

- [4/33] RAJAKOVICS, E. v.: Dauerversuche mit Leichtmetall-Pleuelstangen. Z. VDI Bd. 85 (1941) S. 867.  
 BRENNER, P.: Verbindung von Leichtmetall durch Kleben. Konstruktion Heft 2 (1950) S. 326.  
 (Kunstharz als Klebstoff, Schubfestigkeit 100 bis 200 kg/cm<sup>2</sup>, oft besser als Schweißen, besonders für Dauerfestigkeit).

## 5. Werkstoffe, Profil- und Maßtafeln.

### 5.1. Werkstoffwahl.

Bei der Wahl der Werkstoffe sind zunächst die Anforderungen an den betreffenden Bauteil hinsichtlich *Funktion*, *Beanspruchung* und *Lebensdauer* zu berücksichtigen, dann die Forderungen der *Formgebung* und *Fertigung* und nicht zuletzt die *Gestehungskosten* und oft auch noch die *Beschaffungsfrage*.

Für gewöhnlich können wir uns hierbei auf die bereits vorliegenden Erfahrungen stützen und *übliche* Werkstoffe in den üblichen Qualitäten verwenden. So nehmen wir im Maschinenbau durchweg

- für einfache *Achsen und Wellen* gewöhnlichen C-Stahl (St 37 bis St 60);
- für *mehrfach gekröpfte Wellen* hochwertigen Stahl oder Sondergußeisen (wegen Formgebung und Kerbwirkung);
- für *Keile, Paßfedern und Stifte* St 60;
- für *gegossene Ständer, Grundplatten und Gehäuse* Grauguß, bei höherer Beanspruchung Sondergußeisen und Stahlguß, wenn wir nicht eine geschweißte Ausführung aus Stahl (meist Stahlblech) vorziehen;
- für *Teile mit hoher Wälzpressung* (Wälzlager, Nockenwellen, hochbelastete Zahnräder) gehärteten Stahl;
- für *Zahnräder* je nach der Beanspruchung Grauguß, Stahlguß, Stahl (St 42 bis St 70), gehärtete und vergütete Stähle, in Sonderfällen auch Schichtholz, Preßstoffe und Nicht-eisenmetalle;
- für *gleitbeanspruchte Flächen* als Gegenstoff je nach den Umständen Preßstoff, weichen Grauguß, Bronze, Weißmetall, Zink- und Al-Legierungen bzw. Verbundstoffe mit gleitfähiger Außenschicht;
- für *elastische Federn* Federstahl und Gummi, in Sonderfällen auch Federbronze und Holz;
- für *kleinere Massenteile* Automaten- und Spritzgußlegierungen;
- für *Schneiden* gehärtete Werkzeugstähle und Schneidmetalle;
- für erheblich *wärme- oder feuerbeanspruchte Teile* warmfesten oder zunderbeständigen Stahl<sup>1</sup> oder Stahl mit zunderbeständiger Oberfläche, oder keramische Stoffe;
- für besonders *verschleißbeanspruchte* Teile oder für besondere *chemische, elektrische* oder *magnetische* Anforderungen entsprechende Sonderwerkstoffe.

Erst wenn die bisherigen Erfahrungen nicht ausreichen, also wenn neue Gesichtspunkte (neue Erkenntnisse, neue Anforderungen, neue Werkstoffe, neue Engpässe, neue Preisverhältnisse) auftreten, oder wenn mehrere Werkstoffe in Konkurrenz treten, wird die Werkstoffwahl zu einer *Frage*.

Sie erfordert dann eine genauere Überprüfung und zwar

- 1) der *Anforderungen* an den Bauteil (Funktion, Beanspruchung, Lebensdauer);
- 2) der *Fertigungsbedingungen* (Stückzahl, Formgebung, Fertigungsart und Gestehungskosten);
- 3) der *Werkstoffeigenschaften* und meistens noch anschließende *Versuche* mit den dann noch fraglichen Werkstoffen.

In derartigen Fällen wird sich der Konstrukteur in stärkstem Maße um die Sondererfahrungen der Werkstoff- und Fertigungs-Fachleute und der Konstruktions-Benutzer bemühen müssen, wenn er Fehlschläge vermeiden will.

Am einfachsten ist die Entscheidung, wenn nur wenige, bestimmte Eigenschaften des Baustoffs ausschlaggebend sind; am schwierigsten, wenn zahlreiche Anforderungen von zahlreichen Baustoffen mehr oder weniger gut erfüllt werden.

<sup>1</sup> oder entsprechende Stahlguß- und Graugußsorten.

So wird man z. B. die Frage nach dem günstigsten Baustoff für die *Karosserie eines Personen-Kraftwagens* (Holz, Schichtholz oder Preßstoff, Leichtmetall oder Stahlblech?) je nach den Umständen, also je nach den maßgebenden Gesichtspunkten verschieden beantworten müssen. Als Hilfsmittel für die Auswahl s. auch Punktwertung S. 6 und Kenngrößenvergleich S. 62.

Nachfolgend sollen die Werkstoffe des Maschinenbaus vom *Standpunkt des Konstrukteurs* aus besprochen werden. Im Vordergrund stehen hierbei *Eisen und Stahl*, da die sonstigen Werkstoffe im Maschinenbau, schon aus Preisgründen (s. kg-Preise S. 63) nur eine zusätzliche, wenn auch oft unentbehrliche Rolle spielen.

*Dynamische Festigkeitswerte* der Werkstoffe s. S. 54, Tafel 3/4 und S. 63, Tafel 4/1; *Verschleißfestigkeit* s. S. 27—32; *Korrosionsverhalten* s. S. 32, 95 u. 97.

Stoffbezeichnungen	Bezeichnungen	
		Sonstige Bezeichnungen
Al Aluminium	$A_b$ (cmkg/cm <sup>2</sup> )	Schlagbiegefestigkeit
Be Beryllium	$A_{bk}$ (cmkg/cm <sup>2</sup> )	Kerbschlagbiegefestigkeit (Kerzbähigkeit)
Bz Bronze		
C Kohlenstoff	$d$ (mm)	Durchmesser
Co Kobalt	$E$ (kg/mm <sup>2</sup> )	E-Modul
Cr Chrom	$F$ (cm <sup>2</sup> )	Querschnitt
Cu Kupfer	$G$ (kg/m)	Gewicht je lfd. Meter
Fe Eisen	$H_B$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Brinellhärte
GG Grauguß <sup>1</sup>	$H_V$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Vickershärte
Mg Magnesium	$H_R$ (—)	Rockwellhärte
Mn Mangan	$J_b$ (cm <sup>4</sup> )	Biege-Trägheitsmoment
Mo Molybdän	$J_t$ (cm <sup>4</sup> )	Dreh-Trägheitsmoment
Ms Messing	$i$ (cm)	$= \sqrt{J/F}$ Trägheitshalbmesser
Ni Nickel	$k$ (—)	Profilwert, $= F^2/J = F/i^2$
P Phosphor	$W, W_b$ (cm <sup>3</sup> )	Biege-Widerstandsmoment
Pb Blei	$W_t$ (cm <sup>3</sup> )	Dreh-Widerstandsmoment
S Schwefel	$\gamma$ (kg/dm <sup>3</sup> )	Wichte
Si Silicium	$\delta_5, \delta_{10}$ (%)	Bruchdehnung
St Stahl	$\sigma_B$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Statische Zugfestigkeit
GS Stahlguß <sup>2</sup>	$\sigma_{-B}$ (kg/mm <sup>2</sup> )	„ Druckfestigkeit
GT Temperguß <sup>3</sup>	$\sigma_{bB}$ (kg/mm <sup>2</sup> )	„ Biegefestigkeit
Ti Titan	$\sigma_{DSI}$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Dauerstandfestigkeit
V Vanadium	$\sigma_F$ (kg/mm <sup>2</sup> )	Fließgrenze
W Wolfram		
Zn Zink		

## 5.2. Gießbares Eisen.

1) **Grauguß (GG)** ist eine gegossene Eisenlegierung mit mehr als 1,7% C-Gehalt (meist 2 bis 4%) und wird im Maschinenbau für Gußstücke bevorzugt, sofern seine Eigenschaften ausreichen, denn Grauguß ist billig, leicht gießbar (geringes Schwindmaß, geringe Lunkerneigung) und gut zerspanbar.

*Eigenschaften.* Gewöhnlicher GG ist spröde (geringe Bruchdehnung), also nicht für Schlagbeanspruchung geeignet und seine Zugfestigkeit ist durch die Graphitadern herabgesetzt. Dagegen besitzt er günstige Gleiteigenschaften (günstiger als Flußstahl und Stahlguß), hohe Druckfestigkeit (etwa  $3 \cdot \sigma_B$  bis  $5 \cdot \sigma_B$ ), große innere Dämpfung und ist nicht kerbempfindlich, so daß hochwertiger Grauguß die Dauerbiegefestigkeit von gekerbtem Stahl praktisch fast erreichen kann (Kurbelwellen aus GG s. [5/28]). Die Warmzugfestigkeit von GG fällt erst oberhalb 400° C (Druckfestigkeit oberhalb 200°). Der E-Modul nimmt mit zunehmender Beanspruchung ab (s. Tafel 5/2). GG mit Brinellhärte 120—180 ist ferritisch, mit 180—250 perlitisch und über 240 Brinell nur schwer zerspanbar.

<sup>1</sup> Siehe DIN 1691 (Nov. 1949\*).

<sup>2</sup> Siehe DIN 1681 (März 1942\*) und DIN 17245 (Okt. 1951 u. Mai 1952).

<sup>3</sup> Siehe DIN 1692 (Nov. 1950).

Tafel 5/1. Grauguß. Übersicht und Verwendung.

Bezeichnung	Verwendung
Bau- und Handelsguß . . .	Säulen, Fenster, Herde, Öfen, Rohre, Heizkörper.
Maschinenguß: GG-12 . .	ohne Gütevorschrift für gering beanspruchte Teile, wie Gehäuse, Grundplatten, Ständer.
GG-14 . .	für höher beanspruchte oder gleitreibende Teile:
GG-18 . .	Gehäuse, Gleitbahnen, Dampf-Zylinder, -Kolben, -Armaturen, Kolbenringe.
GG-22 . .	für wärmebeständige (bis 420°), gleitreibende und festere Teile noch höherer Beanspruchung: Zylinder, Kolben, Kolbenringe.
GG-26 . .	
Sondergrauguß GG 30 . (Perlitguß)	für Sonderfälle und höchstbeanspruchte Teile.
mit besonderen magnet. Eigenschaften, z. B.: GG-12.9 (nach DIN 17006)	für Elektro-Maschinen mit hoher magnetischer Induktion.
Hartguß:	für verschleißfeste Teile! (schwer bearbeitbar!), $H_B = 400-600 \text{ kg/mm}^2$ .
Vollhartguß	(Durchgehend hart) Seltener verwendet, da sehr spröde, z. B. Sandstrahldüsen.
Schalenguß	Kokillenguß (weicher Kern) für verschleißfeste Platten und Ringe von Kollergängen, Kugelmühlen u. Steinbrecher; für Stempel, Ziehringe und Laufräder (Griffinguß).
Mildhartguß	Walzenguß für Walzen mit feinem, dichtem Gefüge.
Säure- und alkalibeständiger Grauguß	für chemische Zwecke, Soda- u. Natron-Kessel, Rohre, Schalen, Töpfe, Säurepumpen.
Feuerbeständiger Grauguß	Roststäbe, Glühtöpfe, Schmelzkessel für NE-Metalle.

Tafel 5/2. Mindest-Festigkeitswerte für Grauguß nach DIN 1691 (Nov. 1949\*).  
Schwindmaß etwa 1%;  $\gamma = 7,25 \text{ kg/dm}^3$ ; Dynam. Festigkeitswerte s. S. 54.

Bezeichnung	Wanddicke und (Proben- $\varnothing$ ) mm	Zugfestigkeit $\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Biegefestigkeit $\sigma_{bB}$ kg/mm <sup>2</sup>	Durchbiegung <sup>1</sup> $f$ mm	Brinell-Härte <sup>2</sup> $H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Elast.-Modul <sup>3</sup> $E$ kg/mm <sup>2</sup>
GG-12	8...50 (30)	12 <sup>3</sup>			120...180	7000... 4000
GG-14	4... 8 (13)	18	32	2	140...200	9500... 5500
	8...15 (20)	16	30	4		
	über 15...30 (30)	14	28	7		
	über 30...50 (45)	11	24	10		
GG-18	4... 8 (13)	22	38	2	160...220	10500... 8000
	8...15 (20)	20	36	4		
	über 15...30 (30)	18	34	7		
	über 30...50 (45)	15	30	10		
GG-22	4... 8 (13)	26	44	3	180...240	12000... 9500
	8...15 (20)	24	42	5		
	über 15...30 (30)	22	40	8		
	über 30...50 (45)	19	36	11		
GG-26	8...15 (20)	28	48	5	180...240	13000...11000
	über 15...30 (30)	26	46	8		
	über 30...50 (45)	23	42	11		
GG-30	über 15...30 (30)	30	48	8	180...220	
	über 30...50 (45)	25	45	11		

<sup>1</sup> Für Auflagelängen gemäß DIN 1691 (5. Ausg. Nov. 1949\*).<sup>2</sup> Von mir zugefügte mittlere Werte.<sup>3</sup> In der Regel keine Abnahmeprüfung.

Anwendung der verschiedenen GG-Sorten s. Tafel 5/1.

Festigkeitswerte s. Tafel 5/2 und S. 54 Tafel 3/4, S. 63 Tafel 4/1.

**Hochwertiger GG und legierter GG für Sonderzwecke [5/20].** Man erreicht

- a) *Perlitguß höherer Festigkeit* durch Senkung des Graphitgehalts durch viel Schrottzusatz und höheren Si Zusatz (Beispiel Sternguß und Emmelguß) [5/22], [5/21];
- b) einen *spannungsfreien, feinkörnigen GG* durch verlangsamte Abkühlung (vorgewärmte Form) von sonst weißerstarrendem GG;
- c) *eine höhere Festigkeit* durch Schmelzüberhitzung;
- d) ein *dichteres Gefüge* durch Schleuderguß;
- e) *verschleißfesteren* und *dünnflüssigeren GG* durch Phosphor-Zusatz;
- f) *verschleiß-, korrosions- und hitzebeständigeren GG* durch Ni-, Cr-, Mo-Zusatz (z. B. Fliegwerkstoff 1940);
- g) *hitze- und zunderbeständigen GG* durch Ni-Cr-Si-Zusatz, oder Cr-Al-Zusatz (z. B. Silal, Nicrosilal);
- h) *nichtrostend und hitzebeständigen GG* durch 20 bis 36 % Cr-Zusatz (Alferon);
- i) *zunderbeständigen GG* für Feuerungen und Roststäbe durch hohen C-Gehalt bei niedrigem Phosphor- und Si-Gehalt;
- k) *säurebeständigen GG* durch 14 bis 18 % Si-Zusatz oder noch besser durch Monelmetall-Zusatz.

2) **Temperguß** wird aus dem gut vergießbaren weißen Roheisen gegossen und durch „Tempern“ (Glühbehandlung nach dem Gießen) ziemlich zäh, etwas verformbar und leicht bearbeitbar.

Handelsüblicher *weißer Temperguß* (ferritische Randzone, perlitische Kernzone) mit gleichmäßiger Wanddicke (3 bis 20 mm) ist für kleine Massenteile (bis 1 kg) wie Förderketten, Räder, Schlüssel und Beschläge geeignet.

*Schwarzguß* (durchgehend ferritisch) ist auch für Teile mit dickerer und ungleicher Wandstärke (3 bis 40 mm), wie Haushaltsmaschinen, Getriebegehäuse, Bremsstrommeln, Kleinteile usw. geeignet, aber nicht schweiß- und lötlbar, nicht schmiedbar und nicht für hohe Temperaturen geeignet. Schwarzguß ist durch Abschrecken bei 800° C und nachfolgendes Anlassen auch vergütbar [5/30].

Temperguß ist weniger verschleißfest als GG und magnetisch sehr „weich“; oberhalb 400° C nimmt  $\sigma_B$  ab. Durch besondere Verfahren [5/30] läßt sich auch Temperguß mit korrosionsbeständiger oder oxydationsbeständiger oder verschleißfester (einsatzgehärteter) Oberfläche herstellen.

**Tafel 5/3. Temperguß.** Festigkeitseigenschaften nach DIN 1692 (Nov. 1950).  
Schwindmaß etwa 1,5%; Fließgrenze  $\sigma_F \approx 0,7 \cdot \sigma_B$ ;  $\gamma = 7,2$  bis 7,6 kg/dm<sup>3</sup>;  
dynamische Festigkeit s. S. 54.

Bezeichnung		Wanddicke mm	Zugfest. $\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Bruchdehn. $\delta$ %	Brinell-Härt $H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Elast.-Modul $E$ kg/mm <sup>2</sup>
Weißer Temperguß	GTW—35	4...9	34	6	125	16000
		9...13	35	4	bis	bis
		18...40	36	3	220	17000
	GTW—40	4...9	38	10	125	16000
		9...13	40	15	bis	bis
		18...40	41	3	220	17000
Schwarzer Temperguß	GTS—35		35	10	110	
	GTS—38		38	12	140	

<sup>1</sup> Nicht genormt.

<sup>2</sup> Bruchdehnung auf  $L=3d$ .

3) **Stahlguß (GS)** eignet sich für gegossene Teile hoher Festigkeit, Dehnung und Zähigkeit. Er ist schmiedbar, schweißbar und im Einsatz härtbar, aber schwieriger zu gießen (beachte 2% und mehr Schwindmaß, Lunkerbildung, Gußspannungen und

Warmrissigkeit) und daher teurer. Außerdem zeigt er eine rauhere Oberfläche und schlechtere Gleiteigenschaften als GG. Stahlblechteile, z. B. Turbinenschaufeln, sind eingießbar. Das Gefüge (grobstrahlig) wird meist durch Glühen verfeinert (Normalglühen s. S. 85). Übliche kleinste Wanddicke 3 bis 4 mm. Festigkeitswerte der Normal- und Sondergüten s. Tafel 5/4.

Hochwertiger dünnwandiger Stahlguß [5/3I], erreicht unlegiert bis  $\sigma_B = 75$ , legiert  $\sigma_B = 60-110 \text{ kg/mm}^2$  bei 10—6% Dehnung.

Legierter Stahlguß (DIN 17245 Mai 1952) dient für Sonderzwecke.

Niedrig legierten GS (bis 2% Mn, bis 1,5% Si, bis 2% Cr) verwendet man, wenn die Durchverfügbarkeit, Verschleißfestigkeit, Schlagfestigkeit, Gleitfähigkeit oder Anlaßbeständigkeit erhöht werden soll (vergütet  $\sigma_B = 60$  bis 130); z. B. für Zahnräder, Kreuzköpfe, Schiffskolben, Dampfturbinengehäuse.

Mangan-Hart-GS (über 12% Mn, über 1% C) ist besonders *gleitverschleißfest* (kalt-härtend) und außerdem unmagnetisch und wird z. B. verwendet für Herzstücke von Weichen, Baggerzähne usw.

Chrom-GS (13—30% Cr) ist besonders *säure-* und *rostfest* und mit über 1% Si auch *hitzebeständig*, also für Ofenteile, Glühkästen und chemische Behälter geeignet.

Cr- und W-Zusatz wird gegen Schneidbrennen (Geldschrankplatten) und Ni-Zusatz gegen Seewasserangriff angewendet.

Tafel 5/4. Stahlguß<sup>1</sup>. Mindestfestigkeitswerte nach DIN 1681 (März 1942x) und DIN 17245 (Okt. 1951 und Mai 1952). Schwindmaß etwa 2%;  $\gamma = 7,8 \text{ kg/dm}^3$  dynamische Festigkeitswerte s. S. 54.

Bezeichnung	Brinell-Härte $H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Zugfestigkeit $\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung $\delta_s$ %	Kerbzähigkeit $Ab_K$ (DVM) cmkg/cm <sup>2</sup>	Warmstreckgrenze $\sigma_{FW}$ kg/mm <sup>2</sup> bei			Dauerstandfestigkeit $\sigma_{DSt}$ kg/mm <sup>2</sup>			C-Gehalt %	
					300°	350°	400°	400°	450°	500°		
DIN 1681	GS—38	≈ 110	38	20	—	—	—	—	—	—	0,1	
	GS—45	≈ 130	45	16	—	—	—	—	—	—	0,2	
	GS—52	≈ 150	52	12	—	—	—	—	—	—	0,35	
	GS—60	≈ 174	60	8	—	—	—	—	—	—	0,45	
DIN 17245	GS—C 25		45	22	500	17	15	13	12	8	—	
	GS—22 Mo 4		45	22	500	21	19	17	17	15	12	—
	GS—22 Cr Mo 5		50	20	400	25	23	21	20	15	10	—
	GS—22 Cr Mo 54		53	20	400	28	26	24	23	20	15	—

### 5.3. Flußstahl (Walzstahl, Schmiedestahl, Baustahl)<sup>2</sup>.

Wichte  $\gamma \approx 7,85 \text{ kg/dm}^3$ ,  $E$ -Modul  $\approx 21\,000 \text{ kg/mm}^2$ .

Wir suchen so weit wie möglich mit den preiswerten Massenstählen, den *unlegierten C-Stählen* auszukommen, die als *Halbzeug* (vorgewalzt oder vorgeschmiedet als Blöcke, Knüppel oder flache Platinen) oder als *Fertigerzeugnisse* (Profilstähle, Rohre, Bleche, Bänder und Drähte) angeliefert werden. Erst, wenn deren Eigenschaften nicht ausreichen, greifen wir zu den erheblich teureren *legierten*<sup>3</sup> Stählen.

#### 1. Einfluß der Legierungszusätze<sup>3</sup>.

Kohlenstoff (C) erhöht die Festigkeitswerte  $\sigma_B$ ,  $\sigma_F$  und  $H_B$  (s. Bild 5/1) und die Kerbempfindlichkeit, vermindert aber die Zähigkeit (Bruchdehnung  $\delta$ ) und die Zerspanbarkeit, ferner die Schmie- und Schweißbarkeit, die elektrische und die Wärme-Leitfähigkeit. Dagegen ist die Rostbildung unabhängig vom C-Gehalt. Vor allem ist es die mit größerem C-Gehalt und größerer Härte verbundene ungenügende Zähigkeit, der wir durch besondere Maßnahmen (Legierung und Wärmebehandlung) zu begegnen suchen.

<sup>1</sup> Werte für Sondergüten DIN 1681 (März 1942x)

Werte für warmfesten Stahlguß DIN 17245 (Okt. 1951 u. Mai 1952).

<sup>2</sup> Flußstahl ist der in *flüssigem* Zustand gewonnene Stahl, also Bessemer-, Thomas-, Siemens-Martin-, Elektro- und Tiegelstahl, aber nicht Schweißstahl, der im *teigigen* Zustand gewonnen wird. Als „Stahl“ bezeichnen wir heute alles ohne Nachbehandlung *schmiedbare* Eisen.

<sup>3</sup> Unter „legiertem Stahl“ versteht man Stahl, der außer C noch besondere Legierungszusätze enthält.

**Schwefel (S)** verbessert die Zerspanbarkeit und wird daher bis zu 0,3% den Automatenstählen (siehe Tafel 5/13) zugesetzt. Er vermindert aber die Dauerfestigkeit wegen seiner Neigung zur „Zeilenstruktur“ und macht den Stahl „rotbrüchig“, falls Mangan fehlt.

**Phosphor (P)** wird bis zu 0,2% in den Massenstählen zugelassen. Er erhöht die Fließgrenze und den Rostwiderstand. In größerer Menge macht er den Stahl „kaltbrüchig“ und dauerbrüchig.

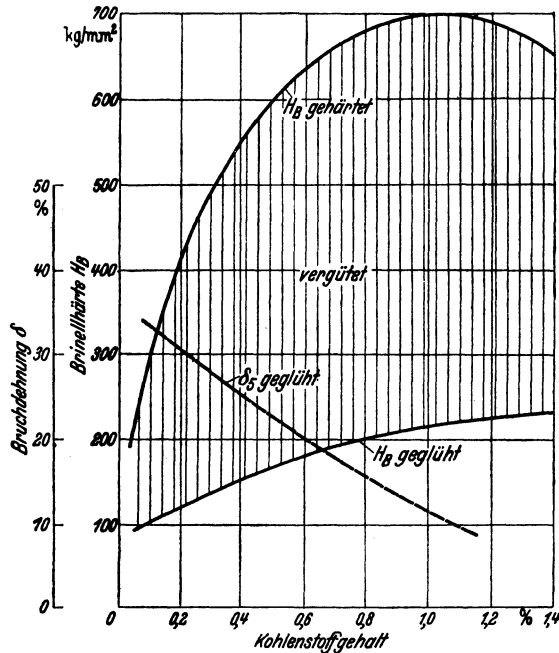


Bild 5/1. Brinellhärte  $H_B$  von Stahl gegläht bis gehärtet und Bruchdehnung  $\delta_B$  bei verschiedenem C-Gehalt.

**Silizium (Si)** desoxydiert („beruhigt“) den Stahl, fördert die Graphitbildung und Säurefestigkeit, erhöht die Einhärttiefe und den elektrischen Widerstand und verringert die Kaltverformbarkeit. Daher für Tiefziehbleche höchstens 0,2%, für Feder- und Vergütungsstähle 0,5–2% und für Dynamobleche bis 4% Si-Gehalt.

**Kupfer (Cu)** erhöht die Festigkeitswerte  $\sigma_B$  und  $\sigma_F$  und vor allem den Rostwiderstand. Für „gekupferte“ Stähle z. B. Hochbaustähle nimmt man 0,1 bis 0,8% Cu.

**Mangan (Mn)** desoxydiert und entschwefelt den Stahl, erhöht seine Festigkeit und begünstigt seine Durchhärtung. Nachteilig ist seine Überhitzungsempfindlichkeit und Anlaßsprödigkeit (Abhilfe s. Vanadin). Mit höherem Mn-Gehalt ist er sehr gleitverschleißfest (Manganhartstahl mit 12 bis 15% Mn).

**Nickel (Ni)** erhöht bei Baustählen mit 1,5 bis 4,5% Ni die Streckgrenze, die Dauer- und Kerbschlagfestigkeit. Ni-Stähle (Tafel 5/10 u. 5/12) werden in Deutschland, ebenso wie die C-Ni-Mo-Stähle vorwiegend nur noch für große hochbeanspruchte Stücke verwandt (gute Durchvergütung!) und im übrigen bei Einsatz- und Vergütungsstählen weitgehend durch Mn-, Si-, Mo-, Cr- und V-legierte Stähle ersetzt (s. Tafel 5/9 und 5/11). Ferner sind Stähle mit 10 bis 20% Ni und 15 bis 25% Cr als rost- und säurebeständige, als warm-

festen und zunderbeständige und als unmagnetische Stähle von Bedeutung (s. Tafel 5/15).

**Chrom (Cr)** erhöht die Härte und Verschleißfestigkeit der Stähle durch Chromcarbidbildung, ferner die Kerbschlagfestigkeit und die Durchhärtung. Bei größerem Cr-Gehalt (12 bis 30%) besitzen die Cr-Stähle eine erhebliche Beständigkeit gegen Wärme und Feuerglut (Zunderbeständigkeit), gegen Rost und Säure (s. Tafel 5/15). Bild 5/5 zeigt den Cr- und C-Gehalt und die vielseitige Verwendung der verschiedenen Cr-Stähle.

**Molybdän (Mo)** ist das wirksamste Mittel gegen Anlaßsprödigkeit der Stähle und steigert die Durchvergütung, so daß bei Vergütungsstählen Cr-Mo-Stahl weitgehend an die Stelle von Cr-Ni-Stahl treten kann. Ferner steigert Mo die Warmfestigkeit, so daß es auch für Dampfkessel und Werkzeugstähle (s. Tafel 5/16) in Frage kommt.

**Wolfram (W)** beseitigt die Anlaßsprödigkeit von hochwertigen Cr-Ni-Stählen und bringt mit 4 bis 12% W den Warm- und Schnellarbeitsstählen eine hohe Warmfestigkeit (s. Tafel 5/16).

**Vanadium (V)** wirkt desoxydierend und karbidbildend und verbessert schon mit einigen Zehntel% die Überhitzungsempfindlichkeit und Warmfestigkeit der Bau- und Werkzeugstähle. Außerdem erhöht es die Zähigkeit, ferner die Schneidhaltigkeit bei Schnellarbeitsstählen und die Remanenz bei Magnetstählen.

**Kobalt (Co)** erhöht bei Schnellarbeitsstählen (bis 15% Co) wesentlich die Schnittleistung, indem es die Anlaßbeständigkeit und Überhitzungsempfindlichkeit verbessert.

**Aluminium (Al)** erhöht die Oberflächenhärte von Nitrierstahl durch Al-Nitrid-Bildung, ferner die Zunder- und Alterungsbeständigkeit<sup>1</sup> des Stahls. Es sollen aber keine  $Al_2O_3$ -Reste im Stahl verbleiben.

## 2. Wärme- und Härtebehandlung<sup>2</sup>.

Wir können hierdurch die Eigenschaften der Stähle und Bauteile erheblich beeinflussen. Man unterscheidet nach Bild 5/2 und 5/3:

**Glühen:** Erwärmen auf Glühetemperatur mit nachfolgender, nicht zu rascher Erhaltung, um das Korngefüge oder die inneren Spannungen zu beeinflussen. Der Einfluß der Ofengase auf die Stahloberfläche (Zundern und Entkohlen!) kann durch Glühen in Schutzgasen oder in Packungen (GG-Spänen) vermieden werden.

<sup>1</sup> Alterung bedeutet „Versprödung“ (Verringerung von  $\delta$  und  $A_{bK}$ ) nach längerer Lagerung von vorher kalt verformten Werkstoffen, z. B. von Stahlblechen. Sie wird durch Erwärmung beschleunigt. Sie bleibt aus bei vollständig desoxydierten (beruhigten) Stählen.

<sup>2</sup> Fachausdrücke siehe DIN 17014 (Febr. 1952).

a)<sup>1</sup> *Normalglühen*: Glühen im Austenitgebiet, d. h. bei etwa 30 bis 60° über der GSE-Linie nach Bild 5/2, um einem grobkörnigen (überhitzten) Stahl sein normales feines Gefüge wiederzugeben.

b) *Weichglühen*: Etwa 1 bis 3 Stunden Glühen kurz unterhalb der PK-Linie (etwa 600 bis 700°, s. Bild 5/2), um das weichste Gefüge mit körnigem statt streifigem Zementit zu erhalten.

c) *Spannungsfreiglühen*: Mehrstündiges Glühen bei etwa 450–550°, um alle inneren Spannungen ohne Festigkeitseinbuße auszugleichen, d. h. ohne den Zementit in die körnige Form umzuwandeln.

d) *Abschreckhärten*: Der Stahl wird auf etwa 30 bis 60° über der GSK-Linie (Bild 5/2) erwärmt und in diesem Zustand im Wasser-, Öl-, Salz- oder Luftbad „abgeschreckt“, d. h. schnell abgekühlt<sup>2</sup>, um das sehr harte und feinadrige Martensitgefüge zu erhalten. Die erreichbare Härte steigt nach Bild 5/1 erheblich mit dem C-Gehalt. Mit der Härte steigt aber auch die Sprödigkeit (ausgewiesen durch geringe Bruchdehnung und Kerbschlagfestigkeit) und mit der Härtesgeschwindigkeit steigen Härteverzug und Härtespannungen<sup>3</sup>. Die Abschreckhärtung ist besonders bei Schneiden, Wälzlagern und elastischen Federn wichtig.

e) *Anlassen*: Die abgeschreckten Teile werden auf Anlaßtemperatur (100 bis 400°) gebracht und anschließend langsam abgekühlt, um die Härtespannungen zu beseitigen<sup>3</sup> und die Zähigkeit (Bruchdehnung und Kerbschlagfestigkeit) wieder zu erhöhen. Mit zunehmender Anlaßtemperatur verringert sich die Härte.

f) *Vergüten*: Hierbei folgt dem Härten ein Anlassen auf Vergütungstemperatur (bei Baustählen etwa 450 bis 650°) um eine wesentliche Steigerung der Zähigkeit (auf Kosten der Härte) zu erzielen.

g) *Gebrochene Härten*. Die auf Härtetemperatur erhitzten Teile werden nur 3 bis 5 Sek. in Wasser abgeschreckt und dann in ein Öl- oder Warmbad überführt, um den Härteverzug herabzusetzen.

h) *Zwischenstufen-Vergüten*: Die auf Härtetemperatur erhitzten Teile werden hierbei direkt in ein Warmbad (Salz- oder Metallschmelze) gebracht und dort solange belassen, bis eine völlige Gefügeumwandlung erfolgt ist. Das Verfahren ist besonders für kleinere Abmessungen und unlegierte Stähle geeignet, da es bei noch ausreichender Härte hohe Zähigkeit ergibt.

i) *Abschreck-Randhärten*: Durch schnelles Erhitzen der Randzone von C-reichen Stählen mittels Gasbrenner (Brennhärten) oder Metallbad (Tauchhärten) oder Hochfrequenzstrom (Induktionshärten) und anschließendem Abschrecken mit Wasserbrause oder Öl erhält man eine harte Randzone und einen

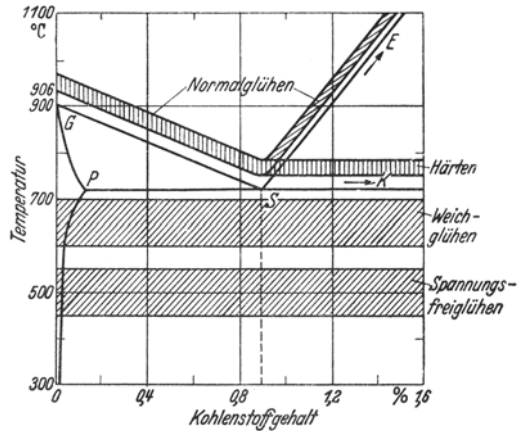


Bild 5/2. Temperaturbereiche für die Wärmebehandlung von Stahl bei verschiedenem C-Gehalt.

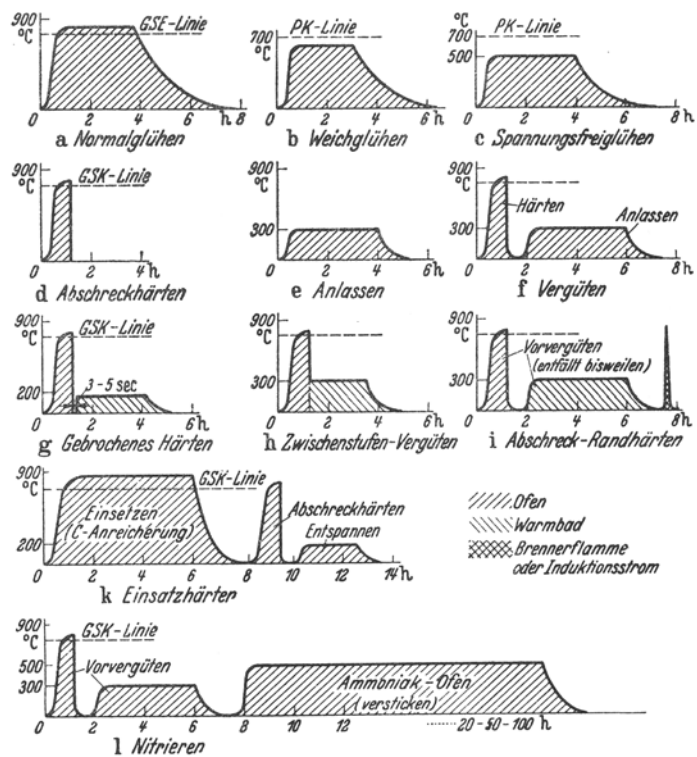


Bild 5/3. Härte- und Wärmebehandlungen des Stahls, Temperaturverlauf und Zeitbedarf.

<sup>1</sup> a) b) c) ... nach Bild 5/3.

<sup>2</sup> Zum „Härten“ muß die „kritische Abkühlgeschwindigkeit“ überschritten werden, die bei den einzelnen Stahllegierungen und Abschreckmitteln verschieden ist.

<sup>3</sup> Sie entstehen durch die Volumenvergrößerung beim Härten (Martensitbildung) und können an scharfen Kerben zu Härterissen führen. Die Härtespannungen können durch Anlassen auf 120–200° ohne besondere Härteeinbuße beseitigt werden.

weichen Kern. Bei diesem Härteverfahren ist der Kosten- und Zeitaufwand verhältnismäßig gering. Es wird daher zunehmend für Zahnräder, Gleitflächen, Lagerzapfen, Bolzen usw. angewendet.

k) *Einsatzhärten*. Durch C-Anreicherung der Randschicht von C-armen (weichen) Stählen mittels Glühen in C-abgebenden Einsatzmitteln bei 800–950° C und durch anschließendes Abschrecken und Vergüten wird eine sehr harte und verschleißfeste Randzone bei zäh bleibendem Kern erreicht (s. Bild 5/3). Die C-Anreicherung (Aufkohlung) kann in festen Einsatzmitteln (Härtepulver, Härtepasten), aber auch in flüssigen oder gasförmigen erfolgen. Die Einsatzhärtung ist besonders bei hoch belasteten Zahnrädern, bei Nockenwellen und sonstigen verschleißbeanspruchten Teilen in Gebrauch, die neben der Härte eine größere Zähigkeit (Schlagfestigkeit) besitzen sollen. Einsetzbar sind Stähle bis 0,25% C-Gehalt (s. Tafel 5/9), ferner beruhigt vergossene Automatenstähle (s. Tafel 5/13), Tiefziehbleche (siehe Tafel 5/7) und Stahlguß. Für höhere Kernfestigkeit nimmt man *legierte* Stähle (s. Tafel 5/9), die eine größere Kernzähigkeit erreichen und durchweg auch weniger empfindlich in der Wärmebehandlung sind.

### 3. DIN-Blätter.

Tafel 5/5. DIN-Blätter zu Flußstahl.

	DIN		DIN
<i>Allgemein:</i>		Federstahl für Blattfedern . . .	1669
Eisen und Stahl . . . . .	17006	Nickel- und Chromnickelstahl . .	} 17200 und 17210
Kennfarben unlegierten Stahls.	1599	Chrom- und Chrommolybdänstahl	
<i>Gütevorschriften für Fertigerzeugnisse:</i>		<i>Abmessungen:</i>	
Profilstähle . . . . .	1612	Profilstähle . . . . .	1013...1029
Rohre . . . . .	1626...1629	Fenster-Stahlprofile . . . . .	4440...4451
Bleche . . . . .	1620...1623	Stahlrohre . . . . .	2440...2442 2450...2456
Kesselbleche . . . . .	17155	Präzisionsstahlrohre . . . . .	2385, 2391, 2393, 2394
Dynamobleche . . . . .	6400	Stahlbleche . . . . .	1541...1543
Bandstahl kaltgewalzt . . . . .	1544	Bandstahl . . . . .	1544
Automatenstahl . . . . .	1651	Gezogener Stahl . . . . .	174...178
Gezogener Stahl . . . . .	1652	Rundstahl . . . . .	175, 668, 671
<i>Gütevorschriften für Halbzeug:</i>		Keilstahl . . . . .	6880
Maschinenbaustahl . . . . .	1611		
Niet-, Schraubenketten-Stahl . .	1613		
Einsatzstähle . . . . .	17210		
Vergütungsstähle . . . . .	17200		

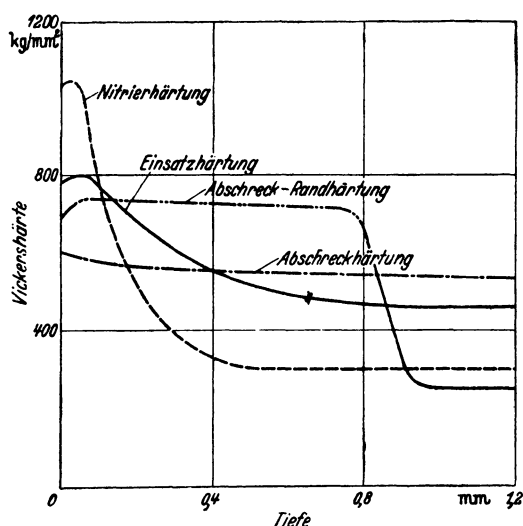


Bild 5/4. Härteverlauf in der Randschicht eines Stahlbolzens je nach Härteverfahren (nach GLAUBITZ). 1. Nitrier-, 2. Einsatz-, 3. Abschreck-, 4. Abschreck-Randhärtung.

1) *Nitrierhärten*: Durch Stickstoff-Anreicherung im Ammoniakstrom bei etwa 500° C wird eine hochharte, aber dünne Randschicht erzielt (s. Bild 5/3). Gegenüber der Einsatzhärtung ist die größere Härte, der geringe Härteverzug und die größere Korrosionsfestigkeit hervorzuheben. Dafür ist die Härteschicht aber dünner und man benötigt legierten Stahl (Cr-Al-St) und längere Härtezeiten. Die Einsatzdauer beträgt etwa 10 Stunden je  $\frac{1}{10}$  mm Härtetiefe (maximal etwa 1 mm dick). Der Nitrierstahl kann vor dem Härten ölvergütet werden.

Einen Vergleich der verschiedenen Härteverfahren hinsichtlich Zeitbedarf und Härteverlauf bieten Bild 5/3 und 5/4 und hinsichtlich Verschleißwiderstand Bild 2/42 S. 31.

### 4. Stahlbleche (Tafel 5/7).

Man unterscheidet nach der Dicke Grobbleche (über 4,75 mm dick), Mittelbleche (3 bis 4,75 mm dick) und Feinbleche (unter 3 mm dick). Für die Auswahl sind außerdem Festigkeit und Oberflächengüte maßgebend und bei Ziehtteilen auch die Verformbarkeit.



Für *kleine* Stanzteile bevorzugt man kaltgewalzten Bandstahl (DIN 1624); für *Biegeteile* Bleche mit vorgeschriebenem Kaltversuch; für *Ziehtteile* je nach dem Verformungsgrad pro Glühung Zieh-, Tiefzieh- oder Karosseriebleche. Für weitgehende Verformungen ist eine geringe Korngröße wesentlich, da die Bleche sonst an den Formstellen rau werden (Glühbehandlung bei 650 bis 850° vermeiden!). Für *Dynamobleche* (DIN 46400) sind die magnetischen Eigenschaften entscheidend.

### 5. Profilstähle.

Gewalzter *Formstahl*, *Stabstahl* und *Breitflachstahl* werden nach DIN 1612 in den Qualitäten St 00.12, St 37.12, St 42.12 geliefert und besitzen die *Festigkeitswerte* der entsprechenden Stähle nach Tafel 5/8. Sie werden vorwiegend als L, C, I, | -Profile (Abmessung s. S. 109 bis S. 118) für genietete oder geschweißte Fachwerk- und Vollwandträger, für Grundplatten und Rahmen, Masten und sonstige Tragkonstruktionen verwendet.

*Stahlrohre* werden gewalzt oder gezogen, nahtlos oder geschweißt mit den Festigkeitswerten nach Tafel 5/6 (einige Abmessungen s. S. 108) hergestellt. Sie dienen zur Fortleitung und Führung von Gasen und Flüssigkeiten (Gasrohre, Dampfrohre, Kesselrohre) und zunehmend auch für Tragkonstruktionen, Gestänge und Hebel (s. Leichtbau S. 68—75). Die geschweißten Rohre sind nicht zum Aufweiten und Bördeln geeignet. Für kleinere Durchmesser und höhere Belastung bevorzugt man die etwas teureren *nahtlosen* Rohre.

Tafel 5/6. *Stahlrohre, nach DIN 1629 (1628): Ausg. Sept. 1932.*

Bezeichnung	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta_5$ mindest %	Beachte
(St 34.28)	34...45	25	überlappt geschweißte Rohre
St 00.29	—	—	
St 35.29	35...45	25	höher beanspruchte nahtlose Rohre mit Gütevorschrift
St 55.29	55...65	17	

### 6. Maschinenbaustähle (Tafel 5/8).

Es handelt sich hier um die im Maschinenbau am meisten verwendeten *unlegierten* C-Stähle, die als Halbzeug gut durchgeschmiedet (Blöcke, Platinen, Knüppel) oder gut durchgewalzt (Rund-, Quadrat-, Sechskant- und Flachquerschnitte) geliefert werden. Je geringer ihr C-Gehalt ist um so leichter zerspanbar, verschweißbar und einsetzbar, um so zäher und weniger kerbempfindlich sind sie. Erst bei höheren Anforderungen an die Härte und Zugfestigkeit greifen wir zu den Stählen mit höherem C-Gehalt, die auch abschreckgehärtet und vergütet werden können. Nähere Angaben s. Tafel 5/8.

### 7. Einsatz- und Nitrierstähle (Tafel 5/9 u. 5/10).

Sie dienen für Teile, die eine harte, verschleißfeste Oberfläche oder bei harter Oberfläche einen zähen Kern besitzen, oder besonders dauerfest sein sollen, z. B. für Kurbel-, Nocken- und Schneckenwellen, für Gelenk-, Feder- und Kolbenbolzen, für hochbelastete Stirn- und Kegelräder. Hierfür genügen durchweg die unlegierten oder niedrig legierten Einsatzstähle nach Tafel 5/9, wobei die Stähle mit größerem C-Gehalt für eine größere Kernfestigkeit gewählt werden und die höher legierten Stähle, wenn gleichzeitig eine größere Zähigkeit erforderlich ist. Für verwickeltere Teile z. B. Zahnräder nimmt man die im Öl- oder Wasserbad abschreckbaren Stähle, die sich hierbei weniger verziehen, z. B. die Mn—Cr-Stähle nach Tafel 5/9.

Auch bei hohen Anforderungen an die Kernfestigkeit und Zähigkeit kann man ohne die höher legierten Chromnickel- und Chrommolybdän-Einsatzstähle (Tafel 5/10) auskommen, ist aber dann auf eine größere Sorgfalt bei der Auswahl, Wärmebehandlung und Bearbeitung angewiesen. Härteverfahren s. S. 84.

Tafel 5/7. Stahlbleche. Benennung, Festigkeitswerte und Verwendung (nach DIN 1621, 1622, 1623).

DIN	Bezeichnung	Benennung	Zugfestigkeit $\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Mindest-Dehnung $\delta_5$ %	Faltversuche <sup>1</sup>	Bemerkungen
DIN 1621 (Sept. 1934) Grobbleche	St 00.21	Handelsblech . . . . .	—	—	o	Für gewöhnliche Behälter. Für Behälter und Kessel.
	St 37.21	Baublech I . . . . .	37...45	20	F	
	St 42.21	Baublech II . . . . .	42...50	20	F	
DIN 1622 (Sept. 1933) Mittelbleche (3-4,75 mm)	St 00.22	Handelsblech . . . . .	≤ 50	—	o	Schmelz-Schweißbarkeit gewährleistet.
	St 00.22 S	Handelsblech S . . . . .	—	—	o	
DIN 1623 (Sept. 1933) Mittelbleche (3-4,75 mm)	St 34.22 P	Preßblech . . . . .	34...42	25	F	Schmelz-Schweißbarkeit gewährleistet.
	St 34.22 R	Röhrenblech . . . . .	34...45	20	F	
	St 37.22	Baublech I . . . . .	37...45	20	F	
	St 37.22 S	Baublech I S . . . . .	37...45	20	F	
DIN 1623 (März 1932) Feinbleche (unter 3 mm)	St 42.22	Baublech II . . . . .	42...50	20	F	Schmelz-Schweißbarkeit gewährleistet.
	St 50.22	Stahlbleche . . . . .	50...60	16	o	
	St 60.22	höherer Festigkeit . . . . .	60...70	12	o	
DIN 1623 (März 1932) Feinbleche (unter 3 mm)	St 70.22	höherer Festigkeit . . . . .	70...80	10	o	<p><i>Handels-Feinbleche:</i> Walzwerksgeglüht! Für gewöhnliche Schwarzblechteile. Glühkistengeglüht. Für gesteigerte Oberflächen-Ansprüche. Geignet zum Emailieren, Verzinken und Verbleien.</p> <p><i>Qualitäts-Feinbleche:</i> Für einfache, auch emailierte Ziehteile, Oberfl. zunderfrei. „ normale Ziehteile; Oberfläche geglättet. „ Tiefziehteile; Oberfläche geglättet. „ „ Oberfläche einwandfrei matt oder blank und bestens spritzlackierfähig. „ höchste Tiefziehbeanspruchung, Oberfläche geglättet und spritzlackierfähig. „ Glatte, porenfreie u. spritzlackierfähiges Bekleidungsblech für Wagen und Möbel. Spezialtiefziehblech für Karosserieteile. Feinbleche mit vorgeschriebener Festigkeit, z. B. Stanzteile.</p>
	St I 23	Schwarzblech I . . . . .	—	—	F	
	St II 23	Schwarzblech II . . . . .	—	—	F	
	St III 23	Emailier- u. Verzinkungsblech . . . . .	—	—	F	
	St V 23	Ziehblech I . . . . .	28...38	26	F	
	St VI 23	Ziehblech II . . . . .	28...38	26	F	
	St VII 23	Tiefziehblech . . . . .	28...38	30	D	
	St VIII 23 t	Sondertiefziehblech t . . . . .	32...42	30	D	
	St VIII 23 k	„ k . . . . .	32...42	30	D	
	St IX 23	Bekleidungsblech . . . . .	28...38	20	F	
	St X 23	Karosserieblech . . . . .	32...42	30	D	
	DIN 1623 (März 1932) Feinbleche (unter 3 mm)	St 34.23		34...42	25	
St 37.23			37...45	20	F	
St 42.23			42...50	20	F	
St 50.23			50...60	18	o	
St 60.23			60...70	14	o	
St 70.23		70...85	10	o		

<sup>1</sup> F = Faltversuch vorgeschrieben, D = Doppelfaltversuch vorgeschrieben, o = ohne Faltversuch.

Tafel 5/8. Maschinenbaustähle nach DIN 1611 (Dez. 1935) (Unlegierte C-Stähle).

Bezeichnung	C-Gehalt (Mittelwert)	Zugfestigkeit $\sigma_B$	Mindest- Fließgr. $\sigma_F$	Mindest- Bruch- dehnung $\delta_5$	Brinell- härte <sup>1</sup> $H_B$	Verwendungsangaben
	%	kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	%	kg/mm <sup>2</sup>	
St 00.11	0,1	<50	—	—	—	für Teile ohne besondere Beanspruchung, Schmiedestahl, gut zerspanbar, gut einsetz- und feuerschweißbar, große Zähigkeit, Niete, üblicher Schmiedestahl im Maschinenbau, mäßig beanspruchte Wellen und Zahnräder, kleine Schubstangen, Preß- und Gesenksstücke, für höher beanspruchte Wellen und Zahnräder, Schubstangen, Kolben noch gut zerspanbar, nur wenig härtbar, für Gleitbeanspruchung geeignet, für noch festere u. gleitbeanspruchte Teile, wie Paßstifte, Keile, Zahnräder, Schnecken, Spindeln und Plunger: härtbar und vergütbar, Werkzeugstahl für höchstbeanspruchte naturharte Teile wie Nockenscheiben und Rollen, Walzen u. Gesenke; ferner für gehärtete Teile wie Blatt- und Schraubensfedern, Stempel, Schneiden und Rollen. Hoch härtbar und vergütbar und noch zerspanbar.
St 34.11	0,12	34...42	19	30	95...120	
St 34.13 <sup>2</sup>	0,12	34...42	19	30	95...120	
St 37.11	0,15	37...45	(21)	25	105...125	
St 42.11	0,25	42...50	23	25	120...140	
St 50.11	0,35	50...60	27	22	140...170	
St 60.11	0,45	60...70	30	17	170...195	
St 70.11	0,6	70...85	35	12	195...240	

<sup>1</sup> Von mir hinzugefügte Anhaltswerte.<sup>2</sup> Nach DIN 1613 (Sept. 1943).

Tafel 5/9. Gebräuchliche Einsatzstähle nach DIN 17210 (Dez. 1951) und Nitrierstahl.

Bezeichnung		Gehalt in % (Mittelwerte)			Festigkeitswerte				Härte- behandlung <sup>1</sup>
nach DIN 17006	bisher	C	Mn	Cr	geglüht $H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	im Kern nach Härtung			
							mindest		
							$\sigma_B$	$\sigma_F$	$\delta_5$
							kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	%
C 15	StC 16.61	0,15	0,3	—	bis 140	50...65	30	16	W
C 22	StC 25.61	0,22	0,3	—	bis 155	60...80	36	12	W
15 Cr 3	EC 60	0,15	0,5	0,6	bis 187	60...85	40	13	W
16 MnCr 5	EC 80	0,16	1,15	0,95	bis 207	80...110	60	10	O
20 MnCr 5	EC 100	0,20	1,25	1,15	bis 217	100...130	70	8	O
Cr-Al-Stahl (Nitrierstahl)		0,33	0,7	1,6 <sup>3</sup>	—235	80...100	—	12	<sup>2</sup>

<sup>1</sup> W = in Wasser, O = in Öl abgeschreckt. — <sup>2</sup> Ölvergütet vor der Nitrierung. — <sup>3</sup> Und 1,1% Al.

Tafel 5/10. Chromnickel- und Chrommangan-Einsatzstähle nach DIN 17210 (Dez. 1951).

DIN	Bezeichnung	Gehalt in % (Mittelwerte)					Festigkeitswerte				
		C	Ni	Cr	Mo	Mn	geglüht $H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	im Kern nach Härtung			
									$\sigma_B$	$\sigma_F$	$\delta_5$
									kg/mm <sup>2</sup>	kg/mm <sup>2</sup>	%
17210	C 15	0,15	—	—	—	0,4	140	50...65	30	16	
	15 Cr 3	0,15	—	0,65	—	0,5	187	60...85	40	13	
	16 Mn Cr 5	0,16	—	0,95	—	1,2	207	80...110	60	10	
	20 Mn Cr 5	0,20	—	1,2	—	1,3	217	100...130	70	8	
	15 Cr Ni 6	0,15	1,5	1,6	—	0,5	217	90...120	65	9	
	18 Cr Ni 8	0,18	2,0	2,0	—	0,5	235	120...145	80	7	
	41 Cr 4	0,41	—	1,1	—	0,65	217	155...180	130	7	

## 8. Vergütungsstähle.

Vergütungsstähle verwendet man nicht nur *vergütet*, d. h. abschreckgehärtet und auf Vergütungstemperatur angelassen (s. S. 85), sondern auch *randgehärtet* (brenn-, induktions- oder metallbadgehärtet) und in manchen Fällen auch *ungehärtet* (geglüht). Wir nehmen vorwiegend die Vergütungsstähle nach Tafel 5/11 und zwar die *unlegierten C-Stähle* durchweg bis zu einer Vergütungsfestigkeit  $\sigma_B = 80 \text{ kg/mm}^2$  (für geringere Zähigkeit auch erheblich höher); die *legierten* Stähle für  $\sigma_B$  über  $70 \text{ kg/mm}^2$  (für geringere Zähigkeit bis  $\sigma_B = 175$ ), besonders wenn der Härteverzug gering sein soll (Öl- oder Warmbadhärtung); die *chromhaltigen* Stähle (50 Cr V 4) für  $\sigma_B$  über 150 und bei dickeren Teilen (Vergütungstiefe!) auch schon für geringeres  $\sigma_B$ . Der noch hinzugefügte *Wälzlagerstahl* mit seinem hohen C- und Cr-Gehalt wird mit Vorteil auch für solche Zwecke verwendet, wo es auf große Oberflächenhärte ( $H_B \approx 650$ ), Verschleißfestigkeit und trotzdem gute Zähigkeit ankommt.

Zu *Chromnickel* und *Chrom-Molybdän-Einsatzstählen* nach Tafel 5/12 greifen wir heute erst, wenn auch bei größeren Abmessungen die höchsten Ansprüche an Oberflächenhärte und vor allem an Durchvergütung und Zähigkeit (Kerbschlagfestigkeit und Kerbdauerfestigkeit) gestellt werden und ihre einfachere Wärmebehandlung genügend Vorteile bringt.

Tafel 5/11. Gebräuchliche Vergütungsstähle nach DIN 17200 (Dez. 1951).

Bezeichnung		Gehalt in % (Mittelwerte)				Festigkeitswerte			
nach DIN 17006	bisher	C	Si	Mn	Cr	Geglüht max $H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Vergütet für 16—40 mm Dicke		
							$\sigma_B$ <sup>1</sup> kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_F$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ , %
C 22	StC 25.61	0,22	0,25	0,45	—	155	50...60	30	22
C 35	StC 35.61	0,35	0,25	0,55	—	172	60...72	37	18
C 45	StC 45.61	0,45	0,25	0,65	—	206	65...80	40	16
C 60	StC 60.61	0,60	0,25	0,65	—	243	75...90	49	14
40 Mn 4	—	0,40	0,4	0,95	—	217	80...95	55	14
30 Mn 5	VM 125	0,31	0,25	1,35	—	217	80...95	55	14
37 Mn Si 5	VMS 135	0,37	1,25	1,25	—	217	90...105	65	12
42 Mn V 7	—	0,42	0,25	1,75	—	217	100...120	80	11
34 Cr 4	—	0,34	0,25	0,65	1,1	217	90...105	65	12
50 Cr V 4	50 Cr V 4	0,52	0,25	0,95	1,1	235	110...130	90	10
Wälzlagerstahl <sup>3</sup> . . .		1,0	bis 0,35	0,3	1,5	200	205	$H_B = 650$ <sup>2</sup>	

<sup>1</sup> Gilt für Stangen; für Fertigteile häufig erheblich höher vergütet (bis  $\sigma_B = 175$ ).

<sup>2</sup> Ölgehärtet bei 820 bis 850°.

<sup>3</sup> Hinzugefügt!

Tafel 5/12. Chromnickel- und Chrommolybdän-Vergütungsstähle nach DIN 17200 (Dez. 1951).

DIN	Bezeichnung nach DIN 17006	Gehalt in % (Mittelwerte)					geglüht max $H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Festigkeitswerte		
		C	Ni	Cr	Mn	Mo		Vergütet für 16—40 mm Durchmesser		
							$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_F$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ , %	
17200	25 Cr Mo 4	0,25	—	1,1	0,65	0,20	217	80...95	55	14
	34 Cr Mo 4	0,34	—	1,1	0,65	0,2	217	90...105	65	12
	42 Cr Mo 4	0,42	—	1,1	0,65	0,2	217	100...120	80	11
	50 Cr Mo 4	0,50	—	1,1	0,65	0,2	235	110...130	90	10
	30 Cr Mo V 9	0,30	—	2,5	0,55	0,2	248	125...145	105	9
	36 Cr Ni Mo 4	0,36	1,1	1,1	0,65	0,2	217	100...120	80	11
	34 Cr Ni Mo 6	0,34	1,6	1,6	0,55	0,2	235	110...130	90	10
	30 Cr Ni Mo 8	0,30	2,0	2,0	0,45	0,3	248	125...145	105	9

### 9. Gezogene und Automatenstähle.

Für Drehteile großer Stückzahl, die meist auf Automaten bearbeitet werden, nimmt man die genauer kalibrierten *gezogenen* Stähle, die auch mit erhöhtem Phosphor- und Schwefelgehalt für gute Zerspanbarkeit als sogenannte *Automatenstähle* geliefert werden. Durch den Ziehvorgang tritt eine Kaltverfestigung ein (größeres  $\sigma_B$  und  $\sigma_F$ ), die ein geringeres Dehnvermögen, also eine geringere Bruchdehnung und Kerbschlagfestigkeit mit sich bringt und bei kleineren Querschnitten besonders bemerkbar ist. Für größere Dehn-Anforderungen werden diese Stähle auch blank geglüht geliefert. Sie können auch je nach dem C-Gehalt eingesetzt oder vergütet werden wie Tafel 5/13 zeigt.

Tafel 5/13. *Gezogene Stähle* nach DIN 1652 und *Automatenstähle* nach DIN 1651 (August 1944).

DIN	Bezeichnung	C-Gehalt Mittelwerte %	Mindest-Festigkeitswerte						Bemerkungen b = beruhigt vergossen ub = unberuhigt vergossen
			geglüht		gezogen für 18–30 Ø		gezogen und ver- gütet für 16–40 Ø		
			$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta_s$ %	
DIN 1652	St 00 K	0,1	ohne Gewähr		ohne Gewähr				} einsetzbar } vergütbar
	St 34 K	0,12	34	30	47	8			
	C 15 K St 37 K	0,15	37	25	50	8			
	C 22 K St 42 K	0,22	42	25	56	7	55	18	
	C 35 K St 50 K	0,35	50	22	65	6	65	16	
	C 45 K St 60 K	0,45	60	17	75	6	75	13	
	C 60 K St 70 K	0,60	70	12	85	5	85	9	
	Silberstahl <sup>2</sup>	1,1	75	10	85	5	90	7	hochblank und fein kalibriert
DIN 1651	9 S 20	0,09	38	25	50	11	—	—	} ub, Weichstahl } b, einsetzbar } b, vergütbar
	10 S 20	0,10	38	25	50	11	—	—	
	15 S 20	0,15	38	25	50	11	—	—	
	22 S 20	0,22	42	25	50	10	50	18	
	35 S 20	0,35	50	20	60	8	60	16	
	45 S 20	0,45	60	15	70	8	65	12	
	60 S 20	0,60	70	12	80	7	75	9	

<sup>1</sup> *Gezogene Stähle* (DIN 1652): ohne Zusatzzeichen = gezogen, mit Zusatz G = gezogen und geglüht, mit Zusatz N = gezogen und normalgeglüht, mit Zusatz V = gezogen und vergütet.

*Automatenstähle* (DIN 1651): ohne Zusatzzeichen = gewalzt, geschmiedet, geschält, normalgeglüht oder geglüht, mit Zusatz K = gezogen, mit Zusatz KV = gezogen und vergütet.

<sup>2</sup> Nicht genormt!

### 10. Federstähle.

Für *Drahtfedern* genügen bei geringen Ansprüchen hartgezogene Drähte, bei höheren patentiert gezogene (im Bleibad abgeschreckte) mit hoher Elast.-Grenze. Die ölgehärteten und angelassenen Drahtfedern sind leichter zu wickeln (niedrigere Elast.-Grenze und größere Setzneigung!). Für *Blattfedern* wird meist unlegierter Stahl, für dickere legierter Stahl verwendet. Für alle Federstähle ist der E-Modul (und Gleitmodul) fast gleich, während die Elastizitätsgrenze (Setzneigung) und die Dauerfestigkeit von der Stahlzusammensetzung, Wärmebehandlung und Oberfläche (Risse und Randentkohlung) abhängen. Die Setzneigung (plastische Verformung) kann durch Anlassen auf etwa 250° nach der Formgebung vermindert, die Dauerfestigkeit kann durch Abschleifen oder Verdichten (Drücken) der Oberfläche erhöht werden.

### 11. Warmfeste und zunderbeständige Stähle.

Derartige Stähle sind noch oberhalb 550° C korrosionsfest, indem sie Schutzschichten bilden und hierbei meist auch formbeständig und zugfest. Sie werden für Verbrennungsmotorenventile, bei Feuerungen und in der chemischen Industrie verwendet. Die Cr- und Cr-Al-Stähle nach Tafel 5/15 sind beständig bis 800 bzw. bis 1300° C, die Cr-Ni-Stähle außerdem noch warmfest und unmagnetisch.

**Tafel 5/14. Federstähle** nach DIN 1669 (Febr. 1942<sub>x</sub>) (Blatt- und Kegelfedern) und nach LÜPFERT [5/6].  
E-Modul  $E \approx 21000 \text{ kg/mm}^2$ , Gleitmodul  $G \approx 8300 \text{ kg/mm}^2$ .

Angaben nach	Bezeichnung <sup>1</sup>	Gehalt in % (Mittelwerte)				Festigkeit der Feder $\sigma_B$ mind. $\text{kg/mm}^2$	$\delta_s$ mind. %	$H_B^2$ $\text{kg/mm}^2$	Behandlung <sup>1</sup>	Verwendet für
		C	Si	Mn	Sonst.					
DIN 1669	50 M 7 H	0,5	bis 0,4	1,7	—	120	7	340...400	H	Blattfedern für Kraftfahrzeuge
	48 S 7 T	0,47	1,65	0,62	—	130	6	370...430	T	Blattfedern für Reichsbahnfahrzeuge
	55 S 7 H	0,55	1,65	0,7	—	130	6	370...430	H	Blattfedern (bis 10 mm Dicke) f. Kraftfahrz., Straßen- u. Feldbahnen
	65 S 7 H	0,65	1,65	0,7	—	135	6	385...445	H	Blattfedern (über 10 mm Dicke) f. Kraftfahrz., Straßen- u. Feldbahnen
	50 CV 4 H	0,5	bis 0,4	0,75	1,0Cr 0,1V	135	6	385...445	H	Blattfedern für höhere Anforderungen
LÜPFERT		0,55	0,15	0,7	0,7	90...185	2	—	P	Schraubenfedern auf Zug
		0,7	0,15	0,7	—	140...210	2	—	—	Schraubenfed. auf Druck
		0,95	0,15	0,5	—	170...350	2	—	—	Schraubenfed. auf Zug od. Druck, hoch beanspr.
		0,65	0,15	0,7	—	140...180	6	—	—	Schraubenfed. auf Druck, dauerbeansprucht
		0,62	3,0	0,9	—	160...180	—	—	H	Geschützfedern
		0,5	0,3	0,8	1,1Cr 0,1V	130...155	5	—	—	Torsionsstäbe u. Blattfedern für Kraftfahrzeuge
		0,6	0,9	0,4	1,1Cr	130...160	—	—	—	Bei hoher Temperatur beanspruchte Federn
		0,65	0,15	0,3	—	100...130	5	—	—	Blattfedern, nachträglich verformt
		0,85	0,15	0,3	—	150...180	4	—	H	Grammophonfedern
		1,0	0,15	0,3	—	200...230	3	—	—	Uhrfedern

<sup>1</sup> H = Ölgehärtet und angelassen, T = Wassergehärtet und angelassen; P = patentiert gezogener Federdraht, wobei die höheren  $\sigma_B$ -Werte für dünneren Draht gelten.

<sup>2</sup> Bei Kegelfedern wird  $H_B$  bis 520 zugelassen.

**Tafel 5/15. Warmfeste und zunaerbeständige Stähle** (nach LÜPFERT).

Stahl	Gehalt in %					Mittl. Festigkeitswerte			Zunderbest. bis °C
	C	Si	Mn	Cr	Sonst.	bei 20° C $\sigma_B$ $\text{kg/mm}^2$	bei 20° C $\delta_s$ %	bei 800° C $\sigma_{DSt}$ $\text{kg/mm}^2$	
Cr-Stahl	0,15	0,4	0,5	25	—	60	20	0,2	1150
Cr-Al-Stahl	0,1	1,0	0,5	23	2 Al	60	12	0,2	1250
Cr-Ni-Stahl	0,15	2,5	1,0	25	20 Ni	65	45	1,5	1250
Cr-Ni-W-St.	0,5	1,5	1,0	15	13 Ni 2,5 W	90	18	2,0	800

## 12. Rost- und säurebeständige Stähle (Tafel 5/16)

Wir kennen hierfür nicht-härtbare Cr-Stähle mit 0,05—0,2% C und 14—18% Cr und härtbare mit 0,3—1% C und 12—18% Cr für Haushaltsgeräte, Messer und Werkzeuge,

ferner Cr-Mn-Stähle mit 0,05—0,15 C und 9—16 % Cr und Cr-Ni-Stähle mit 17—19 % Cr und 8—11 % Ni für die chemische, für die Zellstoff- und Textilindustrie.

### 13. Werkzeugstähle und Schneidmetalle.

Je nach den Anforderungen verwenden wir unlegierte oder legierte Werkzeugstähle, Warm- oder Schnellarbeitsstähle und die sehr teuren Schneidmetalle. Für die Auswahl sind Schneidhaltigkeit und Zähigkeit, Verschleißwiderstand und Warmhärte (Bild 5/6) maßgebend. Einen Anhalt für ihren zweckmäßigen Einsatz bietet Tafel 5/16.

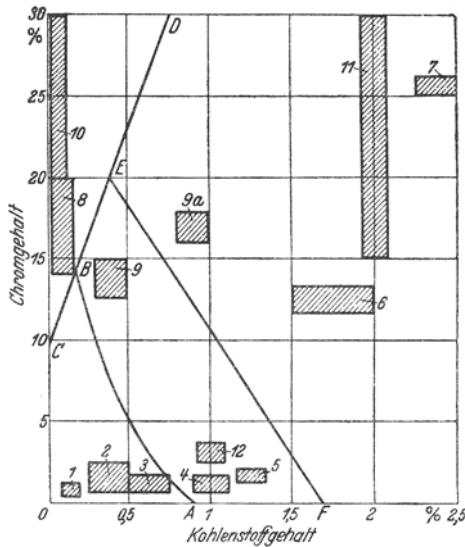


Bild 5/5. Einteilung und Verwendung der Chromstähle. (Nach LÜPFERT).

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. Einsatzstähle         | 7. Ziehringe                                      |
| 2. Vergütungsstähle      | 8. Rost- u. säurebeständige Stähle, nicht härtbar |
| 3. Prägwerkzeuge         | 9. u. 9a wie 8, aber härtbar                      |
| 4. Wälzlager             | 10. Hitzebeständige Stähle                        |
| 5. Bohrer, Scherenmesser | 11. Hitzebeständiges Gußeisen                     |
| 6. Ziehelsen, Schnitte   | 12. Magnetstähle                                  |

## 5.4. Nichteisenmetalle.

### 1. Al und Al-Legierungen.

Die geringe Wichte ( $\gamma = 2,7$  bis  $2,85$ ) und relativ hohe Festigkeit der Al-Legierungen begünstigen ihre Verwendung bei ortsbeweglichen Maschinen (Fahrzeugen) und Geräten (Haushalt) und auch bei schnell bewegten Maschinenteilen (z. B. Kolben und Schubstangen), ferner bei festigkeitsmäßig nicht voll ausgenutzten Teilen, wie z. B. Gehäusen und Verschalungen, sofern die Gewichtsverminderung den höheren kg-Preis gegenüber Stahl und Gußeisen rechtfertigt (s. Leichtbau S. 63, 66, 76). In anderen Fällen ist ihr hohes elektrisches und Wärmeleitvermögen von Vorteil.

Wir verwenden für Bauteile vorwiegend Al-Knetlegierungen und Al-Gußlegierungen, während Rein-Aluminium mehr für Sonderzwecke dient.

*DIN-Blätter.* Rein-Aluminium 1712, Al-Legierungen 1725; Preßteile aus Al und Al-Legierungen 1749; Profilstangen 1747, 1748, 1771, 1790, 1796—1799, 9711—9714; 46421, 6422; Rohre 1746, 1789, 1794, 1795; 6423; Bleche und Bänder 1745, 1753, 1783, 1784, 1788, 1793; Draht 46425, 46420.

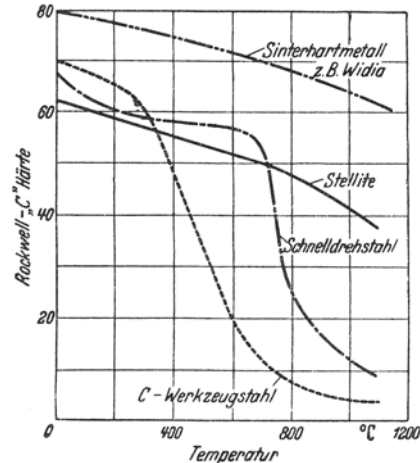


Bild 5/6. Wärmehärte von Schneidlegierungen.

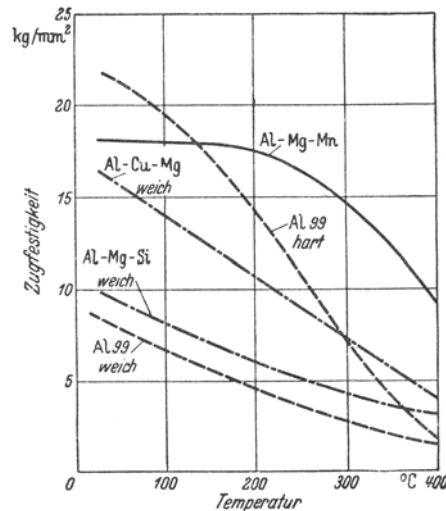


Bild 5/7. Warmfestigkeit von Al-Legierungen. (Nach LÜPFERT.)

Tafel 5/16. Werkzeugstähle und Schneidmetalle (nach LÜPFERT).

Werkstoff	Gehalt in % (Mittelwerte)							Verwendet für
	C	Cr	Mn	Mo	W	V	Sonst.	
Unlegierte Stähle . . .	0,6	—	0,4	—	—	—	—	Hämmer, Sägeblätter, Schraubenzieher, Holzbearbeitungswerkzeuge, Hämmer, Schmiedegesenke, Span-, Präge-, Stanz- und Preßwerkzeuge, Messer, Gesteinsbohrer, Feilen, Ziehseisen, Rasiermesser, „Riffelstähle“, sehr verschleißfest;
	0,8	—	0,4	—	—	—	—	
	1,0	—	0,4	—	—	—	—	
	über 1,1	—	0,4	—	—	—	—	
Legierte Stähle . . .	1,4	0,5	0,3	—	3,2	0,3	—	Formstähle und Schaber, Biege- und Ziehwerkzeuge, zerspannt auch Hartgußstahl, Spannzangen für Automaten, Gewindeschneider, Schmitte, Sägen, Feinmeßwerkzeuge, Räumnadeln, Schmitt-, Stanz-, Zieh- und Drückwerkzeuge;
	0,5	—	1,7	—	—	—	—	
	1,0 2,0	0,6 12,2	1,0 0,3	—	—	0,4 bis 0,25	—	
Warmarbeitsstähle . .	0,45	2,5	—	—	—	0,35	—	Spritzgußformen für Zn und Al, Preßtempel für Metallstrangpressen, Schmiede- und Preßgesenke, Spritzgußformen für Al- u. Mg, Büchsen für Strangpressen für Al u. Mg, Spritzgußformen, Preßgesenke und Strangpressen für Metalle, Hochbeanspruchte Preßmatrizen und Preßdorne;
	0,55	0,75	0,55	0,5	—	—	1,6 Ni	
	0,4	1,5	0,75	0,6	—	0,4	—	
	0,35	2,5	—	—	4	0,2	—	
	0,35	2,5	—	—	8,5	0,2	—	
Schnellarbeitsstähle . .	0,7	4,0	—	0,55	9,5	1,6	—	Span-Werkzeuge;
	1,35	4,0	—	0,95	11,5	4,4	—	
	0,95	3,7	—	2,3	1,35	2,8	—	
<b>Schneidmetalle:</b>								
Stellit . . . . .	3,0	29	—	—	17	—	—	45 Cu 5 Fe 6 Co 5,5 Co 12 Ti
G 1 <sup>1</sup> . . . . .	6	—	—	—	88	—	—	Spanwerkzeuge für GG, NE-Metalle und Nichtmetalle,
S 1 <sup>1</sup> . . . . .	8	—	—	—	74,5	—	—	Spanwerkzeuge für St und Stg.

<sup>1</sup> Gesinterte Hartmetalle, z. B. Widia, Böhlerit, Titanit. Werte für Widia:  $\gamma = 14,7 \text{ kg/dm}^3$ ,  $H_B = 1800 \text{ kg/mm}^2$ ,  $E = 50000 \text{ bis } 63000 \text{ kg/mm}^2$ .



**Rein-Al (DIN 1712)** wird vor allem gewalzt, gepreßt oder gezogen in Form von Vollstangen, Rohren, Blechen (DIN 1788), Bändern, Drähten (für elektrische Leitungen) und Folien (für Verpackungen, Kondensatoren und Wärmeisolation) geliefert, während es gegossen (Preßguß) fast nur für Kurzschlußanker von Drehstrommotoren verwendet wird.

**Eigenschaften.** Al ist gegläht plastisch weich (tiefziehfähig), erhält aber durch Kaltverformung eine beachtliche Festigkeit (s. Tafel 5/17 und 5/18), die aber schon bei 100° C erheblich abfällt (s. Bild 5/7), bei Kälte dagegen höchstens zunimmt. Al ist unmagnetisch, vorzüglich elektrisch leitend (60 % von Cu) und wärmeleitend (56 % von Cu) sowie Wärme und Licht reflektierend (Alfol-Isolation), es ist schweißbar, aber schwieriger lötbar (Oxydhaut).

**Korrosion.** Al rostet nicht wie Eisen, da es sich mit einer Schutzschicht überzieht, ist *beständig* gegen reines Wasser, verdünnte Phosphorsäure, konzentrierte Salpetersäure, Schwefeldioxyd und viele Stickstoffverbindungen, aber *unbeständig* gegen Seewasser, anorganische Säuren, Soda, Mörtel und Beton. An Verbindungsstellen mit anderen Metallen ist Al gegen elektrolytisches Anfressen durch Schutzanstrich oder sonstige Isolation zu schützen. Al kann auch plattiert und eloxiert (elektrisch oxydiert) werden (s. Korrosionsschutz S. 32).

**Einfluß von Legierungszusätzen.** Eisen macht Al hart und spröde, Blei macht es blasig, aber auch besser zerspanbar; Kupfer erhöht die Härte, Magnesium die Festigkeit und Zerspanbarkeit, Antimon und Titan die Beständigkeit gegen Seewasser, Mangan die Festigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Besonders bemerkenswert ist die „Aushärtbarkeit“ (Verfestigung) durch Zusatz von Cu-Si oder Cu-Mg-Si, Cu-Mg-Ni oder Mg-Si.

Tafel 5/17. Reinaluminium. Festigkeitswerte.  
 $\gamma \approx 2,7 \text{ kg/dm}^3$ ,  $E = 7000 \text{ kg/mm}^2$ .

Zustand	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_F$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ %	$H_B$ kg/mm <sup>2</sup>
Gegossen . . . . .	9—12	3—4	18—25	24—32
Geglüht. . . . .	7—10	2—4	30—45	12—20
Gewalzt, mittelhart .	10—14	5—8	8—25	25—40
„ hart . . . . .	14—23	12—20	3—8	40—60

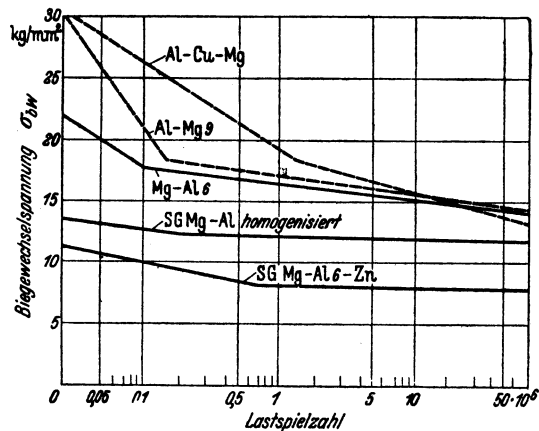


Bild 5/8. Biegewechselfestigkeit von Al- und Mg-Legierungen.  
(Nach LÜPFERT.)

**Al-Knetlegierungen.** Sie können gewalzt, gezogen, gepreßt, geschmiedet und geschweißt werden. Die wichtigsten sind: *Al-Cu-Mg-Legierung* (z. B. Duralumin) mit besonders hoher Festigkeit, guter Zerspanbarkeit, aber geringem Korrosionswiderstand; dann *Al-Mg-Si-Legierung* mit hohem Korrosionswiderstand und vorzüglicher elektrischer

Tafel 5/18. Vollstangen<sup>1</sup> aus Reinaluminium  
nach DIN 1790 (Sept. 1938).

$\gamma = 2,7 \text{ kg/dm}^3$ ,  $E = 7000 \text{ kg/mm}^2$ .

Bezeichnung <sup>1</sup>	Durchmesser mm	Festigkeitswerte		
		Mindest $\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Mindest $\delta_{10}$ %	Mittel $H_B$ kg/mm <sup>2</sup>
Al 99,7 F 7 . . .	alle	7	22	18
Al 99,7 F 9 . . .	bis 25	9	6	26
Al 99,7 F 11 . . .	bis 18	11	5	30
Al 99,7 F 13 . . .	bis 10	13	3	35
Al 99,7 F 17 . . .	bis 3	17	2	—
Al 99 F 8 . . . . .	alle	8	22	20
Al 99 F 10 . . . . .	bis 30	10	5	28
Al 99 F 12 . . . . .	bis 18	12	4	32
Al 99 F 14 . . . . .	bis 10	14	3	37
Al 99 F 18 . . . . .	bis 3	18	2	—

<sup>1</sup> Die gleichen Festigkeitswerte gelten für Stangen aus Al 99,5 statt 99,7 und aus Al 98/99 statt Al 99, ferner fast ebenso für Bleche und Bänder (DIN 1788), für Rohre (DIN 1789) und Preßteile (DIN 1749).

Leitfähigkeit; *Al-Mg-Legierung* mit hoher Festigkeit und erheblicher Korrosionsbeständigkeit auch gegen Seewasser und Alkalien; *Al-Mg-Mn-Legierung* ebenfalls seewasserbeständig, aber dabei warmfester (s. Bild 5/7) und tiefziehfähiger bei etwas geringerer Festigkeit; schließlich die *Al-Mn-Legierung*, die sehr korrosionsfest ist und besonders in der chemischen und Nahrungsmittel-Industrie Verwendung findet. Festigkeitswerte s. Tafel 5/19. Dauerfestigkeit s. Bild 5/8.

**Tafel 5/19. Al-Knetlegierungen** nach DIN 1725 (Jan. 1951) und Festigkeitswerte für Vollstangen nach DIN 1747 (Dez. 1951)<sup>1</sup>.

$\gamma = 2,6$  bis  $2,8$  kg/dm<sup>3</sup>;  $E = 6900$  bis  $7200$  kg/mm<sup>2</sup>.

Bezeichnung	Gehalt in % Mittelwerte				Mindest-Festigkeitswerte			Richtwerte $H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	Zustand
	Cu	Mg	Mn	Sonst.	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ %		
Al Cu Mg F 42 . . .	4,1	1,1	1,0	0,5 Si	42	25	6	100	ausgehärtet
Al Mg Si F 25 . . .	<0,1	0,85	0,8	0,9 Si	25	15	8	70	
Al Mg 5 F 22 . . .	<0,05	4,7	0,4	—	22	9	15	50	weich
Al Mg 7 F 30 . . .	<0,05	6,5	0,4	—	30	14	13	65	
Al Mg Mn F 18 . . .	<0,05	2,2	1,0	—	18	8	12	50	

<sup>1</sup> Die Normangaben für Profilstangen (DIN 1748), für Bleche und Bänder (1745) und Rohre (1746) weichen hiervon nur wenig ab.

**Al-Gußlegierungen.** Auswahl nach Gießigenschaften (Formfüllungsvermögen und Schwindmaß), besonders wenn es sich um Kokillenguß handelt, dann nach Festigkeit (s. Tafel 5/20) und sonstigen Eigenschaften. Am meisten wird UG Al-Cu-Si vergossen. Für besonders hohe mechanische Beanspruchungen nimmt man die Si-haltigen Legierungen, z. B. Silumin (hohe Zähigkeit) oder die eutektische G Al-Si-Mg-Legierung Silumin Gamma mit besonders geringer Lunkerneigung, während die schlechter gießbaren Al-Mg-Legierungen besonders korrosionsbeständig (auch gegen Seewasser) sind und die mit 5—7% Mg auch eine gute Warmfestigkeit (z. B. für Zylinderköpfe) besitzen.

Für *Al-Druckguß* (Spritzguß) siehe die Verwendungsangaben in Tafel 5/21.

**Tafel 5/20. Al-Gußlegierungen** nach DIN 1725 (Juni 1951).

$\gamma = 2,6$  bis  $2,7$  kg/dm<sup>3</sup>;  $E = 7650$  bis  $8500$  kg/mm<sup>2</sup>; Schwindmaß  $\approx 1\%$ .

Bezeichnung	Gehalt in % Mittelwerte				Für Sandguß			für Kokillenguß			Zustand
	Si	Mg	Mn	Sonst.	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	$H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	$H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	
G Al Si <sup>1</sup> . .	12,7	0,05	0,4	<0,6	17...22 18...22	4...8 6...10	50...60 50...60	20...26 20...26	3...7 6...10	55...70 50...60	unbehand. geglüht
G Al Si Mg <sup>2</sup>	9,5	0,3	0,4	<0,1 Zn	18...24 20...26	2...5 1...4	55...65 65...85	22...30 24...32	1...4 1...4	80...110 85...115	unbehand. ausgehärt.
G Al Mg <sup>3</sup> .	0,6	2,5	0,3	<0,1 Zn	14...19 15...20	3...8 3...8	50...60 50...60	21...28 22...33	2...8 4...15	70...90 65...90	unbehand. ausgehärt.
G Al Mg <sup>5</sup> .	0,6	5	0,3	<0,1 Zn	16...19	2...5	55...70	17...25	3...8	60...80	unbehand.
G Al Cu Si .	3	0,5	0	5,5 Cu	16...20	0,5...2	75...100	17...22	0,2...2	80...110	unbehand.

<sup>1</sup> Z. B. Silumin, besitzt hoh Zähigkeit.      <sup>2</sup> Z. B. Silumin Gamma.

## 2. Mg und Mg-Legierungen.

Gegenüber den Al-Legierungen ist die noch geringere Wichte ( $\gamma = 1,8$ ) der Mg-Legierungen beachtlich, so daß besonders Gußstücke aus Mg-Legierung trotz geringerer Festigkeit auch bei gleicher Belastung noch leichter werden (s. Tafel 4/2). Ihre Dauerfestigkeit

Tafel 5/21. Al-Druckgußlegierungen nach DIN 1725 (Juni 1951).

Bezeichnung	Gehalt in % Mittelwerte				Festigkeitswerte			Beachte
	Si	Mg	Mn	Sonst.	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta_5$ %	$H_B$ kg/mm	
GD Al Si 13 .	12,0	0,25	0,45	} <1,5 Fe <0,4 Cu	18...26	3...1	60...80	} Verwickelte, chemisch beständige Gußstücke Polierbare, chemisch beständige Gußstücke Gußstücke aller Art
GD Al Si 7 . .	8,0	0,25	0,45		17...24	3...1	55...75	
GD Al Mg Si .	3,3	1,4	0,75	16...19	3...1	55...70		
GD Al Mg 9 .	<0,6	8,0	0,45	<1,5 Fe	19...27	3...1	65...85	
GD Al Si Cu .	5,8	<0,5	0,4	2,5 Cu <1,5 Fe	19...23	2,5...1	55...75	

keit ist fast die gleiche, wie Bild 5/8 zeigt. Ferner sind sie besonders leicht zerspanbar, so daß z. B. fertig bearbeitete Gehäuse aus Mg-Legierung für kleine Zahnrادpumpen nicht mehr kosten als aus Grauguß, obwohl das Roh-Gußstück aus Mg-Legierung etwa das doppelte kostet. Dagegen sind die Mg-Legierungen nicht lötbar, nur schwer schweißbar und nicht so gut kaltverformbar. Ihr niedriger E-Modul ( $E = 4400 \text{ kg/mm}^2$ ) macht sie unempfindlich gegen Schlag und Stoß und wirkt bei Getriebekästen auch geräuschdämpfend; andererseits reicht ihre geringe Starrheit für viele Zwecke nicht aus. Ferner liegt ihre Entzündungstemperatur schon bei  $400^\circ$ , so daß Mg-Späne und Mg-Staub feuergefährlich sind<sup>1</sup>. Ihre Wärmeleitfähigkeit beträgt etwa 4,4% der von Cu und ihre elektrische Leitfähigkeit etwa 38% der von Cu.

**Korrosion.** Auch Mg überzieht sich mit einer schützenden Oxydhaut, ist korrosionsfest gegen Flußsäure und auch ziemlich gegen Alkalien (bis  $120^\circ \text{C}$ ). Mg wird aber von Seewasser und Schwitzwasser stärker angegriffen als Al. Es wird deshalb meist durch Bichromatbeize und evtl. noch durch Lack oder durch Al-Mg-Spritzschicht gegen Korrosion geschützt und gegen elektrolytische Korrosion beim Zusammenbau mit anderen Metallen durch Isolierlack.

Verwendungsgebiete für Mg-Legierungen sind Gehäuse, Rahmen und Scheiben von ortsbeweglichen Geräten und schnell bewegte Teile.

Tafel 5/22. Magnesiumlegierungen nach DIN 1729 (Nov. 1943).

$\gamma = 1,8 \text{ kg/dm}^3$ ,  $E = 4400 \text{ kg/mm}^2$ , Schwindmaß = 1,2% für Mg Al-Leg., = 1,9% für Mg Mn-Leg.

	Bezeichnung	Gehalt in % Mittelwerte			Festigkeitswerte			Zustand
		Al	Zn	Mn	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta_5$ %	$H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	
Sandguß	G Mg Al 3 Zn	3	1	0,3	16...20	10...6	40	unbehandelt
	G Mg Al 4 Zn	3,7	2,7	0,3	17...21	9...5	45	„
	G Mg Al 6 Zn I	5,7	2,7	0,3	16...20	6...3	50	„
	G Mg Al 6 Zn II	5,7	2,7	0,4	14...18	5...1,5	50	„
	G Mg Al 9	8,3	0,5	0,3	24...28	15...8	55	warmbehandelt
Kokillenguß	G Mg Al 9 K	8,3	0,5	0,3	16...20	5...2	55	unbehandelt
	G Mg Al 9 g K	8,3	0,5	0,3	24...28	15...8	55	warmbehandelt
	G Mg Al 8 I	7,7	0,5	0,3	17...21	6...3	50	unbehandelt
	G Mg Al 8 II	7,7	0,5	0,4	15...20	5...1,5	50	„
Druckguß	D Mg Al 9 I	8,3	0,5	0,3	16...23	2...0,4	55	unbehandelt
	D Mg Al 9 II	8,8	0,6	0,3	15...22	1...0,2	55	„
Knetleg <sup>2</sup> .	Mg Mn	—	—	1,9	20...24	15...3,5	45	unbehandelt Vorzugsweise Blechleg. gut schweißbar
	Mg Al 6 . . . .	6	1	0,2	27...33	16...6	60	unbehandelt
	Mg Al 7 . . . .	7,3	1,3	0,2	28...37	12...6	65	„

<sup>1</sup> Kompakte Mg-Stücke sind nicht feuergefährlich, da sie die Wärme schnell fortleiten. Mg-Brände durch Überschütten mit Graugußspänen löschen!

<sup>2</sup> Die angegebenen Festigkeitswerte sind in DIN 1729 nicht festgelegt.

*Auswahl der Legierung* (s. Tafel 5/22). Wir verwenden vorwiegend Mg-Gußlegierungen, und zwar als Sandguß, vor allem G Mg Al 4 Zn, dann bei besonderen Anforderungen an die Dichtigkeit G Mg Al 3 Zn, für hochfeste Stücke G Mg Al 9 und für erhöhte Korrosionsbeständigkeit und Schweißbarkeit Mg Mn-Legierungen für Kokillenguß und Spritzguß s. Tafel 5/22.

Als Mg-Knetlegierung wird vorwiegend Mg Al 6 verwendet und zwar in Form von Stangen, Rohren, Profilen, Preßteilen, Schmiedestücken und Blechen. Für Schmiedeteile hoher Festigkeit Mg Al 9, für korrosionsfeste und schweißbare Bleche (Verkleidungen und Behälter) meist Mg Mn.

DIN-Blätter. Mg-Legierungen 1729; Profilstangen 9715, 9701—9708, 9711—9714; Rohre 9709, 9710, Blech 9101.

### 3. Zink und Zn-Legierungen.

Reines Zink wird im Maschinen- und Apparatebau im wesentlichen nur als Blech (auch für Tiefzieh- und Kaltspritzteile) und als Korrosionsschutz (z. B. verzinktes Eisenblech) verwendet. Eine größere Bedeutung haben die Zn-Legierungen als günstige Austauschstoffe für Messing, Rotguß und Bronze für Armaturen und neuerdings auch für Gleitflächen (Gleitlager, Schneckenräder) und besonders für kleinere Spritzgußteile im Feingerätebau (Zähler, Schreibmaschinenteile usw.). Über ihre Zusammensetzung, Festigkeit und Verwendung unterrichtet Tafel 5/23. Weitere Angaben s. LÜPFERT [5/6].

DIN-Blätter. Zn und Zn-Legierungen 1743; Blech 9721; Band 9722.

Tafel 5/23. Feinzinklegierungen

$E = 73000 \text{ kg/mm}^2$ , Schwindmaß 1,8%. (...) -Werte für gealterten Zustand.

Bezeichnung	Gehalt in %			Festigkeitswerte				Verwendung
	Mittelwerte			Mindestwerte			$\gamma$	
	Al	Cu	Sonst.	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta_5$ %	$H_B$ kg/mm <sup>2</sup>		
Zn Al 4 Cu 1 . .	4,0	0,8	0,03 Mg	30	5	80	6,7	gezogene Stangen und Rohre Preßteile
				35	3	80	6,7	gewalzte Bleche und Bänder
Zn Cu 1 . . . .	0,1	1,1	0,2 Mn	18	25	40	7,1	tiefziehfähige Bleche u. Bänder
				20	20	50	7,1	gezogene Stangen, Rohre und Drähte
Zn Cu 4 Pb 1 . .	0,12	4,0	1,2 Pb	27	5	70	7,2	gezogene Stangen, Automaten- teile
G Zn Al 4 Cu 1 .	3,9	0,8	0,03 Mg	18	0,5	70	6,7	Sandguß } z. B. Lager und Kokillenguß } Schneckenräder
GK Zn Al 4 Cu 1				20	1	70	6,7	
GD Zn Al 4 . .	3,9	0,3	0,03 Mg	25(20)	1,5	70	6,7	Druckguß, gut maßbeständig
G Zn Al 6 Cu 1 .	5,8	1,4	Zn Rest	18	1	80	6,5	Sandguß } Gießtechnisch Kokillenguß } schwierige Guß- stücke
GK Zn Al 6 Cu 1				22	1,5	80	6,5	
GD Zn Al 4 Cu 1	3,9	0,8	0,03 Mg	27(21)	2(1)	80	6,7	Druckguß, Armaturen

### 4. Kupfer (Cu) und Cu-Legierungen.

Tafel 5/24 gibt einen Überblick der Cu-Legierungen. Sie besitzen besonders begehrte Eigenschaften, wie hohen Korrosionswiderstand (s. S. 33), gute Lötbarkeit, gute Gleit- und Festigkeitseigenschaften, hohe elektrische und Wärmeleitfähigkeit und vielseitige Möglichkeiten für die Formgebung, wie gießen, pressen, spritzen, ziehen, drücken, schmieden und walzen. Entsprechend werden sie in Form von Gußstücken, Platten, Blechen, Profilstangen, Rohren, Bändern und Drähten angeliefert.

Als *Sparstoffe* suchen wir sie jedoch so weit wie möglich durch andere zu ersetzen, oder wir suchen mit einer geringeren Menge auszukommen (Plattierung statt Vollstück<sup>1</sup>), oder

<sup>1</sup> Plattierung s. [5/96].

Tafel 5/24. Kupfer und Kupfer-Legierungen.

Schwindmaß bei Sandguß = 1,5% für G Ms 60, = 0,8% für G Bz 10;  $\gamma$  = 8,9 kg/dm<sup>3</sup> für Cu, = 8,7 für Ms 85 und G Bz 10, = 8,5 für Ms 60, = 8,2 für Be Bz;  $E$  = 12500 kg/mm<sup>2</sup> für Cu, = 9000 für Ms, = 11600 für G Bz 10, = 12500 für Be Bz.

DIN	Werkstoff	Bezeichnung	Gehalt in %					Festigkeitswerte			Eigenschaften	
			Cu	Zn	Pb	Sn	Sonst.	Mindest	Mittel	Mindest		
									$\sigma_B$	$\delta_{10}$	$H_B$	
									kg/mm <sup>2</sup> *	%	kg/mm <sup>2</sup> *	kg/mm <sup>2</sup> *
1708 (Febr. 1941)	Hüttenkupfer A	A Cu	über 99,0	—	—	—	—	—	23	38	30	weich, Stangen
1774 (Jan. 1939)	Messing . . .	Ms 63 F 29	63	Rest	1	—	—	—	29	45	75	weich, Stangen u. Bleche, tiefziehfähig
1774 (Jan. 1939)	„ . . .	Ms 63 F 41	63	Rest	1	—	—	—	41	15	110	hart, Bleche
1774 (Jan. 1939)	„ . . .	Ms 63 F 52	63	Rest	1	—	—	—	52	5	150	federhart, Bleche
1726 (März 1948)	Tombak . . .	Ms 85	85	Rest	0,1	—	—	—	30	45	55	weich, Stangen und Bleche
1726 (März 1948)	Gußmessing .	G Ms 60	60	Rest	1,5	—	—	—	25	10	70	Sandguß
1705 (April 1939)	Rotguß . . .	Rg 5	85	7	3	5	—	—	15	10	60	Sandguß
1705 (April 1939)	Zinnbronze <sup>1</sup> .	G Sn Bz 10	90	—	—	10	—	—	20	15	60	Sandguß <sup>1</sup>
—	Ph-Bronze .	FW 2310	91	—	—	8,5	—	0,3 P	37	60	85	weich <sup>1</sup>
1726 (März 1948)	Bleizinnbronze	Pb Sn Bz 22	Rest	—	—	5	—	—	70	10	170	hart
1726 (März 1948)	Al-Bronze . .	Al Bz 4	Rest	—	—	—	—	4 Al	15	5	50	Sandguß
1726 (März 1948)	Beryllium- Bronze <sup>2</sup> . .	Be Bz 2	97	—	—	—	—	2,5 Be	30	50	50	weich, Stangen und Bleche
1726 (März 1948)	Neusilber . .	NS 65/12	65	Rest	—	—	—	—	(62)	(2,2)	(105)	weich
1727 (Jan. 1944)	Moncl-Metall .		35	—	—	—	—	—	135	4,0	365	hart, vergütet

<sup>1</sup> Als Schleuderguß etwa 1,8 faches  $\sigma_B$  bei gleicher Dehnung.

<sup>2</sup> Ideal für hochfeste und korrosionsbeständige Federn und Membranen; außerdem unmagnetisch, schweißbar, lötl- und härtbar und nicht funkend (für Hämm-  
er u. Werkzeuge) s. [5/68].

zu Cu-Legierungen mit geringerem Cu- und Sn-Gehalt überzugehen. So verwenden wir *anstatt Cu*: Bei elektrischen Leitungen Al- oder Zn-Legierungen und Schienen aus Mg-Legierung; bei Lokomotiv-Feuerbüchsen Stahl; bei Heißwasserbehältern (Korrosionsangriff!) Cu-Si-Legierungen oder Cu-plattierte Al-Bleche (Cupal) oder keramische Stoffe; bei Leitungsrohren Cu-plattierte Rohre aus Stahl (Tebe- und Mb-Rohre), Cu-plattierte aus Al (Cupal) und aus Hartpapier (Kuprema) oder keramische Stoffe. Oft genügen auch galvanische Überzüge aus Cu;

*anstatt Cu-Legierungen*: Bei Turbinenschaufeln Cr-Stahl mit 14% Cr; bei Armaturen für Rohrleitungen und elektrische Leitungen korrosionsbeständige Al- und Zn-Legierungen, bei elektrischen Widerständen Cu-Mn- oder Eisenlegierungen; in der Feinmechanik Al- und Zn-Automatenlegierungen statt Messing; bei Schnecken- und Schraubenrädern Al-Bz statt Sn-Bz, ferner Al- und Zn-Legierungen, Gußeisen oder Preßstoff; bei Gleitflächen (Gleitlagern) Pb-Bz statt Sn-Bz und sonstige Lagermetalle und Preßstoffe (s. Kap. 15.7).

Es gibt jedoch Fälle, wo Cu und Cu-Legierungen nicht ganz zu entbehren sind, z. B. bei Hochleistungs-Schneckengetrieben die Bronze und bei elektrischen Spulen der dünne Cu-Draht, dessen hohe elektrische Leitfähigkeit verbunden mit mechanischer Festigkeit und Lötanschluß bisher von keinem anderen Werkstoff erreicht wird.

**DIN-Blätter.** a) *Kupfer*: 1708, Halbzeug 1787, 40500, Blech 1752, Band 1792, Rundstangen 1767, Vollprofil 1773, Flach 1768, Rohr 1754, 1786; Draht 1766, 46431; Draht isoliert 46435, 46436, 46450.

b) *Messing*: 1709, Blech 1751, 1774, 1778, Band 1791, Rundstangen 1756, 1758, 1782; Vollprofile 1759—1765, 1776, Rohr 1775, 1755, 1772, Draht 1757.

c) *Cu-Legierungen*: Cu-Legierungen 1726, Begriffe 1718, Bz und Rotguß 1705, Al-Bz 1714, Pb-Bz 1716.

## 5.5. Nichtmetalle.

### 1. Holz.

Holz besitzt gegenüber Metallen einige *Vorzüge*, wie: geringer Volumenpreis (s. S. 63), leichtere Bearbeitung und geringere Wichte, ferner geringe elektrische und Wärmeleitfähigkeit und bemerkenswerte Elastizität und Reibeigenschaften. Dem stehen als *Nachteile* seine ungleichmäßige Beschaffenheit, seine Brennbarkeit, seine geringere Festigkeit und Lebensdauer und nicht immer ausreichende Formbeständigkeit gegenüber.

Entsprechend verwendet man Holz auch im Maschinenbau, wenn seine Lebensdauer und sonstigen Eigenschaften ausreichen z. B. für Gießereimodelle, für Formschablonen in der Blechbearbeitung, für Riemenscheiben, für Blattfedern an Dreschmaschinen und Sägegattern, für Reibklötze in manchen Kupplungen und Bremsen, für wassergeschmierte Lager<sup>1</sup>, für Griffe und Stiele, für Böden, Sitzbretter, Kasten und Aufbauten bei Fahrzeugen, für Ständer, Rahmen, Gehäuse und Verschalungen im Mühlenbau und allgemein zur Verschalung von Maschinen und Geräten für den Versand. Festigkeitswerte und Eigenschaften s. Tafel 5/25.

Besondere Verwendungsmöglichkeiten bietet *vergütetes Holz*, und zwar *Sperrholz* (schichtweise verleimtes Holz) für größere Platten, für dünnwandige Fässer [5/75] und dort, wo der Ausgleich der Wuchsrichtung des Holzes von Vorteil ist; dann *Panzerholz* (mit Blech plattiertes Holz), wenn es auf eine festere Oberfläche und größere Bruchsicherheit ankommt; *verdichtetes Schichtholz* (z. B. Lignofol) und *Preßholz* (z. B. Lignostone), wenn es auf höhere Festigkeit, Formbeständigkeit und gleichmäßige Beschaffenheit ankommt (z. B. für geräuscharme Zahnräder). Festigkeitswerte s. Tafel 5/26.

**DIN-Blätter.** Vergütete Hölzer und holzartige Werkstoffe 4076, Kunstharz-Preßholz 7707, Sperrholzplatten, Furniere und Tischlerplatten 4078, Prüfung von Holz 52180—52190.

<sup>1</sup> Neuerdings meist Preßstoffe statt Pockholz.

Tafel 5/25. Holz.

Holzart	Wichte (Mittel) kg/dm <sup>3</sup>	Festigkeit <sup>1</sup> (Mittelwerte)			E (Bie- gung) kg/mm <sup>2</sup>	Preis- ver- gleich %	Eigenschaften und Verwendung
		$\sigma_{-B}$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{bB}$ kg/mm <sup>2</sup>			
Kiefer . . .	0,6	5,3	9,7	8,7	1080	65	weich, gut spaltbar, wetterbeständig, wenig schwindend. Bauholz, Sitz- und Bodenbretter. Für Fahrzeuge, Kasten
Fichte . . . } Tanne . . . }	0,55	4,3	9,0	6,6	1110	60	weich, leicht spaltbar, wenig wetterbeständig. Für Leitungsmasten, sonst wie bei Kiefer
Rotbuche .	0,75	5,3	13,5	10,5	1280	55	hart, druckfest, dicht, gut spaltbar, schwer nagelbar, wenig wetterbeständig, stark schwindend. Für Leisten
Weißbuche .	0,8					70	sehr hart, dicht, sehr zäh, schwer spalt- und nagelbar, wenig wetterbeständig, stark schwindend. Für Handgriffe, dichte und zähe Teile
Ulme . . .	0,72					80	hart, zäh, schwer spaltbar, gut biegeformbar. Für Bremsklötze
Eiche . . .	0,8	5,4	9,0	9,1	1000	100	hart, sehr druckfest, zäh, gut spaltbar, sehr wetterbeständig, stark schwindend (Reißneigung). Für hochwertige Kasten
Esche . . .	0,75	5,4	10,4	10,2		100	hart, dicht, zäh, elastisch, gut spaltbar, wetterbeständig, mäßig schwindend, gut biegeformbar. Für Radfelgen, Deichseln

<sup>1</sup> Festigkeitswerte gelten bei Beanspruchung in Faserrichtung; sie verringern sich erheblich mit größerem Feuchtigkeitsgehalt. Die Elastizitätsgrenze beträgt etwa bei Zug  $0,6 \sigma_B$ , bei Druck  $0,4 \sigma_{-B}$  und bei Biegung  $0,5 \sigma_{-B}$ .

Tafel 5/26. Schichtholz, verdichtetes Schichtholz (Lignofol) und Preßholz (Lignostone) aus Rotbuche.

Anzahl der Furniere je cm Dicke	Wichte kg/dm <sup>3</sup>	Festigkeit			E kg/mm <sup>2</sup>
		$\sigma_{-B}$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{bB}$ kg/mm <sup>2</sup>	
5	0,65...0,75	7 ... 8,1	8 ... 13,5	12 ... 14,3	
20	0,75...0,85	8 ... 10	13 ... 18,7	14 ... 18	
28	0,8 ... 0,9	8,5...10	13,5...17,7	14,5...19	
40	0,85...0,95	9 ... 11	14 ... 17,4	15 ... 20	
Lignofol	1,3	—	20	25	
Lignostone	1,4	bis 15	30	28	2960

## 2. Plastische Kunststoffe.

Man unterscheidet die wärmeplastischen *Eiweiß*-Kunststoffe (Kunsthorn, Galalith), die mehr oder weniger plastischen oder wärmeplastischen *Zellulose*-Kunststoffe (Vulkanfaser, Zelluloid, Cellon, Trolit), die wärmeplastischen und durchweg im Heißluftstrom schweißbaren *Polymerisate* (Vinidur, Mipolam, Plexiglas, Buna) und die härtbaren *Kondensate* (Kunstharz-Preßstoffe mit und ohne Füllstoffe) wie Bakelit, Hartpapier und Hartgewebe.

Von diesen finden besonders die Kondensate und Polymerisate auch im Maschinenbau zunehmend Verwendung, z. B. für kleine Gehäuse und Schutzkästen (Bakelit-Formstücke), für Abdeckungen und Schalttafeln (Preßstoff-Platten), für Gleitflächen (Preßstoffe, s. Gleitlager, für Griffe, Schalter und Isolierstücke, für Rohrleitungen (Vinidur, Mipolam), Schläuche und Dichtungen, für durchsichtige Lehrmodelle (Plexiglas)

Tafel 5/27. Plastische Kunststoffe.

Kunststoffe	Typ	Wichte $\gamma$ kg/dm <sup>3</sup>	Festigkeitswerte (Mindestwerte)				$E$ (im Mittel) kg/mm <sup>2</sup>	Warmfest bis °C	Lieferform <sup>1</sup>
			$\sigma_{bB}$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{-B}$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$A_b$ cmkg/cm <sup>2</sup>			
<i>Eiweiß-Kunststoffe</i> : Kunsthorn, Galalith	—	1,4	10	7	—	20	—	60	P, S, R, F
<i>Zellulose-Kunststoffe</i> : z. B. Vulkanfiber .	—	1,2	8	—	8	120	—	80	T
<i>Polymerisate</i> : (wärmeplastische):									
Vinidur . . . . .	—	1,34	11	7,8	6	250	—	60	Fo, R, P
Mipolam . . . . .	—	1,38	—	—	6	175	—	70	Pr, Sp
Plexiglas . . . . .	—	1,18	7	—	7,5	15	—	70	F, Fo, Sp
<i>Kondensate</i> (härtbar):									
Phenolharze: Gießharz, z. B. Bakelite .	—	1,3	5—12	13	6	12	—	55	B, P, S
mit anorgan. Gespinsten	<i>M</i>	1,8	7	12	2,5	15	1300	150	F P R
mit Holzmehl . . . . .	<i>S</i>	1,4	7	20	2,5	6	700	125	
mit Textilfaser . . . . .	<i>T</i> <sub>1</sub>	1,4	6	14	2,5	6	700	—	
	<i>T</i> <sub>2</sub>	1,4	6	14	2,5	12	850	125	
	<i>T</i> <sub>3</sub>	1,4	8	12	5	25	650	—	
mit Zellstoff . . . . .	<i>Z</i> <sub>1</sub>	1,4	6	14	2,5	5	600	—	
	<i>Z</i> <sub>2</sub>	1,4	8	10	2,5	8	800	125	
	<i>Z</i> <sub>3</sub>	1,4	12	16	8	15	1050	—	
Hornstoffharze: mit organ. Füllstoff .	<i>K</i>	1,5	6	18	2,5	5	750	100	
Geschichtete Preßstoffe: Hartpapier <sup>2</sup> .	<i>II</i>	1,4	15 (13)	15	12	25	950	—	
Hartgewebe (Baumwolle, grob)	<i>G</i>	1,4	10 (8)	20	5	25	700	—	
„ (Baumwolle, fein)	<i>F</i>	1,4	13 (10)	20	8	30	800	—	

<sup>1</sup> P Platten, S Stäbe, R Rohre, F Formstücke, T Tafeln, Fo Folien, Pr Preßmasse, Sp Spritzmasse, B Blöcke.

<sup>2</sup> Die eingeklammerten Werte gelten für den abgearbeiteten Zustand, die übrigen für den Lieferzustand.

Tafel 5/28. Hartporzellan und keramische Sondermassen<sup>3</sup>.

	Wichte $\gamma$ kg/dm <sup>3</sup>	Festigkeitswerte (Mindestwerte)				$E$ Mittelwerte kg/mm <sup>2</sup>	feuerfest bis °C	Bemerkung	Wärmeleitfähigkeit kcal/h m °C	10 <sup>6</sup> $\alpha$ Wärme- dehnzahl für 1° C
		$\sigma_{bB}$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{-B}$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$A_b$ cmkg/cm <sup>2</sup>					
<i>Hartporzellan</i>										
glasiert . .	2,4	9	45	3	—	7500	1670	dicht	1,35	4,0
unglasiert .	—	5	40	2,5	1,8	—	—	—	—	—
Steatit, glasiert . .	2,7	12	85	6	—	10500	1350	dicht	2,05	6,2
unglasiert .	—	12	85	4,5	3,0	—	—	—	—	—
Calit, glasiert . .	2,75	14	95	6,5	—	12000	1350	dicht	2,05	7,0
unglasiert .	—	14	90	4,5	4	—	—	—	—	—
Pyrodur, unglasiert .	2,6	12	65	3	2,4	10000	>1750	dicht	2,4	4,6
Calodur unglasiert .	2,4	1,5	6,0	1	1	—	>1750	porös	1,5	4,2
Heschotherm, dicht .	2,35	3,0	3,5	1,5	1,5	—	—	dicht	5,6	3,0

<sup>3</sup> Nach Angaben der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-Ges., Hermsdorf/Thür.

und spannungsoptische Modelle (Phenolharze). Sie besitzen geringe Wichte bei durchweg beachtlicher Festigkeit und Lebensdauer, chemische Beständigkeit und geringe elektrische und Wärmeleitfähigkeit, aber nur begrenzte Warmfestigkeit (60—150°). Tafel 5/27 unterrichtet über ihre mechanischen Eigenschaften<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Kunstharz-Lacke als Korrosionsschutz s. S. 33, als Mittel zum Sichern und Dichten von Gewinden und Fugen s. Ztschr. Konstruktion Bd. I (1949) S. 28.



**DIN-Blätter.** Preßstoffe 7702 bis 7708, Toleranzen für Preßstoff-Preßteile 7710, Prüfung von Preßstoffen 53451—53453, Kunststoffrohre aus Polyvinylchlorid 8061, 8062, Tafeln, Rollen und Streifen aus Preßspan 40600, Hartpapier-Platten 40605, Hartgewebe-Platten 40606, Hartpapierrohr und Hartgeweberohr 40607, Preßholz 7707.

### 3. Keramische Stoffe.

Bekannt ist die Ausnutzung ihrer *Säure-* und *Laugenfestigkeit* für Rohrleitungen, Behälter, Wannen und Walzen, für Filter, Siebe und Düsen, für Wärmetauscher und Auskleidungen aus Steinzeug oder Porzellan in der chemischen, sanitären und Nahrungsmittel-Industrie; ihrer *Feuer- und Wärmefestigkeit* für wärmetechnische Zwecke (feuerfestes Steinzeug und Sondermassen für Öfen), ihrer *elektrischen Festigkeit* für Isolatoren (Hartporzellan, Steatit, Calit), Spulenträger und Kondensatoren (Calit) in der Stark- und Schwachstromtechnik und ihrer leichten Formgebung (vor dem Brennen) für Teile, die nicht auf einen bestimmten Werkstoff angewiesen sind (Griffe).

Weniger bekannt ist, daß wir sie mit Hartmetall und Schleifscheibe *genau maßhaltig bearbeiten können*, daß wir Metallteile einpressen und Metallüberzüge aufbringen können, und daß wir auch verwickelte und mechanisch hoch beanspruchte Gebilde, wie Schleuder- und Zahnräderpumpen, Stirnrad- und Schneckengetriebe, Gleit- und Wälzlager und sogar elastische Schraubenfedern aus ihnen herstellen können [5/82]; ferner, daß wir über keramische *Sondermassen* mit besonderen Eigenschaften verfügen (s. Tafel 5/28), z. B. mit hoher Schlagbiegefestigkeit (Steatit, Calit, Pyrodur), mit hoher Wärmeleitfähigkeit (Heschotherm für Wärmetauscher), mit elektrischer Halbleitereigenschaft (Heschotherm und Fesi für elektrische Erhitzung), mit geringer Wärmedehnung und hoher Temperaturwechselfestigkeit (Sinterkorund, Ardostan, Calodur), mit größter Härte (Borkarbid als Spanwerkzeug für Preßstoffe), und Sinterkorund für hochfeste Zündkerzen, für Schmelztiegel und chemische Laborgeräte.

**DIN-Blätter.** Keramische Werkstoffe 40686, Keramische Isolierstoffe 40685, Kanalisations-Steinzeugwaren 1230, Toleranzen und Richtlinien für keramische Isolierteile 40680.

## 5.6. Sonderstoffe.

**1) Metallkeramische Stoffe.** Durch Druck- und Wärmeeinwirkung kann man Metallpulver verschiedener Zusammensetzung zu maßhaltigen Körpern zusammensintern. Je nach Zusammensetzung und Gefüge (Porigkeit) besitzen sie besondere Eigenschaften. Bekannt sind z. B. *Sintereisen* (s. Tafel 5/29) und *Sinterbronze* für Gleitlager, Dichtungen und kleine Zahnräder, dann die gesinterten *Alnico-Magnete*, die gesinterten *Hartmetalle* (s. Tafel 5/16), die gesinterten *Kontaktstoffe* (z. B. Cu-Graphit) und neuerdings auch gesinterte *Metall-Reibbeläge*. Ihre Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen und läßt noch weitere Erfolge erwarten.

Tafel 5/29. Werte für Gleitlager-Sintereisen.

Gehalt in %				Festigkeitswerte				$\gamma$	Porenraum
C	Mn	Si	Cn	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$\delta_{10}$ %	$H_B$ kg/mm <sup>2</sup>	$A_{bk}$ cmkg/cm <sup>2</sup>	kg/dm <sup>3</sup>	%
0									
0,2	0,25	<0,1	0,2	7—10	>2	27	30	5,8—6	25%

**2) Verbundstoffe.** Durch innige Vereinigung von Stoffen mit verschiedenen Eigenschaften lassen sich Wirkungen erzielen, die dem Einzelstoff fehlen.

Es dreht sich bei den Verbundstoffen meist darum

1) *teure oder seltene Stoffe einzusparen*, indem man billigere Grundstoffe, z. B. Stahl oder Gußeisen mit wertvolleren, z. B. Kupfer, Bronze oder Hartmetall plattiert oder überzieht; oder

2) dem Grundwerkstoff (besonders seiner Oberfläche) zusätzliche Eigenschaften zu verleihen z. B. ihn zugfest (Beispiel Stahlbeton, Drahtglas und Gewebepreßstoffe) verschleißfest (Verbundschiene mit härterem Kopf), chemisch fest (Verbundrohre mit rostfester Oberfläche), elektrisch oder wärmeleitend (Verbund-Kontaktstoffe) oder nicht leitend, oder gut gleitend (Verbundgleitstoffe) oder spiegelnd oder verbindungs-fähiger zu machen; oder

3) neue Eigenschaften zu erzielen (Beispiel Bimetall als Wärmeanzeiger und gesintertes Hartmetall).

Die Verbindung kann durch vergießen, verschweißen, verlöten oder verleimen, durch sintern, diffundieren (z. B. Inkromieren), aufspritzen, aufwalzen oder galvanisch erfolgen.

Als weitere Beispiele seien genannt: Panzerholz (Holz mit Blech verkleidet), Kupferpanzerdraht (mit Stahlseele und Kupfermantel), Gleitlagerschalen, Spindelmuttern und Schneckenräder in Verbundguß (Außenschicht aus Bronze bzw. Lagermetall), Schwingmetall (Gummi zwischen Metallplatten), Emaillblech usw.

Die Verbundstoffe entsprechen in besonderem Maße dem Streben des Ingenieurs nach optimaler Wirkung mit optimalem Aufwand.

3) Gleitwerkstoffe s. Kap. 15.7.

4) Lote s. Kap. 8.

5) Reibstoffe s. Reibkupplungen (Bd. 2).

6) Austauschstoffe s. S. 100 bis 104 u. Kap. 15.7.

7) Gummi s. Kap. 12.8.

### 5.7. Schrifttum zu 5.

#### Allgemein:

- [5/1] HÜTTE: Taschenbuch der Stoffkunde. Berlin: Ernst & Sohn 1937.
- [5/2] v. RENESSE, H.: Werkstoff-Ratgeber. Essen: Girardet 1943.
- [5/3] BÖHNE, Cl.: Werkstoff, Taschenbuch. Stuttgart: Franck'scher Verlag 1948.
- [5/4] — Din-Taschenbuch 4, Werkstoffnormen. Berlin: Beuthvertrieb.
- [5/5] HAGEN, H.: Die Beurteilung der Werkstoffeignung für statische, dynamische und thermische Beanspruchung auf Grund des Ähnlichkeitsprinzips. Die Technik Bd. 3 (1948) S. 6.
- [5/6] LÜPFERT, H.: Metallische Werkstoffe, 2. Aufl. Bad Wörishofen: Verlag Banaschewski 1946.
- [5/7] — Werkstoffhandbuch Stahl und Eisen, 2. Aufl. Düsseldorf: Stahleisen 1937.
- [5/8] OBERHOFFER, P., W. EILENDER u. H. ESSER: Das technische Eisen. Berlin: Springer 1936.
- [5/9] GUERTLER, W.: Einführung in die Metallkunde. Leipzig: Barth 1943.
- [5/10] MASING, G.: Grundlagen der Metallkunde. Berlin: Springer 1940.
- [5/11] ZIMMERMANN, W.: Werkstoffkunde 1944.
- [5/12] HOFMANN, W. u. O. SCHMITZ: Metallkunde. Wolfenbüttel: Verlagsanstalt 1948.
- [5/13] SCHIMPKE, P.: Technologie der Maschinenbaustoffe, 9. Aufl. Leipzig: Verlag Hirzel 1945.
- [5/14] WIEDERHOLT, W.: Metallschutz, AWF-Schriften Bd. 1 und 2. Leipzig 1938 und 1940.
- [5/15] MACHU, W.: Metallische Überzüge. Leipzig: Verlagsanstalt 1941.

#### Werkstoffumstellung:

- [5/16] — Konstruieren in neuen Werkstoffen. VDI-Sonderheft. Berlin: VDI-Verlag 1942.
- [5/17] — Werkstoffumstellung im Maschinen- und Apparatebau. Berlin: VDI-Verlag 1940.
- [5/18] SCHAFT, O.: Austauschwerkstoffe, Handbuch für den Braunkohlenbergbau. Halle: Wilhelm Knapp 1944.

#### Gießbares Eisen s. auch [5/1] bis [5/11]:

- [5/19] PIWOWARSKY, E.: Der Eisen- und Stahlguß. Düsseldorf: Gießerei-Verlag 1937.
- [5/20] PIWOWARSKY, E.: Hochwertige Gußeisen. Berlin: Springer 1942.
- [5/21] EMMEL K.: (Emmelguß.) Stahl und Eisen 1925 S. 1466.
- [5/22] KLEIBER, P.: (Sternguß). Krupp'sche Monatshefte 8 (1927) S. 109.
- [5/23] — (Lanz-Perlitguß), Gießereizeitung 1928 S. 441.
- [5/24] LEON, A.: Zugfestigkeit u. Brinellhärte von Gußeisen. Z. VDI Bd. 80 (1936) S. 281.
- [5/25] HEMPEL, M.: Gußeisen und Temperguß unter Wechselbeanspruchung ( $\sigma_D$ -Schaubilder für Ge). Z. VDI Bd. 85 (1941) S. 290.
- [5/26] BAUTZ, W.: Die neue Entwicklung des Gußeisens als Konstruktionsmaterial. Masch.-Bau-Betrieb Bd. 17 (1938) S. 389.

- [5/27] GRÖNEGREGZ, H. W.: Die Oberflächenhärtung von Gußeisen im Werkzeugmaschinenbau. Werkstatt-technik Bd. 34 (1940) S. 232.
- [5/28] THUM, A. u. K. BANDOW: Die Gußkurbelwelle. Z. VDI Bd. 80 (1936) S. 23.
- [5/29] KOTHNY, E.: Stahl- und Temperguß (Werkstattbücher Heft 24). Berlin: Springer 1940.
- [5/30] HERMANN, H.: Der Temperguß von heute im Auslande. Die Technik Bd. 2 (1947) S. 483.
- [5/31] RUDNIK, K. u. H. JURETZEK: Dünnwandiger Stahlguß im Maschinenbau. Masch.-Bau-Betrieb Bd. 20 (1941) S. 217.
- [5/32] RYS, A.: Legierter Stahlguß in Theorie u. Praxis. Stahl u. Eisen (1930) S. 423.
- [5/33] LIESTMANN, W. und C. SALZMANN: Über die Warmfestigkeit von Stahlguß mit geringen Zusätzen von Nickel und Molybdän. Stahl u. Eisen (1930) S. 442/46.

**Flußstahl** s. auch [5/1] bis [5/11]:

#### Härteverfahren:

- [5/34] — AWF-Härtebuch (AWF-Schrift 261). Berlin 1936.
- [5/35] STRAUZ: (Nitrierhärtung), Kruppsche Monatshefte (1927) S. 208, (1928) S. 46 und 93.
- [5/36] RUFUS, H. und J. KLÄRDING: Tauchhärtung. Z. VDI Bd. 85 (1941) S. 486.
- [5/37] HILLER, H.: Möglichkeiten und Grenzen des autogenen Oberflächenhärtens. Masch.-Bau-Betrieb Bd. 19 (1940) S. 115.
- [5/38] VOSS, H.: Örtliche Oberflächenhärtung von Kurbelwellen. Z. VDI Bd. 79 (1935) S. 743.
- [5/39] GRÖNEGREGZ, H. W.: Brennhärten (Werkstattbücher Heft 89). Berlin: Springer 1942; ferner: Brennhärten im Zahnradbau. Werkstatt u. Betrieb Bd. 81 (1948) S. 145.
- [5/40] RIEBENSAHM, P.: Härtereitechn. Mitt. Bd. I, II, III. Berlin: Union D.V. 1942, 1943, 1944.
- [5/41] RAPATZ, F. und F. REISER: Das Härten des Stahles. Leipzig A. Felix: 1932.
- [5/42] RIEBENSAHM, P.: Vergleich der Oberflächenhärtungsverfahren. Härtereitechn. Mitt. Bd. III (1944) S. 63/79.
- [5/43] GLAUBITZ, H.: Oberflächenhärtung und Bauteilfestigkeit von Zahnrädern. Werkstatt und Betrieb Bd. 80 (1947) S. 249/59 und 277/82.
- [5/44] SEULEN, G. und H. VOSZ: Oberflächenhärtung mit Induktionserhitzung. Stahl u. Eisen Bd. 63 (1943) S. 919/35 und 962/65.
- [5/45] WIEGAND, H.: Nitrieren im Motorenbau. Härtereitechn. Mitt. Bd. I (1942) S. 166/85.

#### Baustähle:

- [5/46] KREKELER, K.: Die Baustähle für den Maschinen- und Fahrzeugbau. Werkstattbücher Heft 75. Berlin: Springer 1939.
- [5/47] HOUDREMONT, E.: Sonderstahlkunde. Berlin: Springer 1943.
- [5/48] RAPATZ, F.: Die Edeltähle. Berlin: Springer 1942.
- [5/49] KIESSLER, H.: Nickel- und molybdänfreie Baustähle. Z. VDI Bd. 84 (1940) S. 385.
- [5/50] SCHRADER, H.: Bleihaltige Automatenstähle. Z. VDI Bd. 84 (1940) S. 439.
- [5/51] ULBRICHT, W.: Eigenschaften der Automatenstähle. Die Technik Bd. 2 (1947) S. 537.
- [5/52] — Merkblatt über Automatenstähle. Hrg. Verein deutscher Eisenhüttenleute.
- [5/53] SCHMIDT, M.: Werkzeugstähle. Düsseldorf: Stahlisen 1943.
- [5/54] DIERGARTEN, H.: Wälzlagerstähle. Z. VDI Bd. 86 (1942) S. 167.

#### Warmfeste Stähle:

- [5/55] BOLLENRATH, F., H. CORNELIUS, u. W. BUNGARDT: Untersuchung über die Eignung warmfester Werkstoffe für Verbrennungs-Kraftmaschinen. Luftfahrtforschung Bd. 15 (1938) S. 468—480.
- [5/56] — Warmfeste Stähle für Gasturbinen. Die Technik Bd. 3 (1948) S. 187.
- [5/57] HESSENBRUCH, W.: Metalle und Legierungen für hohe Temperaturen. Berlin: Springer 1940.
- [5/58] KRISCH, A.: Nickelfreie und nickelarme rost- und säurebeständige Stähle. Z. VDI Bd. 85 (1941) S. 701.

#### Nichteisenmetalle:

- [5/59] — Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle. Berlin: VDI-Verlag 1938.
- [5/60] — Aluminium-Taschenbuch. Berlin: Aluminiumzentrale 1942.
- [5/61] v. ZEERLEDER, A.: Technologie des Aluminiums und seiner Leichtlegierungen. Leipzig: Verlag Becker u. Erler 1943.
- [5/62] HALLER: Al-Zn-Legierung hoher Festigkeit ( $\sigma_B = 60-70 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\gamma = 2,8$ , Zieral). Kurznotiz in Die Technik Bd. 2 (1947) S. 558.
- [5/63] BAUERMEISTER, H.: Erfahrungen mit Al-Legierungen im Seewasser. Z. Metallkde. (1930) S. 119.
- [5/64] BECK, A.: Magnesium und seine Legierungen. Berlin: Springer 1939.
- [5/65] BURKHARDT, A.: Technologie der Zinklegierungen. Berlin: Springer 1940.
- [5/66] — Zinktaschenbuch. Halle: Wilhelm Knapp 1942.

- [5/67] DONICKE: Kupfer- und Zinnlegierungen. 1932.  
 [5/68] SARGENT, A. P.: The Marvels of Beryllium-Bronzes, Monthly Engng. Articles. Vol. III Nr. 3, March 1946.  
 [5/69] — Nickelhandbuch. Hrsg. Nickel-Informationsbüro. Frankfurt a. Main 1939.

**Nichtmetalle** (Kunstharzpreßstoffe s. auch Gleitlager und Zahnräder):

- [5/70] — Das Holz-ABC. Berlin: Verlag Archiv und Kartei (1947).  
 [5/71] KOLLMANN, F.: Technologie des Holzes. Berlin Springer 1936.  
 [5/72] KOLLMANN, F.: Holz im Maschinenbau. (Mitt. d. Fachaussch. f. Holzfragen Heft 16.) Berlin VDI-Verlag 1936. (Auszug Z. VDI Bd. 80 [1936] S. 1503.)  
 [5/73] RIECHERS, K.: Über Verwendung und Prüfung von hochverdichtetem Holz. Z. Holz als Roh- u. Werkstoff Bd. 2 (1939) S. 109.  
 [5/74] BITTNER, J. u. L. KLOTZ: Furniere-Sperrholz-Schichtholz T. 1 u. 2. Berlin: Springer 1939/40.  
 [5/75] RÜSCH, F. und P. SANDER: Ein bauchiges Faß aus Sperrholz. Z. VDI Bd. 85 (1941) S. 338.  
 [5/76] BENZ, H.: Buchenschichtholz als Werkstoff für Werkzeuge zur spanlosen Verformung von dünnen Blechen. Z. Holz als Roh- und Werkstoff Bd. 1 (1938) S. 469.  
 [5/77] — Kunst- und Preßstoffe 1 und 2. Berlin: VDI-Verlag 1937.  
 [5/78] PABST, F. und R. VIEWEG: Kunststoffe. Berlin: VDI-Verlag 1938.  
 VIEWEG, R.: Die heutige Lage auf dem Kunststoffgebiet. Z. VDI Bd. 90 (1948) S. 331.  
 [5/79] WEIGEL, W.: Kunstharzpreßstoffe im Maschinenbau. Berlin: Springer 1942.  
 [5/80] NITSCHKE: Eigenschaften warmgepreßter Kunstharzpreßstoffe nach DIN 7701. Z. VDI Bd. 83 (1939) S. 161.  
 [5/81] — Fachkartei Kunststoffe (Fachschrifttum 1939—1943). München: Hanser-Verlag 1947.  
 [5/82] NAUMANN, O.: Porzellan und keramische Sondermassen als techn. Werkstoffe. Die Technik Bd. 2 (1947) S. 385/92.  
 [5/83] — Keramische Sondermassen für die Elektrotechnik. Z. VDI Bd. 90 (1948) S. 184.

**Sonderstoffe und Verbundstoffe** (Sintermetall und Verbundstoffe, s. auch Gleitlager), Gummi s. Federn, Reibstoffe s. Reibkuppl. Bd. 2, Lote s. Lötverbindungen).

- [5/84] EISENKOLB, F.: Gegenwartsaufgaben der Metallkeramik. Die Technik Bd. 1 (1946) S. 173.  
 [5/85] — Sintermetalle und Pulvermetallurgie. Skaupy-Gedenkblatt. Archiv für Metallkunde 1 (1947) Heft 7/8.  
 [5/86] SKAUPY, F.: Mischkörper aus Metallen und Nichtleitern, insbesondere Oxyden. Die Technik Bd. 2 (1947) S. 157.  
 [5/87] RITZAU, G.: Zur neueren Entwicklung der Metallkeramik. Werkstattstechnik und Werksleiter Bd. 35 (1941) S. 145.  
 [5/88] — Widia-Handbuch der Fa. Krupp, Essen.  
 [5/89] BECKER, K.: Hochschmelzende Hartstoffe und ihre techn. Anwendung. Berlin: Verlag Chemie 1933.  
 [5/90] DAWIHL, W.: Grundlagen der Verwendung von Hartmetalllegierungen. Masch.-Bau-Betrieb Bd. 19 (1940) S. 521.  
 [5/91] — Maschinen- und Vorrichtungsteile aus Hartmetall (Schleifspindel-Gleitlager aus Hartmetall). Werkstatt u. Betrieb Bd. 81 (1948) S. 50.  
 [5/92] CANZLER, H.: Bauweise mit Verbundstoffen. Metallwirtschaft Bd. 19 (1940) S. 828.  
 [5/93] KNIPP, E.: Metallsparnis durch Verbundguß. Gießerei Bd. 24 (1937) S. 485.  
 [5/94] ALTMANN, F. G.: Schneckenräder aus Verbundguß. Z. VDI Bd. 85 (1941) S. 399.  
 [5/95] AMMAN, F.: Die deutsche Hartmetallindustrie (Eigenschaften u. Werkstoffwerte der Hartmetalle). Stahl u. Eisen (1947) S. 124.  
 [5/96] ENGELHARDT, W.: Plattierung. Die Technik Bd. 3 (1948) S. 381.

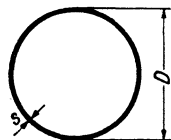
**Nachtrag :**

- [5/97] SIEBEL, E. und N. LUDWIG: Sonderstähle und Legierungen für hohe Temperatur. Konstruktion Bd. 1 (1949) S. 13.  
 [5/98] STRADTMANN, F. H.: Stahlrohr-Handbuch. Essen 1949.  
 [5/99] DOSOUDIL, A.: Dauerfestigkeit der verdichteten Hölzer. Z. VDI Bd. 91 (1949) S. 85.

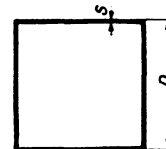
Tafel 5/30. Rundquerschnitte.

Durchm.  $d$ , Querschnitt  $F$ , Biege-Trägheitsmoment  $J_b$ , Biege-Widerstandsmoment  $W_b$ . Gewicht  $G$  für Stahl ( $\gamma = 7,85 \text{ kg/dm}^3$ , Länge 1 m), Dreh-Widerstandsmoment  $W_t = 2 \cdot W_b$ . Dreh-Trägheitsmoment  $J_t = 2 \cdot J_b$ .

$d$	$F = \frac{\pi d^2}{4}$	$J_b = \frac{\pi d^4}{64}$	$W_b = \frac{\pi d^3}{32}$	$G$	$d$	$F = \frac{\pi d^2}{4}$	$J_b = \frac{\pi d^4}{64}$	$W_b = \frac{\pi d^3}{32}$	$G$
cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	kg/m	cm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	kg/m
1,0	0,79	0,049	0,098	0,617	6,0	28,27	63,62	21,20	22,20
1,1	0,95	0,072	0,131	0,746	6,1	29,22	67,97	22 28	22,94
1,2	1,13	0,102	0,170	0,888	6,2	30,19	72,53	23,40	23,70
1,3	1,33	0,140	0,216	1,042	6,3	31,17	77,33	24,55	24,47
1,4	1,54	0,189	0,269	1,208	6,4	32,17	82,36	25,74	25,25
1,5	1,77	0,249	0,331	1,387	6,5	33,18	87,62	26,96	26,05
1,6	2,01	0,322	0,402	1,578	6,6	34,21	93,14	28,22	26,86
1,7	2,27	0,410	0,482	1,782	6,7	35,35	98,92	29,53	27,68
1,8	2,55	0,515	0,573	1,998	6,8	36,32	105,0	30,87	28,51
1,9	2,84	0,640	0,673	2,226	6,9	37,39	111,3	32,25	29,35
2,0	3,14	0,785	0,785	2,466	7,0	38,48	117,9	33,67	30,21
2,1	3,46	0,955	0,909	2,719	7,1	39,59	124,7	35,14	31,08
2,2	3,80	1,150	1,045	2,984	7,2	40,72	131,9	36,64	31,96
2,3	4,16	1,374	1,194	3,261	7,3	41,85	139,4	38,19	32,86
2,4	4,52	1,629	1,357	3,551	7,4	43,00	147,2	39,78	33,76
2,5	4,91	1,918	1,534	3,853	7,5	44,18	155,3	41,42	34,68
2,6	5,31	2,243	1,726	4,168	7,6	45,36	163,8	43,10	35,61
2,7	5,73	2,609	1,932	4,495	7,7	46,57	172,6	44,82	36,56
2,8	6,16	3,017	2,155	4,834	7,8	47,78	181,7	46,59	37,51
2,9	6,61	3,472	2,394	5,185	7,9	49,02	191,2	48,40	38,48
3,0	7,07	3,976	2,651	5,549	8,0	50,27	201,1	50,27	39,46
3,1	7,55	4,533	2,925	5,925	8,1	51,53	211,3	52,17	40,45
3,2	8,04	5,147	3,217	6,313	8,2	52,81	221,9	54,13	41,46
3,3	8,55	5,821	3,528	6,714	8,3	54,11	233,0	56,14	42,47
3,4	9,08	6,560	3,859	7,127	8,4	55,42	244,4	58,19	43,50
3,5	9,62	7,366	4,209	7,553	8,5	56,74	256,2	60,29	44,55
3,6	10,18	8,245	4,580	7,990	8,6	58,09	268,5	62,44	45,60
3,7	10,75	9,200	4,973	8,440	8,7	59,45	281,2	64,65	46,67
3,8	11,34	10,24	5,387	8,903	8,8	60,82	294,4	66,90	47,75
3,9	11,95	11,36	5,824	9,378	8,9	62,21	308,0	69,20	48,84
4,0	12,57	12,57	6,283	9,865	9,0	63,62	322,1	71,57	49,94
4,1	13,20	13,87	6,766	10,36	9,1	65,04	336,6	73,98	51,06
4,2	13,85	15,27	7,274	10,88	9,2	66,48	351,7	76,45	52,18
4,3	14,52	16,78	7,806	11,40	9,3	67,93	367,2	78,97	53,32
4,4	15,21	18,40	8,363	11,94	9,4	69,40	383,2	81,54	54,48
4,5	15,90	20,13	8,946	12,48	9,5	70,88	399,8	84,17	55,64
4,6	16,62	21,98	9,556	13,05	9,6	72,38	416,9	86,86	56,82
4,7	17,35	23,95	10,19	13,62	9,7	73,90	434,6	89,60	58,01
4,8	18,10	26,06	10,86	14,21	9,8	75,43	452,8	92,40	59,21
4,9	18,86	28,30	11,55	14,80	9,9	76,98	471,5	95,26	60,43
5,0	19,64	30,68	12,27	15,41	10	78,54	490,9	98,17	61,65
5,1	20,43	33,21	13,02	16,04	20	314,2	7 854	758,4	246,6
5,2	21,24	35,89	13,80	16,67	30	706,9	397 600	2 651	554,9
5,3	22,06	38,73	14,62	17,32	40	1257	125 700	6 283	986,5
5,4	22,90	41,74	15,46	17,98	50	1964	306 800	12 270	1541,4
5,5	23,76	44,92	16,33	18,65	60	2827	636 200	21 200	2219
5,6	24,63	48,28	17,24	19,34	70	3848	1 179 000	33 670	3021
5,7	25,52	51,82	18,18	20,03	80	5027	2 011 000	50 270	3945
5,8	26,42	55,55	19,16	20,74	90	6362	3 221 000	71 570	4994
5,9	27,34	59,48	20,16	21,46	100	7854	4 909 000	98 180	6165



Tafel 5/31. Stahlrohre.



Abmessungen mm		F cm <sup>2</sup>	G kg/m	J cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>		i cm		
D**	s***								
Nahtlose Flußstahlrohre (rund). Leitungs- und Konstruktionsrohre nach DIN 2448 (Jan. 1940)									
38	2,5	2,79	2,19	4,41	2,32		1,26		
41,5*	2,5	3,06	2,40	5,85	2,82		1,38		
44,5	2,5	3,30	2,59	7,30	3,28		1,49		
47,5*	2,5	3,53	2,77	8,97	3,78		1,60		
51	2,5	3,81	2,99	11,2	4,40		1,72		
54	2,5	4,04	3,18	13,4	4,98		1,82		
57	2,75	4,68	3,68	17,3	6,07		1,92		
60	3	5,37	4,22	21,9	7,29		2,02		
63,5	3	5,70	4,48	26,2	8,24		2,14		
70	3	6,31	4,96	35,5	10,1		2,37		
76	3	6,88	5,40	45,9	12,1		2,58		
83	3,25	8,14	6,39	64,8	15,6		2,83		
89	3,25	8,75	6,87	80,6	18,1		3,04		
95	3,5	10,1	7,90	105	22,2		3,24		
102	3,75	11,6	9,09	140	27,4		3,48		
108	3,75	12,3	9,64	167	30,9		3,70		
114*	3,75	13,0	10,2	198	34,7		3,90		
121	4	14,7	11,5	252	41,6		4,14		
127*	4	15,5	12,1	293	46,1		4,44		
133	4	16,2	12,7	338	50,8		4,57		
140*	4,5	19,2	15,0	440	62,9		4,79		
146	4,5	20,3	15,7	501	68,7		4,96		
152	4,5	20,8	16,4	567	74,8		5,22		
159	4,5	21,8	17,2	652	82,0		5,47		
165*	4,5	22,7	17,8	731	88,6		5,68		
171	4,5	23,5	18,5	824	96,4		5,92		
178*	5	27,2	21,3	1020	114		6,12		
191	5,5	32,0	25,2	1380	145		6,56		
203*	5,5	34,1	26,8	1670	179		6,99		
216	6,5	42,8	33,6	2350	218		7,41		
229*	6,5	45,4	35,7	2820	246		7,87		
241	6,5	47,9	37,6	3300	273		8,30		
254*	6,5	50,5	39,7	3870	305		8,75		
267	7	57,2	44,9	4840	362		9,20		
279*	7,5	63,9	50,2	5900	423		9,61		
292	7,5	67,0	52,6	6800	466		10,08		
305*	7,5	70,1	55,0	7760	509		10,52		
318	8	77,9	61,2	9370	589		10,97		
Vierkantrohre mit geschweißter Naht									
50·30	2	2,98	2,40	10,1	4,55	4,06	3,03	1,84	1,23
60·50	3	6,06	4,88	30,7	23,2	10,2	9,27	2,26	1,95
89	3,75	12,6	9,9	149		33,5		3,44	
101,5	5	19,0	14,9	278		56,5		3,88	

\* Diese Größen sind möglichst zu vermeiden.

\*\* Rohre mit  $D < 38$  mm und  $D > 318$  mm sind ebenfalls lieferbar.

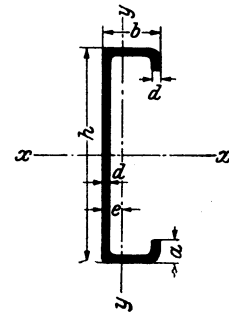
\*\*\* Die Rohre sind auch mit kleinerer und größerer Wanddicke lieferbar.

Knicktragfähigkeitstafel — auch für Rohre mit kleinerer und größerer Wanddicke — ist bei der Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf, Stahlhof, erhältlich.

**Tafel 5/32.**  
*Leichtprofile aus Band-*  
*stahl*  
aus warmgewalztem  
Bandstahl  
kalt gezogen.

Längen bis zu 15 m.

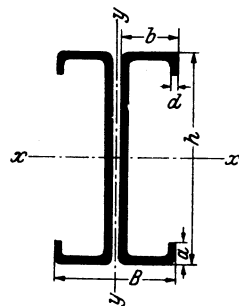
Das Maß  $b = 40$  mm  
bzw.  $a = 15$  mm  
ist bei sämtlichen Profilen  
gleich.



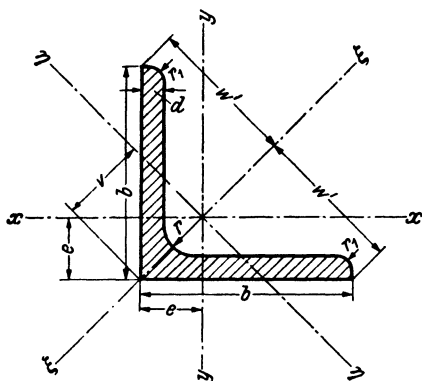
Profil Nr.	Abmessungen mm			F cm²	G kg/m	Lage der Schwer- achse y-y e cm	Für die Biegeachse						Profil Nr.
	h	B	d				x-x			y-y			
							$J_x$ cm⁴	$W_x$ cm³	$i_x$ cm	$J_y$ cm⁴	$W_y$ cm³	$i_y$ cm	
<b>Einfaches Profil</b>													
80	80	—	2,00	3,64	2,86	1,48	36,9	9,22	3,18	8,52	3,38	1,53	80
			2,25	4,07	3,20	1,48	41,0	10,3	3,17	9,38	3,72	1,52	
			2,50	4,50	3,53	1,48	45,0	11,3	3,16	10,2	4,06	1,51	
			3,00	5,34	4,19	1,48	52,7	13,2	3,14	11,8	4,68	1,49	
100	100	—	2,00	4,04	3,17	1,34	62,2	12,4	3,92	9,20	3,46	1,51	100
			2,25	4,52	3,55	1,34	69,2	13,9	3,91	10,1	3,81	1,50	
			2,50	5,00	3,92	1,34	76,1	15,2	3,90	11,1	4,16	1,49	
			3,00	5,94	4,66	1,34	89,4	17,9	3,88	12,8	4,81	1,47	
120	120	—	2,00	4,44	3,49	1,23	95,6	15,9	4,64	9,76	3,52	1,48	120
			2,25	4,97	3,90	1,23	107	17,8	4,63	10,8	3,89	1,47	
			2,50	5,50	4,32	1,23	117	19,5	4,62	11,8	4,25	1,46	
			3,00	6,54	5,13	1,24	138	23,0	4,59	13,5	4,90	1,44	
140	140	—	2,00	4,84	3,80	1,14	138	19,7	5,34	10,2	3,57	1,45	140
			2,25	5,42	4,26	1,14	154	22,0	5,32	11,3	3,94	1,44	
			2,50	6,00	4,71	1,14	169	24,2	5,31	12,3	4,30	1,43	
			3,00	7,14	5,60	1,14	200	28,5	5,29	14,2	4,97	1,41	
160	160	—	2,00	5,24	4,11	1,06	190	23,7	6,02	10,6	3,61	1,42	160
			2,25	5,87	4,61	1,06	212	26,5	6,00	11,7	3,98	1,41	
			2,50	6,50	5,10	1,06	233	29,2	5,99	12,8	4,35	1,40	
			3,00	7,74	6,08	1,07	276	34,5	5,97	14,8	5,03	1,38	
180	180	—	2,25	6,32	4,96	0,99	282	31,3	6,67	12,1	4,02	1,38	180
			2,50	7,00	5,50	0,99	311	34,5	6,66	13,2	4,39	1,37	
			3,00	8,34	6,55	1,00	367	40,8	6,63	15,2	5,08	1,35	
200	200	—	2,25	6,77	5,32	0,93	364	36,4	7,33	12,5	4,06	1,36	200
			2,50	7,50	5,89	0,94	402	40,2	7,32	13,6	4,43	1,34	
			3,00	8,94	7,02	0,94	475	47,5	7,29	15,7	5,13	1,32	
220	220	—	2,50	8,00	6,28	0,89	508	46,2	7,96	13,9	4,46	1,32	220
			2,75	8,77	6,88	0,89	555	50,4	7,95	15,0	4,82	1,31	
			3,00	9,54	7,49	0,89	601	54,6	7,94	16,0	5,16	1,30	

**Doppelprofil**

80	80	80	2,00	7,28	5,72	—	73,8	18,5	3,18	32,9	8,24	2,13	80
			2,25	8,15	6,37	—	82,0	20,5	3,17	36,6	9,14	2,12	
			2,50	9,00	7,07	—	90,0	22,5	3,16	40,1	10,0	2,11	
			3,00	10,70	8,38	—	105	26,4	3,14	47,0	11,8	2,10	
100	100	80	2,00	8,08	6,34	—	124	24,9	3,92	32,9	8,24	2,02	100
			2,25	9,06	7,10	—	138	27,7	3,91	36,6	9,15	2,01	
			2,50	10,00	7,85	—	152	30,5	3,90	40,2	10,0	2,00	
			3,00	11,90	9,33	—	179	35,8	3,88	47,0	11,8	1,99	
120	120	80	2,00	8,88	6,97	—	191	31,9	4,64	33,0	8,24	1,93	120
			2,25	9,97	7,81	—	213	35,5	4,63	36,6	9,15	1,92	
			2,50	11,00	8,64	—	234	39,1	4,62	40,2	10,0	1,91	
			3,00	13,10	10,30	—	276	46,0	4,59	47,1	11,8	1,90	
140	140	80	2,00	9,68	7,60	—	276	39,4	5,34	33,0	8,24	1,84	140
			2,25	10,90	8,51	—	307	43,9	5,32	36,6	9,15	1,83	
			2,50	12,00	9,42	—	339	48,4	5,31	40,2	10,1	1,83	
			3,00	14,30	11,20	—	399	57,0	5,29	47,1	11,8	1,82	
160	160	80	2,00	10,50	8,23	—	380	47,5	6,02	33,0	8,25	1,77	160
			2,25	11,80	9,22	—	424	53,0	6,00	36,6	9,16	1,76	
			2,50	13,00	10,20	—	467	58,4	5,99	40,2	10,1	1,76	
			3,00	15,50	12,20	—	551	68,9	5,97	47,2	11,8	1,75	
180	180	80	2,25	12,70	9,93	—	563	62,6	6,67	36,6	9,16	1,70	180
			2,50	14,00	11,00	—	621	69,0	6,66	40,2	10,1	1,70	
			3,00	16,70	13,10	—	734	81,6	6,63	47,2	11,8	1,68	
200	200	80	2,25	13,60	10,60	—	728	72,8	7,33	36,7	9,17	1,65	200
			2,50	15,00	11,80	—	803	80,3	7,32	40,3	10,1	1,64	
			3,00	17,90	14,00	—	950	95,0	7,29	47,3	11,8	1,63	
220	220	80	2,50	16,0	12,6	—	1020	92,3	7,96	40,3	10,1	1,59	220
			2,75	17,5	13,8	—	1110	101	7,95	43,9	11,0	1,58	
			3,00	19,1	15,0	—	1200	109	7,94	47,3	11,8	1,57	



Bei Bestellung größerer Mengen sind die Profile auch ohne die Umkantungen (Höhenmaß a) lieferbar.



Tafel 5/33. Gleichschenkliger L-Stahl

Regellängen = 3 bis 15 m

Profilwert  $k_i = \frac{F^2}{J} \approx 6$  (Mittelwert)

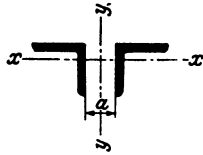
Die Achse  $\xi - \xi$  ist Winkelhalbierende

Bezeichnung	Abmessungen mm				F cm <sup>2</sup>	G kg/m	Abstände für die Achsen cm			Für die Biegeachse						Für die Schenkellöcher nach DIN 997 (April 1927)			
	b	d	r	r <sub>1</sub>			e	w'	v	x-x=y-y			ξ-ξ		η-η			d <sub>1</sub> mm	w mm
										J <sub>x</sub> =J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> =W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub> cm	J <sub>ξ</sub> cm <sup>4</sup>	i <sub>ξ</sub> cm	J <sub>η</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>η</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>η</sub> cm		
L Gleichschenkliger L-Stahl nach DIN 1028, Blatt 1 (Juli 1940)																			
20·20·3 4	20	3	3,5	2	1,12 1,45	0,88 1,14	0,60 0,64	1,41	0,85 0,90	0,39 0,48	0,28 0,35	0,59 0,58	0,62 0,77	0,74 0,73	0,15 0,19	0,18 0,21	0,37 0,36	—	—
25·25·3 (4) 5	25	3	3,5	2	1,42 1,85 2,26	1,12 1,45 1,77	0,73 0,76 0,80	1,77	1,03 1,08 1,13	0,79 1,01 1,18	0,45 0,58 0,69	0,75 0,74 0,72	1,27 1,61 1,87	0,95 0,93 0,91	0,31 0,40 0,50	0,30 0,37 0,44	0,47 0,47 0,47	—	—
30·30·3 4 5	30	3	4	2,5	1,74 2,27 2,78	1,36 1,78 2,18	0,84 0,89 0,92	2,12	1,18 1,24 1,30	1,41 1,81 2,16	0,65 0,86 1,04	0,90 0,89 0,88	2,24 2,85 3,41	1,14 1,12 1,11	0,57 0,76 0,91	0,48 0,61 0,70	0,57 0,58 0,57	8,5	17
35·35·4 5 6	35	4	5	2,5	2,67 3,28 3,87	2,10 2,57 3,04	1,00 1,04 1,08	2,47	1,41 1,47 1,53	2,96 3,56 4,14	1,18 1,45 1,71	1,05 1,04 1,04	4,68 5,63 6,50	1,33 1,31 1,36	1,24 1,49 1,77	0,88 1,01 1,16	0,68 0,67 0,68	11	20
40·40·4 5 6	40	4	6	3	3,08 3,79 4,48	2,42 2,97 3,52	1,12 1,16 1,20	2,83	1,58 1,64 1,70	4,48 5,43 6,33	1,56 1,91 2,26	1,21 1,20 1,19	7,09 8,64 9,98	1,52 1,51 1,49	1,86 2,22 2,67	1,18 1,35 1,57	0,78 0,77 0,77	11	22
45·45·5 (7)	45	5	7	3,5	4,30 5,86	3,38 4,60	1,28 1,36	3,18	1,81 1,92	7,83 10,4	2,43 3,31	1,35 1,33	12,4 16,4	1,70 1,67	3,25 4,39	1,80 2,29	0,87 0,87	11	25
50·50·5 6 7 9	50	5	7	3,5	4,80 5,69 6,56 8,24	3,77 4,47 5,15 6,47	1,40 1,45 1,49 1,56	3,54	1,98 2,04 2,11 2,21	11,0 12,8 14,6 17,9	3,05 3,61 4,15 5,20	1,51 1,50 1,49 1,47	17,4 20,4 23,1 28,1	1,90 1,89 1,88 1,85	4,59 5,24 6,02 7,67	2,32 2,57 2,85 3,47	0,98 0,96 0,96 0,97	14	30
55·55·6 8 (10)	55	6	8	4	6,31 8,23 10,1	4,95 6,46 7,90	1,56 1,64 1,72	3,89	2,21 2,32 2,43	17,3 22,1 26,3	4,40 5,72 6,97	1,66 1,64 1,62	27,4 34,8 41,4	2,08 2,06 2,02	7,24 9,35 11,3	3,28 4,03 4,65	1,07 1,07 1,06	17	30
60·60·6 8 10	60	6	8	4	6,91 9,03 11,1	5,42 7,09 8,69	1,69 1,77 1,85	4,24	2,39 2,50 2,62	22,8 29,1 34,9	5,29 6,88 8,41	1,82 1,80 1,78	36,1 46,1 55,1	2,29 2,26 2,23	9,43 12,1 14,6	3,95 4,84 5,57	1,17 1,16 1,15	17	35
65·65·7 9 11	65	7	9	4,5	8,70 11,0 13,2	6,83 8,62 10,3	1,85 1,93 2,00	4,60	2,62 2,73 2,83	33,4 41,3 48,8	7,18 9,04 10,8	1,96 1,94 1,91	53,0 65,4 76,8	2,47 2,44 2,42	13,8 17,2 20,7	5,27 6,30 7,31	1,26 1,25 1,25	20	35
70·70·7 9 11	70	7	9	4,5	9,40 11,9 14,3	7,38 9,34 11,2	1,97 2,05 2,13	4,95	2,79 2,90 3,01	42,4 52,6 61,8	8,43 10,6 12,7	2,12 2,10 2,08	67,1 83,1 97,6	2,67 2,64 2,61	17,6 22,0 26,0	6,31 7,59 8,64	1,37 1,36 1,35	20	40
75·75·7 8 10 12	75	7	10	5	10,1 11,5 14,1 16,7	7,94 9,03 11,1 13,1	2,09 2,13 2,21 2,29	5,30	2,95 3,01 3,12 3,24	52,4 58,9 71,4 82,4	9,67 11,0 13,5 15,8	2,28 2,26 2,25 2,22	83,6 93,3 113 130	2,88 2,85 2,83 2,79	21,1 24,4 29,8 34,7	7,15 8,11 9,55 1,44	1,45 1,46 1,45 1,44	23	40

Niet-Teilung für gleichschenkligen L-Stahl: DIN 999, Blatt 1 und 2 (Juli 1927)

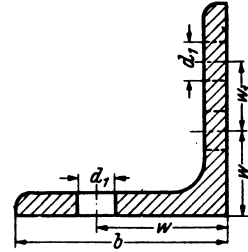
Eingeklammert möglichst vermeiden.





Für  $b$  bis 100 mm 1 Nietreihe,  
für  $b > 100$  mm 2 Nietreihen  
aber mit versetzten Nieten.

Für jeden Abstand  $a$  wird das Hauptträgheitsmoment bezogen auf die Achse  $y-y$  größer als das Hauptträgheitsmoment bezogen auf die Achse  $x-x$ .



Bezeichnung	Abmessungen mm				F cm <sup>2</sup>	G kg/m	Abstände für die Achsen cm			Für die Biegeachse						Für die Schenkel-löcher nach DIN 997 (April 1927)		
	b	d	r	r <sub>1</sub>			x-x=y-y			ξ-ξ		η-η			d <sub>1</sub> mm	w mm	w <sub>1</sub> mm	
							J <sub>x</sub> =J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> =W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub> cm	J <sub>ξ</sub> cm <sup>4</sup>	i <sub>ξ</sub> cm	J <sub>η</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>η</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>η</sub> cm				
L Gleichschenkliger L-Stahl nach DIN 1028 Blatt 2 (Juli 1940)																		
80·80·8	8				12,3	9,66	2,26											
10	10				15,1	11,9	2,34	5,66	3,20	72,3	12,6	2,42	115	3,06	29,6	9,25	1,55	
12	12	10	5		17,9	14,1	2,41		3,31	87,5	15,5	2,41	139	3,03	35,9	10,9	1,54	
14	14				20,6	16,1	2,48		3,41	102	18,2	2,39	161	3,00	43,0	12,6	1,53	
									3,51	115	20,8	2,36	181	2,96	48,6	13,9	1,54	
90·90·9	9				15,5	12,2	2,54		3,59	116	18,0	2,74	184	3,45	47,8	13,3	1,76	
11	11				18,7	14,7	2,62	6,36	3,70	138	21,6	2,72	218	3,41	57,1	15,4	1,75	
13	13	11	5,5		21,8	17,1	2,70		3,81	158	25,1	2,69	250	3,39	65,9	17,3	1,74	
16	16				26,4	20,7	2,81		3,97	186	30,1	2,66	294	3,34	79,1	19,9	1,73	
130·100·10	10				19,2	15,1	2,82		3,99	177	24,7	3,04	280	3,82	73,3	18,4	1,95	
12	12				22,7	17,8	2,90	7,07	4,10	207	29,2	3,02	328	3,80	86,2	21,0	1,95	
14	14	12	6		26,2	20,6	2,98		4,21	235	33,5	3,00	372	3,77	98,3	23,4	1,94	
16	16				29,6	23,2	3,06		4,32	262	37,7	2,97	413	3,74	111	25,6	1,93	
110·110·10	10				21,2	16,6	3,07		4,34	239	30,1	3,36	379	4,23	98,6	22,7	2,16	
12	12	12	6		25,1	19,7	3,15	7,78	4,45	280	35,7	3,34	444	4,21	116	26,1	2,15	
14	14				29,0	22,8	3,21		4,54	319	41,0	3,32	505	4,18	133	29,3	2,14	
120·120·11	11				25,4	19,9	3,36		4,75	341	39,5	3,66	541	4,62	140	29,5	2,35	
13	13				29,7	23,3	3,44		4,86	392	46,0	3,64	625	4,59	162	33,3	2,34	
15	15	13	6,5		33,9	26,6	3,51	8,49	4,96	446	52,5	3,63	705	4,56	186	37,5	2,34	
(17)	17				38,1	29,9	3,59		5,08	493	58,7	3,60	778	4,51	208	41,0	2,34	
180·130·12	12				30,0	23,6	3,64		5,15	472	50,4	3,97	750	5,00	194	37,7	2,54	
14	14	14	7		34,7	27,2	3,72	9,19	5,26	540	58,2	3,94	857	4,97	223	42,4	2,53	
16	16				39,3	30,9	3,80		5,37	605	65,8	3,92	959	4,94	251	46,7	2,52	
140·140·13	13				35,0	27,5	3,92		5,54	638	63,3	4,27	1010	5,38	262	47,3	2,74	
15	15	15	7,5		40,0	31,4	4,00	9,90	5,66	723	72,3	4,25	1150	5,36	298	52,7	2,73	
(17)	17				45,0	35,3	4,08		5,77	805	81,2	4,23	1280	5,33	334	57,9	2,72	
150·150·14	14				40,3	31,6	4,21		5,95	845	78,2	4,58	1340	5,77	347	58,3	2,94	
16	16	16	8		45,7	35,9	4,29	10,6	6,07	949	88,7	4,56	1510	5,74	391	64,4	2,93	
18	18				51,0	40,1	4,36		6,17	1050	99,3	4,54	1670	5,70	438	71,0	2,93	
160·160·15	15				46,1	36,2	4,49		6,35	1100	95,6	4,88	1750	6,15	453	71,3	3,14	
17	17	17	8,5		51,8	40,7	4,57	11,3	6,46	1230	108	4,86	1950	6,13	506	78,3	3,13	
19	19				57,5	45,1	4,65		6,58	1350	118	4,84	2140	6,10	558	84,8	3,12	
180·180·16	16				55,4	43,5	5,02		7,11	1680	130	5,51	2690	6,96	679	95,5	3,50	
18	18	18	9		61,9	48,6	5,10	12,7	7,22	1870	145	5,49	2970	6,93	757	105	3,49	
20	20				68,4	53,7	5,18		7,33	2040	160	5,47	3260	6,90	830	113	3,49	
200·200·16	16				61,8	48,5	5,52		7,80	2340	162	6,15	3740	7,78	943	121	3,91	
18	18	18	9		69,1	54,3	5,60	14,1	7,92	2600	181	6,13	4150	7,75	1050	133	3,90	
20	20				76,4	59,9	5,68		8,04	2850	199	6,11	4540	7,72	1160	144	3,89	

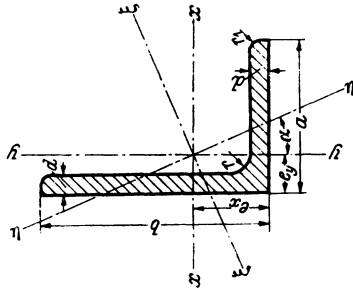
Niet-Teilung für gleichschenkligen L-Stahl: DIN 999, Blatt 1 und 2. (Juli 1927.)

Tafel 5/34. Ungleichschenkliger L-Stahl.

Regellängen = 3 bis 15 m

Profilwert  $k_2 = F^2/J \approx 7$  für  $b/a = 3/2$

$\approx 11$  für  $b/a = 2/1$



Bezeichnung	Abmessungen					E	G	Lage der Achsen		Für die Biegeachse										Für die Schenkellöcher nach DIN 997 (April 1927)					
	mm		Achse					η-η		x-x					y-y					Maße in mm					
	a	b	d	r	r <sub>1</sub>			e <sub>x</sub>	e <sub>y</sub>	tg α	J <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	J <sub>ξ</sub>	i <sub>ξ</sub>	J <sub>η</sub>	i <sub>η</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	w <sub>1</sub>	w <sub>2</sub>	w <sub>3</sub>
20·30·3	20	30	3	3,5	2	1,42	1,11	0,99	0,50	0,431	1,25	0,62	0,94	0,44	0,29	0,56	1,43	1,00	0,25	0,42	5,2	—	—	—	
4	—	—	—	—	—	1,85	1,45	1,03	0,54	0,423	1,59	0,81	0,93	0,55	0,38	0,55	1,81	0,99	0,33	0,42	4,2	—	—	—	
20·40·(3)	20	40	3	3,5	2	1,72	1,35	1,43	0,44	0,259	2,79	1,08	1,27	0,47	0,30	0,52	2,96	1,31	0,30	0,42	14,6	—	—	—	
4	—	—	—	—	—	2,25	1,77	1,47	0,48	0,252	3,59	1,42	1,26	0,60	0,39	0,52	3,79	1,30	0,39	0,42	13,8	—	—	—	
30·45·4	30	45	4	4,5	2	2,87	2,25	1,48	0,74	0,436	5,78	1,91	1,42	2,05	0,91	0,85	6,65	1,52	1,18	0,64	8,0	—	—	—	
5	—	—	—	—	—	3,53	2,77	1,52	0,78	0,430	6,99	2,35	1,41	2,47	1,11	0,84	8,02	1,51	1,44	0,64	7,2	8,5	11	17	25
30·60·5	30	60	5	6	3	4,29	3,37	2,15	0,68	0,256	15,6	4,04	1,90	2,60	1,12	0,78	16,5	1,96	1,69	0,63	21,4	—	—	—	
(7)	—	—	—	—	—	5,85	4,59	2,24	0,76	0,248	20,7	5,50	1,88	3,41	1,52	0,76	21,8	1,93	2,28	0,62	19,2	8,5	17	17	35
40·50·(3)	40	50	3	4	2	2,63	2,06	1,48	0,99	0,632	6,58	1,87	1,58	3,76	1,25	1,20	8,46	1,79	1,89	0,85	1,0	—	—	—	
(4)	—	—	—	—	—	3,46	2,71	1,52	1,03	0,629	8,54	2,47	1,57	4,86	1,64	1,19	10,9	1,78	2,46	0,84	—	—	—	—	
5	—	—	—	—	—	4,27	3,35	1,56	1,07	0,625	10,4	3,02	1,56	5,89	2,01	1,18	13,3	1,76	3,02	0,84	—	—	—	—	
40·60·5	40	60	5	6	3	4,79	3,76	1,96	0,97	0,437	17,2	4,25	1,89	6,11	2,02	1,13	19,8	2,03	3,50	0,86	11,2	—	—	—	
6	—	—	—	—	—	5,68	4,46	2,00	1,01	0,433	20,1	5,03	1,88	7,12	2,38	1,12	23,1	2,02	4,12	0,85	10,2	—	—	—	
7	—	—	—	—	—	6,55	5,14	2,04	1,05	0,429	23,0	5,79	1,87	8,07	2,74	1,11	26,3	2,00	4,73	0,85	9,2	11	17	22	35

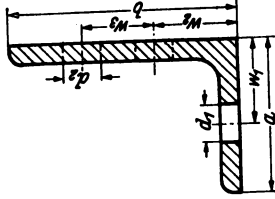
Ungleichschenkliger L-Stahl nach DIN 1029, Blatt 1 (Juli 1940)

40·80·6	40	80	6	7	3,5	6,89	5,41	2,85	0,88	0,259	44,9	8,73	2,55	7,59	2,44	1,05	47,6	2,63	4,90	0,84	29,0	11	23	22	45	—
8			8			9,01	7,07	2,94	0,95	0,253	57,6	11,4	2,53	9,68	3,18	1,04	60,9	2,60	6,41	0,84	27,2					
50·65·5	50	65	5	7	3,5	5,54	4,35	1,99	1,25	0,583	23,1	5,11	2,04	11,9	3,18	1,47	28,8	2,28	6,21	1,06	3,6	14	20	30	35	—
7			7			7,60	5,97	2,07	1,33	0,574	31,0	6,99	2,02	15,8	4,31	1,44	38,4	2,25	8,37	1,05	1,8					
9			9			9,58	7,52	2,15	1,41	0,567	38,2	8,77	2,00	19,4	5,39	1,42	47,0	2,22	10,5	1,05	—					
50·100·6	50	100	6	9	4,5	8,73	6,85	3,49	1,04	0,263	89,7	13,8	3,20	15,3	3,86	1,32	95,2	3,30	9,78	1,06	37,6	14	26	30	55	—
8			8			11,5	8,99	3,59	1,13	0,258	116	18,0	3,18	19,5	5,04	1,31	123	3,28	12,6	1,05	35,4					
(10)			10			14,1	11,1	3,67	1,20	0,252	141	22,2	3,16	23,4	6,17	1,29	149	3,25	15,5	1,04	33,8					
55·75·5	55	75	5	7	3,5	6,30	4,95	2,31	1,33	0,530	35,5	6,84	2,37	16,2	3,89	1,60	43,1	2,61	8,68	1,17	8,4	17	23	30	40	—
7			7			8,66	6,80	2,40	1,41	0,525	47,9	9,39	2,35	21,8	5,32	1,59	57,9	2,59	11,8	1,17	6,6					
9			9			10,9	8,50	2,47	1,48	0,518	59,4	11,8	2,33	26,8	6,66	1,57	71,3	2,55	14,8	1,16	5,0					
(60·90·6)	60	90	6	8	3,5	8,69	6,82	2,89	1,41	0,442	71,7	11,7	2,87	25,8	5,61	1,72	82,8	3,09	14,6	1,30	17,8	17	26	35	50	—
(8)			8			11,4	8,96	2,97	1,49	0,437	92,5	15,4	2,85	33,0	7,31	1,70	107	3,06	19,0	1,29	16,0					
(10)			10			14,1	11,0	3,05	1,56	0,431	112	18,8	2,82	39,6	8,92	1,68	129	3,02	23,1	1,28	14,2					
65·75·(6)	65	75	6	8	4	8,11	6,37	2,19	1,70	0,740	44,0	8,30	2,33	30,7	6,39	1,94	60,2	2,73	14,4	1,34	—	20	23	35	40	—
(8)			8			10,6	6,34	2,28	1,78	0,736	56,7	10,9	2,31	39,4	8,34	1,92	77,3	2,70	18,8	1,33	—					
10			10			13,1	10,3	2,35	1,86	0,732	68,4	13,3	2,29	47,3	10,2	1,90	92,7	2,66	23,0	1,33	—					
65·80·6	65	80	6	8	4	8,41	6,60	2,39	1,65	0,649	52,8	9,41	2,51	31,2	6,44	1,93	68,5	2,85	15,6	1,36	—	20	23	35	45	—
8			8			11,0	8,66	2,47	1,73	0,645	68,1	12,3	2,49	40,1	8,41	1,91	88,0	2,82	20,3	1,36	—					
10			10			13,6	10,7	2,55	1,81	0,640	82,2	16,1	2,46	48,3	10,3	1,89	106	2,79	24,8	1,35	—					
12			12			16,0	12,6	2,63	1,88	0,634	95,4	17,8	2,44	55,8	12,1	1,87	122	2,76	29,2	1,35	—					
65·100·7	65	100	7	10	5	11,2	8,77	3,23	1,51	0,419	113	16,6	3,17	37,6	7,54	1,84	128	3,39	21,6	1,39	21,8	20	26	35	55	—
9			9			14,2	11,1	3,32	1,59	0,415	141	21,0	3,15	46,7	9,52	1,82	160	3,36	27,2	1,39	19,8					
11			11			17,1	13,4	3,40	1,67	0,410	167	25,3	3,13	55,1	11,4	1,80	190	3,34	32,6	1,38	17,8					
(65·115·8)	65	115	8	8	4	13,8	10,9	3,94	1,46	0,324	188	24,8	3,69	44,2	8,78	1,79	205	3,85	27,4	1,41	35,4	20	26	35	50	25
(10)			10			17,1	13,4	4,02	1,54	0,321	229	30,6	3,66	53,3	10,8	1,77	249	3,82	33,2	1,40	33,4					

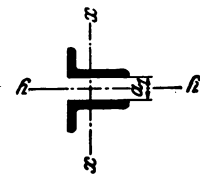
Niemann, Maschinenelemente I. 2. Neudruck.

Niet-Tellung für ungleichenkligen L-Stahl: DIN 998, Blatt 1 und 2. (April 1927).

Eingeklammerte Größen möglichst vermeiden.



Für  $b$  bis 100 mm eine Nietreihe,  
für  $b > 100$  mm zwei Nietreihen,  
aber mit versetzten Nieten.



$a_1$  = Abstand zweier L-Profile, für den  
die beiden Hauptträgheitsmomente  
gleich groß und gleich  $2 J_x$  werden.

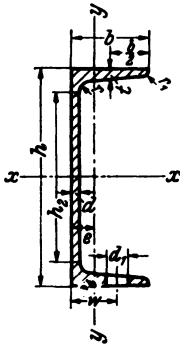
Bezeichnung	Abmessungen mm					F cm <sup>2</sup>	G kg/m	Lage der Achsen			Für die Biegeachse						Für die Schenkellöcher nach DIN 997 (April 1927)									
	a	b	d	r	r <sub>1</sub>			e <sub>x</sub> cm	e <sub>y</sub> cm	Abstände		x-x		y-y		xi-xi		a <sub>1</sub> mm								
										η-η	ξ-ξ	J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>			i <sub>y</sub> cm	J <sub>ξ</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>ξ</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>ξ</sub> cm	J <sub>η</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>η</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>η</sub> cm	
L	Ungleichschenkliger L-Stahl nach DIN 1029, Blatt 2 (Juli 1940)																									
65·130·8	65	130	10	11	5,5	15,1	11,9	4,56	1,37	0,263	263	31,1	4,17	44,8	8,72	1,72	280	4,31	28,6	1,38	48,6	20	26	35	50	40
10						18,6	14,6	4,65	1,45	0,259	321	38,4	4,15	54,2	10,7	1,71	340	4,27	35,0	1,37	46,8					
12						22,1	17,3	4,74	1,53	0,255	376	45,5	4,12	63,0	12,7	1,69	397	4,24	41,2	1,37	44,6					
(75·90·7)	75	90	7	8,5	4,5	11,1	8,74	2,67	1,93	0,683	88,1	13,9	2,81	55,5	9,98	2,23	117	3,24	27,1	1,56	—	23	26	40	50	—
(9)						14,1	11,1	2,76	2,01	0,679	110	17,6	2,79	69,1	12,6	2,21	145	3,21	34,1	1,56	—	—	—	—	—	—
(11)						17,0	13,4	2,83	2,09	0,675	130	21,1	2,77	81,7	18,5	2,19	171	3,17	40,9	1,55	—	—	—	—	—	
75·100·7	75	100	7	10	5	11,9	9,32	3,06	1,83	0,553	118	17,0	3,15	56,9	10,0	2,19	145	3,49	30,1	1,59	8,8	23	26	40	55	—
9						15,1	11,8	3,15	1,91	0,549	148	21,5	3,13	71,0	12,7	2,17	181	3,47	37,8	1,59	7,0	23	26	40	55	—
11						18,2	14,3	3,23	1,99	0,545	176	25,9	3,11	84,0	15,3	2,15	214	3,44	45,4	1,58	5,2	23	26	40	55	—
(75·130·8)	75	130	8	10,5	5,5	15,9	12,5	4,36	1,65	0,339	276	31,9	4,17	68,3	11,7	2,08	303	4,37	41,3	1,61	39,2	23	26	40	50	40
(10)						19,6	15,4	4,45	1,73	0,336	337	39,4	4,14	82,9	14,4	2,06	369	4,34	50,6	1,61	37,4	23	26	40	50	40
(12)						23,3	18,3	4,53	1,81	0,332	395	46,6	4,12	96,5	17,0	2,04	432	4,31	59,6	1,60	35,4	23	26	40	50	40
75·150·9	75	150	9	10,5	5,5	19,5	15,3	5,28	1,67	0,265	455	46,8	4,83	78,3	13,2	2,00	484	4,98	50,0	1,60	56,4	23	26	40	55	55
11						23,6	18,6	5,37	1,65	0,261	545	56,6	4,80	93,0	15,9	1,98	578	4,95	59,8	1,59	54,4	23	26	40	55	55
13						27,7	21,7	5,45	1,73	0,258	631	66,1	4,78	107	18,5	1,96	668	4,91	69,4	1,58	52,4	23	26	40	55	55

5.8. Profil- und Maßtabeln.

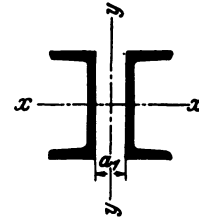
80·120·8	8	15,5	12,2	3,83	1,87	0,441	226	27,6	3,82	80,8	13,2	2,29	261	4,10	45,8	1,72	24,0	26	45	50	30	
10	10	19,1	15,0	3,92	1,95	0,438	276	34,1	3,80	98,1	16,2	2,27	318	4,07	56,1	1,71	22,2	23	26	45	50	
12	12	22,7	17,8	4,00	2,03	0,433	323	40,4	3,77	114	19,1	2,25	371	4,04	66,1	1,71	20,2	23	26	45	50	
14	14	26,2	20,5	4,08	2,10	0,429	368	46,4	3,75	130	22,0	2,23	421	4,01	75,8	1,70	18,4	23	26	45	50	
80·160·10	10	23,2	18,2	5,63	1,69	0,263	611	58,9	5,14	104	16,5	2,12	648	5,29	67,0	1,70	59,7	21	21	45	60	55
12	12	27,5	21,6	5,72	1,77	0,259	720	70,0	5,11	122	19,6	2,10	763	5,26	78,9	1,69	57,9	21	25	45	60	55
(14)	14	31,8	25,0	5,81	1,85	0,256	823	80,7	5,09	139	22,5	2,09	871	5,23	90,5	1,69	56	21	25	45	60	55
90·130·10	10	21,2	16,6	4,15	2,18	0,472	358	40,5	4,11	141	20,6	2,58	420	4,46	78,5	1,93	20,4	26	28	50	50	40
12	12	25,1	19,7	4,24	2,26	0,468	420	48,0	4,09	165	24,4	2,56	492	4,43	92,6	1,92	18,6	26	28	50	50	40
14	14	29,0	22,8	4,32	2,34	0,465	480	55,3	4,07	187	28,1	2,54	560	4,40	106	1,91	16,8	26	28	50	50	40
90·150·10*	10	23,2	18,2	4,99	2,03	0,363	532	53,1	4,79	146	21,0	2,51	591	5,05	87,3	1,94	41,0	26	26	50	55	55
12	12	27,5	21,6	5,08	2,11	0,350	626	63,1	4,77	170	24,7	2,49	694	5,02	102	1,93	39,2	26	26	50	55	55
14	14	31,8	25,0	5,16	2,19	0,357	716	72,8	4,75	194	28,4	2,47	792	4,99	118	1,92	37,2	26	26	50	55	55
90·250·10*	10	33,2	26,0	9,49	1,57	0,156	2170	140	8,09	163	22,0	2,22	2320	8,18	113	1,84	126	26	32	50	60	140
12	12	39,5	31,0	9,59	1,65	0,154	2570	167	8,06	191	26,0	2,20	2630	8,15	133	1,83	124	26	32	50	60	140
14	14	45,8	36,0	9,68	1,74	0,152	2960	193	8,03	218	30,0	2,18	3020	8,12	152	1,82	120	26	32	50	60	140
16	16	52,0	40,8	9,77	1,82	0,150	3330	219	8,01	243	33,8	2,16	3400	8,09	172	1,82	118	26	32	50	60	140
100·150·10	10	24,2	19,0	4,80	2,34	0,442	552	54,1	4,78	198	25,8	2,86	637	5,13	112	2,15	29,8	26	26	55	55	55
12	12	28,7	22,6	4,89	2,42	0,439	650	64,2	4,76	232	30,6	2,84	749	5,10	132	2,15	28,0	26	26	55	55	55
14	14	33,2	26,1	4,97	2,50	0,435	744	74,1	4,73	264	35,2	2,82	856	5,07	152	2,14	26,2	26	26	55	55	55
100·200·10	10	29,2	23,0	6,93	2,01	0,266	1220	93,2	6,46	210	26,3	2,68	1300	6,66	133	2,14	77,4	26	32	55	60	90
12	12	34,8	27,3	7,03	2,10	0,264	1440	111	6,43	247	31,3	2,67	1530	6,63	158	2,13	75,2	26	32	55	60	90
14	14	40,3	31,6	7,12	2,18	0,262	1650	128	6,41	282	36,1	2,65	1760	6,60	181	2,12	73,0	26	32	55	60	90
16	16	45,7	35,9	7,20	2,26	0,259	1860	145	6,38	316	40,8	2,63	1970	6,57	204	2,11	71,0	26	32	55	60	90

Net-Teilung für ungleichenkligen L-Stahl: DIN 998, Blatt 1 und 2. (April 1927)

\*) Für Wagenbau. Nicht genormt. Einklammernde Größen möglichst vermeiden.



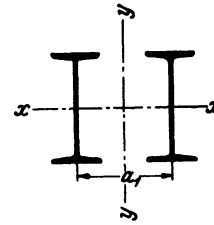
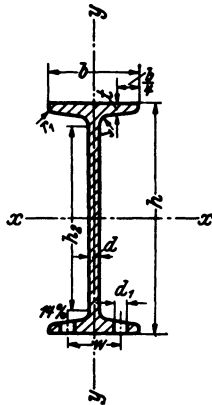
**Tafel 5/35. C-Stahl**  
 Regellängen = 4 bis 15 m  
 Neigung der inneren Flanschenflächen  
 8% für C-Stahl ≤ C 30  
 5% für C-Stahl > C 30  
 mit Ausnahme für C 38 (Neigung 2°)  
 $a_1$  = Stegabstand zweier C-Profile,  
 für den die beiden Hauptträgheitsmomente gleich groß und  
 gleich  $2 J_x$  werden.  
 $e$  = Abstand der Schwerachse  $y-y$   
 Profilwert  $k_i = F^2/J \approx 7$



Bezeichnung	Abmessungen mm						F cm²	G kg/m	Für die Biegeachse						e cm	a₁ mm	Für die Flanschenlöcher n. DIN 997 (Apr. 1927)		Bezeichnung	
	h	b	d	t=r	r₁	h₂			x-x			y-y					d₁ mm	w mm		
									J <sub>x</sub> cm⁴	W <sub>x</sub> cm³	i <sub>x</sub> cm	J <sub>y</sub> cm⁴	W <sub>y</sub> cm³	i <sub>y</sub> cm						
C	C-Stahl nach DIN 1026, Blatt 1 (Juli 1940*)																			C
(3)	30	33	5	7	3,5	—	5,44	4,27	6,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	1,31	—	—	—	(3)	
4	40	35	5	7	3,5	—	6,21	4,87	14,1	7,05	1,50	6,68	3,08	1,04	1,33	—	11	20	4	
5	50	38	5	7	3,5	—	7,12	5,59	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	1,37	4	11	20	5	
6½	65	42	5,5	7,5	4	—	9,03	7,09	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	1,42	16	11	25	6½	
8	80	45	6	8	4	45	11,0	8,64	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	1,45	28	14	25	8	
10	100	50	6	8,5	4,5	65	13,5	10,6	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	1,55	42	14	30	10	
12	120	55	7	9	4,5	80	17,0	13,4	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	1,60	56	17	30	12	
14	140	60	7	10	5	100	20,4	16,0	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	1,75	70	17	35	14	
16	160	65	7,5	10,5	5,5	110	24,0	18,8	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	1,84	82	20	36	16	
18	180	70	8	11	5,5	130	28,0	22,0	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	1,92	96	20	40	18	
20	200	75	8,5	11,5	6	150	32,2	25,3	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	2,01	108	23	40	20	
22	220	80	9	12,5	6,5	160	37,4	29,4	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	2,14	122	23	45	22	
24	240	85	9,5	13	6,5	180	42,3	33,2	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	2,23	134	26	45	24	
26	260	90	10	14	7	200	48,3	37,9	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	2,36	146	26	50	26	
(28)	280	95	10	15	7,5	220	53,3	41,8	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	2,53	160	26	50	(28)	
30	300	100	10	16	8	230	58,8	46,2	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	2,70	174	26	55	30	
(32)	320	100	14	17,5	8,75	240	75,8	59,5	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	2,60	182	26	55	(32)	
35	350	100	14	16	8	280	77,3	60,6	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	2,40	204	26	55	35	
(38)	381	102	13,34	16	11,2	310	79,7	62,6	15730	826	14,1	613	78,4	2,78	2,35	230	26	55	(38)	
40	400	110	14	18	9	320	91,5	71,8	20350	1020	14,9	846	102	3,04	2,65	240	26	60	40	
C	C-Stahl für den Stahlfachwerkbau, nach DIN 1026, Blatt 1 (Juli 1940*)																			C
F 14	140	40	4	6	3	110	9,9	7,78	285	40,6	5,36	12,5	4,21	1,12	1,02	—	11	22	F 14	
CW	C-Stahl für den Wagenbau, nach DIN 1026, Blatt 2 (Juli 1940*)																			CW
76	76	55	10	11,15	5,6	—	17,6	13,8	142	37,3	2,84	45,1	12,7	1,60	1,95	8	—	—	76	
55	80	30	8	8	4	—	11,5	9,02	97	21,2	2,91	18,2	4,90	1,26	1,25	28	—	—	55	
(80 30)	80	50	8	8	4	—	11,5	9,02	97	21,2	2,91	18,2	4,90	1,26	1,25	28	—	—	(80 30)	
91,5	91,5	26,5	8,5	10,7	5,35	—	11,8	9,27	119	26,0	3,18	5,40	3,00	0,68	0,85	45	—	—	91,5	
26,5	105	65	8	8	4	70	17,3	13,6	287	54,7	4,07	61,2	13,2	1,88	1,88	36	—	—	26,5	
105	65	8	8	4	110	19,8	15,6	585	80,7	5,43	53,6	11,9	1,65	1,50	74	—	—	105		
65	145	60	8	8	4	110	19,8	15,6	585	80,7	5,43	53,6	11,9	1,65	1,50	74	—	—	65	
145	60	8	8	4	110	19,8	15,6	585	80,7	5,43	53,6	11,9	1,65	1,50	74	—	—	145		
60	235	90	10	12	6	180	42,4	33,3	3430	292	9,00	272	40,5	2,53	2,28	128	—	—	60	
235	90	10	12	6	180	42,4	33,3	3430	292	9,00	272	40,5	2,53	2,28	128	—	—	235		
90	300	75	10	10	5	240	42,8	33,6	4930	328	10,7	145	24,2	1,84	1,50	182	—	—	90	
300	75	10	10	5	240	42,8	33,6	4930	328	10,7	145	24,2	1,84	1,50	182	—	—	300		
75	(300)	300	78	10	13	6,5	240	47,6	37,4	5860	393	11,1	209	34,7	2,10	1,80	182	—	—	75
(300)	(78)	300	78	10	13	6,5	240	47,6	37,4	5860	393	11,1	209	34,7	2,10	1,80	182	—	—	(300)

Eingeklammerte Größen möglichst vermeiden.

**Tafel 5/36. I-Stahl**  
Regellängen = 4 bis 15 m



$a_1$  = Mittenabstand zweier I-Profile, für den die beiden Hauptträgheitsmomente gleich groß und gleich  $2J_x$  werden.

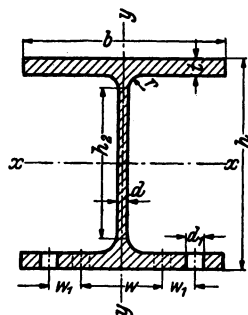
Profilwert  $k = F/i^2 \approx 10,0$ .

Bezeichnung	Abmessungen mm						F cm <sup>2</sup>	G kg/m	Für die Biegeachse						a <sub>1</sub> mm	Für die Flanschenlöcher n. DIN 996 (April 1927)		Bezeichnung
	h	b	d=r	t	r <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>			x-x			y-y				d <sub>1</sub> mm	w mm	
									J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm				
I	I-Stahl nach DIN 1025, Blatt 1 (Juli 1940*)																I	
(8)	80	42	3,9	5,9	2,3	60	7,58	5,95	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	62	—	22	(8)
(10)	100	50	4,5	6,8	2,7	75	10,6	8,32	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	78	—	26	10
12	120	58	5,1	7,7	3,1	90	14,2	11,2	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	94	—	30	12
14	140	66	5,7	8,6	3,4	100	18,3	14,4	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	108	11	34	14
16	160	74	6,3	9,5	3,8	120	22,8	17,9	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	124	14	38	16
18	180	82	6,9	10,4	4,1	140	27,9	21,9	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	140	14	44	18
20	200	90	7,5	11,3	4,5	160	33,5	26,3	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	156	17	46	20
22	220	98	8,1	12,2	4,9	170	39,6	31,1	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	172	17	52	22
24	240	106	8,7	13,1	5,2	190	46,1	36,2	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	188	17	56	24
26	260	113	9,4	14,1	5,6	200	53,4	41,9	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	202	20	58	26
(28)	280	119	10,1	15,2	6,1	220	61,1	48,0	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	218	20	62	(28)
30	300	125	10,8	16,2	6,5	240	69,1	54,2	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	234	20	64	30
(32)	320	131	11,5	17,3	6,9	250	77,8	61,1	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	248	20	70	(32)
34	340	137	12,2	18,3	7,3	270	86,8	68,1	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	264	20	74	34
36	360	143	13,0	19,5	7,8	290	97,1	76,2	19610	1090	14,2	818	114	2,90	278	23	74	36
(38)	380	149	13,7	20,5	8,2	300	107	84,0	24010	1260	15,0	975	131	3,02	294	23	80	(38)
40	400	155	14,4	21,6	8,6	320	118	92,6	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	308	23	84	40
42½	425	163	15,3	23,0	9,2	340	132	104	36970	1740	16,7	1440	176	3,30	328	26	86	42½
45	450	170	16,2	24,3	9,7	360	147	115	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	348	26	92	45
47½	475	178	17,1	25,6	10,3	380	163	128	56480	2380	18,6	2090	235	3,60	366	26	96	47½
50	500	185	18,0	27,0	10,8	400	180	141	68740	2750	19,6	2480	268	3,72	384	26	100	50
55	550	200	19,0	30,0	11,9	440	213	167	99180	3610	21,6	3490	349	4,02	424	26	110	55
60	600	215	21,6	32,4	13,0	480	254	199	139000	4630	23,4	4670	434	4,30	460	26	120	60
I	I-Stahl für Stahlfachwerkbau nach DIN 1025, Blatt 1																I	
F 14	140	60	4	5,5	2,4	110	11,7	9,16	365	52,2	5,59	15,6	5,21	1,15	110	11	30	F 14

Eingeklammerte Größen möglichst vermeiden.

Tafel 5/37. Breit- und parallelflanschiger I-Stahl  
(P-Träger)

Regellängen = 4 bis 15 m  
(lieferbar bis 25 m und mehr nach Vereinbarung)



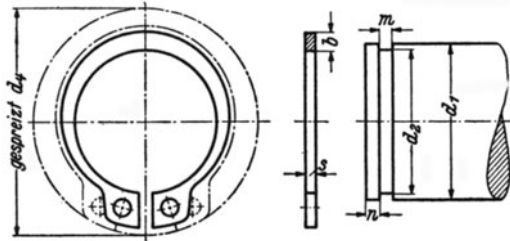
$b = h$  für Profil  $\leq$  I P 30  
 $b = 300$  mm für Profil  $\geq$  I P 30

Bezeichnung	Abmessungen mm						F cm <sup>3</sup>	G kg/m	Für die Biegeachse						Für die Flanschenlöcher nach DIN 996 (April 1927)			Bezeichnung
	h	b	d	t	r	h <sub>2</sub>			x-x			y-y			d <sub>1</sub> mm	w mm	w <sub>1</sub> mm	
									J <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	J <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm				
I P	Breit- und parallelflanschiger I-Stahl nach DIN 1025, Blatt 2 (Juli 1940*)																I P	
(10)	100	100	6,5	10	10	60	26,1	20,5	447	89,3	4,14	167	33,4	2,53	17	54	—	(10)
12	120	120	8	11	11	76	34,6	27,2	852	142	4,96	276	46,0	2,82	17	64	—	12
14	140	140	8	12	12	85	44,1	34,6	1520	217	5,87	550	78,6	3,53	20	80	—	14
18	180	180	9	14	14	120	65,8	51,6	3830	426	7,63	1360	151	4,55	26	100	—	18
20	200	200	10	16	15	140	82,7	64,9	5950	595	8,48	2140	214	5,08	26	110	—	20
22	220	220	10	16	15	160	91,1	71,5	8050	732	9,37	2840	258	5,59	26	120	—	22
24	240	240	11	18	17	170	111	87,4	11690	974	10,3	4150	346	6,11	26	90	35	24
26	260	260	11	18	17	190	121	94,8	15050	1160	11,2	5280	406	6,61	26	100	40	26
28	280	280	12	20	18	200	144	113	20720	1480	12,0	7320	523	7,14	26	110	45	28
30	300	300	12	20	18	220	154	121	25760	1720	12,9	9010	600	7,65	26	120	50	30
32	320	300	13	22	20	230	171	135	32250	2020	13,7	9910	661	7,60	26	120	50	32
34	340	300	13	22	20	250	174	137	36940	2170	14,5	9910	661	7,55	26	120	50	34
36	360	300	14	24	21	270	192	150	45120	2510	15,3	10810	721	7,51	26	120	50	36
38	380	300	14	24	21	290	194	153	50950	2680	16,2	10810	721	7,46	26	120	50	38
40	400	300	14	26	21	300	209	164	60640	3030	17,0	11710	781	7,49	26	120	50	40
(42½)	425	300	14	26	21	330	212	166	69480	3270	18,1	11710	781	7,43	26	120	50	(42½)
45	450	300	15	28	23	350	232	182	84220	3740	19,0	12620	841	7,38	26	120	50	45
(47½)	475	300	15	28	23	370	235	185	95120	4010	20,1	12620	841	7,32	26	120	50	(47½)
50	500	300	16	30	24	390	255	200	113200	4530	21,0	13530	902	7,28	26	120	50	50
55	550	300	16	30	24	440	263	207	140300	5100	23,1	13530	902	7,17	26	120	50	55
60	600	300	17	32	26	480	289	227	180800	6030	25,0	14440	962	7,07	26	120	50	60
65	650	300	17	32	26	530	297	234	216800	6670	27,0	14440	962	6,97	26	120	50	65
70	700	300	18	34	27	580	324	254	270300	7720	28,9	15350	1020	6,88	26	120	50	70
(75)	750	300	18	34	27	630	333	231	316300	8430	30,8	15350	1020	6,79	26	120	50	(75)
80	800	300	18	34	27	680	342	268	366400	9160	32,7	15350	1020	6,70	26	120	50	80
90	900	300	19	36	30	770	381	299	506000	11250	36,4	16270	1080	6,53	26	120	50	90
(95)	950	300	19	36	30	820	391	307	573000	12060	38,3	16270	1080	6,45	26	120	50	(95)
100	1000	300	19	36	30	870	400	314	644700	12900	40,1	16280	1080	6,37	26	120	50	100

Eingeklammerte Größen möglichst vermeiden.



Tafel 5/38. Sicherungsringe<sup>1</sup> für Wellen nach DIN 471 (Jan. 1952), Maße (mm).



Bezeichnungsbeispiel: Sg-Ring 40×1,75 DIN 471.

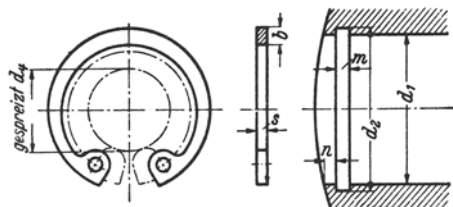
Werkstoff: Federstahl.

Ausführung: gestanzt, entgratet, gehärtet, angelassen und gerichtet.

Wellen- durch- messer $d_1$	Dicke $s$ h 11	$b$ ≈	$d_2$	$d_4$ ge- spreizt	$m$ H 13	$n$ Kleinst- maß	Wellen- durch- messer $d_1$	Dicke $s$ h 11	$b$ ≈	$d_2$	$d_4$ ge- spreizt	$m$ H 13	$n$ Kleinst- maß
4	0,4	0,7	3,8	8	0,5		65						
5	0,6	1,1	4,8	10	0,7		68						
6	0,7	1,3	5,7	12	0,8	1	70	2,5	6,4	62	81	2,65	2,5
7		1,3	6,7	14			75		7	65	84		
8	0,8	1,5	7,6	15	0,9		80		7,4	67	86		
9		1,7	8,6	16			85		8	72	92		
10		1,8	9,6	17			90	3	8	76,5	97		
11		1,9	10,5	18			95		8,6	81,5	103	3,15	3
12			11,5	19			100		9	86,5	108		
13	1		12,4	20	1,1		105			91,5	114		
14			13,4	22			110			96,5	119		
15		2,2	14,3	23			115		9,5	101	125		
16			15,2	24			120			106	131		
17			16,2	25			125		10,3	111	137		
18			17	26			130			116	143		
19			18	27			135			121	148		
20		2,7	19	28		1,5	140			126	154		
21			20	30			145		11	131	159		
22	1,2		21	31	1,3		150			136	164		
24			22,9	33			155		11,6	141	170		
25			23,9	34			160	4	12,2	145	175	4,15	4
26		3,1	24,9	35			165			150	181		
28			26,6	38			170		12,9	155	186		
30			28,6	40			175			160	192		
32	1,5	3,5	30,3	43	1,6		180			165	197		
34			32,3	45			185		13,5	170	202		
35		4	33	46			190			175	208		
36			34	47			195			180	213		
38			36	50			200			185	219		
40		4,5	37,5	53			210			190	224		
42			39,5	55	1,85	2	220		14	195	229		
45			42,5	58			230			204	239		
48		4,8	45,5	62			240			214	249		
50			47	64			250			224	259		
52		5	49	66			260	5		234	269		
55			52	70			270			244	279	5,15	7
58	2		55	73	2,15	2	280			252	293		
60		5,5	57	75			290		16	262	303		
62			59	77			300			272	313		
										282	323		
										292	333		

<sup>1</sup> Nach Schutzrechten der Firma Seeger & Co., Frankfurt/Main.

Tafel 5/39. Sicherungsringe<sup>1</sup> für Bohrungen nach DIN 472 (Jan. 1952), Maße (mm).



Bezeichnungsbeispiel: Sg-Ring 50×2 DIN 472.

Werkstoff: Federstahl.

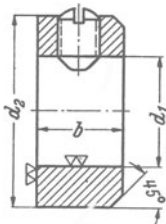
Ausführung: gestanz, entgratet, gehärtet, angelassen und gerichtet.

Wellen- durch- messer <i>d<sub>1</sub></i>	Dicke <i>s</i> h 11	<i>b</i> ≈	<i>d<sub>2</sub></i>	<i>d<sub>4</sub></i> ge- spreizt	<i>m</i> H 13	<i>n</i> Kleinst- maß	Wellen- durch- messer <i>d<sub>1</sub></i>	Dicke <i>s</i> h 11	<i>b</i> ≈	<i>d<sub>2</sub></i>	<i>d<sub>4</sub></i> ge- spreizt	<i>m</i> H 13	<i>n</i> Kleinst- maß
10	1	1,6	10,4	3	1,1	1,5	72	2,5	6,6	75	57	2,65	2,5
11			11,4	4			75			60			
12			12,5	5			78			62			
13		2	2	13,6			6	80	7	83,5	64		
14				14,6			7	85		88,5	69		
15				15,7			8	90		93,5	73		
16				16,8			8	95		98,5	77		
17				17,8			9	100		103,5	82		
18				19			10	105		109	86		
19		2,5	2,5	20			11	110	8,9	114	89		
20				21			12	115		119	94		
21				22			12	120		124	98		
22				23			13	125		129	103		
24				25,2			15	130		134	108		
25				26,2			16	135		139	113		
26		1,2	3	27,2			16	140	10,8	144	118		
28				29,4			18	145		149	123		
30				31,4			20	150		155	126		
32	33,7			21	155	160	130						
34	35,7			23	160	165	134						
35	37			24	165	170	139						
36	1,5	3,5	38	25	170	12	175	145					
37			39	26	175		180	149					
38			40	27	180		185	153					
40			42,5	28	185		190	157					
42			44,5	30	190		195	162					
45			47,5	33	195		200	167					
47	1,75	4,5	49,5	34	200	11,5	205	171					
48			50,5	35	210		210	175					
50			53	37	220		216	181					
52			55	39	230		226	191					
55			58	41	240		236	201					
58			61	44	250		246	211					
60	2	5,1	63	46	260	12,5	256	221					
62			65	48	270		268	227					
65			68	50	280		278	237					
68			71	53	290		288	247					
70			73	55	300		298	257					
								308	267				

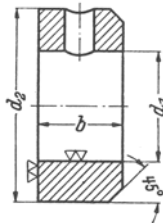
<sup>1</sup> Nach Schutzrechten der Firma Seeger & Co. Frankfurt/Main.

*Leichte Reihe*: Nach DIN 705 (Jan. 1949).

A. Befestigung durch Gewindestifte

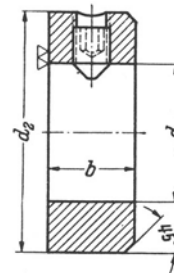


B. Befestigung durch Stifte



*Schwere Reihe*: Nach DIN 703 (Jan. 1952)

Befestigung durch Gewindestifte



Bohrung <i>d</i> <sub>1</sub>	<i>b</i>		Für Form A Gewindestift DIN 553	Zu Form B passender		Bohrung <i>d</i> <sub>1</sub>	<i>b</i>		Für Form A Gewindestift DIN 553	Zu Form B passender		Bohrung <i>d</i> <sub>1</sub>	<i>b</i>		Gewindestift DIN 914
	H 9	j 14		h 13	Kegel-Kerbstift DIN 1471		Kegelstift DIN 1	H 9		j 14	h 13		Kegel-Kerbstift DIN 1471	Kegelstift DIN 1	
2	3,5	6	M 2 × 3	—	0,6 × 8	45	18	70	M 10 × 15	8 × 70	8 × 80	24			
2,5	4	7	M 2 × 3	—	0,8 × 10	48						25			
3	5	8	M 2 × 3	—	1 × 10	50						26			
3,5	5	8	M 2,6 × 4	—	1 × 10	52	18	80	M 10 × 15	10 × 80	10 × 90	28			
4	5	8	M 2,6 × 4	—	1 × 10	55						30			
4,5	6	10	M 3 × 4	1,5 × 10	1,5 × 12	56						32	22	63	M 10 × 15
5	6	10	M 3 × 4	1,5 × 10	1,5 × 12	58						34			
5,5	6	10	M 3 × 4	1,5 × 10	1,5 × 12	60						35			
6	8	12	M 4 × 6	1,5 × 12	1,5 × 14	63						36			
7	8	12	M 4 × 6	1,5 × 12	1,5 × 14	65	20	90	M 10 × 18	10 × 90	10 × 100	38			
8	8	16	M 4 × 6	2 × 16	2 × 20	68						40			
9	10	18	M 5 × 8	3 × 18	3 × 22	70						42			
10	10	18	M 5 × 8	3 × 18	3 × 22	72						45			
11	10	20	M 5 × 8	3 × 20	3 × 24	75						48			
12	12	22	M 6 × 8	4 × 22	4 × 26	80	22	110	M 12 × 20	10 × 110	10 × 120	50			
14	12	25	M 6 × 8	4 × 25	4 × 30	85						52			
15	12	25	M 6 × 8	4 × 25	4 × 30	90		1.5		13 × 125	13 × 140	55			
16	12	28	M 6 × 8	4 × 28	4 × 32	95						56			
18	14	32	M 6 × 8	5 × 32	5 × 36	100						58			
20	14	32	M 6 × 8	5 × 32	5 × 36	110	25	140	M 12 × 22	13 × 140	13 × 150	60			
22	14	36	M 6 × 10	5 × 36	5 × 40	120						63			
24	16	40	M 8 × 10	6 × 40	6 × 45	125						65			
25	16	40	M 8 × 10	6 × 40	6 × 45	130						68			
26	16	40	M 8 × 10	6 × 40	6 × 45	140	28	180	M 16 × 28	16 × 180	16 × 200	70			
28	16	45	M 8 × 12	6 × 45	6 × 50	150						72			
30	16	45	M 8 × 12	6 × 45	6 × 50	160						75			
32	16	50	M 8 × 12	8 × 50	8 × 55	170						80			
34	16	50	M 8 × 12	8 × 50	8 × 55	180	32	200	M 16 × 30	16 × 200	16 × 230	85			
35	16	50	M 8 × 12	8 × 50	8 × 55	190						90			
36	16	56	M 8 × 12	8 × 56	8 × 60	200						95			
38	18	63	M 10 × 15	8 × 63	8 × 70							100			
40	18	63	M 10 × 15	8 × 63	8 × 70							110			
42	18	63	M 10 × 15	8 × 63	8 × 70							120			
												125			
												130	36	180	M 16 × 30
												140	38	200	M 20 × 30
												150			

Fettgedruckte Größen bevorzugen.

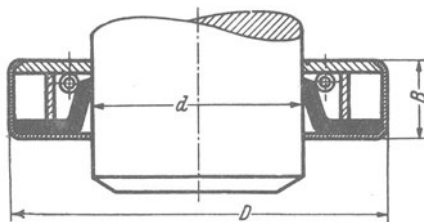
*Werkstoff*: Flußstahl nach Wahl des Herstellers.

*Leichte Reihe*: *d*<sub>1</sub> = 2 bis 70 mm ein Gewindestift.

*d*<sub>1</sub> = 72 bis 200 mm zwei Gewindestifte um 135° versetzt.

*Schwere Reihe*: *d*<sub>1</sub> = 24 bis 65 mm ein Gewindestift.

*d*<sub>1</sub> = 68 bis 150 mm zwei Gewindestifte um 135° versetzt.

Tafel 5/41. Dichtungsringe für Stangen und Wellen<sup>1</sup>.

Wellen- durch- messer <i>d</i>	Einbaumaße		Wellen- durch- messer <i>d</i>	Einbaumaße		Wellen- durch- messer <i>d</i>	Einbaumaße		Wellen- durch- messer <i>d</i>	Einbaumaße	
	Durch- messer <i>D</i>	<i>B</i>		Durch- messer <i>D</i>	<i>B</i>		Durch- messer <i>D</i>	<i>B</i>		Durch- messer <i>D</i>	<i>B</i>
6	22	8	26	46,5	10	33	52	12	40	62	12
6	28	8	26	47	10	33	56	12	40	63,5	10
8	22	8	26	48	11	33,5	52	12	40	65	12
8	28	8	26	50	12	34	46	9,5	40	68	12
10	30	9,5	27	41	10	34	49	9,5	40	72	12
12	25	8	27	47	10	34	50	12	40	72	14
12	30	9	27	52	12	34	52	11	41	55,5	9
12	32	10	27,5	50	12	34	52	13	41	58	9
12	35	10	27,5	52	12	35	47	7,5	41	63,5	10
13	28	8	28	40	10	35	49,5	9,5	41,5	62	12
14	28	7,5	28	43	9,5	35	50	8	41,5	63,5	10
14	30	10	28	47	12	35	52	8	42	56	9,5
14	32	10	28	50	12	35	53	8	42	58	9
15	30	10	28	52	12	35	53	10	42	60	10
15	35	10	28,5	43	9,5	35	56	10	42	62	11
15	40	10	28,5	46,5	11	35	61	12	42	65	12
16	28,5	9,5	28,5	50	12	35	62	12	42	66	13
16	30	10	28,5	64	14	35	72	12	42	70	12
16	32	10	29	43	9	35	56	13	42	72	12
16	40	10	29	46	11	36	58	13	42	80	12
17	35	10	29	46,5	11	36	62	12	42	80	15
17	40	10	29	64,5	14	36	71	12,5	43	60	10
18	35	10	30	46	8,5	36,5	60,5	12	43	65	12
19	35	10	30	47	10	36,5	62	12	44	60	11
19	40	10	30	48	10	37	52	9	44	62	11
19	35	11	30	49	9,5	37	54	9	44	65	11
20	35	10	30	50	12	37	62	12	44	73	12
20	40	10	30	52	13	37	80	13	45	60	8
20	47	11	30	54	11	37,5	55,5	9	45	62	12
22	40	11	30	56	12	38	52	8,5	45	65	12
23	42	10	30	62	12	38	54	9	45	66	13
23	43,5	11	31	47	8,5	38	56	12	45	68	12,5
23	47	11	31,5	50,5	12	38	60,5	12,5	45	72	12
24	41	11	32	47	8,5	38	62	12	45	73	12
25	42	10	32	49	9	38	63,5	13	46	65	12
25	43	9,5	32	50	12	38	80	13	46	72	12
25	45	10	32	52	12	39	68	12	47	63,5	8,5
25	47	11	32	56	12	39	71	13	47	65	12
25	50	11	32,5	62	12	39	72	12	47	70	12
25	52	11	33	49	9	39,5	62	12	47	62	12
25,5	46,5	11	33	49	9,5	40	55,5	9	47,5	76	12,5
26	41	10	33	49	10	40	60	10	48	65	9

Anmerkung: Die Wellendichtung hat im Außendurchmesser eine Preßsitz-Zugabe.

Bearbeitung der Lauffläche: Bei geringer Umfangsgeschwindigkeit bis etwa 4 m/s genügt ein Feinschliffen der Lauffläche. Bei Umfangsgeschwindigkeiten über 4 m/s ist die Lauffläche zu schleifen oder zu polieren.

<sup>1</sup> Maße der Goetze-Wellendichtungen, Goetze-Werk, Burscheid.