genügen die Proben nicht, so werden ihre Schmelzungen verworfen.
								Einsenkung während der Belastung ≧ 7,9				
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Bei Schienen von 40,68 kg/m Gewicht. Genügen die Proben nicht, so werden ihre Schmelzungen verworfen.

## Zusammenstellung XXXIX.

## Zulässige Abweichungen der Schienenabmessungen.

1	2	3			5	6	7	8		9
		im Querschnitte						im Gewichte	in der Länge	
Nr.	Verwaltung	Höhe	Kopfbreite	Fußbreite	%	mm	mm			
		mm	mm	mm					mm	
<b>A. Deutschland.</b>										
1	Badische Staatsbahnen	± 0,5	± 0,5	± 1	+ 3, bis + 1 wird bezahlt - 2	± 2 bei Schienen bis 9 m ± 3 bei Schienen über 9 m	—	—	—	—
2	Bayerische Staatsbahnen	± 0,5	± 0,5	± 1	± 1	± 2	—	—	—	—
3	Preußisch-Hessische Staatsbahnen Reichseisenbahnen Elsaß-Lothringen und Lübeck-Büchener Eisenbahn-Gesellschaft	± 0,5	± 0,5	± 1	+ 3, bis + 1 wird bezahlt - 2	± 2 bei Schienen bis 9 m ± 3 bei Schienen über 9 m	—	—	—	—
4	Sächsische Staatsbahnen	bei Form Ib ± 0,3, sonst ± 0,5	bei Form Ib ± 0,3, sonst ± 0,5	± 1	+ 3, bis + 1 wird bezahlt - 2	± 2 bei Schienen bis 9 m ± 3 bei Schienen über 9 m	—	—	—	—
5	Württembergische Staatsbahnen	± 0,5	± 0,5	± 1	+ 3, bis + 1 wird bezahlt - 2	± 2 bei Schienen bis 9 m ± 3 bei Schienen über 9 m	—	—	—	—
<b>B. Österreich-Ungarn.</b>										
6	Kaschau-Oderberger Eisenbahn	—	± 0,5	± 0,5	bis + 1 wird bezahlt, bei Mindergewicht müssen die Schienen sonst als übernahmefähig erkannt werden	± 2,5	—	—	—	—
7	Österreichische Staatsbahnen u. Aussig-Teplitzer Eisenbahn-Gesellschaft	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	Südbahn-Gesellschaft	± 0,25	—	± 1	bis + 1 wird bezahlt, bei Mindergewicht müssen die Schienen als übernahmefähig erkannt werden	± 3	—	—	—	—
9	Ungarische Staatseisenbahn	—	± 0,5	± 0,5	bis + 1,5 wird bezahlt - 2	± 3	—	—	—	—

## Zusammenstellung XXXIX.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr.	Verwaltung	im Querschnitte			im Gewichte %	in der Länge mm	in der Lage   Größe der Löcher	
		Höhe mm	Kopf- breite mm	Fuß- breite mm			mm	
<b>C. Frankreich.</b>								
10	Ostbahn	—	—	—	+ 1	± 2	± 0,5	—
11	Paris-Lyon-Mittelmeer- Bahn	—	—	—	—	± 2	—	—
12	Departementalbahn- Gesellschaft	—	—	—	± 2	± 1,5	—	—
<b>D. England.</b>								
13	London- und Nordwest- und Große West-Bahn	—	—	—	± 1,1	—	—	—
14	Große Nord-Bahn von Irland	—	—	—	—	± 4,762	—	—
<b>E. Sonstige Länder in Europa.</b>								
15	Belgische Staatsbahnen	—	—	—	± 1,92	± 1,5	—	—
16	Niederländische Staats- bahn-Gesellschaft	± 0,5	± 0,5	± 1	± 2	± 3	—	—
17	Schweizerische Bundes- bahnen	± 0,5	± 0,5	± 1	bis + 1 wird bezahlt	± 2 bei Schienen bis 8 m ± 3 bei Schienen über 8 m	± 0,5	± 0,5
<b>F. Amerika.</b>								
18	Süd-Pacific-Bahn	+ 0,7937 — 0,3968	—	—	—	± 6,35	—	—
19	Pennsylvania-Bahn	± 0,79	—	± 1,58	± 0,5	± 6,3	—	—
<b>G. Afrika.</b>								
20	Ägyptische Eisenbahnen	—	—	—	± 2	± 3	± 1	± 1
21	Eisenbahnen der Kap- Regierung	—	—	—	—	± 3,175	± 0,793	± 0,793
<b>H. Asien.</b>								
22	Bengalen-Nagpur- Eisenbahn	—	—	—	± 1	± 3,175	± 0,793	± 0,793
23	Große Indische Eisenbahngesellschaft	—	—	—	—	± 3,175	± 0,793	± 0,793

## a. 2) Laschen.

### 2. a) Herstellung.

Bei der Herstellung der Laschen werden zunächst längere Walzstäbe vom Querschnitte der Laschen in kaltem Zustande in Stücke von Laschenlänge geschnitten. Hierauf erfolgt die Herstellung der Löcher und Klinken durch Ausstoßen ebenfalls ohne Vorwärmung der Stäbe. Die Löcher werden meist gleichzeitig gestanzt. Die bei dieser Art der Herstellung nicht zu vermeidenden Verdrückungen können durch Scharfhalten der Lochstempel auf ein geringes Maß eingeschränkt werden. Eine weiter gehende und genauere Formgebung, wie bei Übergangs- und radtragenden Laschen, wird durch Fräs- oder Schmiede-Arbeit im Gesenke erreicht.

### 2. β) Besondere Bedingungen.

Für die Laschen wird meist die Verwendung von Flußeisen von 38 bis 50 kg/qmm Zerreiβfestigkeit vorgeschrieben; selten wird Schweißeisen oder Stahl verlangt. An Stelle der Zerreiβversuche benutzen französische Bahnen Belastungsversuche mit Biegebeanspruchungen entsprechend der Elastizitätsgrenze von 30 und der Bruchgrenze von 50 kg/qmm. Bei der ersten Belastung darf keine bleibende Durchbiegung, bei der zweiten kein Bruch eintreten.

Zur Beurteilung der Zähigkeit dienen neben der Ermittlung der Dehnung bei dem Zerreiβversuche besondere Biegeversuche. Die preußisch-hessischen Staatsbahnen verlangen ein Eisen, das in kaltem Zustande an der fertigen Lasche ohne Riβbildung auf 420 mm Stützweite eine bleibende Durchbiegung von 6 mm bei Kremplaschen, von 10 mm bei Flachlaschen zuläßt. Ferner sollen sich die Klinken ohne Riβbildung um 2 mm bleibend aufbiegen lassen. Die Vorschriften verschiedener Verwaltungen über die Gütevorschriften sind aus der Zusammenstellung XL zu ersehen.

### 2. γ) Äußere Beschaffenheit.

#### γ. A) Genauigkeit der Abmessungen.

Bezüglich der Abmessungen wird allgemein verlangt, daß die Laschenneigung genau eingehalten wird, während der Höhe nach meist eine Abweichung von 0,25 mm zugelassen wird. Auch in den übrigen Maßen sind geringe Abweichungen gegenüber der Zeichnung gestattet, wie aus der Zusammenstellung XLI, S. 218, zu ersehen ist.

#### γ. B) Äußere Beschaffenheit.

Die Laschen müssen gerade sein und dürfen keine Fehler aufweisen, wie Risse, Grate, erhebliche Verdickungen an den Klinken und Löchern. Mehrgewicht ist bis zu 3 %, Mindergewicht bis 2 % zulässig.

### 2. δ) Prüfung und Abnahme.

Bei der Abnahme findet zunächst die Prüfung des Stoffes durch Zerreiβ-, Biege- und sonstige Versuche statt. Hierauf werden die Abmessungen, besonders des Querschnittes, der Lochung und Klinkung geprüft, dann gewöhnlich durch Einzelbesichtigung die Beschaffenheit der Anlage- und übrigen Walz-Flächen, die Richtung, die Ausführung der Klinkung oder der sonstigen Bearbeitung nachgesehen.

### a. 3) Herzstücke.

Die Herzstücke werden entweder unter nachfolgender Bearbeitung der Laschenkammern in einem Stücke gegossen, oder sie werden unter Verwendung von gegossenen, geschmiedeten, oder aus Schienenstücken heraus gearbeiteten Spitzen aus Schienenstücken zusammen gesetzt. Die Spurrinnen werden durch Einlegen von meist gußeisernen Futterstücken gebildet.

Für gegossene Herzstücke und Spitzen wird Flußstahl, oder auch Tiegelgußstahl verwendet. Zerreifestigkeiten bis 75 kg/qmm bei Dehnungen von etwa 5 bis 8 % werden gefordert.

Für die geknickten Schienen und die Schienenspitzen der Schienenherzstücke verwendet man meist gewöhnliche Fahrschienen. Für die geschmiedeten, oder mit besonderm Querschnitte gewalzten Spitzen wird meist höhere Festigkeit verlangt. Die preußisch-hessischen Staatsbahnen schreiben für diese Teile mindestens 80 kg/qmm Festigkeit bei 12 % Dehnung vor.

Für die Genauigkeit und äußere Beschaffenheit gelten im Allgemeinen dieselben Anforderungen, wie für die Fahrschienen.

Neuerdings sucht man für Oberbauteile einen Stahl zu gewinnen, der dem Verschleiß namentlich im Außenstrange der Gleisbogen und in Herzstücken größern Widerstand entgegen setzt. Versuche mit Stahlmischungen mit Zusatz von Chrom, Silizium, Nickel, Mangan von nicht wesentlich höheren Festigkeiten wie bisher, und mit Stahl von wesentlich höherer Zugfestigkeit sind im Gange. Im Allgemeinen scheinen Schienen von höherer Zugfestigkeit größern Verschleißwiderstand zu leisten. Die Fahrflächen der Herzstückspitzen und Flügelschienen sind zur Verminderung des Verschleißes anscheinend mit gutem Erfolge gehärtet worden<sup>29)</sup>.

## V. b) Eiserne Schwellen.

Bearbeitet von **Dietz**.

### b. 1) Herstellung.

Eiserne Schwellen finden vorzugsweise in Deutschland und der Schweiz Verwendung; sie bestehen meist aus weichem Flußeisen, aber auch aus Stahl bis zu 60 kg/qmm Festigkeit.

Die Vorgänge beim Walzen der Schwellenstäbe sind dieselben, wie bei den Schienen. Die mit der Warmsäge auf Länge geschnittenen Stücke werden noch in der Walzhitze unter einer Presse an den Enden umgebogen, gekappt und hierbei wird gleichzeitig nötigen Falles die Neigung für die Schienenaufleger eingedrückt. Nach dem Erkalten erfolgt das Einstanzen der Löcher, die Beseitigung der Grate und das Richten der krummen und windschiefen Schwellen.

### b. 2) Besondere Bedingungen.

Die besonderen Bedingungen der Eisenbahnen befassen sich mit der Zerreißfestigkeit und Zähigkeit des Stoffes, mit der Genauigkeit der Abmessungen und mit der äußern Beschaffenheit und Richtung der Schwellen. Die Vorschriften verschiedener Verwaltungen über Festigkeit und Genauigkeit der Abmessungen sind aus den Zusammenstellungen XLII, S. 220, und XLIII, S. 226, zu ersehen.

<sup>29)</sup> Organ 1909. S. 195.

Zusammen-  
Vorschriften über die

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nr.	Verwaltung	Stoff	ZerreiBproben					Biege-	
			Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f kg qmm	Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	Festigkeit mal Dehnung = f, l	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Blechedicke mm
<b>A. Deutschland.</b>									
1	Badische Staatsbahnen	Fehlerfreies, vollkommen gleichmäßiges Flußeisen. Die Bruchflächen sollen durchweg reines und gleichmäßig feines Korn aufweisen.	auf 100 Walzstäbe 3 Proben	38 bis 45, bevorzugt 40 bis 45	—	20	—	0,5	—
2	Bayerische Staatsbahnen	Schienenlaschen aus Flußeisen oder Flußstahl, Auflauflaschen aus Flußstahl.	0,5	38 bis 45 ≧ 60	—	15 12	—	0,5	—
3	Preußisch - Hessische Staatsbahnen	Flußeisen oder Flußstahl. Die Bruchflächen sollen durchweg reines und gleichmäßig feines Korn aufweisen.		38 bis 50, bevorzugt wird 40 bis 45 50 bis 60	—	12	—		
4	Sächsische Staatsbahnen	Innenlaschen aus Flußeisen. Auflauflaschen aus Flußstahl. Die Bruchflächen müssen durchweg reines und gleichmäßiges feinkörniges Gefüge aufweisen.	0,5	38 bis 48 bevorzugt wird 40 bis 45 ≧ 60	—	—	—	0,5	—

stellung XL.  
Güteproben mit Laschen.

11	12	13	14	15
proben		Nähere Beschreibung	Sonstige Proben	Bemerkungen
Dicke des Dornes mm	Biegewinkel Grad			
—	—	Bei den Biegeproben müssen die fertigen Winkellaschen kalt bei Belastung im Sinne eines senkrechten Schienendruckes und 420 mm Stützweite in geeigneten Sätteln unter einer Presse eine bleibende Durchbiegung von mindestens 6 mm, die Flachlaschen eine solche von mindestens 10 mm zulassen, ohne Risse oder Brüche zu zeigen.	Die Laschen müssen sich an der vordern Öffnung der Klinken mit einem nach 1:20 geneigten Keile um mindestens 2 mm ohne Ribbildung auftreiben lassen.	Bei ungenügendem Ausfalle der Proben werden aus derselben Probeabteilung zwei Ersatzproben ausgeführt. Entspricht auch nur eine dieser Ersatzproben den Anforderungen nicht, so erfolgt die Zurückweisung der zu dieser Probeabteilung gehörenden Stücke.
—	—	Die entsprechende Beschaffenheit des Stoffes wird durch Biegeproben nachgewiesen.	—	—
—	—	Wie Nr. 1.	Wie Nr. 1.	Wenn 2% einer zur Abnahme gestellten Teillieferung den Bedingungen nicht entsprechen, so wird die Abnahme der ganzen Teillieferung abgelehnt.
—	—	Die zu den Biegeversuchen hergerichteten Probestäbe aus Flußstahl, die weder Schraubenlöcher noch Nuten enthalten sollen, müssen sich kalt um einen Dorn vom dreifachen Durchmesser der Stärke dieser Stäbe bis zu einer Winkelform von 45°, die Probestäbe aus Flußeisen bis zu einer solchen von 25° durchbiegen lassen, ohne Anbrüche oder sonstige Fehler zu zeigen. Zur Biegeprobe wird der mit der Kaltsäge abgetrennte volle Teil des Laschenfußes verwendet. Die Stäbe sollen möglichst 500 mm lang sein.	—	Wie Nr. 3.

Zusammen-

1	2	3	4					9		10
			ZerreiBproben					Biege-		
Nr	Verwaltung	Stoff	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f	Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	Festigkeit mal Dehnung = f. l	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Blechdicke	
			%	kg/qmm	%	%		%	mm	
5	Württembergische Staatsbahnen	Im Allgemeinen Flußeisen, Auflaufaschen Form E aus Flußstahl.	nach besonderer Bestimmung	38 bis 50	—	20	—	nach besonderer Bestimmung	—	
				≧ 60	—	12	—			
<b>B. Österreich-Ungarn.</b>										
6	Österreichische Staatsbahnen	Flußeisen	auf 100 Walzstäbe 2 Abschnitte	38 bis 50	—	—	≧ 900	0,5	—	
7	Ungarische Staatsbahnen	sehniges Eisen bester Beschaffenheit	—	—	—	—	—	0,5	—	
<b>C. Frankreich.</b>										
8	Westbahn	Flußstahl	—	—	—	—	—	—	—	

stellung XL.

11		12		13		14		15	
proben				Nähere Beschreibung		Sonstige Proben		Bemerkungen	
Dicke des Dornes	Biege winkel								
mm	Grad								
—	—			Biegen und Zerbrechen durch Schläge.		—		Bei Prüfung der zur Verarbeitung bestimmten Walzstäbe werden Abteilungen gebildet. Bei ungenügendem Ergebnisse der dabei an einem Stücke jeder Abteilung vorzunehmenden ZerreiBproben werden zwei weitere Stäbe derselben Abteilung geprüft, worauf die Abnehmbarkeit der ganzen Abteilung nach dem Durchschnitt der drei Proben beurteilt wird.	
—	—			Wie Nr. 1		Wie Nr. 1		Wenn 10% der Stücke die vorgeschriebenen Proben nicht aushalten, so sind die Proben auf die doppelte Stückzahl auszudehnen. Ergibt sich bei diesen Proben dasselbe Verhältnis, so ist die ganze Lieferung, aus der die Probestücke stammen, zurückzuweisen.	
—	—			Die Laschen werden kalt rechtwinkelig zur Längsrichtung der Walzung unter rechtem Winkel umgebogen.		—		—	
—	—			—		—		Eine vollständige Stoßverbindung wird bei 1,1 m Stützenentfernung in der Mitte belastet. 1. Belastung mit Spannung = 20 kg/qmm, 5 Minuten dauernd. Es darf keine bleibende Einbiegung vorhanden sein. 2. Belastung mit Spannung = 50 kg/qmm, 5 Minuten dauernd. Es darf kein Bruch eintreten. Oder es wird eine vollständige Stoßverbindung bei 1,1 m Stützenentfernung in der Mitte mit einem Fallgewichte von 300 kg geschlagen. Die Fallhöhe ist nach den Querschnitten verschieden.	

Zusammen-

1 Nr.	2 Verwaltung	3 Stoff	4 ZerreiBproben					8 Biege-		
			4 Anzahl der Proben in % der Lieferung	5 Festigkeit = f kg/qmm	6 Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	7 Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	8 Festigkeit mal Dehnung = f.l	9 Anzahl der Proben in % der Lieferung	10 Bleichdicke mm	
9	Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn	Flußstahl	—	—	—	—	—	—	—	
10	Departementalbahn-Gesellschaft	Flußstahl	—	50	—	18	—	—	—	
<b>D. England.</b>										
11	London und Nordwest-Bahn und Große West-Bahn	Bessemerstahl	—	—	—	—	—	—	—	
12	Große Nord-Bahn Irland	—	—	—	—	—	—	—	—	
<b>E. Sonstiges Europa.</b>										
13	Belgische Staatsbahnen	weicher Stahl oder Eisen 1. Güte	—	35	—	13	—	—	—	
14	Gesellschaft für den Betrieb der Niederländischen Staatsbahnen	Siemens-Martin-Flußeisen	1,0	38 bis 45	—	—	≡ 900	0,02	—	

stellung XL.

11 proben		13	14	15
11 Dicke des Dornes mm	12 Biegewinkel Grad	13 Nähere Beschreibung	14 Sonstige Proben	15 Bemerkungen
—	—	—	—	Eine vollständige Stoßverbindung wird bei 1,1 m Stützenentfernung in der Mitte belastet. 1. Belastung mit 8000 bis 10 500 kg je nach dem Querschnitte, 5 Minuten dauernd. Es darf keine bleibende Einsenkung vorhanden sein. 2. Belastung mit 16 500 bis 21 000 kg, 5 Minuten dauernd. Es darf kein Bruch eintreten. Oder wie bei Nr. 8 unter „Oder es wird . . . .“
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
—	—	Laschenstäbe, deren wagerechter Schenkel abgearbeitet ist, müssen sich so zusammenbiegen lassen, daß der Zwischenraum überall = 0,5 ihrer Dicke ist. Ferner müssen sich fertige Laschen um ein Loch so biegen lassen, daß die Schenkel einen Winkel von 60° bilden, ohne an dem Loche Einrisse oder Brüche zu zeigen.	—	—

Zusammen-

1 Nr.	2 Verwaltung	3 Stoff	4							9		10 Biege-
			ZerreiBproben							Biege-		
			Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f kg/qmm	Einschnürung in % des ursprünglichen Querschnittes = c	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	Festigkeit mal Dehnung = f.l	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Blechdicke mm			
15	Schweizerische Bundesbahnen	Schweißeisen Flußeisen	bis 0,2	34 35 bis 45	—	—	450 900	—	—	bs .2		
16	F. Afrika. Eisenbahnen der Kap-Regierung	Bessemerstahl	—	40,9 bis 47,2	40	—	—	—	—	—		

stellung XL.

11		12	13		14		15	
proben			Nähere Beschreibung		Sonstige Proben		Bemerkungen	
Dicke des Dornes mm	Biegewinkel Grad							
—	180	—	50 mm breite Längsstreifen mit gebrochenen Kanten kalt aus den Walzstäben geschnitten, sollen sich um einen Dorn, dessen Durchmesser für Schweißeisen 400%, für Flußeisen 67% der Stärke des Probestabes mißt, um 180° biegen lassen, ohne Anbruch zu zeigen. Walzstäbe und kalt aus fertigen Stücken geschnittene Längsstreifen, bis 50 mm breit, sollen rotwarm auf anderthalbfache Breite ausgeschmiedet werden können, ohne Spuren von Trennung zu zeigen.		—		Falls die Ergebnisse der Proben den Anforderungen nicht entsprechen, werden sie bis 0,4% derselben Teillieferung ausgedehnt. Befriedigen auch diese Ergänzungsproben nicht, so wird die ganze Teillieferung verworfen.	
—	—	—	—		—		—	

Zusammenstellung XLI.  
Zulässige Abweichungen für Laschen.

1	2	3			6	7	8	9	10		11
		im Querschnitte	4	5					im Gewichte	in der Länge	
Anlageflächen	Dicken				übrige Abmessungen	im Gewichte	in der Länge	Lage			Größe
Nr.	Verwaltung	mm	mm	mm	%	mm	mm	mm	mm	mm	mm
<b>A. Deutschland.</b>											
1	Badische Staatsbahnen	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	$\pm 1$	+ 4, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 2	$\pm 3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 2$	$\pm 1$	
2	Bayerische Staatsbahnen	—	—	—	$\pm 1$	$\pm 1$	—	—	—	—	
3	Preußisch-Hessische Staatsbahnen	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$	$\pm 1$	+ 3, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 2	$\pm 3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 2$	$\pm 1$	
4	Sächsische Staatsbahnen	—	$\pm 0,5$	$\pm 1$	+ 3, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 2	$\pm 3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 2$	$\pm 1$	
5	Württembergische Staatsbahnen	—	—	—	+ 3, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 5	$\pm 3$	—	—	$\pm 1$	—	
<b>B. Österreich-Ungarn.</b>											
6	Österreichische Staatsbahnen	—	$\pm 0,5$	—	$\pm 1$	$\pm 3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	—	—	
7	Ungarische Staatsbahnen	—	—	—	bis + 1 wird bezahlt	—	—	—	—	—	
<b>C. Sonstige Länder in Europa.</b>											
8	Große Nordbahn in Irland	—	—	—	—	$\pm 3$	—	—	—	—	
9	Niederländische Staatsbahn-Gesellschaft	—	$\pm 0,5$	—	—	$\pm 2$	—	—	—	—	
10	Schweizerische Bundesbahnen	—	$\pm 1$	$\pm 1$	+ 4, Mehrgewicht wird bis + 2 bezahlt - 2	$\pm 2$	—	—	$\pm 1$	$\pm 1$	

Die vorgeschriebene Festigkeit wird in den meisten Fällen auf 38 bis 50 kg/qmm bemessen. Die preußisch-hessischen Staatsbahnen lassen 38 bis 60 kg/qmm zu. Zur Beurteilung der Zähigkeit des Stoffes dienen Biegeproben. Ein unter dem Dampfhammer in kaltem Zustande flach geschlagenes Schwellenstück wird kalt über den Rücken so weit zusammengebogen, daß der Krümmungsdurchmesser der Biegestelle ohne Ribbildung ein bestimmtes Mindestmaß erreicht. Die preußisch-hessischen Staatsbahnen bemessen diesen Krümmungsdurchmesser auf 75 mm, die schweizerischen Bundesbahnen schreiben ein Vielfaches der Schwellendicke vor.

Folgende Abweichungen werden in der Regel zugelassen: in der Größe der Löcher  $\pm 0,5$  mm, in deren Lage  $\pm 1$  mm, in der Dicke der Schwellendecke  $\pm 1$  mm, im Gewichte  $+ 3\%$ ,  $- 2\%$ .

Die Außenflächen der Schwellen sollen ohne Fehler, die Auflagerflächen eben und nicht windschief sein.

### b. 3) Prüfung und Abnahme.

Nach Prüfung des Stoffes durch Zerreiß- und Biege-Proben findet die Feststellung der Abmessungen statt. Der Querschnitt wird stichweise an einzelnen Schwellen, das Maß von Außenrand zu Außenrand der Lochung und die Maße der Lochung werden gewöhnlich an allen Schwellen durch Auflegen von Lehren geprüft. Die äußere Beschaffenheit wird durch Einzelbesichtigung untersucht. Weiter erfolgt die Ermittlung des Durchschnittsgewichtes durch Verwiegen einer angemessenen Anzahl Schwellen.

## V. c) Kleineisenzeug.

Bearbeitet von Dietz.

### c. 1) Unterlegplatten, Klemmplatten, Hakenplatten, Schienenstühle, Gleitstühle.

#### 1. a) Herstellung.

Unterleg- und Klemm-Platten sollen so gestaltet sein, daß ihre Herstellung aus besonders geformten Walzstäben kalt durch Zerschneiden und nachfolgende, geringfügige Bearbeitung, wie Bohren oder Stanzen von Löchern, oder geringfügige Wegnahmen überschüssiger Teile möglich ist, weil diese Herstellungsart bei Massenanfertigung die billigste ist. Verwickelte oder in geringer Zahl nötige Formen werden gegossen, in Gesenken geschmiedet, oder aus dem Vollen gearbeitet. Aus Gußeisen gegossen werden beispielsweise Hakenplatten der preußisch-hessischen Staatsbahnen für Wegübergänge, Schienenstühle und Schwellenstühle.

#### 1. $\beta$ ) Lieferbedingungen.

##### $\beta$ . A) Stoffe.

Die gegossenen Unterlagen bestehen meist aus Gußeisen, aber auch aus schmiedbarem und Flußeisen-Gusse; die übrigen Platten bestehen aus Flußeisen oder Schweiß-eisen. Da aus den fertigen Platten nur schwer Zerreißstäbe gefertigt werden können, und die Beanspruchung bei der ganzen Bauweise weniger maßgebend ist, als die Rücksicht auf Zweckmäßigkeit der Form, begnügt man sich mit Prüfungen der fertigen Stücke, und zwar mit Biegeproben bei schweißeisernen Unterlegplatten,

Zusammen-  
Güteprobe-

1	2	3	4				7
			Zerreißproben				
Nr.	Verwaltung	Stoff	Anzahl der Proben in % der Lieferung	Festigkeit = f kg/qmm	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	Festigkeit mal Dehnung f.l	Bemerkungen
			1	<b>A. Deutschland.</b> Badische Staatsbahnen	Flußeisen. Die zu verwendenden Gußblöcke müssen fehlerfrei und dicht sein, und gleichartiges Gefüge haben.	0,2	
			Die Probestäbe werden unter Erhaltung der vollen Dicke also der Walzhaut aus der Mitte der Kopfplatten kalt hergerichtet Die Bruchflächen müssen durchweg reines und gleichmäßig feines Korn zeigen.				
2	Bayerische Staatsbahnen	Flußeisen	0,5	38 bis 45	15	—	
3	Preußisch-Hessische Staatsbahnen	Flußeisen Flußstahl	0,2 0,2	38 bis 50 50 bis 60	— —	— —	
			Die Bruchflächen der Schwellen müssen durchweg reines und gleichmäßig feines Korn zeigen				

stellung XLII.  
vorschriften für Eisenschwellen.

8	9	10	11	12	13
Biegeproben				Nähere Beschreibung	Bemerkungen
Anzahl der Proben in % der Lieferung	Blechdicke des Probestabes mm	Dicke des Dornes mm	Biege- winkel Grad		
0,2	11	75	180	Schwellenstücke von etwa 0,5 bis 1 m Länge werden kalt unter dem Dampfhammer zunächst mit leichten Schlägen flach geschlagen, dann so über den Rücken zusammen gebogen, daß der Durchmesser des Kreises an der umgebogenen Stelle $\leq 75$ mm ist. Die Biegeproben müssen durchgeführt werden können, ohne daß Anbruch erfolgt.	Entspricht die Schwelle den gestellten Anforderungen nicht, oder nur teilweise, so wird eine zweite, und nach dem Ermessen des prüfenden Beamten eine dritte Schwelle aus demselben Stapel geprüft. Erweist sich auch eine dieser beiden als mangelhaft, so wird die Abnahme der übrigen Schwellen des Stapels abgelehnt. Wenn bei den weiteren Prüfungen die Überzeugung von der tadellosen Beschaffenheit der Schwellen nicht gewonnen wird, oder bei der Abnahme sonstige Mängel hervortreten, die eine nicht bedingungsgemäße Beschaffenheit der Schwellen erkennen lassen, so ist die Eisenbahnverwaltung berechtigt, die ganze Lieferung zurückzuweisen.
0,5	—	—	—	Auf zwei 1 m von einander entfernten schneidenförmige Stützen gelegt müssen sich die Schwellen kalt um 15 cm durchbiegen lassen, ohne zu brechen. Sie müssen ferner ohne Bruch kalt durch mäßig starke Schläge mit dem Dampfhammer eben ausgebreitet und dann zu einer Schleife von 75 mm Halbmesser zusammen gebogen werden können.	Genügen die Proben nicht, so wird ihre ganze Schmelzung von der Abnahme ausgeschlossen.
0,2 0,2	9 bis 10 9 bis 10	75 75	180 180	Bei Vornahme der Biegeproben soll ein Stück Schwelle von etwa 1 m Länge kalt unter einem Dampfhammer zunächst mit leichten Schlägen flach geschlagen und dann in der Längsrichtung so über den Rücken ohne Bruch oder Mängel zusammen gebogen werden, daß die Enden sich berühren und der Durchmesser des Kreises der Biegung $\leq 75$ mm ist.	Wie unter Nr. 1.

## Zusammen-

1 Nr.	2 Verwaltung	3 Stoff	4 ZerreiBproben			
			Anzahl der Proben in % der Lieferung %	Festigkeit = f kg/qmm	Dehnung in % der ursprüng- lichen Länge = l %	Festigkeit mal Dehnung f.l
4	Reichsbahnen in Elsaß-Lothringen	Flußeisen Wie unter Nr. 3	0,2	38 bis 50	—	—
			0,2	50 bis 60	—	—
5	Württembergische Staatsbahnen	Flußeisen Wie unter Nr. 3. Die Schwellen müssen aus festen, freien, gleichartigen und dichten Guß- blöcken herge- stellt werden. Der Stoff muß gleichartiges Ge- füge und eine Zähigkeit auf- weisen, die voll- kommene Sicher- heit gegen Bruch unter den bei der Verwend- ung vorkom- menden Druck- und Stoß-Wir- kungen gewährt.	0,2	38 bis 50	—	—
6	B. Österreich-Ungarn. Österreichische Staatsbahnen	Flußeisen	0,5	38 bis 50	—	900

## stellung XLII.

8 Anzahl der Proben in % der Lieferung %	9 Blech- dicke des Probe- stabes mm	10 Dicke des Dornes mm	11 Biege- winkel Grad	12 Biegeproben		13 Bemerkungen
				Nähere Beschreibung		
0,2 0,2	7 bis 11 7 bis 11	75 75	180 180	Wie unter Nr. 3.		Wie unter Nr. 1.
				Wie unter Nr. 3.		
0,2	—	75	180	Wie unter Nr. 3.		Entspricht die Versuchsschwelle bei der ZerreiB- und Biege-Probe den Anforderungen nicht, Fehlprobe, so werden eine zweite und nach dem Ermessen des Abnahmebeamten eine dritte Schwelle derselben Abteilung, oder Stücke von solchen in gleicher Weise geprüft. Sind diese weiteren Proben ebenfalls mangelhaft, so werden die Schwellen der betreffenden Abteilung zurückgewiesen. Sollte sich bei der Prüfung der nächsten Abteilung von 500 Schwellen wieder ein Anstand ergeben, so ist die Verwaltung berechtigt, hinsichtlich der ganzen noch nicht übernommenen Menge vom Vertrage zurück zu treten.
0,5	—	—	—	Bei den Biegeproben werden die zu erprobenden Schwellenstücke kalt unter dem Dampfhammer mit schwachen Schlägen zunächst flach geschlagen, dann in der Längsrichtung so über den Rücken zusammen gebogen, daß der Durchmesser des Kreises der Biegung $\leq 70$ mm ist. Hierbei dürfen die Probe- stücke keinen Bruch oder sonstige Mängel in der Biegung zeigen. Rotwarm darf kein Bruch erfolgen, wenn die Biegung so weit fortgesetzt wird, daß sich die Enden bei einem innern Durchmesser der Biegung von 10 mm berühren.		Die Schwellen sollen sich mit einem Lochstempel von 20 mm im Geviert und 15 mm Abstand der Lochkanten vom Plattenrande oder von einander kalt stanzen lassen, ohne daß sich in den Lochrändern Risse zeigen. Der Stoff darf rotwarm abgekühlt keine Härtung erfahren. Wenn 10% der erprobten Stücke nicht genügen, so sind die Proben auf eine größere Menge auszu- dehnen. Ergibt sich bei diesen fortgesetzten Proben dasselbe Verhältnis, so kann die ganze Lieferung, aus der die Probe- stücke entnommen würden, zu- rückgewiesen werden.

Zusammen-

1 Nr.	2 Verwaltung	3 Stoff	4				7 Festigkeit mal Dehnung f.1
			Zerreißproben				
			Anzahl der Proben in % der Lieferung %	Festigkeit = f kg/qmm	Dehnung in % der ursprüng- lichen Länge = l %	Festigkeit mal Dehnung f.1	
7	Ungarische Staatsbahnen	Weiches Martin- oder Bessemer- Flußeisen. Die Bruchfläche soll gleichmäßig, feinkörnig und frei von Blasen oder Schlacken- einschlüssen sein.	—	—	—	—	
C. Sonstige Länder in Europa.							
8	Schweizerische Bundesbahnen	Flußeisen. Es sind fehler- freie und dichte Gußblöcke, die von allen Un- reinigkeiten und Splintern gesäu- bert sind, zu ver- wenden.	0,2	35 bis 45	—	900	

stellung XLII.

8	9	10	11	12		13	
				Biegeproben			
				Anzahl der Proben in % der Lieferung %	Blech- dicke des Probe- stabes mm		Dicke des Dornes mm
0,5	—	—	—			Der ungelochte Teil der zu untersuchenden Schwelle wird kalt flach geschmiedet und ist dann in der Längsrichtung so zu biegen, daß der Durchmesser der Biegung $\leq 70$ mm ist, wobei keine Risse oder Brüche vorkommen dürfen. Rotwarm wird dann die Überbiegung fortgesetzt, bis die Enden bei einem innern Durchmesser von 10 mm auf einander liegen, wobei auch kein Bruch vorkommen darf.	Wenn 10% der zu untersuchenden Eisenschwellen der vorgeschriebenen Probe nicht entsprechen, so werden Proben in größerer Zahl vorgenommen. Zeigt sich dann ein ähnliches Ergebnis, so kann die Lieferung, aus der die Proben genommen worden sind, abgelehnt werden.
—	—	—	—			Bei Vornahme von Kaltbiegeproben soll die Schwelle oder ein Ausschnitt aus dem Walzstabe unter einem Dampfhammer oder einer Presse flach gedrückt und dann so über den Rücken zusammen gebogen werden, daß der äußere Durchmesser des Kreises an der umgebenen Stelle höchstens gleich der vierfachen Kopfplattendicke der Schwelle im Schienenaufleger ist, ohne daß ein Anbruch entsteht. Diese Kaltbiegeproben sollen bei einer Schwellenwärme von nicht unter + 10° C vorgenommen werden.	Falls die Ergebnisse der einzelnen Versuche den gestellten Bedingungen nicht entsprechen, so werden diese Proben auf das doppelte ausgedehnt. Sind auch diese mangelhaft, so werden alle Schwellen der vorgelegten Teillieferung zurückgewiesen.

## Zusammenstellung XLIII.

## Zulässige Abweichungen bei Eisenschwellen.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nr.	Verwaltung	im Querschnitte			im Gewichte %	in der Länge mm	in der Lage   Größe der Löcher	
		Höhe	Breite	Dicke			mm	
		mm	mm	mm				
<b>A. Deutschland.</b>								
1	Badische Staatsbahnen	± 2	± 2	± 0,5	+ 3, Mehrgewicht wird bis 1 be- zahlt — 2	± 20	—	—
2	Bayerische Staatsbahnen	—	—	± 0,5	bis + 1 wird bezahlt	± 20	—	—
3	Preußisch-Hessische Staatsbahnen und Reichsbahnen in Elsass-Lothringen	± 2	± 2	± 0,5	+ 3, Mehrgewicht wird bis 1 be- zahlt	± 20	± 1	± 0,5
4					— 2			
5	Württembergische Staats- bahnen	± 2	± 2	± 0,5	+ 3, Mehrgewicht wird bis 1 be- zahlt — 2	± 20	± 1	± 0,5
<b>B. Österreich-Ungarn.</b>								
6	Österreichische Staatsbahnen	—	—	—	± 1	± 20	—	—
7	Ungarische Staatseisenbahnen	± 1	± 1	± 1	bis + 2 wird bezahlt — 2	—	—	—
<b>C. Sonstige Länder in Europa.</b>								
8	Schweizerische Bundes- bahnen	—	—	—	bis + 2 wird bezahlt.	± 25	—	—

Aufdornproben bei Klemmplatten, Bruch- und Hämmer-Proben bei gußeisernen Platten. ZerreiBversuche mit den Walzstäben, oder mit den zu diesem Zwecke besonders gegossenen Stäben haben wenig Wert, da durch die weitere Bearbeitung Veränderungen stattfinden; sie sollen daher nur als Anhalt dienen.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen schreiben vor, daß die Unterlegplatten kalt in Winkelform von  $\alpha = 135^\circ$  (Textabb. 57, S. 113) gebogen, und die Durchmesser der Löcher der Klemmplatten um 2 mm aufgeweitet werden. Die Bruchprobe bei Gußeisen soll zeigen, ob der Guß dicht, von gleichmäßigem Korne und ohne Blasen im Innern ist. Die Hämmerprobe, bei der Ecken und Kanten des fertigen Gußstückes mit einem Hammer leicht angeschlagen werden, wobei das Metall nicht ausspringen, sondern sich ausbreiten soll, zeigt an, daß das Gußeisen nicht spröde ist, sondern eine gewisse Stauchfähigkeit und Dehnbarkeit besitzt.

#### β. B) Abmessungen.

Für die Maße, die beim Zusammenbauen mit Schienen, Laschen und Schwellen unmittelbar in Frage kommen, und für solche Maße, von denen nach dem Zusammenbauen die Spurweite abhängt, wird in den Lieferbedingungen meist ein Spielraum von 0,25 bis 0,5 mm zugelassen. Auf den guten Zustand der Anlage- und Auflageflächen, die glatt sein, und in ganzer Fläche zur Anlage gelangen sollen, ist in den Bedingungen besonders hingewiesen. In der Zusammenstellung XLIV sind die zulässigen Abweichungen der Abmessungen und die Gütevorschriften verschiedener Verwaltungen nachgewiesen.

#### 1. γ) Abnahme.

Nach Untersuchung der Güte der Stoffe werden bei der Abnahme an einzelnen Stücken stichweise alle Abmessungen und die äußere Beschaffenheit, namentlich die der Anlageflächen, geprüft.

### c. 2) Oberbauschrauben.

Hakenschrauben, Laschenschrauben, Weichenschrauben, Spurstangen, Stützknaggen, Schwellenschrauben.

#### 2. a) Herstellung.

Der Rohstoff der Oberbauschrauben ist Schweiß Eisen und weiches Flußeisen in gewalzten Rundstäben für den Schraubenschaft mit Kopf, kantig für die Muttern. Die Rundstäbe haben den Durchmesser des Schraubenschaftes. Der dem Verwendungszwecke entsprechend geformte Kopf wird durch Einpressen des an einem Ende in Rotglut gebrachten Rundstabstückes in eine Hohlform der gewünschten Gestalt des Kopfes nebst Ansätzen hergestellt. Der Stoff erleidet hierbei eine Stauchung bei gleichzeitiger Ausbreitung. Nach dem Erkalten wird der bei der Preßarbeit durch Herausquetschen überschüssigen Eisens entstandene Grat entfernt, dann das Gewinde kalt eingeschnitten. Bei Schwellenschrauben wird das Gewinde meist in den in einer neuen Hitze in Rotglut versetzten Schaft eingewalzt. Zur Herstellung der Muttern werden von einem an einem Ende in Rotglut gebrachten Vierkantstabe Stücke der Masse einer Mutter abgequetscht. In demselben Arbeitsvorgange werden diese durch einen Stempel mit einem dem Loche der Mutter entsprechenden Dorne unter großem Drucke in eine Hohlform von der gewünschten Gestalt der Mutter

Zusammen-  
Zulässige Abweichungen

1	2	3	4 5 6 7 8					9	
			Zulässige Abweichungen in den Abmessungen						Zulässige Abweichungen von dem vorschrittmäßigen Gewichte
			Querschnitt		Länge	Lage und Größe der Löcher	Hakenlänge		
Dicke	übrige Abmessungen							%	
Nr.	Verwaltung	Stoff	mm	mm	mm	mm	mm		
<b>A. Deutschland.</b>									
1	Badische Staatsbahnen	Flußeisen. Die Bruchfläche soll durchweg reines und gleichmäßig feines Korn aufweisen.	± 0,25	± 0,5	—	—	—	+ 4, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 2	
2	Bayerische Staatsbahnen	Flußeisen. Es soll gleichmäßiges, feinkörniges, dichtes Gefüge ohne Blasen aufweisen und eine glatte Oberfläche haben. Schweißeisen. Es soll sehniges, dichtes Gefüge haben.	—	—	—	—	—	± 2 ± 2	
3	Preußisch-Hessische Staatsbahnen	Flußeisen Flußstahl Wie unter Nr. 1	+ 0,25	± 0,5	± 3	± 0,5	± 1	+ 3, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 2	
4	Sächsische Staatsbahnen	Flußeisen	+ 0,25	—	± 3	± 0,5	± 1	+ 3, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 2	
					Bei Platten für Stoßschwellen nur + 1				
5	Württembergische Staatsbahnen	Flußeisen	—	—	—	—	—	+ 3, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 5	

stellung XLIV.  
und Gütevorschriften für Unterlegplatten.

10	11	12	13	14		15	16
				Zerreißproben			
				Anzahl in % der Lieferung	Festigkeit = f		
%	kg/qmm	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	f. 1	Anzahl	Beschreibung	Bemerkungen	
0,5	38 bis 50	20	—	0,5	Die Unterlegplatten müssen sich unter einer Presse kalt quer zur Walzrichtung zu einer Winkelform von 135° ohne Anbruch durchbiegen lassen.	Bei ungenügendem Ausfalle der Proben werden aus derselben Abteilung zwei Ersatzproben ausgeführt. Entspricht eine davon den Anforderungen nicht, so erfolgt Zurückweisung der zu dieser Probeabteilung gehörenden Stücke.	
0,5	38 bis 45	≧ 15	—	0,5	Der Abnahmebeamte hat im Beisein eines Vertreters des Unternehmers durch Biegeproben die Beschaffenheit des verwendeten Walzeisens fest zu stellen.	—	
0,5	35	≧ 12	—	0,5		—	
0,5	38 bis 50	—	—	0,5	Die Unterleg- und Hakenplatten müssen sich unter einer Presse kalt quer zur Walzrichtung zu einer Winkelform von 135° ohne Anbruch durchbiegen lassen.	Wenn 2% einer zur Abnahme gestellten Teilmenge den Bedingungen nicht entsprechen, so wird die Abnahme der ganzen Teillieferung abgelehnt.	
0,5	50 bis 60	—	—	0,5			
0,5	38 bis 48	—	—	0,5	Wie unter Nr. 3.	Wie unter Nr. 3.	
nach Gutdünken	38 bis 50	20	—	nach Gutdünken	Die Prüfungen geschehen durch Biegen und Brechen.	—	

Zusammen-

1	2	3	4 5 6 7 8					9
			Zulässige Abweichungen in den Abmessungen					
			Querschnitt		Länge	Lage und Größe der Löcher	Hakenlänge	
Dicke	übrige Abmessungen							
Nr.	Verwaltung	Stoff	mm	mm	mm	mm	mm	%
<b>B. Österreich-Ungarn.</b>								
6	Kaschau-Oderberger Eisenbahn	Bestes, zweimal geschweißtes, sehniges Eisen oder Flußeisen.	± 0,3	—	± 2	± 0,5	—	bis + 1 wird bezahlt
7	Österreichische Staatsbahnen	Flußeisen. Es muß durchweg reines und gleichmäßig feines Korn zeigen.	± 0,5	—	± 3	± 0,5	—	± 1
8	Ungarische Staatsbahnen	Gewalztes oder geschmiedetes, zweimal geschweißtes, gepuddeltes, sehniges Eisen bester Beschaffenheit.	—	—	—	—	—	bis + 1 wird bezahlt
<b>C. Sonstige Länder in Europa.</b>								
9	Niederländische Staatsbahnen	—	± 0,5	—	± 2	—	—	± 2
10	Schweizerische Bundesbahnen	Schweiß Eisen.	in der Breite des Schienenlagers + 1	± 1	± 2	± 1	—	+ 4, bis + 2 wird bezahlt
		Flußeisen.		— 2				

stellung XLIV.

10	11	12	13	14	15		16	
					Zerreißproben			Sonstige Proben
					Anzahl in % der Lieferung	Festigkeit = f		
%	kg/qmm	Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	f. 1	Anzahl	%			
—	—	—	—	1		Die Unterlegplatten werden kalt rechtwinkelig gebogen. Sie dürfen hierbei keine Risse zeigen. Diese Probe müssen sie auch beim Biegen rechtwinkelig zur Walzrichtung bestehen.	—	
2 der Walzstäbe	38 bis 50	—	≥ 900	0,5		Die ungelochten Unterlegplatten müssen sich unter der Presse kalt quer zur Walzrichtung zu einer Winkelform von 135° ohne Anbruch biegen lassen.	Wenn 10% der geprobten Stücke die vorgeschriebenen Proben nicht aushalten, so sind die Proben auf die doppelte Stückzahl auszudehnen. Ergibt sich hierbei dasselbe Verhältnis, so ist die ganze Lieferung, aus der die Probe Stücke entnommen wurden, zurückzuweisen.	
—	—	—	—	0,5		Die Platten werden kalt rechtwinkelig zur Walzrichtung unter rechtem Winkel umgebogen. Hierbei dürfen sich weder Risse noch Sprünge zeigen.	Wenn ein Teil der Proben den Anforderungen nicht entsprechen sollte, so sind die Proben auf eine größere Menge auszudehnen. Genügen 10% nicht, so ist die ganze Menge, aus der die Proben stammen, zurückzuweisen.	
—	—	—	—	0,5		Platten werden gebogen und gebrochen. Bei den Biegeproben werden sie um einen Dorn von 20 mm Durchmesser in verschiedenen Richtungen so gebogen, daß die Schenkel einen Winkel von 45° bilden. Dabei dürfen sich weder Risse noch Sprünge zeigen.	Genügt eine Probe nicht, so werden dafür zwei neue ange stellt. Ist das Ergebnis bei einer dieser Platten wieder ungünstig, so wird die Menge, aus der die Proben entnommen wurden, zurückgewiesen.	
bis 0,2	34	—	450	bis 2		50 mm breite Längsstreifen mit gebrochenen Kanten, kalt aus den Walzstäben geschnitten, sollen sich um einen Dorn, dessen Durchmesser für Schweiß Eisen das Vierfache, für Flußeisen 2/3 der Stärke des Probestabes mißt, um 180° biegen lassen, ohne Anbruch zu zeigen. Walzstäbe und kalt aus fertigen Stücken geschnittene Längsstreifen, bis 50 mm breit, sollen rotwarm auf anderthalbfache Breite ausgeschmiedet werden können, ohne Spuren von Trennung zu zeigen.	Falls die Ergebnisse der ange stellten Proben den Anforderungen nicht entsprechen, werden die Proben bis auf 0,4% der Teillieferung ausgedehnt. Befriedigen auch sie nicht, so wird die ganze Teillieferung verworfen.	
	35 bis 45	—	900					

Zusammen-  
Zulässige Abweichungen

1 Nr.	2 Verwaltung	3 Stoff	4 Zulässige Abweichungen			7 Anzahl in % der Lieferung	8 Zerreiß- Festigkeit = f kg/qmm
			im Kern- durchmesser mm	in der Ganghöhe mm	im Gewichte %		
<b>A. Deutschland.</b>							
1	Badische Staatsbahnen	Fehlerfreies, vollkommen gleichmäßiges Flußeisen von durchweg reinem und gleichmäßig feinem Korne.	± 0,2	—	+ 4, Mehrgewicht bis + 1 bezahlt - 2	—	37 bis 44
2	Bayerische Staatsbahnen	Schweißeisen. Es soll ein sehniges, dichtes Gefüge haben. Flußeisen. Es soll ein gleichmäßig feinkörniges, dichtes Gefüge ohne Blasen aufweisen.	—	± 0,2	bis + 2 wird bezahlt - 2	—	∇ 35 38 bis 45
3	Preußisch-Hessische Staatsbahnen	Schweißeisen. Es soll ein durchweg sehniges Gefüge aufweisen.	bei Schwellenschrauben + 0,2	—	+ 3, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 2	0,5	∇ 35
4	Württembergische Staatsbahnen	Sehniges Schweißeisen. Flußeisen.	—	—	+ 3, Mehrgewicht wird bis + 1 bezahlt - 5	nach Gutdünnen	∇ 25 38 bis 50
<b>B. Österreich Ungarn.</b>							
5	Kaschau-Oderberger Eisenbahn	Bestes, zweimal geschweißtes, sehniges Eisen.	± 0,5	—	bis + 1 wird bezahlt	—	—

stellung XLV.  
und Gütevorschriften für Schrauben.

9 proben Dehnung in % der ursprünglichen Länge = l	10 f. l	11 Anzahl der Proben in % der Lieferung	12 Sonstige Proben		13 Bemerkungen
			Beschreibung		
20	—	0,5	Der Schaft der Schrauben muß bei den Biegeproben eine angemessene Streckung des Stoffes ohne Ribbildung zulassen. Wird die Schraube in einen durchbohrten Eisenstab eingesetzt und durch Andrehen der Mutter abgewürgt, so muß auch hierbei eine gewisse Streckung des Schraubenschaftes dem Bruche vorangehen. Mängel in der Staucharbeit dürfen sich hierbei nicht zeigen.		Bei ungenügendem Ausfalle der Proben werden aus derselben Probeabteilung zwei Ersatzproben ausgeführt. Entspricht auch nur eine davon den Anforderungen nicht, so erfolgt die Zurückweisung der zu dieser Probeabteilung gehörenden Stücke.
∇ 12	—	—			—
15	—	—			—
15	—	0,5	Die Schwellenschrauben müssen bei kräftigen Hammerschlägen eine angemessene Streckung im Schaft, in der Kehle des Kopfansatzes und im Kopfrande ohne Ribbildung zulassen. Der Schaft der Laschen- und Haken-Schrauben muß . . . weiter wie Nr. 1. Die Prüfung erfolgt durch Biegen und Zerbrechen.	nach Gutdünnen	Wenn 2% der geprüften Gegenstände den Vorschriften nicht entsprechen, so wird die ganze Teillieferung verworfen.  Zeigen sich bei den Proben Stoffmängel oder Herstellungsfehler, so kann die ganze Abteilung, aus der die Probestücke genommen sind, verworfen werden.
12	—	—			
25	—	—			
—	—	—	Von dem zur Herstellung der Laschenschrauben benutzten Rundeisen werden 0,15 m lange Stücke kalt rechtwinkelig gebogen. Das Eisen darf bei dieser Probe keinerlei Risse zeigen. Außerdem werden von den fertigen Bolzen ungefähr 0,1 % gebrochen. Die Bruchfläche muß durchgehends das beste sehnige Gefüge zeigen.		Werden bei den Proben mehr als 10% schlecht befunden, so wird die ganze Lieferung zurückgewiesen.

Zusammen-

1 Nr.	2 Verwaltung	3 Stoff	4 Zulässige Abweichungen			7 Anzahl in % der Lieferung	8 Zerreiß- festigkeit = f kg/qmm
			im Kern- durchmesser mm	in der Ganghöhe mm	im Gewichte %		
6	Österreichische Staatsbahnen	Schweißeisen Flußeisen	—	—	—	2 auf 100 Walz- stücke	36 38 bis 50
C. Schweiz.							
7	Schweizerische Bundes- Bahnen	Schweißeisen oder Flußeisen	—	—	+ 5, Mehrge- wicht wird bis + 2 be- zahlt — 3	bis 0,02	36 35 bis 45

stellung XLV.

9 Dehnung in % der ursprüng- lichen Länge = l %	10 f. l	11 Anzahl der Proben in % der Lieferung	12 Sonstige Proben		13 Bemerkungen
			Beschreibung		
18	—	0,5	Die Schrauben müssen sich kalt um 45° einmal hin- und herbiegen lassen, ohne einen Anbruch zu zeigen. Schrauben aus Schweißeisen müssen auf einer Seite eingehauen einer Biegung bis 180° ausgesetzt werden können, ohne daß vollständiges Anbrechen erfolgt. Die Köpfe der Schwellenschrauben müssen sich kalt mit kräftigen Hammerschlägen bis 45° abbiegen lassen, ohne daß sie sich von den Schäften trennen. Die Laschen- und Stemmwinkel-Schrauben müssen eine Verdrehung des Schaftes um 30° durch fortgesetztes Anziehen der Mutter bei eingespanntem Kopfe aushalten, wobei auch die Gewinde und die Muttern keine wesentliche Beschädigung zeigen dürfen.		Wenn 10% der erprobten Stücke die vorgeschriebenen Proben nicht aushalten, so sind die Proben auf die doppelte Stückzahl auszudehnen. Ergibt sich hierbei dasselbe Verhältnis, so wird die ganze Lieferung, aus der die Probestücke entnommen wurden, zurückgewiesen.
—	900				
—	700	bis 0,02	Stäbe für Schrauben sollen sich um einen Dorn, dessen Durchmesser für Schweißeisen der Stabstärke, für Flußeisen einem Drittel der Stabstärke gleich ist, um 180° biegen lassen, ohne Anbruch zu zeigen.		Falls die Ergebnisse der Proben den Anforderungen nicht genügen, werden die Proben bis auf 0,4% der Teillieferung ausgedehnt. Befriedigen auch sie nicht, so wird die ganze Teillieferung zurückgewiesen.
—	700				

gepreßt. Nach dem Erkalten folgt Abgratung des ausgequetschten Eisens, Einschneiden des Gewindes und Glattdrehen der Auflageflächen.

### 2. $\beta$ ) Besondere Bedingungen.

Die besonderen Bedingungen befassen sich mit der Beschaffenheit des Stoffes, der Preßarbeit und des Gewindes, sie geben ferner die zulässigen Abweichungen in den Abmessungen an.

Außer Zerreißproben sind auch Biegeproben mit fertigen Stücken gebräuchlich. Der Schaft und die Kehle am Kopfe der Schraube sollen hierbei angemessene Dehnungen zulassen, ohne Risse oder Faltenbildungen zu zeigen. Der Kopf, die Ansätze am Schafte und die Muttern sollen voll und sauber ausgeprägt, die Grate entfernt, die Anlageflächen glatt und eben sein. Das Gewinde ist voll auszuschneiden und einzuölen. Die Muttern sollen gleichmäßigen Gang haben und dürfen nicht schlottern.

Die zulässigen Abweichungen der Abmessungen sind nach den Vorschriften einiger Verwaltungen in Zusammenstellung XLV, S. 232, angegeben.

### 2. $\gamma$ ) Prüfung und Abnahme.

Bei der Abnahme werden Stoffproben vorgenommen, sowie an einer größeren Stückzahl der vorgelegten Liefermenge die äußere Beschaffenheit und die Abmessungen festgestellt. Bei bedingungsmäßigem Befunde wird die vorgelegte Menge als abgenommen gekennzeichnet.

## B. VI) Kupfer und weiße Metalle.

Bearbeitet von von Lemmers-Danforth.

### VI. a) Allgemeines.

Kupfer, Zinn, Zink, Blei, Antimon, Wismut und Nickel werden in weit geringeren Mengen verwendet, als Eisen und Stahl. Wegen der Wichtigkeit der aus ihnen hergestellten Teile und ihres hohen Preises haben jedoch die beiden erstgenannten Metalle in technischer und wirtschaftlicher Beziehung große Bedeutung für das Eisenbahnwesen.

Die Haupteigenschaften des Kupfers und der weißen Metalle sind in Zusammenstellung XLVI aufgeführt.

## Zusammenstellung XLVI.

Stoff	Gewichts- verhältnis	Schmelz- punkt ° C	Wärmeauf- nahme bei Erwärmung eines cem von 0° bis 100° C. W.-E.	Ausdehnung bei Erwär- mung von 0° bis 100° C. mm/m	Schwind- maß	Härte bezogen auf Blei = 1
Kupfer, gegossen .	8,2 bis 8,9	1050 bis 1300	0,093	1,72	—	19
„ warm be- arbeitet .	8,9 „ 9,0					
Zinn . . . . .	7,28 „ 7,30	230	0,056	2,17	$\frac{1}{147}$	2
Zink . . . . .	7,0 „ 7,3	420	0,094	3,00	$\frac{1}{80}$	12
Blei . . . . .	11,3 „ 11,4	330	0,032	2,85	$\frac{1}{92}$	1
Antimon . . . . .	6,7	430	0,050	—	—	—
Wismut . . . . .	9,8 „ 9,9	260	0,030	—	$\frac{1}{265}$	3
Nickel . . . . .	8,9 „ 9,25	1400 bis 1600	0,109	—	—	—

## VI. b) Einfache Metalle.

## b. 1) Kupfer.

## 1. a) Vorkommen und Gewinnung.

Kupfer findet sich gediegen in beträchtlichen Mengen an einigen Orten in Nord- und Süd-Amerika, meist kommt es aber als Erz vor, und zwar in Verbindung mit Sauerstoff als Rotkupfererz  $\text{Cu}_2\text{O}$ , Kupferlasur  $(\text{HO})_2\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2$  und Malachit  $(\text{HO})_2\text{Cu}_2\text{CO}_3$ , oder in Verbindung mit Schwefel als Kupferglanz  $\text{CuS}$ , Buntkupfererz  $(\text{Cu}_2\text{S})_3\text{Fe}_2\text{S}_3$ , Kupferkies  $\text{Cu}_2\text{SFe}_2\text{S}_3$  und Kupfervitriol  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Die drei Schwefelerze, Bestandteile des Mansfelder Kupferschiefers, sind für die deutschen Kupferwerke besonders wichtig.

Die Gewinnung des Kupfers erfolgt auf trockenem, nassem oder elektrischem Wege.

## a. A) Trockene Gewinnung.

Bei dem trockenen Verfahren werden die schwefelhaltigen Erze zunächst geröstet, wobei ein Teil der Beimengungen verdampft, ein weiterer Teil saure Verbindungen mit dem Kupfer eingeht. Durch das hierauf folgende, Sauerstoff entziehende Niederschmelzen in Schachtöfen gehen fernere Mengen der fremden Bestandteile, Arsen, Antimon und Schwefel, in die Schlacke und man erhält den an Kupfer reichern Rohstein oder Kupferstein. Rösten und Schmelzen werden wiederholt, und man gewinnt das immer noch stark durch andere Metalle verunreinigte Roh- oder Schwarz-Kupfer. Dieses wird unter Einwirkung eines Gebläses niedergeschmolzen, wobei der Rest der fremden Bestandteile teils verflüchtigt, teils in die Schlacke überführt wird. Das so erhaltene Gar-, Scheiben- oder Rosetten-Kupfer enthält viel Sauerstoff in Gestalt von aufgelöstem Kupferoxydul,  $\text{Cu}_2\text{O}$ , das seine Eigenschaften stark beeinträchtigt; es wird hammergar gemacht, geläutert, „raffiniert“, indem man es zur Entziehung von Sauerstoff mit Holzkohle schmilzt. Die Sauer-

stoffentziehung wird dabei unterstützt durch Einbringen von Stangen aus grünem Holze, das „Polen“. Die beiden letztgenannten Schmelzungen werden entweder in besonderen Öfen vorgenommen, oder in einem Flammofen vereinigt. Zum Niederschmelzen zwecks Aufnahme von Sauerstoff bedient man sich neuerdings auch kleiner walzenförmiger Bessemerbirnen.

Durch Zerbrechen erkalteter Schöpfproben prüft man beim Läutern, ob das Kupfer gar ist. Bei zu weit gehender Entziehung von Sauerstoff, bei „überpoltem“ Kupfer, tritt gelbliche Färbung, zackiger, glänzender Bruch und Warmbrüchigkeit auf; enthält das Kupfer dagegen noch Oxydul, so ist es braunrot, hat dichten, matten Bruch und ist kaltbrüchig. Der Bruch des gut hammergearen Kupfers muß die eigenartig kupferrote Farbe, dichtes Gefüge und seidenartigen Glanz zeigen.

#### a. B) Nasse Gewinnung.

Bei dem nassen Verfahren wird Kupfer aus schwefelsauerer Lösungen durch Eisen gefällt. Solche Lösungen kommen teils in den Bergwerken als natürliche Gruben-, Zement-Wasser vor, teils werden sie künstlich bereitet. Das Erz wird hierzu, wenn nötig, geröstet und mit Wasser, verdünnter Salz- oder Schwefelsäure, oder mit Lösungen von Eisenchlorverbindungen ausgelaugt. Aus den Lösungen wird Kupfer durch metallisches Eisen gefällt und als „Zementkupfer“ in Gestalt von Schlamm gewonnen, der zu Rohkupfer verschmolzen und in der beschriebenen Art geläutert wird.

#### a. C) Elektrische Gewinnung.

Zur Gewinnung von Elektrokupfer wird aus dem Erze durch Anreicherung, Oxydation und Reduktion Kupfer von etwa 98% Reingehalt hergestellt. Um es zu läutern, werden aus ihm gegossene Platten abwechselnd mit dünnen Feinkupferblechen in etwa 5 cm Abstand in eine mit Schwefelsäure versetzte Lösung von Kupfervitriol,  $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ , gehängt. Die Feinkupferbleche dienen, neben einander geschaltet, als Kathode, die zu läuternden Kupferplatten als Anode. Man schickt Strom von 20 bis 40 amp/qm Dichte hindurch; das Rohkupfer geht in die Lösung und schlägt sich auf den Feinblechen nieder. Die Verunreinigungen, wie Eisen, Nickel und Kobalt lösen sich zwar auch auf, werden aber erst bei einer bestimmten Sättigung der Lösung niedergeschlagen, weshalb diese rechtzeitig erneuert werden muß. Das so gewonnene Kupfer ist besonders rein.

### 1. $\beta$ ) Eigenschaften.

Kupfer zeichnet sich durch seine rote Farbe, seine Geschmeidigkeit und sein großes Leitungsvermögen für Wärme und Elektrizität aus. Die Geschmeidigkeit, noch mehr aber das Leitungsvermögen werden durch geringe Mengen fremder Bestandteile oft schon erheblich beeinträchtigt, weshalb für manche Zwecke besonderer Wert auf die Verwendung möglichst reinen Kupfers zu legen ist. Für die Dauerhaftigkeit in den Feuerkisten der Lokomotiven scheinen dagegen gewisse Beimengungen, besonders Arsen, vorteilhaft zu sein. Die Frage, weshalb einzelne Feuerbüchsen schon nach sechs Jahren aufgebraucht sind, während andere fünfzehn Jahre und länger halten, ist noch nicht geklärt. Bei Anstellung eines Vergleiches hatte leichtes Kupfer von 8,83 t/cbm Gewicht eine erheblich kürzere Lebensdauer, als schweres bis 8,9 t/cbm Gewicht.

Kalt gehämmertes, gewalztes oder gezogenes Kupfer wird hart und spröde und muß ausgeglüht werden, um seine ursprüngliche Geschmeidigkeit wieder zu erlangen; durch schnelle Abkühlung nach dem Ausglühen vermindert sich die Dehnbarkeit nicht, sondern nimmt etwas zu. Kalt verträgt Kupfer seiner Geschmeidigkeit wegen beträchtliche Formänderungen, rotwarm läßt es sich gut schmieden und walzen, dagegen kann es nicht geschweißt werden. Geschmolzenes Kupfer löst Wasserstoff und Kohlenoxyd auf, gibt aber diese Gase beim Erstarren wieder ab. Handelskupfer enthält neben etwas Kupferoxydul,  $\text{Cu}_2\text{O}$ , oft auch geringe Mengen von Schwefelkupfer,  $\text{CuS}$ , die beide eine ziemlich lange anhaltende Entwicklung von schwefliger Säure verursachen. Diese Umstände bewirken starke Blasenbildung und machen das Kupfer zum Gießen untauglich. Die Anwesenheit von Phosphor, Silizium und anderen den Sauerstoff austreibenden Stoffen verringert die Blasenbildung.

An der feuchten Luft und bei Berührung mit Säuren überzieht sich das Kupfer mit einer dünnen Schicht von Grünspan, basischem Kupriazetat, bei Erhitzung unter Luftzutritt mit Kupferoxydul, das anfangs in Regenbogenfarben schillert, dann braunrot und schließlich schwarz wird, Kupferasche, Kupferhammerschlag. Der Hammerschlag kann durch Ablöschen oder durch Hämmern beseitigt werden.

In der Versuchsanstalt zu Charlottenburg wurden 1894 bis 1898 zahlreiche Versuche mit mehreren Kupfersorten vorgenommen. Ausglühen des Kupfers beseitigt danach die Abhängigkeit der Dehnung von der Belastung, kalte Bearbeitung durch Druck oder Zug erzeugt diese Abhängigkeit jedoch öfter, erhöht ferner die Festigkeit und in noch höherem Maße die Streckgrenze, vermindert die Dehnung aber stark. Erhitzt man kalt bearbeitetes Kupfer, so verschwindet die Abhängigkeit von Belastung und Dehnung bei 200 bis 300°; Bruchdehnung, Festigkeit und Streckgrenze nehmen ihre früheren Werte allmähig wieder an, wenn die Erwärmung von 300° auf 500° steigt. Zunehmende Wärme vermindert auch die Festigkeit von geglühtem Kupfer stark<sup>30)</sup>. Die Bruchdehnung ist bei -20° am größten, zwischen +20° und 300° ändert sie sich nur wenig, steigt der Wärmegrad noch weiter, so verhalten sich die einzelnen Kupfersorten verschieden. Zusammenstellung XLVII zeigt die Mittelwerte einer großen Zahl von Zerreißversuchen mit mehreren als regelrecht anzusehenden Kupfersorten, die von der technischen Versuchsanstalt vorgenommen wurden.

Zusammenstellung XLVII.

Sorte	Zustand	Streckgrenze	Festigkeit	Dehnung auf 60 mm Länge ge- messen
		kg/qmm	kg/qmm	%
Kupferblech . . . . .	geglüht	5,3	22,8	48
	hart	26,9	28,8	13
Rundkupfer . . . . .	geglüht	5,7	23,9	50
	hart	31,5	33,5	9

<sup>30)</sup> Band I, 3. Auflage, S. 362.

Das von Heckmann in Duisburg hergestellte „Hartkupfer“ für Stehbolzen zeigte bei einigen Zerreißproben in einer Eisenbahnwerkstätte im Mittel 27 kg/qmm Festigkeit, 80% Einschnürung und 50% Dehnung auf 200 mm Stab-Länge.

### 1. $\gamma$ ) Verwendung und Herstellung.

Wegen seiner großen Dehnbarkeit, Feuerbeständigkeit und des großen Leitungsvermögens für Wärme und Elektrizität findet Kupfer im Eisenbahnwesen ausgedehnte Verwendung zu Feuerbuchsplatten, Stehbolzen, stark gebogenen Röhren, Dichtungen und zu elektrischen Leitungen. Auf seine Stellung in der Spannungsreihe nach Volta gründet sich ferner die Verwendung zu Elektroden galvanischer Zellen. Außerdem bildet es einen wichtigen Bestandteil vieler Mischmetalle.

#### $\gamma$ . A) Bleche und Platten.

Das geläuterte Kupfer wird zu flachen, rechteckigen Blöcken gegossen und rotglühend zu Platten ausgewalzt. Dünne Bleche werden auch kalt gewalzt. Beim Gusse der Blöcke wird besonderer Wert auf Dichtigkeit und auf saubere Oberfläche gelegt; um besonders glatte Bleche zu erzielen, wird die Oberfläche der Gußblöcke vor dem Walzen auch wohl gefräst oder gedreht. Die fertig gewalzten Bleche werden nochmals erhitzt und dann in Wasser oder Urin abgelöscht, um den anhaftenden Hammerschlag zu beseitigen und ihre Geschmeidigkeit zu erhöhen.

Sollen die Bleche an einzelnen Stellen stärker bleiben, um scharfes Kumpeln zu gestatten, oder um die Heizrohre besser einziehen zu können, so legt man auf die dünner bleibenden Stellen beim Walzen Kupferlehren von solcher Dicke, daß sie den Unterschied in den Wandstärken ausgleichen, und walzt dann mit gewöhnlichen glatten Walzen.

Kupferne Rohrwände und Rückwände für Feuerbüchsen werden meist fertig gekumpelt von den Kupferwerken bezogen, da dies wegen des hohen Wertes der entstehenden Abfälle wirtschaftlich richtig ist. Das Kumpeln geschieht teils warm unter Benutzung eines Koks- oder Holzkohlen-Feuers, teils kalt; die fertigen Teile werden ausgeglüht und abgelöscht.

#### $\gamma$ . B) Stangenkupfer und Kupferdraht.

Die aus walzenförmigen Blöcken vorgewalzten Stangen werden auf der Ziehbank weiter verarbeitet, um sie genau zu runden und von Hammerschlag zu befreien. Wird durch das Ziehen eine bedeutende Querschnittsminderung bezweckt, so ist es erforderlich, die Stangen nach Bedarf wiederholt auszuglühen. Kupferdraht wird aus Walzdraht, oder aus geschnittenen quadratischen Blechstreifen unter wiederholtem Ausglühen auf der Drahtziehbank hergestellt. Der Draht wird durch das Ziehen spröde und muß wiederholt unter Luftabschluß geglüht, in verdünnter Schwefelsäure gebeizt und mit Kalkwasser abgespült werden. Um das Anbohren der Stehbolzen zu ersparen, fertigt man nach dem Mannesmann-Verfahren auch hohle Kupferstangen mit 3 bis 5 mm Lochdurchmesser, die sich gut bewähren.

#### $\gamma$ . C) Kupferrohre.

Zwei Hauptarten von Rohren kommen in Betracht, hartgelötete und nahtlose. Die gelöteten sind weniger zuverlässig, ihre Verwendung empfiehlt sich nur

da, wo die Beanspruchung durch innern oder äußern Druck gering ist. Man formt die gelöteten Rohre aus schmalen Kupferblechstreifen mit abgeschrägten Kanten; die Streifen werden mittels Ziehens durch eine trichterartige Ziehtüte, Becher oder Tiegel genannt, gerollt, worauf die Fuge gelötet und verputzt wird. Die so hergestellten Rohre werden gebeizt und erhalten auf der Ziehbank gerade Richtung und genau kreisförmigen Querschnitt.

Nahtlose Rohre werden auf sehr verschiedene Weisen angefertigt. Ein auch heute noch viel geübtes Verfahren besteht in der Herstellung eines Hohlkörpers, den man auf der Ziehbank unter wiederholtem Ausglühen zu einem dünnen Rohre umformt. Die Hauptschwierigkeit liegt hierbei in der Herstellung dichter Hohlkörper. Guß in eisernen Formen, Guß voller Walzen und nachträgliches Ausbohren, sowie Schleuder-Guß sind Mittel zur Erreichung dieses Zweckes. Zuweilen walzt man die Hohlkörper auch vor, oder schmiedet sie über einen Dorn, um sie dichter zu machen.

Neuerdings stellt das Werk von Heckmann Kupferrohre aus vorgewalzten vollen Rundstäben auf dem Schrägwalzwerke von Mannesmann her. Das für eiserne Rohre auf den Mannesmann-Werken außer dem Schrägwalzwerke (Textabb. 72, S. 139) gebrauchte Pilgerschrittwalzwerk (Textabb. 73, S. 140) ist bei Kupferrohren entbehrlich, da diese auf dem Schrägwalzwerke bei der großen Dehnbarkeit des Kupfers selbst bis zu 4 mm Wandstärke herab gewalzt werden können. Die weitere Bearbeitung erfolgt auf der Ziehbank.

Die nahtlosen Rohre bieten durch die Art ihrer Herstellung erheblich größere Gewähr gegen Aufreißen, als gelötete. Dies ist besonders bei den Mannesmann-Rohren der Fall, da das Kupfer durch Walzen, Schrägwalzen und Ziehen abwechselnd in der Längs- und Quer-Richtung gestreckt und vorzüglich durchgearbeitet wird. Nach Versuchen von Diegel<sup>31)</sup> mit Mannesmann-Bronzerohren wächst durch das Schrägwalzen die Bruchdehnung in der Querrichtung, während sie in der Längsrichtung etwas abnimmt. Bei dem dann folgenden Kaltziehen findet das Umgekehrte statt, so daß sich schließlich Rohre von fast gleicher Festigkeit und Dehnung in der Längs- und Quer-Richtung ergeben.

Soweit bekannt, finden die auf elektrolytischem Wege mit Achatglättung hergestellten Elmore-Rohre im Eisenbahnwesen keine Verwendung, vermutlich weil sie aus chemisch reinem, also ganz weichem Kupfer bestehen und härtere und festere Kupfersorten ausgeschlossen sind.

### 1. δ) Arten und Abmessungen.

Trotzdem die meisten europäischen Länder selbst Kupfer erzeugen, wird der Markt durch die Zufuhr von Erz und Rohkupfer aus Australien und Amerika vom Obern-See und aus Chile stark beeinflusst. Auch japanisches Kupfer findet in Europa Verwendung und wird wegen seiner Reinheit geschätzt. Rohkupfer kommt im Handel in Form von Rosetten- und Block-Kupfer vor. Da das Rosettenkupfer noch nicht hammergar ist, kann es ungeläutert nur zur Herstellung von Mischmetallen verwendet werden. Die Beschaffung von Rohkupfer kommt nur für die Bahnen in Frage, die eiserne Feuerkisten verwenden, während den übrigen reichliche Mengen von Altkupfer zum Einschmelzen zur Verfügung stehen.

<sup>31)</sup> Mitteilungen aus der Praxis des Dampfkesselbetriebes 1901.

Die Dicke des Kupferbleches wird in Deutschland in Millimetern oder nach dem Gewichte eines Quadratmeters angegeben (Zusammenstellung XLVIII); eine Bezeichnung nach Nummern ist nicht üblich. Dünnes Kupferblech von 0,5 bis 1,5 mm Dicke wird zweckmäßig als sogenanntes Lagerblech bezogen, welches in Tafeln von 1 m Breite und 2,0, 3,0 und 4,0 m Länge vorrätig ist, und sich etwas billiger stellt, als Blech nach besonderer Maßangabe. Dicke Kupferbleche werden meist als Platten bezeichnet und können bis zu 3 t Gewicht und 2,8 m Breite hergestellt werden. Für Kupfer wird, ähnlich wie für Eisen, ein Grundpreis berechnet, zu dem für besonders dünne, leichte und breite Bleche, sowie für Bleche von vorgeschriebenen Abmessungen und Formen Überpreise kommen. Etwaiges Kumpeln und besondere Bearbeitung der Oberfläche, wie Beizen, Abziehen, Hartwalzen werden besonders berechnet.

## Zusammenstellung XLVIII.

## Gewichte von Kupferblechen.

Dicke mm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Gewicht kg/qm	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135
Dicke mm	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Gewicht kg/qm	144	153	162	171	180	189	198	207	216	225	234	243	252	261	270

Für Rundkupfer gilt derselbe Grundpreis wie für Bleche; Überpreise gelten für dünnere Arten und für durchlohtes, hohlgewalztes Stehbolzenkupfer. (Zusammenstellung XLIX).

## Zusammenstellung XLIX.

## Gewichte von Rundkupfer.

Durchmesser mm	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Gewicht kg/m	1,59	1,81	2,04	2,29	2,55	2,83	3,12	3,42	3,74	4,07	4,42	4,78	5,15	5,55	5,95	6,36
Durchmesser mm	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
Gewicht kg m	6,79	7,24	7,70	8,17	8,66	9,16	9,68	10,21	10,75	11,31	11,88	12,47	13,07	13,69	14,31	

Hohlgewalztes Rundkupfer mit 3, 4 oder 5 mm Loch ist um 0,064, 0,113 und 0,176 kg leichter.

Kupferrohre (Zusammenstellung L) können bis zu 7 m Länge bezogen werden; die Preise schwanken je nach der Herstellung und den Abmessungen bedeutend.

Zusammenstellung L.  
Gewichte nahtloser Kupferrohre.

Innerer Durchmesser mm	Wandstärke mm									
	1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4	5
	Gewichte kg/m									
5	0,17	0,22	0,28	0,33	0,40	0,53	0,68	0,84	1,02	1,41
10	0,31	0,40	0,49	0,58	0,68	0,88	1,10	1,34	1,58	2,12
15	0,45	0,57	0,70	0,83	0,96	1,24	1,53	1,83	2,15	2,83
20	0,59	0,75	0,91	1,08	1,24	1,59	1,95	2,33	2,71	3,53
25	0,73	0,93	1,12	1,32	1,53	1,94	2,37	2,82	3,28	4,24
30	0,88	1,10	1,34	1,57	1,81	2,30	2,80	3,31	3,84	4,95
35	1,02	1,28	1,55	1,82	2,09	2,65	3,22	3,81	4,41	5,66
40	1,16	1,46	1,76	2,07	2,37	3,00	3,65	4,30	4,98	6,36
45	1,30	1,63	1,97	2,31	2,66	3,36	4,07	4,80	5,54	7,07
50	1,44	1,81	2,18	2,56	2,94	3,71	4,50	5,29	6,11	7,77

1. ε) Prüfung und Abnahme.

Die Anforderungen an Kupfer für Eisenbahnzwecke sind aus den Lieferbedingungen der Bahnverwaltungen zu ersehen, von denen einige nachstehend wiedergegeben sind:

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen verlangen Kupfer bester Güte, das weder warm-, noch kaltbrüchig sein darf und dichtkörniges Gefüge hat; sie schreiben für Kupferblech über 4 mm Stärke 22 kg/qmm Festigkeit und 38% Dehnung, für Rundkupfer 23 kg/qmm Festigkeit und 38% Dehnung vor.

Die Dehnung wird gemessen

bei Rundstäben von:

15 mm Durchmesser auf 150 mm Länge,

20 mm Durchmesser auf 200 mm Länge,

25 mm Durchmesser auf 250 mm Länge,

bei Flachstäben von:

200 bis 300 qmm Querschnitt auf 160 mm

und bei größerm Querschnitte auf 200 mm Länge.

Bleche unter 4 mm sollen sich ohne zu brechen kalt und warm um einen Dorn von der doppelten Blechdicke bis zur Berührung der Enden zusammenbiegen lassen.

Für das stark auf Biegen beanspruchte Stehbolzenkupfer ist eine besonders scharfe Biegeprobe vorgeschrieben. Ein mit Gewinde versehenes 180 mm langes Stück Rundkupfer muß sich kalt bis zur Berührung der Enden zusammenbiegen lassen, ohne Schäden zu zeigen. Ein Rundkupferstück, das zweimal so lang als dick ist, muß sich auf ein Drittel seiner Höhe kalt niederstauchen lassen, ohne hierbei Risse zu zeigen.

Die Kupferrohre dürfen nicht gelötet sein; sie müssen 15 at, wenn sie für Lokomotiven bestimmt sind, 25 at innern Wasserdruck aushalten, ohne undicht zu werden, und sich kalt, mit Sand oder Kolophonium gefüllt, um einen Dorn von der dreifachen Dicke ihres äußern Durchmessers biegen lassen. Im Bruche

soll das Kupfer dichtkörniges Gefüge zeigen. In Feuerbuchsplatten und auf Rundkupfer muß sich scharf geschnittenes, sauberes Gewinde herstellen lassen.

Die Abnahme findet teils in den Kupferwerken, teils in den Eisenbahnwerkstätten statt und erstreckt sich auf Besichtigung, Nachmessung und Prüfung der Festigkeitseigenschaften. Von jeder Kupferplatte muß ein Probestab entnommen werden können. Chemische Untersuchung findet nur ausnahmsweise statt.

Die Bedingungen der bayerischer Staatsbahnen weichen in mehreren Punkten von den vorstehenden ab. Die Bruchfläche des Kupfers soll seidenartigen Glanz haben. Kupferplatten und Rundkupfer müssen ausgeglüht geliefert werden. Abweichungen in den Maßen werden nach Zusammenstellung LI zugelassen.

#### Zusammenstellung LI.

Blechdicke bei Blechen von 0,5 bis 2 mm Dicke	$\pm 0,1$ mm
„ „ „ „ 2,5 „ 4 „ „	$\pm 0,2$ „
„ „ „ „ 5 „ 6 „ „	$\pm 0,3$ „
„ „ „ „ 13 „ 17 „ „	$\pm 0,5$ „
Länge und Breite von Kupferblechen . . . . .	$\pm 10$ „
Länge von Feuerbuchsplatten . . . . .	$\pm 5$ „
Breite fertiger Rohr- und Tür-Wände . . . . .	$\pm 1$ „
Breite von Mantelblechen . . . . .	$+ 5$ „
Krümmungshalbmesser der oberen seitlichen Ab- rundungen . . . . .	$\pm 5$ „
Krümmungshalbmesser der Aufkrepung . . . . .	$\pm 1$ „
Stärke von Rundkupfer . . . . .	$\pm 0,2$ „

Die Festigkeit soll

bei Rundkupfer . . . . . 22 kg/qmm

bei Kupferblechen und Platten . . . . . 21 kg/qmm

betragen; an Dehnung werden 38 %, an Einschnürung 45 % verlangt.

Streifen von Feuerbuchsplatten sollen sich kalt und warm um einen Dorn von der Dicke des Bleches, ohne Anbrüche zu zeigen, so zusammen biegen lassen, daß sich die beiden Enden berühren. Ein mit Gewinde versehener Rundkupferstab muß kalt um einen Dorn, dessen Dicke gleich dem äußern Gewindedurchmesser ist, um  $180^{\circ}$  gebogen werden können, ohne Risse zu zeigen.

Ein 55 mm langes Rundkupferstück soll sich auf 13 mm niederstauchen lassen, ohne zu reißen. Die Rohre müssen sich um 25 % ihres Durchmessers aufweiten lassen, ohne aufzureißen. Beim Biegen um einen Dorn, dessen Dicke gleich dem Fünffachen des innern Rohrdurchmessers ist, dürfen die Kupferrohre weder brechen noch aufreißen. Kupferstutzen sollen nahtlos hergestellt sein, müssen außen gedreht geliefert werden, und sich kalt flach zusammen biegen lassen, ohne Risse zu zeigen.

Die badischen Staatsbahnen schreiben unter anderm Folgendes vor. Verlangt wird Hüttenkupfer von 99,5 % Reingehalt. Für Rundkupfer sind zwei Biegeproben vorgesehen: ein mit Gewinde versehenes Stück soll den Anforderungen der preußisch-hessischen Staatsbahnen entsprechen, dann sollen sich aber auch die beiden Enden jeder einzelnen Stange kalt bis zur vollständigen Berührung mit dem geraden Teile der Stangen umbiegen zu lassen, ohne daß Risse eintreten.

Durch letztere Probe lassen sich Ungleichförmigkeiten in der Beschaffenheit des Kupfers unschwer erkennen, über die zuweilen geklagt wird.

Streifen von Kupferplatten müssen sich kalt und warm zusammen biegen lassen, ohne Einbrüche zu zeigen, auch dürfen sie nicht reißen, wenn sie kalt zu dünnen Platten ausgeschmiedet werden.

Die österreichischen Staatsbahnen lassen Elektrokupfer ohne vorheriges Umschmelzen zur Herstellung von Kupferplatten nicht zu; sie verlangen möglichst reines Kupfer, das aber 0,1 bis 0,3% Arsen enthalten soll. Die Zerreißprobe soll bei Kupferplatten: 22 kg/qmm Festigkeit, 35% Dehnung, 40% Einschnürung, bei Stangenkupfer 22 kg/qmm, 35% und 45% ergeben.

Die Dehnung ist auf

Gl. 29) . . . . .  $11,3 \sqrt{F \text{ qmm}}$

zu messen, worin F der Querschnitt des Probestabes ist.

Die niederländische Staatsbahn-Gesellschaft verlangt Folgendes. 30 mm breite Streifen von Feuerbuchskupfer mit gebrochenen Kanten und Probestäbe von durchlochtem Rundkupfer müssen sich kalt zusammen falten und platt schlagen lassen, ohne Risse zu zeigen. Die Enden dieser Probestäbe aus Feuerbuchsplatten müssen kalt in eine Spitze ausgehämmert werden können, ohne zu splintern.

In einen 60 mm breiten Streifen wird ein Loch von 20 mm Durchmesser gebohrt, dieses muß sich auf 40 mm aufdornen lassen, ohne daß das Kupfer Fehler aufweist.

Nach den Lieferbedingungen der belgischen Staatsbahnen muß Kupfer für Feuerbuchsen 0,35 bis 0,55%, Stehbolzenkupfer 0,15 bis 0,35% Arsen enthalten.

Die schweizerischen Bundesbahnen verlangen für Feuerbuchskupfer ebenfalls 0,2 bis 0,5% Arsengehalt, schließen daher Elektrokupfer ausdrücklich von der Lieferung aus.

Ein Stück Stangenkupfer von der doppelten Länge seines Durchmessers soll sich kalt auf  $\frac{1}{3}$  seiner Länge zusammen stauchen lassen, ohne Risse zu zeigen, eine Probe, die nur für Kupferniete gerechtfertigt ist.

Die Bedingungen der Paris-Lyon-Mittelmeer-Bahn sind, wie die anderer französischer Bahnen, sehr eingehend. Das Kupfer soll von bester Güte und der Marke „corocoro“ ebenbürtig sein, es darf höchstens 0,4% fremde Bestandteile enthalten. Feuerbuchsplatten müssen fertig ausgeglüht und gebeizt werden; die Rohrwände sollen auf beiden Seiten kalt so gehämmert werden, daß ihre Dicke um 1 bis 1,5 mm abnimmt. Für Feuerbuchsplatten wird eine Festigkeit von 20 kg/qmm und 35% Dehnung verlangt. Kupferstreifen mit gebrochenen Kanten müssen sich kalt vollständig zusammen schlagen lassen. Die Abmessungen der Probestäbe und die zulässigen Abweichungen von der vorgeschriebenen Blechdicke sind durch ausführliche Tafeln festgelegt.

Die Herstellung des Rundkupfers ist sehr genau vorgeschrieben. Die Barren müssen stehend gegossen, vor dem Walzen an der Oberfläche abgedreht oder abgefräst, und an einem Ende abgeschnitten werden. Nach dem letzten Ziehen dürfen die Stäbe, um an der Oberfläche hart zu bleiben, nicht mehr geglüht werden. Der vorgeschriebene Durchmesser muß bis auf  $\pm 0,1$  mm eingehalten werden. Das Loch der hohlen Stäbe darf bis zu 1,5 mm kleiner, aber nicht größer, und bis zu 1,5 mm unrund, das Gefüge muß gleichartig, dicht-

körnig und von rosaroter Farbe sein. Als Festigkeit werden 23 kg/qmm, als Dehnung 30 % verlangt. Ein 200 mm langes, mit Gewinde versehenes Stück muß sich kalt um 180° mit einem Krümmungshalbmesser gleich dem Halbmesser des Probestabes biegen lassen. Ein 50 mm langer Stab wird in der Längsrichtung auf 30 mm Tiefe mit einem Loche von 8 mm Durchmesser versehen. Dieses soll sich durch einen Dorn von 24° Spitzenwinkel auf 16 mm erweitern lassen, ohne daß sich Risse zeigen.

Kupferrohre dürfen nach dem letzten Zuge ebenfalls nicht mehr gegläht werden, sie sollen gebeizt, glatt und fehlerfrei sein. Abweichungen im Durchmesser sind bis  $\pm 0,5$  mm zulässig. Die Rohre dürfen höchstens um 2% des bestellten Durchmessers unrund sein. Die zulässigen Abweichungen der Dicke sind  $-0$  mm  $+0,5$  mm. Jedes Rohr wird eine Minute lang einem Wasserdrucke von

$$\text{Gl. 30) . . . . . } p = \left( 800 \frac{e}{d} \right) \text{ at}$$

ausgesetzt, worin  $e$  die Wandstärke und  $d$  den lichten Durchmesser bezeichnet, doch soll  $p$  höchstens 25 at betragen. Bei einigen Sorten von Rohren sollen Probestücke von 1 m Länge durch Wasserdruck gesprengt werden, und hierbei mindestens 15 kg/qmm Festigkeit gegen Aufreißen in einer Längsseite zeigen. Die Rohre sollen sich rechtwinkelig so umbördeln lassen, daß die Breite des Bördels gleich dem innern Rohrhalmesser ist; breiter als 25 mm braucht der Bördel aber auch bei größern Rohren nicht zu sein. Die Rohre müssen sich kalt und dunkelrotwarm platt schlagen lassen, ohne zu reißen. Auch wird verlangt, daß sich mit Harz gefüllte Rohre kalt um einen Dorn biegen lassen, dessen Dicke gleich dem 1,5fachen Rohrdurchmesser ist.

Nordamerikanische Bahnen schreiben nach Angabe der Baldwin-Werke<sup>32)</sup> für Kupferplatten und Rundkupfer die Verwendung besten Kupfers vom Oberrhein-See mit 21 kg/qmm Festigkeit und 20% Dehnung auf 50 mm Länge vor. Diese Dehnung erscheint auffallend niedrig. Kupferne Heizrohre, die nur bei Lokomotiven für das Ausland verwendet werden, sollen gezogen hergestellt sein, und müssen einem innern Probedrucke von 14 at widerstehen. Ein ausgeglühter und aufgeschnittener Rohrabschnitt von 100 mm Länge muß sich wenden lassen, ohne Risse zu zeigen. Die Bördelprobe ist so auszuführen, daß das ausgeglühte Ende eines Rohres von 51 mm Durchmesser zu einem Flansche von 16 mm Breite umgehämmert wird. Für Rohre von anderen Stärken ist die Flanschbreite entsprechend zu wählen. Ein mit Harz gefülltes Rohrstück von 762 mm Länge muß sich bis zur Berührung der Enden zusammen biegen lassen; ferner soll ein nicht ausgeglühtes Rohrstück derselben Länge eine Durchbiegung von 76 mm Tiefe aushalten, ohne schadhaf zu werden.

## b. 2) Zinn.

### 2. a) Gewinnung.

Von den Zinnerzen ist nur der Zinnstein,  $\text{SnO}_2$ , wichtig; er kommt je nach der Lagerstätte als Bergzinn in sehr festes Gestein eingesprengt und als Strom-, Wasch- oder Seifen-Zinn im Gerölle und angeschwemmten Sande vor. Das Strom-

<sup>32)</sup> Stahl und Eisen, 1901.

zinn ist leichter zu verhütten, oft reiner als das Bergzinn und daher wertvoller; das vorzügliche Bankazinn wird aus ihm gewonnen.

Das Erz wird von den anhaftenden Bergen zunächst durch Pochen und Schlämmen getrennt, dann geröstet und ausgelaugt, um es von Unreinigkeiten, wie Schwefel und Arsen, zu befreien. Hierauf folgendes Niederschmelzen mit Holzkohle im Flammofen oder Schachtofen unter Entziehung von Sauerstoff ergibt Rohzinn.

Schachtöfen, die beispielsweise auch in Ostindien gebraucht werden, verursachen zwar größere Zinnverluste, ergeben aber ein reineres Zinn. Das Rohzinn ist immer noch unrein und bedarf der Läuterung; man saigert es über glühenden Kohlen aus, wobei eine strengflüssige Mischung von Eisen, Zinn und Arsen zurückbleibt, und „polt“ es dann, wie Kupfer. Daneben ist zur Läuterung das „Tossing“-Verfahren üblich, bei dem das flüssige Zinn aus beträchtlicher Höhe in dünnem Strahle in einen Kessel gegossen wird, um die fremden Metalle zu verbrennen.

Neuerdings werden Weißblechabfälle und gebrauchte Weißblechdosen am Niederrheine in großem Umfange entzinnt, um Zinn und einen zur Verhüttung geeigneten Eisenschrott zu gewinnen. Die Entzinnung geschieht entweder auf elektrolytischem Wege in alkalischer Lösung, wodurch jedoch nur Zinn von 97 bis 98% Reingehalt entsteht, oder durch Behandlung mit trockenem Chlorgase. Hierbei erhält man Eisen und Zinnchlorid, das meist nicht auf metallisches Zinn verarbeitet wird, sondern eine Handelsware für sich bildet. Endlich erfolgt die Entzinnung auch durch ein oxydierendes Natronverfahren, das als Zwischenerzeugnis Zinnoxid ergibt. Dieses wird verhüttet und liefert Zinn von 99,2 bis 99,5% Reingehalt.

## 2. $\beta$ ) Eigenschaften.

Die Farbe des Zinnes ist glänzendes Silberweiß mit einem Stiche ins Bläuliche, sein Gefüge ist kristallinisch. Es ist sehr weich und geschmeidig, läßt sich zu ganz dünnen Blättern ausstrecken und mit dem Messer schneiden; mit der Feile kann man es nicht bearbeiten, ohne diese zu verschmieren. Zinn, in dünne Tafeln gegossen, knirscht oder knistert beim Biegen eigentümlich, da sich die Kristallflächen an einander reiben. Dies Geräusch ist um so stärker, je reiner das Metall ist. Reines Zinn behält seinen schönen Glanz an der Luft; Festigkeit und Glanz hängen auch von dem Wärmegrade beim Gießen ab. Zu stark erhitztes Zinn ist warmbrüchig und zeigt Streifen an der Oberfläche, zu wenig erhitztes zeigt matten Glanz und ist kaltbrüchig.

## 2. $\gamma$ ) Verwendung.

Im Eisenbahnwesen wird Zinn hauptsächlich zur Herstellung von Mischmetallen verwendet. Nähere Angaben werden unter Rotguß, Weißmetall und Lot gemacht. Ferner dient es zum Verzinnen.

## 2. $\delta$ ) Arten des Zinnes.

Bei der Herstellung werden dem Zinn verschiedene Formen gegeben, in denen es in den Handel gelangt: Blöcke, Pyramiden, dünne Stangen, Platten, aufgerollte

Tafeln, Brocken, Körner. Oft trägt das Zinn ein Werkzeichen und wird nach diesem benannt, wie beispielsweise das bekannte, aus England stammende „Lamm“-Zinn. Am meisten wird das ostindische Zinn geschätzt, von dem Bankzinn das beste ist; es kommt in Blöcken von etwa 60 kg mit der eingegossenen Marke „Banca“ in den Handel. Zinn von der Banka benachbarten Insel Billiton und von der Halbinsel Malakka, „straits-tin“ genannt, stehen dem Bankzinn wenig nach. Englisches „refined tin“, sowie australisches Zinn sind ebenfalls gute Arten, während „common tin“, sowie sächsisches und böhmisches Zinn ziemlich stark verunreinigt sind. Peruanisches Zinn ist ohne vorherige Läuterung unbrauchbar.

Zinn, das auf elektrolytischem oder chemischem Wege aus Weißblechabfällen hergestellt ist, hat bis zu 99% Reingehalt.

Bei der starken Vermehrung und Verbesserung der Erzeugung ist es heute nicht schwierig, fast chemisch reines Zinn zu erhalten.

Der Preis richtet sich im Allgemeinen nach der Reinheit. Da das „Banka“-Zinn von der holländischen Handels-Gesellschaft in halbjährlichen Versteigerungen verkauft wird, und sich die Preise anderer Zinnarten vielfach danach richten, so schwankt der Zinnpreis stark. Es empfiehlt sich daher, Verträge über Zinnlieferung nicht für ein volles Jahr, sondern für einen kürzeren Zeitraum abzuschließen.

## 2. ε) Prüfung und Abnahme.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen verlangen, daß das auf hüttenmännischem oder elektrolytischem Wege erzeugte Zinn einer guten, marktfähigen Ware entspricht. Der Gehalt an Verunreinigungen darf 1%, von dem mindestens 0,8% aus Blei, Kupfer oder Antimon bestehen müssen, nicht übersteigen.

Die badischen Staatsbahnen verlangen möglichst reines Zinn, frei von Blei und Arsen mit höchstens 1% Verunreinigungen. Es darf an der Luft nicht anlaufen und muß nach dem Erstarren weiße, glänzende Oberflächen zeigen. Die Bedingungen waren früher schärfer, sie sind aber sehr gemildert worden, da sich herausstellte, daß Verunreinigungen bis zu 1% die Güte der mit dem Zinn hergestellten Mischmetalle nicht merklich beeinflussen.

Die österreichischen und ungarischen Staatsbahnen beurteilen die Güte des Zinnes nach dem Aussehen der Bruchfläche, die faserig, aber nicht körnig oder zackig sein soll. Ferner soll die Oberfläche geschmolzenen, auf eine Platte ausgegossenen Zinnes nach dem Erstarren weiß und glänzend sein. Es dürfen sich weder dichte, nadelförmige Kristalle, noch größere und kleinere runde Flecke oder dichte glänzende Punkte auf matter Oberfläche bilden; die Oberfläche darf auch nicht ganz matt sein. Diese Erscheinungen in der aufgeführten Reihenfolge sollen auf Bleigehalt schließen lassen.

Die einwandfreie Ausführung der Guß- und Bruch-Probe erscheint schwierig wegen des Einflusses, den der Wärmegrad beim Gießen und die Art des Zerbrechens auf die Ergebnisse ausüben.

„Banka“-Zinn zur Herstellung bleifreier Mischmetalle darf höchstens 0,5%, gewöhnliches Zinn höchstens 3% fremde Bestandteile enthalten, was durch chemische Untersuchung festgestellt wird.

## b. 3) Zink.

## 3. a) Vorkommen und Gewinnung.

Die wichtigsten Zinkerze sind Schwefelzink oder Zinkblende,  $\text{Zn S}$ , Galmei,  $\text{Zn CO}_3$ , kohlsauerer Zinkoxyd oder Zinkspat, Kieselzinkerz oder Kieselgalmei,  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ , und Willemit,  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ . Deutschland, besonders Schlesien und Rheinland, Belgien, England und Frankreich liefern das meiste Zink. Das Metall wird meist durch Überdampfen aus Galmei oder Spat nach vorherigem Rösten gewonnen, indem man Muffeln oder Tonröhren mit Erz und Koks beschickt. Bei der Erhitzung entweicht Sauerstoff; die entstehenden Zinkdämpfe verdichtet man in Vorlagen. Zur Entfernung von Verunreinigungen wird das so gewonnene Rohzink umgeschmolzen.

## 3. β) Eigenschaften.

Die Farbe des Zinkes ist ins Bläuliche spielendes Grauweiß, im Bruche zeigt es kristallinisch-blättriges Gefüge. Es hat in frischem Zustande starken Glanz; dieser verschwindet jedoch bald unter dem an der Luft entstehenden Überzuge von Zinkoxyd, der die von ihm bedeckten Teile vor weiterer Aufnahme von Sauerstoff schützt. Bemerkenswert ist, daß sich das Zink von allen technisch wichtigen Metallen bei der Erwärmung am stärksten ausdehnt und daher ein ungewöhnlich hohes Schwindmaß besitzt; beim Gießen von Zink und von Mischmetallen mit hohem Zinkgehalte ist dies zu berücksichtigen.

Die Eigenschaften des Zinkes sind bei steigender Wärme sehr verschieden; während es bei gewöhnlicher Luftwärme im Allgemeinen spröde ist und nur etwas gestreckt werden kann, wenn es sehr rein ist, zeigt es zwischen  $100^\circ$  und  $150^\circ$  eine bedeutende Dehnbarkeit. Es kann dann mit dem Hammer bearbeitet, zwischen warmen Walzen zu Blech ausgewalzt werden und bleibt dann auch nach dem Erkalten zäh und biegsam. Steigert man die Wärme auf  $200^\circ$ , so verschwindet die Dehnbarkeit und das Zink wird so spröde, daß es sich zu Pulver stoßen läßt. Bei  $500^\circ$  entzündet sich das Zink und verbrennt mit grünlich leuchtender Flamme zu Zinkoxyd.

Obleich das Zink erheblich härter ist, als Blei und Zinn, verschmiert es doch die Feilen. Salpeter-, Salz- und Schwefel-Säure lösen es leicht auf.

## 3. γ) Verwendung.

Zink wird in Form von Blöcken und als Blech beschafft. Die Blöcke dienen zur Herstellung von Mischmetallen; über die Verwendung zur Erzeugung von Messing, Rotguß, Weiß- und Delta-Metall, sowie Lot enthalten die bezüglichen Abschnitte Näheres.

Auf warmen Walzen hergestelltes Zinkblech findet wegen seiner großen Dauerhaftigkeit vielseitige Verwendung zu Klempnerarbeiten und wasserdichten Belägen. In den Personenwagen bestehen daraus beispielsweise die Einsätze und Bekleidungen von Tür- und Fenster-Öffnungen und innere Teile der Waschränke; in den Wirtschaftsräumen der Durchgangs- und Speise-Wagen werden Tische, Spülvorrichtungen und Klappen mit Zinkblech belegt oder ausgeschlagen, ebenso in den Postwagen Paktische und Batterieschränke. Außerdem findet Zink zur Herstellung von Polen für galvanische Zellen ausgedehnte Anwendung<sup>33)</sup>.

<sup>33)</sup> Abschnitt VI, c.

Bei der Verwendung zu Mischmetallen ist auf möglichste Reinheit des Zinkes Wert zu legen, besonders darf es nur wenig Blei enthalten. Dem Zinkbleche schadet dagegen geringer Bleigehalt nicht, erhöht vielmehr die Dehnbarkeit etwas.

### 3. $\delta$ ) Abmessungen.

Gußzink kommt in Blöcken oder kleinen Platten in den Handel, Zinkblech wird in fünf Lagergrößen  $1 \times 2,25$  m,  $1 \times 2,5$  m,  $2 \times 0,65$  m,  $2 \times 0,8$  m und  $2 \times 1,0$  m verkauft, die Gewichte der Bleche sind in Zusammenstellung LII angegeben.

#### Zusammenstellung LII.

#### Gewichte von Zinkblechen.

Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dicke mm	0,100	0,143	0,186	0,228	0,250	0,300	0,350	0,400	0,450	0,500	0,580	0,660	0,740
Gewicht kg/qm	0,72	1,03	1,34	1,64	1,80	2,16	2,52	2,88	3,24	3,60	4,18	4,75	5,33
Nummer	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Dicke mm	0,820	0,950	1,080	1,210	1,340	1,470	1,600	1,780	1,960	2,140	2,320	2,500	2,680
Gewicht kg/qm	5,90	6,84	7,78	8,71	9,65	10,58	11,52	12,82	14,11	15,41	16,70	18,00	19,30

### 3. $\epsilon$ ) Prüfung und Abnahme.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen verlangen Hüttenzink erster Güte, das höchstens 1,5% Blei und 0,1% andere Verunreinigungen enthalten darf; der Bruch soll großblättriges, kristallinisches Gefüge zeigen.

Zinkblech muß gleichmäßig stark, frei von Walzfehlern und dabei so zähe sein, daß es sich kalt zusammenbiegen und falzen läßt, ohne zu brechen.

Die Abnahme erfolgt am Lieferorte, die Prüfung von Blockzink durch chemische Untersuchung, von Zinkblech durch Besichtigung, Nachmessen und Biegen.

Die badischen Staatsbahnen haben dieselben Lieferbedingungen, lassen jedoch 0,5% andere Verunreinigungen zu.

Nach den Vorschriften der ungarischen Staatsbahnen soll sich das Zinkblech anstandslos falzen lassen, und darf nicht mehr als 1% fremde Bestandteile enthalten.

## b. 4) Blei.

### 4. a) Vorkommen und Gewinnung.

Blei wird meist aus einer Schwefelverbindung, dem Bleiglanz, PbS, gewonnen. Deutschland, Nordamerika, Spanien und Großbritannien und viele andere Länder erzeugen Blei. Bei dem Röst- und Reaktions-Verfahren wird ein Teil des Bleiglanzes durch Rösten in Bleioxyd, PbO, und schwefelsauerer Bleioxyd, Bleisulfat, PbSO<sub>4</sub>, überführt; aus beiden entstehen durch die Einwirkung des verbliebenen Bleiglanzes metallisches Blei und Bleidioxyd.

Ein anderes Verfahren ist das Röst- und Reduktions-Verfahren, bei dem das Erz zunächst durch Rösten in Haufen, Schacht- oder Flamm-Öfen möglichst vollständig in schwefelsauerer Bleioxyd,  $PbSO_4$ , umgewandelt wird. Dieses führt man durch Niederschmelzen in Flammöfen unter Zusatz von Kieselsäure in Bleisilikat,  $PbSiO_3$ , über, das, durch Kalk zersetzt, das Blei frei gibt.

Weniger üblich ist die Niederschlagsarbeit, das Schmelzen von Bleiglanz mit Eisen, Eisenerzen oder Eisenschlacken im Schachtofen, wobei metallisches Blei und Schwefeleisen gebildet werden, die sich gemäß dem verschiedenen Gewichte trennen.

Das durch diese Verfahren gewonnene Blei heißt Werkblei; es enthält noch mancherlei Verunreinigungen. Von diesen wird Kupfer durch Ausseigern, Antimon und Arsen werden durch oxydierendes Schmelzen, Eisen, Nickel, Kobalt und Zink werden ebenfalls durch Verbrennen beseitigt, indem man überhitzten Wasserdampf in das flüssige Blei leitet. Um das Silber zu gewinnen, wird Luft auf die Oberfläche des in einer flachen Pfanne geschmolzenen Bleies geblasen. Das Blei wird hierdurch vollständig in Oxyd verwandelt und nach und nach abgezogen. Nach Gewinnung des Silbers entzieht man den Sauerstoff wieder und erhält metallisches Blei. Das geläuterte Blei heißt Weichblei oder Kaufblei.

#### 4. $\beta$ ) Eigenschaften.

Blei besitzt nur geringe Festigkeit, ist aber ziemlich dehnbar und bei gewöhnlicher Luftwärme sehr weich. Es kann daher leicht mit dem Messer geschnitten und mit anderen Schneidwerkzeugen bearbeitet werden, verschmiert aber Feilen. Erhitzt man Blei fast bis zum Schmelzpunkte, so verliert sich die Dehnbarkeit, es wird spröde und kann durch Hammerschläge zerbrochen werden.

Blei ist graublau gefärbt und hat starken Metallglanz, der jedoch in feuchter Luft und bei Berührung mit Wasser verschwindet. Das Metall überzieht sich dabei, wie Zink, mit einer Oxydschicht, die es vor weiterer Einwirkung des Sauerstoffes schützt. In Salpetersäure ist Blei vollständig löslich, Salzsäure und Schwefelsäure greifen es dagegen nur wenig an. Blei kann kalt zu Blech ausgewalzt und in beschränktem Maße auch zu Draht gezogen werden; geschmolzenes Blei läßt sich im Augenblicke des Erstarrens zu Röhren pressen.

#### 4. $\gamma$ ) Verwendung.

Blei findet ziemlich vielseitige Anwendung. Über seine Eigenschaften als Bestandteil von Lagermetallen und Loten ist Näheres in den Abschnitten über Weißmetall, Rotguß, Deltametall und Lot zu finden. Die Weichheit des Bleies macht es geeignet zum Dichten von Flanschen- und Muffen-Röhren und zu Bleisiegeln. Seines hohen Gewichtes wegen wurde es früher zu Gegengewichten an Lokomotivrädern verwendet, wegen seiner Leichtflüssigkeit dient es zum Vergießen von Klammern, Haken, Geländerstützen und dergleichen in Stein. Seine große Unempfindlichkeit gegen chemische Einflüsse macht es neben seiner Schmiegsamkeit geeignet zu wasserdichten Fußbodenbelägen oder Wandbekleidungen, beispielsweise für Wirtschaftsräume, Aborte und Schränke für Elektrizität-Speicher. Bei besseren Personenwagen wird es zuweilen als schalldämpfende Zwischenlage zwischen Untergestell und Oberkasten verwendet, endlich wird es in Gestalt

von Röhren für solche Leitungen gebraucht, die keinen hohen Druck aushalten, dagegen in vielen kurzen Krümmungen verlegt werden müssen.

Die Bleiröhren werden in eigenartiger Weise dadurch erzeugt, daß man flüssiges Blei ganz langsam aus einer kreisförmigen Öffnung nach oben herauspreßt, deren Durchmesser gleich dem äußern Durchmesser des fertigen Rohres ist. Die Stange des Druckkolbens trägt eine dünne Verlängerung, die sich durch die Öffnung im Zylinderdeckel herauschiebt und so den innern Durchmesser des Rohres bestimmt. Der Vorschub des Kolbens geschieht durch Wasserdruk und muß so geregelt werden, daß das Blei während des Austretens aus dem Preßzylinder erstarrt. Das Pressen eines Rohres nimmt geraume Zeit in Anspruch; damit das Blei im Zylinder nicht erstarrt, ist dieser von einem mit glühenden Kohlen gefüllten Behälter umgeben. Soll das Bleirohr innen verzinkt werden, so braucht man nur die erforderliche Menge von geschmolzenem Zinne in das entstehende Rohr hineinzugießen, es bleibt dann in dem erstarrenden Rohre flüssig und verteilt sich auf die ganze Rohrlänge. In ähnlicher Weise lassen sich die Bleirohre auch außen verzinnen.

Die Verunreinigungen des Bleies bestehen hauptsächlich in Arsen und Antimon. Da beide die Härte des Metalles erheblich steigern, so muß für alle Zwecke, die tunlich weiches Blei erfordern, so für Bleisiegel und Dichtungen, auf möglichste Reinheit gehalten werden. Ebenso ist für Mischmetalle reines Blei erforderlich, damit deren Eigenschaften nicht ungünstig beeinflusst werden. Dagegen wäre es unwirtschaftlich, für andere Zwecke unnötig große Reinheit zu verlangen.

#### 4. δ) Abmessungen.

Kaufblei oder Weichblei kommt in Blöcken, Mulden, von etwa 67 kg Gewicht in den Handel; Bleiblech, Walz- oder Roll-Blei kauft man in Rollen, die bis zu 3 m breit sind. Bleiröhren werden je nach den Abmessungen in Längen von 5 bis 100 m angefertigt. Die Gewichte der Erzeugnisse aus Blei sind in den Zusammenstellungen LIII und LIV angegeben.

#### Zusammenstellung LIII.

##### Gewichte von Walzblei.

Dicke mm	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	6	7	8	9	10
Gewicht kg/qm	5,69	11,37	17,06	22,74	28,43	34,11	39,80	45,48	51,17	56,85	62,54	68,22	73,91	79,59	85,28

#### 4. ε) Prüfung und Abnahme.

Bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen dürfen Blockblei und Walzblei höchstens 0,1 % Verunreinigungen enthalten. Walzblei soll außerdem glatte, fehlerfreie Oberfläche und überall gleichmäßige Stärke haben.

Die Abnahme erfolgt am Lieferorte. Das Blei wird auf seine Weichheit geprüft, Walzblei außerdem besichtigt und nachgemessen. Wenn es erforderlich ist, wird eine aus mehreren Blöcken entnommene Durchschnittsprobe chemisch untersucht.

Zusammenstellung LIV.  
Gewichte von Bleirohren.

Innerer Durchmesser mm	Wandstärke mm											
	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
Gewichte kg/m												
5	0,35	0,50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	0,60	0,85	1,10	1,40	1,70	2,00	2,35	2,70	—	—	—	—
15	—	1,20	1,60	1,90	2,30	2,70	3,10	3,60	—	—	—	—
20	—	1,60	2,00	2,40	2,90	3,40	3,90	4,50	5,00	5,60	—	—
25	—	2,00	2,50	3,00	3,60	4,10	4,70	5,40	6,00	6,60	—	—
30	—	—	—	3,50	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	7,70	—	—
35	—	—	—	4,10	4,80	5,60	6,40	7,20	8,00	8,80	—	—
40	—	—	—	4,60	5,40	6,30	7,20	8,00	8,90	9,90	10,80	11,80
45	—	—	—	—	—	7,00	8,00	8,90	9,90	10,90	11,90	13,00
50	—	—	—	—	—	7,70	8,80	9,80	10,90	12,00	13,10	14,30
55	—	—	—	—	—	—	—	10,70	11,90	13,10	14,30	15,50
60	—	—	—	—	—	—	—	11,60	12,90	14,20	15,50	16,80
65	—	—	—	—	—	—	—	12,50	13,90	15,30	16,60	18,00
70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,30	17,80	19,30
75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17,40	19,00	20,50
80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18,50	20,10	21,80

Die ungarischen Staatsbahnen verlangen, daß das Blei sehr rein und weich ist, und sich mit dem Messer schneiden läßt, auch fehlerlosen, blasenfreien Guß ermöglicht. Daraus gefertigte Bleisiegel sollen sich mit der Zange ohne größern Kraftaufwand zusammendrücken lassen, und dann saubere scharfe Abdrücke zeigen. Blockblei zu Bleisiegeln darf nur 3% an Verunreinigungen enthalten.

Bei der Pennsylvania-Bahn werden zwei Sorten von Blockblei unterschieden: Nr. 1) dient als Lagermetall und als Bestandteil von Mischmetallen; Nr. 2) wird zu Gegengewichten gebraucht. Nr. 1) soll möglichst rein sein und darf nur 0,5% Verunreinigungen enthalten; Nr. 2) wird noch angenommen, wenn es 2,5% fremde Bestandteile enthält. Nach Empfang einer Sendung wird ein beliebig herausgegriffener Block chemisch untersucht, das Ergebnis ist für die Annahme der Sendung maßgebend.

### b. 5) Antimon.

#### 5. a) Vorkommen und Gewinnung.

Antimon kommt meist in Verbindung mit Schwefel als Antimonglanz oder Grauspießglanz,  $Sb_2S_3$ , vor. Großbritannien erzeugt das meiste Antimon; ihm zunächst stehen Österreich, Ungarn, Deutschland und Frankreich.

Das Schwefelantimon muß zunächst von den Bergen getrennt werden; dies geschieht durch Ausseigern, das in zwei verbundenen Tiegeln oder in Flammöfen mit geneigter Sohle vorgenommen wird. Das so erhaltene, mit Schwefel verbundene Antimon bildet eine Handelsware, und wird im Gegensatze zu dem „Regulus“ als „Antimonium crudum sulfuratum“ oder als „Antimonium crudum“ verkauft.

Für technische Zwecke ist es nicht verwendbar. Zur Entfernung des Schwefels kann man verschieden verfahren. Man röstet entweder das Schwefelantimon scharf, wobei sich der Schwefel verflüchtigt und antimonsauerer Antimonoxyd gebildet wird, dem im Tiegel unter Zusatz von Kohle und Soda Sauerstoff entzogen wird, oder man benutzt das Niederschlagverfahren. Hierbei wird das Schwefelantimon in Tiegeln mit Eisen zusammen geschmolzen, es bildet sich Schwefeleisen und das Antimon wird frei. Aus sehr armen Erzen wird Antimon auch durch Auslaugen und Elektrolyse gewonnen. Zur weitem Reinigung, besonders zur Entfernung von Arsen, Schwefel, Eisen und Kupfer wird es unter Zusatz von Antimonsulfid und Soda mehrmals umgeschmolzen. Das so von Schwefel und Arsen möglichst befreite Antimon wird als „Regulus“ bezeichnet.

### 5. β) Eigenschaften.

Das Antimon hat silberweißen, etwas ins Gelbliche spielenden, stark glänzenden Bruch mit blätterig-kristallinischem Gefüge. Die Oberfläche zeigt eigentümliche sternartige oder farrenkrautähnliche Zeichnungen. Es ist sehr hart und spröde. Reines Antimon bewahrt seinen Glanz an der Luft, während unreines anläuft. Bei Erhitzung unter Luftzutritt verbrennt das Antimon schon unterhalb seines bei 430° C liegenden Schmelzpunktes zu Antimonoxyd. Das Metall und manche seiner Verbindungen sind giftig.

### 5. γ) Verwendung.

In der Technik dient das Antimon ausschließlich als Zusatz zu Mischmetallen, denen es Härte und Glanz verleiht, die es allerdings auch spröder macht.

### 5. δ) Prüfung und Abnahme.

Die Prüfung geschieht meist nach erfolgter Anlieferung, sie muß feststellen, daß das Antimon möglichst rein ist. Das Aussehen der Oberfläche und die Unveränderlichkeit an der Luft geben hierfür zwar einen gewissen Anhalt, Sicherheit kann aber nur die chemische Untersuchung gewähren. Die Anforderungen an die Reinheit sind verschieden.

Die preußisch-hessischen Staatsbahnen lassen höchstens 0,1% Arsen und bis zu 1% fremde Bestandteile im Ganzen zu.

Die bayerischen Staatsbahnen schreiben vor, daß das Antimon höchstens 0,1% fremde Beimengungen und Spuren von Schwefel und Arsen enthalten darf. Es erscheint fraglich, ob die strenge Durchführung dieser Vorschrift das Metall nicht über das praktische Bedürfnis hinaus verteuert.

Die österreichischen Staatsbahnen verlangen, daß das Antimon im Bruche stark glänzend, zinnweiß und kristallinisch blätterig sei.

## b. 6) Wismut.

Wismut findet sich zuweilen gediegen, wird jedoch meist aus zwei Erzen, dem Wismutocker,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , und dem Wismutglanze,  $\text{Bi}_2\text{S}_3$ , gewonnen, und zwar hauptsächlich im sächsischen Erzgebirge aus sächsischen, südamerikanischen und australischen Erzen. Die Verhüttung geschieht durch Rösten und Schmelzen mit Kohle,

Eisen und Schlacke zur Entziehung von Sauerstoff. Auch aus wismuthaltigem Blei wird Wismut gewonnen, nachdem das Blei größtenteils abgetrieben ist. Man oxydiert es und zieht die Oxyde mit Salzsäure aus. Durch Schmelzen des entstandenen Wismutchlorides in eisernen Tiegeln mit Soda, Glas und Holzkohle erhält man metallisches Wismut. Das so gewonnene Wismut wird durch Umschmelzen über glühenden Holzkohlen geläutert. Verunreinigungen durch Blei werden durch Schmelzen mit Ätznatron, Chlornatrium, Chlorkalium und Wismutoxychlorid entfernt, während man das Wismut von Arsen und Antimon durch Schmelzen mit Soda und Salpeter befreit.

Das Wismut gehört zu den selteneren Metallen, es hat starken Metallglanz und weiße, ins Rötliche spielende Farbe. Es ist hart, sehr spröde und wird benutzt, besonders leichtflüssige Lote herzustellen. Seines hohen Preises wegen wird es nur selten verwendet.

## b. 7) Nickel.

### 7. a) Vorkommen und Gewinnung.

Die Nickelerze sind Verbindungen des Metalles mit Arsen, Schwefel oder Antimon, sie enthalten aber daneben vielfach Eisen und Kobalt; für Deutschland ist das Kupfernickel,  $NiAs$ , eine Arsenverbindung, das wichtigste Erz. Das meiste Nickel wird aus einem in Neukaledonien gefundenen Silikate, dem Garnierit,  $NiSiN_3$ , gewonnen, außerdem erzeugen Sachsen, Österreich, England, Schweden, Norwegen und einige andere Länder Nickel.

Die Gewinnung ist so umständlich, daß sie hier nur in den Hauptzügen angedeutet werden kann. Der Nickelgehalt der Erze ist meist sehr gering; sie müssen daher zunächst durch wiederholtes Niederschmelzen mit geeigneten Zuschlägen angereichert werden. Aus dem hierdurch gewonnenen Erzeugnisse „Konzentrationstein“ wird auf trockenem oder nassem Wege Nickeloxyd ausgeschieden, das durch Schmelzen mit Kohle im Tiegel vom Sauerstoffe befreit wird.

### 7. β) Eigenschaften.

Nickel hat eine schöne, fast silberweiße Farbe, es ist sehr politurfähig und behält den Glanz ziemlich lange; es ist strengflüssig, läßt sich schmieden, walzen, ziehen und schweißen wie Eisen, dem es in vieler Beziehung ähnelt. Beim Erhitzen zeigt es Anlauffarben und überzieht sich beim Glühen unter Luftzutritt mit einer grünlichen Schicht. Gegen chemische Einflüsse ist Nickel ziemlich unempfindlich, widersteht auch den meisten Säuren, wird aber von Salpetersäure gelöst. Ungeachtet seiner großen Dehnbarkeit ist es ziemlich hart und zäh. Der Magnet zieht Nickel an, auch läßt es sich in gewissem Grade magnetisch machen.

### 7. γ) Verwendung.

Nickel bildet einen Bestandteil des Neusilbers, das im Eisenbahnwesen zu Laternenhohlspiegeln verwendet wird. Ausgedehntere Verwendung findet Nickel zum Vernickeln von Handgriffen und Beschlagteilen aller Art an Personenwagen. Die mit gutem Nickelüberzuge versehenen Teile sind vor Oxydation geschützt, sehen gefällig aus und lassen sich leicht putzen. Bei galvanischer Vernickelung

bestehen die Anoden aus massivem Nickel, als Bad dient eine Lösung von 25 g Ammonium-Sulfat, 70 g schwefelsauerm Nickeloxydulammoniak und 5 g Zitronensäure in 1000 g Wasser. Die Stromdichte ist etwa 0,6 Amp/qdm.

#### 7. δ) Arten.

Für Eisenbahnzwecke dürfte massives Nickel wohl ausschließlich zur Herstellung der erwähnten Anoden in Betracht kommen, falls man es nicht vorzieht, diese fertig zu kaufen. In beiden Fällen ist zu berücksichtigen, daß der Reingehalt käuflichen Nickels in sehr weiten Grenzen schwankt, zuweilen unter 60 % herabgeht.

### VI. c) Mischmetalle, „Legierungen“.

#### c. 1) Allgemeines.

Mischmetalle sind als erstarrte Lösungen zweier Metalle in einander, oder als Lösungen von Metalloiden in Metallen aufzufassen. Nach den bisherigen Untersuchungen erscheint es jedoch nicht ausgeschlossen, daß einige Mischungen nicht nur Lösungen, sondern wirkliche chemische Verbindungen sind, wie beispielsweise die Verbindung von 65,5 Teilen Kupfer mit 34,5 Teilen Zink, die der Formel  $\text{Cu}_2\text{Zn}$  entspricht, sowie die durch hohe Festigkeit sich auszeichnende Rübbronze der Skodawerke in Pilsen, deren Zusammensetzung den Formeln  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{NiAl}$  und  $\text{Cu}_2\text{Fe}_2\text{Ni}_2\text{Al}$  folgt<sup>34)</sup>. Das Kleingefüge dieser Mischung erscheint auch dem bewaffneten Auge als durchaus gleichmäßig, was bei Lösungen im Allgemeinen nicht der Fall ist.

Neuere mikroskopische Untersuchungen haben dargetan, daß die meisten Mischmetalle aus sehr feinen Gemischen verschiedenartiger Teile von Einzelmetallen, oder von besonders gearteten Mischungen bestehen. Die Schiffe der Mischmetalle lassen die verschiedenen Bestandteile zum Teil neben einander erkennen, zum Teil erscheinen eigenartig gelagerte Flecke von einer gemeinsamen Hüllmasse netzartig eingeschlossen<sup>35)</sup>.

Die physikalischen Eigenschaften einer Mischung werden nicht bloß durch ihre Zusammensetzung, sondern auch durch die Vorgänge beim Schmelzen und Gießen und durch die spätere kalte oder warme Bearbeitung stark beeinflusst. Hat das flüssige Metall Gelegenheit gehabt, sich mit Sauerstoff zu verbinden, so verändert sich hierdurch zunächst die chemische Zusammensetzung; werden die gebildeten Oxyde vor dem Gusse nicht entfernt, so können sie sich an einzelnen Stellen des Gußstückes ansammeln und dadurch porige, undichte Stellen geben, oder sie können sich auflösen, schädigen dann aber ebenfalls die Eigenschaften des Erzeugnisses. Liegen die Schmelzpunkte der gemischten Metalle weit von einander, so kann während des Schmelzens teilweise Verdampfung des leichter schmelzbaren Metalles eintreten, wodurch eine unbeabsichtigte Änderung der Zusammensetzung eintritt. Wichtig ist der Wärmegrad, bei dem gegossen wird. Es ist nötig, ihn stets tunlich niedrig zu halten und für schnelle Erstarrung des Gusses zu sorgen, um Seige-

<sup>34)</sup> Zeitschrift des Österreichischen Architekten- und Ingenieur-Vereins. 1908. S. 356 und Dinglers Polytechnisches Journal 1908. S. 671.

<sup>35)</sup> Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1900. S. 137.

rungen zu verhüten. Wenn das Metall in der Gußform längere Zeit flüssig bleibt, so können sich schwerere Metalle oder schwerere Sondernmischungen von den leichteren trennen und zu Boden sinken, oder es können sich in der geschmolzenen Masse Mischungen von höherm Schmelzpunkte aussondern, und am Rande der Gußform zuerst erstarren, wie bezüglich des streng genommen auch als Mischung aufzufassenden Flußeisens früher<sup>36)</sup> geschildert wurde. Durch beide Vorgänge wird die Zusammensetzung des Gusses ungleichförmig. Die Neigung zum Seigern ist sehr verschieden; während beispielsweise Kupfer-Zink-Mischungen sehr wenig seigern, tritt das bei Mischungen von Kupfer und Blei in hohem Maße ein.

Nach Ledebur<sup>37)</sup> wird die Festigkeit eines Metalles bis zu einem gewissen Grade durch die Beifügung steigender Mengen eines andern Metalles oder Metalloides erhöht. Steigt der Zusatz jedoch über eine gewisse obere Grenze, so sinkt die Festigkeit sehr schnell.

Die Elastizitätsgrenze, Härte und Sprödigkeit steigen bei zunehmender Beimischung eines andern Metalles ebenfalls, und zwar meist noch schneller, als die Festigkeit. Elastizitäts- und Bruch-Grenze rücken einander immer näher, Zähigkeit und Dehnung nehmen ab. Eine Ausnahme bilden Metalle, die, wie beispielsweise Kupfer, die Fähigkeit haben, ihre eigenen Oxyde aufzulösen und die dadurch in ihrer Zähigkeit beeinträchtigt werden. Werden solche Sauerstoffverbindungen durch Zusatz Sauerstoff entziehender Metalle oder Metalloide entfernt, so kann die Mischung auch zäher und dehnbarer werden, als ihr Hauptbestandteil ist. Dies gilt jedoch nur solange, als der Zusatz das zur Entziehung des Sauerstoffes erforderliche Maß nicht überschreitet.

Das Leitungsvermögen für Wärme und Elektrizität ist bei Mischmetallen stets geringer, als bei reinen. Der Schmelzpunkt wird durch die Beifügung anderer Metalle bis zu einem gewissen Grade erniedrigt; die Mischmetalle sind daher meist dünnflüssiger als ihr Hauptbestandteil.

Setzt man bei einer aus zwei Metallen bestehenden Mischung weitere Metalle zu, so ändern sich ihre Eigenschaften meist nochmals in derselben Richtung, aber in geringerm Maße.

### c. 2) Herstellung.

Beim Einschmelzen hat man dafür zu sorgen, daß sich die Bestandteile möglichst innig mischen, und daß die Verluste durch Verdampfen und Verbrennen eingeschränkt werden.

Mittel zur Erreichung einer guten Mischung sind Umrühren, Erkaltenlassen und wiederholtes Einschmelzen, Vermeidung gleichzeitigen Schmelzens von Misch- oder Einzel-Metallen mit weit von einander liegenden Schmelzpunkten. Dies gilt besonders dann, wenn das eine der beiden Metalle der Menge nach weit überwiegt. Man hilft sich in diesem Falle so, daß man das in geringerer Menge erforderliche Metall etwa mit dem gleichen Teile eines der andern Bestandteile zusammenschmilzt und so eine Zwischenmischung bildet, deren Schmelzpunkt dem des Restes der zuzusetzenden Metalle näher liegt.

Verdampfen und Verbrennen schränkt man durch Bildung einer Decke von Schlacken oder Kohlen über dem flüssigen Metalle ein, auch schmilzt man die

<sup>36)</sup> Bd. III, c. 2), S. 93.

<sup>37)</sup> Ledebur, Die Legierungen.

strengflüssigen Metalle zuerst und setzt erst dann die leichtflüssigen und daher auch leichter verdampfenden Bestandteile zu. Man kann ferner den Umstand ausnutzen, daß die flüchtigen und leicht Sauerstoff aufnehmenden Metalle dem Verdampfen und Verbrennen nicht mehr in gleichem Maße unterliegen, wenn sie mit einem andern Metalle zusammen geschmolzen sind. Die Bildung von Zwischenmischungen erweist sich daher auch aus diesem Grunde öfter als vorteilhaft. Der Zusatz von Abfällen und Ausschußstücken kann ebenfalls förderlich sein, da die Bestandteile in diesen bereits gut gemischt sind, und da sie bei gleicher Zusammensetzung mit der zu bildenden Mischung auch denselben Schmelzpunkt haben, wie diese.

Dieser Zusatz von Altstoffen muß sich jedoch in mäßigen Grenzen halten, da sich die Aufnahme von Sauerstoff trotz aller Vorsichtsmaßregeln nicht ganz vermeiden läßt, und der Einfluß der bei wiederholtem Umschmelzen gelösten Oxyde die Festigkeitseigenschaften der Mischung herabsetzt. Bei starker Verwendung von Altstoffen muß man diesen Nachteil durch Zusatz von Sauerstoff entziehenden Stoffen, wie Phosphormischungen, beseitigen. Enthält die Mischung leicht verdampfende Metalle, wie Zinn und Zink, so sinkt der Gehalt an diesen bei wiederholtem Umschmelzen, und muß durch einen entsprechenden Zusatz wieder auf seine alte Höhe gebracht werden.

### c. 3) Messing.

#### 3. a) Zusammensetzung und Eigenschaften.

Messing ist eine Kupfer-Zink-Mischung von gelber Farbe; technische Verwendung findet Messing mit 19 bis 45 % Zink. Enthält Messing weniger als 19 % Zink, so geht seine Farbe in Rot über, dann heißt es Rotguß<sup>38)</sup> oder Tombak. Sehr kupferreiches Messing zeigt eine ins Grüne spielende Farbe, die bei abnehmendem Kupfergehalte in Messinggelb und schließlich in Weiß übergeht. Die Farbenänderung ist jedoch nicht gleichmäßig, sondern geschieht an einigen Stellen sprungweise. Kupferarmes Messing von 50 bis 80 % Zinkgehalt heißt Weißmessing. Mit dem Zinkgehalte nimmt die Härte bis 50 %, die Festigkeit bis 45 % Zink zu, mit dem Kupfergehalte die Dehnbarkeit.

Messing, das nicht erheblich mehr, als 40 % Zink enthält, läßt sich kalt gut hämmern, walzen, ziehen und pressen; seine Geschmeidigkeit ist um so größer, je geringer der Zinkzusatz ist. Durch kalte Bearbeitung verliert Messing, wie andere Metalle, seine Geschmeidigkeit und muß öfter ausgeglüht werden, um sie wieder zu erlangen. Der Wärmegrad, der zum vollkommenen Ausglühen des Messings erforderlich ist, liegt um so höher, je höher der Zinkgehalt ist; bei 30 % Zink beträgt er etwas über 600°. Steigt der Wärmegrad beim Ausglühen zu hoch in die Nähe des Schmelzpunktes, so büßt das Messing seine Festigkeit und Dehnung ein, sein Kleingefüge wird anscheinend zerstört, es „verbrennt“.

Eine Mischung von 60 bis 70 % Kupfer und 40 bis 30 % Zink kann bei Rotglut geschmiedet und gewalzt werden; sinkt der Gehalt an Zink erheblich unter 30 %, so ist das Messing rotbrüchig, steigt er über 40 %, so kann es warm nicht mehr, kalt nur schwer bearbeitet werden. Ein geringer Eisenzusatz erhöht die Schmied-

<sup>38)</sup> VI. c. 5), S. 263.

barkeit<sup>39)</sup>. Die Härte des Messings kann auf Kosten der Geschmeidigkeit durch Beifügung von etwas Zinn gesteigert werden. In Gußmessing findet sich zuweilen auch etwas Blei; solches Messing hat nur geringe Dehnbarkeit, läßt sich mit schneidenden Werkzeugen aber gut bearbeiten. Bei Herstellung von Gußwaren hat man zu beachten, daß mit steigendem Zinkgehalte auch das Schwindmaß wächst, und damit die Neigung, Lunkerstellen zu bilden.

Nach den eingehenden Untersuchungen von Charpy<sup>40)</sup> steigt die Festigkeit des Messings mit zunehmendem Zinkgehalte, bis dieser 45% erreicht hat, nimmt dann aber schnell ab. Kalt bearbeitetes, dann ausgeglühtes Messing mit 30% Zink hat etwa 28, solches mit 43% Zink etwa 38 kg/qmm Festigkeit. Die Dehnung nimmt anfangs in gleicher Weise zu, erreicht ihren Höchstwert aber schon bei 30% Zink.

Die Schmelzpunkte verschiedener Messingarten sind nach M. Lucas 1000° bei rund 20%, 945° bei rund 30%, 880° bei rund 40% und 850° bei rund 50% Zinkgehalt.

### 3. β) Herstellung und Verwendung.

Kupfer und Zink werden lagenweise in Tiegel gepackt, ebenso das zuzusetzende Altmessing, und unter einer gegen Zutritt von Sauerstoff tunlich schützenden Kohlendecke zusammen geschmolzen.

Trotzdem gehen von dem dem Sauerstoffe verwandten und leicht verdampfenden Zinke 5 bis 8% verloren, wonach der Einsatz zu bemessen ist. Handelt es sich um größere Gußblöcke, so wird der Inhalt mehrerer Tiegel in einen vorher erhitzten größern Tiegel entleert, und aus diesem gegossen. Hierdurch, sowie durch gutes Umrühren vor dem Gusse vermeidet man Ungleichförmigkeiten in der Zusammensetzung des Gußstückes.

Messingblech wird kalt gewalzt, muß jedoch im Verlaufe des Walzens wiederholt ausgeglüht werden, um geschmeidig zu bleiben. Durch das Glühen wird es schwarz und ist für die meisten Zwecke nicht ohne Weiteres verwendbar; es wird daher entweder nur durch Beizen von dem anhaftenden Glühspäne befreit, oder es erfährt durch Schaben, zuweilen auch durch Polieren, eine weitere Verschönerung, die den Preis steigert. Je weicher und geschmeidiger das Blech sein soll, um so weniger Zink darf es enthalten.

Messingblech wird in Stärken von 0,1 bis 10 mm und darüber hergestellt, seine Dicke wird in Millimetern angegeben. Die dünnsten Bleche kommen gerollt als Rollmessing in den Handel, etwas stärkere zusammengebogen als Bugmessing, die stärkeren Bleche werden als Tafelmessing bezeichnet. Man bezieht das Messingblech tunlich in den von den Werken hergestellten Lagergrößen. Die Gewichte sind in Zusammenstellung LV angegeben.

39) Siehe Deltametall, Bd. VI, c. 4), S. 263.

40) Bulletin de la société d'encouragement. 1896.

Zusammenstellung LV.  
Gewichte von Messingblechen.

Dicke mm	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
Gewicht kg/qm	0,85	1,7	2,55	3,4	4,25	5,1	5,95	6,8	7,65	8,5	12,75	17	21,25	25,5	29,75
Dicke mm	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0
Gewicht kg/qm	34	38,25	42,5	46,75	51	55,25	59,5	63,75	68	72,25	76,5	80,75	85	93,5	102

Die Herstellung von Rundmessing, Messingdraht und Messingrohren weicht von der Herstellung der gleichartigen Teile aus Kupfer nicht wesentlich ab; während es aber schwer ist, dichte kupferne Blöcke zu gießen, bereitet der Guß dichter Messingblöcke keine Schwierigkeit. Beachtenswert ist, daß die Zusammensetzung des Messings und die Art seiner Verarbeitung in gewissem Grade von einander abhängen, da sich Messing mit weniger als 35 % Zinkgehalt besser für kalte, solches mit höherem Zinkgehalte mehr für warme Bearbeitung eignet. Für Mannesmann-Rohre, die hauptsächlich warm hergestellt werden, und durch das folgende Kaltziehen nur geringe Formveränderung erfahren, eignet sich beispielsweise Messing mit 35 bis 40 % Zink besonders.

Die Zusammenstellungen LVI, LVII und LVIII geben die Gewichte von Draht, Rundmessing und Messingrohren an.

Zusammenstellung LVI.  
Gewichte von Messingdraht.

Dicke mm	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,70
Gewicht kg/1000 m	0,27	0,33	0,39	0,46	0,54	0,66	0,79	0,93	1,09	1,38	1,71	2,06	2,46	3,34
Dicke mm	0,80	0,90	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1
Gewicht kg/1000 m	4,37	5,53	6,82	8,26	9,83	11,53	13,37	17,46	22,11	27,29	33,03	42,65	53,47	65,55
Dicke mm	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4	10,0
Gewicht kg/1000 m	78,85	98,52	120,3	144,4	170,6	206,4	245,6	288,3	334,3	394,1	458,8	528,4	602,9	682,3

Zusammenstellung LVII.  
Gewichte von Rundmessing.

Dicke mm	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Gewicht kg/m	0,83	0,98	1,15	1,34	1,54	1,75	1,97	2,21	2,46	2,73	3,00	3,30	3,61	3,93	4,26
Dicke mm	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Gewicht kg/m	4,61	4,98	5,35	5,74	6,15	6,56	6,98	7,43	7,89	8,36	8,84	9,34	9,85	10,38	10,92

Zusammenstellung LVIII.  
Gewichte von Messingrohren.

Innerer Durchmesser mm	Wandstärke mm									
	1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4	5
	Gewichte kg/m									
5	0,16	0,21	0,26	0,32	0,37	0,50	—	—	—	—
10	0,29	0,38	0,46	0,55	0,64	0,83	1,04	1,26	1,50	2,00
15	0,43	0,54	0,66	0,79	0,91	1,17	1,44	1,73	2,03	2,67
20	0,56	0,71	0,86	1,02	1,17	1,50	1,84	2,20	2,56	3,34
25	0,69	0,88	1,06	1,25	1,44	1,84	2,24	2,66	3,10	4,01
30	0,83	1,05	1,26	1,49	1,71	2,17	2,64	3,13	3,63	4,67
35	0,96	1,21	1,46	1,72	1,98	2,50	3,04	3,60	4,16	5,34
40	1,09	1,38	1,66	1,95	2,24	2,84	3,44	4,06	4,70	6,01
45	1,23	1,55	1,86	2,19	2,51	3,17	3,84	4,53	5,24	6,67
50	1,36	1,71	2,06	2,42	2,78	3,50	4,24	5,00	5,76	7,34

In der Eisenbahntechnik wird Messing als Gußmessing zur Herstellung kleinerer Ausrüstungsgegenstände und Maschinenteile verwendet; es erscheint seiner Billigkeit, leichten Gießbarkeit und Politurfähigkeit wegen für eine Menge von Teilen, wie Kesselausrüstung, Hähne, Ventile, Namen- und Nummer-Schilder, Türdrücker, Handgriffe, innere Ausstattungsteile von Personenwagen und viele andere gut geeignet zum Ersatze der teureren Bronze.

Der früher mehr verbreitete Gebrauch, einzelne Lokomotivteile, wie Dome und Zylinder mit Bekleidungen aus blankem Messingbleche zu versehen, ist in Deutschland abgekommen. Außerdem dient das Messingblech zu Klempnerarbeiten. Endlich wird Messing zu Draht und Röhren verwendet und zwar zu dünneren Leitungsröhren aller Art und auf einigen Bahnen zu Heizrohren<sup>41)</sup>.

Zusammenstellung LIX zeigt die Zusammensetzungen des Messings für verschiedene Zwecke.

Zusammenstellung LIX.

Zusammensetzung von Messing für verschiedene Zwecke.

Verwendung	Kupfer	Zink	Zinn
	%	%	%
Sehr dehnbares Messing für bestes Blech und weichen Draht . . .	81 bis 70	19 bis 30	—
Gewöhnliches Messingblech und gewöhnlicher Messingdraht . . .	70 „ 60	30 „ 40	—
Gußmessing . . . . .	70 „ 55	30 „ 45	—
Schmiedbares Messing . . . . .	65 „ 60	35 „ 40	—
Messingene Heizrohre . . . . .	70 „ 60	30 „ 40	—
Sehr hartes Messing . . . . .	57 „ 56	42	1 bis 2

Dem Gußmessing wird auch 1 bis 2% Blei zugesetzt, um es leichter bearbeiten zu können.

<sup>41)</sup> Band I, 2. Auflage, S. 164; 3. Auflage, S. 369.

3.  $\gamma$ ) Prüfung.

Messingguß für Wagenbeschlagteile der bayerischen Staatsbahnen soll aus 82% Kupfer und 18% Zink bestehen.

Die sächsischen Staatsbahnen schreiben für Messingblech 18 kg/qmm Festigkeit und 30% Dehnung, für Rundmessing 19 kg/qmm Festigkeit und 32% Dehnung vor. Es soll aus 66,7% Kupfer und 33,3% Zink bestehen.

Messing für die badischen Staatsbahnen muß mindestens 67% Kupfer enthalten, der Zinkgehalt darf höchstens 33%, der Bleigehalt höchstens 1,5% betragen. Messingblech beschaffen die badischen Staatseisenbahnen schwarz von 1,0 bis 8,0 mm Dicke, als einseitig poliertes von 0,5 bis 0,8 mm Dicke und als gebeiztes von 0,35 mm Dicke. Letzteres wird gepreßt und soll besonders weich sein.

Messingrohre sollen nahtlos gezogen sein; sie müssen sich kalt zu einer Schleife, deren Durchmesser das Fünffache der Rohrweite ist, biegen und um ein Viertel ihres Durchmessers aufdornen lassen, ohne zu reißen. Rohrenden sollen sich kalt, rechtwinkelig nach außen mit 12% des lichten Durchmessers als Breite umkrempen lassen, ohne zu reißen.

Nach dem Ausglühen soll sich der Börtel ganz an das Rohr anlegen lassen, ohne Schäden zu zeigen.

Die österreichischen Staatsbahnen verlangen, daß sich Messingblech um einen rechten Winkel scharf hin- und zurückbiegen läßt, daß dünnes Messingblech in scharfkantige Formen gedrückt werden kann, und daß Messingdraht mindestens eine scharfe Hin- und Herbiegung um 180° aushält, ohne Risse zu zeigen.

Die französische Nordbahn verwendet Gußmessing von 70% Kupfer und 30% Zink.

Das holländische Kolonialministerium verwendet für die überseeischen Lokomotiven nahtlose messingene Heizrohre nach folgenden Bedingungen. Die Zusammensetzung für kalt gezogene Rohre ist 70% Kupfer, 30% Zink, für Mannesmann-Rohre 60% Kupfer und 40% Zink. Der innere Probedruck beträgt 30 at. Ausgeglühte Probestücke müssen sich kalt platt schlagen lassen, auch sollen sich die Rohrenden kalt und warm auf 100 mm Länge um 3 mm im Durchmesser aufweiten lassen, ohne Risse zu zeigen.

Die belgischen Staatsbahnen schreiben für messingene Heizrohre 30% Zink vor und lassen  $\pm 2\%$  Abweichung zu. Im Durchmesser dürfen die Rohre um 1%, in der Dicke um 10% von den bestellten Maßen abweichen. Der innere Probedruck beträgt nur 8 at, vermutlich weil auffallender Weise auch gelötete Rohre zulässig sind. Der Lieferer hat alle Rohre mit Wasserdruck zu prüfen, bei der Abnahme erfolgt eine Nachprüfung von 10% der ganzen Zahl. Der Durchmesser ausgeglühter Rohrenden muß sich durch Aufdornen um 10% vergrößern lassen, ohne daß sie Risse zeigen.

Besonders scharf sind die Lieferbedingungen der italienischen Staatsbahnen, Mittelmeerbahn, für messingene Heizrohre. Verlangt werden nahtlose Rohre von 30%  $\pm 1\%$  Zinkgehalt, an der Feuerbuchseite mit Kupferschuhen. Bei 30 at innerm Probedrucke dürfen die Rohre keine Undichtheit oder Ausschwitzungen zeigen. Die Rohrenden werden probeweise zu einem 15 mm

breiten Rande umgebörtelt, ferner werden Rohrstücke von 500 mm Länge in der Mitte um 60 mm durchgebogen, ohne daß sich Schäden zeigen dürfen. Die Kupferschuhe müssen sich, der Länge nach aufgeschnitten, vollständig wenden lassen. Um die Lötnaht zu prüfen, wird ein Rohrstreifen mit Naht abgeschnitten, ausgeglüht, aufgetrennt, platt geschlagen und nun so um 90° gebogen, daß die Biegestelle in die Lötnaht fällt. Hierbei dürfen sich keine Spuren der Trennung beider Metalle zeigen.

### c. 4) Deltametall.

Deltametall unterscheidet sich in der Zusammensetzung von Messing hauptsächlich durch geringen Eisenzusatz. Die Schwierigkeit, Eisen gleichmäßig mit Kupfer und Zink zu mischen, wird bei der Herstellung dadurch überwunden, daß man zunächst in geschmolzenem Zinke etwa 9% Eisen löst und diese Mischung mit weiteren Teilen von Zink, sowie mit Kupfer und den sonstigen Bestandteilen zusammenschmilzt.

Nach den bekannt gewordenen Untersuchungen besteht Deltametall aus 55 bis 60% Kupfer, 39 bis 43% Zink, 0,8 bis 1,5% Eisen, 1% Mangan, etwas Blei und Zinn als nicht beabsichtigten Beimengungen.

Es wird in mehreren Härtegraden hergestellt, deren Festigkeitseigenschaften Zusammenstellung LX als Mittelwerte aus je vier bis fünf Versuchen der Versuchsanstalt der technischen Hochschule Charlottenburg angibt; die Dehnung ist auf 200 mm Länge gemessen. Die gepreßten Stäbe sind mittels des Patent-Preßverfahrens von A. Dick hergestellt.

#### Zusammenstellung LX.

##### Eigenschaften des Deltametalles.

Bezeichnung	In Sand gegossen			Gepreßt			Geschmiedet		
	f	l auf 200 mm	c	f	l auf 200 mm	c	f	l auf 200 mm	c
	kg/qmm	%	%	kg/qmm	%	%	kg/qmm	%	%
Deltametall Nr. I	60	12	13	69	22	27	—	—	—
„ „ II	46	20	20	60	19	28	—	—	—
„ „ IV	38	38	33	45	31	35	44	36	40

Deltametall füllt die Formen scharf aus und liefert dichte Gußstücke, es ist kalt gut zu bearbeiten und bei Dunkelrotglut zu schmieden. Gegen chemische Einflüsse ist es ziemlich widerstandsfähig. Es eignet sich vorzugsweise zur Herstellung stark beanspruchter Maschinenteile, die gegossen werden müssen. Im Eisenbahnbauwesen ist es für die Zahnräder der Pilatusbahn verwendet worden und dürfte auch für die kleineren Zahnräder von Triebmaschinen für Straßenbahnen geeignet sein.

### e. 5) Rotguß und Bronze.

#### 5. a) Zusammensetzung und Eigenschaften.

##### a. A) Rotguß.

Die Benennung Rotguß ist sehr dehnbar, und umfaßt beinahe alle Mischungen von ausgesprochen rötlicher bis goldgelber Farbe, die im Maschinenbau

verwendet werden. Ausgenommen sind nur einige mit besonderen Namen belegte Bronzearten, wie Phosphor-, Mangan- und Silizium-Bronze. Rotguß besteht aus Kupfer und Zink, Kupfer und Zinn, oder aus Kupfer, Zinn und Zink; hierzu kommen zuweilen kleinere Mengen Blei. Die Benennung dieser Mischmetalle richtet sich übrigens mehr nach der Verwendung, als nach der Zusammensetzung; dieselbe Kupfer-Zink-Mischung, die der Maschinenbau als Rotguß bezeichnet, heißt „Tombak“, wenn sie zur Anfertigung unechter Goldwaren dient, die Bronze für Standbilder heißt Rotguß, wenn aus ihr Maschinenteile gegossen werden.

Die als Rotguß bezeichneten Kupfer-Zink-Mischungen enthalten bis zu 19% Zink, außerdem zuweilen etwas Blei und zur Erhöhung der Härte ein wenig Zinn. Nach dem früher<sup>42)</sup> Gesagten wächst die Festigkeit der Kupfer-Zink-Mischungen bis zu 45%, die Dehnung bis zu 30% Zinkgehalt. Da die zinkreicheren Mischungen außerdem härter sind, und sich wegen der niedrigen Lage ihres Schmelzpunktes leichter gießen lassen, so kann der tombakartige Rotguß bei allen solchen Teilen durch das billigere Messing ersetzt werden, bei denen nicht die bronzeartige, rötliche Farbe für seine Anwendung spricht.

#### a. B) Bronze.

Weit ausgedehntere Verwendung findet die aus Kupfer und Zinn bestehende Bronze wegen einer Reihe vorzüglicher Eigenschaften. Obwohl Zinn weicher ist als Kupfer, erhöht doch ein bis 17% steigender Zinnzusatz die Härte des Rotgusses. In kaltem Zustande dehnbar sind nur die Mischungen mit weniger, als 6%, schmiedbar nur die bis 15% Zinngehalt. Bemerkenswert ist die Eigenschaft der Bronze, daß sie, ähnlich wie reines Kupfer, geschmeidiger wird, wenn man sie rotwarm plötzlich abkühlt. Man nennt diesen Vorgang das „Anlassen“ der Bronze.

Die Beimischung von Zinn macht das Kupfer gießbar, indem die Blasenbildung und Zähflüssigkeit beseitigt werden und der Schmelzpunkt sinkt. Eine Mischung von 80% Kupfer und 20% Zinn schmilzt bei rund 800° C, reines Kupfer erst bei 1054° C. Beim Schmelzen und Gießen erfordern die Bronzen insofern Vorsicht, als sie leicht seigern, und ihre Bestandteile sich leicht mit Sauerstoff verbinden. Steigender Zinngehalt bis zu 17,5% erhöht die Festigkeit, die dann wieder abnimmt; die größte Härte hat Rotguß bei 28% Zinngehalt.

Der bronzeartige Rotguß enthält außer Kupfer und Zinn meist etwas Zink, zuweilen auch etwas Blei. Zink erniedrigt den Schmelzpunkt, macht die Mischung dünnflüssiger und durch Beseitigung der gelösten Oxyde dichter, es bewirkt aber auch Zunahme des Schwindmaßes und verringert die Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung.

Der Bleizusatz bewirkt weitere Erniedrigung des Schmelzpunktes und Verringerung der Zähigkeit, wodurch die Bearbeitung mit schneidenden Werkzeugen erleichtert wird, da die Späne früher abbrechen, und sich nicht an den Schneiden festsetzen. Ferner verringert Blei nach den in Amerika gemachten Erfahrungen die Abnutzung; amerikanische Lagerschalen aus Rotguß enthalten bis zu 15% Blei. Ein so starker Bleizusatz erscheint jedoch bedenklich, da er die Neigung zum Seigern zu sehr erhöht und Sprödigkeit hervorruft.

Arsen, das sich zuweilen als unbeabsichtigter Bestandteil von Rotguß in geringer Menge findet, beeinflusst die Vorgänge des Schmelzens und Erstarrens

<sup>42)</sup> B. VI. c. 3), S. 258.

nicht. Ein Arsengehalt von 0,6% und mehr steigert die Härte, macht den Rotguß spröder und verringert die Dehnung.

Wichtig ist auch das Verhalten von Rotguß bei höheren Wärmegraden. von Bach hat bei 91% Kupfer, 5% Zinn und 4% Zink gefunden, daß Festigkeit, Härte und Dehnung stark abnahmen, sobald die Wärme über 200° stieg<sup>43)</sup>. Die von ihm gefundenen Mittelwerte zeigt, auf ganze Zahlen abgerundet, Zusammenstellung LXI.

#### Zusammenstellung LXI.

##### Verhalten von Rotguß bei höheren Wärmegraden.

Wärme °C	20	100	200	300	400	500
f kg/qmm	24	24	22	14	6	4
l %	36	35	35	12	0	0
c %	52	47	48	16	0	0

Der Wärmegrad des überhitzten Dampfes von Heißdampflokomotiven beträgt 250 bis 350°. Wenn sich auch diese mit Rotguß bestimmter Zusammensetzung gewonnenen Ergebnisse nicht verallgemeinern lassen, so erscheint doch bei Verwendung von Rotguß für die inneren Steuerungsteile und Leitungen von Heißdampflokomotiven große Vorsicht geboten.

Angestellte Versuche ergaben, daß sich die Zusammensetzung bei fünfmaligem Umschmelzen einer Mischung von 84 Teilen Kupfer, 15 Teilen Zinn und 1 Teile Zink nur unwesentlich veränderte. Der Kupfergehalt stieg, der an weißen Metallen sank etwas. Das wiederholte Umschmelzen der reichlich gewonnenen Altstoffe schadet also nichts, wenn man die früher<sup>44)</sup> erwähnten Zusätze nimmt.

Von großem Einflusse ist dagegen die Dauer des Abkühlens des flüssigen Metalles. Schnelle Abkühlung bei Guß in eisernen Dauerformen ergibt feineres, gleichförmigeres Gefüge, höhere Festigkeit und größere Härte, als langsame Abkühlung in Sandformen.

#### 5. β) Herstellung und Verwendung.

Die Herstellung von Rotguß geschieht durch Einschmelzen der Bestandteile im Tiegel unter einer gegen Aufnahme von Sauerstoff tunlich schützenden Kohlendecke, neuerdings auch in walzenförmigen, um zwei Zapfen drehbaren Flammöfen mit Sauerstoff entziehender Ölfeuerung, „Fulmina“-Öfen. Zunächst wird das Kupfer eingeschmolzen, diesem werden dann die leichter schmelzenden Metalle vorgewärmt zugefügt.

Der Rotguß hat mehrere Vorzüge. Die Reibungswertziffer zwischen ihm, Eisen und Stahl ist gering, er rostet nicht, liefert auch bei geringen Wandstärken dampfdichten Guß und nimmt schöne Politur an. Er findet daher trotz seines hohen Preises ausgedehnte Verwendung zur Herstellung von Lagerschalen, Stopfbüchsen, Führungsringen und dergleichen, ferner zur Bekleidung von Gleitflächen,

<sup>43)</sup> Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1900. S. 1745.

<sup>44)</sup> S. 257, 258.

zu Gegenständen der Kesselausrüstung und zu solchen Teilen, die der Gefahr des Festrostens ausgesetzt sind. Man kann die Härte des Rotgusses durch Veränderung der Zusammensetzung so abstufen, daß die leichter auszuwechselnden Rotgußteile die Abnutzung aufnehmen und kostspielige, schwerer auszuwechselnde Maschinenteile geschont werden. Die abgenutzten Rotgußstücke haben hohen Altwert und sind leicht umzugießen.

Zusammenstellung LXII gibt die Mischungen von Rotguß für verschiedene Zwecke an.

### Zusammenstellung LXII.

Zusammensetzung des Rotgusses für verschiedene Zwecke<sup>45)</sup>.

Bahn	Verwendungszweck	Kupfer	Zinn	Zink	Blei
Preußisch-Hessische Staatsbahnen . . . . .	Lager und Dampfschieber	84	15	1	—
„ „ . . . . .	Teile der Kesselausrüstung	85	9	6	—
Bayerische „ . . . . .	Lager und Teile der Kesselausrüstung . . . . .	90	10	—	—
Sächsische „ . . . . .	Achslagerschalen . . . . .	84	16	—	—
„ „ . . . . .	Andere Lagerschalen <sup>46)</sup> . . . . .	76,9	10,3	5,1	7,7
„ „ . . . . .	Teile der Kesselausrüstung <sup>46)</sup> . . . . .	88,5	5,3	6,2	—
„ „ . . . . .	Beschlagteile . . . . .	86	3	11	—
„ „ . . . . .	Besonders weich für Niete <sup>46)</sup>	92,7	6,8	—	—
Badische „ . . . . .	Lager und Teile der Kesselausrüstung . . . . .	86	12	2	—
Österreichische „ . . . . .	Weiches Rotmetall . . . . .	88	12	—	—
„ „ . . . . .	Hartes „ . . . . .	80	9	8	3
Französische Nordbahn . . . . .	Achslager, Führungstücke, Ventile . . . . .	85	13	2	—
„ „ . . . . .	Teile der Kesselausrüstung, kleinere Teile . . . . .	90	8	2	—
„ „ . . . . .	Dichtlinsen . . . . .	90	—	10	—
Pennsylvania Bahn . . . . .	Lagerschalen . . . . .	77	8	6	15

### 5. $\gamma$ ) Prüfung und Abnahme.

Der Rotguß wird meist in den Eisenbahn-Werkstätten selbst durch Zusammenschmelzen der Rohstoffe hergestellt, wobei alte Rotgußteile und Rotgußspäne in erheblicher Menge zugesetzt werden. Wird er in Rohblöcken oder fertigen Gußstücken aus Gießereien bezogen, so muß die Prüfung durch chemische Untersuchung erfolgen.

### c. 6) Phosphorbronze.

#### 6. a) Zusammensetzung und Eigenschaften.

Kupfer und Zinn nehmen leicht Sauerstoff auf, die Oxyde bleiben in der Mischung gelöst und beeinflussen deren Gefüge und Dichtigkeit nachteilig. Man kann den bronzeartigen Rotguß durch Beseitigung der Sauerstoffverbindungen

<sup>45)</sup> Band I, 3. Auflage, S. 367, 368, 401.

<sup>46)</sup> Mit Zusatz von 0,5% Phosphorkupfer.

wesentlich verbessern und erreicht dies durch Zusatz von Stoffen, die starke Verwandtschaft zu Sauerstoff haben und mit ihm Verbindungen eingehen, die entweder gasförmig entweichen, oder als Schlacken an die Oberfläche steigen. Schon Zink wirkt in diesem Sinne günstig, weit kräftiger aber Phosphorzusatz. Kupfer-Zinn-Mischungen mit Phosphorzusatz werden als Phosphorbronzen bezeichnet.

Durch den Phosphorzusatz wird die Mischung dünnflüssiger, sie gewinnt wesentlich an Festigkeit, Dichtigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse, ohne daß ihre Zähigkeit bei richtig bemessenem Phosphorzusatze leidet.

### 6. $\beta$ ) Herstellung und Verwendung.

Das Auflösen reinen Phosphors in der flüssigen Mischung ist in den Eisenbahn-Werkstätten wegen seiner Giftigkeit und seines leichten Verdampfens meist untunlich. Man benutzt daher vielfach statt dessen Phosphorkupfer oder Phosphorzinn, die beide im Handel zu haben sind. Phosphorkupfer wird entweder durch Auflösen von Phosphor in geschmolzenem Kupfer hergestellt, oder durch Zusammenschmelzen von Kupfer mit phosphorsauerm Kalke unter Zusatz von etwas Kieselgur und Kohle. Die entstehende graugelbliche, sehr harte und spröde Masse enthält bis 15%, meist aber nur 5 bis 10% Phosphor. Phosphorzinn kann durch einfaches Auflösen von Phosphor in geschmolzenem Zinne hergestellt werden; seine Farbe ist weiß, sein Phosphorgehalt steigt bis auf 9%. Phosphorkupfer wird dem Phosphorzinn gewöhnlich vorgezogen, da bei seiner Anwendung der Phosphor nicht so leicht verdampft. Durch den Einsatz darf der Mischung nur wenig mehr, als der zur Entfernung des Sauerstoffes nötige Phosphor zugeführt werden. Der größte Teil wird in Verbindung mit Sauerstoff ausgeschieden; die fertige Bronze darf nur sehr wenig Phosphor enthalten, zu viel Phosphor macht sie spröde.

Wegen ihrer Dichtheit und ihrer guten Festigkeitseigenschaften wird Phosphorbronze vorteilhaft verwendet für Teile, die dampfdicht sein müssen, oder starken Beanspruchungen unterliegen, wie Dampfschieber, Achs- und Stangen-Lager, Steuerungsmuttern, Büchsen für Zapfen.

Zusammenstellung LXIII gibt verschiedene Mischungen für Phosphorbronze an.

### Zusammenstellung LXIII.

#### Mischungen für Phosphorbronze.

Verwaltung	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Phosphor	Phosphorkupfer	
Preußisch - Hessische Staatsbahnen	83	16	—	—	—	1	3 bis 4% Phosphorgehalt: für Strahlbläser, Schwingensteine, Gleitplatten, Stangenlagerbüchsen.
Bayerische Staatsbahnen	84,9	15	—	—	—	0,1	
„ „	78	10	—	10	—	2	
Badische „	86	12	2	—	—	0,27	
Österreichische „	79,4	9	8	3	—	0,6	
Französische Nordbahn	77,85	11	7,65	—	—	3,5	9% Phosphorgehalt.
Pennsylvania-Bahn	79,7	10	—	9,5	0,8	—	

6.  $\gamma$ ) Prüfung und Abnahme.

Die Pennsylvania-Bahn beschafft Phosphorbronze in Teillieferungen von 10 t in der vorstehend angegebenen Zusammensetzung, bei der folgende Abweichungen erlaubt sind: Zinn  $\pm 1\%$ , Blei  $\pm 1,5\%$ , Phosphor  $-0,1\%$  und  $+0,2\%$ . Andere Bestandteile als die vorgeschriebenen darf die Mischung im Ganzen bis  $0,5\%$  enthalten. Die Gußblöcke dürfen keine Schrumpfrisse und im Bruche keine schwarzen oder schwammigen Stellen zeigen und müssen durchaus gleichförmig sein. Aus drei halben Blöcken werden Proben als Bohrspäne entnommen, gemischt und chemisch untersucht; das Ergebnis dieser Untersuchung, für die eingehende Vorschriften bestehen, ist für die ganze Teillieferung maßgebend.

## c. 7) Mangan- und Silizium-Bronze.

Wie Phosphor, bewirken auch Mangan und Silizium die Entziehung von Sauerstoff.

## 7. a) Manganbronze.

Unter Manganbronze versteht man sowohl manganhaltige Bronze, als auch Mischungen von Kupfer und Mangan. Der Manganzusatz erhöht die Härte und Festigkeit, aber auch den Schmelzgrad und die Sprödigkeit, letztere jedoch nicht in dem Maße wie Phosphor. Zur Entziehung des Sauerstoffes genügen meist  $0,25\%$  Mangan. Zinn und Zink enthaltender Manganbronze setzt man zweckmäßig 5 bis  $7,5\%$  Mangankupfer von  $30\%$  Mangangehalt zu. Der verbleibende Mangangehalt der Bronze beträgt dann 1,25 bis  $2\%$ .

Gewalzte Manganbronzestangen mit  $5\%$  Mangan und  $95\%$  Kupfer haben bei Luftwärme im Mittel  $f = 33$  kg/qmm,  $l = 33\%$  und  $c = 73\%$ <sup>47)</sup>. Eine wertvolle Eigenschaft der Mangan-Kupfer-Mischungen ist die Unabhängigkeit ihrer Festigkeit und Dehnung von höheren Wärmegraden. Zusammenstellung<sup>48)</sup> LXIV zeigt die Abnahme der Festigkeit und Dehnung gegenüber den bei  $19^0$  erhaltenen Werten für Kupfer und für Manganbronzen mit verschiedenem Mangangehalte. Die zu diesen Versuchen verwendete gewalzte Manganbronze aus Kupfer und Mangan ist von der Isabellenhütte in Dillenburg geliefert.

## Zusammenstellung LXIV.

## Verhalten der Manganbronze bei Erwärmung.

Wärme °C		Kupfer	Manganbronze mit Mangangehalt von			
			3,2 %	5,35 %	7,3 %	9,4 %
100	Abnahme von f %	8	8	1	5	5
200		19	11	1	5	7
300		30	11	7	10	11
400		52	29	28	27	29
100	Abnahme von l %	34	6	17	12	14
200		39	7	11	13	22
300		25	9	10	12	11
400		53	61	43	22	22

<sup>47)</sup> Organ 1902. S. 23 und 24.

<sup>48)</sup> Mitteilungen der technischen Versuchsanstalt der Technischen Hochschule Charlottenburg 1895. S. 38.

Die sächsischen und bayerischen Staatsbahnen verwenden Manganbronze von 5 bis 7% Mangan und 95 bis 93% Kupfer für Stehbolzen versuchsweise; auch die preußisch-hessischen Staatsbahnen stellen Versuche damit an.

Manganbronze ist allerdings teurer als Kupfer, auch erhöhen sich die Kosten der Bearbeitung der Stehbolzen aus Manganbronze wegen der hohen Widerstandsfähigkeit dieses Stoffes.

Es dürfte zu prüfen sein, ob diese Mischung auch für den Bau ganzer Feuerkisten einen geeigneteren Stoff bildet, als reines Kupfer. Dagegen eignet sich zinnhaltige Manganbronze wegen ihres ungünstigen Verhaltens bei höheren Wärmegraden zu Stehbolzen nicht.

Die französische Nordbahn<sup>49)</sup> prüft Mangankupfer durch Zerreißproben warm und kalt, sowie durch Aufdornproben; sie verlangt bei Zimmerwärme 33 kg/qmm Festigkeit und 36% Dehnung, bei 250° Wärme 30 kg/qmm Festigkeit und 28% Dehnung. Löcher von 30 mm Tiefe und 8 mm Durchmesser sollen sich mit einem Dorne von 24° Spitzenwinkel durch Hammerschläge auf 16 mm vergrößern lassen, ohne daß die Manganbronzestangen Risse zeigen.

#### 7. β) Siliziumbronze.

Diese besteht meist nur aus Kupfer und Silizium, durch dessen Beifügung das Kupfer bedeutende Härte und Festigkeit erlangt. Nach Ledebur<sup>50)</sup> zeigt Draht aus Siliziumbronze von 99,94% Kupfer, 0,03% Zinn und 0,02% Silizium 45 kg/qmm Festigkeit, solcher aus 97,12% Kupfer, 1,14% Zinn und 0,005% Silizium sogar 83 kg/qmm Festigkeit. Dieser Draht findet daher für elektrische Leitungen Verwendung, wobei jedoch zu beachten ist, daß das Leitungsvermögen für Elektrizität mit zunehmendem Siliziumgehalte stark abnimmt. Die Leitungsfähigkeit beträgt bei 0,02% Silizium 98%, bei 0,05% Silizium aber nur noch 43% von der reinen Kupfers.

### c. 8) Weißmetalle.

#### 8. a) Zusammensetzung und Eigenschaften.

Als Weißmetall, Weißguß, werden verschiedene Mischungen bezeichnet, deren gemeinsame Kennzeichen weiße Farbe und niedriger Schmelzpunkt sind. Man kann sie nach ihrem Hauptbestandteile in Zinn-, Zink- und Blei-Mischungen einteilen.

##### a. A) Zinnmischungen.

Die zu geringe Härte des Zinnes steigert man durch Beifügung von Antimon. Mäßiger Kupferzusatz gibt dem Weißgusse die erforderliche Festigkeit, bewirkt weitere Steigerung der Härte, erhöht aber auch den Schmelzpunkt. Diese Mischungen sind dauerhaft, aber wegen der Verwendung von Zinn als Hauptbestandteil teuer. Dies gab Anlaß zu vielfachen Versuchen, das teure Zinn durch billigere Metalle zu ersetzen. Die so entstandenen Zink- und Blei-Mischungen erreichen die Zinnmischungen jedoch hinsichtlich der Härte und Festigkeit nicht annähernd.

<sup>49)</sup> Revue générale des Chemins de fer. März 1901.

<sup>50)</sup> „Legierungen“. S. 101.

## a. B) Zinkmischungen.

Diese bestehen der Hauptsache nach aus Zink, dem zur Verringerung des Schwindmaßes etwas Zinn, zur Erhöhung der Härte und Festigkeit Antimon und Kupfer beigefügt sind. Auch Bleizusatz kommt vor, trotzdem sich Zink und Blei nur unvollkommen verbinden. Zinkmischungen werden nur selten verwendet.

## a. C) Bleimischungen.

Diese werden im Gegensatz zu reinem Blei als Hartblei oder Antimonblei bezeichnet, sie sind weicher, als die anderen Weißmetallarten. Um die Härte des Bleies zu erhöhen, setzt man ihm bis zu 25% Antimon zu, wodurch auch die Sprödigkeit erheblich zunimmt. Man mildert diesen Übelstand durch Beifügung von Zinn. Auch Kupfer findet man in solchen Mischmetallen, trotzdem dies in Verbindung mit Blei stark seigert.

8.  $\beta$ ) Herstellung und Verwendung.

Die Herstellung der Weißmetalle wird meist in den Eisenbahnwerkstätten selbst vorgenommen. Das Einschmelzen geschieht im Tiegel. Wenn das Weißmetall das schwer schmelzbare Kupfer in geringer Menge enthalten soll, muß man sich durch Bildung von Zwischenmischungen<sup>51)</sup> helfen.

Das Lagermetall der preußisch-hessischen Staatsbahnen enthält 83,3% Zinn, 11,1% Antimon und 5,6% Kupfer. 1 kg Kupfer wird geschmolzen, dann werden 2 kg Antimon und wenn auch dieses flüssig geworden ist, 6 kg Zinn zugesetzt. Diese Mischung wird gut umgerührt und bei 450 bis 500° C in dünne Platten gegossen. 9 kg dieser Mischung werden dann mit 9 kg reinen Zinnes zusammen geschmolzen und wieder in Platten gegossen. Der hohe Schmelzpunkt des ersten Einsatzes an Kupfer wird durch Beifügung von Antimon und Zinn stufenweise erniedrigt, und dem der folgenden Zusätze genähert; auch wird durch fleißiges Umrühren und zweimaliges Erstarrenlassen dafür gesorgt, daß sich die Bestandteile möglichst innig mischen. Größere Mengen als 18 kg sollen nicht gleichzeitig hergestellt werden. Es ist anzunehmen, daß bei der umständlichen Herstellung trotz schützender Kohlendecke geringe Zinnverluste eintreten.

Bei dem Einschmelzen einer Bleimischung aus 70% Blei, 20% Antimon und 10% Zinn für Lager wird bei der französischen Ostbahn wie folgt verfahren. Zinn und Blei werden bei etwa 400° geschmolzen, dann wird das Antimon flüssig und auf etwa 550° erhitzt zugegossen; der Guß erfolgt nach sorgfältigem Umrühren bei 500 bis 560°.

Weißmetall hat geringere Härte und Festigkeit wie Rotguß, die aus letzterm gefertigten Teile sind daher dauerhafter. Weißgußlager haben dagegen den Vorzug, daß sie sich leichter einlaufen, und nicht der peinlich genauen Bearbeitung, wie Rotguß, bedürfen.

Ein weiterer bedeutender Vorteil ist der niedrige Schmelzpunkt des Weißmetalles, der gestattet, die Lager unmittelbar auszuziehen und die Gleitflächen damit zu bekleiden. Die Herstellung dieser Teile wird hierdurch erheblich einfacher und billiger, so daß Weißguß trotz des hohen Zinnpreises wirtschaftlich vorteilhaft ist.

<sup>51)</sup> S. 257.

Aus den festeren Weißgußarten können unmittelbar Lagerschalen gegossen werden, sie sind indes kräftiger zu halten, als Rotgußlager. Die weicheren Arten haben die hierfür erforderliche Festigkeit nicht, sie können daher nur zur Bekleidung der aus widerstandsfähigerem Stoffe, etwa aus Rotguß, hergestellten Lagerschalen dienen. Die Herstellungskosten erhöhen sich hierdurch, doch gewinnt man den Vorteil, daß die Zapfen und Achsschenkel in dem Rotgusse ein Notlager finden, und nicht den zerstörenden Einwirkungen anderer Teile ausgesetzt sind, wenn das Weißmetallager bei starkem Heißlaufen ausgeschmolzen ist.

Um festzustellen, ob Weißmetall bei wiederholtem Umschmelzen Veränderungen erleidet, wurden vom Material-Prüfungsamte in Groß-Licherfelde Versuche angestellt, deren Ergebnisse in Zusammenstellung LVX mitgeteilt sind.

#### Zusammenstellung LXV.

##### Veränderung von Weißmetallen durch Umschmelzen.

Gehalt an	Zinn %	Kupfer %	Antimon %
Vor dem Umschmelzen . . . . .	83,10	5,43	11,10
Nach dem 1. Umschmelzen . . . . .	86,43	4,5	8,76
Nach dem 5. Umschmelzen . . . . .	85,86	5,33	8,58

Das wiederholte Umschmelzen hat die Zusammensetzung des einmal umgeschmolzenen Weißgusses nicht mehr wesentlich verändert. Auch das Gefüge, die Kugeldruckhärte und Stauchfestigkeit blieben annähernd gleich. Dagegen sind der Wärmegrad beim Gießen und die Schnelligkeit der Abkühlung von großem Einflusse auf die Eigenschaften des Metalles. Bei niedriger Gießwärme und schneller Abkühlung ist es feinkörniger und gleichmäßiger; Härte, Stauch- und Druckfestigkeit werden gesteigert. Ein Zusatz von Magnesium oder Phosphorzinn zur Entziehung von Sauerstoff erscheint auch bei wiederholtem Umschmelzen von Weißguß entbehrlich, da die Eigenschaften der Mischung keine Änderung erfahren.

Zusammenstellung LXVI gibt die Mischungen für Weißmetalle zu bestimmten Zwecken an.

#### 8. γ) Prüfung und Abnahme.

Die Prüfung der aus Hüttenwerken bezogenen Weißmetalle kann nur chemisch erfolgen.

#### c. 9) Neusilber.

Neusilber, Argentan, Alpacka, Packfong, besteht aus Nickel, Kupfer und Zink in verschiedenen Mischungen. Nickel verleiht dem Neusilber den schönen Glanz und die weiße Farbe, macht es aber teuer und erschwert die Herstellung durch starke Gasbildung beim Schmelzen, sowie durch Erhöhung des Schmelzpunktes und der Härte. Der Nickelgehalt beträgt 12 bis 26%. Kupfer macht die Mischung dehnbar, beeinträchtigt aber die Reinheit der Farbe; der Gehalt an Kupfer schwankt von 50 bis 66%. Das mit 20 bis 30% zugesetzte Zink vermindert die Gasentwicklung, da es sauerstoffentziehend wirkt, erniedrigt den Schmelzpunkt und

## Zusammenstellung LXVI.

## Zusammensetzung gebräuchlicher Weißgußarten.

Bahn	Verwendung	Zinn	Zink	Blei	Antimon	Kupfer
		‰	‰	‰	‰	‰
Preußisch-hessische Staatsbahnen . . . . .	Lager und Beläge . . . . .	83,3	—	—	11,1	5,6
„ „ „	Stopfbüchsen . . . . .	—	—	85	15	—
Bayerische Staatsbahnen . . . . .	Lager und Beläge . . . . .	77	—	—	13,5	9,5
„ „ „	Stopfbüchsen . . . . .	14	—	76	10	—
Sächsische „ „ „	Lager und Beläge . . . . .	86,05	—	—	9,30	4,65
Badische „ „ „	„ „ „ „ . . . . .	82,3	—	—	11,8	5,9
Österreichische „ „ „	„ „ „ „ . . . . .	80	—	—	12	8
„ „ „	Wagenachslager . . . . .	5	—	78	17	—
Französische Ostbahn . . . . .	Tender- und Lokomotiv- Achslager, Kreuzköpfe,	—	—	65	25	10
„ „ „	Stopfbüchsen . . . . .	—	12	80	8	—
„ „ „	Bügel zweimittiger Schei- ben . . . . .	10	—	70	20	—
„ „ „	Wagenachslager . . . . .	83,3	—	—	11,1	5,6
Französische Nordbahn . . . . .	Bügel zweimittiger Schei- ben . . . . .	82	—	—	10	8

den Preis, erhöht aber die Sprödigkeit. Bei Herstellung von gutem Neusilber muß der Zinkgehalt daher in mäßigen Grenzen bleiben.

Die Herstellung des Neusilbers geschieht durch Einschmelzen in Tiegeln bei hohem Wärmegrade unter einer Kohlendecke. Entweder werden Kupfer, Nickel und Zink gleichzeitig eingesetzt, oder man stellt zunächst Messing her, dem bei einer weitem Schmelzung Kupfer und Nickel beigefügt werden. Die weitere Bearbeitung zu Blech oder Draht erfolgt kalt unter wiederholtem Ausglühen, da Neusilber durch kalte Bearbeitung schnell spröde wird.

Neusilber hat ähnliche Festigkeit wie gutes Messing, ist jedoch etwas härter und nicht ganz so geschmeidig. Die Bearbeitung muß kalt geschehen, da sich nur wenige Neusilberarten bei dunkler Rotglut hämmern und walzen lassen, und alles Neusilber bei heller Rotglut sehr spröde ist.

Die für Messing in den Zusammenstellungen LV bis LVIII gemachten Gewichtsangaben gelten auch für Neusilber, da beide 8,5 t/cbm wiegen.

In der Eisenbahntechnik wird Neusilber als Blech zur Anfertigung von Spiegelschirmen und als Draht für elektrische Zwecke verwendet.

Die Lieferbedingungen für Neusilberblech beschränken sich darauf, daß es nicht brüchig sein darf, besonders reine und dichte Oberfläche haben und eine spiegelglänzende Politur annehmen muß.

## VI. d) Lote.

Kupfer, Messing und einige aus weißen Metallen zusammengesetzte Mischungen werden zum Löten benutzt. Bei der Wahl des Lotes für einen bestimmten Zweck ist darauf zu sehen, daß sein Schmelzpunkt tiefer liegt, als der der zu lötenen

Teile, und daß Härte und Festigkeit des Lotes genügen. Die Farbe des Lotes, die in manchen Gewerben ebenfalls maßgebend ist, spielt in der Eisenbahntechnik keine Rolle.

Reines Kupfer wird ausschließlich zum Löten von Eisen gebraucht, wenn besonders hohe Festigkeit und Geschmeidigkeit verlangt wird, andern Falles bedient man sich hierzu des Schlaglotes. Der Schmelzpunkt des Hart- oder Schlag-Lotes kann durch verschiedene Bemessung des Gehaltes an Zink innerhalb ziemlich weiter Grenzen geändert werden; je größer der Zinkgehalt ist, desto leichtflüssiger wird es. Ein Zinnzusatz zu Hartlot erniedrigt den Schmelzpunkt noch weiter, erhöht Härte und Festigkeit der Verbindung, verringert aber die Geschmeidigkeit.

Für Klempnerarbeiten zum Löten von Blei, Zinn, Zink, Weißblech und dergleichen dienen die aus Blei und Zinn bestehenden Weich- oder Weiß-Lote, auch Lötzinn genannt, deren Schmelzpunkt mit abnehmendem Bleigehalte sinkt. Wismutlote werden ihres Preises wegen nur dann verwendet, wenn man Gegenstände von besonders niedrigem Schmelzpunkte zu löten hat. Ein sehr leichtflüssiges Lot, „Sickerlot“, kann man aus gleichen Teilen Zinn und Blei herstellen, indem man die geschmolzene Mischung teilweise erstarren läßt, und den flüssig gebliebenen Teil abgießt.

Um Schlaglot mit dem zum Gebrauche geeigneten feinen Korne zu erhalten, gießt man die im Tiegel geschmolzene Mischung in dünnem Strahle in Wasser, das mit einem Reiserbesen geschlagen wird. Weichlot wird meist im Gießlöffel geschmolzen, dann zu dünnen Stangen gegossen.

Die Zusammenstellung LXVII zeigt die Zusammensetzung gebräuchlicher Lote nach den Schmelzpunkten geordnet.

Zusammenstellung LXVII.

Lote für verschiedene Zwecke.

Bezeichnung	Kupfer %	Zink %	Zinn %	Blei %	Wismut %	Bemerkungen
Kupferlot .	100	—	—	—	—	Schmelzpunkt etwa 1050° C.
Schlaglote .	65 bis 40	35 bis 60	—	—	—	Zuweilen geringer Zusatz von Zinn.
Weichlote .	—	—	25 bis 70	75 bis 30	—	50 % Zinn und 50 % Blei geben ein viel gebrauchtes Weichlot.
Wismutlote	—	—	44 bis 25	40 bis 25	16 bis 50	Der Schmelzpunkt des Lotes aus 25 % Zinn, 25 % Blei und 50 % Wismut ist etwa 95° C.

Die badischen Staatsbahnen schreiben folgende Lote vor:

Hartes Schlaglot 50 bis 60 % Kupfer und 45 bis 50 % Zink.

Weiches „ 40 „ 50 % „ „ 50 „ 55 % „

Der Gehalt an andern Metallen, wie Blei, Eisen, Zinn, darf zusammen höchstens 2 % betragen.

Lötzinn 40 % Zinn und 60 % Blei.

Die bayerischen Staatsbahnen verwenden hartflüssiges Schlaglot aus 60% Kupfer und 40% Zink zum Einlöten der Kupferstutzen in die Heizrohre der Lokomotiven, und weichflüssiges Schlaglot aus 51,25% Kupfer und 48,75% Zink zum Anstücken von Kupferrohren, Auflöten von Flanschen und dergleichen.

Die österreichischen Staatsbahnen benutzen Schlaglot aus 60% Kupfer und 40% Zink und solches aus 50% Kupfer und 50% Zink.

## C. Holz.

Bearbeitet von W. Kuntze.

### C. I. Allgemeines.

#### I. a) Entstehung und Beschaffenheit des Holzes.

Holz wird im Eisenbahnwesen hauptsächlich zum Gerippe und zur innern Einrichtung der Fahrzeuge und zur Stützung der Schienen verwendet. Es ist in allen Teilen der bewohnten Erde in erheblicher Menge vorhanden, und läßt sich, wie kaum ein anderer Baustoff, in die gewünschten Formen bringen.

Ursprünglich unterscheidet man drei große Gruppen der holzbildenden Pflanzen:

Die Gefäßkryptogamen, deren Reste im Devon und Carbon enthalten sind, die Nadelhölzer, die in der Trias und im Jura weiter verbreitet waren als heute, und die Laubhölzer, die als Vorläufer und Begleiter des menschlichen Zeitalters anzusehen sind. Technisch kommen nur die beiden letzten mit gleicher Bedeutung in Betracht.

Jeder Baumstamm ist aus einer großen Zahl bündelartig neben einander liegender, lang gestreckter Gefäße zusammen gesetzt, deren Wandung aus der Holzfaser besteht. In frischem Zustande ist ein Teil dieser Gefäße mit Saft gefüllt, der das Wachstum des Baumes bedingt. Zwischen diesen eigentlichen Holzzellen liegen bei den Laubhölzern lang gestreckte, feine Röhrchen ohne wesentlichen Inhalt. Bei den Nadelhölzern bilden die Wandungen dieser Röhrchen, Poren oder Gefäße das Holz.

Aus der Anordnung, in der die Zellen und Poren lagern, ergeben sich Gefüge, Härte und andere Eigenschaften des Holzes.

An einem Stamme nennt man die nahe der Mittellinie liegenden Fasern das Mark, die um das Mark gelagerten das Kernholz, die äußeren, den Zuwachs der letzten Jahre enthaltenden, den Splint. Dieser ist von einer dünnen, saftführenden Schicht, dem Baste, eingehüllt, den die eigentliche Rinde umgibt. Markstrahlen sind Holzbildungen, die als Strahlen von der Mitte nach dem Umfange des Stammes hin verlaufen.

Das Wachstum des Baumstammes geht von der Bastschicht, dem Kambium, aus. Die jüngeren Zellen liegen daher außen, die älteren in der Mitte des Stammes.

Bei vielen Hölzern ist dieser Unterschied durch die Farbe kenntlich. Gewöhnlich ist das junge Holz, der Splint, lichter gefärbt, als das alte Kernholz. Bei der Verwendung ist vielfach auf diesen Unterschied Rücksicht zu nehmen, da Splint und Kernholz in ihren chemischen Eigenschaften und in ihrem Verhalten äußeren Einflüssen gegenüber oft große Verschiedenheiten zeigen.

Im Marke der Laub- und Nadel-Hölzer sind die Zellen, abweichend von der sonstigen Anordnung, wagerecht gelagert. In Hölzern der gemäßigten Zonen lagern sich die Zellen, je nach der Jahreszeit, röhrenförmig um das Mark herum ab so, daß man das Alter des Baumes im Durchschnitte des Stammes erkennen kann.

Abb. 85.

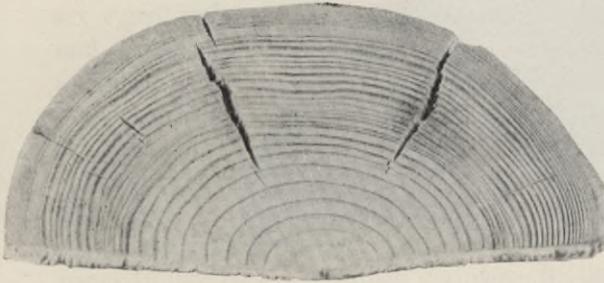
Kiefer, *pinus sylvestris*, Hirnholz.

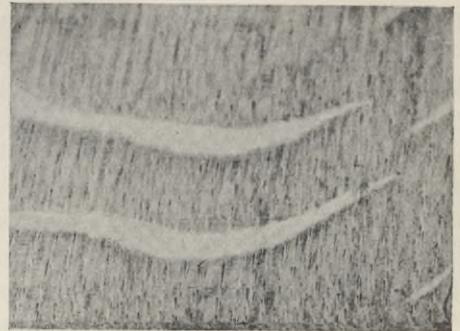
Abb. 86.

Erle, *alnus glutinosa*, Spiegel.

In Hölzern der heißen Zone sind diese Jahresringe dagegen nicht oder nur unvollkommen erkennbar.

Im Allgemeinen besteht Holz aus Pflanzenfaser und Saft in nahezu gleichen Gewichtsteilen. Erstere, auch Holzfaser, Zellulose, genannt, besteht aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff in fast gleicher Zusammensetzung bei allen Holzarten. Pflanzensaft ist Wasser, das geringe Mengen organischer und mineralischer Stoffe enthält. Die organischen Bestandteile sind Harze, ätherische Öle, eiweißartige Stoffe, Gerbstoffe, Stärke, Zucker, Gummi und andere; die unorganischen sind Kieselsäure, Kalk und Salze, sie bilden beim Verbrennen des Holzes die Asche. Manche Hölzer enthalten mit Harzen oder Ölen angefüllte Spalten zwischen den Zellen. Wo solche Harzgänge in gleichmäßiger Verteilung vorhanden sind, geben sie dem Holz besondere Eigenschaften, die auf die Verwendung Einfluß haben. Größere, muschelartige Harzgallen, wie sie häufig in alten Nadelholzstämmen vorkommen, sind im Nutzholze als Fehler anzusehen.

Abb. 87.



Eiche, Spiegel.

Die Jahresringe geben jeder Holzart das ihr eigentümliche Ansehen. So mannigfaltig die äußere Entwicklung des Baumes war, so vielfältig gestaltet sich die Lagerung der Holzzellen im Stamme. Kein Stückchen Holz ist einem andern gleich und doch ergibt die mit bloßem Auge erkennbare Zeichnung der Holzfaser unzweifelhaft die Art des Baumes.

Ein Schnitt durch den Stamm gibt je nach der Richtung, in der er verläuft, drei deutlich verschiedene Bilder. Im Querschnitte des Stammes erscheinen die Jahresringe als abwechselnd helle und dunkle Bänder, die ungefähr kreisförmig um das Mark verlaufen. Diese Schnittfläche wird als „Hirnholz“ bezeichnet (Textabb. 85 und 88). In den hellen Streifen liegen zahlreiche Poren, die Zellen sind dort weniger dicht gelagert und haben dünne Wandungen; dies ist das im Frühjahr und Sommer gebildete Holz. Die dunklen Streifen bestehen aus dick-

Abb. 88.

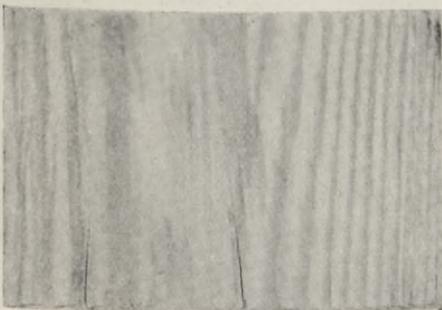


Eiche, Hirnholz.

wandigen, dicht gelagerten Zellen, die den Zuwachs des Herbst- und Winter-Holzes darstellen. Je dichter und breiter diese Streifen sind, desto härter ist das Holz.

Legt man den Schnitt längs durch die Markröhre, so zeigen sich die Jahresringe in ungefähr gleichlaufenden Streifen von heller und dunkler Färbung. Diese Schnittfläche wird als „Spiegelholz“ bezeichnet (Textabb. 86). Bei einigen Hölzern werden die Streifen quer überlagert von flachen, glänzenden Plättchen, den Markstrahlen oder Spiegeln, die dem Auge fast als Fremdkörper erscheinen (Textabb. 87). Sie liegen im Rundstamme als Strahlen und bestehen aus sehr dichter Holzmasse. Im wagerechten Schnitte bilden sie feine, scharf gezeichnete, glatte, von der Mitte des Stammes aus nach der Rinde hin gerichtete Linien (Textabb. 88). Das nahe unter der Rinde liegende junge Holz zeigt die Markstrahlen weniger deutlich.

Abb. 89.



Kiefer, Querholz.

Wird ein Stamm in dünne Bretter zersägt, so hat nur das Mittelbrett die Spiegel. Alle übrigen sind teils mit gleichlaufenden Linien, teils mit geflammten Zeichnungen bedeckt (Textabb. 89). In den hellen Streifen des Sommerholzes liegen die der Länge nach aufgeschnittenen Poren, die den Laubhölzern die Zeichnung und Maserung geben, während bei den Nadelhölzern die Jahresringe allein das Muster bilden. Die Markstrahlen kommen bei solchen Brettern kaum noch zur Geltung, sie sind nur bei wenigen Holzarten als deutliche, an beiden Enden spitz verlaufende, dunkle Linien erkennbar; bei Eichenholz sind diese Linien heller als ihre Umgebung. Trifft die Schnittfläche gerade

Wird ein Stamm in dünne Bretter zersägt, so hat nur das Mittelbrett die Spiegel. Alle übrigen sind teils mit gleichlaufenden Linien, teils mit geflammten Zeichnungen bedeckt (Textabb. 89). In den hellen Streifen des Sommerholzes liegen die der Länge nach aufgeschnittenen Poren, die den Laubhölzern die Zeichnung und Maserung geben, während bei den Nadelhölzern die Jahresringe allein das Muster bilden. Die Markstrahlen kommen bei solchen Brettern kaum noch zur Geltung, sie sind nur bei wenigen Holzarten als deutliche, an beiden Enden spitz verlaufende, dunkle Linien erkennbar; bei Eichenholz sind diese Linien heller als ihre Umgebung. Trifft die Schnittfläche gerade

gewachsene Schichten, so wird sie wohl als „Flader“, „Seitenholz“ oder „Querholz“ bezeichnet. (Textabb. 89).

Die Astbildungen, mehr noch die Holzbildungen im untern Teile des Stammes, bei denen das gerade Wachstum der Jahresringe gestört ist, geben manchen Hölzern krause, narbige Schnittflächen, die besonders für Tischlerarbeiten geschätzt sind. Die Maserbildungen der Esche, der Birke, des Nußbaumes, Ahornes und anderer Holzarten dienen, namentlich poliert, als Schmuckhölzer.

### I. b) Allgemeine Eigenschaften.

Bei der Verwendung des Holzes für Eisenbahnzwecke kommen die jeder Holzart eigentümlichen Eigenschaften zur Geltung. Die Festigkeit gegen Zerreißen und Zerdrücken ist bei größeren Holzteilen oft maßgebend, wird aber auch bei zahlreichen kleineren Ausführungen die Wahl des Holzes und die Art der Anwendung bedingen. Für geradfaserige und fehlerfreie harte Hölzer ist die zulässige Zugspannung in der Längsrichtung zu 100 kg/qcm und höher anzunehmen, die Druckspannung zu 80 kg/qcm und weniger. Quer zur Faserrichtung sind Zug-, Druck- und Scher-Festigkeit sehr gering, höchstens 10% der vorgenannten Angaben. Die Festigkeitszahlen hängen wesentlich vom Feuchtigkeitsgehalte des Holzes ab, nasse Hölzer haben erheblich geringere Festigkeit. Bei der Druckfestigkeit kommt weniger der Widerstand als die Härte des Holzes zur Geltung, das ist der Widerstand, den die Holzfläche dem Eindringen der Werkzeuge entgegengesetzt. Holzarten mit dicht gelagerten, dickwandigen Zellen sind härter, als solche mit weniger Holzfaser. Daher unterscheidet man harte, mittelharte und weiche Hölzer. Die Härte des Holzes hängt nicht nur von dem Wachstum des Baumes ab, sie wechselt auch in demselben Stamme. Langsam gewachsene Bäume mit wenig Sommerholz sind härter, als die unter günstigen Boden- und Witterungs-Verhältnissen schnell aufgeschossenen. Bei allen Bäumen ist das ältere Holz härter, als der Splint. Stücke aus dem untern Stammende pflegen reiferes Holz zu enthalten, als solche aus dem obern Zopfende oder den Ästen. Daher ist die Einteilung nach der Härte vielfach unsicher. Von den bekannten Nutzhölzern rechnet man Eiche, Buche, Esche, Ulme, Ahorn, Mahagoni, Palisander und zahlreiche überseeische zu den harten, während Akazie, Birnbaum, Nußbaum, Pechtanne mäßig hart sind. Weiche Hölzer sind: Linde, Pappel, Birke, Erle, Weide, Zeder, Kiefer, Lärche, Fichte, Tanne.

In gewissem Zusammenhange mit der Härte steht das Gewicht des Holzes. Da die Holzfaser schwerer als Wasser ist, so sind härtere Hölzer in frischem Zustande schwerer, als weiche. Weniger hängt das Gewicht von der Härte bei trockenen Hölzern ab, doch pflegen die weicheren auch dann die leichteren zu sein. Harzreiches Holz ist nach dem Austrocknen schwerer, als mageres; der Splint ist im frischen Holze manchmal schwerer, beim trockenen stets leichter, als das Kernholz. Sonst bedingt noch die Art des Nährbodens der Pflanze Gewicht und Härte. Großporig gewachsene Hölzer derselben Art, deren Poren leer sind, werden weich und leicht sein.

Anders ist es mit der Zähigkeit und Biagsamkeit der Holzarten. Die härtesten Hölzer sind nicht allgemein besonders zähe, aber das junge Holz der harten Holzarten pflegt das zähste zu sein. Die weichen, saftreichen Hölzer übertreffen an Biagsamkeit alle übrigen, aber auch harte, wenig schmiegsame Holz-

arten lassen sich durch Erwärmen zu außerordentlicher Biegsamkeit herrichten, so die sonst als spröde bekannte Rotbuche und Eiche.

Die Federkraft ist eine besondere Eigenschaft gewisser Holzarten; sie hängt wesentlich von dem gleichmäßigen, glattfaserigen Wuchse des Stammes ab. Sehr biegsames Holz pflegt sich gut spalten zu lassen, weil die Fasern der Jahresringe glatt neben einander liegen, und sich leicht von einander trennen. Andererseits ist die geringe Spaltbarkeit mancher Hölzer eine besonders geschätzte Eigenschaft, wie beim Pock- und Weißbuchen-Holze.

Trockenes Holz ist ein schlechter Wärmeleiter. Auf dieser Eigenschaft beruht zum großen Teile seine Verwendung zum innern Ausbaue von Aufenthaltsräumen und zur Herstellung von Geräten, die mit der Hand angefaßt werden.

Von geringer Bedeutung für Eisenbahnzwecke ist der Heizwert des Holzes, aber selbst bei der Benutzung zum Anzünden des Feuers in den Lokomotiven besteht ein Unterschied zwischen gutem, gesundem Stammholze und minderwertigem Astholze, oder gar verdorbenem Holze. Harziges, leicht entzündbares, kerniges Stammholz wird wegen der größeren Heizkraft vorzuziehen sein.

Noch weniger Bedeutung hat der eigentümliche Geruch der Holzarten für die technische Verwendbarkeit. Er dient aber zur Erkennung der Art und Güte gewisser Gebrauchshölzer.

Die Farbe des Holzes ist hauptsächlich für die Herstellung der Innenräume wichtig. Sie wechselt von lichtem, glänzendem Weiß durch die gelben, roten und braunen Farben bis zum tiefen Schwarz. Rotbraun und zartestes Gelb liegen bei zahlreichen Hölzern in scharf sich abhebenden Schichten neben einander; einige zu Kunstarbeiten viel begehrte Hölzer zeigen sogar in demselben Stücke drei Farben, so die Ulme oder Rüster. Die zeitweise Bevorzugung gewisser Hölzer ist in erster Linie ihrer Färbung zuzuschreiben. Wie heute das olivfarbige Nußbaumholz als angesehenstes Tischlerholz gilt, war es vor Jahren das rotbraune Mahagoni, das neuerdings wieder sehr geschätzt wird. Es ist nicht ausgeschlossen, daß demnächst rote oder schwarze Kolonialhölzer beiden den Rang streitig machen.

Die in manchen Hölzern enthaltenen löslichen Farbstoffe haben für das Eisenbahnwesen keine unmittelbare Bedeutung.

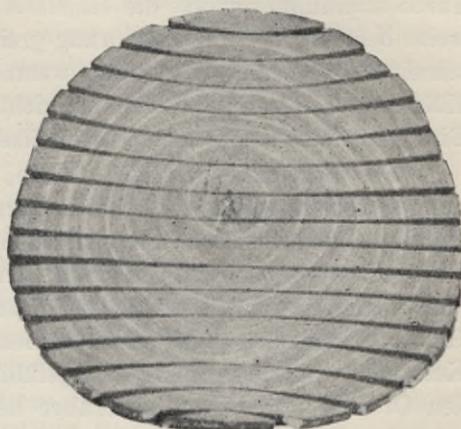
### I. c) Schwinden und Quellen.

Frisch gefälltes Holz ist zur technischen Verwendung wegen seines hohen Wassergehaltes wenig geeignet, denn es verändert Form und Ansehen, sobald es dem Einflusse der Luft ausgesetzt wird. Der Wassergehalt sinkt beim Austrocknen von 50 bis 60 % auf geringe Reste. Im Allgemeinen genügt das Lagern an trockenen Orten, um den Feuchtigkeitsgehalt bis auf 10 bis 12 % herabzumindern. In diesem Zustande, der bei Ganzhölzern mittlerer Stärke nach einigen Jahren erreicht wird, hat der Stamm im Durchmesser bis zu 5 % abgenommen, während die Länge nur eine geringe Verkürzung aufweist. Geschnittene Hölzer ziehen sich am meisten in der Richtung der Jahresringe zusammen, und zwar in den jüngeren Ringen mehr, als in den älteren. Führt man dem Holze wieder Wasser zu, so erreicht es ungefähr die früheren Maße. Solche Veränderungen bezeichnet man als Schwinden und Quellen des Holzes. Schon die wechselnde Feuchtigkeit der Luft bewirkt Schwinden und Quellen, so daß Holzstücke im Gewichte und in den Abmessungen

fortwährenden Veränderungen unterworfen sind. Außerdem schwindet das Holz an den Außenflächen mehr, als im Innern, porige Stellen stärker als dichte, Splintholz mehr als Kernholz. Daher krümmen sich breite Holztafeln beim Trocknen nach der Seite hin, wo am meisten Splintholz sichtbar ist (Textabb. 90). Das Mittelbrett eines Stammes wird an den Rindenseiten dünner, als in der Mitte. „Schwarten“, die der äußern Seite des Stammes entnommen sind, werfen sich derart, daß sie linsenförmigen Querschnitt erhalten. Die übrigen Bretter ziehen sich muldenartig, so daß die ursprünglich der Mitte des Stammes zugekehrte Seite die Wölbung erhält.

An den Hirnenden der Hölzer sind die Safröhren quer durchschnitten, daher trocknen die Enden schneller aus, als die mehr nach der Mitte liegenden Teile, wo die Gefäße geschlossen bleiben. Es entstehen Trockenrisse im Splinte, die sich am Umfange des Stammes entlang ziehen. Im Hirnholze gehen die Trockenrisse strahlenförmig vom Splinte nach der Mitte des Stammes (Textabb. 85).

Abb. 90.



Ulmenstamm, zu Brettern zersägt.

### I. d) Dauer und Zerstörung.

Die Dauer des Holzes hängt mit der wechselnden Wasseraufnahme zusammen; wo diese vermieden wird, kann Holz jahrhundertlang unbeschädigt erhalten werden. Die Zerstörung der Holzfaser wird durch Verbrennung, Zersetzung oder durch allmälige Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft herbeigeführt. Das Holz als Ganzes kann außerdem durch mechanische Zerkleinerung unbrauchbar werden, so durch den Fraß der Kerbtiere. Je dichter und harzreicher ein Holz ist, und je weniger im Wasser lösliche Bestandteile es enthält, desto besser wird es den zerstörenden Einflüssen widerstehen. Auf dieser Erkenntnis beruht die sachgemäße Behandlung der Hölzer vor der Bearbeitung und während des Gebrauches. Durch starkes Austrocknen wird die Holzfaser verdichtet, durch Auslaugen werden Salze und organische Stoffe beseitigt, durch Einführen fäulniswidriger Flüssigkeiten wird das Eindringen von Pilzwucherungen und Kerbtieren verhindert, und durch äußern Anstrich oder Politur wird dem Eindringen von Luft und Feuchtigkeit begegnet.

Bei manchen Hölzern tritt bald nach dem Fällen des Baumes in den saftreichen Schichten Gärung auf, die sich durch Veränderung der Farbe bemerkbar macht, das „Blauwerden“ oder „Ersticken“. Durch zeitiges Entrinden der Stämme und trockenes Lagern läßt sich dieser Fehler vermeiden, der die Schönheit, aber noch nicht die Festigkeit des Holzes beeinflußt.

Weit gefährlicher wirkt die Fäulnis oder Vermoderung, die in verschiedener Form schon am lebenden Baume auftritt.

Die Rotfäule, bei der das Holz eine braunrote Farbe annimmt, verändert

die Holzfaser und raubt ihr den Zusammenhang. Die Stämme werden im Kerne und an anderen Stellen davon befallen. So lange Feuchtigkeit vorhanden ist, geht die Zersetzung weiter. Rotfäule tritt bei Eiche, Kiefer und Fichte häufig auf.

Die Weißfäule, bei der das Holz eine rein weiße, im Dunkeln leuchtende Farbe annimmt, zersetzt die Holzfaser vollkommen. Die Stämme werden fleckenweise befallen, und die Zerstörung greift schnell um sich. Bei lagernden Stämmen schreitet die Weißfäule nur fort, wenn viel Feuchtigkeit vorhanden ist. Harzreiche Hölzer werden von der Weißfäule nicht angegriffen. Häufig tritt sie auf bei Buche, Birke und anderen weichen Laubhölzern.

Die Bezeichnungen Ringfäule, Kernfäule, Astfäule und andere Benennungen beziehen sich auf örtliche Vermoderung der Holzfaser. Außerdem ist das Holz in rohem Zustande mit vielfachen Fehlern behaftet, denen mit entsprechenden Mitteln zu begegnen ist. Trennen sich die Holzfasern im Stamme der Länge nach von einander, ohne sonst zerstört zu sein, so sinkt der Gebrauchswert solcher Hölzer erheblich. Die verschiedenen Benennungen wie: Frostrisse, Windklüfte, Kernschäle, falscher Splint, Spiegelklüfte, Strahlenrisse, deuten auf die Form und den Ort der Fugen hin, sind aber bezüglich ihrer Ursache nicht zu wörtlich zu nehmen. Die beim Lagern des Holzes entstehenden Trockenrisse haben mit diesen Fehlern keinen Zusammenhang.

Manche Unregelmäßigkeiten im Wachstum des Baumes verändern ebenfalls seine Gebrauchsfähigkeit.

Die Maser ist vielfach eine erwünschte Gestaltung, während mit zahlreichen Ästen durchwachsenes Holz minderwertig ist.

Drehwüchsiges Holz, bei dem die Faser der Jahresringe schraubenförmig verläuft, sollte nur in kurzen Stücken Verwendung finden, denn die Verdrehung nimmt beim Schwinden zu, so daß die ebenen Flächen windschief werden. Solches Holz ist zu Brettern nicht geeignet, denn der gerade Sägenschnitt durchschneidet die Längsfaser überspänig, wenn beispielsweise gerade Bretter aus einem krumm gewachsenen Stamme geschnitten werden. Drehwuchs tritt häufig auf bei Kiefer, Fichte, Nußbaum, auch bei der Eiche.

Durch Kerbtiere können sowohl am lebenden Baume, als auch an bearbeiteten Stücken Schädigungen und Zerstörungen hervorgerufen werden. Durch Abfressen der Blätter und Nadeln der Bäume wird das Holz krank und geringwertig. Wird das Holz von Käfer- und Schmetterlings-Larven durchbohrt, so verringern die Hohlräume nicht allein die Festigkeit, sondern sie dienen auch anderen zerstörenden Einflüssen zum Ausgangspunkte. Einige Kerbtiere zerfressen nur den Splint, andere bohren quer durch Splint und Kernholz; die meisten bevorzugen eine einzige Holzart, andere leben in harten und weichen Hölzern fast ohne Wahl. Am häufigsten werden Pappel, Tanne, Eiche, Esche von ihnen heimgesucht.

Auf die Güte des Holzes und auf seine Fehler ist schon der Forstbetrieb von Einfluß, denn der Keim der meisten Fehler entsteht schon im Walde.

### I. e) Wachstum und Bezeichnung.

In der Forstwirtschaft unterscheidet man Hoch- und Nieder-Waldbetrieb. Dazwischen liegen einige Verfahren, die sich mehr dem einen oder dem andern anschließen, oder auch als Mittelwaldbetrieb zugleich Hoch- und Nieder-Wald auf

derselben Fläche bauen. Bei Hochwald geschieht die Verjüngung des Bestandes durch Saat oder Pflanzung. Die einzelnen Bäume werden bis zum wirtschaftlich höchsten Holzwerte gebracht; dann wird der ganze Schlag abgeholzt, Kahlhieb. Reinen Hochwaldbetrieb zeigen die Nadelholzwaldungen. Die Umtriebszeit ist 80 bis 130 Jahre. Bezieht sich der Forstbetrieb auf besondere Arten des Verbrauches, wie auf Grubenhölzer, so wird die Umtriebszeit entsprechend verkürzt. Bei Niederwald erfolgt die Verjüngung durch Wurzel- oder Stamm-Ausschlag; die Umtriebszeit ist 12 bis 30 Jahre; nur schwache Hölzer werden erzeugt. Niederwaldwirtschaft kann nur mit Laubbölzern betrieben werden, weil nur diese sich durch Ausschlag verjüngen.

Wo Bodenbeschaffenheit und Witterung gemischte Bestände erheischen, können einzelne Bäume zu voller Holzausnutzung stehen bleiben, dazwischen kann Niederwald gepflegt werden. Die Bodenbeschaffenheit ist für das Wachstum jeder Pflanze von höchster Wichtigkeit. Gutes Holz kann nur erzeugt werden, wo die Art des Baumes und seine Lebensbedingungen dem Nährboden angepaßt sind. Sehr schnelles Wachstum erzeugt zwar ansehnliche, aber weiche und großporige Hölzer. Zu langsame Entwicklung der Bäume ergibt meist sehr dichtes Holz, aber die Stämme sind knorrig und kurz. Dichte Waldbestände liefern astreine, schlanke Stämme, die dem Angriffe der Kerbtiere und Moose weniger ausgesetzt sind, als Hölzer aus dem Mittelwalde.

Die Fällzeit der Bäume übt auf das Holz insofern Einfluß aus, als der Saftgehalt nach der Jahreszeit wechselt. Frisch gefälltes Holz enthält 20 bis 60 % Wasser. Im Winter ruht das Wachstum, die Poren sind geschlossen; eine Zersetzung der Stärke-, Zucker- und Eiweiß-Stoffe tritt zunächst nicht ein. Das Splintholz, das im Frühjahr und Herbste aus neugebildeten, dünnwandigen Zellen besteht, ist im Winter weniger wasserreich und widerstandsfähiger gegen Verderben; darum gelten die Wintermonate als die günstigste Fällzeit. Nach dem Fällen kommt es darauf an, dem Holze möglichst schnell, jedenfalls noch vor Eintritt der warmen Jahreszeit, Wasser zu entziehen.

Laubbölzer werden daher ganz oder teilweise entrindet, damit sie schneller austrocknen. Bei Nadelhölzern ist das Entrinden weniger üblich, weil das Holz leicht rissig und harzarm wird. Das Trocknen an der Luft muß sich überhaupt dem spätern Verwendungszwecke anpassen. Nutzhölzer für Werkstätten sollen vor dem Zerteilen möglichst lufttrocken sein, während Schwellen und Stangen für Oberleitungen, wenn sie nicht im Wasser lagern können, den Tränkanstalten tunlich frisch übergeben werden sollten.

Das dem Walde entnommene Holz wird seinem Gebrauchszwecke unter den verschiedensten Benennungen zugeführt. Zunächst unterscheidet man im Holzhandel Ganzholz, Spaltholz und Schnittholz. Runde oder nur wenig mit der Axt behauene Stämme, die der Länge nach ungeteilt sind, jedoch ohne Wipfelende und Äste, sind Rund- oder Ganz-Holz. In bestimmte Längen zersägte Ganzhölzer nennt man Sägeblöcke, Klötze; die schwächeren Ganzhölzer kommen als Stangenholz, Grubenholz oder als Krummholz in den Handel. Die zum Flößen bestimmten Nadelhölzer werden vielfach entrindet, die Laubbölzer mit der Axt kantig behauen, die dann als Kantholz, Eckholz, beschlagenes Holz bezeichnet werden. Die Bearbeitung geht gewöhnlich nicht so weit, daß scharfkantige Stücke hergestellt werden, sondern es bleiben breite Baumkanten, Wald-

kanten, Wahnkanten stehen. Eichen- und andere starke Stämme werden dabei in mäßig lange Stücke zerlegt. Werden solche Ganzhölzer der Länge nach durch einen Sägeschnitt in zwei gleiche Teile zerlegt, so erhält man Halbhölzer; ist der Stamm der Länge nach in vier gleiche Teile zerschnitten, so entstehen Viertel- oder Kreuz-Hölzer.

Spaltholz wird erzeugt, wenn die in mäßig lange Stücke zerlegten Rundhölzer durch Zerspalten in gleichlange Stücke geteilt werden. Die große Masse des Spaltholzes wird als Scheitholz oder Klobenholz nach weiterer Zerkleinerung zum Verbrennen hergerichtet. Die besseren, glatten Stücke sind für den Wagenbau, den Schiffsbau, die Böttcherei und zahlreiche Zweige der feinem Holzverarbeitung geeignet. Auch das als „Span“ und „Draht“ bearbeitete, selbst das zu Fournieren gespaltene oder gestoßene Holz kann man dem Spaltholze zurechnen. Vereinzelt werden dünne, schlanke Stämme in ganzer Länge gespalten und kommen als Latten, Stakhölzer, Leiterbäume und unter anderen Benennungen in den Handel.

Als Schnittholz bezeichnet man alle Erzeugnisse der Sägemühlen, wie Balken, Bohlen, Bretter, Latten, Pfosten, Staffeln, Stollen, Fourniere und andere. Die zahlreichen Benennungen schließen sich meist an die Benutzung an, sind aber oft nur in einzelnen Landesteilen oder Stromgebieten üblich.

Brennholz und Strauchwerk werden nach dem Raume bewertet, den sie in geschichteten Haufen einnehmen, also nach „Raummeter“. Bei den meisten Nutzholzarten wird der Preis nach dem Kubikinhalte, dem „Festmeter“ bemessen; es haben sich jedoch hierbei verschiedene Gebräuche und Formen herausgebildet. Der deutsch-österreichische Holzhändlerverein bestimmt

als Regellängen 3; 3,5; 4; 4,5; 6 m,

„ Stärken 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 5 cm,

„ Breiten 34; 32; 30; 28; 26; 24; 22; 20; 18; 16; 14; 5 cm.

Nach den Listen des „Berliner Holz-Comptor“ werden runde Hölzer in Längen von 1,0 bis 20,0 m, stets um 0,2 m steigend, gemessen, im Durchmesser von 0,11 bis 1,00 m, um 0,01 m steigend.

Runde Hölzer werden in Längen von 1,0 bis 20,0 m, stets um 0,2 m steigend, nach dem Umfange gemessen, in Umfängen von 0,32 bis 3,30 m, je um 0,02 m steigend.

Kant- und Balken-Hölzer werden

in Längen von 1,0 bis 20,0 m, je um 0,2 m steigend,

„ Stärken „ 0,08 „ 0,23 m „ „ 0,01 m „

„ „ „ 0,24 „ 0,60 m „ „ 0,02 m „

in den Mindestbreiten von 0,08 bis 0,23 m, je um 0,01 m steigend,

„ „ „ „ 0,24 „ 0,60 m „ „ 0,02 m „

gemessen.

Bretter und Bohlen werden

in Längen von 1,0—10,0 m, je um 0,2 m steigend,

„ Stärken „ 0,015—0,02—0,025—0,03—0,035—0,04,

0,05—0,06—0,065—0,07—0,08—0,09—0,10,

0,105—0,11—0,12—0,13—0,14—0,16 m,

„ Breiten „ 0,02—0,40,

0,04—0,42, auch 0,62,

0,22—1,00 m,

je um 0,02 m steigend gemessen.

Dünnere Bretter und Fourniere werden in qm gemessen, Latten und ähnliche Stücke nach Längen in m. Kostbare Hölzer, besonders überseeische, sofern sie in Blöcken eingeführt werden, kauft man nach dem Gewichte. Zugeschnittene Holzstücke gleicher Abmessung, wie Schwellen und Hammerstiele werden nach Stück gekauft.

Bezüglich der Stärke sind stets die bestellten Maße in Ansatz zu bringen, und zwar gelten diese Maße für Bretter und Bohlen in völlig ausgetrocknetem Zustande. Die Längen und Breiten sind in der Weise zu berechnen, daß bei Hölzern, die mit ihren Abmessungen innerhalb des Rahmens der Liste liegen, sich aber nicht genau damit decken, ohne Berücksichtigung der Höhe des Übermaßes, stets die nächst niedrigeren, in den Listen enthaltenen Abmessungen zum Ansatz gelangen. Ausgenommen hiervon sind die Hölzer, für die bei der Bestellung bestimmte, in den Listen nicht enthaltene Abmessungen besonders verlangt werden. Diese und Hölzer, die mit ihren Abmessungen überhaupt ganz außerhalb des Rahmens der Listen liegen, sind unter Ansatz der wirklichen Abmessungen in der eben angegebenen Weise auf drei Dezimalstellen besonders zu berechnen.

### I. f) Herkunft und Behandlung.

Unter den Holz erzeugenden Ländern stehen Rußland, Kanada, Schweden, Österreich-Ungarn und Preußen in erster Linie, aber auch die übrigen Länder kommen für die Holzgewinnung in Betracht. Die kostbarsten Hölzer stammen aus Amerika, Australien, Asien und Afrika. Am meisten auswärtiges Holz wird in England verbraucht, aber auch in Deutschland, Frankreich, Italien überwiegt die Einfuhr ausländischen Holzes. Für die Versendung werden die Wasserwege bevorzugt. Der Holzhandel hat sich daher an den großen Strömen und den Seehäfen angesiedelt.

Aus Kanada und dem Norden der Vereinigten Staaten wird hauptsächlich Kiefernholz in mehreren Arten, Weymouthkiefer, Pitchpine, Yellowpine, ausgeführt, außerdem Eiche, Walnuß, Mahagoni.

Schweden liefert für das Ausland fast ausschließlich Fichten- und Kiefernholz, ersteres in bedeutenden Mengen als glatt bearbeitete Bretter. Außerdem Espenholz in verschiedenen Formen für Zündhölzer.

Rußland liefert Eichen-, Kiefern- und Fichten-Holz und in geringerer Menge Lärche, Ahorn, Buche, Eberesche und Linde. Die russischen Hölzer werden geflößt, sie gelten daher als „Wasserhölzer“.

Aus Österreich kommt Eichen-, Eschen-, Kiefern-, Fichten- und Lärchen-Holz in größeren Mengen.

Deutschland erzeugt und versendet hauptsächlich Eichen-, Kiefern-, Fichten- und Tannen-Holz, aber auch zahlreiche andere Hölzer, wie Nußbaum, Kastanie, Esche, Ahorn werden teils auf dem Landwege, teils über See ausgeführt.

Aus der Art der Versendung ergeben sich gewisse Gebräuche für die Aufbewahrung und die spätere Lagerung der Hölzer. Geflößte Hölzer läßt man möglichst lange im Wasser liegen, um sie dann bald zu zerteilen, oder sie unausgetrocknet den Tränkanstalten zuzuführen. Bei allen übrigen Nutzhölzern kommt es darauf an, durch möglichst vollkommene Trocknung schnell den Wassergehalt zu verringern, um das Holz nach der Verarbeitung gegen Aufnahme von Feuchtigkeit widerstandsfähig zu machen. Je größer die einzelnen Stücke sind, desto langsamer

muß getrocknet werden, damit keine Trockenrisse entstehen. Ganze Stämme werden bei sorgfältiger Behandlung nur teilweise entrindet; Bohlen und Bretter läßt man nicht im Freien liegen, damit sie nicht durch Sonne und Regen leiden; auch muß sich die Durchlüftung der Lagerräume nach der Witterung richten. Das Holz soll so gestapelt werden, daß jedes Stück von allen Seiten von der Luft umspült wird. Um jedoch die Hirnenden vor zu schnellem Austrocknen zu bewahren, legt man die Stapelhölzer bündig mit den Hirnflächen, bestreicht oder beklebt die Hirnenden, schlägt Klammern ein oder zieht Schrauben durch das Ende der Bretter und schützt sie an sonnigen, trockenen Tagen vor Zugluft. Ferner ist Sorge zu tragen, daß sich die einzelnen Stücke nicht krümmen. Die langen Hölzer müssen der bessern Unterstützung halber zu unterst liegen; auch sollen so viele Stapelhölzer zwischengelegt werden, daß die einzelnen Stücke sich nicht sichtbar durchbiegen. Bei weichen Hölzern ist den Schimmel- und Pilz-Bildungen besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Für alle Holzarten ist es günstig, wenn sie zeitweise umgepackt und die schadhafte Stücke entfernt werden. Zur Verwendung des Holzes in trockenen Räumen genügt die einfache Lufttrocknung nicht; dazu ist künstliche Austrocknung nötig, indem man das Holz in geheizten Trockenkammern dörft. Die Wärme treibt Luft und Saft aus den Poren des Holzes und verändert den Inhalt der Zellen. Auch die Auslaugung mit überhitztem Wasserdampfe und die Anwendung der Luftverdünnung in den Trockenkammern sind Mittel, um das Holz dichter und widerstandsfähiger zu machen. Zugleich werden diese Mittel angewendet, um Holz für die Aufnahme fäulniswidriger Stoffe vorzubereiten, was besonders bei Eisenbahnschwellen, Telegraphenstangen und anderen, der Witterung ausgesetzten Hölzern geschieht.

## C. II. Werkstatt-Nutzhölzer.

Bearbeitet von W. Kuntze.

### II. a) Allgemeine Anforderungen.

An die Beschaffenheit der Werkhölzer können nicht überall dieselben Anforderungen gestellt werden, weil sich diese, außer dem Verwendungszwecke, der Holzart und der Eigenart der Waldbestände anpassen müssen. Für die am meisten verwendeten Eichen- und harzreichen Nadel-Hölzer gelten indes nahezu übereinstimmende Vorschriften:

Das Nutzholz muß im Winter gefällt, gesund, lufttrocken, möglichst astfrei, geradfaserig, zäh, fest und frei von Rissen sein. Die Bretter und Bohlen sollen gerade und möglichst ohne Kernröhren, auf der Flachseite und Kante nicht überspänic und nicht aus den Zopfenden geschnitten sein.

Deutsche und österreichische Bahnen fordern außerdem noch, daß die Werkhölzer nur aus sorgfältig ausgesuchten, gesunden, auf trockenem Boden und nicht gedreht gewachsenen Stämmen geschnitten sein müssen, daß die Hölzer nicht abgestanden, kernfaul, kernrissig, abhölzig, überständig, angefault, wurmstichig, kurzbrüchig, splintreich, kernschällig, morsch, rotfaul, schwammig seien. Auch sonstige, die Festigkeit und die Verwendbarkeit beeinträchtigende Fehler, wie lose oder zu tief gehende Äste, mit unbewaffnetem Auge erkennbare Krankheitszeichen sind unzulässig.

Bezüglich der Zurichtung der Hölzer wird verlangt, daß die besäumten Hölzer vollkantig seien, die vorgeschriebenen Maße genau eingehalten werden, die Bretter in der ganzen Länge gleiche Stärke haben und an allen vier Seiten rechtwinkelig und glatt geschnitten sind. Für Bau- und Brücken-Hölzer wird zugelassen, daß einbäumige Hölzer den Kern enthalten; sonst aber müssen sie so zugeschnitten sein, daß der Kern des Baumes möglichst entfernt ist, oder sie müssen durch den Kern geschnitten sein.

## II. b) Eichen- und Kastanien-Holz.

Das wichtigste Nutzholz liefern einige Eichenarten, deren Holz nur unwesentliche Verschiedenheiten aufweist (Textabb. 87 und 88).

Die Stiel- oder Sommer-Eiche, *quercus pedunculata*, mit langgestielten Früchten, ist in ganz Europa verbreitet. Ihr Holz ist großporig, grobfaserig, hart und zähe, im Kernholze braun, im Splinte fast weiß mit breiten Jahresringen. Das Gewicht in lufttrockenem Zustande beträgt 650 bis 900 kg/cbm.

Die Stein- oder Winter-Eiche, *quercus robur*, *quercus sessiliflora*, mit fast stiellos sitzenden Früchten, kommt ebenfalls in ganz Europa vor, bevorzugt aber hohe, trockene Standorte. Das Holz ist großporig, grobfaserig, sehr hart, im Kerne braun, im Splinte heller und hat engere Jahresringe, als die Stieleiche. Die weniger mächtigen, knorrigen Stämme liefern nicht so ansehnliches Nutzholz. Das Gewicht beträgt 700 bis 1000 kg/cbm.

Die Zerreiche, *quercus cerris*, mit länglich zugespitzten Früchten, kommt im südlichen Europa, besonders in Österreich vor. Das Holz gleicht dem der Stieleiche.

Die Sumpfeiche, *quercus palustris*, in Amerika heimisch, ist vereinzelt auch in Europa angepflanzt. Das Holz entspricht in seinen Eigenschaften dem der Stieleiche.

Die besonderen Bedingungen für die Lieferung von Eichennutzholz bestimmen, daß es vollkantig, lufttrocken und frei von Splint sein soll, oder daß die Splintkanten bei nicht splintfreien Hölzern in Abzug gebracht werden, falls die Hölzer dann noch brauchbar erscheinen.

Die Prüfung erfolgt durch Besichtigung jedes zur Anlieferung vorgelegten Stückes. Es ist zweckmäßig, bei der Anforderung den Verwendungszweck anzugeben, damit bestgeeignete Hölzer geliefert werden, also etwa: Das Eichenholz ist vorzugsweise zur Anfertigung von Kastengerippen von Personenwagen, Trittbrettern, Pufferbohlen und Rungen von Güterwagen bestimmt.

Für Zwecke des Schiffbaues sollen die Eichenkrummhölzer aus entsprechend gewachsenen Stämmen geschnitten sein.

Dem Eichenholze im Ansehen ähnlich ist das Holz der echten Kastanie, *castanea vesca*, ihm fehlen aber die auffallenden Markstrahlen, auch ist das Gefüge weniger grob. Das Kastanienholz ist mittelhart, spaltet leicht und eignet sich zu leichteren Holzwaren und Täfelungen, auch zu gebogenen Tischlerarbeiten

Das Holz der Roßkastanie, *aesculus hippocastanum*, ist noch weicher und zarter. Die Jahresringe zeigen sich als helle Linien, es spaltet schwer und reißt beim Trocknen nicht, wird daher zu feinen Holzschnitzarbeiten verwendet.

### II. c) Eschenholz.

Die Esche, *fraxinus excelsior*, ist ein in ganz Europa vorkommender Baum von mäßiger Stärke und schlankem Wuchse. Das Holz (Textabb. 91) ist großporig, hell, seidenglänzend, dem Splintholze der Eiche im Aussehen ähnlich. Es ist mäßig hart, sehr zähe, nachgiebig und läßt sich leicht bearbeiten.

Abb. 91.



Esche, Längsschnitt.

Schön geflammte und hellbraun geäderte Eschenhölzer sind als Tischlerhölzer geschätzt; die Maser der ungarischen Esche gilt wegen der hervorragend schönen Zeichnung und zarten Farbe als Prunkholz ersten Ranges.

Eschenholz ist weniger widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit als Eichenholz; es wird daher vorzugsweise zum innern Ausbaue der Räume verwendet und zu leichten gefälligen Gegenständen. Es wiegt 600 bis 900 kg/cbm.

Für die Abnahme und Prüfung gelten die Bedingungen für Eichenholz.

### II. d) Buchenholz.

Die beiden im mittlern und westlichen Europa als Waldbäume vorkommenden Buchenarten sind als Pflanzen und im Holze durchaus verschieden. Fast nur die jungen Blätter der Rotbuche und Weißbuche haben Ähnlichkeit.

Die Rotbuche, *fagus sylvatica*, ist ein gewaltiger, stolzer Baum, dessen Lebensbedingungen denen der Eiche nahe stehen. Die Früchte, Bucheckern, sind becherständig. Die Buchenwälder sind vielfach in geschlossenen, reinen Beständen vorhanden, und liefern bei 120 bis 140 Jahren Umtriebszeit große Massen sehr ansehnlicher Hölzer, deren Verwertung jedoch vielfach schwierig ist, weil das harte, kurzbrüchige Holz nach der Verarbeitung leicht reißt, sich stark wirft und wenig haltbar ist. Daher pflegt der Preis für Rotbuchenholz nur dem der wohlfeilen Nadelhölzer zu entsprechen.

Das Holz (Textabb. 92) ist im ganzen Stamme gleichmäßig rötlich gefärbt, nur bei sehr starken Stämmen nach der Rinde hin etwas heller. Die Jahresringe sind wenig erkennbar; zahlreiche Markstrahlen von 2 bis 5 mm Breite zeigen sich auf der Schnittfläche als kurze, dunkelbraune, glänzende Striche.

Das Holz wird vorteilhaft in kurzen Stücken da verwendet, wo es auf harte Oberfläche und dichtes Gefüge ankommt. Gedämpft läßt es sich leicht biegen und pressen und behält nach dem Trocknen die ihm gegebene Form unverändert bei. Es wird zu Tischler- und Stellmacher-Arbeiten, Bürstenhölzern, Handgriffen und ähnlichen Gegenständen verarbeitet, obwohl es die Politur schlecht annimmt und hält. Es wiegt 600 bis 850 kg/cbm. Buchenholz soll durchaus astrein, trocken, ohne roten Kern, ohne Trockenrisse und in ungekrümmten Stücken geliefert werden; Bremsklötze sollen fertig zugeschnitten sein.

Die Weißbuche, *carpinus betulus*, auch Hainbuche, Hornbuche genannt, bildet stark verästelte, knorrige, nur mäßig starke, vielfach drehwüchsige Stämme.

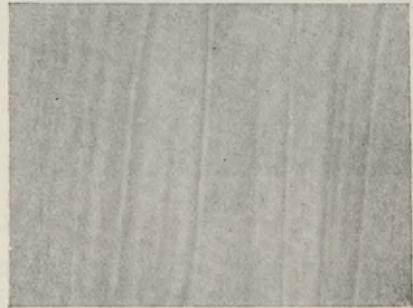
Sie wird viel als Heckenpflanze verwendet und gedeiht nördlicher und auf ärmeren Bodenflächen, als die Rotbuche. Das weißliche, atlasglänzende Holz (Textabb 93) hat breite, matt glänzende Markstrahlen und wenig deutliche Jahresringe. Das Splintholz zeigt einen Stich ins Gelbliche, ohne sich wesentlich von dem Kernholze zu unterscheiden. Es ist sehr dicht, hart, zähe und schwer spaltbar; es trocknet langsam, reißt nicht, schwindet wenig und wirft sich nicht, daher wird es zu Maschinenteilen, Geräten, Hammerstielen, Werkzeugen, Drechslerarbeiten und als Schmuckholz zu Tafelungen verwendet. Besonders Stücke mit zarten Querstreifen

Abb. 92.



Rotbuche.

Abb. 93.



Weißbuche.

und hellen Glanzpunkten sind als Fourniere geschätzt. Außerdem dient das Holz zum Belegen viel begangener Treppenstufen, weil es sich langsam und splitterfrei abnutzt. Es wiegt 600 bis 850 kg/cbm und steht im Preise dem Eichenholze nur wenig nach.

Bei der Anlieferung ist darauf zu achten, daß die Stücke in der Farbe gleichmäßig sind. Holz zu Bremsklötzen wird zweckmäßig in starken, möglichst breiten und langen Bohlen geliefert. Zur Anfertigung von Hammerstielen müssen die Hölzer geradfaserig und nicht überspänig geschnitten sein.

## II. e) Ahorn- und Platanen-Holz.

Fast über ganz Europa verbreitet findet man den Feldahorn, während der Bergahorn hauptsächlich in Deutschland und auf den Gebirgen Mitteleuropas vorkommt, der Spitzahorn bis in die nördlichsten Baumgegenden vordringt.

Der Bergahorn, *acer pseudoplatanus*, ist ein kräftiger Baum mit hochstrebendem Stamme mittlerer Stärke. Das Holz (Textabb. 94) ist fast weiß, mit schmalen, glänzenden, bräunlich schimmernden Markstrahlen. Die Jahresringe zeigen sich als wenig auffallende Linien, so daß die glatt gehobelte Fläche damastähnliches Aussehen gewinnt. Das Holz ist dicht und zähe, mäßig hart, spaltet nicht leicht, reißt beim Trocknen nicht und wirft sich nicht. Es wird zu feinen Tischlerarbeiten, Schnitzereien, Möbeln, Tafelungen und kleineren Geräten verwendet. Als Fourniere sind die glattfaserigen und die gemaserten Stücke besonders geschätzt. Ahornfourniere schmiegen sich der Unterlage vorzüglich an, haften fest und sind deshalb zur Deckung der Rückseite dünner Holztafeln als Blindfourniere besonders geeignet.

Der Spitzahorn, *acer platanoides*, ist dem vorigen ähnlich, die Rinde des Stammes ist rauher und dunkeler, die Blätter größer und spitziger gezackt. Das

Holz ist weniger weiß und dicht. Es wird in gleicher Weise verwendet, wie Bergahornholz, vorzugsweise aber auch zu Stellmacher- und gröberen Tischler-Arbeiten.

Der Feldahorn, *acer campestre*, hat große, weniger tief zerschlissene Blätter und glatter Stamm, als der Spitzahorn. Das Holz ist dicht, hart und zähe, wie

Abb. 94.



Ahorn.

das des Bergahornes, und zeigt auf der gehobelten Fläche einen Stich ins Rötliche. Die zur Verwendung gelangenden Hölzer haben meist geringen Durchmesser, werden daher hauptsächlich zu Stielen, gebogenen Sachen, Stiften und kleineren Arbeiten verwendet.

Besondere Beachtung findet das Ahornmaserholz für Möbel und Täfelungen. Ungarische und russische Vogelaugenmaser zählen zu den kostbarsten Holzarten.

Ahornholz steht im Preise dem Eichenholze nur wenig nach. Bei sonst gleicher Beschaffenheit wird Bergahornholz höher ge-

schätzt, als die anderen Ahornhölzer. Das Gewicht beträgt 530 bis 810 kg/cbm.

Dem Ahornholze ähnlich ist das Holz der Platane, *platanus occidentalis*. Der mächtige, sich in breit ausladende Äste teilende Stamm gibt gutes, sehr dichtes, hellrötliches Holz, mit hohem Glanze in der Spiegelfläche. Es ist nicht so zähe, wie Ahornholz und eignet sich deshalb mehr zu Gegenständen von geringer Länge.

Bei der Abnahme der Ahornhölzer ist der Verwendungszweck maßgebend. Sollen Modelle und Werkzeuge daraus gefertigt werden, so ist gekrümmtes, ästiges oder Maserholz auszuschließen. Übrigens soll das Holz lufttrocken, fein, von schöner weißer Farbe, hart und dicht sein.

## II. f) Ulmen- oder Rüster-Holz.

Die Gattung Ulme ist vorzugsweise durch drei Arten im mittlern und nördlichen Europa vertreten.

Die Feldulme oder Feldrüster, *ulmus campestris*, auch glatte Rüster genannt, bildet schlanke, ziemlich starke Stämme. Sie wird als Waldbaum im Hochwalde, aber auch als Schmuck- und Reihen-Baum angepflanzt.

Abb. 95.



Ulme oder Rüster.

Das Holz (Textabb. 95) ist im Splinte lichtgelb, im reifen Holze rötlich, eichenholzähnlich, im Kernholze dunkelbraun, nußbaumartig. Die Poren stehen in schmalen Bändern, die sich scharf gegen das dichte, breite Ringholz absetzen. Das Holz ist ziemlich hart, sehr zähe, fest und biegsam; es spaltet nicht leicht, wirft sich beim Trocknen wenig und hält sich im Trocknen und bei Feuchtigkeit gleich gut. Man braucht es vorzugsweise zu

Wagenrädern, Maschinenteilen und Geräten. Auch zu Möbeln und Täfelungen wird Ulmenholz wegen seiner wechselnden Holzfarbe oft verwendet, obwohl das helle Holz unter der Politur ein mattes, aschfarbiges Ansehen annimmt.

In verstärktem Maße gilt dieses von dem Holze der Flatterulme, *ulmus effusa*, auch weiße oder rauhe Rüster genannt, die nicht so weit nördlich gedeiht, wie die beiden anderen Arten. Bei dieser ist das gelbe Holz sehr breit, weniger fest und nicht so zähe, wie das der Feldrüster. Wegen des geringern Gewichtes nimmt man es mit Vorliebe zur Anfertigung leichter Wagenteile, wie Sitzlatten und Verdeckteile. Es wiegt 550 bis 820 kg/cbm.

Das Holz der Korkrüster, *ulmus suberosa*, ist dem vorigen ähnlich. Die Stämme sind meist stark verästelt und wenig dick, so daß die Benutzung beschränkt ist.

Im Wagenbaue wird Ulmenholz zu Säulen, Dachträgern und sonstigen Stücken verwendet, um das schwerere und teurere Eichenholz zu ersetzen. Im Preise steht es dem Eschenholze meist etwas nach, obgleich es bei gleicher Festigkeit und Zähigkeit dauerhafter ist.

Für die Abnahme des Rüsterholzes gelten die Bedingungen wie für Eschenholz.

## II. g) Nußbaumholz.

Die beiden in Frage kommenden Arten des Walnußbaumes sind im mittlern und südlichen Europa, in Asien und Nordamerika heimisch. In Europa wird der Nußbaum nicht als Waldbaum, sondern im Einzelstande hauptsächlich zur Gewinnung der Nüsse angepflanzt. An Höhe und Stärke des Stammes und der breit ausladenden Äste kommt er der Kastanie gleich.

Der echte Walnußbaum, *juglans regia*, hat dunkelbraunes, im Splinte weißliches Holz mit deutlichen Jahresringen und kaum erkennbaren, feinen Markstrahlen (Textabb. 96). Die großen, im ganzen Querschnitte verteilten Poren und die schwärzlichen und olivfarbigen Streifen geben dem Holze die eigenartige, geflammte oder gebänderte Zeichnung, durch die es zum höchstgeschätzten Möbelholze geworden ist. Es ist mäßig hart, reißt beim Trocknen wenig, hält sich im Trocknen sehr gut und nimmt die Politur vorzüglich an.

Der amerikanische Nußbaum, *juglans nigra*, auch schwarze Walnuß genannt, übertrifft den vorigen an Höhe des Wuchses und Stammdurchmesser. Das Holz ist dem des echten Nußbaumes sehr ähnlich, etwas dunkeler, mitunter bläulich gefärbt, dichter, härter und für dunkle Tischlerarbeiten sehr geschätzt.

Besonders wertvoll sind die gemaserten oder geflammten Fourniere des italienischen und spanischen Nußbaumes. Der Preis des gewöhnlichen Nußbaumholzes übertrifft den des Eichenholzes; gute Stämme werden mit dem doppelten Preise und höher bezahlt. Das Gewicht beträgt 590 bis 810 kg/cbm.

Die Lieferbedingungen der preußisch-hessischen Staatsbahnen schreiben vor, daß das Nußbaumholz, seiner Verwendung zu feinen, sauber auszuführenden Tischlerarbeiten entsprechend, von bester Beschaffenheit, gerade gewachsen, fein- und dichtfaserig sein und genau die vorgeschriebene Stärke haben muß. Es soll von brauner bis dunkelbrauner Farbe, sonst von der Beschaffenheit des amerikani-

Abb. 96.



Nußbaum.

sehen Nußbaumholzes sein. Andere deutsche Eisenbahnverwaltungen verlangen, daß das Holz lufttrocken, dunkel, feinjähig, hart und dicht sein muß.

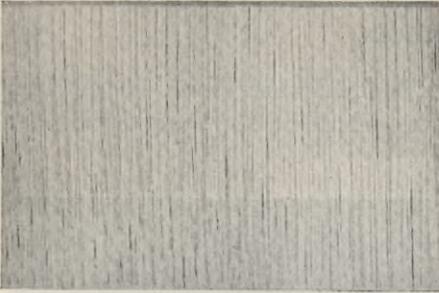
Als Muster werden zu den Angeboten Abschnitte von 40 cm Länge, 20 cm Breite und 1 cm Stärke verlangt. Bei der Abnahme werden die Musterstücke zum Vergleichen der Härte, des Aussehens und des Gebrauchswertes benutzt.

Für die Lieferung unbesäumter Hölzer werden gewöhnlich Mindestmaße in Länge und Breite vorgeschrieben, beispielsweise Länge nicht unter 2,6 m, Breite nicht unter 300 mm am Zopfende.

## II. h) Hickoryholz.

Der Hickorybaum kommt in Nordamerika vor; die beiden Arten, *carya alba* und *carya porcina*, liefern hauptsächlich das Nutzholz (Textabb. 97). Das Kern-

Abb. 97.



Hickory.

holz ist rötlichbraun, dem Nußbaumholze ähnlich, der Splint weiß. Die großen, zerstreut liegenden Poren erinnern an Eichen- oder Eschen-Holz. Es kommt an Härte diesen Hölzern gleich, ist aber besonders zähe und nachgiebig. Daher wird es vorwiegend als Wagnerholz und zu Hammerstielen verwendet. Braunes und rotes Hickoryholz ist härter und spröder, als weißes. Fertige oder halbfertige Hammerstiele sollten deshalb nur aus weißem Holze bestehen. Das Gewicht ist 600 bis 900 kg/cbm. Bei der Abnahmeprüfung kommt

es darauf an, daß die Hölzer nicht überspänig geschnitten sind, daß die braunen Stellen bei der Bearbeitung abfallen, und daß das Holz dem für die Lieferung ausgelegten oder dem Angebote beigefügten Muster an Güte gleichkommt.

## II. i) Akazienholz.

Die Akazie, *robinia pseudoacacia*, auch unechte Akazie oder Robinie genannt, ist ein mittelhoher Baum, der milde Witterung und geschützten Standort verlangt.

Abb. 98.



Akazie.

Sie gedeiht auch in dichten Beständen im Niederwalde. Das Holz (Textabb. 98) ist dem Eschen- und Hickory-Holze ähnlich. Es zeigt breite Porenbänder, hat schmalen, schwefelgelben Splint und grünlichgelben oder braunen Kern. Es ist ziemlich hart, sehr zähe, leicht und biegsam. Man verwendet es als Wagnerholz und zu Hammerstielen; es erreicht jedoch die Güte des Hickoryholzes nicht, zeichnet sich aber durch geraden Wuchs aus. Es wiegt 580 bis 850 kg/cbm.

Für die Abnahmeprüfung ist das Probestück maßgebend. Die Hölzer sollen nicht aus schwachen Stämmen mit breiten Jahresringen geschnitten sein. Hammerstiele mit dem Kerne in der Mitte sind minderwertig.

## II. k) Mahagoniholz.

Unter diesem Namen werden hochrote Hölzer verschiedener Bäume aus Süd- und Mittelamerika, Australien, Asien und Afrika in den Handel gebracht. Die Blöcke werden in ungewöhnlichen Abmessungen, bis zu 1 m stark, vollkantig behauen, ohne Kern und Splint verfrachtet.

Die Mahagonibäume, *swietenia mahagoni*, *swietenia multijuga*, *khaya senegalensis* und andere Zeder-, sowie einige Eukalyptus-Arten liefern rote Hölzer von verschiedener Härte und wechselndem Nutzwerte. Die besseren Arten kommen in ansehnlichen Blöcken von den westindischen Inseln und Mittelamerika, während die gewaltigen Stämme von Honduras und Australien gewöhnlich weiches, großporiges Holz enthalten, das sich an Güte und Ansehen dem Zigarrenkistenholze nähert. Gutes Mahagoniholz (Textabb. 99) ist rotbraun geflammt, dicht, hart, spaltet schwer, reißt beim Trocknen nicht und hält sich trocken und feucht sehr gut. Das Schwindmaß des echten Mahagoni wird auf 1,44 % angegeben. Außerdem verbindet es sich mit dem Tischlerleime so gut, wie wenige Hölzer, und nimmt die Politur vortrefflich an, wobei es in verhältnismäßig kurzer Zeit stark nachdunkelt. Daher ist es zu allen feineren Tischlerarbeiten besonders geeignet. Gute Fournierblöcke erzielen beim Verkaufe mitunter Preise, die den Durchschnittswert um das Hundertfache übertreffen. Pyramiden- und Maserholz ist besonders gesucht.

Abb. 99.



Mahagoni.

Die weiten Poren des Holzes enthalten Harz und Kristalle von oxalsauerm Kalke. In der sandigen Asche sind Kalkkörnchen sichtbar. Das Gewicht beträgt 650 bis 1600 kg/cbm. Noch leichtere Sorten, die unter dem Namen spanisches Zedernholz von den westindischen Inseln eingeführt werden, finden als Blindholz oder Unterfourniere Verwendung.

Für die Abnahme ist die Art der Verwendung maßgebend. Im Wagenbaue wird verlangt, daß das Holz gerade gewachsen, fein und dichtfaserig ist. Die Stücke sollen nicht unter 3 m lang und 30 cm breit sein. Im frischen Anschnitte muß die Holzfarbe feurig, braunrot oder kastanienbraun sein. Unter der Politur soll Mahagoniholz einen seidenartig glänzenden Spiegel von schöner rotbrauner Farbe zeigen.

Mahagoniholz wird gewöhnlich nach der Probe gekauft, zu welchem Zwecke dem Angebote eine Holztafel von 40 cm Länge und entsprechender Breite beigelegt wird. Fourniere werden nach dem Stücke ausgewählt und bezahlt.

## II. l) Palisander-, Jakaranda-, Eben- und andere Hart-Hölzer.

Neben dem Mahagoni ist Palisander oder Polisander (Textabb. 100) eines der wertvollsten Möbelhölzer. Es kommt aus dem Innern von Brasilien in unregelmäßig behauenen, vom Splinte befreiten Blöcken zur Küste. Die Stämme von *jacaranda brasiliana* liefern die wertvollsten Palisanderhölzer. Brasilien und Ostindien liefern von verschiedenen Bäumen auch Jakarandaholz.

Gutes Palisanderholz sieht schwarzbraun aus und ist mit roten oder bläulichen Streifen gezeichnet. Es ist sehr hart und fest, ziemlich spröde und leichtspaltig.

Abb. 100.



Palisander.

Die Poren sind stark verharzt. Sehr dunkle, oder auch dunkle, mit regelmäßigen hellen Streifen gezielte Stücke sind am meisten begehrt. Es wird hauptsächlich zu Fournieren in der Möbeltischlerei und zu Einlegearbeiten verwendet. Das Gewicht beträgt meist über 1000 kg/cbm; der Preis steht dem hochwertigen Mahagoniholzes gleich.

Die Beschaffung erfolgt nach der Probe oder nach Auswahl. Zu ähnlichen Zwecken, wie die vorgenannten, wird noch eine große Zahl meist überseeischer Hölzer verwendet,

die sich durch besondere Härte und Farbe auszeichnen.

Das bekannte schwarze Ebenholz von *diospyros ebenum* und einigen anderen Bäumen kommt von Madagaskar, Zeylon, Zanzibar, Siam. Es ist eines der härtesten und schwersten Hölzer von sehr gleichmäßiger Dichte und Färbung. Der schmale Splint ist hellgelb. Es wird in kleinen Stücken zu Einlegearbeiten, Schnitzereien und an Stellen verwendet, wo es auf außerordentliche Härte ankommt, so zum Besäumen anderer Hölzer. Das Gewicht beträgt 1100 bis 1330 kg/cbm. In den Poren enthalten die echten Ebenhölzer Kristalle von oxalsauerm Kalke, daher ist die Asche mit Kalkkörnchen durchsetzt.

Das Eibenholz von *taxus baccata*, Eibe oder Roteibe, ist im Kerne dunkelrot, feinjählig und 740 bis 940 kg/cbm schwer. Es ist hart, sehr zähe, biegsam, schwerspaltig und nimmt die Politur vortrefflich an. Es wird, schwarz gebeizt, nicht selten als deutsches Ebenholz verwendet.

Das Pockholz, *guajacum officinale*, Guajakholz, ist ein sehr dichtes, dunkelgrün gemasertes, im Splinte gelb gestreiftes, nicht spaltbares Holz. Es ist außerordentlich harzreich und wiegt 1170 bis 1390 kg/cbm. Es wird von den westindischen Inseln in starken, kurzen Blöcken eingeführt und nach dem Gewichte verkauft. Man benutzt es zu Lagerschalen und kleinen Maschinenteilen, die der Reibung widerstehen sollen, ferner zu Kegeln.

Dem Pockholze ähnlich sind einige Hölzer, die unter dem Namen *greenheart* auf den westindischen Inseln und in Guyana gewonnen werden. Die harten, nicht spaltbaren Stücke werden als grünes Ebenholz wie Pockholz verwendet; die weicheren, schön gestreiften und gemaserten Stücke dienen zu Einlegearbeiten; das Holz ist sicher vor der Bohrmuschel, daher für Seebauten geeignet.

Ein sehr geschätztes Holz ist das Tiekholz von *tectona grandis*, einem der höchsten und stärksten Bäume Ostindiens, während das brasilianische Tiekholz, Akapou oder Vakapou, auch Eisenholz genannt, von *andira aubletii* oder *andira inermis* stammt. Beide Hölzer sind im Kerne mattbraun oder rot, geradlinig gestreift, sehr hart, ziemlich schwer und außerordentlich harzreich. Tiekholz hat die besondere Eigenschaft, im Wasser durchaus beständig zu sein und von Kerbtieren und Bohrmuscheln nicht angegriffen zu werden; daher ist es das wertvollste Holz für Wasserbauten und Schiffsbau. Außerdem findet es Anwendung beim Bau von Sonderwagen zu Rahmenstücken und zur innern Ausstattung. Es wird

in im Geviert behauenen Blöcken von 3 bis 4 m Länge auf den Markt gebracht und meist nach Gewicht verkauft.

Das für Eisenbahnzwecke geeignete Java-Tiekholz soll entweder in splintfrei behauenen Blöcken von 3 bis 4 m Länge, oder in Dielen von 7,5 cm Stärke und nicht unter 30 cm Breite, lufttrocken angeliefert werden. Es muß gerade gewachsen, frei von fehlerhaften Stellen sein und 850 bis 870 kg/cbm wiegen.

## II. m) Obstbaumhölzer.

Von den Obstbaumhölzern eignet sich das Birnbaumholz von *pirus communis* sehr gut zu besseren Tischlerarbeiten. Es ist sehr feinfaserig und dicht, ziemlich hart, mit etwas welligen, wenig hervortretenden Jahresringen gezeichnet, im Splinte fast weiß, im Kerne rötlich oder bräunlich. Birnbaumholz spaltet sehr schwer, schwindet wenig und läßt sich sehr gut bearbeiten. Man verwendet es als Drechslerholz, zu Bildschnitzarbeiten, zu Handwerkzeugen und, schwarz gefärbt, zu Ebenholzmöbeln und Schnitzereien. Es hat mit den Hölzern der übrigen Obstbäume gemeinsam die Fehler, daß stärkere Stämme kernfaul sind, daß es sehr dem Wurmfraße unterliegt und feucht schnell verdirbt. Das Holz von wilden Birnbäumen ist durchweg besser und wertvoller, als von veredelten. Das Gewicht beträgt 620 bis 750 kg/cbm.

Das Holz des Apfelbaumes, *pirus malus*, wird ähnlich verwendet wie das vorige. Es ist ziemlich hart, hellbraun bis dunkelrotbraun, hat verschieden breite, deutliche Jahresringe, spaltet schwer und hat geringe Dauer. Die zahlreichen Sorten und verschiedenen Standorte bedingen große Verschiedenheiten. Apfelbaumholz nimmt die Politur vorzüglich an, zeigt milden Seidenglanz und wiegt 660 bis 840 kg/cbm.

Das Holz des Kirschbaumes, *prunus avium*, *prunus cerasus*, ist im Splinte rötlichweiß, im Kerne gelbrot oder braun, oft streifig oder geflammt. Es ist fest, feinfaserig und mäßig hart, spaltet nicht leicht und läßt sich sehr gut bearbeiten. Durch Beize und Politur kann es dem hellen Mahagoni sehr ähnlich gemacht werden, nur fehlt ihm die Großporigkeit. Es wird zu Möbeln verarbeitet, ist aber nicht farbenecht, indem es teils nachdunkelt, teils verblaßt. Es wiegt 750 bis 840 kg/cbm.

Das Holz des Pflaumenbaumes, *prunus domestica*, Zwetschenbaum, ist dem Kirschbaumholze sehr ähnlich, meist etwas fester und dunkeler gefärbt, oft lederbraun gestreift. Es wird zu denselben Gegenständen verarbeitet, reißt aber beim Trocknen leicht. Das Gewicht ist 680 bis 900 kg/cbm.

Das Holz der Eberesche, *sorbus aucuparia*, Vogelbeerbaum, *sorbus aria*, Mehlbeerbaum, ist dem vorigen ähnlich. Es ist ziemlich hart, zähe und dicht, zu Maschinenteilen, Drechslerwaren und Werkzeugen vortrefflich geeignet.

Das Holz des weißen und schwarzen Maulbeerbaumes, *morus alba* und *nigra*, wird gern zu Tischlerarbeiten verwendet. Es ist im Kerne gelbbraun, im Splinte schwefelgelb, glänzend, hart, sehr zähe, schwer zu spalten, aber wenig farbenecht.

Das Buchsbaumholz, *buxus sempervirens*, kommt aus Spanien, Italien, Frankreich, Kleinasien und dem Kaukasus. Es ist ein sehr hartes, durch Feinheit und Dichte ausgezeichnetes, lichtgelbes oder rötliches Holz. Die Jahresringe zeigen sich als zarte, dunkle Linien. Es spaltet sehr schwer, wirft sich nicht und wird

zu feinen Geräten, Maßstäben, Drechslerwaren und Bildstöcken verwendet. Es wird nach Gewicht verkauft.

Einige Ähnlichkeit mit Buchsbaumholz hat das Holz des Kreuzdorn oder Weißdorn, *rhamnus cathartica*. Es hat gelben oder rötlichen Kern; im Längsschnitte ist es wellig geflammt und seidenartig glänzend. Es ist hart, schwer und fest. Man verwendet es zu Stäben, Drechslerwaren und feinen Meßwerkzeugen.

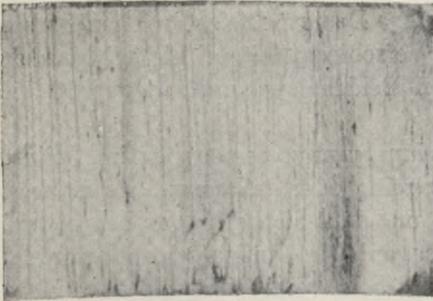
Das Olivenholz, *olea europaea*, Ölbaum, ist ein sehr dichtes, festes und schweres Holz. Die mit schwarzbraunen Wellenlinien gemaserte Fläche macht es für kunstgewerbliche Arbeiten und feine Drechslerarbeiten besonders wertvoll; es wirft sich jedoch ziemlich stark und ist deshalb für Einlegearbeiten nur mit Vorsicht anwendbar. Der Wert liegt in der Maserung.

## II. n) Erlenholz.

Die beiden im nördlichen und mittlern Europa wechselnden Erlen sind schlanke Bäume, die meist in dichten Waldbeständen vorkommen.

Die Schwarzerle, *alnus glutinosa*, auch Else oder Eller genannt, hat rötliches Holz (Textabb. 86) mit kaum erkennbaren Jahresringen, sehr gleichmäßigem Gefüge und sehr geraden, wenig auffallenden Markstrahlen. Es ist ziemlich weich, leicht spaltbar, wenig biegsam und nimmt, frisch geschnitten, an der Luft eine

Abb. 101.



Weißerle.

hochrote Farbe an, die sich nach dem Austrocknen wieder verliert. Auch später ist das Holz nicht farbenecht. Wegen der leichten Bearbeitung und Beständigkeit in trockenen Räumen wird es zu Drechslerarbeiten, Schnitzarbeiten und Modellen verwendet. Durch Rotbeizen wird es dem Mahagoni- oder Zedern-Holze, durch Schwarzbeizen dem Ebenholze ähnlich gemacht und entsprechend verwendet. Sein Gewicht ist 450 bis 700 kg/cbm.

Die weiße oder graue Erle, *alnus incana*, mehr im nördlichen Europa vorkommend, hat ähnliches Holz von wesentlich hellerer Färbung (Textabb. 101); es ist etwas dichter als rotes Erlenholz und wird in gleicher Weise verwendet. Sein Gewicht ist 420 bis 680 kg/cbm. Ellernmaser ist ein beliebtes Drechsler- und Tischler-Holz.

Für Eisenbahnzwecke wird Erlenholz in gerade gewachsenen, astfreien, nicht unter 3 m langen Brettern und Bohlen von 260 mm Breite und 20 bis 120 mm Stärke verlangt. Bei der Abnahme kann die Güte nach der Farbe beurteilt werden. Fleckige Hölzer sind immer fehlerhaft.

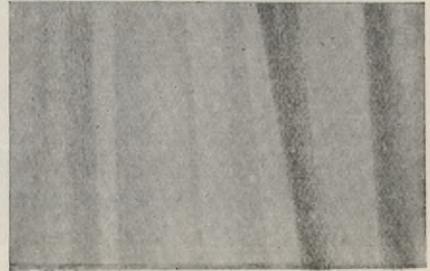
## II. o) Lindenholz.

Die Linde ist ein über Europa, Asien und Nordamerika verbreiteter Baum, der nach Ansehen und Wuchs der Eiche nahezu gleichkommt. Man unterscheidet zwei Arten, die kleinblättrige Linde, *tilia parvifolia*, auch Winterlinde, Berglinde genannt, die fast überall heimisch ist, und die großblättrige Linde, Sommerlinde,

*tilia grandifolia*, *platyphyllos*, die mehr in den südlichen Teilen der genannten Länder vorkommt.

Das Holz (Textabb. 102), das in sehr ansehnlichen, astfreien Bohlen und Brettern geliefert wird, ist lichtweiß oder bräunlich, die Markstrahlen sind matt und kaum erkennbar, die Jahresringe treten wenig hervor. Es ist weich, leicht zu bearbeiten, von sehr dichtem, gleichmäßigem Gefüge, schwindet wenig und reißt nicht, hat aber, der Witterung ausgesetzt, nur geringe Dauer, auch leidet es leicht durch Wurmfraß. Das Holz der Sommerlinde ist weicher, leichter und großporiger, gewöhnlich auch von hellerem Aussehen, als das der Winterlinde.

Abb. 102.



Linde.

Als Tischlerholz wird das Lindenholz zu Schnitz- und Bildhauer-Arbeiten, Platten, Blindhölzern, Modellen und Spielwaren verwendet. Es läßt sich vorzüglich schwarz färben und nimmt hohe Politur an. Sein Gewicht ist 320 bis 600 kg/cbm. Das Holz einiger seltener vorkommenden Lindenarten, wie *tilia alba*, *argentea* und *americana*, wird gelegentlich als Schmuckholz verwendet.

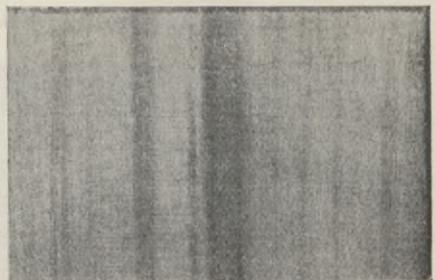
Für den Werkstättenbetrieb wird Lindenholz in unbesäumten Brettern von 25 bis 100 mm Stärke, am Zopfende nicht unter 260 mm Breite, nicht unter 3 m Länge verlangt. Für die Abnahme wird vorgeschrieben, daß das Holz lufttrocken, von schöner heller Farbe und für Modelle nach jeder Richtung hin leicht zu bearbeiten sein muß.

## II. p) Pappel-, Weiden- und Birken-Holz.

Die Pappel kommt in fünf Arten vor: die Schwarzpappel, *populus nigra*, die Silberpappel, *populus alba*, die Zitterpappel oder Espe, *Aspe*, *populus tremula*, die italienische Pappel, *populus italica*, und die kanadische Pappel, *populus canadensis*.

Die Pappeln sind keine Waldbäume; sie gedeihen in südlichen Ländern gemäßigter Witterung. Nur die Espe kommt auch im hohen Norden vor. Es sind schnellwüchsige kräftige Bäume mit oft gewaltigen Stämmen.

Abb. 103.



Pappel.

Das Holz (Textabb. 103) ist weich und leicht, dem Lindenholze ähnlich, aber gröber in der Faser. Es spaltet leicht, hat wenig ausgeprägte Jahresringe und Markstrahlen, läßt sich gut bearbeiten, reißt beim Trocknen nicht und hat weiße, unbestimmt streifige Holzfarbe. Silberpappel und Espe zeichnen sich durch dichtes, weißes Holz von gleichmäßiger Färbung vor den übrigen Arten aus.

Man verwendet es zu Drechsler- und Tischler-Arbeiten, zu Blindholz und innerer Ausstattung von Eisenbahnwagen. Wegen seiner Biegsamkeit, Langfaserigkeit und weißen Farbe wird es zu Span-

waren, Schachteln und Rundfournieren verarbeitet. Sein Gewicht ist 360 bis 600 kg/cbm. Im Werkstättenbetriebe wird Pappelholz in ganzen Stämmen und in Bohlen von 80 bis 100 mm Stärke gebraucht. Die zu liefernden Stücke sollen unbesäumte gerade Bohlen, nicht unter 3 m lang und 300 mm am Zopfende breit sein. Außerdem darf das Pappelholz, Saarweidenholz, nicht kernfaul, sondern muß lufttrocken und astfrei sein. Bei Lieferung von Stammholz werden nur ganz gerade gewachsene Stämme angenommen.

Für kleinere Werkstücke, Schneidebretter, Schnitzarbeiten wird an Stelle des Pappel- und Linden-Holzes auch das Weidenholz verwendet. Verschiedene Weidenarten, wie *salix caprea*, Salweide, *salix alba*, Silberweide und andere kommen in Frage. Das Holz ist bedeutend feinfaseriger als Pappelholz, fast noch weicher und leichter, als jenes und läßt sich außerordentlich leicht bearbeiten. Pappel- und Weiden-Hölzer sind zurzeit die wohlfeilsten Ganz- und Schnitt-Hölzer, daher begegnet man ihnen allerorten und nicht selten an Stellen, wo man edlere Holzarten erwarten sollte, so wird der kostbare Vogelaugenahorn gelegentlich durch Pappelmaser ersetzt.

Die Birke, *betula alba*, die vorwiegend in nördlichen Ländern als Waldbaum und im Einzelstande vorkommt, liefert Nutzholz von nur mäßigen Abmessungen. Das Holz ist dem der Weide ähnlich, aber wesentlich fester und schwerer. Alte Stämme enthalten rötlich schimmerndes, jüngere weißes, atlasglänzendes Holz. Die Jahresringe zeigen sich als glänzende, oft wellige Streifen, die Markstrahlen sind kaum erkennbar. Das mittelharte, dichte und zähe Holz spaltet schwer, trocknet sehr langsam, ohne zu reißen, wirft sich ziemlich stark und unterliegt leicht dem Verderben und dem Wurmfraße. Man verwendet es zu Täfelungen wegen seiner glanzvollen weißen Farbe, die unter der Politur seidenartig goldgelb erscheint; ferner als Wagnerholz, zu Stielen, Bürstenboden, Hausgerät und Schnitzarbeiten. Es wiegt 570 bis 770 kg/cbm.

Birkenmaser ist als Schmuckholz hoch geschätzt, weil die dunkelbraune Maserung auf hellem Grunde reizvolle Muster bildet. Gelegentlich werden die Fourniere als japanisches Muskatholz, oder auch als russische oder amerikanische Vogelaugen bezeichnet. Das Holz der Zuckerbirke, *betula lenta*, wird in Nordamerika wegen seiner schönen rosaroten Farbe zu Einlagearbeiten aller Art verwendet.

## II. q) Tannen-, Wacholder- und Zypressen-Holz.

Die Tanne, *abies alba*, *abies pectinata*, Weißtanne, Edeltanne, ist ein stattlicher Baum von schlankem Wuchse und mächtigem Stamme. Die Rinde ist lederartig, glatt; die Nadeln sind 2 bis 3 mm breit und stehen zweireihig. Die Tanne kommt in den Gebirgen des südlichen und mittlern Europa in dichten Beständen vor. Das Holz (Textabb. 104) enthält von allen Nadelhölzern am wenigsten Harz; es ist weiß, von glänzendem Ansehen, hat breite, gelb abgesetzte Jahresringe, feine, schimmernde Markstrahlen und ist sehr weich, ziemlich leicht, vollkommen spaltbar, langfaserig, trocknet schnell, ohne stark zu reißen, und wirft sich nur unbedeutend. Seine Haltbarkeit ist im Trocknen besser, als die der meisten Laubhölzer, doch wird es vom Wurmfraße nicht verschont. Die geraden, fast astfreien Stämme geben Nutzhölzer von außerordentlicher Länge und Stärke. Man verwendet es als Bauholz, Werkholz, Geräteholz und zu Bretterwaren in ausge-

dehntestem Maße. Sein Gewicht ist 360 bis 750 kg/cbm. Es ist das wohlfeilste und leichteste Nadelholz. Für Werkstattzwecke wird Tannenholz ausschließlich als Bretterware verlangt. Bei der Abnahme kommt es hauptsächlich auf gesundes Aussehen des Holzes, auf Astreinheit und darauf an, daß die Bretter den angegebenen Maßen entsprechen.

Eine gewisse Ähnlichkeit mit Tannenholz hat das Holz des gemeinen Wacholder, *juniperus communis*, Kaddig. Dieses Holz hat jedoch sehr schmale Jahresringe, ist sehr dicht, schwerspaltig und zähe, dabei aber weich und schmiegsam. Die schwachen, meist gewundenen Stämme werden fast nur als Drechslerholz, oder zu kleinen Geräten verwendet. Auffallend ist der eigentümliche Wohlgeruch.

Der virginische Wacholder, *juniperus virginiana* und *bermudiana*, hat rosenrotes bis braunrotes Holz, das als Zedern- oder Bleistift-Holz auch für feine Tischler- und Drechsler-Arbeiten gebraucht wird. Es ist weniger feinjährig als das vorige, aber besonders milde und wohlriechend.

Die gemeine Zypresse, *cupressus fastigiata*, liefert ebenfalls ein dem Tannenholze ähnliches Holz, es ist aber weit dichter, feinjähriger und zäher.

Die vorgenannten und einige andere wohlriechende Holzarten kommen als weißes und rotes Zedernholz in den Handel. Das weiße spanische Zedernholz von *juniperus oxycedrus* kommt aus den Mittelmeerländern, während das weiße amerikanische oder kanadische Zedernholz von *thuja occidentalis*, *cupressus thujoides* und *toxodium distichum* stammt.

Rotes Zedernholz wird außer von den genannten Wacholderbäumen auch von einem westindischen Laubbaume, *cedrela odorata*, gewonnen.

## II. r) Fichtenholz.

Die Fichte oder Rottanne, *picea excelsa*, *picea vulgaris* oder *abies excelsa*, ist nach Wuchs und Standort der Tanne ähnlich. Die kurzen, rundlichen Nadeln stehen schraubenartig um die Zweige, die Äste quirlförmig um den Stamm. Die Rinde ist lederartig, braun. Reine Fichtenwälder bedecken in großer Ausdehnung das nördliche Europa, Asien und die Gebirge Mitteleuropas. Der Baum wird in einigen Gegenden Deutschlands Tanne genannt.

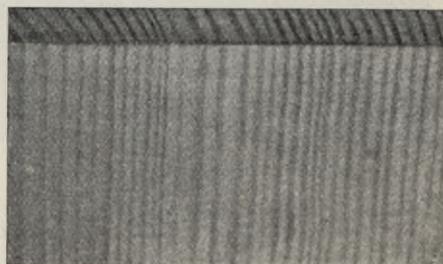
Das Holz (Textabb. 105) ist gelblich und hat stark ausgeprägte, dunkle Jahresringe, Markstrahlen fehlen. Es zeigt im Längsschnitte viele feine Harzporen und vereinzelte Harznester. Die Äste liegen im Brette paarweise. Das Holz ist grobfaseriger, als Tannenholz, fast so weich wie jenes, spaltet sehr leicht, reißt beim Trocknen und schwindet stark. Nordische

Abb. 104.



Weißtanne, Edeltanne.

Abb. 105.



Fichte, Rottanne.

und in höheren Lagen langsam gewachsene Fichtenhölzer haben feine Jahresringe, sind dicht, fest und harzreich. Sie halten sich daher trocken und feuchtgut.

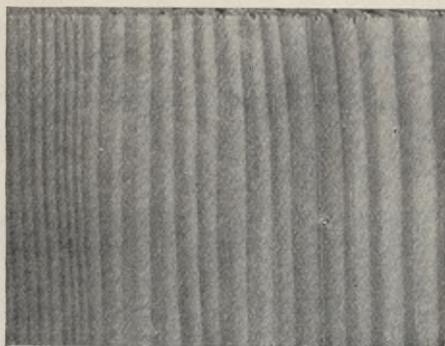
Man verwendet Fichtenholz in Balken und Brettern als vorzügliches Bau- und Tischler-Holz. Fußböden, Türen, Fensterrahmen, Schränke, Tische und zahlreiche andere Hausgeräte werden von Fichtenholz gefertigt. Es teilt mit den meisten Nadelhölzern die Eigenschaft der ungleichen Härte in der Holzfaser, da der Ring des Frühjahrsholzes korkartig weich ist. Am Lichte bräunt es stark nach, darum werden solche Hölzer hauptsächlich zu Gegenständen verarbeitet, die später Farbenanstrich erhalten. Sein Gewicht beträgt 350 bis 600 kg/cbm.

Fichtenholz, Tannenholz, wird für Eisenbahnzwecke in Brettern von 5 bis 10 m Länge, 15 bis 40 mm Stärke und 300 bis 350 mm Breite verlangt. Es ist hauptsächlich für Verschalungen von Personen- und Güter-Wagen bestimmt. Bei der Abnahme ist außer Feinjährigkeit und Harzreichtum die Farbe des Holzes zu beachten. Es soll von heller Farbe sein, darf nicht tiefer als 2 mm verblaut sein und keine faulen und losen Äste haben. Süddeutsche Verwaltungen schreiben vor, daß das Fichtenholz von weißer Farbe, lufttrocken, sehr feinjährig, möglichst astfrei und harzfrei sein soll. Fichtendielen und Bretter aus überständigem, kernfaulem, stark ästigem, schnell gewachsenem und grobjährigem Holze werden zurückgewiesen. Dielen und Bretter müssen scharfkantig, ohne Kämme oder Baumwalzen, aus geraden und gesunden Stämmen geschnitten, fehlerfrei geliefert werden. Verschalungsbretter mit Ästen von mehr als 20 mm Durchmesser, mit losen oder quer durchlaufenden Ästen werden nicht angenommen.

## II. s) Kiefernholz.

Die Kiefer, *pinus sylvestris*, auch Föhre, Fuhre, Forle oder Weißföhre genannt, hat einen Verbreitungsbezirk, der dem der Fichte ungefähr entspricht; namentlich Norddeutschland hat ausgedehnte reine Kiefernwälder. Der Stamm erreicht nicht

Abb. 106.



Kiefer.

die Höhe und Stärke des Fichtenstammes, ist aber bei weitem astreiner als jener. Die Rinde ist tief gefurcht, korkartig. Die 6 bis 8 cm langen Nadeln sitzen, zu je zweien aus einem Kelche entspringend, quirlförmig um die Äste herum. Im Brette stehen die Äste einzelt.

Das Holz (Textabb. 85, 89 und 106) ist gelblich, im Splinte weiß mit braunen, harzreichen Jahresringen. Das Mark bildet, wie bei der Fichte, ein hellbraunes Stäbchen. Das Stammholz ist mittelhart, ziemlich grobfaserig, spaltet leicht, reißt beim Trocknen leicht und schwindet mäßig.

Die Verschiedenheit im Standorte des Baumes verursacht erhebliche Unterschiede in der Art und dem Gebrauchswerte des Holzes. Dichte, schwere und harzreiche Kiefernholz sind sehr dauerhaft, während leichte und magere Stücke nur den Gebrauchswert des Tannenholzes haben. Man verwendet Kiefernholz zu allen größeren Tischler- und Stellmacher-Arbeiten, zu Fußböden, Wagenkasten, Tür- und Fenster-Umrahmungen, Blindhölzern und überall da, wo die Wetter-

beständigkeit durch Firnis und Ölfarbenanstrich erhöht werden kann. In Naturfarbe wird es weniger verwendet, weil es im Lichte stark nachdunkelt. Im Winter geschlagene Kiefernstämme müssen vor Eintritt der warmen Jahreszeit trocken gelagert werden, da der Saft des Splintholzes sonst gärt und es schieferblau färbt. Wenn auch blaues Holz an Festigkeit dem weißen zunächst nicht nachsteht, so ist es doch für manche Zwecke minderwertig. Das Gewicht beträgt 320 bis 800 kg/cbm.

Für Eisenbahnzwecke wird Kiefernholz meist in vollkantig besäumten Brettern und Bohlen verlangt, an denen nur mäßige Splintstreifen vorkommen dürfen. Die Stärken stufen sich von 15 bis 80 mm ab, die Breiten von 160 bis 320 mm und die Längen von 5 bis 11,6 m.

Für Personenwagen sind die gebräuchlichsten Abmessungen der unbesäumten Bretter 10, 15, 20 und 25 mm Stärke und 260 oder 300 mm Breite bei 5, 6, 7 und 8 m Länge. Für die Fußböden werden besäumte Hölzer in festen Längen von 2,8 oder 5,6 m beschafft.

Je nach dem Verwendungszwecke wird Kiefernholz erster Klasse verlangt für Tischlerarbeiten, Stellmacherarbeiten im Personenwagenbaue, für Verschalungen der Personen- und Gepäck-Wagen, Wagenkasten gedeckter und Rungen offener Güterwagen. Das Holz darf nur gesunde, festgewachsene Äste in mäßiger Anzahl enthalten, und nicht tiefer, als 2 mm verblaut sein. Es soll feinjählig und fest sein.

Kiefernholz zweiter Klasse wird gebraucht für die Wagenkasten offener Güterwagen.

Die bayerischen Staatsbahnen bestimmen, daß Föhrenholzdielen aus sehr feinjährigen, möglichst astfreien, geraden und ganz gesunden Stämmen, scharfkantig geschnitten, lufttrocken, ohne Kämme und Baumwalzen, mit möglichst wenig Splint zu liefern sind. Dielen mit quer durchlaufenden Ästen oder mit sonstigen Mängeln werden nicht angenommen. Bei den Kiefernholzern, die für bestimmte Zwecke fertig zugeschnitten beschafft werden, wie Laufbretter, Bodenbretter, Rungen, kommt es darauf an, daß die Stücke fehlerfrei und vollkantig sind, damit sie dem Verwendungszwecke nach vollendeter Austrocknung und Bearbeitung noch entsprechen.

Einige andere Arten der Gattung *pinus* liefern ein dem Kiefernholze ähnliches Nutzholz.

Die österreichische Kiefer, *pinus nigra*, *pinus laricio*, *austriaca*, *nigricans*, *pinaster*, auch Schwarzföhre genannt, hat sehr breite Jahresringe, die Harzporen liegen oft bündelartig zusammen, daher erscheint das Holz mitunter außerordentlich harzreich. Es ist dem Kiefernholze an Gebrauchswert nahezu gleich, doch dürfen die Stämme nicht zur Harzgewinnung gedient haben.

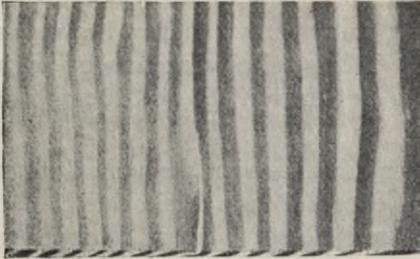
Die Zirbelkiefer oder Arve, *pinus cembra*, kommt nur in den Alpen vor. Ihr Holz ist dicht und trotz des Harzgehaltes sehr leicht, im Splinte lichtgelb, im Kerne rotbraun. Man verwendet es außer zu Bauholz und Brettern auch als besseres Tischlerholz und zu Schnitzereien.

Die Weymouthkiefer, *pinus strobus*, mit glattrindigem Stamme und sehr langen Nadeln, liefert helles, leichtes Holz mit breiten Jahresringen. Es steht dem Kiefernholze an Gebrauchswert wesentlich nach, da es weniger dicht, leichter spaltbar und von geringerer Festigkeit und Dauer ist.

## II. t) Pechfichtenholz, pitchpine.

Die amerikanische Harzkiefer, *pinus rigida*, auch Sumpfkiefer, Pechtanne, Pechfichte, Pechkiefer genannt, gleicht äußerlich der österreichischen Kiefer. Das

Abb. 107.



Pechkiefer, pitchpine.

Holz (Textabb. 107), das in sehr ansehnlichen, astfreien, glattfaserigen Brettern in den Handel kommt, ist sehr harzreich, dunkelbraun, mit scharf abgegrenzten Jahresringen. Es ist dicht und zähe, ziemlich hart, läßt sich schwer bearbeiten, hat speckiges Aussehen mit durchscheinenden Streifen und ist gegen Witterungseinflüsse besonders widerstandsfähig. Es ist von kienigem Kiefernholze nur durch den Geruch zu unterscheiden. Man verwendet es als Bauholz und als Bretterware, besonders zu Fußböden in Schiffen und

in Eisenbahnwagen. Es reißt beim Trocknen nur wenig und spaltet schwer. Das Gewicht ist 800 bis 850 kg/cbm. Es ist das wertvollste Nadelholz und steht im Preise dem Eichenholze nahe.

Die besonderen Lieferbedingungen für Verdecklatten schreiben vor, daß die Jahresringe in den Brettern möglichst senkrecht zur Oberfläche der breiten Seite stehen, und daß nicht mehr als 25 % Herzlatten angenommen werden. Die Verdecklatten sind möglichst splintfrei anzuliefern; solche, bei denen sich der Splint nach der Bearbeitung in der Breite auf 95 mm über 33 % der Stärke und 25 % der Breite erstreckt, werden zurückgewiesen, ebenso auch Latten mit quer durchlaufenden oder ungesunden Ästen, dann auch solche mit Harz- und Luft-Rissen. Die Verdecklatten müssen vor der Übernahme auf einer Breitseite abgehobelt sein; dabei ist zu beachten, daß die bessere Seite unbearbeitet bleibt. Verdecklatten, die nicht die vorgeschriebenen Maße haben, diese überschreiten, oder deren Splint in seiner ganzen Ausdehnung nicht innerhalb der angegebenen Grenzen bleibt, werden von der Abnahme ausgeschlossen.

Der Pechfichte sehr ähnlich ist das Holz der nordamerikanischen Weihrauchkiefer, *pinus taeda*. Es ist ebenfalls im Kerne tief braun, sehr harzreich und weniger auffallend streifig. Es findet dieselben Verwendungen, wie vorzügliches Bauholz.

Das Holz der Krummholzkiefer, *pinus montana*, *pumilio*, *mughus*, auch Knieholz, Legföhre, Latsche genannt, hat mit den vorgenannten Hölzern eine gewisse Ähnlichkeit, hauptsächlich wegen des hohen Harzgehaltes; es ist aber sehr feinjährig und besonders wohlriechend. Die dünnen, gebogenen Stämme eignen sich fast nur zu Drechslerwaren und Schnitzereien.

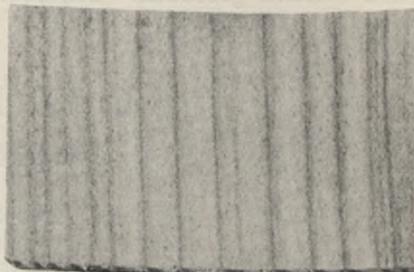
## II. u) Lärchenholz.

Die Lärche, *larix europaea*, *larix decidua*, ist ein hoher, kräftiger Baum, der hauptsächlich in den Gebirgen des mittlern Europa heimisch ist. Die kurzen Nadeln stehen büschelförmig, zu mehreren aus einem Kelche entspringend. Die Rinde ist tief gekerbt, korkartig, gelb. Das Holz (Textabb. 108) ist rotbraun, im Splint hellgelb. Es ist ziemlich dicht, weich, leicht spaltbar, harzreich, trocken und naß

außerordentlich dauerhaft und dem Wurmfraße nicht unterworfen; es wiegt 450 bis 810 kg/cbm. Man verwendet es zu allen Bau- und Zimmer-Arbeiten wie Kiefernholz, aber auch zu Hausgerät, Tischler- und Schnitz-Arbeiten. Unter der Politur nimmt es eine hochrote Farbe an und ist Harzausschwitzungen nicht ausgesetzt.

Die Reihe der Nadelholzbäume, die als Nutzholz verwendet werden, ist mit den genannten nicht erschöpft. Die meisten haben rötliches oder braunes Kernholz, hellen Splint, scharf gezeichnete breite Jahresringe und den eigenartigen Harzwohlgeruch als besonderes Merkmal.

Abb. 108.



Lärche.

### C. III. Besondere Formen der Verwendung.

Bearbeitet von W. Kuntze.

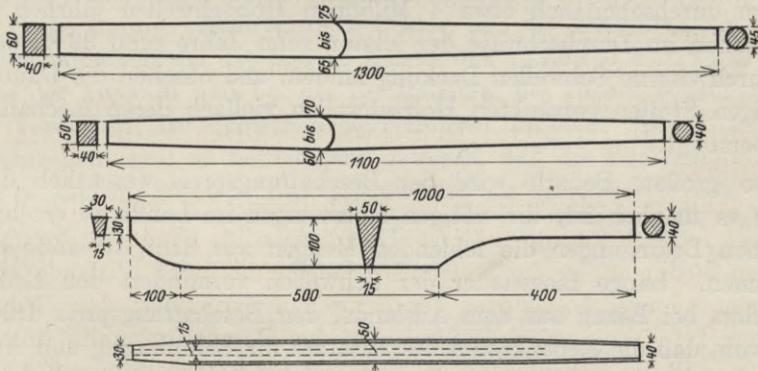
#### III. a) Stangen.

Stangen von der Birke, Eiche und Ruster werden im Eisenbahnbetriebe zur Anfertigung von Hebebäumen, Drehscheibenbäumen und ähnlichen Zwecken verwendet. Die Birkenstangen sind im Freien wenig dauerhaft. Die gebräuchlichen Abmessungen sind 2, 3 und 4 m Länge, 90 bis 160 mm Dicke am Stammende und 90 bis 120 mm am Zopfende. Die Maße beziehen sich auf den fertig bearbeiteten Zustand. Die Anlieferung pflegt mit der Rinde, oder nur teilweise entrindet zu geschehen. Bei der Abnahme ist die Besichtigung jedes Stückes erforderlich, um unbrauchbare auszuscheiden.

#### III. b) Bremsknüppel.

Die Knüppel dienen zum Aufhalten rollender Wagen. Falls nicht eine bestimmte Holzart vorgeschrieben ist, werden zu dem Angebote einzelne Stücke als

Abb. 109—111.



Maßstab 1:15.

1,3 m langer Bremsknüppel.

Maßstab 1:15.

1,1 m langer Bremsknüppel.

Maßstab 1:15.

1,0 m langer Bremsknüppel.

Proben eingefordert. Im Allgemeinen sollen die Stücke rindenfrei, von trockenem, geraden Stämmen hergerichtet sein. Werden Bremsknüppel aus Birkenholz, die

allen übrigen vorzuziehen sind, vorgeschrieben, so müssen sie aus einstämmigen, astfreien, zähen und trockenen Birkennutzhölzern geschnitten sein, die im Winter gefällt sind. Bremshölzer werden in Längen von 1,0, 1,1 und 1,3 m in verschiedenen Stärken gebraucht (Textabb. 109 bis 111).

## C. IV. Holz-Schwellen.

Bearbeitet von Nitschmann.

### IV. a) Einleitung.

Die hölzerne Querschwelle ist gegenwärtig der Menge nach das bevorzugte Unterstützungsmittel der Schiene. Wenn hierbei in holzreichen Ländern, wie in Amerika und Rußland, der geringe Preis des Holzes in erster Reihe bestimmend sein mag, so werden es in anderen Ländern, wie in dem auf umfangreiche Holzeinfuhr angewiesenen England, vorwiegend technische Rücksichten sein, die den Holzschwellen trotz hoher Entwicklung der Eisengewerbe den Vorzug sichern.

In Deutschland sind die Ansichten geteilt. Besonders nachdem man zu einer wesentlich stärkern und schwerern Eisenschwelle übergegangen ist, und der Verbesserung der Bettung erhöhte Bedeutung beimißt, mehren sich die Betriebs-techniker, die den Oberbau mit eisernen Querschwellen dem mit Holzschwellen mindestens gleichstellen.

### IV. b) Bedarf und dessen Deckung.

Läßt man die technische Frage als noch unentschieden außer Acht, so treten wirtschaftliche Erwägungen und die Bedarfsfrage in den Vordergrund. Es mag hier nur angeführt werden, daß die Eisenbahnen der Vereinigten Staaten von Nordamerika jetzt einen jährlichen Bedarf von mehr als 110 Millionen Holzschwellen haben<sup>52)</sup>, und daß allein für die preußisch-hessischen Staatsbahnen in den letzten zehn Jahren durchschnittlich etwa 4 Millionen Holzschwellen jährlich beschafft wurden, obschon im Durchschnitte der letzten zehn Jahre rund 38 % des ganzen Bedarfes durch eiserne Schwellen Deckung fanden, und obschon die Dauer der mit fäulniswidrigen Stoffen getränkten Holzschwellen vielfach deren mechanische Abnutzung übersteigt.

Bei so großem Bedarfe wird der Beschaffungspreis wesentlich davon abhängen, ob es möglich ist, die nötigen Holzmengen im Lande zu erzeugen, oder unter welchen Bedingungen die fehlenden Mengen aus dem Auslande eingeführt werden können. Lange Liegedauer der Schwellen vermindert den Bedarf, wird also, besonders bei Bezug aus dem Auslande, den Beschaffungspreis drücken, abgesehen davon, daß die Nebenkosten des Ersatzes für Beförderung und Auswechsellung nebst ihren Störungen für den Betrieb sonst weiter hinausgeschoben werden. Das weist darauf hin, unter der Voraussetzung sonst geeigneter Beschaffenheit, Holzarten zu wählen, die eine lange Liegedauer erwarten lassen, wobei eine künstliche Verlängerung der Dauer zunächst außer Acht gelassen werden mag.

<sup>52)</sup> von Schrenk: The decay of timber. Washington, government printing office — 1902.

#### IV. c) Wahl geeigneter Holzarten.

Es ist erwiesen, daß Kernholz höhere Härte und Widerstandsfähigkeit gegen Fäulnis hat, als Splintholz, so daß hinsichtlich der Dauer Holzarten zur Schwellenherstellung den Vorzug verdienen, die überwiegende Kernbildung aufweisen. Von den zu Schwellen verwendeten Kernhölzern wird die Eiche bevorzugt, soweit die Beschaffung zu annehmbarem Preise möglich ist, in zweiter Reihe werden dann die härteren Nadelhölzer gewählt. Auch in Amerika werden Schwellen aus dem Holze der weißen Eiche besonders geschätzt, daneben kommt außer einigen besonders harten Holzarten auch vielfach das bessere Nadelholz zur Verwendung. So hat man besonders im Norden der Vereinigten Staaten gute Ergebnisse mit Schwellen von der Gelbfichte erzielt, die ungetränkt eine Dauer von zwölf Jahren hatten, und unter günstigen Witterungsverhältnissen auch noch länger vorhielten<sup>53)</sup>.

In den Tropen und in Australien, wo die Schwellen außer anderen Angriffen auch dem der Kerbtiere ausgesetzt sind, stehen Harthölzer zu Verfügung, die ein so festes Gefüge haben, daß sie sich ohne Tränkung widerstandsfähiger erweisen, als weichere getränkte Hölzer. Dies gilt besonders von den Jarrah- und Kari-Hölzern<sup>54)</sup>.

Auf den deutschen Bahnen verwendete man lange Jahre hindurch ausschließlich Eichen- und Kiefern-Holz, und mußte eine sehr beträchtliche Menge davon aus dem Auslande beziehen. Bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen übersteigt die Einfuhr von Auslandsschwellen sogar weit den Bezug aus dem Inlande, im Durchschnitte der letzten zehn Jahre wurden etwa 39 % des Bedarfes aus dem Inlande, 61 % aus dem Auslande gedeckt. Dabei kommen für Kiefernholz besonders Rußland, für Eichenholz Ungarn und Galizien in Frage. Im letzten Jahrzehnt hat sich jedoch eine starke Strömung für eine dritte Holzart, die Rotbuche, geltend gemacht. Vorzügliche Ergebnisse mit der Verwendung der Buche zu Bahnschwellen in Frankreich und bei den Reichsbahnen in Elsaß-Lothringen führten dahin, daß man trotz früherer Mißerfolge zu abermaligen umfangreichen Versuchen mit Buchenschwellen überging, zumal bei den großen Buchenbeständen in Deutschland dabei eine sehr wesentliche Förderung der Forstwirtschaft in Frage kommt. Man wurde sich klar, daß die erwähnten Mißerfolge nicht auf die Beschaffenheit der Holzart an sich zurück zu führen sind, sondern daß man Fehler bei der Auswahl und bei der Behandlung des Holzes begangen hatte, die schnelles Verderben der Schwellen herbeiführen mußten. Die Erfahrungen im letzten Jahrzehnt sind so befriedigend gewesen, daß die Buchenschwelle auf den preußisch-hessischen Staatsbahnen gegenwärtig als gleichwertig mit der Eichenschwelle angesehen wird, und im Durchschnitte der letzten zehn Jahre jährlich rund 540 000 Schwellen oder 12,5 % des ganzen Bedarfes aus Buchenholz beschafft sind.

In Deutschland sind auch Versuchstrecken mit überseeischen Hölzern verlegt worden, wobei besonders Quebracho-, Garaboto- und Pechfichten-Schwellen zu erwähnen sind. Alle diese Holzarten sind sehr hart, gewähren somit den Befestigungsmitteln festen Halt und haben sich bisher gut gehalten. Allerdings muß mit Rücksicht auf den sehr hohen Beschaffungspreis eine entsprechend lange Liege-

<sup>53)</sup> Eine Studie über die Dauer von Querschwellen von Dudley, {Railroad Gazette, 1901. S. 614.

<sup>54)</sup> Bulletin des internationalen Eisenbahn-Kongreß-Verbandes 1904. Nr. 12.

dauer verlangt werden, ein abschließendes Urteil ist daher erst nach etwa 20 Jahren zu gewinnen. Übrigens haben sich bei der Anlieferung solcher Schwellen von vornherein insofern Schwierigkeiten herausgestellt, als die Schwellen vielfach sehr verschiedene und von den vorgeschriebenen Maßen abweichende Abmessungen aufwiesen, und daß bei einzelnen Lieferungen während der Lagerung auf den Stapelplätzen viele Schwellen durch Aufreißen und ringschälige Abtrennung von Splint und Kernholz unbrauchbar wurden. Wenn dem, gegenüber der Eiche um 100% höhern Preise überseeischer Schwellenhölzer eine Liegedauer von 35 bis 40 Jahren entgegengehalten wird, so ist es bei der stetig fortschreitenden Entwicklung der Oberbauanordnungen zweifelhaft, ob eine so lange Dauer praktisch ausnutzbar ist. Es liegt die Gefahr vor, daß die teureren Schwellen sich „überleben“, daß sie wegen Änderung der Befestigungsmittel für die Schienen beschleunigter mechanischer Abnutzung unterliegen, oder daß sie, aus den Hauptgleisen entfernt, unter Verhältnissen weiter verwendet werden müssen, wo die wirtschaftliche Ausnutzung ihres noch hohen Buchwertes mindestens fraglich ist.

#### IV. d) Abmessungen und Bearbeitung der Holzschwellen.

Von gleicher Wichtigkeit, wie die Wahl der Holzart ist die Festsetzung der Abmessungen der Schwellen, wobei hauptsächlich zwei Forderungen mitsprechen: gute Ausnutzung des Baumstammes und genügende Widerstandsfähigkeit der Schwellen gegenüber den Beanspruchungen im Betriebe.

##### d. 1) Ausnutzung des Stammquerschnittes.

Da der Querschnitt des Stammes annähernd kreisrund ist, ergibt sich bei mittelstarken Bäumen die beste Ausnutzung, wenn durch Trennung in der Mitte zwei Schwellen von halbkreisförmigem Querschnitte gewonnen werden. Solche Schwellen haben bei einzelnen Bahnen Verwendung gefunden, sie müssen jedoch zur Bildung des Schienenauflegers stark eingedeckelt werden, und ergeben daher bei zweckmäßig gewählter Sohlenbreite nur geringe Stärke unter dem Schienenfuße. Die nächstbeste Ausnutzung würde bei einem quadratischen Querschnitte unter Zulassung von etwas Waldkante an den Ecken erreicht werden. Ein solcher Querschnitt kann zwar für die Gewinnung einer Schwelle nicht in Frage kommen, weil diese bei genügender Höhe zu schmal und bei genügender Breite zu hoch und zu schwer werden würde. Die Bearbeitung der Stämme nach quadratischem Querschnitte ist aber zur Gewinnung von zwei Schwellen durchaus zweckmäßig, falls deren Breite gleich der doppelten Höhe gewählt wird. Solche Abmessungen sind bei den aus den Ostseeländern nach England auszuführenden Schwellenhölzern üblich, die in gehörig abgelängten, mit 26 cm Seitenlänge quadratisch zugehauenen Blöcken zu Schiff gebracht und erst am Bestimmungsorte zu zwei Schwellen von  $13 \times 26$  cm Querschnitt zerschnitten werden. Bei Verwendung der in England üblichen schweren Stühle zur Lagerung der Schienen genügt die Stärke von 13 cm für die Befestigungsmittel. Ist das Verhältnis zwischen Breite und Höhe ein anderes als 2 : 1, so wird es sich für günstigste Ausnutzung und Vermeidung minderwertiger Abfälle empfehlen, die etwa geforderten verschiedenen Schwellenabmessungen im Baumstamme angemessen zusammenzulegen, oder so zu verteilen, daß noch die Gewinnung scharfkantiger Bohlen neben den Schwellen möglich wird. Im Allgemeinen wird eine Aufteilung des Stammquerschnittes für

zwei oder vier Schwellen günstiger möglich sein, als für eine oder drei Schwellen; der Holzhändler wird bereits beim Ankaufe im Walde vorsichtig die Länge und Stärke der anzukaufenden Stammenden berücksichtigen, damit er bei Einhaltung der ihm vorgeschriebenen Schwellenabmessungen eine gute Ausnutzung erwarten kann.

Mehr als vier Schwellen kommen bei der Aufteilung europäischer Hölzer kaum in Frage, da außergewöhnlich starke, alte Stämme der Eiche und der Nadelhölzer für die Schwellenherstellung zu hohen Wert haben, Buchen von hohem Alter aber fast ohne Ausnahme roten Kern zeigen, und ihre Verwendung daher gewisse Bedenken hat<sup>55)</sup>.

#### d. 2) Widerstandsfähigkeit.

Für die Widerstandsfähigkeit der Holzschwellen gegenüber der Betriebsbeanspruchung ist zunächst genügende Länge und Breite zur Druckübertragung auf die Bettung zu fordern. Während die Länge im Allgemeinen in richtigem Verhältnisse zur Spurweite, Kronen- und Bettungs-Breite stehen muß, wirkt große Breite der Unterfläche günstig gegen etwaiges Kanten der Stoßschwellen beim Wandern des Gleises, auch bietet eine auskömmlich bemessene Sohlfläche gute Gewähr für ruhige Lage des Gleises unter dem Zuge wegen der starken Reibungswiderstände auf der Bettung. Dagegen spricht die Rücksicht auf die Stopfarbeit, besonders bei enger Schwellenteilung, gegen zu große Breitenbemessung. Jedenfalls muß die Schwelle unten vollkantig sein. Die obere Breite der Schwelle kann auf das für das Schienenauflager, oder für die volle Unterstützung der Unterlageplatten erforderliche Maß eingeschränkt werden, man kann also oben Waldkanten zulassen oder trapezförmige Schwellen verwenden. Bei richtiger Anstopfung der Bettung spielt die Beanspruchung der Schwellen auf Durchbiegung nur eine geringe Rolle, für die Höhenbemessung ist daher in erster Reihe die Länge der Nägel oder Schwellenschrauben maßgebend. Jedenfalls darf der Schienennagel oder die Schwellenschraube auch nach etwaigem Nachdeheln des Auflagers nicht durch die Schwelle hindurchreichen, weil dadurch Mißstände beim Stopfen eintreten können. Schwellen mit senkrechten Flanken geben eine festere Lage in der Bettung als trapezförmige oder mehr oder weniger seitlich abgerundete. Dies wird besonders bei den Stoßschwellen und bei den unter Stemmlaschen liegenden Schwellen zu berücksichtigen sein, um dem Wandern des Gleises durch bessere Abstützung gegen die Bettung entgegen zu wirken. Auch wird für diese Schwellen eine größere Breite erwünscht sein, als für die Mittelschwellen, besonders wenn das Gleis mit ruhendem Stoße oder mit Breitenschwellen unter dem Stoße verlegt wird.

##### 2. a) Einzelabmessungen.

Unter Berücksichtigung der erörterten allgemeinen Gesichtspunkte sind die Einzelabmessungen der Schwellen so zu wählen, daß sie der in Frage kommenden Oberbauanordnung entsprechen. Im Gebiete des Vereines deutscher Eisenbahnverwaltungen wird für die Querschwellen der Hauptbahnen 2,5 bis 2,7 m, für die der Nebenbahnen 2,5 m Länge empfohlen<sup>56)</sup>. Die Breite pflegt von 0,23 bis 0,32 m, die Stärke von 0,12 bis 0,18 angenommen zu werden, wobei, außer der weichern oder härtern Beschaffenheit des verwendeten Holzes, die Art der Schienenbefestigung den Ausschlag gibt. Bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen hat die ge-

<sup>55)</sup> S. 287 und 308.

wöhnliche Schwelle erster Klasse für Hauptbahnen 2,7 m Länge, 0,26 m Breite und 0,16 m Höhe, die zweiter Klasse, die vorzugsweise für Nebenbahnen verwendet wird, 2,5 m Länge und  $0,24 \times 0,14$  m Querschnitt. Die untere Begrenzung muß bei beiden Schwellensorten scharfkantig sein, die obere Breite muß in den Auflagerflächen für die Unterlageplatten mindestens 0,16 m betragen.

Man hat jedoch aus wirtschaftlichen Gründen auch bei den Schwellen erster Klasse geringe Mindermaße, besonders hinsichtlich der Breite zugelassen, vorausgesetzt, daß die Auflagerbreite von 0,16 m eingehalten wird, und die mindermaßigen Schwellen einen bestimmten Anteil der Lieferung nicht überschreiten. Das Zugeständnis ist dadurch begründet, daß die Schwellenhändler, besonders beim Ein-kaufe von Auslandsschwellen, solche schmälere Schwellen mit übernehmen müssen, und somit billigere Angebote machen, wenn sie diese mit den vollmaßigen absetzen können. Diese schmälere Schwellen werden zweckmäßig gesondert gelagert und können, besonders bei vermehrter Schwellenzahl, als Mittelschwellen zwischen den breiteren Schwellen am Stoße und unter den Stemmlaschen verwendet werden.

Nachstehend sind einige Maße für Schwellen auf anderen europäischen Bahnen angegeben <sup>57)</sup>:

In England finden sich fast durchgängig die Maße  $2,743 \times 0,254 \times 0,127$  m.

Italien verwendet drei Sorten  $2,60 \times 0,24 \times 0,14$ ;  $2,5 \times 0,21 \times 0,13$  und  $2,30 \times 0,22 \times 0,13$  m.

Bei den französischen Bahnen kommen gemäß Zusammenstellung LXVIII sehr verschiedene Abmessungen vor, je nachdem es sich um Eichen-, Buchen- oder Kiefern-Schwellen handelt.

Zusammenstellung LXVIII.  
Schwellenmaße in Frankreich.

Bahn	Holzart	Länge m	Breite m	Höhe m
Südbahn . . . .	Eiche . . . .	2,65 bis 2,75	0,24 bis 0,28	0,12 bis 0,14
	Kiefer . . . .	2,65 „ 2,75	0,26 „ 0,32	0,12 „ 0,16
Ostbahn . . . .	Eiche . . . .	2,50 bis 2,60	0,21 bis 0,25	0,13 bis 0,15
	Buche . . . .	2,55 „ 2,75	0,21 „ 0,26	0,13 „ 0,16
	Buche, halbrund	2,55 „ 2,75	0,26 „ 0,31	0,14 „ 0,8
Staatsbahnen . .	Eiche . . . .	2,65 bis 2,70	0,22	0,14
	Kiefer . . . .	2,65 „ 2,70	0,22 bis 0,24	0,14 bis 0,16
	Kiefer, halbrund	2,65 „ 2,70	0,30 „ 0,32	0,15 „ 0,16
Paris Lyon	— halbrund	2,60	0,28	0,14
Mittelmeer-Bahn .	—	2,60	0,21	0,14

Die Abmessungen der Weichenschwellen unterscheiden sich im Querschnitte nicht wesentlich von denen der Hauptbahnschwellen, die Länge ist je nach der Bauart der Weichen verschieden, und erreicht vielfach fast das Doppelte der gewöhnlichen

<sup>56)</sup> T. V. 1909, 12,4.

<sup>57)</sup> Frage VIII des internationalen Eisenbahn-Kongresses 1900, bearbeitet von Hertzstein, Brüssel 1901.

Querschwellenlänge. Die Weichenschwellen müssen aus besonders gut gewachsenem Holze mit scharfen Kanten, am besten durch Sägenschnitt, hergestellt sein, und dürfen keine wesentliche Krümmung aufweisen, während bei den gewöhnlichen Querschwellen Krümmungen bis zu 10 cm Pfeil zugestanden zu werden pflegen.

## 2. $\beta$ ) Bearbeitung der Schwellen.

Die Bearbeitung der Schwellen auf die vorgeschriebenen Abmessungen erfolgt bei Herstellung aus starken Stämmen in der Hauptsache auf Schneidemühlen, nachdem die Ablängung der Stämme für eine oder mehrere Schwellenlängen bereits im Walde stattgefunden hat. Bei schwächeren Hölzern, besonders bei Nadelhölzern, werden die Flanken oft mit dem Beile bearbeitet, vereinzelt auch die Oberfläche.

Die Auflageflächen für die Unterlageplatten müssen genau in einer Ebene liegen, besonders da es zurzeit allgemein üblich ist, die Neigung der Schienen nach der Innenseite des Gleises durch schräge Oberfläche der Unterlageplatten zu erreichen. Genügend glatte und richtig in der Ebene liegende Lagerflächen sind nur mit zweckmäßig gebauten Hand- oder Maschinen-Hobeln herzustellen, die stets mit zwei die Flächen gleichzeitig erzeugenden Schneiden ausgerüstet sein müssen. Die Schwellen werden zweckmäßig vor der Tränkung gehobelt, weil sich das ungetränkte Holz besser hobeln läßt, und die Tränkflüssigkeit an den die Auflageflächen begrenzenden Sägenschnitten gut eindringt.

Die Bohrlöcher für die Schwellenschrauben oder Schienennägel hat man, besonders bei Buchenschwellen, vielfach ebenfalls vor der Tränkung hergestellt, um der Tränkflüssigkeit Zugang zu den Wandungen der Bohrlöcher zu schaffen. Man kann das jedoch durch Eintauchen der Befestigungsmittel vor der Verwendung in Teeröl erreichen und vermeidet bei nachträglichem Bohren alle Weiterungen, die durch vorherige Bestimmung der Lochabstände in Gleisbogen oder durch verschiedene Lochung der Unterlageplatten entstehen.

## IV. e) Behandlung des Holzes im Walde und auf den Stapelplätzen.

Fehler in der Behandlung des geschlagenen Holzes oder der bereits bearbeiteten Schwellen bis zu der bei den europäischen Bahnen ziemlich allgemein üblichen Tränkung können von verderblichstem Einflusse auf die Lebensdauer der Schwellen sein, weil die frisch gefällten Hölzer wegen des in den Zellen vorhandenen Pflanzensaftes Fäulniseregern leicht zugänglich sind. Ist aber der Keim zur Zersetzung der Holzfaser bereits vor der Tränkung gelegt, so können die bisher bekannten Tränkstoffe die angegriffenen Schwellenteile nicht schützen, weil sie in deren Zellen nicht eindringen. Da die ersten Anfänge der Erkrankung falsch behandelter Hölzer vielfach weder bei der Abnahme, noch bei der Tränkung durch den Augenschein erkennbar sind, so liegt darin eine Gefahr und gleichzeitig eine Erklärung mancher Mißerfolge mit Schwellen, die sowohl auf den Stapelplätzen, wie bei der Tränkung mit aller Sorgfalt behandelt waren.

Man muß vor allem darauf halten, daß das Holz in den Monaten gefällt wird, in denen der Saft zurückgetreten ist. Die Zeit vom 15. Oktober bis 15. März wird im Allgemeinen als geeignet angesehen, wobei noch die Witterung und die Höhenlage des Standortes Einfluß haben. In je größerer Höhe das Holz wächst, um so

früher wird der Saft zurücktreten, und um so später wieder einschließen. Gleiche Unterschiede sind auch bei den einzelnen Holzarten zu beobachten. Ist das Holz gefällt, so soll es luftig, aber nicht zu sonnig, und trocken auf geeigneten Unterlagen gelagert werden. Bei langer Lagerung empfiehlt sich rechtzeitige Entrindung. Hölzer mit ausgesprochener Kernbildung sind weniger Gefahren beim Lagern ausgesetzt.

Buchenholz wird dagegen bei Lagerung im Walde leicht stockig, oder es leidet durch Pilzbildungen. Man sollte daher das für Eisenbahnschwellen bestimmte Buchenholz nach dem Fällen schnellstens aus dem Walde bringen, und es entweder geschützt lagern, oder noch besser alsbald zu Schwellen schneiden. Bei sorgfältiger Beobachtung der in geeigneter Weise gestapelten Schwellen sind Verluste durch Werfen oder Aufreißen des frischen Holzes kaum zu befürchten und man vermeidet die gefährliche Lagerung im Walde.

### e. 1) Der rote Kern des Buchenholzes.

Bei der zunehmenden Bedeutung des Buchenholzes für den Schwellenmarkt ist die Frage von Wichtigkeit, ob man den „roten“ oder „falschen“ Kern<sup>58)</sup> bei Schwellenlieferungen zulassen darf. Es ist erwiesen, daß der rote Kern keine Tränkflüssigkeit aufnimmt, was er allerdings mit dem Kernholze der Eiche und der Nadelhölzer gemein hat. Während aber der Kern der letztgenannten Hölzer trotzdem mindestens so lange Dauer zu haben pflegt als das durchtränkte Splintholz, hat sich der rote Kern in Buchenschwellen nur teilweise gut gehalten, ist aber schon öfter nach kurzer Zeit faul geworden, ohne daß sich dies verschiedenartige Verhalten aus äußeren Umständen, wie Alter der Bäume, Bodenbeschaffenheit oder ungünstige Lage im Gleise, einwandfrei erklären ließ.

Nach neueren Forschungen neigt man der Ansicht zu, daß es sich um zwei Erscheinungen handelt, den „Faulkern“, eine durch äußere Beschädigungen oder ungünstige Bodeneinflüsse verursachte Krankheitserscheinung, und den „falschen Kern“, eine Schutzbildung, durch die der Baum den Kampf gegen die eindringenden Krankheitserreger aufnimmt. Man hat sich den Vorgang so zu denken, daß durch die verkernten Zellen des falschen Kernes den aus den Pilzbildungen des Faulkernes herauswachsenden Myzelfäden die zur Fortbildung erforderliche Feuchtigkeit abgeschnitten, der Faulkern also auf einen kleinen Umkreis beschränkt und eingekapselt wird, falls der Baum noch Lebenskraft genug hat.

Hiernach würde gegen die Zulassung des falschen oder roten Kernes zu Schwellenhölzern an sich nichts einzuwenden sein. Da jedoch grade nach der vorstehenden Erklärung das Auftreten des roten Kernes stets das Vorhandensein eines Faulkernes zur Voraussetzung hat, und da die Grenzen beider Erscheinungen kaum durch mikroskopische Untersuchung, keineswegs aber bei der Abnahme der Hölzer auf den Werkplätzen genau erkennbar sind, so wird man gut tun, rotkernige Hölzer, wenn irgend möglich, bei den Schwellenlieferungen auszuschließen.

Allerdings gehört ein geübtes Auge und längere Erfahrung dazu, um grade bei Buchenholz schädliche Bildungen zu erkennen, zumal bei frischen, geschnittenen Hölzern vielfach kaum ein Farbenunterschied zwischen den gewöhnlichen und den verkernten Teilen des Stammes festzustellen ist.

<sup>58)</sup> Organ 1896, S. 276.

#### IV. f) Abnahme der Schwellen.

Bei der Abnahme der Schwellen ist außer der in Vorstehendem behandelten Frage des roten Kernes bei Buchenholz zu prüfen, ob das Holz gerade und nicht zu schnell gewachsen ist, ob es keinen Wurmfraß, keine Eisklüfte oder faule Astlöcher aufweist, und ob keine weitgehenden Risse, vor allem in der Richtung der Jahresringe, vorhanden sind. Hölzer mit Mängeln dieser Art, die ohne Schwierigkeit festzustellen sind, müssen zurückgewiesen werden. Dagegen ist das oft etwas unansehnliche Äußere von Auslandshölzern, besonders die graue Färbung, die meist durch das Flößen entsteht, um so weniger nachteilig, als man annehmen darf, daß durch längeres Liegen im Wasser eine willkommene Auslaugung der im Holze noch vorhandenen Pflanzensäfte herbeigeführt wird.

Bei Inlandhölzern ist es möglich und empfehlenswert, sich Sicherheit zu verschaffen, daß das Holz vor der Verarbeitung zu Schwellen nicht unzulässig lange im Walde gelagert hat. Man nimmt selbst bei Nadelhölzern an, daß diese Lagerung höchstens dauern darf, bis die Rinde abzufallen beginnt. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn es sich um Windbruchhölzer oder um Bäume handelt, die dem Raupenfraße anheimgefallen sind. Während es keinem Bedenken unterliegen dürfte, derartige Hölzer im ersten Jahre nach dem Umbruche, oder nach dem Absterben zu Schwellen zu verwenden, erscheint eine längere Lagerung oder Verzögerung des Einschlages solchen Holzes bedenklich.

#### IV. g) Lagerung der angelieferten Schwellen.

Nach der Abnahme der Schwellen müssen sie auf den Lagerplätzen so gestapelt werden, daß sie bald die für die unmittelbare Verwendung oder Tränkung erforderliche Lufttrockenheit erreichen und vor Schaden geschützt sind. Die zur Erreichung der erforderlichen Lufttrockenheit nötige Zeit ist verschieden nach der Art des Holzes, nach der Jahreszeit und nach dem Tränkverfahren. Die Stapelung muß so erfolgen, daß die Schwellen bei genügendem Schutze gegen Bodenfeuchtigkeit nicht zu wenig, aber auch nicht zu sehr dem Luftzuge ausgesetzt sind, weil sie im erstern Falle zu langsam austrocknen, unter Umständen sogar stocken können, im letztern, besonders bei warmer Witterung, windschief werden oder reißen.

Eichenschwellen können im Allgemeinen lagenweise neben einander dicht gestapelt werden, wobei die Richtung der einzelnen Lagen wechselt. Beim Auftreten von Rissen am Hirnende genügt für gewöhnlich das rechtzeitige Einschlagen von eisernen S-Haken.

Nadelholz-, besonders Kieferschwellen, vertragen luftige Stapelung, die gewöhnlich so ausgeführt wird, daß eine Schwelle quer über das untere Ende einer etwas geneigt verlegten Lage gelegt wird, darauf eine nach der entgegengesetzten Seite geneigte Lage, auf deren unterm Ende wieder eine quer gelagerte Schwelle verlegt wird.

Buchenschwellen vertragen solche Lagerung meist nicht, sie werden bei freier Auflagerung auf die ganze Länge leicht krumm in senkrechter Richtung und bekommen bei warmem Wetter starke Risse. Man stapelt sie daher ähnlich, wie die Eichenschwellen in gekreuzten wagerechten Lagen über einander, läßt aber zwischen den einzelnen Schwellen derselben Lage angemessene Zwischenräume,

unter Umständen gleich der Schwellenbreite. Da die Holzflächen aber bei geschnittenen Schwellen in den Überkreuzungen so dicht auf einander lagern können, daß kaum Luft dazwischen tritt, legt man an diesen Stellen niedrige Holzkeile ein, um etwaiges Stocken zu vermeiden. Das Buchenholz ohne roten Kern ist im ganzen Querschnitte vollsaftiges Splintholz, es bedarf längerer Lagerung, bis es lufttrocken geworden ist und neigt in dieser Zeit stark zu Rißbildung. Es war daher vielfach üblich, alle Schwellen an den Enden durch wagerecht quer eingezogene Bolzen gegen das Aufreißen zu sichern. Die Erfahrung hat jedoch gelehrt, daß man hierin zu weit ging, und daß es bei guter Stapelung und fort-dauernder Beobachtung genügt, wenn nur die Schwellen mit eisernen S-Haken oder mit Bolzen versehen werden, die während der Lagerung beginnende Risse zeigen.

Beobachtet man bei lagernden Schwellen, deren rechtzeitige Tränkung oder Verwendung aus irgend einem Grunde unterbleiben mußte, Spuren von Pilzbildungen, was in der Regel zunächst an den Hirnenden eintritt, so empfiehlt sich sofortige Umstapelung und Anstrich der angegriffenen Stellen mit einer fäulniswidrigen Flüssigkeit. Hierdurch kann aber nur der Weiterverbreitung der Wucherungen auf der Oberfläche gesteuert werden; das einzig sichere Schutzmittel für solche Fälle ist möglichst umgehende regelrechte Tränkung.

#### IV. h) Künstliche Verlängerung der Dauer durch Tränkung der Schwellen.

In den vorstehenden Abschnitten ist die richtige Wahl und Behandlung der Schwellenhölzer erörtert, nun sind die Maßnahmen zu besprechen, durch die man die aus der natürlichen Beschaffenheit des Holzes sich ergebende Dauer verlängern kann.

Die Angriffe, denen die Holzschwellen im Betriebe hauptsächlich ausgesetzt sind, bestehen in der Zersetzung der Holzfaser durch Fäulnis und in der Abnutzung bestimmter Teile durch die von den Schienen und den Befestigungsmitteln ausgeübten Kräfte.

Will man die Dauer der Schwelle durch Tränkung mit fäulniswidrigen Stoffen verlängern, so genügt es, wenn dieses Schutzmittel wirksam bleibt, bis die Schwelle durch die Abnutzung unbrauchbar wird; über diesen Zeitpunkt hinaus wirksame Tränkstoffe sind zwecklos aufgewendet. Hiernach ist es wirtschaftlich richtig und entspricht den technischen Anforderungen, wenn man bei den in der Regel weicheren Nadelhölzern ein weniger wirksames, aber billigeres, bei den der Abnutzung länger widerstehenden Hartholzschwellen aber ein möglichst lange wirksames, wenn auch teureres Tränkmittel verwendet. Allerdings ist hierbei nicht allein der Preis der Tränkstoffe an und für sich entscheidend, sondern auch die von dem Gefüge des Holzes abhängige Aufnahmefähigkeit der Schwelle. Da bei den üblichen Tränkverfahren nur das Splintholz durchtränkt wird, so kommen bei Nadelhölzern durchschnittlich 33 bis 40 %, bei Eichenholz 17 %, bei Buchenholz ohne roten Kern 100 % des Schwelleninhaltes als durchtränkbar in Frage. Außer dem Preise ist die mehr oder weniger starke Wirkung der zu verwendenden Stoffe gegen Fäulniserreger zu berücksichtigen, weil davon die Menge abhängt, die erforderlich ist, um das Holz genügend widerstandsfähig zu machen. Endlich ist es von Bedeutung, ob die Tränkstoffe von vornherein geeignet sind, in die Schwellen eingebracht zu werden, oder ob sie zunächst durch Wasserzusatz in Laugenform über-

führt werden müssen, in welchem Falle die Gefahr späterer Auslaugung der Schwelle durch Witterungseinflüsse nicht ausgeschlossen, und somit etwas Überschuß von Tränkstoff von Vorteil ist.

### h. 1) Wirkung der verschiedenen Tränkstoffe.

Scheidet man das zwar vorzüglich fäulniswidrige, aber zu teure Quecksilber-sublimat aus, so sind als jetzt übliche Tränkstoffe zu nennen: Teeröl oder Kreosot, Chlorzink, Kupfervitriol, Eisenvitriol, Tonerdesulfat und neuerdings naphthalinsulfosauerer Zink. Man hat durch Versuche an künstlichen Nährkuchen Verhältniszahlen für die fäulniswidrige Wirkung dieser Stoffe gewonnen und die folgenden Beimischungsmengen als zur Vehinderung oder Tötung von Pilzwucherungen genügend festgestellt: Teeröl 0,3 %, Kupfervitriol 0,7 %, Chlorzink 0,9 %, Eisenvitriol 1,5 % und Tonerdesulfat 1,5 % des Holzinhaltes.

Ferner sind bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen Versuche mit verschieden getränkten Schwellen durchgeführt, um ein Urteil über die Brauchbarkeit einiger neuerer Tränkarten und über die Wirkung der dabei verwendeten Stoffe zu gewinnen. Um zunächst die Einwirkung solcher Fäulnisreger beobachten zu können, die bei unseren Witterungsverhältnissen die Zerstörung der Schwellen im Betriebe herbeiführen, wurden angefaulte Teile von Schwellen verschiedener Holzarten der Strecke entnommen und mit ungetränkten Hölzern unter geeigneten Bedingungen in Berührung gebracht. Nachdem es auf diese Weise gelungen war, auf den ungetränkten Hölzern Wucherungen der hauptsächlich vorkommenden Pilzarten zu erzeugen, wurden Teile davon auf verschieden getränkte Schwellen aufgenagelt und die Wirkung der Schutzmittel beobachtet. Die Reihenfolge der fäulniswidrigen Wirkungen ergab sich dabei im Wesentlichen der vorstehenden Versuchsreihe entsprechend; das Teeröl erwies sich als hervorragend wirksam, aber auch das naphthalinsulfosauere Zink zeigte starke fäulniswidrige Wirkung, so daß es etwa zwischen Teeröl und Kupfervitriol einzuschalten ist.

### h. 2) Vorbereitung der Tränkung durch Trocknen.

Um das im frisch geschlagenen Holze vorhandene Wasser schneller und gründlicher zu entfernen, als durch Trocknen an der Luft, hat man, besonders in Frankreich, künstliche Trocknung in Öfen vorgenommen. Die Luft tritt von unten in die Öfen und erhitzt sich in senkrechten Kanälen, die zwischen vielfach über einander liegenden wagerechten Abzugskanälen für die Rauchgase ansteigen. Die heiße Luft tritt dann in die Trockenräume und streicht hier, der Richtung der Bewegung der auf Wagen einzufahrenden Schwellen entgegen, nach den Schornsteinen hindurch. Die Schwellen kommen also in immer heißere Luft, bis sie wieder den Ofen verlassen, nachdem sie in etwa 72 Stunden die verschiedenen Trockenräume durchlaufen haben. Die Wärme beträgt beim Eintritte der Schwellen 30 bis 35°, beim Austritte 70 bis 80° C.

Während man bei Eichenschwellen 12 bis 18, bei Buchenschwellen 6 Monate rechnet, bis sie in freier Luft genügend ausgetrocknet sind, erreicht man bei künstlicher Austrocknung eine nicht unwesentlich höhere Wasserentziehung und Gewichtsabnahme in kurzer Zeit, bei Eichenschwellen in 144, bei Buchenschwellen in 72 Stunden<sup>59)</sup>. Wengleich man außerdem bei künstlicher Trocknung von der

<sup>59)</sup> Note sur la préparation des traverses à la compagnie des chemins de fer de l'Est, par Dufaax. Revue générale des chemins de fer 1898, S. 3 und 133.

Jahreszeit unabhängig ist, so hat man in Deutschland der Kosten und anderer Mißstände wegen, die sich bei Versuchen mit Trockenanlagen herausstellten, von der Einführung abgesehen.

### **h. 3) Dämpfen der Schwellen.**

Da man festgestellt hat, daß der im frisch geschlagenen Stamme und in verdichteter Form auch in dem lufttrockenen Holze vorhandene Pflanzensaft durch stickstoffhaltige Bestandteile Fäulniserreger nährt und fördert, so lag die Erwägung nahe, möglichste Entziehung dieser Pflanzensäfte als Vorbedingung einer wirksamen Schwellentränkung anzusehen. Man dämpfte daher zunächst die rohen Schwellen, indem man sie bis eine Stunde lang durch Dampf von 1,5 at. Überdruck erhitze, und dann das niedergeschlagene Wasser, wie man annahm, zusammen mit dem Pflanzensaft aus dem Tränkkessel ablaufen ließ. Genaue Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß die Wirkung auf Entfernung des Pflanzensafts eine äußerst geringe war. Immerhin ist es empfehlenswert, besonders in kalter Jahreszeit, die Schwellen wenigstens kurze Zeit mit Dampf von geringem Überdrucke zu behandeln, da sie durch Vorwärmung und Säuberung von anhaftenden Schmutzteilen aufnahmefähiger für die Tränkung werden.

### **h. 4) Die Tränkung der Schwellen.**

Das Tränken der Schwellen wurde bei den bisher üblichen Verfahren dadurch bewirkt, daß man zunächst in dem luftgeschlossenen, die Schwellen enthaltenden Tränkkessel Luftverdünnung von mindestens 60 cm Quecksilber herstellte, worauf die Tränkflüssigkeit ohne Verminderung der Luftverdünnung in den Kessel eingesaugt und dann der Kessel geöffnet wurde, so daß die Flüssigkeit durch den Überdruck der Außenluft in die Schwellen getrieben wurde. Darauf wurde der Kessel durch Druckpumpen wieder mit Tränkflüssigkeit vollgefüllt und durch Steigerung des Druckes bis auf 7 at. Überdruck eine weitere Menge Flüssigkeit in die Schwellen eingepreßt.

Dieser Hergang war in der Hauptsache bei allen Tränkverfahren gleich. Die sonst vorhandenen Unterschiede mögen nachstehend kurz erörtert werden. Die unter 4. a) bis 4. d) anzuführenden Verfahren sind im Allgemeinen als überholt anzusehen, haben aber zur Beurteilung der jetzt üblichen Verfahren geschichtlichen Wert, zumal noch große Mengen nach ihnen getränkter Schwellen in den Streckengleisen liegen.

#### **4. a) Tränkung mit Chlorzink.**

Das Chlorzink wird durch Auflösung von Zinkabfällen in Salzsäure gewonnen. Die stark ätzende, gesättigte Lösung wurde durch Wasserzusatz so weit verdünnt, daß sie etwa 1,25% metallischen Zinkes enthielt. Diese Lauge wurde, auf 65° C erwärmt, in der vorstehend geschilderten Weise in die Schwellen eingebracht, wobei die Mindestaufnahme an Flüssigkeit bei den Schwellen erster Klasse der preußisch-hessischen Staatsbahnen bei Kiefernholz 22 bis 25, bei Buchenholz 25 bis 30, bei Eichenholz 8 bis 9 kg betrug.

4.  $\beta$ ) Tränkung mit Chlorzink unter Teerölzusatz.

Da beobachtet war, daß das lediglich mechanisch in die Holzzellen eingeführte Chlorzink bei Regen und Schneeabgang ausgewaschen wurde, so versuchte man diesem Vorgange durch Beimischung von Teeröl zu steuern, das in Wasser unlöslich ist und außer geringer Verdunstung durch Wärme keine merkbare Abnahme in den Schwellen zeigt. Das hierauf beruhende, von Rütgers erfundene Mischverfahren wurde längere Jahre hindurch auf den preußisch-hessischen Staatsbahnen für Kieferschwellen in großem Umfange angewendet und hat sich, trotz einer Reihe grundsätzlicher Mängel, im Allgemeinen bewährt. Allerdings gilt das nur für Kieferschwellen, für die man kein besseres mit gleichen, verhältnismäßig niedrigen Kosten durchführbares Verfahren kannte. Der nach 4.  $\alpha$ ) hergestellten Chlorzinklauge wurden für jede Schwelle 2,5 bis 3 kg Teeröl zugesetzt, worauf die beiden Stoffe durch Dampfgebläse möglichst innig gemischt wurden, und die Tränkung der Schwellen in der vorbeschriebenen Weise durch Luftverdünnung und darauf hergestellten Überdruck erfolgte. Dabei wurde das Teeröl wegen verschiedener Durchdringbarkeit der Holzzellen mehr in den äußeren Teilen des Splintholzes zurückgehalten, ein Vorgang, der für die Bewährung der Tränkung nur günstig war, weil hierdurch ein desto wirksamerer Schutz des tiefer eingedrungenen Chlorzinkes gegen Auswaschen herbeigeführt wurde. Andererseits liegt aber darin ein Beweis für die ungenügende Innigkeit der Mischung, was sich auch bereits vor dem Eindringen der Flüssigkeit in die Schwellen durch Abscheiden des Teeröles im Kessel zeigte und zu ungleichmäßiger Tränkung der oben oder unten lagernden Hölzer führte. Die Aufnahme betrug bei Mischtränkung 32 bis 34 kg für die Kieferschwelle erster Klasse der preußisch-hessischen Staatsbahnen.

4.  $\gamma$ ) Tränkung mit heißem Teeröle.

Das Teeröl, ein Destillat von Steinkohlenteer, das sich etwa bei 230 bis 350° C abscheidet, wurde vorgewärmt in den mit Schwellen beschickten, luftdicht abgeschlossenen Tränkkessel durch Luftverdünnung eingesaugt und dabei mittelst einer Dampfrohrlleitung auf etwa 110° C erhitzt. Diese Erhitzung wurde etwa drei Stunden erhalten, dabei wurden die aus den Schwellen entweichenden Wasserdämpfe in einem mit dem Kessel verbundenen Röhrenkühler niedergeschlagen. Das niedergeschlagene Wasser wurde mit den gleichzeitig ausgekochten Pflanzensäften abgeleitet und bei Bestimmung der Aufnahme von Tränkstoff berücksichtigt. Nach Aufheben der Luftverdünnung, und nachdem die Schwellen Teeröl aufgenommen hatten, wurde der Kessel wieder gefüllt, und die Tränkung durch Überdruck bis 7 at. vervollständigt.

Dieses ebenfalls von Rütger eingeführte Verfahren gestattete auch die Tränkung noch nicht lufttrockener Hölzer und wurde lange Zeit als das vollkommenste angesehen. Es ist aber teuer, hat daher im Allgemeinen nur für Harthölzer Anwendung gefunden. Man darf annehmen, daß für eine Eichenschwelle der oben genannten Abmessungen 10 bis 12 kg, für eine Buchenschwelle 35 kg zu rechnen waren, es ist aber festgestellt, daß Buchenschwellen bis 50 kg aufgenommen haben.

4.  $\delta$ ) Die Verfahren von Hasselmann und Wiese.

Während es sich bei den bisher besprochenen Verfahren um mechanische Füllung der Holzzellen handelte, wurde bei den Verfahren nach Hasselmann und

Wiese angenommen, daß nach der Füllung ein chemischer Vorgang stattfindet, der die Zellenwandungen in Mitleidenschaft zieht. Nach Hasselmann wurde ursprünglich eine Lösung von Kupfervitriol, Eisenvitriol, Tonerdesulfat und Kainit verwendet, die, durch Luftverdünnung eingesaugt, unter unmittelbarer Dampfzuführung bis 130° erhitzt und dann durch Überdruck bis 4 at. eingepreßt wurde. Später hat man die starke Erhitzung der Lauge herabgemindert, weil die Holzfaser darunter litt, auch hat man dann versucht, eine andere Lösung aus Eisenvitriol, Tonerdesulfat, Kainit und essigsauerm Ammon zu verwenden. Das Verfahren hat sich aber für die Schwellentränkung nicht Bahn gebrochen, weil die verwendeten Tränkstoffe durchschnittlich eine nur geringe fäulniswidrige Wirkung haben, daher in viel größeren Mengen in die Schwellen eingeführt werden mußten, als mit angemessener Preisstellung vereinbar war. Auch müssen die so getränkten Schwellen mindestens drei Monate lagern, bis sie verlegt werden können, ein im Betriebe nicht zu unterschätzender Umstand.

Das Verfahren von Wiese ist im Großbetriebe wohl noch kaum erprobt. Der Tränkstoff, naphthalinsulfosauerer Zink, wirkt scheinbar sehr stark fäulniswidrig und hat die günstige Eigenschaft, nur bei höheren Wärmegraden löslich zu sein, aber schon bei mittlerer Wärme zu kristallisieren und dann nicht auswaschbar zu sein. Die seinerzeit in der fiskalischen Tränkanstalt in Northeim am Harze von der preußisch-hessischen Eisenbahnverwaltung angestellten Versuchstränkungen haben ein durchaus günstiges Ergebnis gehabt.

Im Zusammenhange mit den vorstehenden Versuchen wurde ein Verfahren für Tränkung von Buchenschwellen erprobt, das als Manteltränkung bezeichnet wurde. Die mit Salz nach Wiese getränkten Schwellen wurden erwärmt, dann wurde durch Luftverdünnung ein Teil der Tränkung wieder entfernt und durch eingepreßtes Teeröl ersetzt. Letzteres füllte nicht nur die Zellen der äußeren Schwellenteile, sondern drang auch zwischen dem Salze und den Zellenwänden in das Innere der Schwelle tief ein, so daß die Tränkung eine durchaus gleichmäßige war, und somit ein gutes Ergebnis hatte.

#### 4. ε) Tränkung mit beschränkter Teerölaufnahme.

Dem letzterwähnten Verfahren lag bereits der Gedanke zu Grunde, das teure Teeröl, besonders bei den sehr aufnahmefähigen Buchenschwellen, entweder durch billigere Stoffe zu ersetzen, oder die Menge des Teeröles bei guter Verteilung zu beschränken. Durch wissenschaftliche und praktische Versuche, die in umfangreichem Maße in der Versuchsanstalt der preußisch-hessischen Staatsbahnen auf dem Hamburger Bahnhofe in Berlin durchgeführt wurden, war der Nachweis erbracht, daß die stark wirksamen Tränkstoffe in viel größeren Mengen in die Schwellen eingeführt wurden, als für die Abnutzungsdauer nötig ist.

Dieser leitende Gedanke einer beschränkten Teerölaufnahme lag auch den Versuchen zu Grunde, die seinerzeit von den preußisch-hessischen Staatsbahnen mit dem „Emulsions“-Verfahren angestellt wurden, und zwar auf Anregung mehrerer größerer Unternehmungen für Schwellentränkung. Das Verfahren bestand darin, daß eine Seifenlauge aus Harz und Natron durch Luftgebläse mit Teeröl gemengt wurde, wodurch eine sehr haltbare innige Mischung erreicht wurde, die das Teeröl in ganz außerordentlich feiner Verteilung enthielt. Abweichend von der Mischtränkung aus Chlorzinklauge mit Teeröl ist es möglich, die Seifenlauge ohne Ab-

sonderung der feinen Ölteilchen in alle durchtränkbarcn Holzzellen gleichmäßig hineinzubringen, so daß man alle Teile der Schwelle, mit Ausnahme des Kernholzes, bei beschränkter und lediglich dem erforderlichen Schutze gegen Fäulnis entsprechender Bemessung des Teerölzusatzes gleichmäßig tränken kann. Das Verfahren hat sich für Kiefern- und Eichen-Schwellen als durchführbar erwiesen, bei Buchenschwellen hat es jedoch aus nicht aufgeklärten Gründen versagt. Da grade für Buchenholz eine wesentliche Verbilligung gegenüber der Volltränkung mit Teeröl erhofft wurde, die Kosten für Tränkung der Kiefern- und Eichen-Schwellen aber verhältnismäßig hoch wurden, ist das Verfahren nicht zur Einführung gekommen.

Alle vorgenannten Tränkartcn sind gegenwärtig durch die Tränkung mit reinem Teeröle bei beschränkter Aufnahme nach Rüping<sup>60)</sup> überholt, die bei vielen Bahnen ausgebreitete Anwendung gefunden hat. Nach dem ursprünglichen Ansprüche des für das Deutsche Reich erteilten Patentcs sollten die Schwellen in dem geschlossenen Kessel einer Luftpressung von etwa 5 at. Überdruck unterworfen werden, worauf das Teeröl mit etwas erhöhtem Überdrucke in den Kessel eingeführt und mit wesentlich erhöhtem Überdrucke, unter Umständen bis 15 at., in die Schwellen eingepreßt wurde. Nach Aufhebung des Überdruckes sollte dann das Teeröl durch die in den Zellen vorhandene Preßluft in der Hauptsache wieder herausgedrückt werden, so daß nur die inneren Zellenwandungen gewissermaßen mit einem Teerölanstriche versehen wurden. Endlich sollte dann, nach einem Zusatze am Schlusse des Anspruches, zur Förderung des Vorganges auch noch eine Luftverdünnung zur Anwendung kommen können.

Der leitende Gedanke bei dem Verfahren ist der, in den Schwellen zunächst erhöhte Luftpressung herzustellen und dadurch den spätern Wiederaustritt des zuviel vorhandenen Öles zu fördern. Denn die Erscheinung, daß bei Einpressung von Tränkflüssigkeiten nach Aufhebung des Überdruckes ein Teil der Flüssigkeit ohnehin wieder ausfließt, war bekannt. Wenn das Verfahren zunächst nicht hielt, was es versprach, indem je nach der Aufnahmefähigkeit der Schwellen ganz verschiedene, und zwar teils kleinere, teils größere Aufnahme stattfand, als man wünschte, so lag das augenscheinlich daran, daß man die Regelung der unter hohem Überdrucke stattfindenden Aufnahme gewissermaßen der Aufnahmefähigkeit der Schwellen überließ. Auf Grund der Erkenntnis dieser Umstände hat der Erfinder verschiedene Verbesserungen eingeführt, indem er dem Tränkverfahren die als Nebenanspruch erwähnte, nachträgliche Luftverdünnung als wichtigen Vorgang zur Regelung der Aufnahme einfügte. Dabei kamen ihm auch Ergebnisse zu statten, die inzwischen in der Tränkanstalt in Northeim durch abwechselnde Anwendung von Luftpressung und Luftverdünnung zur genauern Bemessung der Teerölaufnahme erzielt waren.

Bei den preußisch-hessischen Staatsbahnen kommt gegenwärtig das Verfahren von Rüping ausschließlich zur Anwendung, und zwar für Kiefern- und Eichen-Schwellen das einfache Verfahren. Es besteht darin, daß die lufttrockenen Hölzer mit 2 bis 4 at. gepreßt werden, bei gleichem Luftdrucke das vorgewärmte Teeröl in den Tränkkessel eingelassen, und dann der Luftdruck auf 7 bis 8 at. erhöht wird. Nachdem dieser starke Luftdruck bei Kiefernholz etwa 30 Minuten, bei Eichenholz bis 3 Stunden gehalten ist, findet etwa 10 Minuten lang Luftverdünnung bis 60 cm Quecksilber statt, womit das Tränken beendet ist.

<sup>60)</sup> Organ 1912, S. 401.

Bei Buchenholz kommt das Doppelverfahren von Rüping in Anwendung, wobei der eben beschriebene Hergang zweimal stattfindet. Der erhöhte Luftdruck von 7 bis 8 at. wird dabei einmal eine Stunde, und nach der zweiten Tränkung drei Stunden unterhalten, desgleichen wird die Luftverdünnung jedesmal bis zu 30 Minuten verlängert.

Die durchschnittliche Teerölaufnahme soll betragen bei

einer Kiefernschwelle I. Klasse . . . . .	7 kg,
einer Kiefernschwelle II. Klasse . . . . .	6 kg,
anderen Kiefernholzern für 1 cbm . . . . .	63 kg,
einer Eichenschwelle I. Klasse . . . . .	5 kg,
einer Eichenschwelle II. Klasse . . . . .	4 kg,
anderen Eichenholzern für 1 cbm . . . . .	45 kg,
einer Buchenschwelle I. Klasse . . . . .	16 kg,
einer Buchenschwelle II. Klasse . . . . .	12 kg,
anderen Buchenholzern für 1 cbm . . . . .	145 kg.

Selbst wenn der Luftdruck der Art und der Trockenheit der Hölzer nach Möglichkeit angepaßt wird, werden auch bei diesem Verfahren nicht ganz gleichmäßige Ergebnisse erzielt werden können, da auch Hölzer von gleichem Ursprunge und gleicher Behandlung verschieden aufnahmefähig sind. Nur die Erfahrung kann entscheiden, ob das Verfahren die erforderliche Sicherheit bietet. Bei den deutschen Eisenbahnen ist es allgemein, bei den übrigen europäischen Bahnen überwiegend üblich, die Holzschwellen zu tränken.

Von 87 außerdeutschen Verwaltungen tränken nur 28 die Schwellen überhaupt nicht, von den übrigen tränken 18 mit Chlorzink, 38 mit Teeröl, 4 mit Chlorzink und Teeröl, 3 mit Kupfervitriol, 1 in anderer Weise, wobei 5 Verwaltungen zwei Verfahren anwenden<sup>61)</sup>. Ferner ist beobachtet, daß die Tränkung mit Chlorzink und Teeröl Anhänger gewinnt, wogegen die Tränkung mit Kupfervitriol abnimmt.

#### IV. i) Mittel gegen Abnutzung der Holzschwellen.

##### i. 1) Abnutzung im Schienenlager.

Holzschwellen sind der Abnutzung am stärksten im Schienenaufleger und da ausgesetzt, wo die Holzfasern von den Befestigungsmitteln durchschnitten wird. Das Einfressen des Schienenfußes in die Schwelle verdarb diese vor Anwendung von Unterlageplatten schnell, weil das Schienenaufleger zur Vermeidung des Aufsetzens der Nagelköpfe nachgedechselt, und die Nägel neu eingeschlagen werden mußten. Nachdem, wenigstens in Deutschland, auf stark beanspruchten Strecken durchweg eiserne Unterlageplatten eingeführt sind, deren Abmessungen besonders auf den Stoßschwellen genügende Druckverteilung sichern, ist die Notwendigkeit des Nachdechselns wesentlich herabgemindert. Die Unterlageplatten fressen sich in Kiefernschwällen allmähig noch ein, so daß die Lagerflächen nachgedechselt werden müssen, bei Hartholzschwellen ist diese Art der Abnutzung aber durch die Platten im Allgemeinen beseitigt. Allerdings sind dabei die Verwendung von Schwellenschrauben und sorgsame Unterhaltung Voraussetzung, weil das Einfressen nicht nur durch den auf die Schwelle wirkenden Druck, sondern auch durch Abschleifen

<sup>61)</sup> Bulletin des internationalen Eisenbahn-Kongreß-Verbandes, 1900, Frage VIII, Hertzstein.

der Holzfaser herbeigeführt wird, sobald Sandteilchen zwischen Platte und Schwelle eindringen und beim Befahren des Gleises kleine Bewegungen der einander berührenden Flächen eintreten. Dem kann bei Befestigung der Schienen durch Nägel nicht wirksam vorgebeugt werden, sondern nur durch Schraubenbefestigung, weil sich die Nägel viel leichter lockern, als Schrauben. Allerdings muß auch bei diesen durch rechtzeitiges Anziehen für sattes Aufliegen der Schiene und Unterlageplatte auf der Schwelle gesorgt werden.

Bemerkenswert ist die auf französischen Bahnen seit längeren Jahren übliche Verwendung von elastischen Unterlagen statt der eisernen. Sie werden in der Breite des Schienenfußes in geringer Stärke von 4 bis 6 mm aus Filz oder Pappelholz hergestellt, auf Buchen- oder Eichen-Schwellen verwendet, wo sie in etwas vertiefte Ausschnitte, die gleichzeitig zum seitlichen Anlager des Schienenfußes dienen, mit Teeröl getränkt, ohne weitere Befestigung eingelegt werden. Da zwischen den Schwellenschrauben und dem Schienenfuß ein Spielraum vorhanden ist, und gegen das Verfahren des Gleises lediglich durch Stemmen der Laschen gegen die Schwellenschrauben der vordern Stoßschwelle Vorsorge getroffen ist, so beruht die Sicherheit gegen Spurveränderungen und Verfahren des Gleises allein auf der Wirkung der Schwellenschrauben. Trotzdem soll der Erfolg, besonders hinsichtlich der langen Dauer der Schwellen, ein vorzüglicher sein.

### **i. 2) Abnutzung durch die Befestigungsmittel für die Schienen.**

Abnutzung der Holzschwellen tritt ferner durch die Befestigungsmittel für die Schienen ein. Es ist leicht erklärlich, daß die gewaltsame Trennung der Holzfaser beim Einschlagen eines Schienennagels, oder beim Vorbohren für eine Schwellenschraube und beim Eindringen der Schraubengänge die angrenzenden Teile der Schwelle zerreißt und für weitere zerstörende Einflüsse besonders angreifbar macht. Lockern sich die Befestigungsmittel im Laufe der Jahre, müssen sie erneuert und die Schwellen nachgedechselt werden, so werden in der Regel neue Angriffspunkte durch Umnagelung oder Bohren neuer Schraubenlöcher geschaffen, die Schwelle wird „zernagelt“ und schließlich unbrauchbar, auch ohne daß sie durch Fäulnis zerstört ist. Diesem Mißstande ist in den letzten Jahren wirksam durch Einbringen von Hartholzdübeln nach Collet begegnet worden. Die Verwendung solcher Dübel, die aus Weißbuchenholz in Schraubenform mit vorgebohrtem Loche für die Schwellenschraube hergestellt werden, empfiehlt sich vorzugsweise für Nadelholzschwellen, weil bei ihnen viel eher der Fall eintritt, daß die Mittel zur Befestigung der Schienen nicht mehr fest sitzen, obgleich die Schwelle sonst noch brauchbar ist. Auch stößt das Einbringen der Dübel in Hartholzschwellen auf Schwierigkeiten, weil das Einschneiden der Gewindegänge nur mit großer Kraft ausführbar ist, daher auch unverhältnismäßige Kosten verursacht.

Die Verdübelung noch brauchbarer Nadelholzschwellen bietet den Vorteil, daß ein durchaus fester Sitz der Befestigungsmittel erreicht wird, und daß die Unterlageplatten, durch die Hirnflächen der Dübel gestützt, sich nicht in die Schwelle einfressen können. Man kann daher die Schwellen mit geringem Kostenaufwande wieder für längere Jahre brauchbar machen, besonders wenn die Arbeiten auf freier Strecke stattfinden und Beförderungskosten durch tunliche Wiederverlegung der Schwellen an derselben Stelle gespart werden. Der Gedanke liegt nahe, auch neue Nadelholzschwellen von vorn herein mit Hartholzdübeln zu versehen,

weil man damit dem Einfressen der Platten in die Schwellen von Anfang an vorbeugen kann<sup>62)</sup>, und weil Vorteile für die Spurhaltung zu erwarten sind. Abgesehen von der Kostenvermehrung, die vielleicht durch die zu erreichenden Vorteile ausgeglichen wird, ist jedoch dagegen anzuführen, daß die für eine bestimmte Oberbauart und für die dabei übliche Unterlageplatte verdübelte Schwelle nur für diese Unterlageplatte verwendbar ist, daß man daher, grade wenn aus ihrer voraussichtlich langen Lebensdauer Vorteile gezogen werden sollen, hinsichtlich der Weiterverwendung unbequemen Einschränkungen unterworfen ist.

### i. 3) Sonstige Schutzmittel.

An sonstigen Mitteln zur Sicherung der Schwellen gegen die Wirkung der Befestigungsmittel ist zunächst die Ausfütterung des Schraubenloches mit einer doppelteiligen, außen und innen mit Gewinden versehenen, mittels der Befestigungsschraube aufgetriebenen Eisenhülse von Lahkovski<sup>63)</sup> zu erwähnen, die auf französischen Bahnen verwendet wird.

Besonders wirksam sollen in dieser Hinsicht alle Stuhlschienen-Oberbauten<sup>64)</sup> sein, bei denen die Stühle mit Durchbolzen oder starken Schwellenschrauben endgültig auf der Schwelle befestigt werden. Die Schwelle soll dann beiden Arten von Abnutzung entzogen sein, da die Stühle keine Bewegung gegen die Schwellen ausführen und die unmittelbar die Schiene fassenden Mittel zur Befestigung der letztern nur an den massigen Stühlen, nicht an der Schwelle angreifen.

Für solche Arten des Oberbaues sind demnach die besten, wenn auch teuren Tränkverfahren zu empfehlen, da die Dauer der Schwellen bei ihnen ganz von der Fernhaltung von Fäulniswirkungen abhängt.

## IV. k) Tatsächliche Lebensdauer der Holzschwellen.

Stellt man schließlich die nahe liegende Frage, welche Lebensdauer den Schwellen durch künstliche Mittel gegen Fäulnis und mechanische Abnutzung gegeben werden kann, so ist darauf kaum eine zuverlässige Antwort zu erteilen. Die Art des Holzes, seiner Behandlung und der Trängung, die Beanspruchung im Gleise, endlich die Beschaffenheit der Bettung sind von Einfluß, und zeitigen vielfach die widersprechendsten Ergebnisse.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen und bei sorgfältiger Behandlung darf man wohl durchschnittlich als Lebensdauer annehmen: bei Kieferschwellen 15 bis 20, bei Eichenschwellen 20 bis 25 Jahre, bei Buchenschwellen ebenfalls 20 bis 25 Jahre, unter Umständen auch noch etwas mehr. In allen Fällen ist dabei zweckmäßige Trängung und gute Gleisbettung vorausgesetzt, sowie bei Kieferschwellen genügender Schutz gegen Abnutzung.

62) Organ 1908, S. 425, Württemberg.

63) Organ 1902, S. 256; 1913, S. 75.

64) van Dyk, Organ 1912, S. 416; Bräuning, Organ 1908, S. 177; 1894, S. 32; 1899, S. 143.







WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306738

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



III-306658

Druk. U... 000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000309608

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000298841