

1 Überblick	1
1.1 Was ist ein Werkstoff?	1
1.2 Werkstoffkunde	3
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	10
2.3 Anordnung der Atome im festen Körper	13
2.3.1 Kristallstrukturen	14
2.3.2 Modifikationen – Allotropie (Polymorphie)	18
2.3.3 Kristallographische Ebenen	18
2.4 Reale kristalline Festkörper	24
2.4.1 Nulldimensionale Gitterstörungen	25
2.4.2 Eindimensionale Fehler	26
2.4.3 Zweidimensionale Fehler	31
2.4.4 Dreidimensionale Fehler	34
2.5 Fragen zu Kap. 2	34
3 Legierungsbildung	37
3.1 Grundbegriffe	37
3.1.1 Substitutionsmischkristall	39
3.1.2 Einlagerungsmischkristall	39
3.2 Zustandsdiagramme von Zweistoffsystemen	40
3.2.1 Vollkommene Unlöslichkeit im flüssigen und im festen Zustand	41
3.2.2 Vollkommene Löslichkeit im flüssigen und im festen Zustand	42

3.2.3	Vollkommene Löslichkeit im flüssigen und vollkommene Unlöslichkeit im festen Zustand	44
3.2.4	Vollkommene Löslichkeit im flüssigen und teilweise Löslichkeit im festen Zustand	47
3.2.5	Peritektisches System	48
3.2.6	Verbindungsbildung	50
3.3	Zustandsdiagramme von Dreistoffsystemen	52
3.4	Reale Zustandsdiagramme	54
3.5	Gefügeänderungen im festen Zustand	55
3.5.1	Ausscheidungshärtung	55
3.5.2	Eutektoide Umwandlung	57
3.6	Fragen zu Kap. 3	58
4	Thermisch aktivierte Vorgänge	59
4.1	Allgemeines	59
4.2	Diffusion	61
4.3	Kristallerholung und Rekristallisation	64
4.3.1	Kristallerholung	64
4.3.2	Rekristallisation	66
4.3.3	Weiteres Kornwachstum nach Rekristallisation	70
4.4	Sintervorgänge	72
4.5	Fragen zu Kap. 4	74
5	Mechanische Eigenschaften	75
5.1	Beanspruchung und Verformung	75
5.2	Reversible Verformung	78
5.2.1	Linearelastisches Verhalten	78
5.2.2	Hyperelastisches Verhalten	82
5.2.3	Anelastisches Verhalten	83
5.3	Irreversible Verformung	84
5.3.1	Plastische Verformung	84
5.3.2	Zugversuch	86
5.3.3	Härteprüfverfahren	91
5.3.4	Kerbschlagbiegeversuch	94
5.3.5	Texturen	96
5.3.6	Eigenspannungen	97
5.3.7	Viskose Verformung	99
5.3.8	Superplastizität	100
5.3.9	Kriechen	101
5.3.10	Relaxation	105
5.4	Schwingfestigkeitsuntersuchung	106
5.4.1	Grundlagen	106
5.4.2	Spannungskontrollierter Versuch (Wöhlerversuch)	108

5.4.3	Dehnungskontrollierter Versuch (Anrisskennlinie)	110
5.4.4	Einflussgrößen auf die Schwingfestigkeitskennwerte	112
5.5	Verfestigungsmechanismen	117
5.5.1	Kaltverfestigung	118
5.5.2	Mischkristallverfestigung	119
5.5.3	Ausscheidungshärtung	120
5.5.4	Verfestigung durch Kornverfeinerung	120
5.6	Bruchvorgänge und Bruchmechanik	122
5.6.1	Sprödbbruch.	123
5.6.2	Verformungsbruch	128
5.6.3	Ermittlung des J-Integrals (Bauteilcharakteristik).	130
5.6.4	Zeitstand- bzw. Kriechbruch	133
5.6.5	Zeit- und Dauerbruch.	135
5.7	Zerstörungsfreie Prüfung.	139
5.7.1	Replika-Methode (Gefügeabdrucktechnik)	144
5.7.2	Weiterentwicklung.	144
5.8	Fragen zu Kap. 5	145
6	Eisenwerkstoffe	147
6.1	Gewinnung und Verarbeitung von Eisen	147
6.1.1	Erze und Erzaufbereitung	147
6.1.2	Roheisengewinnung	148
6.1.3	Roheisenweiterverarbeitung zu Stahl (Frischen).	151
6.1.4	Verfahren der Nachbehandlung des Stahles.	153
6.1.5	Elektro-Schlacke-Umschmelzverfahren (ESU)	155
6.2	Eisen-Kohlenstoff-Legierungen.	155
6.2.1	Eisen-Kohlenstoffdiagramm	155
6.2.2	Phasen- bzw. Gefügeausbildungen im metastabilen System.	157
6.2.3	Phasen- und Gefügeausbildung im stabilen System	162
6.3	Legierungen	168
6.3.1	Stahl	168
6.3.2	Bezeichnungssysteme der Stähle	173
6.3.3	Einteilung der Stähle nach Klassen	176
6.4	Verfahren zur Eigenschaftsänderung	178
6.4.1	Glühen von Stahl	178
6.4.2	Härten und Vergüten von Stahl	182
6.4.3	Ausscheidungshärtung	206
6.5	Stähle für besondere Anforderungen	206
6.5.1	Stähle für die Anwendung im erhöhten Temperaturbereich	206
6.5.2	Hochfeste Feinkornbaustähle.	211
6.5.3	Karosseriestähle für den Automobilbau.	218
6.5.4	Stähle für Wärmebehandlungen.	225
6.5.5	Korrosionsbeständige Stähle für wasserstoffführende Medien	227

6.6	Versprödungserscheinungen an Stählen	231
6.6.1	Diffusions – und Ausscheidungsvorgänge	232
6.7	Eisengusswerkstoffe	238
6.7.1	Einteilung	238
6.7.2	Gusseisen mit Lamellengrafit (GJL)	240
6.7.3	Gusseisen mit Kugelgrait (GJS)	241
6.7.4	Gusseisen mit Vermiculargrafit (GJV)	243
6.7.5	Sonderformen	246
6.8	Werkstofftechnische Zusammenhänge beim Schweißen von Stählen	246
6.8.1	Bedeutung der Schweißtechnik	246
6.8.2	Werkstofftechnische Vorgänge beim Schmelzschweißen	246
6.8.3	Gefügeausbildungen	247
6.8.4	Auswirkungen auf das Festigkeitsverhalten	250
6.8.5	Schweißbeignung	250
6.9	Fragen zu Kap. 6	252
7	Nichteisenmetalle	253
7.1	Kupfer und Kupferlegierungen (Buntmetalle)	253
7.1.1	Kupfer	253
7.1.2	Kupferlegierungen	256
7.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	265
7.2.1	Aluminium	265
7.2.2	Legierungen	268
7.3	Titan und Titanlegierungen	279
7.3.1	Herstellung	279
7.3.2	Reines Titan	280
7.3.3	Titanlegierungen	282
7.4	Nickel und Nickellegierungen	287
7.4.1	Nickel	287
7.4.2	Nickellegierungen	288
7.5	Magnesium und Magnesiumlegierungen	299
7.5.1	Herstellung und Verarbeitung	299
7.5.2	Eigenschaften	300
7.5.3	Legierungen	300
7.6	Fragen zu Kap. 7	302
8	Kunststoffe	303
8.1	Bezeichnung der Kunststoffe	304
8.2	Herstellung von Kunststoffen	306
8.2.1	Synthese	306
8.2.2	Technische Herstellung (Polymerisation)	308
8.2.3	Formgebung	309
8.2.4	Additive	313
8.3	Kunststoffgruppen	313
8.3.1	Thermoplaste	313

8.3.2	Elastomere	316
8.3.3	Duroplaste	318
8.4	Physikalische und mechanische Eigenschaften	319
8.4.1	Physikalische Eigenschaften	319
8.4.2	Mechanische Eigenschaften	319
8.5	Wichtige Kunststoffe mit Anwendungen	323
8.6	Fragen zu Kap. 8	325
9	Keramische Werkstoffe	327
9.1	Übersicht	327
9.2	Herstellung, Struktur	328
9.2.1	Einteilung der keramischen Massen	328
9.2.2	Formgebung	329
9.2.3	Brennvorgang – Sintern – Reaktionssintern	330
9.2.4	Atomare Vorgänge beim Brennen	330
9.2.5	Gefügebau	332
9.3	Eigenschaften	332
9.3.1	Oxidkeramik	335
9.3.2	Nichtoxidkeramik	338
9.4	Wärmedämmschichten	342
9.5	Fragen zu Kap. 9	343
10	Verbundwerkstoffe	345
10.1	Allgemeines	345
10.1.1	Verstärkungsstoffe und Füllstoffe	346
10.1.2	Matrixwerkstoffe	348
10.2	Faserverstärkte Verbundwerkstoffe	348
10.2.1	Faserverstärkte Kunststoffe	352
10.2.2	Herstellung faserverstärkter Kunststoffe	352
10.2.3	Faserverstärkte Metalle (MMC, Metal Matrix Composite)	354
10.2.4	Herstellung faserverstärkter Metalle	355
10.2.5	Faserverstärkte Keramik (CMC, Ceramic Matrix Composite)	357
10.2.6	Herstellung keramischer Verbundwerkstoffe	358
10.3	Teilchenverbundwerkstoffe	360
10.3.1	Metallkeramik	360
10.4	Schichtverbundwerkstoffe	362
10.5	Beschichtungstechnik	362
10.5.1	Einleitung	362
10.5.2	Beschichtungsverfahren	363
10.5.3	Verhalten von Beschichtungen	366
10.6	Fragen zu Kap. 10	367
11	Korrosion	369
11.1	Definition der Korrosion	369
11.2	Korrosion metallischer Werkstoffe	373

11.2.1 Grundlagen zur Korrosion in wässrigen Medien	373
11.2.2 Korrosionsarten	378
11.2.3 Korrosionsschutz	398
11.3 Beispiele für die Korrosion nichtmetallischer Werkstoffe	404
11.3.1 Korrosion silikatechnischer Werkstoffe	404
11.3.2 Korrosion hochpolymerer Werkstoffe	405
11.4 Fragen zu Kap. 11	406
12 Tribologische Beanspruchung	407
12.1 Problematik	407
12.2 Verschleißarten und Verschleißmechanismen	408
12.3 Verschleißmechanismen	411
12.3.1 Adhäsionsprozesse	411
12.3.2 Abrasionsprozesse	412
12.3.3 Zerrüttungs-/Ermüdungsprozesse	414
12.3.4 Ablation	416
12.3.5 Überlagerung von Verschleißmechanismen – Schwingungverschleiß	416
12.4 Werkstoffe für tribologisch beanspruchte Bauteile	419
12.5 Fragen zu Kap. 12	419
13 Recycling	421
13.1 Recycling von Stahl	421
13.1.1 Einteilung und Klassifizierung von Stahlschrott	421
13.1.2 Aufbereitung	422
13.1.3 Wirtschaftliche Bedeutung	423
13.1.4 Nebenprodukte und Entfallstoffe	423
13.2 Recycling von Aluminium	424
13.2.1 Aufbereitung von Rückständen aus der Aluminiumindustrie	424
13.2.2 Recycling von Altschrotten	426
13.3 Recycling von Kupferwerkstoffen	427
13.3.1 Wirtschaftliche Bedeutung	427
13.3.2 Einteilung der Kupferschrotte	428
13.3.3 Aufbereitung	428
13.3.4 Nebenprodukte und Entfallstoffe	430
13.4 Recycling von Kunststoffen	430
13.5 Fragen zu Kap. 13	434
Appendix A. Antworten zu den Verständnisfragen	435
Appendix B. Literatur	445
Stichwortverzeichnis	449