

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 16. Auflage v

Autoren (alphabetisch) vii

Danksagungen ix

1	Strukturen anorganischer Werkstoffe	1
1.1	Charakteristika anorganischer Werkstoffe	1
1.2	Grundeigenschaften der anorganischen Werkstoffe	3
1.2.1	Metallische Werkstoffe	3
1.2.2	Keramische Werkstoffe	6
1.3	Struktur kristalliner Materialien (Kristallographie)	6
1.3.1	Gitterpunkte	11
1.3.2	Gittergeraden	11
1.3.3	Netzebenen (Gitterebenen)	12
1.3.4	Elementarzellenvolumen	12
1.3.5	Kristallformen	12
1.4	Strukturen metallischer Werkstoffe	13
1.4.1	Legierungsbildung bei metallischen Werkstoffen	13
1.4.2	Strukturen metallischer Elemente	14
1.4.3	Metallische Mischkristalle und Überstrukturen	16
1.4.3.1	Substitutionsmischkristalle	17
1.4.3.2	Einlagerungsmischkristalle	18
1.4.3.3	Subtraktionsmischkristalle	19
1.4.4	Intermetallische Verbindungen	20
1.4.4.1	Laves-Phasen	21
1.4.4.2	Hume-Rothery-Phasen	21
1.4.4.3	σ -Phasen	22
1.4.5	Einlagerungsphasen (Intermediäre Phasen)	22
1.5	Strukturen bei kovalenter Bindung	23
1.6	Strukturen bei Ionenbindung	24
1.7	Mischbindungen	27
1.8	Polymorphie, Polytypie	27
1.9	Kristallbaufehler	28
1.9.1	Klassifizierung von Kristallbaufehlern	28
1.9.2	Punktdefekte	29
1.9.2.1	Leerstellen	29
1.9.2.2	Zwischengitteratome	30
1.9.2.3	Fremdatome	30
1.9.3	Versetzungen	31
1.9.4	Flächendefekte	33

- 1.9.4.1 Stapelfehler 34
- 1.9.4.2 Antiphasengrenzen 35
- 1.9.4.3 Subkorngrenzen 35
- 1.9.5 Volumendefekte 36
- 1.9.5.1 Ausscheidungen 36
- 1.9.5.2 Mikroporen 36
- 1.10 Amorphe Materialien, Gläser 37
- 1.11 Gefüge von Werkstoffen 38
- 1.11.1 Gefügebegriff, innere Grenzflächen 38
- 1.11.2 Gefügebildende Prozesse 40
- 1.11.3 Gefügeelemente, Gefügebestandteile und Gefügetypen 42
- 1.11.4 Texturen 44
- 1.12 Kristallographische Beziehungen 45
- 1.13 Quellen und Literatur 45

- 2 Metallographische Arbeitsverfahren 47**
- 2.1 Ziel und Methoden metallographischer Untersuchungen 47
- 2.2 Lichtmikroskopie 48
- 2.2.1 Optische Grundlagen 48
- 2.2.1.1 Polarisierung 49
- 2.2.1.2 Brechung 50
- 2.2.1.3 Absorption und Reflexion 52
- 2.2.1.4 Beugung und Interferenz 54
- 2.2.1.5 Linsen 55
- 2.2.2 Aufbau und Wirkungsweise von Auflichtmikroskopen 56
- 2.2.2.1 Optische Elemente von Auflichtmikroskopen 56
- 2.2.2.2 Zur Theorie der mikroskopischen Abbildung 60
- 2.2.2.3 Abbildungsfehler 62
- 2.2.3 Verfahren der Auflichtmikroskopie 63
- 2.2.3.1 Hellfeldabbildung 63
- 2.2.3.2 Dunkelfeldabbildung 64
- 2.2.3.3 Phasenkontrastverfahren 65
- 2.2.3.4 Polarisationsmikroskopie 66
- 2.2.3.5 Interferenzmikroskopie 67
- 2.2.3.6 Verfügbare Mikroskoptechnik 70
- 2.2.3.7 Mikroskopie mit konfokaler Abbildung 72
- 2.2.3.8 Interferenzschichtenmikroskopie 75
- 2.2.3.9 Stereomikroskopie 77
- 2.2.4 Dokumentation mikroskopischer Befunde 78
- 2.2.4.1 Funktionsprinzip einer Digitalkamera und wichtige Einflussgrößen 78
- 2.2.4.2 Notwendige Pixelanzahl für eine verlustfreie Abbildung und zuverlässige Vermessung 79
- 2.2.4.3 Weiterverarbeitung und Speicherung mikroskopischer Bildaufnahmen 80
- 2.3 Präparation 82
- 2.3.1 Anschliffvorbereitung 82
- 2.3.1.1 Probenahme 83
- 2.3.1.2 Einfassen 88
- 2.3.2 Anschliffherstellung 91
- 2.3.2.1 Allgemeines zu metallographischen Abtragsverfahren, zum Schleifen und mechanischen Polieren 92
- 2.3.2.2 Grundlagen der Mikrospanung 94
- 2.3.2.3 Schleifen 101
- 2.3.2.4 Mechanisches Polieren 111
- 2.3.2.5 Weitere spanende Abtragsverfahren 122

2.3.2.6	Chemisch-mechanisches Polieren	123
2.3.2.7	Elektrochemischer Metallabtrag	138
2.3.3	Auswahl der Präparationsmethoden	145
2.3.3.1	Methodenauswahl nach mechanischen Präparationseigenschaften	147
2.3.3.2	Vor-Ort-Metallographie	150
2.3.4	Kontrastierung	151
2.3.4.1	Chemisches und elektrochemisches Ätzen	154
2.3.4.2	Physikalische Kontrastierung	170
2.4	Besonderheiten bei der Präparation von keramischen Werkstoffen	173
2.4.1	Vorbemerkungen	173
2.4.2	Trennen	174
2.4.3	Einfassen	175
2.4.4	Anschliffherstellung	176
2.4.5	Kontrastieren	177
2.5	Quantitative Gefügeanalyse	179
2.5.1	Einführung	179
2.5.2	Kennzahlen von Teilchen und Gefügebestandteilen	181
2.5.2.1	Kennzahlen eines Teilchens	181
2.5.2.2	Kennzahlen eines Gefügebestandteils	183
2.5.2.3	Kennwerte von Gefügen	185
2.5.2.4	Messfehler	185
2.5.2.5	Gefüge Kennzahlen und Materialeigenschaften	186
2.5.3	Bildverarbeitung	186
2.5.3.1	Morphologische Transformationen	187
2.5.3.2	Distanz- und Wasserscheidentransformation	187
2.5.3.3	Labeling	188
2.5.4	Kennzahlen von ebenen Anschliffen	188
2.5.4.1	Kennzahlen der Schnittprofile von Teilchen	189
2.5.4.2	Kennzahlen von ebenen Schnitten durch Gefügebestandteile	191
2.5.4.3	Stereologische Gleichungen	193
2.5.4.4	Charakterisierung nichtisometrischer Gefüge	194
2.5.5	Das Powerspektrum	195
2.5.6	Industrienormen	197
2.5.7	Quantitative Analyse mittels Machine Learning	200
2.5.7.1	Herausforderungen beim Einsatz klassischer Methoden	200
2.5.7.2	Grundlagen des maschinellen Lernens	202
2.5.7.3	Merkmalsbasierte Methoden	205
2.5.7.4	Deep Learning / Deep Convolutional Neural Networks	206
2.5.7.5	Vergleich von merkmalsbasierten Modellen und CNNs für die QGA	207
2.6	Röntgenographische Gefügeanalyse	210
2.6.1	Einleitung	210
2.6.2	Erzeugung von Röntgenstrahlen	210
2.6.3	Beugungsprinzip und Braggsche Gleichung	211
2.6.4	Röntgenbeugung an Vielkristallen	211
2.6.5	Probenanforderungen	212
2.6.6	Gefügeanalyse mittels Röntgenbeugung	213
2.6.6.1	Qualitative Phasenanalyse (Prinzip der Datenbanksuchen)	214
2.6.6.2	Quantitative Phasenanalyse (Grundzüge der Rietveld-Methode)	214
2.6.6.3	Gitterparameterbestimmung	216
2.6.6.4	Bestimmung mikrostruktureller Parameter aus Linienbreiten	217
2.6.6.5	Intensitäten	219
2.6.7	Textur und Polfiguren	220
2.6.8	Zusammenfassung	222

2.7	Rasterelektronenmikroskopie (REM)	222
2.7.1	Wechselwirkung beschleunigter Elektronen mit Materie	223
2.7.2	Prinzipien der Rasterelektronenmikroskopie	225
2.7.3	Elektronenstrahlmikroanalyse	230
2.8	Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)	231
2.8.1	Grundlagen der Transmissionselektronenmikroskopie	231
2.8.2	Elektronenbeugung	233
2.8.3	Elektronenmikroskopische Kontraste	234
2.8.4	Probenpräparation	236
2.8.5	Analytische TEM	237
2.8.6	Rastertransmissionselektronenmikroskopie	238
2.9	Rastersondenmikroskopie	238
2.10	Tomographische Techniken in der Materialwissenschaft	240
2.10.1	Atomsondentomographie	242
2.10.2	Elektronentomographie	243
2.10.3	Serienschnitt-Tomographie	244
2.10.3.1	FIB/REM Serienschnitte	245
2.10.3.2	Mechanische Serienschnitte	247
2.10.4	Röntgentomographie	247
2.11	Indenterprüfung (Mikro- und Nanoindentierung)	250
2.11.1	Allgemeine Charakterisierung der Indenterprüfung	250
2.11.2	Konventionelle Indenterprüfung	253
2.11.3	Instrumentierte Indenterprüfung	255
2.11.4	Anwendungen der Indenterprüfung	256
2.11.4.1	Ermittlung von Härtewerten	256
2.11.4.2	Ermittlung des E-Moduls	257
2.11.4.3	Bruchverhalten spröder Werkstoffe	258
2.11.4.4	Verformungs- und Entfestigungsverhalten	258
2.11.4.5	Beschichtungen	259
2.11.4.6	Charakterisierung von Randschichtbehandlungen	261
2.11.4.7	Last- und Eigenspannungen	262
2.12	Gefügeuntersuchungen bei hohen Temperaturen	262
2.13	Quellen und Literatur	268
3	Phasengleichgewichte und Zustandsdiagramme	275
3.1	Grundbegriffe	275
3.1.1	Einführung	275
3.1.2	Stoffbilanzierung	275
3.1.3	Legierungen als Systeme im Gleichgewicht	278
3.1.4	Diffusion	284
3.2	Zustandsdiagramme	288
3.2.1	Zustandsdiagramme von Einkomponentensystemen	288
3.2.2	Zustandsdiagramme von Zweikomponentensystemen	292
3.2.2.1	Legierungen mit unbegrenzter Löslichkeit im festen Zustand	292
3.2.2.2	Entmischung im festen Zustand; Ordnung und Bildung intermetallischer Verbindungen in Mischkristallen	296
3.2.2.3	Eutektische Systeme	297
3.2.2.4	Peritektische Systeme	304
3.2.2.5	Eutektoide und peritektoide Umwandlungen	307
3.2.2.6	Mischungslücken im flüssigen Zustand	310
3.2.2.7	Komplexe Zustandsdiagramme	312
3.2.2.8	Zustandsdiagramme keramischer Systeme	314

3.2.3	Grundvorstellungen über Dreistofflegierungen (ternäre Systeme)	315
3.2.3.1	Graphische Darstellung der Zusammensetzung von Dreistofflegierungen	315
3.2.3.2	Hebelgesetz bei ternären Legierungen	317
3.2.3.3	Ternäre Zustandsdiagramme	318
3.2.3.4	Isotherme und Temperatur – Zusammensetzungs – Schnitte	322
3.3	Verfahren zur Analyse von Zustandsdiagrammen	328
3.3.1	Thermoanalyse	329
3.3.2	Dilatometrie	331
3.3.3	CALPHAD – Methode	333
3.4	Arten und Kinetik wichtiger Phasenumwandlungen	338
3.4.1	Systematik der Phasenumwandlungen	338
3.4.2	Diffusionskontrollierte Phasenumwandlungen	340
3.4.2.1	Keimbildung	340
3.4.2.2	Keimwachstum und Reifung	345
3.4.3	Martensitische Phasenumwandlungen	346
3.4.4	Zeit-Temperatur-Diagramme	349
3.5	Weiterführende Literatur	351
4	Technische Gefügebildung in Metallen und Legierungen	353
4.1	Erstarrung metallischer Schmelzen	353
4.1.1	Bildung kristalliner Keime in metallischen Schmelzen	354
4.1.2	Wachstum von Keimen zu Kristalliten/Kristallen	357
4.1.3	Technische Gussgefüge	360
4.1.4	Gussfehler	366
4.1.4.1	Seigerungen	366
4.1.4.2	Lunker	374
4.1.4.3	Gasblasen	377
4.1.4.4	Fremdeinschlüsse	379
4.2	Plastische Formgebung und Rekristallisation metallischer Werkstoffe	381
4.2.1	Kaltumformung	381
4.2.1.1	Spannungs-Dehnungs-Diagramm	381
4.2.1.2	Versetzungsbedingte Deformation	382
4.2.1.3	Härtungsmechanismen	387
4.2.1.4	Verformung durch Gitterscherungen	387
4.2.2	Entfestigungsvorgänge	389
4.2.2.1	Kristallerholung	390
4.2.2.2	Primäre Rekristallisation	390
4.2.2.3	Kornwachstum und sekundäre Rekristallisation	391
4.2.3	Gefügebildung bei Rekristallisationsprozessen	391
4.2.4	Warmumformung	396
4.3	Oberflächenbehandlungen	403
4.3.1	Verfahren zur Oberflächenbehandlung	403
4.3.2	Beschichtungsverfahren mit atomarer Deposition des Beschichtungsmaterials	405
4.3.2.1	PVD-Verfahren	405
4.3.2.2	CVD-Verfahren	408
4.3.2.3	Elektrochemische Schichtabscheidung	409
4.3.3	Beschichtungsverfahren mit makroskopischer Deposition des Schichtmaterials	411
4.3.4	Schmelztauchen	412
4.3.5	Chemisch-thermische Behandlungen	414
4.3.5.1	Nitrieren	415
4.3.5.2	Einsatzhärten	419
4.3.6	Energetische Randschichtbehandlungen	422

- 4.4 Schweißen von metallischen Werkstoffen 425
 - 4.4.1 Einteilung, Schweißbeignung, Normen für die Schweißtechnik 425
 - 4.4.2 Arten von Schweißverbindungen, Messgrößen 426
 - 4.4.3 Prüfung von Schweißverbindungen 426
 - 4.4.3.1 Zerstörungsfreie Prüfung 427
 - 4.4.3.2 Zerstörende Prüfung 430
 - 4.4.4 Gefügebildung in Schmelzschweißverbindungen 433
 - 4.4.4.1 Verfahren und Begriffe 433
 - 4.4.4.2 Unlegierte und legierte Stähle 434
 - 4.4.4.3 Aluminium und Aluminiumlegierungen 444
 - 4.4.4.4 Titan und Titanlegierungen 444
 - 4.4.4.5 Kupfer und Kupferlegierungen 445
 - 4.4.5 Unregelmäßigkeiten in Schweißverbindungen 445
 - 4.5 Additive Fertigung metallischer Werkstoffe (3D-Druck) 450
 - 4.5.1 Verfahrensübersicht 453
 - 4.5.2 Besonderheiten bei Probennahme und Präparation 454
 - 4.5.3 Einstufige AM-Prozesse 455
 - 4.5.3.1 Pulverbettbasiertes Schmelzen (PBF) 455
 - 4.5.3.2 PBF gefertigte Materialien 456
 - 4.5.3.3 Materialauftrag mit gerichteter Energieeinbringung (DED) 462
 - 4.5.3.4 DED gefertigte Materialien 462
 - 4.5.4 Mehrstufige AM-Prozesse 464
 - 4.5.4.1 Badbasierte Photopolymerisation (VPP) 464
 - 4.5.4.2 Materialextrusion (MEX) 465
 - 4.5.4.3 Materialien aus mehrstufigen AM-Prozessen 466
 - 4.6 Quellen und Literatur 468
- 5 Eisen und Eisenlegierungen 469**
- 5.1 Roheisen- und Stahlherstellung im Überblick 469
 - 5.2 Gefüge des reinen Eisens und der Eisenlegierungen 471
 - 5.2.1 Reines Eisen 472
 - 5.2.2 Eisen-Kohlenstoff-Legierungen 474
 - 5.3 Polymorphe Phasenumwandlungen 486
 - 5.3.1 Umwandlungen beim Erwärmen 486
 - 5.3.2 Umwandlungen beim Abkühlen 491
 - 5.3.2.1 Allgemeine Betrachtungen 491
 - 5.3.2.2 Erstarrung 492
 - 5.3.2.3 Perlitbildung 494
 - 5.3.2.4 Martensitbildung 505
 - 5.3.2.5 Bainitbildung 510
 - 5.4 Thermische Verfahren der Gefügebeeinflussung 513
 - 5.4.1 Fertigungsgerechte werkstoffunabhängige Verfahren 514
 - 5.4.1.1 Rekristallisierendes Glühen 514
 - 5.4.1.2 Sphäroidisierendes Glühen 517
 - 5.4.1.3 Grobkorn- und Diffusionsglühen 522
 - 5.4.2 Fertigungsgerechte werkstoffspezifische Verfahren 525
 - 5.4.2.1 Normalglühen 525
 - 5.4.2.2 Glühen auf bestimmte Eigenschaften 529
 - 5.4.3 Beanspruchungsgerechte Verfahren 531
 - 5.4.3.1 Vergüten und Bainitisieren 531
 - 5.4.3.2 Normalisierendes Umformen 544
 - 5.4.3.3 Thermomechanisches Umformen 545

5.5	Technische Eisenlegierungen	546
5.5.1	Schweißbare Baustähle	551
5.5.2	Stähle höherer Festigkeit	559
5.5.3	Stähle für tiefe Temperaturen	567
5.5.4	Stähle für hohe Temperaturen	572
5.5.5	Stähle mit besonderen Korrosionseigenschaften	577
5.5.6	Stähle mit besonderen magnetischen Eigenschaften	588
5.5.7	Stähle mit besonderen Verarbeitungseigenschaften	591
5.5.8	Stähle mit besonderen Verschleißseigenschaften	602
5.5.9	Gusseisen	612
5.6	Weiterführende Literatur	624
6	Gefüge technischer Nichteisenmetalle, ihrer Legierungen sowie ausgewählter Funktionswerkstoffe	625
6.1	Kupfer und seine Legierungen	625
6.1.1	Reinkupfer und niedriglegiertes Kupfer	625
6.1.2	Kupfer-Zink-Legierungen	634
6.1.2.1	Gefüge der einphasigen α -Legierungen	636
6.1.2.2	Gefüge der zweiphasigen ($\alpha + \beta'$)-Legierungen	639
6.1.2.3	Gefüge der einphasigen β' -Legierungen	642
6.1.2.4	Einfluss von Wärmebehandlung auf die Gefüge von ($\alpha + \beta'$)-Legierungen	643
6.1.3	Mehrstofflegierungen (Sondermessing)	647
6.1.4	Kupfer-Zinn-Legierungen	652
6.1.5	Kupfer-Aluminium-Legierungen und Mehrstofflegierungen	658
6.1.5.1	Gefüge binärer Kupfer-Aluminium-Legierungen	659
6.1.5.2	Gefüge der Mehrstofflegierungen	661
6.1.6	Kupfer-Zinn-Blei-Legierungen	666
6.1.7	Kupfer-Nickel-Legierungen und Mehrstofflegierungen	668
6.2	Nickel und seine Legierungen	671
6.2.1	Reines Nickel	671
6.2.2	Nickellegierungen	672
6.2.2.1	Hochwarmfeste Legierungen	672
6.2.2.2	Hitze- und korrosionsbeständige Legierungen	680
6.2.2.3	Formgedächtnislegierungen	681
6.2.2.4	Spannungselastische Martensitumwandlung und Pseudoelastizität	682
6.2.2.5	Thermoelastische Martensitumwandlung und Formgedächtniseffekte	682
6.3	Cobalt und seine Legierungen	683
6.3.1	Reines Cobalt	683
6.3.2	Cobaltlegierungen	684
6.4	Zink und seine Legierungen	687
6.4.1	Reines Zink	687
6.4.2	Zinklegierungen	689
6.5	Aluminium und Aluminiumlegierungen	693
6.5.1	Geschichte des Werkstoffs Aluminium	693
6.5.2	Vorkommen und Herstellung	693
6.5.3	Eigenschaften und Anwendungen von Aluminium und Aluminiumlegierungen	694
6.5.4	Gefüge von Aluminium-Gusslegierungen	697
6.5.5	Gefüge von Aluminium-Knetlegierungen	704
6.5.5.1	Gefügeausbildung im Formateguss	704
6.5.5.2	Gefügeausbildung bei der Homogenisierung	709
6.5.5.3	Gefügeausbildung bei der Warmumformung	712
6.5.5.4	Gefügeausbildung bei der Kaltumformung und einer anschließenden Glühbehandlung	714

- 6.5.5.5 Gefügebeispiele wichtiger Aluminium-Knetlegierungen 715
- 6.5.6 Identifikation der intermetallischen Phasen 724
- 6.6 Magnesium und Magnesiumlegierungen 724
 - 6.6.1 Reines Magnesium 724
 - 6.6.2 Magnesiumlegierungen 725
 - 6.6.2.1 Legierungssysteme Mg-Al und Mg-Al-Zn 725
 - 6.6.2.2 Legierungssystem Mg-Al-Mn (AM-Legierungen) 728
 - 6.6.2.3 Legierungssystem Mg-Y-SE-Zr (WE-Legierungen) 728
 - 6.6.2.4 Legierungssysteme Mg-Li, Mg-Li-Al und Mg-Li-Al-SE 729
- 6.7 Titan und Titanlegierungen 729
 - 6.7.1 Reines Titan 729
 - 6.7.2 α - und near α -Legierungen 732
 - 6.7.3 (α + β)-Legierungen 734
 - 6.7.4 Metastabile β -Legierungen 736
 - 6.7.5 Stabile β -Legierungen 736
- 6.8 Weitere Nichteisenmetalllegierungen 736
 - 6.8.1 Lotwerkstoffe 736
 - 6.8.1.1 Weichlote 737
 - 6.8.1.2 Hartlote 740
 - 6.8.2 Gleitlagerwerkstoffe 746
 - 6.8.2.1 Gleitlager aus Kupferlegierungen 749
 - 6.8.2.2 Blei- und Zinn-Gusslegierungen für Verbundgleitlager 754
 - 6.8.2.3 Gleitlager aus Aluminiumlegierungen 756
- 6.9 Magnetwerkstoffe 758
 - 6.9.1 Hartmagnetische Werkstoffe 758
 - 6.9.1.1 Grundlagen und Allgemeines 758
 - 6.9.1.2 FeNdB Magnete 759
 - 6.9.1.3 EBSD-Analysen an Sintermagneten 761
 - 6.9.1.4 CoSm Magnete 762
 - 6.9.1.5 Hartferrite 762
 - 6.9.1.6 Alnico Magnete 762
 - 6.9.1.7 Sonstige Magnetwerkstoffe 762
 - 6.9.2 Weichmagnetische Werkstoffe 763
 - 6.9.2.1 Grundlagen 763
 - 6.9.2.2 Elektroblech 764
 - 6.9.2.3 Soft magnetic composites (SMC) 766
 - 6.9.2.4 Sonstige weichmagnetische Materialien 767
- 6.10 Batteriematerialien 768
 - 6.10.1 Einführung 768
 - 6.10.2 Aufbau und Funktion einer Lithium-Ionen Batterie 768
 - 6.10.3 Arbeitssicherheit beim Umgang mit Batterien und Batteriematerialien 769
 - 6.10.4 Hinweise zur Präparation und empfohlene Präparationsroutine 771
 - 6.10.5 Typische Mikrostrukturen von Li-Ionenbatterien 771
 - 6.10.6 Typische Aktivmaterialien für Kathoden und Anoden in Li-Ionenbatterien 772
 - 6.10.7 Zukünftige Batterietechnologien 773
- 6.11 Quellen und Literatur 776
- 7 Hochleistungskeramik 779**
 - 7.1 Arten der Hochleistungskeramik 779
 - 7.2 Herstellung keramischer Werkstoffe 779
 - 7.3 Mechanische Festigkeit keramischer Werkstoffe 781

7.4	Materialeigenschaften und Anwendungen	784
7.4.1	Aluminiumoxid	784
7.4.2	Zirkoniumoxid	784
7.4.3	Siliciumcarbid	787
7.4.4	Siliciumnitrid	787
7.5	Weiterführende Literatur	788

Anhang

A	Atomare Konstanten technisch wichtiger Metalle und Metalloide (Raumtemperatur)	789
B	Physikalische Eigenschaften technisch wichtiger Metalle und Metalloide	791
C	Angaben von Mengenanteilen in stofflichen Systemen	793
D	Ansetzen von prozentualen Lösungen	795
E	Metallographische Ätzmittel	797
Index		811