



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**

<b>1</b>	<b>Übersicht und Einteilung</b> .....	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
<b>2</b>	<b>Werkstoffeigenschaften</b> .....	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
<b>3</b>	<b>Roheisengewinnung und Stahlherstellung</b> .....	16	6.2.9	Stahlguss .....	44
3.1	Chemische Grundlagen der Metallgewinnung .....	16	<b>7</b>	<b>Stahlerzeugnisse</b> .....	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
<b>4</b>	<b>Verarbeitung zu Stahlerzeugnissen</b> ..	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	<b>8</b>	<b>Der innere Aufbau der Metalle</b> .....	54
4.4	Kaltumformen .....	26	8.1	Gefüge und kristalline Struktur .....	54
<b>5</b>	<b>Kurzbezeichnung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe</b> .....	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
<b>6</b>	<b>Die wichtigsten Stähle und Gusseisenwerkstoffe</b> .....	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
			<b>9</b>	<b>Wärmebehandlung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe</b> .....	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
<b>10</b>	<b>Werkstoffkundliches Wissen beim Verarbeiten der Werkstoffe</b>	<b>77</b>	<b>14</b>	<b>Lote und Flussmittel</b>	<b>108</b>
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	<b>15</b>	<b>Korrosion und Korrosionsschutz</b>	<b>114</b>
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
<b>11</b>	<b>Aluminium und Aluminiumlegierungen</b>	<b>88</b>	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
<b>12</b>	<b>Kupfer und Kupferlegierungen</b>	<b>98</b>	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	<b>16</b>	<b>Sinterwerkstoffe</b>	<b>130</b>
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
<b>13</b>	<b>Weitere technisch wichtige Metalle</b>	<b>104</b>	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			

<b>17</b>	<b>Kunststoffe (Plaste)</b> .....	135	19.9	Sicherheitsverglasungen .....	161
17.1	Eigenschaften und Anwendung .....	135	19.10	Weitere Glasprodukte .....	162
17.2	Herstellung und innerer Aufbau .....	136	<b>20</b>	<b>Schmierstoffe und Reinigungsmittel</b> .....	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	<b>21</b>	<b>Baustoffe</b> .....	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
<b>18</b>	<b>Verbundwerkstoffe</b> .....	151	<b>22</b>	<b>Werkstoffprüfung</b> .....	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
<b>19</b>	<b>Glas und Glasbauteile</b> .....	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

<b>Werkstoffkundliche Grundlagen</b> .....	192	<b>Kurzbezeichnung für Stähle und Gusseisenwerkstoffe</b> .....	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

<b>Stähle und Gusseisenwerkstoffe</b> .....	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		
		<b>Schweißen</b> .....	233
<b>Stahlerzeugnisse</b> .....	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		
		<b>Löten</b> .....	249
<b>Der innere Aufbau der Metalle</b> .....	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
<b>Wärmebehandlung der Stähle und Gusseisenwerkstoffe</b> .....	224		
Begriffsdefinitionen, Glüh-, Härte- und Anlasstemperaturen unlegierter Stähle .....	224		
Wärmebehandlung der Baustähle und Vergütungsstähle, Vergütungsschaubilder .....	225		
Wärmebehandlung der Werkzeugstähle .....	226		
		<b>Schraubenverbindungen</b> .....	252
<b>Bearbeitung und Verarbeitung von Stählen und Gusseisen</b> .....	227	Übersicht:	
Biegeumformen, Schmieden (Richtwerte) .....	227	Schrauben, Muttern, Scheiben .....	252
Bohren, Sägen mit der Bandsäge und der Metallkreissäge (Richtwerte) .....	228		

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