



Konstruktionswerkstoffe des Maschinen- und Anlagenbaues

Herausgegeben von

Prof. (em.) Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. h. Werner Schatt

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Elke Simmchen

Prof. Dr.-Ing. habil. Gustav Zouhar



WILEY-
VCH

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Aus technischen Gründen bleibt diese Seite leer

**Konstruktionswerkstoffe
des Maschinen- und
Anlagenbaues**

herausgegeben von
W. Schatt, E. Simmchen,
G. Zouhar

Aus technischen Gründen bleibt diese Seite leer

Konstruktionswerkstoffe des Maschinen- und Anlagenbaues

Herausgegeben von

Prof. (em.) Dr.-Ing. habil. Dr.-Ing. E. h. Werner Schatt

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Elke Simmchen

Prof. Dr.-Ing. habil. Gustav Zouhar



WILEY-
VCH

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 1998 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

ISBN 978-3-527-30955-9

Vorwort zur 5. Auflage

Der vorliegende Titel ist aus dem im gleichen Verlag in vier Auflagen erschienenen Fachbuch „Werkstoffe des Maschinen-, Anlagen- und Apparatebaues“ hervorgegangen. Sein ausgeprägt technischer Bezug machte – nicht zuletzt als ein Erfordernis der deutschen Einigung – eine grundlegende Überarbeitung notwendig, der auch ein geänderter Buchtitel voran gestellt wurde.

Ein Material wird erst dann zum Werkstoff, wenn sich mit ihm ein bestimmtes, gesellschaftlich relevantes Eigenschaftsbild verbindet. Folglich ist das praktische Interesse am Werkstoff damit begründet, daß er einem gewissen Spektrum von Anforderungen genügt und dazu beiträgt, die mit der Nutzung eines technischen Gebildes gekoppelten Einsatzprobleme zu lösen.

Mit dem jetzt gewählten Titel „Konstruktionswerkstoffe“ sind keine Definitionsabsichten verknüpft. Es wird lediglich auf einen tradierten Begriff zurückgegriffen, der in dem vorerwähnten Sinn – analog dem Fachbegriff „Funktionswerkstoffe“ – Gebrauch findet. Die heute statt seiner nicht selten zu hörende und dem anglo-amerikanischen Sprachraum als mechanische Übersetzung entlehene Bezeichnung „Strukturwerkstoffe“ erscheint bedeutungsunlogisch, da in der deutschen Fachsprache „Konstruktion“ und „Struktur“ nicht synonym und im Bereich der Werkstoffwissenschaft und -technik in ihrer Bedeutung seit langem festgeschrieben sind. Zu bedenken ist auch, daß es angesichts der ständig wachsenden Zahl neuer Termini als Folge zunehmenden Wissenserwerbes geboten sein sollte, das gegenseitige Verständnis nicht durch „modische“, aber keineswegs zwingend erforderliche und schon gar nicht sachlich begründbare Begriffsbildungen noch mehr als ohnehin der Fall zu belasten.

Gegenstand der Neubearbeitung sind, wie in den vorangegangenen Auflagen, Werkstoffe aller Materialklassen, die für den Bau von Maschinen und Anlagen Verwendung finden. Um dem interessierten Leser die Konstruktionswerkstoffe unter Gesichtspunkten, wie sie auch in der Praxis bestimmend sind, nahezubringen, geht die Stoffgliederung von den Anwendungsgebieten und Einsatzanforderungen aus. Sie sieht nach zwei einleitenden Kapiteln über die Grundzüge der Werkstoffauswahl und -kennzeichnung neun weitere Kapitel vor, in denen Allgemeine Konstruktionswerkstoffe, Werkstoffe für Werkzeuge, für tiefe und hohe Temperaturen sowie korrosive Beanspruchung, Werkstoffe mit hohem Verschleiß- und Reibwiderstand, Gleit-, Lager- und Federwerkstoffe sowie Werkstoffe für lösbare und unlösbare Verbindungen behandelt werden. Die Herstellung und Verarbeitung der Werkstoffe werden nur insoweit erörtert, als sie einen bleibenden Einfluß auf Werkstoffeigenschaften ausüben oder in Verbindung mit dem Werkstoffeinsatz charakteristisch sind.

Die Darlegungen über die „Konstruktionswerkstoffe“ fußen grundsätzlich auf dem Grundlagenwissen, das in der im gleichen Verlag 1996 erschienenen „Werkstoffwissenschaft“ vermittelt wird. Auf die Angabe gesonderter Bezugnahmen

wird deshalb verzichtet. Nur in wenigen Fällen, wie bei der Wärmebehandlung von Stahl, dem Reibungs- und Verschleißverhalten oder den Laufeigenschaften von Gleitwerkstoffen sowie dem Spröbruchverhalten von Werkstoffen bei tiefen Temperaturen, wird zum tieferen Verständnis von Werkstoffverhalten und -auswahl eine ergänzende Erörterung von Grundlagenwissen gegeben.

Der Umfang der Darlegungen geht über den Rahmen einer exemplarischen Behandlung der einzelnen Themengruppen und deren Werkstoffe weit hinaus. Trotzdem war es angesichts der Vielzahl der heute bekannten Werkstoffe notwendig, sich auf jeweils wichtige Vertreter, deren Eignung durch eine effektive technische Nutzung bereits ausgewiesen ist, zu beschränken. Entwicklungstendenzen werden nur dann angeschnitten, wenn sie mit Ergebnissen verbunden sind, deren Übernahme in die Praxis mit hoher Wahrscheinlichkeit absehbar ist.

Die „Konstruktionswerkstoffe“ sollen dazu beitragen, die Lücke im Angebot von einsatzproblemorientierter und eine vernünftige Werkstoffauswahl und -substitution fördernder Literatur über Werkstoffe zu schließen. Gleichzeitig trägt es der hervorragenden Rolle des Maschinenbaues und seiner metallischen wie nichtmetallischen Werkstoffe Rechnung. Zum potentiellen Nutzerkreis gehören nicht nur Werkstoffingenieure, sondern auch Konstrukteure, Technologen und Verfahrenstechniker sowie auf entsprechenden Gebieten tätige Ingenieurökonomen einschließlich der in diesen Disziplinen Studierenden.

Herzlicher Dank gilt all denen, die durch Ratschläge und kritische Hinweise zur Neugestaltung der „Konstruktionswerkstoffe“ beigetragen haben. Zu besonderem Dank sind wir Herrn Dipl.-Phys. *Dieter von Strauwitz* für die umfassende Mitarbeit am Komplex „Polymere“ und Frau Dr.-Ing. *Birgit Vetter* für die Hilfe bei der technischen Ausgestaltung sowie dem *Deutschen Verlag für Grundstoffindustrie Stuttgart* für die entgegenkommende Zusammenarbeit und die verständnisvolle wie tatkräftige Förderung der vorliegenden Neuauflage verpflichtet.

Die Herausgeber

Inhalt

1	Grundsätzliches zur Werkstoffauswahl	1
2	Kennzeichnung der Werkstoffe	7
2.1	Kennzeichnung von Eisenwerkstoffen	7
2.1.1	Bezeichnungssysteme für Stähle	8
2.1.1.1	Kurznamen	8
2.1.1.2	Werkstoffnummern	15
2.1.2	Bezeichnungssysteme für Gußeisen	16
2.1.2.1	Kurzzeichen	16
2.1.2.2	Werkstoffnummern	19
2.2	Kennzeichnung von Nichteisenwerkstoffen	20
2.2.1	Kurzzeichen	20
2.2.2	Werkstoffnummern	22
2.2.3	Kennzeichnung von Aluminium und Aluminium- Knetlegierungen	22
2.3	Kennzeichnung der Polymeren	24
2.3.1	Kennzeichnung von Duromeren	26
2.3.2	Kennzeichnung von Thermoplasten	27
2.3.3	Kennzeichnung von Elastomeren	29
2.3.4	Kennzeichnung durch Handelsnamen	30
2.4	Bezeichnung silicattechnischer Werkstoffe	30
3	Allgemeine Konstruktionswerkstoffe	33
3.1	Eisenwerkstoffe	33
3.1.1	Einfluß nichtmetallischer Verunreinigungen	35
3.1.2	Einfluß des Herstellungsverfahrens	38
3.1.3	Einfluß des Vergießens	39
3.1.4	Wärmebehandlung der Stähle	41
3.1.4.1	Glühverfahren	42
3.1.4.2	Härten	47
3.1.4.3	Vergüten	51
3.1.4.4	Thermochemische Oberflächenbehandlung	53
3.1.4.5	CVD- und PVD-Verfahren	60
3.1.4.6	Thermomechanische Behandlung (Umformtechnische Verfahren)	61
3.1.5	Allgemeine Baustähle	67
3.1.6	Höherfeste und wetterfeste schweißgeeignete Baustähle	72
3.1.7	Einsatzstähle	78
3.1.8	Vergütbare Stähle	79

3.1.9	Automatenstähle	83
3.1.10	Stahlguß	86
3.1.11	Sinterstähle	87
3.1.11.1	Gepreßte Sinterstahlformteile	90
3.1.11.2	Geschmiedete Sinterstahlformteile	94
3.1.11.3	Spritzguß-Sinterstahlformteile	96
3.1.12	Gußeisen	97
3.1.12.1	Graphithaltiges Gußeisen	98
3.1.12.2	Temperguß	107
3.2	Leichtmetallelegierungen	109
3.2.1	Aluminiumlegierungen	110
3.2.1.1	Aluminium-Knetlegierungen	113
3.2.1.2	Aluminium-Gußlegierungen	114
3.2.2	Magnesiumlegierungen	116
3.2.3	Titan und Titanlegierungen	118
3.3	Zinklegierungen	121
3.4	Polymerwerkstoffe	123
3.4.1	Verarbeitung von Polymerwerkstoffen	128
3.4.2	Thermoplaste	131
3.4.3	Duromere	137
3.4.4	Elastomere	140
4	Werkstoffe für Werkzeuge	144
4.1	Anforderungen und Werkstoffübersicht	144
4.2	Werkzeugstähle	148
4.2.1	Erschmelzen und Formgeben	149
4.2.2	Chemische Zusammensetzung und Gefüge	150
4.2.3	Wärme- und Randschichtbehandeln	151
4.2.4	Unlegierte Kaltarbeitsstähle	154
4.2.5	Legierte Kaltarbeitsstähle	155
4.2.5.1	Werkzeuge für die Polymerverarbeitung	155
4.2.5.2	Werkzeuge zum Zerteilen	157
4.2.5.3	Werkzeuge zum Kaltumformen und Messen	158
4.2.6	Warmarbeitsstähle	159
4.2.7	Schnellarbeitsstähle	161
4.3	Hartmetalle	166
4.3.1	Aufbau und Eigenschaften	167
4.3.2	Hartmetallgruppen	171
4.3.2.1	WC-Co-Hartmetalle	171
4.3.2.2	W(Ti,Ta,Nb)C-Co-Hartmetalle	171
4.3.2.3	Cermets	171
4.3.2.4	Beschichtete Hartmetalle	172
4.3.3	Einsatz der Hartmetalle	174
4.4	Nichtmetallische Hartstoffe	176
4.4.1	Schneidkeramik	176
4.4.2	Hochharte Schneidstoffe	179

5	Werkstoffe für tiefe Temperaturen	184
5.1	Werkstoffverhalten bei tiefen Temperaturen	185
5.2	Kriterien zur Bewertung der Werkstoff- und Bauteilzähigkeit ...	188
5.3	Kaltzähe Stähle und Eisengußwerkstoffe	192
5.3.1	Kaltzähe Walz- und Schmiedestähle	192
5.3.2	Kaltzähe Eisengußwerkstoffe	197
5.4	Nichteisenmetalle und -legierungen	197
5.5	Polymere und Verbundwerkstoffe	199
5.6	Vorschriften zur Werkstoffauswahl für tiefe Temperaturen	201
6	Werkstoffe für hohe Temperaturen	205
6.1	Warmfeste Stähle und Legierungen	207
6.1.1	Unlegierte und niedriglegierte Stähle	208
6.1.2	Warmfeste Chromstähle	210
6.1.3	Hochwarmfeste austenitische Stähle	211
6.1.4	Superlegierungen	215
6.1.4.1	Hochwarmfeste Nickellegierungen und ODS-Legierungen	216
6.1.4.2	Hochwarmfeste Cobaltlegierungen	221
6.1.5	Hochschmelzende Metalle und Legierungen	223
6.1.6	Warmfeste Verbundwerkstoffe	226
6.1.6.1	Sinternickel (TD-Nickel)	227
6.1.6.2	Warmfestes Hartmetall	228
6.2	Zunderbeständige Stähle	230
6.3	Geräte- und Quarzglas	232
6.3.1	Eigenschaften der Gläser	232
6.3.2	Ausgewählte Glaswerkstoffe und deren Anwendung	237
6.4	Glaskeramik	240
6.5	Hochtemperatur-Schutzschichten	242
6.5.1	Metallische Schutzschichten	242
6.5.2	Hochtemperaturesmails	242
6.5.3	Keramische Schutzschichten	243
6.6	Feuerfeste Werkstoffe	244
6.6.1	Werkstoffverhalten und -beurteilung	244
6.6.2	Feuerfeste Baustoffe	251
6.6.2.1	Silicaerzeugnisse	252
6.6.2.2	Schamotteerzeugnisse	254
6.6.2.3	Tonerdereiche Erzeugnisse	257
6.6.2.4	Basische Erzeugnisse	258
6.6.2.5	Feuerbeton	261
6.6.3	Sonderkeramiken	262
6.6.3.1	Oxidkeramik	263
6.6.3.2	Siliciumcarbid	265
6.6.3.3	Siliciumnitrid	267
6.6.4	Kohlenstofferzeugnisse	269
7	Werkstoffe für korrosive Beanspruchung	273
7.1	Polymerwerkstoffe	273
7.1.1	Wichtige Korrosionserscheinungen	274

7.1.2	Thermoplaste	276
7.1.3	Duromere	282
7.1.4	Elastomere	282
7.1.5	Beschichtung mit Polymeren	282
7.2	Titan und Titanlegierungen	283
7.3	Aluminium und Aluminiumlegierungen	286
7.3.1	Grundsätzliches zum Korrosionsverhalten	286
7.3.2	Rein- und Reinstaluminium	289
7.3.3	Aluminium-Magnesium-Legierungen	289
7.3.4	Aluminium-Mangan-Legierungen	290
7.3.5	Aluminium-Kupfer-Magnesium-Legierungen	290
7.3.6	Aluminium-Magnesium-Silicium-Legierungen	291
7.3.7	Aluminium-Zink-Magnesium-Legierungen	292
7.3.8	Aluminium-Zink-Magnesium-Kupfer-Legierungen	292
7.3.9	Aluminium-Lithium-Legierungen	293
7.4	Magnesiumlegierungen	293
7.5	Kupferwerkstoffe	294
7.5.1	Kupfer	294
7.5.2	Kupfer-Zink-Legierungen	296
7.5.3	Kupfer-Aluminium-Legierungen	298
7.5.4	Kupfer-Nickel-Legierungen	299
7.5.5	Kupfer-Zinn-Legierungen	300
7.6	Blei und Bleilegierungen	301
7.7	Nickel und Nickellegierungen	303
7.7.1	Nickel-Kupfer-Legierungen	304
7.7.2	Nickel-Molybdän-Legierungen	305
7.7.3	Nickel-Chrom-Legierungen	307
7.7.4	Nickel-Chrom-Molybdän-Legierungen	308
7.8	Edle Metalle	309
7.8.1	Silber	309
7.8.2	Platin	310
7.8.3	Zirconium	310
7.8.4	Tantal	311
7.9	Metallische Überzugwerkstoffe	311
7.9.1	Zinküberzüge	312
7.9.2	Chromüberzüge	313
7.9.3	Aluminiumüberzüge	314
7.9.4	Zinnüberzüge	315
7.9.5	Kupferüberzüge	315
7.9.6	Nickelüberzüge	316
7.9.7	Cadmiumüberzüge	316
7.9.8	Bleiüberzüge	317
7.10	Rost- und säurebeständige Stähle	317
7.10.1	Chromstähle	318
7.10.2	Chrom-Nickel-Stähle	322
7.10.3	Chrom-Mangan-Stähle	327
7.10.4	Mehrphasige Stähle	327
7.11	Guß- und Sondergußeisen	327
7.12	Steinzeug	328
7.13	Porzellan	329

7.14	Technisches Glas	331
7.15	Betone	332
7.16	Glasierte und keramische Überzugsstoffe	334
7.16.1	Email	334
7.16.2	Keramische Spritzschichten	335
7.17	Kohlenstoffwerkstoffe	336
8	Werkstoffe für Verschleißbeanspruchung und Reibwerkstoffe	340
8.1	Grundlegende Betrachtungen zu Reibung und Verschleiß	340
8.2	Werkstoffe für Verschleißbeanspruchung	344
8.2.1	Unlegierte und niedriglegierte Stähle	346
8.2.2	Austenitische Stähle	348
8.2.3	Gußwerkstoffe	351
8.2.4	Oberflächenschichten zur Verbesserung des Verschleißwiderstandes	356
8.2.4.1	Galvanische Schichten	358
8.2.4.2	Auftragschweißungen und thermische Spritzschichten	360
8.2.4.3	Oberflächen-Härteschichten	364
8.2.4.4	Diffusionsschichten	365
8.2.4.5	CVD- und PVD-Schichten	368
8.2.5	Hartmetalle und Hartstoffe	369
8.3	Reibwerkstoffe	370
8.3.1	Werkstoffe mit Polymerbindung	371
8.3.2	Gußeisen	376
8.3.3	Gesinterte Friktionswerkstoffe	376
8.3.3.1	Friktionswerkstoffe auf Kupferbasis	378
8.3.3.2	Friktionswerkstoffe auf Eisenbasis	379
8.3.3.3	Friktionswerkstoffe mit hohem keramischen Anteil (Cermet-Friktionswerkstoffe)	381
8.3.4	Werkstoffe für Öllauf	382
8.3.4.1	Stahllamellen	382
8.3.4.2	Papierwerkstoffe	382
8.3.4.3	Faserwerkstoffe mit Polymerbindung	383
8.3.4.4	Graphit-Reibmaterial	383
8.3.4.5	Gesinterte Werkstoffe auf Kupferbasis	383
9	Gleit- und Lagerwerkstoffe	386
9.1	Anforderungen an Gleitwerkstoffe	388
9.2	Werkstoffe für Gleitlager	390
9.2.1	Lagerlegierungen auf Blei- und Zinnbasis (Weißmetalle)	392
9.2.2	Lagerlegierungen auf Kupferbasis	396
9.2.3	Lagerlegierungen auf Aluminiumbasis	399
9.2.4	Sinterlager	401
9.2.5	Polymere	407
9.2.5.1	Duromere	408
9.2.5.2	Thermoplaste	410
9.2.6	Andere Gleitwerkstoffe	418

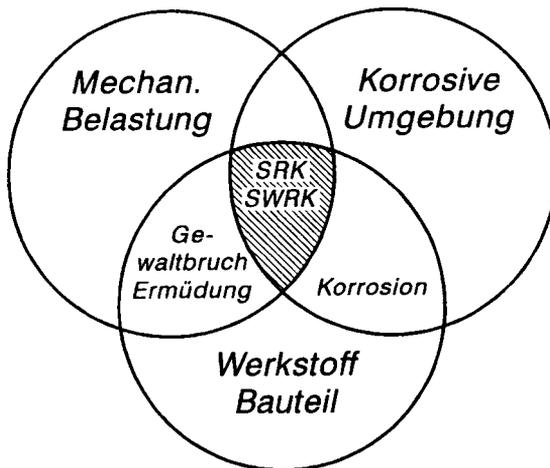
9.3	Anforderungen an Wälzlagerwerkstoffe	421
9.4	Werkstoffe für Wälzlager	422
9.4.1	Niedriglegierte durchhärtende Cr- und Cr-Mn-Stähle	422
9.4.2	Nichtrostende Stähle	426
9.4.3	Warmharte Stähle	427
9.4.4	Keramik	427
10	Werkstoffe für federnde Beanspruchung	431
10.1	Anforderungen an Federwerkstoffe	433
10.2	Federstähle	437
10.2.1	Federstähle für Normalbeanspruchung	438
10.2.2	Federstähle für Beanspruchungen bei hohen Temperaturen	441
10.2.3	Federstähle für stark korrosive Beanspruchung	443
10.3	Nichteisenmetall-Legierungen	444
10.4	Polymerwerkstoffe	446
11	Werkstoffe für Verbindungen	449
11.1	Werkstoffe für Schrauben und Muttern	449
11.1.1	Metallische Schrauben- und Mutternwerkstoffe	449
11.1.2	Schraubverbindungen an polymeren Werkstoffen	452
11.2	Werkstoffe für Niete	453
11.3	Klebstoffe	455
11.4	Zusatzwerkstoffe für das Löten	459
11.4.1	Weichlote	460
11.4.2	Hartlote	461
11.4.3	Lote für Werkstoffverbunde	463
11.4.4	Glaslote	465
11.5	Zusatzwerkstoffe für das Schweißen	465
11.5.1	Zusatzwerkstoffe für das Schweißen von Stahl	467
11.5.2	Zusatzwerkstoffe für das Schweißen von Gußeisen	472
11.5.3	Zusatzwerkstoffe für das Schweißen von NE-Metallen	473
11.5.4	Schweißen von Polymerwerkstoffen	474
11.6	Silicattechnische Verbindungswerkstoffe	476
11.6.1	Mörtel für feuerfeste Baustoffe	476
11.6.2	Zemente	476
	Sachwörterverzeichnis	478

1

Grundsätzliches zur Werkstoffauswahl

Konstruktionswerkstoffe dienen in Form von Bauteilen oder Halbzeugen vorwiegend zur Übertragung von Kräften und Momenten sowie zur Abgrenzung von Räumen. In der Regel liegen komplexe Beanspruchungsbedingungen vor, d.h. der mechanischen Belastung, die annähernd konstant oder zeitlich veränderlich sein kann, ist der Einfluß hoher oder tiefer Temperaturen sowie von Reibung, Verschleiß und korrosiver Umgebungsmedien überlagert (Bild 1.1).

- statisch
- zyklisch
- thermisch



- Wasser
- H_2S
- Flüssigmetall

SRK - Spannungsrißkorrosion
SWRK - Schwingungsrißkorrosion

Bild 1.1 Überlagerung von mechanischer und korrosiver Beanspruchung (schematisch)

Hieraus leitet sich folgende Vorgehensweise bei der Werkstoffauswahl und Werkstoffentwicklung ab [1.1]:

- Sämtliche Einsatzbedingungen müssen hinreichend bekannt sein. Dies umfaßt sowohl Betriebsphasen als auch Stillstandsphasen.
- Das aus den Betriebsbedingungen abgeleitete Anforderungsspektrum an den Werkstoff sollte dessen Eigenschaftsspektrum lückenlos erfüllen.
- Sämtliche für den Werkstoffeinsatz wichtigen Eigenschaften müssen spezifiziert werden (Grundlage für die Qualitätssicherung).
- Durch die Verarbeitung des Werkstoffes bei der Bauteilfertigung darf sich dessen Eigenschaftsspektrum nicht unzulässig verändern.

- Im Rahmen der Qualitätssicherung ist der Nachweis zu erbringen, daß der Werkstoff nach der Fertigung hinsichtlich der genannten Eigenschaften den Spezifikationen entspricht.

Die Lösung eines technischen Problems sollte, um „einseitige Denkweisen“ zu vermeiden und Innovationen zu fördern, stets aus der Sicht sämtlicher Werkstoffgruppen (Bild 1.2) angegangen werden. Stark vereinfacht läßt sich die Werkstoffauswahl in den Konstruktionsprozeß wie folgt einordnen, Tabelle 1.1. Bereits in der Konzeptionsphase bieten Werkstoffschaubilder eine nützliche Hilfe. Sie erlauben es, aus der heutzutage fast unübersehbaren Fülle von Werkstoffen, solche Werkstoffe herauszufinden, die zur Lösung des technischen Problems geeignet sind und von vornherein solche Werkstoffe auszusondern, die überhaupt nicht in Frage kommen.

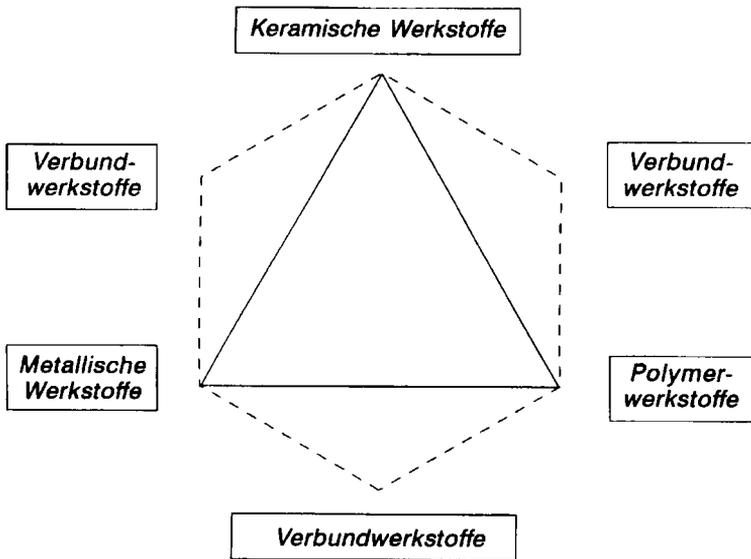


Bild 1.2 Überblick über Werkstoffgruppen für Konstruktionen

Tabelle 1.1 Einordnung der Werkstoffauswahl in den Konstruktionsprozeß (stark vereinfacht)

Auslegung	Anforderungen	Werkstoffauswahl
Näherungsweise Analyse	Konzeption	Betrachtung sämtlicher Werkstoffe (geringe Genauigkeit)
Analyse mit größerer Genauigkeit, Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit	Anwendungsform, Ausführungsart	Teilmenge an Werkstoffen (höhere Genauigkeit)
Optimierung, Wirkungsgrad, Nutzeffekt	wie oben	weitere Einengung der in Frage kommenden Werkstoffe
Detaillierte Analyse, Finite-Elemente-Berechnungen u.a.	Festlegung von Details	Festlegung eines Werkstoffes (bestmögliche Genauigkeit)
Exakte Dimensionierung	Erzeugnis	Verwendung des festgelegten Werkstoffes

Dadurch wird der „trial and error“-Aufwand bereits in der Anfangsphase der Werkstoffauswahl eingeschränkt. Mit fortschreitender Detailuntersuchung wird die Anzahl der in Frage kommenden Werkstoffe weiter eingegrenzt. Unter Beachtung von Anforderungen aus der Technologie der Herstellung, Ver- und Bearbeitung, des Recyclings, der Ökologie, von Kostenaufwand und Preisen (Tabelle 1.2) ergibt sich dann die optimale Werkstofflösung.

Jede für ein Erzeugnis zu treffende Werkstoffauswahl impliziert die Auswahl von Technologien der Werkstoffherstellung, Werkstoffver- und -bearbeitung sowie die Auswahl von Prüfverfahren und Qualitätsstandards. In der Entwurfsphase einer Konstruktion ist die Frage von Interesse, inwieweit mit Hilfe der Werkstoffschaubilder ausgewählte Werkstoffe oder Werkstoffgruppen aus technologischer Sicht überhaupt in Frage kommen und welche Restriktionen und Risiken damit verbunden sind. Dafür kann Tabelle 1.2 als Orientierung dienen. Diese Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie ist spaltenweise zu lesen, und jeder ausgewählte Werkstoff sollte nach den dort aufgeführten Kri-

Tabelle 1.2 Kriterien zur qualitativen Bewertung von Technologien bei der Werkstoffauswahl

Erzeugnis	Werkstoffver- und -bearbeitung	Werkstoffherstellung	Ausgangsstoffe
Bereich der herstellbaren Abmessungen, einhaltbare Maßtoleranzen	Fügbareit	Schmelzmetallurgie	Reinheitsgrad
Erreichbare Komplexität	Montagemöglichkeit	Beschichtung, Abscheidung (CVD, PVD)	Verfügbarkeit
Einzel- oder Serienfertigung	Spangebende/spannlose Formbarkeit	Pulvermetallurgie	Lager- und Transportfähigkeit
Schwankungsbreite der nutzbaren Eigenschaften, Gleichmäßigkeit der Erzeugnisse	Umweltbelastung, z. B. durch Hilfsstoffe	Polymerisation, Vernetzung	Toxische Wirkungen
Erreichbare Oberflächenqualität	Möglichkeiten für Beschichtung	Qualität der Prozeßbeherrschung	Gleichmäßigkeit
Design, Ästhetik	Möglichkeiten für thermische und thermochemische Behandlung	Umweltbelastung	Preis
Vorliegen von Qualitätsstandards, Liefer- und Abnahmebedingungen, Qualitätsmanagement (DIN ISO 9000)	Verfügbarkeit über Anlagentechnik	Vorliegen eines Qualitätsmanagements (DIN ISO 9000)	
Reparaturfähigkeit, Instandhaltung	Qualität der Prozeßbeherrschung	Kostenaufwand	
Eignung für Recycling	Vorliegen eines Qualitätsmanagements (DIN ISO 9000)		
Wiederverwendbarkeit	Kostenaufwand		
Auswirkungen auf Umwelt, toxische Eigenschaften			
Inspizierbarkeit			
Preis			

terien qualitativ beurteilt werden. Besonders risikobehaftete Kriterien sind entsprechend hervorzuheben. Diese brauchen nicht der Anlaß für das Verwerfen des ausgewählten Werkstoffes zu sein, sondern können Entwicklungsarbeiten zum Abbau des Risikos initiieren. Aus der Gesamtheit der positiven und negativen Wertungen ist dann über den Verbleib des betreffenden Werkstoffes in der Auswahl zu entscheiden.

Tabelle 1.2 berücksichtigt allgemeine Kriterien, die weitestgehend unabhängig von der raschen technologischen Entwicklung sind.

Werkstoffschaubilder sind grundsätzlich so aufgebaut, daß auf der Ordinate und auf der Abszisse je eine Werkstoffkenngröße aufgetragen ist. Um die entsprechenden Wertebereiche in einem Schaubild erfassen zu können, wird meist ein logarithmischer Maßstab gewählt. Für jeden Werkstoff bzw. jede Werkstoffgruppe entstehen nach Eintragung der Kennwerte Felder, die mit einer Hüllkurve umrandet werden können. Als Beispiel zeigt Bild 1.3 den Elastizitätsmodul E in Relation zur Massendichte ρ . Jedem Wertepaar (E, ρ) entspricht ein Punkt in diesem Schaubild. Aus dieser Darstellung geht hervor, daß das Schaubild nicht gleichmäßig belegt ist, d.h. es gibt Bereiche für die keine Werkstoffe existieren. Diese „weißen Felder“ können Anregungen für die Entwicklung neuer Werkstoffe liefern. Desweiteren können dem Schaubild diejenigen Werkstoffe entnommen werden, welche sich bei konstanter Dichte im Elastizitätsmodul unterscheiden. Zum Beispiel erhöht sich der E -Modul bei einer Dichte von ca. $1,5 \text{ g/cm}^3$ von $0,01\text{--}0,1 \text{ GPa}$ für Elastomere über $0,1\text{--}10 \text{ GPa}$ für Plasto-

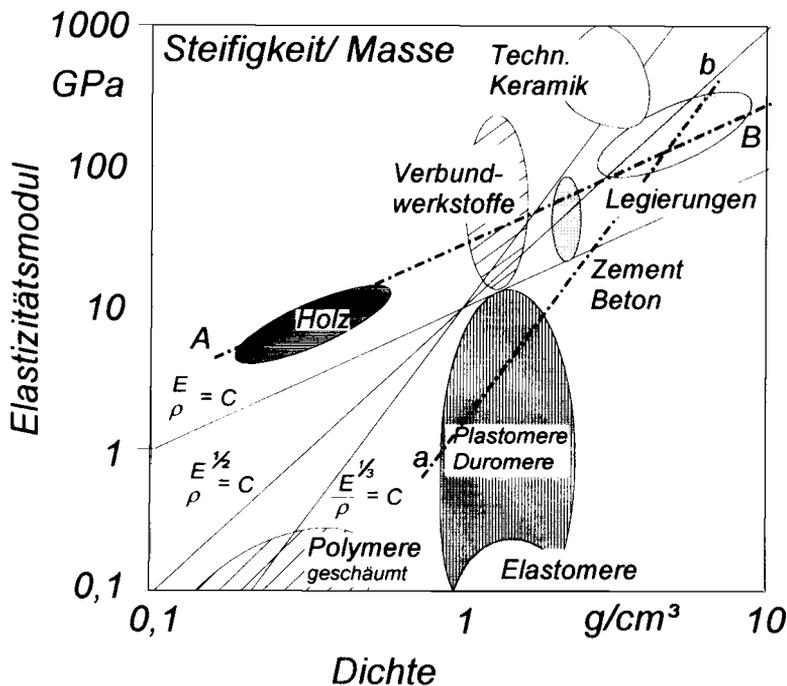


Bild 1.3 Schaubild für die Werkstoffauswahl nach dem Kriterium „Hohe Steifigkeit bei minimaler Masse“. Werkstofffaktoren E/ρ , $E^{1/2}/\rho$ und $E^{1/3}/\rho$ berücksichtigen Belastungsart und Bauteilgeometrie. Geraden a–b und A–B: Beispiele für die Werkstoffauswahl (nach M. Ashby)

und Duomere bis auf ca. 50–200 GPa für faserverstärkte Verbundstoffe mit Polymermatrix.

Das Schaubild zeigt auch, daß dem E-Modul mit dem Betrag von 1000 GPa für Diamant (Hartstoff, am oberen Ende des Keramikfeldes) eine obere Grenze gesetzt ist. An Hand der Abszisse kann der Variationsbereich der Dichte in Abhängigkeit von der Lage der Werkstofffelder abgelesen werden. Holz und Schaumpolymere weisen sehr niedrige Dichten auf. Bei einem E-Modul von ca. 5 GPa ist mit Holz bei Belastung parallel zur Faser eine geringere Dichte erreichbar als mit Polymerwerkstoffen. Geschäumte metallische Werkstoffe lassen eine Kombination von niedriger Dichte mit einem gegenüber Polymerwerkstoffen höherem E-Modul erwarten.

Außer den beschriebenen Möglichkeiten gestatten diese Werkstoffschabilder eine Werkstoffauswahl nach Belastungsart (z. B. Zug, Torsion, Biegung, Knickung, Beulung, Innendruck, Fliehkräfte) und Bauteilgeometrie für den Leichtbau (z. B. Stäbe, Platten, Rohre, Kreiszyinderschalen, Kugelschalen, Sandwich- und Hybridverbundbauweisen). Eine Zielfunktion ist dabei minimale Masse bei hoher Steifigkeit. Zu diesem Zweck enthält das Schaubild Geraden für konstante Verhältnisse E/ρ , $E^{1/2}/\rho$, $E^{1/3}/\rho$, die als *Werkstofffaktoren* bezeichnet werden. So ist E/ρ für Stäbe und Scheiben unter Zugbelastung, Kreiszyinderschalen unter Innendruck, rotierende Hohlzylinder und Vollscheiben; $E^{1/2}/\rho$ für Biegung von Stäben mit kreisförmigem Vollquerschnitt, Durchschlagen von Kugel- und Zylinderschalen, Knicken von Stäben, Beulung von Kreiszyinderschalen; $E^{1/3}/\rho$ für Biegung und Beulung von Rechteckplatten, Biegung von Kreisplatten, Kreiszyinderschalen und für die Knickung von Stäben mit rechteckigem Vollquerschnitt, dünnwandigen Rohren und Kreiszyinderschalen heranzuziehen [1.2] bis [1.5].

Geht man von der Beziehung

$$E^{1/3}/\rho = C \quad (1.1)$$

aus und logarithmiert diese Gleichung, so erhält man

$$(1/3)\ln E = \ln C + \ln \rho \quad (1.2)$$

bzw.

$$\ln E = 3\ln C + 3\ln \rho. \quad (1.3)$$

In einem doppeltlogarithmischen Koordinatensystem stellt Gl. (1.3) eine Gerade mit dem Anstieg 3 dar. Die übrigen in das betrachtete Schaubild eingezeichneten Geraden verlaufen entsprechend dem Exponenten von E flacher. Den geringsten Anstieg weist die Gerade E/ρ auf.

Eine Parallelverschiebung der Geraden von rechts unten nach links oben im Schaubild entspricht einer Zunahme der Werkstofffaktoren E/ρ , $E^{1/2}/\rho$ sowie $E^{1/3}/\rho$. Sämtliche Werkstoffe bzw. Werkstoffgruppen, die von ein und derselben Geraden geschnitten werden, zeichnen sich durch gleich große Werkstofffaktoren aus und sind deshalb für die betreffende Belastungsart und Bauteilgeometrie untereinander austauschbar. Alle links oberhalb der Geraden liegenden Werkstoffe sind wegen der erhöhten Werkstofffaktoren als bessere Werkstofflösungen einzustufen, alle rechts unterhalb der Geraden befindliche Werkstoffe bedeuten schlechtere Lösungen. Zum Beispiel sind nach der willkürlich eingezeichneten Geraden A–B metallische Werkstoffe (Legierungen), Verbundwerkstoffe und

Holz für Zugbelastung parallel zur Faser bezüglich minimaler Masse bei gegebener Steifigkeit, E/ρ , für Zugstäbe und Zylinderschalen unter Innendruck als gleichwertig anzusehen.

Beim Wechsel der Belastungsart und Bauteilgeometrie, im vorliegenden Schaubild durch die Gerade a–b gekennzeichnet, kommen außer Legierungen nur noch Polymerwerkstoffe in Betracht, da deren Feld von der Geraden a–b geschnitten wird. D.h. für Plattenbiegung $E^{1/3}/\rho$, sind unter dem Aspekt „minimale Masse bei gegebener Steifigkeit“ beide Werkstoffgruppen gleichwertig. Als bessere Werkstofflösungen ergeben sich für diesen Fall Holz und Verbundwerkstoffe, wenn die Gerade a–b im Schaubild weiter nach links parallel verschoben wird. Die beste Lösung, d.h. den höchsten Wert $E^{1/3}/\rho$ liefert der Werkstoff Holz, dessen Fasern in Längsrichtung beansprucht werden.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß in der Regel mehrere Schaubilder für die Werkstoffauswahl herangezogen werden müssen. Dadurch kann sich die nach dem Kriterium „minimale Masse/hohe Steifigkeit“ ergebende Auswahl weiter einengen. So ist für den Leichtbau auch eine hohe Tragfähigkeit bei minimaler Masse von Interesse, wofür die Werkstofffaktoren R_p/ρ , $R_p^{1/2}/\rho$, $R_p^{2/3}/\rho$ entsprechend der Belastungsart und Bauteilgeometrie zur Anwendung kommen. In den entsprechenden Schaubildern bedeutet R_p für Metalle, Plastomere und Duomere den Bereich ab Streckgrenze bis zur Zugfestigkeit, da auch Kennwerte nach Umformung mit erfaßt sind.

Für die meisten praktischen Zwecke können die R_p -Werte für Zug und Druck als gleich groß angenommen werden. Bei Elastomeren entspricht R_p der Reißfestigkeit. Für Keramik und Gläser ist für R_p die Bruchfestigkeit unter Druck einzusetzen. Diese ist annähernd 15mal größer als die Bruchfestigkeit unter Zug. Bei Verbundwerkstoffen entspricht R_p der Bruchfestigkeit unter Zug. Die Druckfestigkeit kann wegen des Knickens der Fasern geringer sein [1.2] bis [1.4].

Literaturhinweise

- [1.1] Gramberg, U., E.-M. Horn, P. Mattern: Kleine Stahlkunde für den Chemieapparatebau. 2. Auflage. Düsseldorf: Verlag Stahleisen mbH, 1993
- [1.2] Waterman, N.A. and M.F. Ashby (Hrsg.): Elsevier Materials Selector, Vol. 1–3. London: Elsevier Applied Science 1991
- [1.3] Ashby, M.: Materials Science and Technology 5 (1989) S. 517–525
- [1.4] Zouhar, G.: Konstruktionswerkstoffe. Vorlesungsunterlagen, Teil 1, Studienmaterial Universitäres Technisches Fernstudium, Studiengang Maschinenbau, Hrsg.: Technische Universität Dresden, Fakultät Maschinenwesen, Arbeitsgruppe Fernstudium, Ausgabe 1996
- [1.5] Wiedemann, J.: Leichtbau, Band 2: Konstruktion. Berlin: Springer-Verlag 1989

2

Kennzeichnung der Werkstoffe

Trotz vieler Bemühungen gibt es noch keine einheitliche Systematik für die Bezeichnung von Werkstoffen. Am ältesten und meisten verbreitet ist die Kennzeichnung mit Hilfe von Buchstaben und Ziffern – *Kurznamen* –, die meist so gewählt sind, daß sie für den Verbraucher wichtige Informationen erkennen lassen. Daneben besteht eine reine Ziffernkennzeichnung – *Werkstoffnummern* –, die in Verbindung mit dem Einsatz der elektronischen Datenverarbeitung Vorteile aufweist. Obwohl sie für den Verbraucher weniger anschaulich ist, findet sie in der Praxis zunehmend Anwendung. Außer diesen genormten Bezeichnungen werden von den Herstellerfirmen Handelsnamen für ihre Erzeugnisse benutzt. Das bedeutet, daß es für ein und denselben Werkstoff zahlreiche unterschiedliche Namen gibt, so daß für den Verbraucher der Werkstoff nur schwer oder gar nicht erkennbar ist. Das trifft sowohl für die metallischen wie auch polymeren Werkstoffe zu.

Den Hauptteil der nachfolgenden Erörterungen wird die Kennzeichnung durch Kurznamen und Werkstoffnummern beanspruchen, da sie bei allen metallischen Werkstoffgruppen angewendet wird.

In zwei weiteren Abschnitten wird auf die Kennzeichnung der wichtigsten Vertreter der silicattechnischen Werkstoffe und der Polymeren eingegangen und damit ihrem im Maschinen-, Anlagen- und Apparatebau zunehmenden Ausmaß der Verwendung Rechnung getragen.

Es sei an dieser Stelle noch darauf hingewiesen, daß es für den nationalen wie internationalen Vergleich der unterschiedlichsten Werkstoffbezeichnungen Nachschlagewerke wie den Stahlschlüssel oder Aluminiumschlüssel [2.1], [2.2] gibt, die eine Rückführung auf den genormten Werkstoffnamen bzw. die Werkstoffnummer ermöglichen.

2.1 Kennzeichnung von Eisenwerkstoffen

Die ständig umfangreicher werdende internationale Zusammenarbeit macht es erforderlich, daß Normen vereinheitlicht werden. Das gilt auch für die Normen, in denen die Werkstoffbezeichnungen festgelegt sind. Gegenwärtig findet ein Umbruch von nationaler Normung auf Europäische Normung statt, so daß bereits eine große Zahl von Werkstoffnormen, insbesondere für Eisenwerkstoffe, von den bisherigen DIN-Normen in DIN EN-Normen umgewandelt worden ist, wodurch sich zum Teil erhebliche Veränderungen gegenüber den früheren Kennzeichnungen ergeben. Da die Umstellungsphase noch nicht abgeschlossen ist, findet man gegenwärtig bei den Stählen und bei Gußeisen alte Kennzeichnungen nach DIN und bereits neue nach DIN EN vor, je nachdem, ob

für die Technischen Lieferbedingungen der einzelnen Werkstoffe bzw. Werkstoffgruppen schon Europäische Normen verbindlich geworden sind. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, in den nachfolgenden Erörterungen, sowohl die bisher üblichen als auch die neuen Werkstoffbezeichnungen zu betrachten.

2.1.1 Bezeichnungssysteme für Stähle

Die Bezeichnungssysteme für Stähle sind in Europa einheitlich genormt (DIN EN 10027) und unterteilt in Kurznamen und Werkstoffnummern.

2.1.1.1 Kurznamen

Für die Kurznamen werden Ziffern und Buchstaben so gewählt, daß für den Werkstoffhersteller und -anwender wichtige Informationen, d.h. bestimmte Eigenschaften oder die chemische Zusammensetzung, erkennbar werden. Grundsätzlich gilt, daß die Kurznamen nur so viele Angaben enthalten, wie zur Charakterisierung des Werkstoffes und zur Unterscheidung von anderen Werkstoffen unbedingt notwendig sind. Weitergehende Informationen sind den jeweiligen Werkstoffnormen zu entnehmen. Die Kurznamen lassen sich in 2 Hauptgruppen einteilen:

• Gruppe 1

Die Kurznamen geben Hinweise auf die Verwendung und die mechanischen oder physikalischen Eigenschaften der Eisenwerkstoffe. Diese Benennung ist für Werkstoffe üblich, die auf Grund gewährleisteter mechanisch-technologischer (Festigkeit, Umformbarkeit) oder physikalischer Eigenschaften (Koerzitivfeldstärke, Ummagnetisierungsverluste) eingesetzt und beim Verbraucher nicht oder nur zur Rückgängigmachung verarbeitungsbedingter Eigenschaftsänderungen (z. B. nach dem Schweißen oder Kaltumformen) wärmebehandelt werden.

• Gruppe 2

Die Kurznamen geben Hinweise auf die chemische Zusammensetzung. Nach der chemischen Zusammensetzung werden solche Eisenwerkstoffe benannt, bei denen der Gehalt an Legierungselementen Rückschlüsse auf bestimmte Eigenschaften, wie Korrosions- und Zunderbeständigkeit, Warmfestigkeit oder Zerspanbarkeit zuläßt oder die beim Verbraucher zur Einstellung gewünschter Eigenschaften wärmebehandelt werden.

Kennzeichnung nach der Festigkeit – Kurznamen der Gruppe 1

Nach der gewährleisteten Mindeststreckgrenze bzw. Mindestzugfestigkeit werden die *Allgemeinen Baustähle* bezeichnet. Die Kurznamen nach DIN EN 10027-1 setzen sich aus Haupt- und Zusatzsymbolen wie folgt zusammen:

Hauptsymbole	Zusatzsymbole für Stähle	Zusatzsymbole für Stahlerzeugnisse
--------------	-----------------------------	---------------------------------------

Die Hauptsymbole bestehen aus dem Kennbuchstaben für die Stahlgruppe (Tabelle 2.1), wobei ein vorangestelltes G Stahlguß bedeutet, und der Kennzahl

Tabelle 2.1 Kennbuchstaben für Stahlgruppen (Gruppe 1) nach DIN EN 10027-1

Kennbuchstabe	Stahlgruppe
S	Stähle für den allgemeinen Stahlbau
E	Maschinenbaustähle
P	Stähle für den Druckbehälterbau
L	Stähle für den Rohrleitungsbau
B	Betonstähle
Y	Spannstähle
R	Stähle für oder in Form von Schienen
H	Kaltgewalzte Flacherzeugnisse
D	Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen
T	Feinst- und Weißblech und -band
M	Elektroblech

Tabelle 2.2 Zusatzsymbole der Gruppe 1 nach DIN V 17 006 Teil 100

27 J	Kerbschlagarbeit		Prüftemp. °C
	40 J	60 J	
JR	KR	LR	+ 20
JO	KO	LO	0
J2	K2	L2	- 20
J3	K3	L3	- 30
J4	K4	L4	- 40
J5	K5	L5	- 50
J6	K6	L6	- 60

M = Thermomechanisch behandelt

N = Normalgeglüht oder normalisierend gewalzt

Q = Vergütet

G = Andere Merkmale, wenn erforderlich mit 1 oder 2 Ziffern

(Symbole M, N und Q gelten für Feinkornstähle)

für die Mindeststreckgrenze in N/mm^2 für die kleinste Erzeugnisdicke. Bei den Stahlgruppen Y und R werden die Mindestzugfestigkeit und bei M die höchstzulässigen Ummagnetisierungsverluste angegeben. Es folgen als Zusatzsymbole (unterteilt in Gruppe 1 und 2) die Kennzeichen für die Gütegruppe (Schweißbeignung und Kerbschlagarbeit nach Tabelle 2.2) und, wenn erforderlich, Kennzeichen für die Desoxidationsart. Hinzugefügt werden können Kennbuchstaben für die Eignung für besondere Verwendungszwecke (Zusatzsymbole Gruppe 2), z. B. bedeuten:

C mit besonderer Eignung zur Kaltumformung

D für Schmelztauchüberzüge

E für Emaillierung

W wetterfest

Als Zusatzsymbol der Gruppe 2 können auch chemische Symbole für vorgeschriebene zusätzliche Elemente, z. B. Cu, und der mit dem Faktor 10 multiplizierte Gehalt angegeben werden.

Außerdem besteht die Möglichkeit, für Stahlerzeugnisse noch Zusatzsymbole für den Behandlungszustand, Arten des Überzuges oder für besondere Anforderungen durch ein Pluszeichen von den vorhergehenden getrennt, z. B. +C für den Behandlungszustand „kaltverfestigt“, +Z für „feuerverzinkt“, anzuhängen.

Beispiel: Stahl nach DIN EN 10025

S355 JOC + N

Hauptsymbol _____

S = Stahl für allgemeinen Stahlbau
355 = Mindeststreckgrenze = 355 N/mm²

Zusatzsymbol für Stahl _____

JO = Kerbschlagarbeit 27 J bei 0 °C
C = mit besonderer Kaltumformbarkeit

Zusatzsymbol für Stahlerzeugnisse _____

+ N = normalgeglüht bzw. normalisierend gewalzt

Für die Normbezeichnung eines Stahles der Gruppe 1 sind anzugeben:

- Art des Werkstoffes
- Nummer der Europäischen Norm
- Kurzname,

womit sich für den im Beispiel aufgeführten Stahl die folgende Normbezeichnung ergibt:

Stahl EN 10025 – S355JOC + N.

Bisher genormte Kurznamen

Die Kurznamen von Stählen der Gruppe 1 bestanden bisher aus den Kennbuchstaben St bzw. bei Stahlguß GS gefolgt von der Mindestzugfestigkeit in kp/mm², von Stählen, die nach der Streckgrenze bezeichnet wurden, aus den Kennbuchstaben StE und der Mindeststreckgrenze in N/mm². Zur weiteren Unterscheidung zwischen den verschiedenen Stählen konnten zusätzlich noch Buchstaben und Ziffern für bestimmte Merkmale vorangestellt oder angefügt sein. Soweit noch keine EN-Normen für die Stähle der Gruppe 1 gültig geworden sind, werden diese Kurznamen auch weiterhin beibehalten. Eine Liste wesentlicher bisher verwendeter Kennbuchstaben und Zusatzsymbole enthält die Tabelle 2.3. Durch zwei Beispiele von Stählen nach DIN 17 115 und DIN 17 178 wird nachfolgend der Aufbau der Kurznamen erläutert:

Beispiel: Stahl nach DIN 17 115

RSt 35-2

Vergießungsart _____

R = beruhigt vergossen

Kennzeichen für Stahl _____

St = Stahl, nicht für Wärmebehandlung vorgesehen

Mindestzugfestigkeit = 343 N/mm² (35 kp/mm²) _____

Gütegruppe _____

Beispiel: Stahl nach DIN 17 178

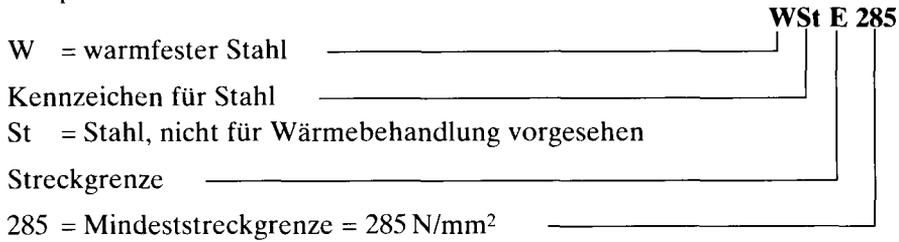


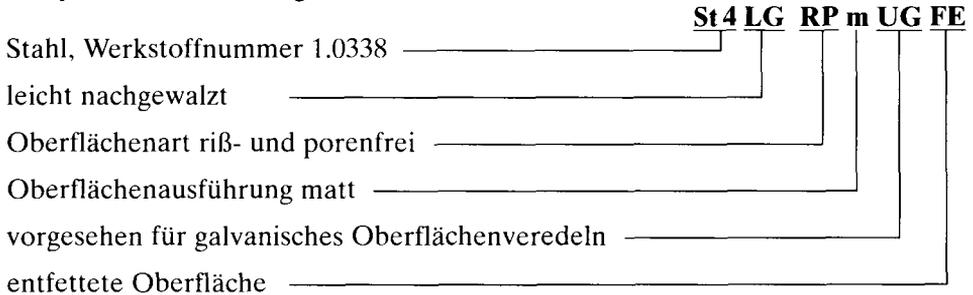
Tabelle 2.3 Bisher verwendete Kennbuchstaben für Stähle der Gruppe 1 und 2

Zeichen	Bedeutung	Beispiel
A	alterungsbeständiger Stahl	ASt 35
B	Betonstahl	BSt 42/50
C	behandelt auf Scherbarkeit	100 Cr C
E	Feinkornbaustahl mit Mindestwerten für die Kerbschlagarbeit bis - 50 °C	EStE 285
f	Stahl für Flamm- und Induktionshärtung	Cf 54
G	weichgeglüht	Ck 45 G
k	unlegierter Edelstahl mit niedrigem P- und S-Gehalt	Ck 35
K	Stahl mit Eignung zum Walzprofilieren	KSt 37-2
K	kaltgezogener Stahl	St 37 K, C 45 K
m	unlegierter Edelstahl mit unterer und oberer Begrenzung des S-Gehaltes bei etwa 0,020 bis 0,040 %	Cm 45
N	normalgeglüht	St 37-3 N, C 45 N
P	zum Gesenkschmieden geeigneter Stahl	PSt 37-3
q, Q	Stahl mit besonderer Eignung zur Kaltumformung	QSt 37-3, Cq 45
R	Relaiswerkstoff	RFe 100
R	beruhigter und halbberuhigter Stahl	RSt 37-2
RR	besonders beruhigter Stahl	RRSt
TM	thermomechanisch behandelter Stahl	StE 415.7 TM
T, TT	kaltzäher Stahl (für tiefe Temperaturen geeignet)	TStE 460, TTSt 35
U	unberuhigter Stahl	USt 37-2
U	unbehandelter Stahl	St 37-2 U
V	vergüteter Stahl	StE 460 V, Ck 45 V
W	Werkzeugstahl	C 45 W
W	warmfester Stahl	WStE 355
WT	wetterfester Stahl	WTSt 37-3
Z	bei Stabstahl: zum Blankziehen geeignet	ZSt 60-2
Z	bei kaltgewalzten Flacherzeugnissen mit Anforderungen an die Mindeststreckgrenze: mit besonderer Eignung zur Kaltumformung	ZStE 420
Z	feuerverzinkt	St 01 Z

Kurznamen ohne feste Systematik

Kurznamen von Bändern und Blechen aus weichen unlegierten Stählen wurden bisher aus den Buchstaben St und Zahlen von 0 bis 30 gebildet, denen Buchstaben und Zahlen zur Kennzeichnung der Oberfläche oder des Behandlungszustandes folgten. Bei Warmband, das für unmittelbare Weiterverarbeitung vorgesehen ist, wird an St der Buchstabe W angehängt.

Beispiel: weicher unlegierter Stahl nach DIN 1624:



Kurznamen der unlegierten Stähle für den Druckbehälterbau wurden aus dem Buchstaben H und den römischen Zahlen I bis IV für die Festigkeit gebildet. Für Überträgerbleche bestanden die Kurznamen bisher nur aus den Güteklassen A bis F mit fortlaufender Nummer, z. B. A 3. Feinstblech und Weißblech wurden bisher mit T und einer Zahl für den angestrebten Härtebereich bezeichnet z. B. T 52.

Kennzeichnung nach der chemischen Zusammensetzung

Die Kurznamen der Gruppe 2 werden in vier Untergruppen unterteilt, die sich hinsichtlich des Gehaltes an Legierungselementen unterscheiden. Es erfolgt eine Einteilung in:

- *unlegierte Stähle* mit einem mittleren Mn-Gehalt < 1 %
- *legierte Stähle* mit einem mittleren Gehalt der einzelnen Legierungselemente unter 5 % bzw. unlegierte Stähle mit einem mittleren Mn-Gehalt > 1 %.
- *hochlegierte Stähle*
- *Schnellarbeitsstähle*.

Alle vier Untergruppen enthalten chemische Elemente, die entweder absichtlich zugegeben werden (für metallurgische Reaktionen oder zur Einstellung bestimmter Eigenschaften) oder, aus den Einsatzstoffen stammend, aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nur unvollständig oder gar nicht aus der Schmelze entfernt werden können. Deshalb gibt es außer für Kohlenstoff Grenzwerte, bei deren Überschreiten die Werkstoffe als legiert bezeichnet werden (EN 10020). Als Grenzwerte gelten z. B. für:

Aluminium	0,10 %	Mangan	1,65 %
Bor	0,0008 %	Nickel	0,30 %
Chrom	0,30 %	Silicium	0,50 %
Kupfer	0,40 %	Titan	0,05 %

Eisenwerkstoffe, die nur Kohlenstoff enthalten, gleich welcher Höhe, gelten immer als unlegiert.

Die Kurznamen nach DIN EN 10027-1 bestehen wie auch bei den Stählen der Gruppe 1 aus Haupt- und Zusatzsymbolen, wobei für die 4 Stahlgruppen unterschiedliche Regeln für die Bildung gelten. Für die Schreibweise der Kurznamen ist zu beachten, daß die Kennbuchstaben und Kennzahlen ohne Leerzeichen fortlaufend aneinander gereiht, die Kennzahlen für die Legierungsgehalte jedoch durch Bindestrich getrennt werden.

Die Kurznamen nach DIN EN 10027-1 entsprechen weitgehend den bisher gebräuchlichen Kurznamen, die bisherigen Zusatzsymbole enthält Tabelle 2.3.

• *unlegierte Stähle*

Die Hauptsymbole sind C – für Kohlenstoff – und eine Zahl, die dem Hundertfachen des mittleren Kohlenstoffgehaltes entspricht. Zusatzsymbole geben Hinweise auf den Verwendungszweck oder den Schwefelgehalt (Gruppe 1, siehe Tabelle 2.4) sowie zusätzliche Elemente, z. B. Cu, und falls erforderlich eine einstellige Zahl, die den mit 10 multiplizierten Mittelwert des Gehaltes angibt (Gruppe 2).

Beispiel: unlegierter Stahl nach DIN EN 10016-2

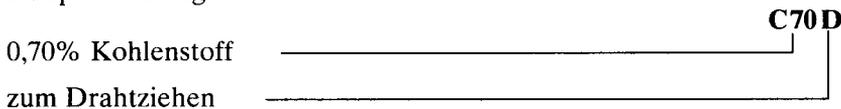


Tabelle 2.4 Zusatzsymbole der Gruppe 1 nach DIN V 17 006 Teil 100

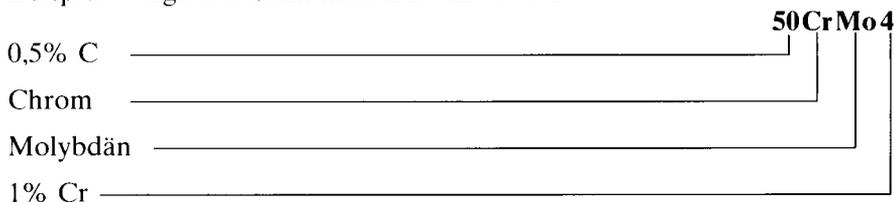
Symbol	Bedeutung
E	vorgeschriebener max. S-Gehalt
R	vorgeschriebener Bereich des S-Gehaltes
D	zum Drahtziehen
C	besondere Kaltumformbarkeit
S	für Federn
U	für Werkzeuge
W	für Schweißdraht
G	andere Merkmale

• *legierte Stähle (Gehalte der einzelnen Elemente unter 5%)*

Die Kurznamen werden durch folgende Haupt- und Zusatzsymbole gebildet: eine Zahl, die dem Hundertfachen des mittleren Kohlenstoffgehaltes entspricht, gefolgt von den Symbolen für die den Stahl charakterisierenden Legierungselemente und Zahlen, getrennt durch Bindestrich, die dem mittleren Gehalt der Elemente, multipliziert mit folgenden Faktoren, entsprechen.

Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	Faktor 4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	Faktor 10
Ca, N, P, S	Faktor 100
B	Faktor 1000

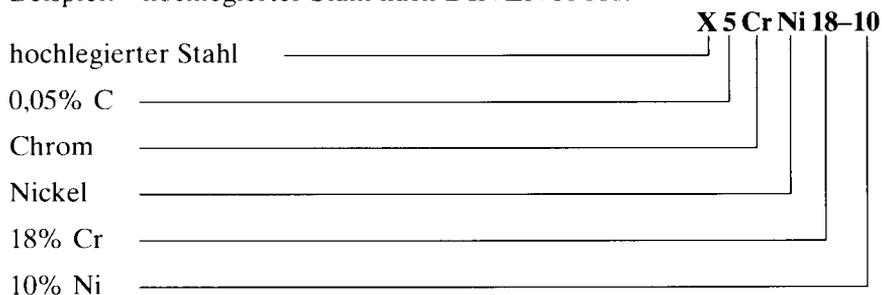
Beispiel: legierter Stahl nach DIN EN 10 083



- *hochlegierte Stähle (außer Schnellarbeitsstähle)*

Die Hauptsymbole bestehen aus einem X und einer Zahl, die dem Hundertfachen des mittleren Kohlenstoffgehaltes entspricht, gefolgt von den Symbolen für die den Stahl charakterisierenden Legierungselemente und Zahlen, getrennt durch Bindestrich, die den mittleren, auf ganze Zahlen gerundeten Gehalt der Elemente angeben.

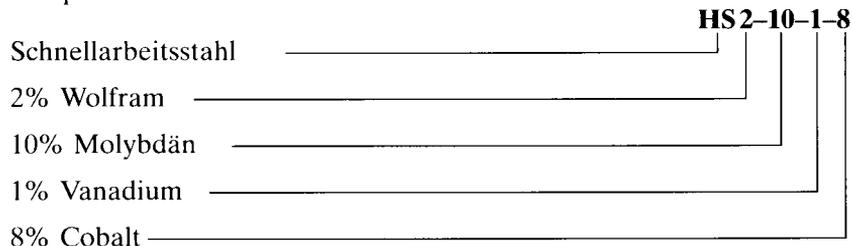
Beispiel: hochlegierter Stahl nach DIN EN 10 088:



- *Schnellarbeitsstähle*

Als Hauptsymbole werden HS (derzeitig noch S) gefolgt von Zahlen, die durch Bindestrich getrennt, den prozentualen Gehalt der Legierungselemente in der Reihenfolge Wolfram – Molybdän – Vanadium – Cobalt angeben, verwendet.

Beispiel: Schnellarbeitsstahl nach DIN EN XXXX*:



* z. Z. noch keine DIN EN, derzeit gültig: DIN 17 350 mit der Stahlbezeichnung S 2-10-1-8

Für Stahlerzeugnisse können, getrennt durch ein Pluszeichen, noch Symbole für den Behandlungszustand oder für besondere Anforderungen hinzugefügt werden.

Beispiel:

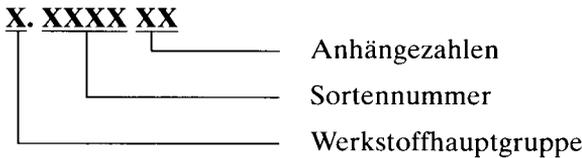
+LC

LC = Geglüht zur Erzielung kugeligter Carbide

Die Bedeutung hier nicht genannter Zusatzsymbole ist der DIN V 17 006 Teil 100 bzw. dem DIN-Normenheft 3 [2.3] zu entnehmen.

2.1.1.2 Werkstoffnummern

Die Werkstoffbezeichnung nach einem Nummernsystem hat sich für alle Werkstoffe, auch für nichtmetallische, durchgesetzt (DIN 17 007). Das Nummernsystem besteht aus einer siebenstelligen Ziffernfolge:



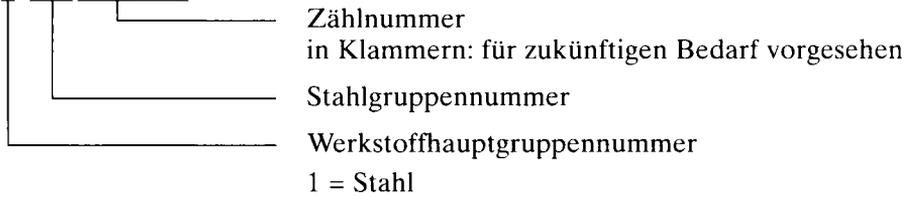
Die Ziffern für die Werkstoffhauptgruppen wurden nach folgendem Rahmenplan vergeben (Tab. 2.5):

Tabelle 2.5 Rahmenplan für Werkstoffhauptgruppen nach DIN 17 007

Ziffer	Hauptgruppe
0 und 1	Eisen und Stahl
0	Roheisen und Ferrolegierungen
1	Stahl
2 + 3	Nichteisenmetalle
2	Schwermetalle außer Eisen
3	Leichtmetalle
4 bis 8	Nichtmetallische Werkstoffe
9	frei für interne Benutzung

Werkstoffnummern für Stahl

Für die Kennzeichnung mit Werkstoffnummern wurde für Stahl die DIN EN 10 027-2 eingeführt (Ersatz für DIN 17 007 Teil 2 sowie Angaben zum Werkstoff Stahl in DIN 17 007 Teil 1). Für alle Stähle, die in europäischen Normen enthalten sind, wird eine Werkstoffnummer nach diesem System festgelegt. Die Werkstoffnummern gelten zusätzlich zu den bereits erläuterten Kurznamen nach DIN EN 10 027-1. Die Werkstoffnummern bestehen aus bis zu 7 Ziffern und sind nach folgendem Schema aufgebaut:

1. XX XX (XX)

Es entfallen die früher in DIN 17007 für Stahl enthaltenen Anhängeszahlen für das Stahlgewinnungsverfahren und den Behandlungszustand.

In DIN EN 10027-2 wurde eine Einteilung der Stähle in Stahlgruppen entsprechend EN 10020 und nach kennzeichnenden Merkmalen (z. B. Zugfestigkeit R_m , C-Gehalt, Legierungselemente) vorgenommen. Die Stahlgruppennummern bedeuten dabei:

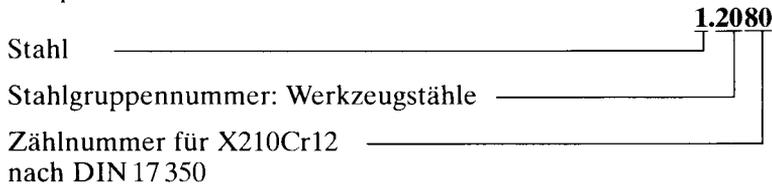
Unlegierte Stähle

00 und 90	Grundstähle
01-07 und 91-97	Qualitätsstähle
10-19	Edelstähle

Legierte Stähle

08 und 09; 98 und 99	Qualitätsstähle
20-29	Werkzeugstähle
30-39	verschiedene Stähle
40-49	chemisch beständige Stähle
50-89	Bau-, Maschinenbau- und Behälterstähle

Beispiel:

**2.1.2 Bezeichnungssysteme für Gußeisen**

Für Gußeisen wurde nach prEN 1560 ein Europäisches Bezeichnungssystem für Kurzzeichen und Werkstoffnummern eingeführt, das sich von dem bisherigen System wesentlich unterscheidet. Deshalb soll zunächst das neue System und anschließend das bisherige, das auch weiterhin für Gußeisen nach noch bestehenden DIN-Normen gültig ist, betrachtet werden.

2.1.2.1 Kurzzeichen

Die Kurzzeichen für die einzelnen Gußeisenwerkstoffe setzen sich nach prDIN EN 1560 aus bis zu 6 Teilen zusammen, wobei einige (Mikro- oder Makrostruktur und zusätzliche Anforderungen) nur erforderlichenfalls angegeben werden. Obligatorisch sind die in der Tabelle 2.6 aufgeführten Zeichen in der gegebenen Reihenfolge.