

Inhaltsverzeichnis

1 Überblick.....	1
1.1 Was ist ein Werkstoff?.....	1
1.2 Werkstoffkunde	2
1.3 Geschichte und Zukunft.....	4
2 Atomarer Aufbau kristalliner Stoffe	7
2.1 Atomaufbau	7
2.2 Die chemischen Elemente.....	8
2.2.1 Eigenschaften metallischer Elemente.....	9
2.2.2 Einteilung und Übersicht.....	9
2.2.3 Leichtmetalle	10
2.2.4 Schwermetalle	10
2.2.5 Bindungen zwischen Atomen.....	11
2.3 Anordnung der Atome im festen Körper	13
2.3.1 Kristallstrukturen.....	13
2.3.2 Modifikationen – Allotropie (Polymorphie).....	18
2.3.3 Kristallographische Ebenen.....	19
2.4 Reale kristalline Festkörper	23
2.4.1 Nulldimensionale Gitterstörungen.....	24
2.4.2 Eindimensionale Fehler	25
2.4.3 Zweidimensionale Fehler	29
2.4.4 Dreidimensionale Fehler	31
Fragen zu Kapitel 2.....	32
3 Legierungsbildung.....	33
3.1 Grundbegriffe	33
3.1.1 Substitutionsmischkristall	34
3.1.2 Einlagerungsmischkristall	35
3.2 Zustandsdiagramme von Zweistoffsystemen	35
3.2.1 Vollkommene Unlöslichkeit im flüssigen und im festen Zustand.....	36
3.2.2 Vollkommene Löslichkeit im flüssigen und im festen Zustand	37
3.2.3 Vollkommene Löslichkeit im flüssigen und vollkommene Un- löslichkeit im festen Zustand.....	39
3.2.4. Vollkommene Löslichkeit im flüssigen und teilweise Löslichkeit im festen Zustand	42
3.2.5 Peritektisches System	44
3.2.6 Verbindungsbildung	45
3.3 Zustandsdiagramme von Dreistoffsystmen	47
3.4 Reale Zustandsdiagramme	50

3.5 Gefügeänderungen im festen Zustand	51
3.5.1 Ausscheidungshärtung	51
3.5.2 Eutektoider Umwandlung.....	53
Fragen zu Kapitel 3.....	54
4 Thermisch aktivierte Vorgänge.....	55
4.1 Allgemeines	55
4.2 Diffusion	56
4.3 Kristallerholung und Rekristallisation	60
4.3.1 Kristallerholung.....	60
4.3.2 Rekristallisation.....	61
4.3.3 Weiteres Kornwachstum nach Rekristallisation.....	65
4.4 Sintervorgänge.....	68
Fragen zu Kapitel 4.....	70
5 Mechanische Eigenschaften.....	71
5.1 Einleitung.....	71
5.2 Reversible Verformung	72
5.2.1 Elastische Verformung.....	72
5.2.2 Hyperelastisches Verhalten.....	79
5.2.3 Anelastiche Verformung.....	79
5.3 Irreversible Verformung	80
5.3.1 Plastische Verformung	80
5.3.2 Verformungstexturen	90
5.3.3 Eigenspannungen	91
5.3.4 Viskose Verformung	93
5.3.5 Superplastizität	94
5.3.6 Kriechen	95
5.3.7 Relaxation	99
5.4 Schwingfestigkeitsuntersuchung	99
5.4.1 Grundlagen.....	99
5.4.2 Spannungskontrollierter Versuch (Wöhlerversuch)	102
5.4.3 Dehnungskontrollierter Versuch (Anrisskennlinie).....	103
5.4.4 Einflussgrößen auf die Dauerfestigkeit	106
5.5 Verfestigungsmechanismen	110
5.5.1 Kaltverfestigung	111
5.5.2 Mischkristallverfestigung.....	112
5.5.3 Ausscheidungshärtung	114
5.5.4 Verfestigung durch Kornverfeinerung	115
5.6 Bruchvorgänge und Bruchmechanik.....	115
5.6.1 Verformungsloser Bruch (Sprödbruch, Spaltbruch).....	117
5.6.2 Verformungsbruch	121
5.6.3 Ermittlung des J-Integrals (Bauteilcharakteristik).....	123
5.6.4 Ermittlung der zähbruchmechanischen Werkstoffkennwerte.....	124
5.6.5 Zeitstand- bzw. Kriechbruch	126
5.6.6 Zeit- und Dauerbruch	128

5.7 Zerstörungsfreie Prüfung	131
Fragen zu Kapitel 5.....	138
6 Eisenwerkstoffe.....	139
6.1 Gewinnung und Verarbeitung von Eisen	139
6.1.1 Erze und Erzaufbereitung	139
6.1.2 Roheisengewinnung	140
6.1.3 Roheisenweiterverarbeitung zu Stahl (Frischen).....	142
6.1.4 Verfahren der Nachbehandlung des Stahles	144
6.1.5 Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren (ESU).....	145
6.2 Eisen-Kohlenstoff-Legierungen.....	146
6.2.1 Eisen-Kohlenstoffdiagramm.....	146
6.2.2 Phasenbildungen.....	147
6.3 Legierungen	153
6.3.1 Stahl.....	153
6.3.2 Bezeichnungssysteme der Stähle.....	157
6.3.3 Einteilung und Verwendung von Stählen.....	160
6.4 Verfahren zur Eigenschaftsänderung	162
6.4.1 Glühen von Stahl.....	162
6.4.2 Härt(en)en und Vergüten von Stahl	165
6.4.3 Ausscheidungshärtung.....	189
6.5 Stähle für besondere Anforderungen	189
6.5.1 Stähle für den Kraftwerks- und Anlagenbau	189
6.5.2 Hochfeste Feinkornbaustähle (FK-Stähle)	190
6.5.3 Warmfeste legierte Stähle für Druckbehälter und Schmiedestücke	196
6.5.4 Hochfeste Stähle für den Automobilbau	198
6.6 Versprödungserscheinungen an Stählen	203
6.6.1 Diffusions- und Ausscheidungsvorgänge.....	204
6.7 Eisengusswerkstoffe	211
6.7.1 Einteilung	211
6.7.2 Gusseisen mit Lamellengraphit (GJL).....	212
6.7.3 Gusseisen mit Kugelgraphit (GJS)	214
6.7.4 Gusseisen mit Vermiculargraphit (GJV)	216
6.8 Werkstofftechnische Zusammenhänge beim Schweißen von Stählen	218
6.8.1 Bedeutung der Schweißtechnik	218
6.8.2 Werkstofftechnische Vorgänge beim Schmelzschweißen	219
6.8.3 Gefügeausbildung.....	219
6.8.4 Auswirkung auf das Festigkeitsverhalten.....	222
Fragen zu Kapitel 6.....	224
7 Nichteisenmetalle.....	225
7.1 Kupfer und Kupferlegierungen (Buntmetalle)	225
7.1.1 Kupfer	225
7.1.2 Kupferlegierungen.....	228
7.2 Aluminium und Aluminiumlegierungen.....	238
7.2.1 Aluminium	238

7.2.2 Legierungen.....	241
7.3 Titan und Titanlegierungen.....	250
7.3.1 Herstellung	250
7.3.2 Reines Titan	251
7.3.3 Titanlegierungen	252
7.4 Nickel und Nickellegierungen	256
7.4.1 Nickel	256
7.4.2 Nickellegierungen	257
7.5 Magnesium und Magnesiumlegierungen.....	269
7.5.1 Herstellung und Verarbeitung	269
7.5.2 Eigenschaften	270
7.5.3 Legierungen.....	270
Fragen zu Kapitel 7.....	273
8 Kunststoffe	275
8.1 Bezeichnung der Kunststoffe.....	276
8.2 Herstellung von Kunststoffen	277
8.2.1 Synthese	277
8.2.2 Technische Herstellung (Polymerisation)	280
8.2.3 Formgebung	281
8.2.4 Additive.....	283
8.3 Kunststoffgruppen	285
8.3.1 Thermoplaste.....	285
8.3.2 Elastomere.....	287
8.3.3 Duroplaste	288
8.4 Physikalische und mechanische Eigenschaften	290
8.4.1 Physikalische Eigenschaften	290
8.4.2 Mechanische Eigenschaften	291
8.5 Wichtige Kunststoffe mit Anwendungen.....	295
Fragen zu Kapitel 8.....	297
9 Keramische Werkstoffe	299
9.1 Herstellung, Struktur.....	300
9.1.1 Einteilung der keramischen Massen.....	300
9.1.2 Formgebung	301
9.1.3 Brennvorgang - Sintern - Reaktionssintern	301
9.1.4 Atomare Vorgänge beim Brennen.....	303
9.1.5 Gefügeaufbau	303
9.2 Eigenschaften.....	304
9.2.1 Oxidkeramik.....	306
9.2.2 Nichtoxidkeramik.....	309
9.3 Wärmedämmsschichten	314
Fragen zu Kapitel 9.....	315
10 Verbundwerkstoffe.....	317
10.1 Allgemeines	317
10.1.1 Verstärkungsstoffe und Füllstoffe	318

10.1.2 Matrixwerkstoffe	319
10.2 Faserverstärkte Verbundwerkstoffe	319
10.2.1 Faserverstärkte Kunststoffe	322
10.2.2 Herstellung faserverstärkter Kunststoffe	323
10.2.3 Faserverstärkte Metalle (MMC, Metal Matrix Composite).....	326
10.2.4 Herstellung faserverstärkter Metalle	326
10.2.5 Faserverstärkte Keramik (CMC, Ceramic Matrix Composite)....	328
10.2.6 Herstellung keramischer Verbundwerkstoffe	328
10.3 Teilchenverbundwerkstoffe	330
10.3.1 Metallkeramik	330
10.4 Schichtverbundwerkstoffe	330
10.5 Beschichtungstechnik	332
10.5.1 Einleitung	332
10.5.2 Beschichtungsverfahren	332
10.5.3 Verhalten von Beschichtungen.....	336
Fragen zu Kapitel 10	337
11 Physikalische Eigenschaften	339
11.1 Dämpfung	339
11.2 Wärmeleitfähigkeit	340
11.3 Thermoelektrizität.....	341
11.4 Halbleiter	343
11.4.1 Gewinnung und Verarbeitung	344
11.4.2 Eigenschaften	345
11.5 Supraleitung.....	346
11.5.1 Supraleiter I. Art.....	346
11.5.2 Supraleiter II. Art	347
11.5.3 Supraleiter III. Art	347
Fragen zu Kapitel 11	348
12 Korrosion	349
12.1 Definition der Korrosion.....	349
12.2 Korrosion metallischer Werkstoffe	352
12.2.1 Grundlagen zur Korrosion in wässrigen Medien.....	352
12.2.2 Korrosionsarten	356
12.2.3 Korrosionsschutz	369
12.3 Beispiele für die Korrosion nichtmetallischer Werkstoffe.....	376
12.3.1 Korrosion silikattechnischer Werkstoffe	376
12.3.2 Korrosion hochpolymerer Werkstoffe.....	377
Fragen zum Kapitel 12	378
13 Recycling	379
13.1 Recycling von Stahl	379
13.1.1 Einteilung und Klassifizierung von Stahlschrott	380
13.1.2 Aufbereitung.....	380
13.1.3 Wirtschaftliche Bedeutung	381
13.1.4 Nebenprodukte und Entfallstoffe.....	382

13.2 Recycling von Aluminium.....	382
13.2.1 Aufbereitung von Rückständen aus der Aluminiumindustrie.....	383
13.2.2 Recycling von Altschrotten	384
13.3 Recycling von Kupferwerkstoffen.....	386
13.3.1 Wirtschaftliche Bedeutung	386
13.3.2 Einteilung der Kupferschrotte	386
13.3.3 Aufbereitung	387
13.3.4 Nebenprodukte und Entfallstoffe	388
13.4 Recycling von Kunststoffen.....	389
Fragen zu Kapitel 13.....	392
14 Tribologische Beanspruchung.....	393
14.1 Problematik.....	393
14.2 Verschleißarten und Verschleißmechanismen	393
14.3 Beispiele tribologischer Systeme.....	396
14.3.1 Adhäsionsprozesse	396
14.3.2 Abrasionsprozesse.....	397
14.3.3 Ermüdungsprozesse.....	399
14.3.4 Schwingungsverschleiß	401
14.4 Werkstoffe für tribologisch beanspruchte Bauteile	403
Fragen zum Kapitel 14.....	404
15 Kriterien zur Werkstoffauswahl.....	405
15.1 Gründe für die Werkstoffauswahl.....	405
16 Kriterien zur Schadensbewertung	407
17. Antworten zu den Verständnisfragen.....	409
Antworten zu Kapitel 2:.....	409
Antworten zu Kapitel 3:.....	410
Antworten zu Kapitel 4.....	411
Antworten zu Kapitel 5.....	412
Antworten zu Kapitel 6.....	412
Antworten zu Kapitel 7.....	413
Antworten zu Kapitel 8.....	414
Antworten zu Kapitel 9.....	414
Antworten zu Kapitel 10.....	415
Antworten zu Kapitel 11.....	415
Antworten zu Kapitel 12.....	415
Antworten zu Kapitel 13.....	416
Antworten zu Kapitel 14.....	417
18 Weiterführende Literatur.....	419
Konkordanz	425