

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 Dreistoffsystemen	47

3.4 Reale Zustandsdiagramme.....	50
3.5 Gefügeänderungen im festen Zustand	51
3.5.1 Ausscheidungshärtung	51
3.5.2 Eutektoide 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 Anelastische 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 (Sprödbbruch, 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 Härten 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
Fragen zu Kapitel 6	219
7 Nichteisenmetalle.....	221
7.1 Kupfer und Kupferlegierungen (Buntmetalle).....	221
7.1.1 Kupfer	221
7.1.2 Kupferlegierungen.....	224
7.2 Aluminium und Aluminiumlegierungen	234
7.2.1 Aluminium	234
7.2.2 Legierungen.....	237
7.3 Titan und Titanlegierungen.....	246
7.3.1 Herstellung	246
7.3.2 Reines Titan.....	247

7.3.3 Titanlegierungen	248
7.4 Nickel und Nickellegierungen	252
7.4.1 Nickel	252
7.4.2 Nickellegierungen	253
7.5 Magnesium und Magnesiumlegierungen	265
7.5.1 Herstellung und Verarbeitung	265
7.5.2 Eigenschaften	266
7.5.3 Legierungen	266
Fragen zu Kapitel 7	269
8 Kunststoffe	271
8.1 Bezeichnung der Kunststoffe	272
8.2 Herstellung von Kunststoffen	273
8.2.1 Synthese	273
8.2.2 Technische Herstellung (Polymerisation)	276
8.2.3 Formgebung	277
8.2.4 Additive	279
8.3 Kunststoffgruppen	281
8.3.1 Thermoplaste	281
8.3.2 Elastomere	283
8.3.3 Duroplaste	284
8.4 Physikalische und mechanische Eigenschaften	286
8.4.1 Physikalische Eigenschaften	286
8.4.2 Mechanische Eigenschaften	287
8.5 Wichtige Kunststoffe mit Anwendungen	291
Fragen zu Kapitel 8	293
9 Keramische Werkstoffe	295
9.1 Herstellung, Struktur	296
9.1.1 Einteilung der keramischen Massen	296
9.1.2 Formgebung	297
9.1.3 Brennvorgang - Sintern - Reaktionssintern	297
9.1.4 Atomare Vorgänge beim Brennen	299
9.1.5 Gefügebau	299
9.2 Eigenschaften	300
9.2.1 Oxidkeramik	302
9.2.2 Nichtoxidkeramik	305
9.3 Wärmedämmschichten	310
Fragen zu Kapitel 9	311
10 Verbundwerkstoffe	313
10.1 Allgemeines	313
10.1.1 Verstärkungsstoffe und Füllstoffe	314
10.1.2 Matrixwerkstoffe	315
10.2 Faserverstärkte Verbundwerkstoffe	315
10.2.1 Faserverstärkte Kunststoffe	318

10.2.2 Herstellung faserverstärkter Kunststoffe	319
10.2.3 Faserverstärkte Metalle (MMC, Metal Matrix Composite)	322
10.2.4 Herstellung faserverstärkter Metalle	322
10.2.5 Faserverstärkte Keramik (CMC, Ceramic Matrix Composite)	324
10.2.6 Herstellung keramischer Verbundwerkstoffe	324
10.3 Teilchenverbundwerkstoffe	326
10.3.1 Metallkeramik	326
10.4 Schichtverbundwerkstoffe	326
10.5 Beschichtungstechnik	328
10.5.1 Einleitung	328
10.5.2 Beschichtungsverfahren	328
10.5.3 Verhalten von Beschichtungen	332
Fragen zu Kapitel 10	333
11 Physikalische Eigenschaften	335
11.1 Dämpfung	335
11.2 Wärmeleitfähigkeit	336
11.3 Thermoelektrizität	337
11.4 Halbleiter	339
11.4.1 Gewinnung und Verarbeitung	340
11.4.2 Eigenschaften	341
11.5 Supraleitung	342
11.5.1 Supraleiter I. Art	342
11.5.2 Supraleiter II. Art	343
11.5.3 Supraleiter III. Art	343
Fragen zu Kapitel 11	344
12 Korrosion	345
12.1 Definition der Korrosion	345
12.2 Korrosion metallischer Werkstoffe	348
12.2.1 Grundlagen zur Korrosion in wässrigen Medien	348
12.2.2 Korrosionsarten	352
12.2.3 Korrosionsschutz	365
12.3 Beispiele für die Korrosion nichtmetallischer Werkstoffe	372
12.3.1 Korrosion silikatechnischer Werkstoffe	372
12.3.2 Korrosion hochpolymerer Werkstoffe	373
Fragen zum Kapitel 12	374
13 Recycling	375
13.1 Recycling von Stahl	375
13.1.1 Einteilung und Klassifizierung von Stahlschrott	376
13.1.2 Aufbereitung	376
13.1.3 Wirtschaftliche Bedeutung	377
13.1.4 Nebenprodukte und Entfallstoffe	378
13.2 Recycling von Aluminium	378
13.2.1 Aufbereitung von Rückständen aus der Aluminiumindustrie	379

13.2.2 Recycling von Altschrotten	380
13.3 Recycling von Kupferwerkstoffen	382
13.3.1 Wirtschaftliche Bedeutung	382
13.3.2 Einteilung der Kupferschrotte	382
13.3.3 Aufbereitung	383
13.3.4 Nebenprodukte und Entfallstoffe	384
13.4 Recycling von Kunststoffen	385
Fragen zu Kapitel 13	388
14 Tribologische Beanspruchung	389
14.1 Problematik	389
14.2 Verschleißarten und Verschleißmechanismen	389
14.3 Beispiele tribologischer Systeme	392
14.3.1 Adhäsionsprozesse	392
14.3.2 Abrasionsprozesse	393
14.3.3 Ermüdungsprozesse	395
14.3.4 Schwingungsverschleiß	397
14.4 Werkstoffe für tribologisch beanspruchte Bauteile	399
Fragen zum Kapitel 14	400
15 Kriterien zur Werkstoffauswahl	401
15.1 Gründe für die Werkstoffauswahl	401
16 Kriterien zur Schadensbewertung	403
17. Antworten zu den Verständnisfragen	405
Antworten zu Kapitel 2:	405
Antworten zu Kapitel 3:	406
Antworten zu Kapitel 4:	407
Antworten zu Kapitel 5:	408
Antworten zu Kapitel 6:	408
Antworten zu Kapitel 7:	409
Antworten zu Kapitel 8:	410
Antworten zu Kapitel 9:	410
Antworten zu Kapitel 10:	411
Antworten zu Kapitel 11:	411
Antworten zu Kapitel 12:	411
Antworten zu Kapitel 13:	412
Antworten zu Kapitel 14:	413
18 Weiterführende Literatur	415
Konkordanz	421