

Inhaltsverzeichnis

1	Werkstoffe und ihre Bedeutung	1
1.1	Der Begriff Werkstoff	1
1.2	Umgang mit Werkstoffen	1
1.3	Werkstoffe und Wirtschaft	2
1.3.1	Werkstoffkreislauf	3
1.3.2	Wie viele Werkstoffe werden produziert?	3
1.3.3	Verfügbarkeit von Werkstoffen	4
1.3.4	Was kosten Werkstoffe?	4
1.3.5	Wie werden Werkstoffe bezeichnet?	5
1.3.6	In welcher Form werden Werkstoffe angeboten?	6
1.4	Werkstoffe und Umwelt	6
1.4.1	Anforderungen an Werkstoffe	6
1.4.2	Recycling von Werkstoffen	6
1.4.3	Ökobilanzen	7
1.5	Auswahl von Werkstoffen	7
1.5.1	Eigenschaftsprofil	8
1.5.2	Performance Indices P.I.	9
1.6	Werkstoffeinsatz am Beispiel eines Stirnradschneckengetriebes	9
1.6.1	Was ist ein Stirnradschneckengetriebe?	10
1.6.2	Auswahl der Werkstoffe für die Schneckenstufe	11
1.6.3	Werkstoffe für Bauteile des Stirnradschneckengetriebes	12
	Weiterführende Literatur	14
2	Einteilung und strukturelle Betrachtung von Werkstoffen	15
2.1	Was sind Stoffe?	15
2.1.1	Einteilung von Stoffen	15
2.1.2	Wann wird ein Stoff zum Werkstoff?	16
2.2	Werkstoffe und ihre Einteilung	16
2.2.1	Einteilung von Werkstoffen nach ihrer Art	16
2.2.2	Einteilung der Werkstoffe nach Dichte	18
2.2.3	Einteilung von Werkstoffen nach weiteren Kriterien	18

2.3	Betrachtung der Zusammensetzung und der Struktur von Werkstoffen...	20
2.3.1	Zusammensetzung von Werkstoffen	20
2.3.2	Strukturebenen	21
2.4	Feinstruktur von Werkstoffen	23
2.4.1	Zusammenhalt der Feinstruktur	23
2.4.2	Ordnungszustand der Feinstruktur	25
2.5	Zusammenhang Technologie/Struktur/Eigenschaften	27
	Weiterführende Literatur	28
3	Eigenschaften von Werkstoffen und ihre Ermittlung	29
3.1	Physikalische Eigenschaften	29
3.2	Mechanische Eigenschaften	29
3.2.1	Was ist mechanische Beanspruchung?	29
3.2.2	Eigenspannungen	30
3.2.3	Kerbwirkung	31
3.2.4	Verhalten von Werkstoffen bei Zugbelastung	31
3.2.5	Steifigkeit	32
3.2.6	Festigkeit und Härte	32
3.2.7	Verformbarkeit und Zähigkeit	33
3.2.8	Weitere mechanische Eigenschaften	33
3.3	Thermische Eigenschaften	34
3.4	Technologische Eigenschaften	35
3.4.1	Fertigungstechnik	35
3.4.2	Eignung für fertigungstechnische Verfahren	36
3.5	Chemisch-technische Eigenschaften	36
3.6	Anisotropie und Isotropie	36
3.7	Kennzeichnung von Eigenschaften	37
3.7.1	Werkstoffkennwerte	37
3.7.2	Gewichtsbezogene Eigenschaften	38
3.8	Ermittlung von Eigenschaften – Werkstoffprüfung	39
3.8.1	Mechanische Prüfungen	39
3.8.2	Technologische Prüfungen	44
3.8.3	Zerstörungsfreie Prüfungen	44
3.8.4	Materialographische Prüfungen	45
3.8.5	Chemisch-technische Prüfungen	47
3.8.6	Werkstoffprüflaboratorien	48
	Weiterführende Literatur	48
4	Grundlagen der Metallkunde	49
4.1	Reine Metalle und Legierungen	49
4.1.1	Reine Metalle	49
4.1.2	Legierungen	50

4.2	Kristalline Struktur von Metallen	51
4.2.1	Idealkristalle	51
4.2.2	Metallgitter	53
4.2.3	Allotropie	55
4.2.4	Realkristalle	56
4.3	Gefüge von Metallen	57
4.3.1	Merkmale und Entstehung eines Gefüges	58
4.3.2	Ausrichtung von Körnern – Textur	61
4.3.3	Mischkristalle	62
4.3.4	Intermetallische Verbindungen	64
4.3.5	Kristallgemische	65
4.3.6	Zustandsdiagramme von Legierungen	66
4.4	Allgemeine Eigenschaften von Metallen	68
4.5	Mechanische Eigenschaften von Metallen	69
4.5.1	Festigkeit und Steifigkeit	69
4.5.2	Spannungs-Dehnungs-Kurven von Metallen	70
4.5.3	Kriechen von Metallen	74
4.5.4	Verformbarkeit	75
4.5.5	Härte	76
4.5.6	Dauerfestigkeit (Schwingfestigkeit)	78
4.5.7	Zähigkeit	80
4.5.8	Zusammenfassender Überblick mechanischer Eigenschaften	82
4.6	Kalt- und Warmumformung von Metallen	82
4.6.1	Kaltumformung	83
4.6.2	Warmumformung	85
4.6.3	Vergleich von Kalt- und Warmumformung	86
4.6.4	Kaltverformung und Rekristallisation	86
4.7	Technologische Eigenschaften von Metallen	87
4.8	Korrosionsbeständigkeit von Metallen	88
4.8.1	Grundlegende Informationen	88
4.8.2	Ursachen der Korrosionsbeständigkeit	89
4.8.3	Ermittlung der Korrosionsbeständigkeit	90
4.8.4	Grundprinzipien des Korrosionsschutzes	90
	Weiterführende Literatur	92
5	Eisenwerkstoffe – Stähle und Gusseisen	93
5.1	Einteilung der Eisenwerkstoffe	93
5.2	Eisen	94
5.2.1	Eigenschaften von Eisen	94
5.2.2	Gewinnung von Eisen	96

5.3	Das System Eisen-Kohlenstoff	97
5.3.1	Gefügebestandteile von Eisen-Kohlenstoff-Legierungen	97
5.3.2	Das Zustandsdiagramm Eisen-Kohlenstoff	97
5.3.3	Austenitumwandlung	101
5.3.4	ZTU-Diagramm	103
5.4	Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen	104
5.4.1	Zweck und Verfahren der Wärmebehandlung	104
5.4.2	Glühbehandlung von Stahl	106
5.4.3	Härten von Stahl	107
5.4.4	Oberflächenbehandlungen von Stahl	108
5.5	Herstellung von Stahl	111
5.6	Zusammensetzung und das Bezeichnungssystem der Stähle	112
5.6.1	Woraus bestehen Stähle?	112
5.6.2	Begleitelemente und ihre Wirkung	112
5.6.3	Unlegierte Stähle	113
5.6.4	Legierte Stähle	115
5.6.5	Bezeichnungssystem der Stähle	117
5.6.6	Güteklassen und Handelsformen von Stahl	121
5.7	Baustähle	122
5.7.1	Bewertung der Schweißbarkeit von Baustählen	122
5.7.2	Allgemeine Baustähle (unlegierte Baustähle)	123
5.7.3	Wetterfeste Baustähle	124
5.7.4	Feinkornbaustähle	125
5.8	Stähle für Wärmebehandlung	126
5.8.1	Bewertung der Härtbarkeit von Stählen	126
5.8.2	Vergütungsstähle	127
5.8.3	Stähle für Oberflächenbehandlungen	129
5.9	Korrosionsbeständige Stähle	132
5.9.1	Korrosionsbeständigkeit der Stähle	132
5.9.2	Einteilung korrosionsbeständiger Stähle	133
5.9.3	Eigenschaften und Anwendung korrosionsbeständiger Stähle ...	134
5.10	Wärmebeständige Stähle	137
5.10.1	Anforderungen an wärmebeständige Stähle	137
5.10.2	Einteilung und Anwendung wärmebeständiger Stähle	137
5.11	Werkzeugstähle	138
5.11.1	Anforderungen an Werkzeugstähle	139
5.11.2	Einfluss der Temperatur auf die Härte	139
5.11.3	Einteilung der Werkzeugstähle	139
5.11.4	Anwendung von Werkzeugstählen	141
5.12	Weiche Stähle zum Kaltumformen	142
5.13	Stähle für spezielle Bauteile	143
5.13.1	Federstähle	143
5.13.2	Wälzlagerstähle	143

5.14	Automatenstähle	145
5.15	Mehrphasenstähle	145
5.16	Einsatzgebiete von Stahl	146
5.17	Eisengusswerkstoffe	147
5.17.1	Stahlguss	147
5.17.2	Gusseisen	148
5.17.3	Einteilung und Bezeichnung von Gusseisen	149
5.17.4	Gusseisen mit Lamellen-, Kugel- und Vermiculargraphit.	150
5.17.5	Temperguss	153
5.17.6	Einsatzgebiete von Eisengusswerkstoffen	154
5.18	Produktion von Eisenwerkstoffen	154
5.18.1	Produktion von Roheisen	154
5.18.2	Produktion von Stahl	155
5.18.3	Produktion von Eisengusswerkstoffen	155
5.19	Recycling von Eisenwerkstoffen	156
	Weiterführende Literatur	157
6	Aluminiumwerkstoffe	159
6.1	Aluminium	159
6.1.1	Eigenschaften von Aluminium	159
6.1.2	Gewinnung von Aluminium	160
6.2	Aushärten von Aluminiumlegierungen	161
6.2.1	Allgemeines zum Aushärten	161
6.2.2	Verfahrensschritte beim Aushärten	163
6.3	Typen und Eigenschaften von Aluminiumwerkstoffen	163
6.3.1	Einteilung und Bezeichnung von Aluminiumwerkstoffen	164
6.3.2	Nicht aushärtbare Aluminium-Knetlegierungen	165
6.3.3	Aushärtbare Aluminium-Knetlegierungen	166
6.3.4	Aluminium-Gusslegierungen	168
6.3.5	Aluminiumschäume	169
6.4	Anwendung von Aluminiumwerkstoffen	170
6.4.1	Einsatzgebiete von Aluminiumwerkstoffen	170
6.4.2	Anwendung von Aluminium-Knetlegierungen	171
6.4.3	Anwendung von Aluminium-Gusslegierungen	172
6.5	Produktion von Aluminiumwerkstoffen	172
6.6	Recycling von Aluminiumwerkstoffen	173
	Weiterführende Literatur	174
7	Kupferwerkstoffe	175
7.1	Kupfer	175
7.1.1	Eigenschaften von Kupfer	175
7.1.2	Gewinnung von Kupfer	176

7.2	Typen und Eigenschaften von Kupferwerkstoffen.....	177
7.2.1	Bezeichnung von Kupferwerkstoffen	177
7.2.2	Kupfer-Zink-Legierungen (Messing).....	178
7.2.3	Kupfer-Zinn-Legierungen (Bronze).....	179
7.2.4	Weitere Kupferwerkstoffe.....	180
7.3	Anwendung von Kupferwerkstoffen	182
7.3.1	Einsatzgebiete von Kupferwerkstoffen.....	182
7.3.2	Anwendung von Messing.....	182
7.3.3	Anwendung von Bronze.....	183
7.4	Produktion von Kupferwerkstoffen.....	184
7.5	Recycling von Kupferwerkstoffen	185
	Weiterführende Literatur.....	185
8	Weitere Nichteisenmetalle	187
8.1	Magnesiumwerkstoffe	187
8.1.1	Eigenschaften und Gewinnung von Magnesium	187
8.1.2	Typen und Eigenschaften von Magnesiumwerkstoffen	189
8.1.3	Anwendung von Magnesiumwerkstoffen	192
8.1.4	Produktion und Recycling von Magnesiumwerkstoffen	193
8.2	Titanwerkstoffe.....	194
8.2.1	Eigenschaften und Gewinnung von Titan	194
8.2.2	Einteilung und Bezeichnung von Titanwerkstoffen	196
8.2.3	Typen und Eigenschaften von Titanwerkstoffen.....	196
8.2.4	Anwendung von Titanwerkstoffen	198
8.2.5	Titan als Implantatwerkstoff	198
8.2.6	Produktion und Recycling von Titanwerkstoffen.....	199
8.3	Nickelwerkstoffe.....	201
8.3.1	Eigenschaften und Gewinnung von Nickel	201
8.3.2	Typen und Eigenschaften von Nickelwerkstoffen	203
8.3.3	Anwendung von Nickelwerkstoffen.....	204
8.3.4	Produktion und Recycling von Nickelwerkstoffen	204
	Weiterführende Literatur.....	205
9	Grundlagen der Kunststoffkunde.....	207
9.1	Polymere	207
9.1.1	Herstellung von Polymeren	207
9.1.2	Bauprinzip von Polymeren	208
9.1.3	Struktur und Arten von Polymeren	210
9.2	Zusatzstoffe.....	213
9.3	Spezifikation von Kunststoffen.....	214
9.3.1	Einteilung von Kunststoffen	214
9.3.2	Bezeichnung der Kunststoffe.....	214
9.3.3	Handelsformen von Kunststoffen.....	215

9.4	Allgemeine Eigenschaften von Kunststoffen	215
9.5	Mechanische Eigenschaften von Kunststoffen	216
9.5.1	Abhängigkeit des Verhaltens von Zeit und Temperatur	217
9.5.2	Festigkeit und Steifigkeit	218
9.5.3	Spannungs-Dehnungs-Kurven von Kunststoffen	219
9.5.4	Verformbarkeit	221
9.5.5	Härte	222
9.5.6	Zähigkeit	223
9.5.7	Dauerfestigkeit	224
9.6	Thermische Eigenschaften von Kunststoffen	225
9.6.1	Spezifische Zustände unter Wärmeeinwirkung	225
9.6.2	Beeinflussung der Wärmebeständigkeit von Polymeren	226
9.6.3	Bestimmung der Wärmeformbeständigkeit	227
9.6.4	Brennbarkeit von Kunststoffen	228
9.7	Optische und elektrische Eigenschaften von Kunststoffen	229
9.8	Technologische Eigenschaften von Kunststoffen	229
9.9	Chemische Beständigkeit von Kunststoffen	229
9.10	Erkennen von Kunststoffen	230
9.11	Vergleich Metalle/Kunststoffe	230
	Weiterführende Literatur	231
10	Thermoplastische Kunststoffe	233
10.1	Verhalten von Thermoplasten unter Wärmeeinwirkung	233
10.1.1	Amorphe Thermoplaste	233
10.1.2	Teilkristalline Thermoplaste	234
10.2	Eigenschaften und Anwendung ausgewählter Thermoplaste	235
10.2.1	Einteilung und Eigenschaften von Thermoplasten	235
10.2.2	Massenkunststoffe	236
10.2.3	Technische Kunststoffe	241
10.2.4	Hochleistungskunststoffe	250
10.2.5	Polymerblends	257
10.3	Biokunststoffe	258
10.4	Einsatzgebiete der Thermoplaste	258
10.5	Produktion von Thermoplasten	259
10.6	Recycling von Thermoplasten	260
	Weiterführende Literatur	263
11	Duroplastische und elastomere Kunststoffe	265
11.1	Duroplaste	265
11.1.1	Herstellung von Bauteilen aus Duroplasten	265
11.1.2	Bezeichnung von Duroplasten	266
11.1.3	Verhalten von Duroplasten unter Wärmeeinwirkung	266
11.1.4	Eigenschaften und Anwendungen ausgewählter Duroplaste ...	267

11.2	Elastomere.....	269
11.2.1	Verhalten von Elastomeren unter Kraft- und Wärmeeinwirkung	269
11.2.2	Bezeichnung von Elastomeren	270
11.2.3	Eigenschaften und Anwendungen ausgewählter Elastomere ...	270
11.3	Produktion von Duroplasten und Elastomeren.....	272
11.4	Recycling von Duroplasten und Elastomeren	273
	Weiterführende Literatur	273
12	Keramische Werkstoffe und Glas	275
12.1	Einordnung und Einteilung keramischer Werkstoffe.....	275
12.2	Sintertechnische Herstellung von Keramik	276
12.2.1	Herstellung keramischer Werkstoffe	276
12.2.2	Möglichkeiten der Sintertechnik	277
12.3	Struktur und Eigenschaften keramischer Werkstoffe	277
12.3.1	Struktur von Keramik.....	277
12.3.2	Eigenschaften von Keramik.....	278
12.3.3	Vergleich Metalle/Keramiken	280
12.4	Silicatkeramik.....	280
12.5	Oxidkeramik.....	281
12.5.1	Aluminiumoxid.....	281
12.5.2	Zirkoniumdioxid.....	282
12.6	Nichtoxidkeramik	283
12.6.1	Elementare Werkstoffe.....	283
12.6.2	Metallische Hartstoffe.....	284
12.6.3	Silizium- und borbasierte Nichtoxidkeramik	284
12.7	Einsatzgebiete technischer Keramik	286
12.8	Produktion und Recycling keramischer Werkstoffe.....	286
12.9	Glas	287
12.9.1	Einteilung von Gläsern.....	288
12.9.2	Struktur von Glas	289
12.9.3	Herstellung von Glas	289
12.9.4	Eigenschaften von Glas	290
12.9.5	Anwendung von Glas.....	291
12.1.6	Produktion und Recycling von Glas	292
	Weiterführende Literatur.....	292
13	Verbundwerkstoffe.....	293
13.1	Aufbau von Verbundwerkstoffen.....	293
13.1.1	Aufgaben der Einzelstoffe	293
13.1.2	Matrixstoffe	293
13.2	Einteilung von Verbundwerkstoffen	294

13.3	Hartmetalle	295
13.3.1	Aufbau und Herstellung von Hartmetallen	295
13.3.2	Eigenschaften und Anwendung von Hartmetallen	295
13.3.3	Produktion und Recycling von Hartmetallen	296
13.4	Faserverbundwerkstoffe	297
13.4.1	Faserwerkstoffe	298
13.4.2	Beeinflussung der Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen	299
13.4.3	Mechanische Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen ...	301
13.4.4	Herstellung von Faserverbundwerkstoffen	302
13.4.5	Arten und Eigenschaften von Faserverbundwerkstoffen	303
13.4.6	Produktion und Recycling von Faserverbundwerkstoffen ...	305
13.5	Faserverstärkte Keramik	306
13.6	Metall Matrix Composites MMC	306
	Weiterführende Literatur	307
14	Werkstoffe mit besonderen Eigenschaften	309
14.1	Halbleiter	309
14.2	Formgedächtniswerkstoffe	310
14.2.1	Formgedächtniseffekt	310
14.2.2	Arten und Anwendung von Formgedächtniswerkstoffen	311
14.3	Piezoelektrische Werkstoffe	312
14.3.1	Voraussetzungen für die Piezoelektrizität	312
14.3.2	Typen und Anwendung piezoelektrischer Werkstoffe	312
	Weiterführende Literatur	313
	Anhang	315
	Stichwortverzeichnis	317