

3. Gütevorschriften und Anforderungen an Flußstahl.

a) Nach den Dinormen.

In den Dinormen sind bisher nur die unlegierten, für den Maschinenbau aber wichtigsten, weil am häufigsten benutzten Stahlsorten, genormt worden. In DIN 1600 wurde zunächst eine einheitliche Markenbezeichnung festgelegt, die sich aus Buchstaben und zwei Ziffergruppen zusammensetzt. Die Buchstaben dienen zur Unterscheidung der Hauptarten des technischen Eisens, indem St: Flußstahl, Stg: Stahlguß, Ge: Gußeisen, Te: Temperguß kennzeichnet. Die erste zweistellige Ziffergruppe gibt bei unlegiertem Stahl die Mindestzugfestigkeit in kg/mm^2 an. Bei Handelsgüte, bei der eine bestimmte Festigkeit nicht gewährleistet wird, lautet die erste Gruppe 00. Die zweite weist auf die Nummer des Dinormblattes hin, auf welchem der Stahl angegeben ist; man findet diese Nummer, wenn man vor die Zahlen der zweiten Gruppe 16 setzt. So kennzeichnet

St 34.13 (sprich: Stahl 34 — 13) einen Flußstahl von 34 kg/mm^2 Mindestzugfestigkeit nach DIN 1613, St 00.11 einen Flußstahl von Handelsgüte, ohne Angabe von mechanischen Eigenschaften, nach DIN 1611.

Bei legierten und Sonderstählen dient die erste Ziffergruppe zur näheren Bezeichnung der Art nach dem Kohlenstoffgehalt oder dem Legierungsbestandteil:

St C 35.61 ist ein Vergütungsstahl von 0,35% mittlerem Kohlenstoffgehalt nach DIN 1661.

Soll ausnahmsweise das Herstellverfahren angegeben werden, so geschieht das durch die folgenden, hinter die zweite Ziffergruppe zu setzenden Buchstaben:

B	Th	M	T	E
Bessemer-,	Thomas-,	Martin-,	Tiegel-,	Elektrostahl.

Bei Bestellungen wird vor die Markenbezeichnung die Benennung des Werkstoffes, dahinter die vollständige DIN-Nummer gesetzt: Nieteisen $22 \varnothing$ St 34.13 DIN 1613 ist Nieteisen nach DIN 1613 von 22 mm Durchmesser aus Flußstahl von 34 kg/mm^2 Mindestfestigkeit.

Rundeisen $30 \varnothing$ St 00.11 DIN 1611 ist Rundeisen nach DIN 1611 von 30 mm Durchmesser in Handelsgüte.

Vergütungsstahl St C 35.61 DIN 1661, ausgeglüht, ist ausgeglühter Vergütungsstahl nach DIN 1661 mit 0,35% mittlerem Kohlenstoffgehalt.

Einsatzstahl St C 16.61 E DIN 1661 ausgeglüht, ist ein im Elektroofen hergestellter Einsatzstahl nach DIN 1661 von 0,16% mittlerem Kohlenstoffgehalt.

Gütevorschriften sind bisher aufgestellt worden:

für geschmiedeten, unlegierten Stahl in DIN 1611,

für unlegierten Einsatz- und Vergütungsstahl in DIN 1661,

für Form-, Stab- und Breiteisen in DIN 1612,

für Schrauben- und Nieteisen in DIN 1613,

für Eisenblech in DIN 1620 und 1621.

Bei dem in der Regel im allgemeinen Maschinenbau verwandten geschmiedeten Stahl der DIN 1611 (Regelstahl) werden zwei Reinheitsgrade *A* und *B* unterschieden.

Im Falle *A* wird der Schwefel- und Phosphorgehalt zahlenmäßig nicht gewährleistet.

Im Falle *B* soll der Gehalt an Schwefel und Phosphor nicht mehr als je 0,06%, in Summe nicht mehr als 0,1% betragen. Hohe Ansprüche an Einsatz- und Vergütbarkeit können nicht gestellt werden.

Die Streckgrenze liegt durchschnittlich bei 0,55 K_z .

In Sonderfällen ist der Verwendungszweck anzugeben, z. B. Einsatzstahl, Feuerstahl, Stahl für eine größere Turbinenscheibe.

Bei höheren Ansprüchen in bezug auf die Verbesserungen, die sich durch Einsetzen und Vergüten des Stahles erreichen lassen, wie sie an hoch beanspruchte Zapfen, Wellen, Steuerungsteile, Gleitstücke, Rollen, Zahnräder usw. gestellt werden, verwendet man die im folgenden angeführten Stahlsorten. Je geringer der Kohlenstoffgehalt des Einsatz-

Zusammenstellung 21. **Geschmiedeter Stahl, unlegiert (Regelstahl), nach DIN 1611**
(vgl. auch DIN 1906), Auszug.

Reinheitsgrad A.

Die mechanischen Eigenschaften gelten für den Anlieferungszustand des gut durchgeschmiedeten oder gut durchgewalzten Werkstoffes und in der Faserrichtung.

Markenbezeichnung	Zugversuch nach DIN 1605			Kohlenstoffgehalt ¹⁾ %	Eigenschaften	Verwendungsgebiete und Anwendungsbeispiele
	Zugfestigkeit K_z kg/mm ²	Bruchdehnung mindestens				
		am kurzen Normal-o. Proport.-Stab δ_5 %	am langen Normal-o. Proport.-Stab, δ_{10} %			
St 00.11	—	—	—	—	Ohne Angabe von mechanischen Eigenschaften. Weder kalt- noch rotbrüchig.	Für untergeordnete Zwecke Geländerstangen usw.
St 37.11	37 bis 45	25	20	—	Übliche Güte des Thomas- und Siemens-Martinstahls. Läßt sich nicht immer gut schweißen.	Stab- und Formeisen, roh bleibende Teile mit mäßigen Beanspruchungen, Eisenbauteile.

Reinheitsgrad B.

Die mechanischen Eigenschaften gelten in der Faserrichtung im ausgeglühten (normalisierten) Zustand, in dem der Stahl meist geliefert wird.

St 34.11	34 bis 42	30	25	~ 0,12	Einsetzbar, feuerschweißbar.	Teile mit großer Zähigkeit, Schrauben, Schrumpfringe usw. Leicht bearbeitbar. Für einzusetzende Teile, wenn nicht sehr hohe Anforderungen gestellt werden.
St 42.11	42 bis 50	24	20	~ 0,25	Noch einsetzbar, wenn Kern bereits hart sein darf. Schwer feuerschweißbar.	Treibstangen, Kurbeln, mäßig beanspruchte Wellen und Achsen, Preßstücke, gering beanspruchte Stirnräder.
St 50.11	50 bis 60	22	18	~ 0,35	Nicht für Einsatzhärtung bestimmt. Kaum feuerschweißbar. Wenig härtbar.	Höher beanspruchte Triebwerkteile, Wellen, gekröpfte Wellen, Kolben- und Schieberstangen, Bolzen, mäßig beanspruchte Zahnräder.
St 60.11	60 bis 70	17	14	~ 0,45	Härtbar, vergütbar	Hoch beanspruchte Triebwerkteile, Teile mit hohem Flächendruck, Paßstifte, Keile, Ritzel, Schnecken, Preßspindeln usw. Bearbeitung teuer.
St 70.11	70 bis 85	12	10	~ 0,60	Hoch härtbar, vergütbar	Naturharte Teile: ungehärtete Steuerteile, harte Walzen, Gesenke, Ziehringe, Preßdorne. Für höchst und nicht wechselnd beanspruchte Teile. Bearbeitung teuer.

¹⁾ Für die Abnahme nicht bindend.

stahls ist, um so höhere Dehnung behält der Kern nach dem Abschrecken, um so höher ist aber im allgemeinen auch der Preis. Teile von mehr als 40 mm Stärke lassen sich wegen der großen Gefügeumwandlungsgeschwindigkeiten nicht mehr bis in den Kern durchhärten und daher auch nicht gleichmäßig durchvergüten. Bei dickeren Stücken sind hohe Vergütungswerte nur mit legierten Stählen mit geringen Umwandlungsgeschwindigkeiten zu erreichen.

Zusammenstellung 22. **Geschmiedeter Stahl, unlegiert, Einsatz- und Vergütungsstahl nach DIN 1661** (vergl. auch DIN 1606). (Auszug).

Reinheitsgrad: Schwefel- und Phosphorgehalt nicht größer als je 0,04⁰/₀, zusammen jedoch nicht größer als 0,07⁰/₀. Die mechanischen Eigenschaften gelten in der Faserrichtung.

Einsatzstahl.

Nach dem Einsetzen hat der Werkstoff höhere Festigkeit, auch im Kern.

Markenbezeichnung	Zustand	Zugversuch nach DIN 1605				Kohlenstoffgehalt	Mangan-gehalt höchstens	Silizium-gehalt höchstens
		Zugfestigkeit K_z	Bruchdehnung, mindestens		Streckgrenze mindestens σ_s			
			am kurzen Normal-o. Proport.-Stab δ_5	am langen Normal-o. Proport.-Stab δ_{10}				
kg/mm ²	%	%	kg/mm ²	%	%	%		
St C 10.61	ausgeglüht	i. M. 38	30	25	21	0,06 bis 0,13	0,5	0,35
St C 16.61	„	i. M. 42	28	23	23	0,13 bis 0,20	0,4	0,35

Vergütungsstahl.

Die im folgenden unter „vergütet“ aufgeführten Werte der mechanischen Eigenschaften liefern einen Maßstab für die Vergütungsfähigkeit des Stahles. Sie werden durch Abschrecken aus 30 bis 50° C oberhalb des oberen Umwandlungspunktes mit darauffolgendem Anlassen auf 600° C erreicht. Gewöhnlich wird weniger hoch angelassen; die Werte der Streckgrenze und Zugfestigkeit liegen dann höher, vgl. z. B. Abb. 85.

St C 25.61	ausgeglüht	42 bis 50	27	22	24	~ 0,25		
	vergütet	47 bis 55	24	20	28			
St C 35.61	ausgeglüht	50 bis 60	23	19	28	~ 0,35		
	vergütet	55 bis 65	22	18	33			
St C 45.61	ausgeglüht	60 bis 70	19	16	34	~ 0,45	0,8	0,35
	vergütet	65 bis 75	18	15	39			
St C 60.61	ausgeglüht	70 bis 85	15	13	40	~ 0,60		
	vergütet	75 bis 90	14	12	45			

Unter „Ausglühen“ (Normalisieren) ist ein gleichmäßiges Erhitzen auf eine Temperatur dicht oberhalb des oberen Umwandlungspunktes, Abb. 84, mit darauffolgendem Erkalten in ruhiger Luft zu verstehen.

Zusammenstellung 23. **Anforderungen an Form- Stab-, und Breitereisen nach DIN 1612.** (Auszug.)

Markenbezeichnung	Güte	Zugversuch nach DIN 1605							Faltversuch nach DIN 1605	Bemerkungen
		Zugfestigkeit K_z	Bruchdehnung mindestens %						Lichte Weite der Schleife bei 180°	
			am Kurzstab δ_k			am Langstab δ_l				
kg/mm ²	30 ¹⁾ bis 8	unter 8 bis 7	unter 7 bis 5	30 ²⁾ bis 8	unter 8 bis 7	unter 7 bis 5				
St 37.12	Normalgüte	37 bis 45	25	22	18	20	18	15	0,5a	Gut feuer-schweiß-bar
St 34.12	Sondergüte	34 bis 42	30	26	22	25	22	18	Die Probe muß sich, ohne Anrisse auf der Zugseite zu zeigen, kalt zusammenschlagen lassen, bis die Schenkel flach aneinanderliegen	
St 42.12	Sondergüte	42 bis 50	24	22	18	20	18	15	2a	
St 44.12	Sondergüte	44 bis 52	24	22	18	20	18	15	3a	
St 00.12	Handelsgüte	Der Stahl darf weder kalt- noch rotbrüchig sein, d. h. die Proben müssen sich im kalten und warmen Zustande bis zum rechten Winkel biegen lassen bei einer Ausrundung, deren Halbmesser gleich der doppelten Probendicke ist.								

¹⁾ Die in dieser Spalte angegebenen Werte gelten allgemein auch für δ_5 am kurzen Proportionalstab nach DIN 1605. Bei dem im Auslande zum Teil üblichen kleineren Meßlängenverhältnis werden die Dehnungswerte entsprechend höher.

²⁾ Die in dieser Spalte angegebenen Werte gelten allgemein auch für δ_{10} am langen Proportionalstab nach DIN 1605.

Für den Werkstoff zu Kupplungsteilen an Eisenbahnfahrzeugen werden die Eigenschaften des *St* 44.12, jedoch 45—52 kg/mm² Zugfestigkeit verlangt.

Form-, Stab- und Breiteisen werden im allgemeinen a) in Handelsgüte, ohne Gewähr für bestimmte mechanische Eigenschaften und b) in Normalgüte auf Lager gehalten. Außerdem sind in der DIN 1612 noch drei Sondergüten mit den in der Zusammenstellung 23 angegebenen Festigkeitszahlen aufgestellt worden.

Die Anforderungen an Schrauben- und Nieteisen sind durch DIN 1613 geregelt.

Zusammenstellung 24. Anforderungen an Schrauben- und Nieteisen nach DIN 1613. (Auszug).

Markenbezeichnung	Güte	Zugversuch nach DIN 1605						Faltversuch nach DIN 1605		Bemerkungen
		Zugfestigkeit K_z kg/mm ²	Bruchdehnung mindestens % am Kurzstab δ_k am Langstab δ_l Probendicke mm						Lichte Weite der Schleife bei 180° Biegewinkel, bezogen auf Probendicke a	
			8 und mehr ¹⁾	unter 8 bis 7	unter 7 bis 5	8 und mehr ²⁾	unter 8 bis 7	unter 7 bis 5		
<i>St</i> 38.13	Schraubeneisen	38 bis 45	25	22	18	20	18	15	0,5 a	—
<i>St</i> 34.13	Nieteisen, auch Sondergüte weiches Schraubeneisen	34 bis 42	30	26	22	25	22	18	Die Prob.muß sich, ohne Anrisse auf der Zugseite zu zeigen, kalt zusammenschlagen lassen, bis die Schenkel flach aneinanderliegen.	Stauchversuch. Ein Stück Nieteisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf $\frac{1}{3}$ seiner Länge zusammestauchen lassen, ohne Risse zu zeigen.

¹⁾ und ²⁾ siehe auf S. 82.

Über die Durchführung der Prüfung und der Abnahme, sowie über die zulässigen Abweichungen in bezug auf Maß und Gewicht vergleiche die Normblätter DIN 1612/13.

Die Bleche teilt man der Güte nach entsprechend DIN 1620/21 ein in:

A. Gewöhnliche Bleche, sogenannte Handelsware, wie sie z. B. für einfache Behälter in Frage kommen. Gütezahlen werden nicht gewährleistet. (*St* 00.21.)

B. Baubleche I und II. Von ihnen werden nach DIN 1621 die folgenden Werkstoffeigenschaften verlangt:

Markenbezeichnung	Benennung	Zugversuch nach DIN 1605			Faltversuch nach DIN 1605	
		Zugfestigkeit K_z kg/mm ²	Bruchdehnung am Langstab δ_l mindestens % Blechedicke mm		Lichte Weite der Schleife bei 180° Biegewinkel, bezogen auf Probendicke a , ohne daß auf der Zugseite Risse entstehen	
			5 bis 10	über 10		
<i>St</i> 37.21	Baubleche I	37 ¹⁾ bis 45	18	20	2 a	
<i>St</i> 42.21	Baubleche II	42 bis 50	16	20	2 a	

¹⁾ Für die Querrichtung ist 36 zugelassen.

C. Schiffsbleche.

D. Kesselbleche, für welche die anschließend erwähnten allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Land- und Schiffsdampfkessel gelten.

E. Sonderbleche mit abweichenden Bedingungen.

Über die äußere Beschaffenheit, Prüfungen und Abnahme der Bleche, über Maß- und Gewichtsabweichungen siehe DIN 1620/21, 1542/43.

b) Die allgemeinen polizeilichen Bestimmungen
über die Anlegung von Landdampfkesseln,

sowie diejenigen über Schiffsdampfkessel von 1908 mit Abänderungen vom 2. 3. 1912, vom 14. 12. 1913 und 15. 8. 1914 (neue Bestimmungen sind z. Z. in Bearbeitung) verlangen vom Nieteisen:

1. Zugfestigkeit $K_z = 3400\text{--}4100 \text{ kg/cm}^2$, bei einer Dehnung von mindestens $\delta = 25\%$ und einer Gütezahl von mindestens $\frac{K_z}{100} + \delta = 62$. Soweit Bleche von höherer Zugfestigkeit als 4100 kg/cm^2 verwendet werden, darf das Nietmaterial entsprechend bis zu 4700 kg/cm^2 Zugfestigkeit haben, wenn die Dehnung mindestens die gleiche wie in der folgenden Zahlentafel für Bleche ist. Für solches Nieteisen sind Prüfungsbescheinigungen beizubringen.

2. Im kalten Zustande soll das Nieteisen, ohne Risse zu zeigen, so gebogen werden können, daß der Abstand der parallel zusammengebogenen Schenkel voneinander nicht mehr als ein Fünftel des Nietdurchmessers beträgt.

3. Im warmen Zustande muß sich ein Stück Nieteisen, dessen Länge doppelt so groß ist als der Durchmesser, auf ein Drittel bis ein Viertel der Länge niederstauchen und dann lochen lassen, ohne aufzureißen.

4. Nach dem Härten soll sich das Nieteisen um einen Dorn, dessen Durchmesser gleich der zweifachen Dicke des Nieteisens ist, bis zu 180° biegen lassen.

An den Nietten selbst muß sich α) im warmen Zustande ein Nietschaft, dessen Länge doppelt so groß wie der Durchmesser ist, auf ein Drittel bis ein Viertel der Länge niederstauchen und dann lochen lassen, ohne aufzureißen.

β) Nach dem Härten soll sich ein Stück Nietschaft, dessen Länge doppelt so groß ist wie der Durchmesser, um zwei Fünftel seiner Länge zusammenstauchen lassen, ohne daß die Oberfläche reißt. Für Anker- und Stehbolzen gelten dieselben Bedingungen, wie für Nieteisen unter 1) erster Absatz und 4). Ausnahmsweise ist Baustoff bis 4700 kg/cm^2 Festigkeit zugelassen, wenn die Dehnung mindestens die gleiche wie in der Zahlentafel für Bleche ist.

An Kesselblechen darf

1. der verwandte Flußstahl keine geringere Zugfestigkeit als 3400 und in der Regel keine höhere als 5100 kg/cm^2 haben. In bezug auf die Mindestdehnung ist folgende Zahlentafel maßgebend:

Festigkeit kg/cm^2	5100—4600	4500	4400	4300	4200	4100—3700	3600	3500	3400
Geringste Dehnung $\%$	20	21	22	23	24	25	26	27	28

Bis auf weiteres kommen drei Blechsarten zur Anwendung, und zwar:

Blechsorte I mit $3400\text{--}4100 \text{ kg/cm}^2$ (Berechnungsfestigkeit 3600 kg/cm^2),

Blechsorte II mit $4000\text{--}4700 \text{ kg/cm}^2$ (Berechnungsfestigkeit 4000 kg/cm^2),

Blechsorte III mit $4400\text{--}5100 \text{ kg/cm}^2$ (Berechnungsfestigkeit 4400 kg/cm^2).

2. Für diejenigen Teile des Kessels, welche gebördelt werden, oder im ersten Feuerzug liegen, dürfen nur Bleche der Sorte I verwendet werden.

3. Für Teile, die nicht gebördelt werden oder nicht im ersten Feuerzuge liegen, können Bleche der II. und III. Sorte genommen werden.

4. Der Unterschied zwischen der Mindest- und Höchtfestigkeit darf bei einem einzigen Bleche sowie bei Blechen gleicher Art einer und derselben Lieferung bei Längen

bis 5 m höchstens 600 kg/cm^2 ,
über 5 m höchstens 700 kg/cm^2

betragen. Die Mindest- und Höchtfestigkeiten müssen aber innerhalb der festgesetzten Grenzen liegen.

5. Beim Hartbiegeversuch muß sich der Probestreifen bei Blechen mit einer Festigkeit bis zu 4100 kg/cm^2 einschließlich, in Längs- und Querfasern flach, von 4100 bis 4700 kg/cm^2 um einen Dorn mit einem Durchmesser von der zweifachen Blechdicke,

über 4700 kg/cm² um einen solchen von der dreifachen Blechdicke um 180° zusammenbiegen lassen.

Die Bestimmungen für Schiffsdampfkessel lassen in besonderen Fällen für Teile, welche gebördelt werden, oder im ersten Feuerzuge liegen, Bleche der Sorte II und ausnahmsweise für gebördelte Bleche, die nicht von den Heizgasen bestrichen werden, solche der Sorte III zu.

c) Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenbauwerken.

Für Eisenbauwerke ist durch die DIN 1000, aufgestellt vom Verband Deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, Verein Deutscher Ingenieure, Verein Deutscher Eisenhüttenleute und vom Deutschen Eisenbauverband, eine einheitliche Vorschrift geschaffen worden. Hervorgehoben seien die folgenden Punkte: die Bestimmungen gelten für Eisen von 4—28 mm Dicke; für andere Stärken sind besondere Vereinbarungen zu treffen. Das Flußeisen soll glatt gewalzt sein und keine Schiefer, Blasen oder Kantenrisse aufweisen. Die Proben sind kalt abzutrennen und möglichst unter Erhaltung der Walzhaut kalt zu bearbeiten; dabei ist die schädigende Wirkung etwaiger Scherenschnitte, des Auslochens oder Aushauens sorgfältig zu beseitigen. Ausglühen ist, wenn das Gebrauchsstück nicht ebenfalls ausgeglüht wird, zu unterlassen. Querproben werden nur an solchem Eisen gemacht, das auch quer beansprucht wird.

1. Zerreißproben.

Sie sollen in der Regel eine Meßlänge von 200 mm bei 3,0—5,0 cm² Querschnitt haben. Bei geringerem Querschnitt F_0 ist die Meßlänge l nach der Formel $l = 11,3 \cdot \sqrt{F_0}$ zu bestimmen. Über die Meßlänge hinaus müssen die Probestäbe nach beiden Seiten noch auf je 10 mm Länge den gleichen Querschnitt haben.

Zusammenstellung 25. Anforderungen an weichen Flußstahl nach den Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenbauwerken, DIN 1000.

Art des Baustoffes	Grenzwerte der Zugfestigkeit in kg/cm ²	Kleinste Dehnung in % der Meßlänge
von 7 bis 28 mm Dicke	Längsrichtung	20
	Querrichtung	17
von 4 bis unter 7 mm Dicke	Längsrichtung	18
	Querrichtung	15
für Nieteisen	3500—4200	24
für Schraubeneisen	3800—4500	20

2. Sonstige Proben.

a) An Flacheisen, Formeisen und Blechen.

a) Biegeproben. Zu ihnen sind Streifen von 30—50 mm Breite oder Rundeisenstäbe von einer der Verwendung entsprechenden Dicke zu benutzen, vorausgesetzt, daß diese Dicke nicht größer als 28 mm ist. Die Kanten der Streifen sind abzurunden.

I. Kaltbiegeprobe. Die Stücke sollen bei Zimmerwärme gebogen eine Schleife bilden, deren lichter Durchmesser bei Längsstreifen gleich der halben Dicke, bei Querstreifen gleich der Dicke des Versuchsstückes ist.

II. Härtebiegeprobe. Die Stücke sind hellrotwarm (700 bis 750° C) zu machen, in Wasser von etwa 28° C abzuschrecken und dann so zusammenzubiegen, daß sie eine Schleife bilden, deren lichter Durchmesser bei Längsstreifen gleich der einfachen, bei Querstreifen gleich der doppelten Dicke des Versuchsstückes ist.

Weder bei der Kalt- noch bei der Härtebiegeprobe dürfen an den Längsstreifen Risse entstehen; an Querstreifen sind unwesentliche Oberflächenrisse zulässig.

β) Rotbruchprobe. Ein im rotwarmen Zustande auf 6 mm Dicke und etwa 40 mm

Zusammenstellung 26. Festigkeitseigenschaften des Flußstahls großer Wellen, Krupp, Essen.

	Werkstoff	Festigkeit K_s kg/cm ²	Bruch- dehnung δ %	Proben-		Hauptabmessungen der Wellen			Gewicht kg	
				durch- messer mm	länge mm	Durchmesser mm	Kurbel- halbmess. mm	Gesamt- länge mm		
Wellenleitung für den Schnelldampfer Kaiser Wilhelm II.	Nickelstahl	6050	21				635 255	900	21950	114 000
1 sechsfache Kurbelwelle, aus 6 zusammengebauten, gekuppelten Kurbelwellenstücken bestehend	"	5560	21,5	25	200	976, 255	641	—	5906	18170
1 Druckwelle	Martin Stahl	5450	24			604	255	—	6274	66870
5 Laufwellen	Tiegelstahl	5210	22			651	260	—	12550	27160
1 Schraubenwelle										
Vierfache Kurbelwelle, aus 4 zusammengebauten Kurbelwellenteilen für den Schnelldampfer Deutschland	Nickelstahl	6350	22,3	20	200	640	255	925	18070	101500
Kurbelwelle für eine Gasgebläsemaschine	Martin Stahl	5300	25,3	12	120	550	140	760	11610	55090
Dreifache Kurbelwelle für eine Drillings-Walzenzug-Maschine	"	4800	24	20	200	525		650	7680	22250
Kurbelwelle mit 2 aufgezogenen Stahlfußkurbeln für eine Fördermaschine	"	5480	22,5	12	120	760, 600		1000	7660	34700
Dreifache Kurbelwelle } für eine Maschine in einer Dynamowelle } elektrischen Zentrale	"	4990	29,6	20	200	450, 630		650	8950	46 000
Blindwelle für eine elektrische Lokomotive	5% Nickelstahl	5200	25	20	200	550, 800		—	6295	
		6100	23,2	25	200	250	60	300	2260	1326

Breite abgeschmiedeter Probe-streifen soll mit einem sich verjüngenden Lochstempel, der 80 mm lang ist und 20 mm Durchmesser am dünnen, 30 mm am dicken Ende hat, im rotwarmen Zustande in der Mitte gelocht werden. Das Loch von 20 mm Durchmesser soll dann auf 30 mm erweitert werden, ohne daß hierbei ein Einriß im Probe-streifen entstehen darf.

b) An Blechen von weniger als 5 mm Stärke, Riffel- und Warzenblechen.

Diese Bleche sind nur der Kaltbiegeprobe zu unter-ziehen.

c) An Nieteisen.

α) Biegeprobe. Rundeisen-stäbe sind hellrotwarm (700 bis 750°C) in Wasser von etwa 28°C abzuschrecken und dann so zusammenzubiegen, daß sie eine Schleife bilden, deren Durchmesser an der Biege-stelle gleich der halben Dicke der Probe ist. Hierbei dürfen keine Risse entstehen.

β) Stauchprobe. Ein Stück Nieteisen, dessen Länge gleich dem doppelten Durchmesser ist, soll sich im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel seiner Länge zusammenstau-chen lassen, ohne Risse zu zeigen.

d) An Schraubeneseni.

Rundeisenstäbe sind hell-rotwarm (700 bis 750°C) in Wasser von etwa 28°C ab-zuschrecken und dann so zu-sammenzubiegen, daß sie eine Schleife bilden, deren Durch-messer an der Biegestelle gleich der Probendicke ist. Hierbei dürfen keine Risse entstehen.

3. Gewalzter oder geschmiedeter Stahl.

Der Stahl muß gleichmäßig und frei von Schlacken, Rissen, Blasen und sonstigen Fehlern sein.

Die Probestücke sind den ausgewalzten, bzw. geschmiedeten, mit entsprechenden Zugaben hergestellten Teilen zu entnehmen und dürfen erst nach der Abstempelung abgetrennt werden. Bei Schmiedestücken soll der Querschnitt, aus dem die Proben herausgearbeitet werden, nicht geringer als der Kleinstquerschnitt der zu prüfenden Stücke sein, damit Änderungen der Werkstoffeigenschaften infolge weiteren Reckens vermieden werden.

Zerreißproben sollen eine Festigkeit von 5000 bis 6000 kg/cm² bei einer Dehnung von mindestens 18⁰/₀ ergeben.

d) Eisenbahnachsen.

Nach den Vorschriften des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute haben Zugstäbe von 20 mm Durchmesser und 200 mm Meßlänge mindestens 5000 kg/cm² Zugfestigkeit aufzuweisen. Beim Schlagversuch unter einem Fallwerk haben Achsen die folgenden Bedingungen zu erfüllen: Bei 1,5 m Stützenentfernung und Schlägen von 3000 kgcm Arbeitsinhalt soll eine rohgeschmiedete Achse von 130 mm Durchmesser eine Durchbiegung von 200 mm ohne Rißbildung oder Bruch aushalten, gemessen gegenüber der Verbindungslinie zweier, ursprünglich 1,5 m voneinander entfernter Körner. Bei Achsen von anderem Durchmesser steht die Mindestdurchbiegung im umgekehrten Verhältnis zum Durchmesser. Flußstahl für Lokomotivradreifen muß wenigstens 6000 kg/cm², für Wagen- und Tenderreifen 5000 kg/cm² Festigkeit haben.

e) Anforderungen an Flußstahl für große Wellen.

Einige Beispiele für die Eigenschaften der Stahllarten, die Krupp für große Wellen verwendet, gibt die Zusammenstellung 26.

Für die Kurbelwellen von Kraftomnibussen verwendet die Daimler-Gesellschaft in Coventry nach Stahl und Eisen 1913, S. 1909: Nickelstahl von 5740 bis 6580 kg/cm² an der Fließgrenze und 8540 bis 9310 kg/cm² Bruchfestigkeit bei 16 bis 18⁰/₀ Dehnung oder Chromvanadiumstahl von 5740 bis 6580 kg/cm² an der Fließgrenze und 7750 bis 8540 kg/cm² Bruchfestigkeit bei 17 bis 18⁰/₀ Dehnung.

Die Wellen werden in Öl gehärtet und angelassen (vergütet).

f) Anforderungen an Draht.

Die Anforderungen an Draht sind entsprechend den Verwendungszwecken außerordentlich verschieden, so daß keine einheitlichen Bestimmungen bestehen.

Der Verein Deutscher Eisenhüttenleute verlangt für verzinkten, geglühten Telegraphendraht aus weichem Flußstahl eine Zugfestigkeit von mindestens 4000 kg/cm². Der Draht wird ferner dem Biege- und Verwindeversuch unterworfen, und zwar soll

Draht von	6	5	4	3	2,5	2	1,7	mm Durchmesser
beim Biegeversuch	6	7	8	8	10	14	16	Biegungen,
wenn die Spannbacken einen								
Abrundungshalbmesser von		10				5		mm haben
und beim Verwindeversuch								
bei einer freien Länge von 15 cm	16	19	23	28	30	32	38	Windungen aushalten.

An verzinktem Fernsprehdraht aus hartem Flußstahl wird eine Zugfestigkeit von 13000 bis 14000 kg/cm², eine Dehnung, gemessen an einer Länge von 500 mm, von 5⁰/₀, bei Drähten unter 2 mm Durchmesser von 4⁰/₀ gefordert. Für den Biegeversuch über Backen von 5 mm Halbmesser sind

bei	2,5	2,2	2	1,8	1,6	mm Durchmesser
	4	6	7	8	10	Biegungen vorgeschrieben.

Zusammenstellung 27. Sonderstähle.

Art	Hersteller	Streckgrenze σ_s kg/cm ²	Zugfestigkeit K_z kg/cm ²	Dehnung δ o/o	Einschnü- rung ψ o/o	Kerb- zähigkeit mkg/cm ²	Anwendungsgebiete und Bemerkungen
Tiegelstahl	Krupp " " " "	weich mittelhart hart sehr hart	2500 3000 3500 4000	4500 5500 6500 7500	22 20 18 14	16 12 8 4	Für Teile, die höheren Beanspruchungen ausgesetzt sind und sehr betriebssicher sein müssen oder die sehr reinen Baustoff erfordern. Für Teile, die starkem Verschleiß unterworfen sind, und in gehärtetem Stahl nicht ausgeführt werden können. Auch zur Einsatzhärtung geeignet. Schwere Schiffs- und Maschinenwellen, Lokomotivkurbelwellen usw. Schmiedestücke geringerer Abmessungen, bis etwa 100 mm Dicke. Lokomotivkurbelwellen u. dgl. } Schmiedestücke groß. Kraftwagenachsen für große Leistungen u. Geschwindigkeiten } Abmessung. Für mäßige Beanspruchung. Für mäßige Beanspruchung. Für hohe Beanspruchung, } Hinterachsen, wenn Wert auf besondere } Vorderachsensch., Zähigkeit des Kerns gelegt } Wechsellager im wird. } Kraftwagenbau.
		naturhart	5000	9000	8	—	
		weich mittelhart	3000 3500	4500 5000	22 20	30 über 40	
			3800 4200 4500	5500 5500 6000	18 18 18	20 30 25	
Nickelstahl	" " " "	weich mittelhart	4500	6000	18	25	Schmiedestücke geringerer Abmessungen, bis etwa 100 mm Dicke. Lokomotivkurbelwellen u. dgl. } Schmiedestücke groß. Kraftwagenachsen für große Leistungen u. Geschwindigkeiten } Abmessung. Für mäßige Beanspruchung. Für mäßige Beanspruchung. Für hohe Beanspruchung, } Hinterachsen, wenn Wert auf besondere } Vorderachsensch., Zähigkeit des Kerns gelegt } Wechsellager im wird. } Kraftwagenbau.
			4500 7000 6500	5500 8000 7500	18 14 16	25 16 25	
Chromnickelstahl	" " " "	weich mittelhart	1800 2000	3500 4000	25 22	25 16	Schmiedestücke geringerer Abmessungen, bis etwa 100 mm Dicke. Lokomotivkurbelwellen u. dgl. } Schmiedestücke groß. Kraftwagenachsen für große Leistungen u. Geschwindigkeiten } Abmessung. Für mäßige Beanspruchung. Für mäßige Beanspruchung. Für hohe Beanspruchung, } Hinterachsen, wenn Wert auf besondere } Vorderachsensch., Zähigkeit des Kerns gelegt } Wechsellager im wird. } Kraftwagenbau.
			2800 3000	4500 5000	22 22	25 16	
A 20 (Kohlenstoffstahl) A 40 E 1120 (Nickelstahl) E 1200 EF 350 Chromnickelstahl EF 580	" " " " " " " "	weich mittelhart	1800 2000	3500 4000	25 22	25 16	Schmiedestücke geringerer Abmessungen, bis etwa 100 mm Dicke. Lokomotivkurbelwellen u. dgl. } Schmiedestücke groß. Kraftwagenachsen für große Leistungen u. Geschwindigkeiten } Abmessung. Für mäßige Beanspruchung. Für mäßige Beanspruchung. Für hohe Beanspruchung, } Hinterachsen, wenn Wert auf besondere } Vorderachsensch., Zähigkeit des Kerns gelegt } Wechsellager im wird. } Kraftwagenbau.
			2800 3000	4500 5000	22 22	25 16	
Nickelstahl <i>NWW</i> Nickelchromstahl NC 1 NC 4	Bismarckhütte " " " " " "	ungehärtet gehärtet ungehärtet gehärtet ungehärtet gehärtet	~ 4000 7000—8000 ~ 5000 ~ 9000 5500—7000 12000—17500	5000—6000 10000—12000 6000—7000 11000—13000 7500—10000 15000—20000	24—18 15—8 25—20 12—8 40—30 18—10 10—5	60—50 55—50 60—65 40—30 40—50 40—30	Für Teile, die durch starke Stöße oder auf Verschleiß beansprucht sind (Zahnräder, Nocken, Rollen), ferner für hoch beanspruchte Wellen, Spindeln und Zapfen, die im Einsatz gehärtet werden. Für hoch beanspruchte Federn. Für Federn an Rennwagen. Die Faserspannung kann bis 14500 kg/cm ² gesteigert werden, ohne daß eine bleibende Durchbiegung eintritt. Für Teile mit starkem Verschleiß, ferner solche, die große Festigkeit bei hohen Wärmegraden haben müssen (Zylinder von Metallpressen).
			5200—5750 12000	8340—9560 14000	18—20 5	37—39	
			~ 15000 17500—18000	~ 15000 17500—18000	~ 7,5 3,5		
			7500	10000	8		
Spezialfederstahl B 76 M Spezialfederstahl F 64 D Spezialstahl F 86 O	Krupp " " " "	ungehärtet gehärtet ungehärtet gehärtet	5200—5750 12000	8340—9560 14000	18—20 5	37—39	Für hoch beanspruchte Federn. Für Federn an Rennwagen. Die Faserspannung kann bis 14500 kg/cm ² gesteigert werden, ohne daß eine bleibende Durchbiegung eintritt. Für Teile mit starkem Verschleiß, ferner solche, die große Festigkeit bei hohen Wärmegraden haben müssen (Zylinder von Metallpressen).

g) Sonderstähle, Eigenschaften und Anforderungen.

Die teuren, besonders sorgfältig im Tiegel- oder im elektrischen Ofen hergestellten Sonder- und legierten Stähle kommen für stark beanspruchte Teile, bei denen gleichzeitig hohe Betriebsicherheit verlangt wird, in Frage. Ein Hauptgebiet ihrer Anwendung sind Kraftwagen- und Leichtmotoren, an denen es gilt, mit möglichst geringen Gewichten auszukommen. Die Zusammenstellung 27 bringt einige Angaben zweier Werke über solche hochwertige Stähle in bezug auf ihre Verwendung und die Anforderungen, die an sie gestellt werden können. Wegen der Einzelheiten und der Behandlung der Stähle, die oft große Sorgfalt verlangt und bei der kleine Fehler den Baustoff verderben und wertlos machen können, muß auf die ausführlichen Drucksachen der Werke verwiesen werden. Es empfiehlt sich vielfach, die Teile fertig oder vorge-schmiedet vom Erzeuger zu beziehen. Legierungen mit Nickel und Chrom sind außerordentlich fest und dehnbar und zeichnen sich durch große Kerbzähigkeit aus. Naturharter Tiegelstahl ist für Teile geeignet, die starkem Verschleiß unterworfen sind, in gehärtetem Stahl jedoch nicht ausgeführt werden können. Wolfram und Vanadium kommen fast nur als Zusätze zu Werkzeugstählen (Schnellschnittstahl) in Frage.

Durch reichliche Zusätze von Nickel und andern Stoffen lassen sich Stähle mit besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften herstellen. So führt Krupp u. a. die folgenden an:

Stahl mit 25% Nickel rostet nicht und ist gegen Salzwasser und verdünnte Säuren sehr widerstandsfähig. Stahl mit 28% Nickel ist ebenfalls rostbeständig und besitzt dieselbe Wärmeausdehnung wie Gußeisen, so daß er in Verbindung mit diesem bei verschiedenen Wärmegraden benutzt werden kann, wenn Wert auf gleiche Maß- und Formänderungen, wie z. B. an Ventilsitzen gelegt wird. Stahl mit 36% Nickel, Marke Indilitans, hat eine außerordentlich geringe Wärmeausdehnungsziffer von nur 0,0000008 für 1° C.

Alle diese Nickelstähle zeigen etwa 3000 kg/cm² an der Streckgrenze, 6000 kg/cm² Zugfestigkeit und 25% Dehnung.

h) Hartstahl.

Hartstahl, geeignet für Teile, die starkem Verschleiß unterworfen sind, kann nur durch Gießen, Schmieden oder Schleifen in die beabsichtigte Form gebracht, dagegen nicht durch Werkzeuge bearbeitet werden. Bei hoher Zugfestigkeit, 8000 bis 10000 kg/cm² ist der Hartstahl noch sehr zäh und besitzt mehr als 25% Dehnung.

4. Verarbeitung und Verwendung des Flußstahls.

Über die Verarbeitung und Verwendung des Flußstahls sei, soweit sie nicht schon im vorangehenden behandelt worden ist, kurz folgendes hervorgehoben.

Schmieden und pressen läßt sich Stahl um so leichter, je geringer seine Naturhärte und je höher die Bearbeitungstemperatur ist, für welche allerdings die obere Grenze durch das Verbrennen des Stahles gegeben ist. Da dieses mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt früher eintritt, muß harter Stahl vorsichtiger und bei wesentlich geringeren Wärmegraden verarbeitet werden als weicher. Durch Schmieden und Pressen erhalten Schraubenschlüssel, Hebel, Haken, Kurbelgriffe, Drehbankherzen usw. unter Benutzung von Gesenken ihre fertige Form, Schubstangen, Kreuzköpfe, Achsen und Wellen, Kurbeln usw. ihre rohe Gestalt, die durch Bearbeiten auf den Werkzeugmaschinen in die endgültige gebracht wird.

Beim Schweißen unterscheidet man die Feuerschweißung, das ist die unmittelbare Vereinigung zweier Stücke unter dem Hammer oder der Presse im teigigen, weißglühenden Zustande und die elektrischen und autogenen Schmelzschweißverfahren, bei denen die Stoßstelle verschmolzen oder die Fuge durch Einschmelzen von Schweißdraht geschlossen wird. Das erste Verfahren ist nur auf weichen Flußstahl anwendbar und wird im Schmiedefeuer oder mittels der Wassergasflamme durchgeführt. Das zweite läßt sich