



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Werkstofftechnik für Metallbauberufe

von
Dr. Eckhard Ignatowitz

Mit Eigenschafts- und Maßtabellen sowie Bearbeitungsrichtwerten für
– **Werkstoffe** – **Halbzeuge** – **Normteile** – **Hilfsstoffe** – **Bauteile** –

5. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 15414

1	Übersicht und Einteilung	9	6.2	Stähle und Gusseisenwerkstoffe	36
1.1	Rohstoffe, Werkstoffe, Hilfsstoffe	9	6.2.1	Unlegierte Baustähle	36
1.2	Einteilung der Werkstoffe	11	6.2.2	Schweißgeeignete Feinkornbaustähle ...	37
2	Werkstoffeigenschaften	12	6.2.3	Wetterfeste Baustähle	37
2.1	Physikalische Eigenschaften	12	6.2.4	Stähle für Bleche und Band	38
2.2	Mechanisch-technische Eigenschaften ...	13	6.2.5	Nichtrostende Stähle	39
2.3	Fertigungstechnische Eigenschaften ...	14	6.2.6	Maschinenbaustähle	40
2.4	Chemisch-technische Eigenschaften ...	15	6.2.7	Werkzeugstähle	42
2.5	Umwelt-Eigenschaften	15	6.2.8	Gusseisenwerkstoffe	44
3	Roheisengewinnung und Stahlherstellung	16	6.2.9	Stahlguss	44
3.1	Chemische Grundlagen der Metallgewinnung	16	7	Stahlerzeugnisse	46
3.2	Eisenerze	17	7.1	Langerzeugnisse aus Stahl	47
3.3	Roheisengewinnung im Hochofen	17	7.1.1	Warmgewalzte Stäbe (Stabstähle)	47
3.4	Roheisenerzeugung durch Direktreduktions-Verfahren	18	7.1.2	Warmgewalzte Profile (Formstähle, Profilstähle, Träger)	47
3.5	Stahlherstellung mit dem Sauerstoff-Aufblasverfahren	19	7.1.3	Geschweißte Profile (Wabenträger)	48
3.6	Stahlherstellung mit dem Elektrostahlverfahren	19	7.1.4	Stahlhohlprofile und Stahlrohre	48
3.7	Nachbehandlung des flüssigen Stahls	20	7.1.5	Kaltprofile	49
3.8	Vergießen des flüssigen Stahls	21	7.2	Rahmen-Hohlprofile (RP-Profile) aus Stahl für Fenster, Türen, Geländer	49
	Übersicht: Roheisengewinnung und Stahlherstellung	22	7.3	Flacherzeugnisse aus Stahl	51
3.9	Vorgänge im Werkstoff bei der Metallherstellung	23	7.4	Stahl-Ausbauerzeugnisse	52
4	Verarbeitung zu Stahlerzeugnissen ..	24	7.5	Betonstabstahl und Betonstahlmatten ..	52
4.1	Warmwalzen	24	7.6	Stahldraht und Drahterzeugnisse	53
4.2	Strangpressen	26	7.7	Schmiedeeiserne Zier-Bauteile	53
4.3	Rohrherstellung	26	8	Der innere Aufbau der Metalle	54
4.4	Kaltumformen	26	8.1	Gefüge und kristalline Struktur	54
5	Kurzbezeichnung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe	28	8.2	Die Kristallgittertypen der Metalle	55
5.1	Kurznamen für Stähle	28	8.3	Der reale kristalline Aufbau	55
5.2	Kurznamen für Gusseisenwerkstoffe	31	8.4	Kristalline Struktur und Eigenschaften ..	56
5.3	Die alten Kurznamen für Stähle und Gusseisenwerkstoffe	32	8.5	Gefüge und Eigenschaften	57
5.4	Werkstoffnummern für Stähle, Stahlguss und Gusseisenwerkstoffe	33	8.6	Gefügearten der Eisen-Werkstoffe	58
6	Die wichtigsten Stähle und Gusseisenwerkstoffe	34	8.7	Schmelz- und Erstarrungsverhalten der Metalle, Zustandsschaubilder	60
6.1	Einteilung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe	34	8.8	Das Eisen-Kohlenstoff-Zustandsschaubild	62
			9	Wärmebehandlung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe	64
			9.1	Glühen	65
			9.2	Härten	66
			9.2.1	Arbeitsschritte	66
			9.2.2	Gittervorgänge und Gefügeveränderungen beim Härten	69
			9.2.3	Zeit-Temperatur-Umwandlungsschaubild (ZTU-Schaubild)	71
			9.3	Vergüten	71
			9.4	Verfahren zum Härten der Randzone ...	72

9.5	Wärmebehandlung der Baustähle für den Stahlbau und das Bauwesen	73	13.5	Titan und Titanlegierungen	106
9.6	Wärmebehandlung der Vergütungsstähle	73	13.6	Magnesium und Mg-Legierungen	106
9.7	Wärmebehandlung der Werkzeugstähle	74	13.7	Legierungsmetalle	107
9.8	Wärmebehandlung der nichtrostenden Stähle	75	13.8	Hochschmelzende Metalle	107
9.9	Wärmebehandlung der Stähle für Randzonenhärtung	76	13.9	Edelmetalle	107
10	Werkstoffkundliches Wissen beim Verarbeiten der Werkstoffe	77	14	Lote und Flussmittel	108
10.1	Vorgänge beim Umformen	77	14.1	Werkstoffkundliche Vorgänge beim Löten	108
10.2	Biegeumformen (Kaltverformung)	78	14.2	Lötverfahren	110
10.3	Schmieden	78	14.3	Weichlote	110
10.5	Spanen	79	14.4	Hartlote	111
10.5	Schweißen	81	14.5	Durchführung der Lötarbeiten	113
10.5.1	Wichtige Schweißverfahren	81	15	Korrosion und Korrosionsschutz	114
10.5.2	Werkstoffkundliche Gesichtspunkte beim Schweißen	84	15.1	Elektrochemische Korrosion	114
10.6	Löten	86	15.1.1	Elektrochemische Sauerstoffkorrosion	114
10.7	Kleben	86	15.1.2	Elektrochemische Korrosion an Korrosionselementen (Kontaktkorrosion)	115
10.8	Schraubenverbindungen	87	15.2	Korrosion bei hohen Temperaturen	117
11	Aluminium und Aluminiumlegierungen	88	15.3	Erscheinungsformen der Korrosion	117
11.1	Aluminium-Herstellung	88	15.4	Einflussfaktoren auf die Korrosion eines Bauteils	118
11.2	Eigenschaften und Verwendung	89	15.5	Auswahl der Werkstoffe nach dem Korrosionsverhalten	119
11.3	Aluminium-Werkstoffarten	86	15.6	Korrosionsschutzgerechte Konstruktion	120
11.4	Kurzbezeichnung von Al-Werkstoffen	90	15.7	Korrosionsschutz von Stahlbauteilen	121
11.5	Härten von Aluminiumlegierungen	91	15.7.1	Vorbereiten der Stahloberfläche	121
11.6	Genormte Aluminiumwerkstoffe	91	15.7.2	Rostgrade und Oberflächenvorbereitungsgrade	122
11.7	Aluminium-Halbzeuge	92	15.7.3	Korrosionsschutzbeschichtungen auf Stahlbauten	122
11.8	Verarbeitung von Al-Werkstoffen	94	15.7.4	Korrosionsschutz durch Feuerverzinken	124
11.9	Fügen von Aluminiumbauteilen	96	15.7.5	Feuerverzinkung und Beschichtung (Duplex-Systeme)	125
12	Kupfer und Kupferlegierungen	98	15.7.6	Katodischer Korrosionsschutz von Stahl-Bauteilen	125
12.1	Kupfer-Gewinnung	98	15.8	Korrosion und Korrosionsschutz von nichtrostenden Stählen	126
12.2	Allgemeine Eigenschaften und Verwendung von Kupfer	98	15.9	Korrosionsschutz von Aluminium-Bauteilen	127
12.3	Unlegierte Kupfersorten	99	15.9.1	Anodische Oxidation	127
12.4	Niedrig legierte Kupferwerkstoffe	100	15.9.2	Farbbeschichtungen und Überzüge auf Aluminium-Bauteilen	128
12.5	Kupfer-Zink-Legierungen (Messing)	100	15.10	Korrosion und Korrosionsschutz von Kupferwerkstoffen	129
12.6	Kupfer-Zinn-Legierungen und Kupfer-Zinn-Mehrstofflegierungen	102	16	Sinterwerkstoffe	130
12.7	Kupfer-Nickel-Legierungen und Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen	103	16.1	Herstellung von Sinterteilen	130
12.8	Kupfer-Aluminium-Legierungen	103	16.2	Besonderheiten der Sintertechnik	131
13	Weitere technisch wichtige Metalle	104	16.3	Sintermetalle	132
13.1	Zink und Zinklegierungen	104	16.4	Hartmetalle	133
13.2	Zinn und Zinnlegierungen	105	16.5	Schneidkeramik	134
13.3	Blei und Bleilegierungen	105			
13.4	Nickel und Nickellegierungen	106			

17	Kunststoffe (Plaste)	135	19.9	Sicherheitsverglasungen	161
17.1	Eigenschaften und Anwendung	135	19.10	Weitere Glasprodukte	162
17.2	Herstellung und innerer Aufbau	136	20	Schmierstoffe und Reinigungsmittel	163
17.3	Technische Einteilung	138	20.1	Schmierstoffe	163
17.4	Thermoplaste	139	20.2	Kühlschmierstoffe	164
17.5	Duroplaste	141	20.3	Reinigungsmittel	165
17.6	Elastomere (Elaste, Gummi, Kautschuk)	142	21	Baustoffe	166
17.7	Bestimmen der Kunststoffart	143	21.1	Mauerwerksbaustoffe	166
17.8	Halbzeug- und Fertigteile-Herstellung (Urformen)	143	21.2	Bauwerksteile aus Beton	167
17.9	Weiterverarbeitung der Halbzeuge	145	21.3	Bauholz	167
17.10	Schweißen von Kunststoffen	146	21.4	Verbundplatten	167
17.11	Kleben von Kunststoffen	147	21.5	Verbindungsmittel (Mörtel)	168
17.12	Klebstoffe	148	21.6	Einwirkungen von Mörtel auf Metall-Bauteile	168
17.13	Spezielle Anwendungen von Kunststoffen im Metallbau	148	21.7	Befestigen von Metall-Bauteilen an Bauwerken	169
18	Verbundwerkstoffe	151	22	Werkstoffprüfung	170
18.1	Innerer Aufbau	151	22.1	Einfache Prüfungen in der Werkstatt	170
18.2	Faserverstärkte Verbundwerkstoffe	152	22.2	Mechanisch-technische Prüfverfahren für Erzeugnisformen	172
18.3	Stahlbeton-Verbunde	153	22.3	Zugversuch	174
18.4	Teilchenverstärkte Verbundwerkstoffe ..	154	22.4	Druckversuch	176
18.5	Schichtverbundwerkstoffe	155	22.5	Scherversuch	176
19	Glas und Glasbauteile	157	22.6	Härteprüfungen	176
19.1	Herstellung von Flachglas	157	22.7	Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy ..	180
19.2	Eigenschaften von Glas	158	22.8	Dauerschwingfestigkeits-Prüfung	180
19.3	Gussglassorten	158	22.9	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfungen ...	181
19.4	Fenster- und Spiegelglas	158	22.10	Metallografische Untersuchungen	183
19.5	Verglasungen für Wärmeschutz- fenster	159	22.11	Prüfung der Werkstoffzusammen- setzung (Werkstoffanalyse)	184
19.6	Verglasungen mit Wärme- und Sonnenschutz	160	22.12	Prüfung der Kunststoffe	185
19.7	Schallschutzverglasungen	160	22.13	Kennwerte wichtiger Kunststoffe	186
19.8	Brandschutzverglasungen	161			

Inhaltsverzeichnis Tabellentitel

189

Werkstoffkundliche Grundlagen	192	Kurzbezeichnung für Stähle und Gusseisenwerkstoffe	197
Periodensystem der Elemente, physikalische und chemische Eigenschaften der Elemente	192	Kurznamen für Stähle nach europäischer Norm DIN EN 10 027-1	197
Technisch wichtige Chemikalien und Substanzen, Eigenschaften, Verwendung	193	Werkstoffnummern für Stähle nach europäischer Norm DIN EN 10 027-2	199
Physikalische Eigenschaften: Metalle, Legierungen, Nichtmetalle, Flüssigkeiten, Gase	195	Kurznamen für Gusseisenwerkstoffe nach europäischer Norm DIN EN 1560	200
Physikalische Größen und ihre gesetzlichen Einheiten (SI-Einheiten)	196	Die alten Kurznamen für Stähle und Gusseisen	200

Stähle und Gusseisenwerkstoffe	201	Drehen: Klemmhalter mit Wendeschneid- platte, Richtwerte für das Drehen	229, 230
Unlegierte Baustähle, schweißgeeignete		Fräsen: Fräsarbeiten, Richtwerte	230
Feinkornbaustähle	201	Schleifen, Schleifscheiben, Bezeichnung	231
Wetterfeste Baustähle, Nichtrostende Stähle, Vergütungsstähle	201	Oberflächenbearbeitung von nichtrostenden Stählen	232
Werkzeugstähle, Betonstahl	203		
Gusseisenwerkstoffe, Stahlguss	204		
		Schweißen	233
Stahlerzeugnisse	205	Schweißverfahren, Schweißnahtarten und Schweißnahtvorbereitung, Schweißpositionen, zeichnerische Darstellung, Brennschneiden	233
Flacherzeugnisse aus Stahl (nicht korrosions- geschützt)	205	Gasschmelzschweißen, Gasentnahmemengen, Schweißstäbe, Richtwerte	234
Korrosionsgeschützte Flacherzeugnisse aus Stahl	206	Lichtbogenhandschweißen (E-Schweißen), Umhüllte Stabelektroden zum E-Schweißen für die verschiedenen Stahlsorten	235, 236
Flacherzeugnisse und Fertigerzeugnisse aus Stahl	207	Lichtbogenhandschweißen: Zuordnung der Stabelektroden für Werkstoffe	237
Flacherzeugnisse, Blechprofile und Rahmen- profile aus Stahl (für Fenster)	208	Berechnung des Elektrodenbedarfs beim Lichtbogen-Schmelzschweißen	238, 239
Streckgitter, Gitterroste, Ankerschienen, Betonstabstahl, Stahldraht, Drahtseile	210	Schutzgasschweißen (SG-Schweißen), SG-Schweißverfahren, Schutzgase	240
Rundstahlketten, Drahtgeflechte, Drahtgewebe, Drahtgitter, Wandkassetten	211	Drahtelektroden, Schweißstäbe und Schweißgut zum Schutzgasschweißen (MAG, MIG, WIG, WP) verschiedener Stahlsorten	241, 242
Schmiedeeiserne Zier-Bauelemente	211	Zuordnung von Drahtelektroden bzw. Schweiß- stäben für das Schutzgasschweißen	243
Flächen- und längenbezogene Massen von Fertigerzeugnissen	211	Einstellwerte und Elektrodenbedarf beim Schutzgasschweißen	244
Warmgewalzte Stäbe (Stabstähle), Blankstahl- erzeugnisse	212	Hauptnutzungszeit beim Lichtbogen- Schmelzschweißen	245
Warmgewalzte Profile (Formstähle, Profilstähle)	213 ... 215	Metall-Schutzgasschweißen mit Fülldraht- elektroden	246
Warmgewalzte Profile: Träger	216 ... 217	Unterpulverschweißen, Bolzenschweißen	247
Mantelflächen von Stahl-Langerzeugnissen	218	Bewertung der Unregelmäßigkeiten von Lichtbogen-Schweißverbindungen bei Stahl	248
Stahlhohlprofile (quadratisch, rechteckig, rund) .	219		
Stahlhohlprofile, Stahlrohre	220		
Festigkeitsberechnungen an Langerzeugnissen .	221		
		Löten	249
Der innere Aufbau der Metalle	222	Lötzusätze zum Hartlöten	249
Das Eisen-Kohlenstoff-Zustandsschaubild	222	Flussmittel zum Hartlöten	250
Gefügebilder von Stählen und Gusseisen ..	222, 223	Weichlote	250
		Flussmittel zum Weichlöten	251
		Lote und Flussmittel für das Löten von Kupfer- rohren in der Rohrinstallation	251
Wärmebehandlung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe	224		
Begriffsdefinitionen, Glüh-, Härte- und Anlasstemperaturen unlegierter Stähle	224	Schraubenverbindungen	252
Wärmebehandlung der Baustähle und Vergütungsstähle, Vergütungsschaubilder	225	Übersicht:	
Wärmebehandlung der Werkzeugstähle	226	Schrauben, Muttern, Scheiben	252
Bearbeitung und Verarbeitung von Stählen und Gusseisen	227		
Biegeumformen, Schmieden (Richtwerte)	227		
Bohren, Sägen mit der Bandsäge und der Metallkreissäge (Richtwerte)	228		

Aluminium und Aluminiumlegierungen . . .	253	Kunststoffsorten, allgemeine, physikalische und chemische Eigenschaften	280, 281
Kurznamen der Aluminiumwerkstoffe,		Bestimmen der Kunststoffart nach Erkennungsmerkmalen	282
Bezeichnung des Werkstoffzustands	253	Kunststoff-Halbzeuge: Stäbe, Tafeln, Bahnen, Formmassen, Rohre	283
Aluminiumwerkstoffe und ihre Eigenschaften	254	Verstärkte Kunststoffe: Kurzzeichen, Eigenschaften, Verwendung	284
Mechanische Eigenschaften von Stangen, Rohren und Profilen aus Aluminium	254	Verstärkte Kunststoff-Formmassen, Laminate, Rohre	285
Aluminium-Halbzeuge: Stangen, Bleche, Rohre, Hohlprofile, Profile	255	Richtwerte für die spanende Bearbeitung der Kunststoffe	286
Verarbeitung von Al-Werkstoffen: Richtwerte für das Biegen, Sägen, Bohren, Drehen, Fräsen	256	Schweißen der Kunststoffe	287
Schweißen und Löten von Al-Werkstoffen	257, 258	Kleben: Gestaltung von Klebeverbindungen, Klebstoffe, Vorbehandlung der Klebeflächen	288
Kupfer und Kupferlegierungen	259	Klebstoff-Auswahltabellen für Verklebungen von Kunststoffen	289
Kurznamen, Werkstoffnummern	259	Klebstoff-Auswahltabellen für Verklebungen verschiedenartiger Werkstoffe	290
Unlegierte Kupfersorten und Kupferlegierungen	259, 260	Fensterglas, Verglasungen	291
Halbzeuge aus Kupferwerkstoffen: Bleche, Stangen, Hohlstangen, Rohre, Draht	261, 262	Physikalisch-technische Eigenschaften von Fensterglas, Arten von Verglasungen	291
Schweißen und Löten von Kupferwerkstoffen	263	Wärmedurchgangskoeffizienten, bewertetes Schalldämmmaß von Verglasungen	291
Weitere technisch wichtige Metalle	264	Schmierstoffe	292
Zink-, Zinn-, Blei-, Nickel- und Titanwerkstoffe	264	Schmieröle, Schmierfette, feste Schmierstoffe	292
Korrosion und Korrosionsschutz	265	Werkstoffprüfung	293
Korrosionsarten, Korrosionsverhalten der Werkstoffe	265	Funkenbilder von Stählen (zur Werkstofferkennung)	293
Kontaktkorrosion, Spannungsreihe der Metalle . .	266	Zugversuch	294
Ermitteln des geeigneten Korrosionsschutzes, Korrosivitätskategorien	267	Druckversuch, Scherversuch, Kerbschlagbiegeversuch, Dauerschwingversuch	295
Vorauswahl und Vorbereitung für den Korrosionsschutz	268	Härteprüfungen: Brinell, Vickers, Martens, Rockwell	296, 297
Korrosionsschutz durch Feuerverzinken	269, 270	Umwertungstabelle für Härtewerte und Zugfestigkeit	297
Vorbereitung der Stahloberflächen zum Beschichten, Rostgrade, Oberflächenvorbereitungsgrade	271, 272	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	298
Korrosionsschutz-Beschichtungssysteme für Stahlbauten	273... 275	Gefügeschliffbilder von Stählen und Guss-eisenwerkstoffen	299
Korrosionsschutz für Aluminium-Bauteile	276	Elektronenmikroskopische Bilder von Bruchflächen	300
Sinterwerkstoffe	277	Sachwortverzeichnis	301
Sinterwerkstoffe: Einteilung, Eigenschaften, Verwendung	277	(mit englischer Übersetzung der Sachwörter)	
Schneidstoffe: Hartmetalle, Schneidkeramik	278	Bildnachweis und Quellenverzeichnis	311
Anwendungsbereiche und Klassifizierung harter Schneidstoffe	278		
Kunststoffe	279		
Kurzzeichen für Kunststoffe	279		
Kurzzeichen für Füll- und Verstärkungsstoffe in Kunststoffen	279		