

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der metallischen Stoffe	15
1.1	<i>Der kristalline Aufbau der Metalle und Legierungen</i>	15
1.1.1	Translationsgitter (Bravais-Gitter)	16
1.1.1.1	Bestimmung von Punkten, Ebenen und Richtungen im kubischen System	19
1.1.1.2	Bestimmung von Ebenen und Richtungen im hexagonalen System	26
1.1.2	Gitteraufbau der Metalle	30
1.1.2.1	Polymorphie	35
1.1.2.2	Anisotropie	37
1.1.3	Gitteraufbau der Legierungen	40
1.1.3.1	Kristallgemisch	42
1.1.3.2	Mischkristalle (Mk)	42
1.1.3.3	Überstrukturen	44
1.1.3.4	Intermetallische und intermediäre Phasen	45
1.1.3.5	Eigenschaftsänderungen der Metalle durch Legieren	49
1.1.4	Aufbau der Realkristalle	51
1.1.4.1	Strukturelle Fehlernungen	52
1.1.4.1.1	Punktförmige oder nulldimensionale Fehlernungen	53
1.1.4.1.2	Linienförmige oder eindimensionale Fehlernungen	56
1.1.4.1.3	Flächenförmige oder zweidimensionale Fehlernungen	67
1.1.5	Kristallbildung	70
1.2	<i>Formänderung und Rekristallisation</i>	75
1.2.1	Elastische Formänderung	76
1.2.2	Plastische Formänderung	79
1.2.3	Verfestigung	86
1.2.4	Kristallerholung und Rekristallisation	88
1.2.4.1	Kristallerholung	88
1.2.4.2	Rekristallisation	89
1.2.5	Formänderung in Abhängigkeit von der Zeit und der Temperatur	94
1.3	<i>Zustandsänderungen der Metalle und Legierungen</i>	97
1.3.1	Messmethoden zur Bestimmung von Erstarrungs- bzw. Schmelzpunkten sowie des Umwandlungsverhaltens von Metallen und Legierungen im festen Zustand	98
1.3.2	Zustandsänderungen binärer Systeme	101
1.3.2.1	Zustandsschaubild eines binären Systems (A–B), dessen Komponenten im flüssigen und festen Zustand völlig löslich sind	102
1.3.2.2	Zustandsschaubild eines binären Systems (Bi–Cd), dessen Komponenten im flüssigen Zustand völlig löslich und im festen Zustand völlig unlöslich sind	106

1.3.2.3	Zustandsschaubild eines binären eutektischen Systems, dessen Komponenten im flüssigen Zustand völlig löslich und im festen Zustand begrenzt löslich sind	109
1.3.2.4	Zustandsschaubild eines binären Systems mit Peritektikum, dessen Komponenten im flüssigen Zustand völlig löslich und im festen Zustand begrenzt löslich sind	112
1.3.2.5	Zustandsschaubild eines binären Systems mit begrenzter Löslichkeit und eutektoider Phasenumwandlung im festen Zustand	114
1.3.2.6	Binäre Systeme mit begrenzter Löslichkeit im flüssigen und völliger Unlöslichkeit der Komponenten im festen Zustand	116
1.3.2.7	Überblick über die Grundtypen der Zustandsschaubilder binärer Systeme	117
1.3.3	Zustandsänderungen ternärer Systeme	118
1.3.3.1	Konzentrationsdreieck	118
1.3.3.2	Ternäre Zustandsschaubilder	123
1.3.4	Gibbssches Phasengesetz (Phasenregel)	127
1.4	<i>Diffusion in Metallen</i>	129
1.4.1	Diffusionsarten	130
1.4.1.1	Selbstdiffusion (Thermodiffusion)	130
1.4.1.2	Fremddiffusion (konzentrationsabhängige Diffusion)	130
1.4.2	Diffusionsgesetze	131
1.4.3	Spinodale	135
1.4.4	Einflüsse auf die Diffusion	137
1.4.5	Diffusionsmechanismen	138
1.4.6	Kirkendall-Effekt	139
1.5	<i>Elektrische Leitfähigkeit der Metalle</i>	140
1.6	<i>Amorphe Metalle</i>	151
1.6.1	Eigenschaften amorpher Metalle	153
1.6.2	Verwendung amorpher Metalle	155
1.7	<i>Literatur- und Quellenverzeichnis</i>	156
2	Eisenwerkstoffe	158
2.1	<i>Eigenschaften</i>	158
2.2	<i>Verwendung</i>	159
2.3	<i>Eisen-Legierungen</i>	159
2.3.1	Einfluss der Legierungsbestandteile auf die Existenzbereiche der allotropen Modifikationen des Eisens	162
2.3.2	System Eisen-Kohlenstoff	164
2.3.2.1	Metastabiles System Fe-Fe ₃ C (Eisen-Eisencarbid)	165
2.3.2.2	Stabiles System Eisen-Graphit (Fe-C)	169
2.4	<i>Genormte Eisen-Legierungen</i>	171
2.4.1	Eisen-Knetlegierungen	171
2.4.1.1	Einteilung der Stähle	171
2.4.1.2	Stahlgruppen und Stahlmarken	177

2.4.2	Eisen-Gusslegierungen	206
2.4.2.1	Stahlguss	207
2.4.2.2	Temperguss	215
2.4.2.3	Hartguss	218
2.4.2.4	Gusseisen	219
2.5	Wärmebehandlung der Eisenwerkstoffe	228
2.5.1	Wärmebehandlung von Stahl	228
2.5.1.1	Thermische Verfahren der Wärmebehandlung des Stahls	231
2.5.1.1.1	Glühen	231
2.5.1.1.2	Härten	239
2.5.1.1.3	Anlassen	246
2.5.1.1.4	Härten nach Volumenerwärmung	251
2.5.1.1.5	Randschichthärten	257
2.5.1.2	Thermochemische Wärmebehandlung	260
2.5.1.3	Thermomechanische Verfahren	279
2.5.2	Wärmebehandlung von Gusseisen mit Lamellen- und Kugelgraphit	282
2.5.3	Wärmebehandlungsfehler	284
2.6	Stahl- und Gussfehler	286
2.7	Literatur- und Quellenverzeichnis	292
3	Nichteisenmetalle	294
3.1	Aluminium	294
3.1.1	Eigenschaften	294
3.1.2	Verwendung von unlegiertem Aluminium	298
3.1.3	Aluminium-Legierungen	301
3.1.3.1	Aluminium-Knetlegierungen	301
3.1.3.2	Al-Gusslegierungen	303
3.1.3.3	Wärmebehandlung von Al und Al-Legierungen	305
3.1.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	311
3.2	Beryllium	311
3.2.1	Eigenschaften	311
3.2.2	Verwendung	313
3.2.3	Berylliumhaltige Legierungen	313
3.2.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	315
3.3	Blei	315
3.3.1	Eigenschaften	315
3.3.2	Verwendung	316
3.3.3	Blei-Legierungen	317
3.3.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	320
3.4	Chrom	321
3.4.1	Eigenschaften	321
3.4.2	Verwendung	321
3.4.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	322
3.5	Gallium	322
3.5.1	Eigenschaften	322
3.5.2	Verwendung	323

3.5.3	Gallium-Legierungen	323
3.5.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	325
3.6	<i>Germanium</i>	325
3.6.1	Eigenschaften	325
3.6.2	Verwendung	326
3.6.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	326
3.7	<i>Gold</i>	326
3.7.1	Eigenschaften	326
3.7.2	Verwendung	327
3.7.3	Gold-Legierungen	328
3.7.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	329
3.8	<i>Indium</i>	329
3.8.1	Eigenschaften	329
3.8.2	Verwendung	330
3.8.3	Indium-Legierungen	330
3.8.4	Intermetallische und intermediäre $A^{III}B^V$ -Verbindungen des Indiums	331
3.8.5	Literatur- und Quellenverzeichnis	332
3.9	<i>Kupfer</i>	333
3.9.1	Eigenschaften	333
3.9.2	Verwendung	335
3.9.3	Kupfer-Legierungen	336
3.9.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	347
3.10	<i>Magnesium</i>	347
3.10.1	Eigenschaften	347
3.10.2	Verwendung	349
3.10.3	Magnesium-Legierungen	349
3.10.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	351
3.11	<i>Nickel</i>	351
3.11.1	Eigenschaften	351
3.11.2	Verwendung	353
3.11.3	Nickel-Legierungen	354
3.11.4	Nickelhaltige Sonderwerkstoffe	355
3.11.5	Literatur- und Quellenverzeichnis	369
3.12	<i>Platinmetalle</i>	369
3.12.1	Eigenschaften	369
3.12.2	Verwendung	371
3.12.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	373
3.13	<i>Quecksilber</i>	373
3.13.1	Eigenschaften	373
3.13.2	Verwendung	374
3.13.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	374
3.14	<i>Silber</i>	375
3.14.1	Eigenschaften	375
3.14.2	Verwendung	375
3.14.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	378
3.15	<i>Silicium</i>	378
3.15.1	Eigenschaften	378

3.15.2	Verwendung	379
3.15.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	379
3.16	<i>Tantal</i>	379
3.16.1	Eigenschaften	379
3.16.2	Verwendung	381
3.16.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	381
3.17	<i>Titan</i>	381
3.17.1	Eigenschaften	381
3.17.2	Verwendung	384
3.17.3	Titan-Legierungen	385
3.17.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	388
3.18	<i>Wolfram</i>	389
3.18.1	Eigenschaften	389
3.18.2	Verwendung	390
3.18.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	392
3.19	<i>Zink</i>	393
3.19.1	Eigenschaften	393
3.19.2	Verwendung	394
3.19.3	Zink-Legierungen	395
3.19.4	Literatur- und Quellenverzeichnis	397
3.20	<i>Zinn</i>	397
3.20.1	Eigenschaften	397
3.20.2	Verwendung	398
3.20.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	398
4	Pulver- und Sinterwerkstoffe	399
4.1	<i>Pulvergewinnung</i>	399
4.2	<i>Pulveraufbereitung</i>	404
4.3	<i>Mischen der Pulver</i>	404
4.4	<i>Herstellung von Formteilen</i>	406
4.5	<i>Sintern</i>	406
4.5.1	Festphasensintern einphasiger Pulver	407
4.5.2	Festphasensintern mehrphasiger Pulver	412
4.5.3	Temporäres Flüssigphasensintern	413
4.5.4	Permanentes Flüssigphasensintern	414
4.5.5	Nachbehandlung gesinterter Formteile	415
4.6	<i>Anwendung von Sinterwerkstoffen</i>	415
4.6.1	Filterwerkstoffe	416
4.6.2	Sinterlagerwerkstoffe	417
4.6.3	Friktionswerkstoffe	419
4.6.4	Gesinterter Eisenwerkstoffe	422
4.6.5	Sinter-Superlegierungen	425
4.6.6	Kontaktwerkstoffe	425
4.6.6.1	Einphasige Sinterkontaktwerkstoffe	428
4.6.6.2	Kontakt-Verbundwerkstoffe	430
4.6.7	Pulver- und Sintermagnetwerkstoffe	433
4.6.7.1	Sinterisenmagnete	434
4.6.7.2	Masseisenkerne	435

4.6.7.3	Ferritmagnete	435
4.6.7.4	Sinterhartmagnete auf der Basis von Al-Ni-Co	442
4.6.7.5	Hartmagnetische intermetallische Phasen der Seltenerd- und Übergangsmetalle	444
4.6.8	Hartmetalle	446
4.6.9	Nichtmetallische Hartstoffe	448
4.7	Literatur- und Quellenverzeichnis	451
5	Nichtmetallische Stoffe	452
5.1	Kunststoffe	452
5.1.1	Grundbegriffe der Synthesereaktionen zur Herstellung von Kunststoffen	452
5.1.2	Struktur und strukturabhängige Eigenschaften der Kunststoffe	457
5.1.2.1	Einfluss der Gestalt der Makromoleküle auf einige Eigenschaften der Kunststoffe	459
5.1.2.2	Amorphe, orientierte und partiell-kristalline Struktu- ren	460
5.1.2.3	Einige spezielle Eigenschaften und Verhaltensweisen der Kunststoffe	463
5.1.2.3.1	Thermisches Verhalten	463
5.1.2.3.2	Mechanische Eigenschaften	468
5.1.2.3.3	Lösungs- und Quellverhalten	472
5.1.2.3.4	Elektrische Eigenschaften	474
5.1.3	Polymerisate	480
5.1.3.1	Polyethylen (PE)	480
5.1.3.1.1	Eigenschaften	484
5.1.3.1.2	Verwendung	486
5.1.3.2	Polypropylen (PP)	487
5.1.3.2.1	Eigenschaften	487
5.1.3.2.2	Verwendung	488
5.1.3.3	Polybuten-1 (PB)	489
5.1.3.3.1	Eigenschaften	489
5.1.3.3.2	Verwendung	490
5.1.3.4	Polystyren (PS)	490
5.1.3.4.1	Eigenschaften	490
5.1.3.4.2	Verwendung	492
5.1.3.5	Polyvinylchlorid (PVC)	492
5.1.3.5.1	Eigenschaften	493
5.1.3.5.2	Verwendung	495
5.1.3.6	Polymethylmethacrylat (PMMA)	496
5.1.3.6.1	Eigenschaften	496
5.1.3.6.2	Verwendung	497
5.1.3.7	Polyhalogenolefine	497
5.1.3.7.1	Eigenschaften	498
5.1.3.7.2	Verwendung	499
5.1.3.8	Polyoximethylen (POM)	500
5.1.3.8.1	Eigenschaften	500
5.1.3.8.2	Verwendung	501

5.1.3.9	Polyisobutylen (PIB)	501
5.1.3.9.1	Eigenschaften	502
5.1.3.9.2	Verwendung	503
5.1.3.10	Polyvinylcarbazol (PVK)	503
5.1.3.10.1	Eigenschaften	503
5.1.3.10.2	Verwendung	504
5.1.3.11	Polyamide (PA)	504
5.1.3.11.1	Eigenschaften	505
5.1.3.11.2	Verwendung	507
5.1.4	Polykondensate	507
5.1.4.1	Phenolharze (PF)	508
5.1.4.1.1	Eigenschaften	508
5.1.4.1.2	Verwendung	510
5.1.4.2	Aminoplaste	512
5.1.4.2.1	Eigenschaften	512
5.1.4.2.2	Verwendung	514
5.1.4.3	Polyester	515
5.1.4.3.1	Eigenschaften	516
5.1.4.3.2	Verwendung	518
5.1.4.4	Polycarbonate (PC)	519
5.1.4.4.1	Eigenschaften	519
5.1.4.4.2	Verwendung	521
5.1.4.5	Polyimide (PI)	521
5.1.4.5.1	Eigenschaften	522
5.1.4.5.2	Verwendung	523
5.1.4.6	Silicone (SI)	523
5.1.4.6.1	Eigenschaften	524
5.1.4.6.2	Verwendung	525
5.1.5	Polyaddukte	525
5.1.5.1	Epoxidharze (EP)	525
5.1.5.1.1	Eigenschaften	528
5.1.5.1.2	Verwendung	529
5.1.5.2	Polyurethane (PUR)	530
5.1.5.2.1	Eigenschaften	531
5.1.5.2.2	Verwendung	533
5.1.6	Cellulosederivate	534
5.1.6.1	Eigenschaften	535
5.1.6.2	Verwendung	536
5.1.7	Identifizierung der Kunststoffe	536
5.1.8	Literatur- und Quellenverzeichnis	539
5.2	Holz – Werkstoffe aus Holz	540
5.2.1	Allgemeines	540
5.2.2	Aufbau des Holzes	544
5.2.3	Eigenschaften des Holzes	550
5.2.3.1	Allgemeines	550
5.2.3.2	Verhalten des Holzes gegenüber Feuchtigkeit (Holzfeuchte)	550
5.2.3.3	Dichte (Rohdichte, Reindichte, Raumdichtezahl)	553

5.2.3.4	Mechanisch-technologische Eigenschaften des Holzes	554
5.2.3.5	Sonstige Eigenschaften	557
5.2.4	Holznutzung und Holzverwertung	559
5.2.4.1	Allgemeines	559
5.2.4.2	Vollholz	561
5.2.4.3	Furniere und Lagenholz	564
5.2.4.4	Faserplatten	565
5.2.4.5	Spanplatten	567
5.2.4.6	Verbundplatten	568
5.2.4.7	Verwendung des Holzes als Faserholz und als Brennholz	569
5.2.4.8	Fehler und Schädigungen des Holzes	571
5.2.4.9	Holzschutz	573
5.2.5	Literatur- und Quellenverzeichnis	574
5.3	<i>Mineralische Werkstoffe</i>	574
5.3.1	Naturgesteine und natürliche Gesteinsstoffe	575
5.3.1.1	Begriffe	575
5.3.1.2	Einteilung der Gesteine nach ihrer Entstehung	575
5.3.1.3	Makrostruktur der Gesteine	576
5.3.1.4	Kenngrößen und Eigenschaften	577
5.3.1.5	Verwendung der Gesteine und Gesteinsstoffe	580
5.3.2	Mörtel und Betone	580
5.3.2.1	Eigenschaften der Mörtel und Betone	582
5.3.2.2	Verwendung der Mörtel und Betone	587
5.3.3	Mineralische Bindemittel	589
5.3.3.1	Begriffe	589
5.3.3.2	Einteilung der mineralischen Bindemittel	589
5.3.3.3	Kennzeichnende Reaktionen der Bildung und Erhärtung von Bindemitteln	589
5.3.3.4	Charakterisierung wichtiger Bindemittel	592
5.3.4	Keramische Werkstoffe	597
5.3.4.1	Allgemeines	597
5.3.4.2	Einteilung der keramischen Erzeugnisse	599
5.3.4.3	Eigenschaften keramischer Werkstoffe	599
5.3.4.4	Auswahl von wichtigen keramischen Werkstoffen	603
5.3.5	Technisches Glas	612
5.3.5.1	Definitionen – Strukturbeschreibung	612
5.3.5.2	Eigenschaften der Gläser	615
5.3.5.3	Einteilung der Gläser und ihre Verwendung	618
5.3.5.4	Glaserzeugung und Glasverarbeitung	620
5.3.5.5	Entwicklungstendenzen bei Glas	622
5.3.6	Literatur- und Quellenverzeichnis	624
6	Schmierstoffe	625
6.1	<i>Einführung</i>	625
6.1.1	Ursachen von Reibung und Verschleiß	625

6.1.2	Allgemeine Anforderungen an Schmierstoffe	626
6.1.3	Einteilung der Schmierstoffe	626
6.2	<i>Flüssige Schmierstoffe</i>	627
6.2.1	Übersicht	627
6.2.2	Verhaltenscharakteristik der flüssigen Schmierstoffe	627
6.2.3	Ausgewählte flüssige Schmierstoffe	628
6.3	<i>Schmierfette</i>	629
6.3.1	Übersicht	629
6.3.2	Verhaltenscharakteristik der Schmierfette	630
6.3.3	Ausgewählte Schmierfette	630
6.4	<i>Festschmierstoffe</i>	632
6.4.1	Übersicht	632
6.4.2	Verhaltenscharakteristik der festen Schmierstoffe	632
6.4.3	Ausgewählte Festschmierstoffe	633
6.4.3.1	Anorganische Stoffe mit Schichtgitterstruktur	633
6.4.3.2	Metallfilme	634
6.4.3.3	Chemische Oberflächenschichten (Umwandlungs- überzüge)	634
6.4.3.4	Kunststoffe	634
6.5	<i>Literatur- und Quellenverzeichnis</i>	635
7	Korrosion – Korrosionsschutz	636
7.1	<i>Allgemeines</i>	636
7.2	<i>Wesen der Korrosion</i>	637
7.3	<i>Korrosionsschutz</i>	644
7.3.1	Passiver Korrosionsschutz	644
7.3.1.1	Allgemeines	644
7.3.1.2	Verfahren des passiven Korrosionsschutzes	646
7.3.2	Aktiver Korrosionsschutz	650
7.3.2.1	Aktiver Korrosionsschutz durch Veränderungen am Werkstoff	650
7.3.2.2	Aktiver Korrosionsschutz durch Beeinflussung der Angriffsbedingungen	651
7.3.2.3	Aktiver Korrosionsschutz durch Maßnahmen am angreifenden Medium	653
7.4	<i>Korrosionsprüfungen</i>	654
7.5	<i>Literatur- und Quellenverzeichnis</i>	655
8	Zusammenstellung von Normen	656
9	Kurzzeichen und Verarbeitungsrichtlinien für Kunststoffe	680
9.1	<i>Kurzzeichen</i>	680
9.2	<i>Verarbeitungsrichtlinien für Kunststoffe</i>	683
	Sachwortverzeichnis	684