

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 9. Auflage V

1	Einleitung	1
2	Zustände des festen Körpers	4
2.1	Kristalliner Zustand	6
2.1.1	Raumgitter und Kristallsysteme	7
2.1.2	Bravais-Gitter und Kristallstruktur	8
2.1.3	Analytische Beschreibung des Raumgitters	11
2.1.4	Polkugel und stereographische Projektion	17
2.1.5	Bindung im Festkörper	20
2.1.5.1	Aufbau und Energieniveaus der Atomhülle	24
2.1.5.2	Ionenbindung	29
2.1.5.3	Kovalente Bindung (Atombindung)	31
2.1.5.4	Metallbindung	33
2.1.5.5	Nebervalenzbindung	34
2.1.5.6	Mischbindung	36
2.1.6	Koordination	37
2.1.7	Elementstrukturen	39
2.1.7.1	Krz Struktur (Wolfram-Typ)	39
2.1.7.2	Kfz Struktur (Kupfer-Typ)	41
2.1.7.3	Hexagonal dichteste Struktur (Magnesium-Typ)	42
2.1.8	Legierungsstrukturen	42
2.1.8.1	Austauschmischkristalle	43
2.1.8.2	Überstrukturen	44
2.1.8.3	Einlagerungsmischkristalle	45
2.1.8.4	Intermetallische Phasen	46
2.1.9	Ionenstrukturen	50
2.1.10	Molekülstrukturen	56
2.1.10.1	Atombindung in Polymeren	56
2.1.10.2	Zwischenmolekulare Wechselwirkungen in Polymeren	58
2.1.10.3	Aufbauprinzip und Infrastruktur von Makromolekülen	60
2.1.10.3.1	Konstitution von Makromolekülen	60

2.1.10.3.2	Konfiguration von Makromolekülen	63
2.1.10.3.3	Konformation von Makromolekülen	64
2.1.10.4	Kristallstruktur von Polymeren	67
2.1.10.5	Modifizierung von Polymeren	73
2.1.11	Realstruktur	77
2.1.11.1	Nulldimensionale Gitterstörungen	78
2.1.11.2	Eindimensionale Gitterstörungen	81
2.1.11.3	Zweidimensionale Gitterstörungen	91
2.1.11.3.1	Stapelfehler	91
2.1.11.3.2	Antiphasengrenzen	92
2.1.11.3.3	Grenzflächen	93
2.1.11.3.4	Grenzflächen in nanokristallinen Materialien	101
2.1.11.4	Dreidimensionale Gitterstörungen und Defektwechselwirkungen	103
2.2	Zustand unterkühlter Schmelzen und Glaszustand	106
2.2.1	Charakteristik des Zustandes unterkühlter Schmelzen und des Glaszustandes	106
2.2.2	Strukturmodelle silicatischer Gläser	107
2.2.3	Struktur amorpher Polymere	112
2.2.4	Strukturmodelle amorpher Metalle	113
	Literaturhinweise	115
3	Übergänge in den festen Zustand	116
3.1	Übergang vom flüssigen in den kristallinen Zustand	119
3.1.1	Keimbildung und -wachstum bei Metall- und Ionenkristallen	121
3.1.1.1	Erstarrung von Schmelzen	127
3.1.1.2	Kristallisation aus Lösungsmitteln	130
3.1.1.3	Kristallisation von unterkühlten Glasschmelzen (Entglasung)	135
3.1.2	Kristallisation von Polymeren	136
3.1.2.1	Einfluss der Molekülstruktur auf die Kristallisation	137
3.1.2.2	Keimbildung und Kristallwachstum	137
3.1.3	Abscheidung aus kolloidalen Lösungen	142
3.2	Übergang in den Zustand der unterkühlten Schmelze und in den Glaszustand	144
3.2.1	Änderung der Viskosität bei der amorphen Erstarrung	149
3.2.2	Phasentrennung im Zustand der unterkühlten Schmelze	151
3.2.3	Amorphe Erstarrung von Metallen und Legierungen	153
3.3	Übergang aus dem gasförmigen in den kristallinen Zustand	157
	Literaturhinweise	161
4	Phasenumwandlungen im festen Zustand	163
4.1	Umwandlungen mit Änderung der Struktur	167
4.1.1	Allotrope Umwandlungen des SiO ₂	167
4.1.2	Die γ - α -Umwandlung des Eisens	171
4.1.3	Martensitische Umwandlungen	172
4.1.4	Massivumwandlung	174

- 4.1.5 Umwandlungsbesonderheiten bei Polymeren 175
- 4.2 Umwandlungen mit Änderung der Konzentration 176
- 4.3 Umwandlungen mit Änderung der Konzentration und der Struktur 180
- 4.3.1 Ausscheidungsumwandlung 180
- 4.3.2 Eutektoider Zerfall 182
- 4.4 Ordnungsumwandlungen 184
- 4.5 Nichtkonventionelle Phasenbildung 187
- 4.5.1 Metastabile Phasenbildung in dünnen Schichten 188
- 4.5.2 Mechanisches Legieren von Pulvern 191
- Literaturhinweise 194

- 5 Zustandsdiagramme 195**
- 5.1 Thermodynamische Grundlagen 195
- 5.2 Experimentelle Methoden zur Aufstellung von Zustandsdiagrammen 203
- 5.3 Grundtypen der Zustandsdiagramme von Zweistoffsystemen 208
- 5.3.1 Zustandsdiagramm eines Systems mit vollständiger Mischbarkeit der Komponenten im festen und flüssigen Zustand 208
- 5.3.2 Zustandsdiagramm eines Systems mit vollständiger Mischbarkeit der Komponenten im flüssigen und vollständiger Unmischbarkeit im festen Zustand 211
- 5.3.3 Zustandsdiagramm von Systemen mit vollständiger Mischbarkeit der Komponenten im flüssigen und teilweiser Mischbarkeit im festen Zustand 213
- 5.3.4 Zustandsdiagramme von Systemen mit intermetallischen Phasen 216
- 5.3.5 Weitere Umwandlungen im festen Zustand 217
- 5.4 Einführung in Mehrstoffsysteme 219
- 5.5 Realdiagramme 223
- 5.5.1 Eisen-Kohlenstoff-Diagramm 223
- 5.5.2 Zustandsdiagramm des Systems Kupfer-Zinn 227
- 5.5.3 Zustandsdiagramm des Systems SiO_2 - α - Al_2O_3 229
- 5.5.4 Zustandsdiagramme von Polymermischungen 230
- 5.6 Ungleichgewichtsdiagramme 232
- 5.6.1 Ausbildung von Ungleichgewichtsgefügen 232
- 5.6.2 Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Diagramme 235
- 5.6.3 Zeit-Temperatur-Auflösungs-Diagramme 239
- 5.6.4 ZTR-Diagramme bei Kopplung von Umwandlungs- und Umformvorgängen 240
- Literaturhinweise 243

- 6 Gefüge der Werkstoffe 245**
- 6.1 Gefüge 245
- 6.2 Oberfläche 250
- 6.3 Herstellung der Schlieffläche 255

6.4	Entwicklung des Gefüges	259
6.4.1	Ätzen in Lösungen	260
6.4.2	Gefügeentwicklung bei hohen Temperaturen	266
6.4.3	Entwicklung des Gefüges durch Ionenätzen	267
6.5	Sichtbarmachen des Gefüges	268
6.5.1	Lichtmikroskopische Gefügebetrachtung	268
6.5.2	Gefügebetrachtung mithilfe des akustischen Reflexionsrastermikroskopes	271
6.5.3	Elektronenmikroskopische Gefügebetrachtung	271
6.5.4	Untersuchung mit der Mikrosonde	273
6.6	Quantitative Gefügeanalyse	273
6.6.1	Flächenanalyse	275
6.6.2	Linearanalyse	276
6.6.3	Charakterisierung der Form und Orientierung der Gefügebestandteile	278
6.6.4	Punktanalyse	279
6.7	Gefüge-Eigenschafts-Beziehungen	280
6.7.1	Einphasige Gefüge	282
6.7.2	Mehrphasige Gefüge	284
	Literaturhinweise	290
7	Thermisch aktivierte Vorgänge	292
7.1	Diffusion	294
7.1.1	Platzwechselmechanismen	296
7.1.2	Diffusionsgesetze	301
7.1.3	Bildung von Diffusionsschichten	305
7.1.4	Diffusionsgesteuerte Vorgänge	307
7.1.4.1	Diffusionskriechen	307
7.1.4.2	Versetzungskriechen	308
7.1.4.3	Sintern	310
7.2	Kristallerholung und Rekristallisation	314
7.2.1	Kristallerholung	314
7.2.2	Rekristallisation	316
7.2.3	Kornwachstum	321
7.2.4	Rekristallisationstexturen	328
	Literaturhinweise	328
8	Korrosion	329
8.1	Korrosion der Metalle in wässrigen Medien	335
8.1.1	Grundlagen der elektrolytischen Korrosion	335
8.1.1.1	Elektrochemische Spannungsreihe und Korrosionsvorgänge	338
8.1.1.2	Geschwindigkeit elektrochemischer Reaktionen	342
8.1.2	Gleichförmige Korrosion	345
8.1.3	Passivität und Inhibition	349
8.1.4	Korrosionselemente	354

- 8.1.5 Lochkorrosion 358
- 8.1.6 Selektive und interkristalline Korrosion 361
- 8.1.7 Spannungsrisskorrosion 363
- 8.1.8 Schwingungsrisskorrosion 365
- 8.2 Korrosion anorganisch-nichtmetallischer Werkstoffe in wässrigen Medien 366
- 8.3 Korrosion von Polymeren in flüssigen Medien 368
- 8.3.1 Begrenzte und unbegrenzte Quellung 369
- 8.3.2 Schädigung durch chemische Reaktionen 372
- 8.3.3 Spannungsrisskorrosion von Polymeren 373
- 8.4 Korrosion in Schmelzen 374
- 8.4.1 Korrosion von Metallen in durch Ablagerungen gebildeten Schmelzen 375
- 8.4.2 Korrosion feuerfester Baustoffe in Schmelzen 377
- 8.5 Korrosion der Metalle in heißen Gasen 378
- 8.5.1 Oxidation (Zundern) von Eisen 379
- 8.5.2 Oxidation von Legierungen 381
- 8.5.3 Schädigung von Stahl durch Druckwasserstoff 382
- 8.5.4 Aufkohlung und Metal Dusting 383
- 8.6 Korrosion feuerfester Werkstoffe in heißen Gasen 384
- 8.7 Korrosionsschutz 385
- 8.7.1 Passiver Korrosionsschutz 386
- 8.7.2 Aktiver Korrosionsschutz 387
- Literaturhinweise 388

- 9 Mechanische Erscheinungen 390**
- 9.1 Reversible Verformung 391
- 9.1.1 Linearelastische Verformung 392
- 9.1.2 Energie- und entropieelastische Verformung 394
- 9.1.3 Anelastische Verformung 395
- 9.1.4 Pseudoelastische Verformung 396
- 9.2 Plastische Verformung 397
- 9.2.1 Geometrie der plastischen Verformung von Einkristallen 398
- 9.2.2 Mechanismus der plastischen Verformung 401
- 9.2.2.1 Theoretische Festigkeit 401
- 9.2.2.2 Entstehen und Wechselwirkung von Versetzungen 403
- 9.2.2.3 Wechselwirkung zwischen Versetzungen und Fremdatomen 406
- 9.2.2.4 Wechselwirkung zwischen Versetzungen und Teilchen 407
- 9.2.3 Plastische Verformung polykristalliner Werkstoffe (Vielkristallplastizität) 411
- 9.2.3.1 Spannungs-Dehnungs-Diagramm 411
- 9.2.3.2 Orientierungseinfluss 413
- 9.2.3.3 Korngrenzeneinfluss 413
- 9.2.3.4 Streckgrenzenerscheinung 416
- 9.2.3.5 Verformungsgefüge und Textur 417

9.2.4	Plastische Wechselverformung	419
9.2.5	Besondere Erscheinungen der Plastizität	420
9.2.5.1	Superplastizität	420
9.2.5.2	Umwandlungsplastizität	422
9.3	Viskose und viskoelastische Verformung	424
9.4	Kriechen	426
9.5	Bruch	428
9.5.1	Makroskopische und mikroskopische Bruchmerkmale	429
9.5.2	Rissbildung	430
9.5.3	Rissausbreitung	434
9.5.4	Bruchmechanik	437
9.5.4.1	Linearelastische Bruchmechanik	437
9.5.4.2	Fließbruchmechanik	439
9.6	Eigenspannungen	441
9.7	Festigkeitssteigerung und Schadenstoleranz	444
9.7.1	Kombinierte Mechanismen zur Festigkeitssteigerung metallischer Werkstoffe	445
9.7.2	Festigkeitssteigerung durch Druckeigenspannungen in der Randschicht	447
9.7.3	Festigkeitssteigerung durch Verstrecken und Vernetzen	448
9.7.4	Festigkeitssteigerung durch Faserverstärkung	449
9.7.5	Steigerung von Festigkeit und Bruchzähigkeit durch Energie-dissipation	455
9.8	Härte und Verschleiß	457
	Literatur	460
10	Physikalische Erscheinungen	462
10.1	Elektrische Leitfähigkeit	462
10.1.1	Elektrische Leitfähigkeit in Metallen	474
10.1.2	Elektrische Leitfähigkeit in Halbleitern	479
10.1.2.1	Eigenhalbleitung	480
10.1.2.2	Störstellenhalbleitung	480
10.1.2.3	Sperrschichthalbleitung	483
10.2	Supraleitung	485
10.2.1	Supraleitung in Metallen und intermetallischen Verbindungen	485
10.2.2	Supraleitung in keramischen Substanzen	490
10.3	Thermoelektrizität	493
10.4	Wärmeleitfähigkeit	496
10.5	Dielektrizität	499
10.6	Magnetismus	504
10.6.1	Erscheinungsformen des Magnetismus	504
10.6.2	Technische Magnetisierung	509
10.6.3	Weichmagnetisches Verhalten	514
10.6.4	Hartmagnetisches Verhalten	518
10.6.5	Ferrimagnetisches Verhalten	520

10.7	Thermische Ausdehnung	522
10.8	Temperaturunabhängiges elastisches Verhalten	528
10.9	Dämpfung	530
10.10	Wechselwirkung zwischen Strahlung und Festkörpern	534
10.10.1	Wechselwirkung mit energiearmer Strahlung	536
10.10.2	Wechselwirkung mit energiereicher Strahlung	540
10.10.2.1	Elastische Streuung von ionisierenden Strahlen	541
10.10.2.2	Veränderungen in Festkörpern durch Strahlung	545
	Literaturhinweise	551
	Register	553