

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	1
1 Einleitung .....	10
2 Werkstoffspezifische Chemie und Anwendungen einiger nichtmetallischer Elemente .....	11
2.1 Wasserstoff .....	11
2.2 Edelgase .....	14
2.3 Halogene .....	15
2.4 Chalkogene .....	19
2.5 Nichtmetalle der V. Hauptgruppe .....	23
2.6 Nichtmetalle der IV. Hauptgruppe .....	28
2.6.1 Kohlenstoff .....	29
3 Metallische Werkstoffe .....	35
3.1 Einführung .....	35
3.2 Allgemeine Eigenschaften der Metalle .....	35
3.3 Haupt- und Nebengruppenmetalle .....	36
3.4 Vorkommen .....	38
3.5 Prinzipielle Verfahren zur Gewinnung der Rohmetalle .....	38
3.5.1 Cyanidlaugerei .....	38
3.5.2 Reduktion der Metalle aus Erzen .....	39
3.5.2.1 Reduktion mit Kohlenstoff .....	39
3.5.2.2 Reduktion mit Wasserstoff .....	39
3.5.2.3 Reduktion mit unedlen Metallen .....	40
3.5.2.4 Elektrolytische Reduktion .....	41
3.6 Hauptgruppenmetalle .....	42
3.6.1 Alkalimetalle .....	42
3.6.2 Erdalkalimetalle .....	45
3.6.2.1 Bindebaustoffe .....	46
3.6.2.2 Wasserhärte .....	47
3.6.3 Metalle der III. Hauptgruppe des PSE .....	49
3.6.3.1 Bor .....	49
3.6.3.2 Aluminium .....	51
3.6.3.3 Gallium, Indium und Thallium .....	53
3.6.4 Metalle der IV. Hauptgruppe des PSE .....	54
3.6.4.1 Silicium .....	54
3.6.4.2 Germanium .....	56

3.6.4.3	Zinn.....	56
3.6.4.4	Blei.....	58
3.6.5	Metalle der V. Hauptgruppe des PSE.....	60
3.6.5.1	Arsen.....	60
3.6.5.2	Antimon.....	61
3.6.5.3	Bismut.....	62
3.6.6	Metalle der VI. Hauptgruppe des PSE.....	63
3.6.6.1	Selen und Tellur.....	63
3.7	Nebengruppenelemente.....	65
3.7.1	Metalle der I. Nebengruppe (Kupfergruppe).....	65
3.7.1.1	Kupfer.....	65
3.7.1.2	Silber.....	69
3.7.1.3	Gold.....	70
3.7.2	Metalle der II. Nebengruppe (Zinkgruppe).....	71
3.7.2.1	Zink.....	71
3.7.2.2	Cadmium.....	73
3.7.2.3	Quecksilber.....	74
3.7.3	Metalle der III. Nebengruppe (Scandiumgruppe).....	76
3.7.3.1	Yttrium und Lanthan.....	76
3.7.3.2	Lanthanoide.....	77
3.7.3.3	Actinoide.....	78
3.7.4	Metalle der IV. Nebengruppe (Titangruppe).....	79
3.7.4.1	Titan.....	80
3.7.4.2	Zirconium.....	81
3.7.4.3	Hafnium.....	82
3.7.5	Metalle der V. Nebengruppe (Vanadiumgruppe).....	83
3.7.5.1	Vanadium.....	83
3.7.5.2	Niob und Tantal.....	84
3.7.6	Metalle der VI. Nebengruppe (Chromgruppe).....	85
3.7.6.1	Chrom.....	85
3.7.6.2	Molybdän.....	87
3.7.6.2	Wolfram.....	88
3.7.7	Metalle der VII. Nebengruppe (Mangangruppe).....	89
3.7.7.1	Mangan.....	90
3.7.7.2	Rhenium.....	91
3.7.8	Metalle der VIII. Nebengruppe.....	92
3.7.8.1	Eisen.....	92

---

3.7.8.2	Cobalt .....	100
3.7.8.3	Nickel.....	102
3.7.8.4	Ruthenium .....	104
3.7.8.5	Osmium .....	104
3.7.8.6	Rhodium .....	104
3.7.8.7	Iridium .....	105
3.7.8.8	Palladium .....	105
3.7.8.9	Platin.....	106
4	Korrosion von Metallen .....	107
4.1	Einführung .....	107
4.2	Chemische Korrosion .....	107
4.3	Elektrochemische Korrosion.....	108
4.3.1	Sauerstoffkorrosion .....	108
4.3.2	Säure- oder Wasserstoffkorrosion .....	108
4.3.3	Kontaktkorrosion.....	109
4.4	Korrosion von Eisen (Rostvorgang) .....	110
4.5	Hochtemperaturkorrosion (HTK) metallischer Werkstoffe .....	112
4.5.1	Ursachen der Hochtemperaturkorrosion.....	112
4.5.2	Auswirkungen der Hochtemperaturkorrosion .....	113
4.6	Erscheinungsformen der Korrosion .....	115
4.6.1	Ebenmäßige Korrosion .....	115
4.6.2	Lochfraßkorrosion .....	115
4.6.3	Spaltkorrosion.....	115
4.6.4	Interkristalline Korrosion.....	116
4.6.5	Selektive Korrosion .....	116
4.6.6	Spannungsrisskorrosion.....	116
4.6.7	Schwingungsrisskorrosion.....	117
4.6.8	Verschleißkorrosion.....	117
4.6.9	Mikrobiologische Korrosion.....	117
4.7	Korrosionsprodukte .....	117
5	Korrosionsschutz .....	119
5.1	Passiver Korrosionsschutz .....	119
5.1.1	Metallische Schutzschichten.....	119
5.1.2	Nichtmetallische Schutzschichten .....	121
5.2	Aktiver Korrosionsschutz .....	125
5.2.1	Kathodischer Korrosionsschutz .....	126
5.2.2	Inhibitoren .....	127

6	Kunststoffe.....	130
6.1	Einführung – wichtige Begriffe und Definitionen.....	130
6.2	Herausragende Eigenschaften von Kunststoffen.....	133
6.3	Chemie der Herstellung von Kunststoffen – Polyreaktionen.....	134
6.3.1	Polymerisationen.....	134
6.3.1.1	Radikalische Polymerisationen.....	135
6.3.1.2	Koordinative Polymerisation (Polyinsertion).....	149
6.3.1.3	Ionische Polymerisationen.....	151
6.3.2	Polykondensationen.....	154
6.3.2.1	Polyamide.....	154
6.3.2.2	Polyester.....	156
6.3.2.3	Polysiloxane (Silicone).....	156
6.3.2.4	Melamin-Formaldehyd-Kunstharze (MF).....	157
6.3.2.5	Phenol-Formaldehyd-Kunstharze (PF).....	158
6.3.3	Polyadditionen.....	160
6.3.3.1	Polyurethane (PUR).....	160
6.3.3.2	Epoxidharze (EP).....	162
6.3.4	Spezielle Polyreaktionen.....	166
6.3.4.1	Ringöffnende metathetische Polyreaktion („ROMP-Reaktion“).....	166
6.4	Struktureller Aufbau und allgemeine Eigenschaften.....	169
6.4.1	Kristallinitätsgrad.....	169
6.4.2	Temperatureinfluss.....	170
6.4.2.1	Glasübergangstemperatur $T_g$ .....	170
6.4.2.2	Schmelztemperatur $T_m$ .....	171
6.4.2.3	Zersetzungstemperatur $T_z$ .....	171
6.4.3	Einfluss der chemischen Struktur auf einige physikalische Eigenschaften ausgewählter Kunststoffe.....	171
6.4.3.1	PE-LD und PE-HD.....	172
6.4.3.2	Polypropylen (PP).....	172
6.4.3.3	Polystyrol (PS).....	173
6.4.3.4	<i>cis</i> - und <i>trans</i> -1,4-Polybutadiene (BR).....	173
6.4.3.5	Polyamide (PA).....	174
6.4.4	Abhängigkeit der Glasumwandlungstemperatur $T_g$ von der chemischen Struktur.....	176
6.4.4.1	Einfluss der relativen molaren Masse.....	176
6.4.4.2	Einfluss der Größe des Substituenten.....	176
6.4.4.3	Einfluss der Polarität des Substituenten.....	177

6.4.4.4 Einfluss der Kettensteifigkeit .....	178
6.4.4.5 Isomerieeinflüsse .....	178
6.4.5 Klassifizierung der Kunststoffe nach ihrem thermisch- mechanischen Verhalten .....	181
6.4.5.1 Thermoplaste .....	181
6.4.5.2 Elastomere .....	183
6.4.5.3 Duroplaste .....	186
6.4.6 Vernetzung und Vulkanisation .....	187
6.4.6.1 Vernetzung .....	187
6.4.6.2 Vulkanisation .....	188
6.5 Werkstofftechnisch wichtige Kunststoffe .....	191
6.5.1 Kurzzeichen von Kunststoffen .....	191
6.5.2 Standard- und technische Kunststoffe .....	194
6.5.2.1 Standard- bzw. Massenkunststoffe .....	194
6.5.2.2 Technische Kunststoffe .....	195
6.5.3 Spezialkunststoffe .....	199
6.5.3.1 Hochtemperaturbeständige Kunststoffe .....	199
6.5.3.2 Elektrisch leitfähige und andere spezielle Kunststoffe .....	208
6.5.4 Klebstoffe .....	211
6.6 Alterung und chemischer Abbau von Kunststoffen .....	214
6.6.1 Einführung .....	214
6.6.2 Schädigungen durch Wärmeeinwirkung .....	216
6.6.2.1 Verflüchtigung von Additiven .....	216
6.6.2.2 Depolymerisation .....	216
6.6.2.3 Kettenfragmentierungen .....	217
6.6.2.4 Thermischer Abbau durch Pyrolyse und Verbrennung .....	219
6.6.3 Schädigungen durch Sauerstoff .....	220
6.6.4 Schädigungen durch Ozon .....	222
6.6.5 Schädigungen durch elektromagnetische Strahlung .....	224
6.6.6 Schädigungen durch Chemikalien .....	227
6.6.6.1 Löslichkeit .....	227
6.6.6.2 Einwirkung von Säuren und Laugen .....	228
6.6.6.3 Hydrolyse .....	228
7 Keramische Werkstoffe .....	231
7.1 Einteilung und Eigenschaften keramischer Werkstoffe .....	231
7.2 Silikatkeramik .....	232
7.2.1 Einteilung silikatkeramischer Werkstoffe nach physikalischen Eigenschaften .....	232

7.2.2	Porzellan .....	233
7.2.3	Einzelne Silicate .....	234
7.3	Oxidkeramik .....	235
7.3.1	Einfache Oxide .....	235
7.3.1.1	Aluminiumoxid .....	235
7.3.1.2	Zirconiumdioxid .....	236
7.3.1.3	Magnesiumoxid .....	237
7.3.1.4	Berylliumoxid .....	237
7.3.1.5	Titan-, Thorium- und Urandioxid .....	238
7.3.2	Mehrkomponentige Oxide .....	238
7.3.2.1	Ferrite .....	238
7.3.2.2	Titanate .....	239
7.3.2.3	PZT-Keramik .....	239
7.3.2.4	Keramische Hochtemperatursupraleiter .....	240
7.4	Nichtoxidkeramik .....	241
7.4.1	Carbidkeramik .....	241
7.4.1.1	Siliciumcarbid .....	241
7.4.1.2	Borcarbid .....	243
7.4.2	Übergangsmetallcarbide .....	243
7.4.2.1	Wolframcarbid .....	244
7.4.2.2	Titancarbid .....	244
7.4.2.3	Tantalcarbid .....	245
7.4.2.4	Chrom- und Molybdäncarbid .....	245
7.4.2.5	Eisencarbid, Aufkohlung (Carburieren) .....	245
7.4.3	Nitridkeramik .....	246
7.4.3.1	Siliciumnitrid .....	246
7.4.3.2	Bornitrid .....	248
7.4.3.3	Aluminiumnitrid .....	250
7.4.4	Übergangsmetallnitride .....	251
7.4.4.1	Titannitrid .....	251
7.4.4.2	Zirconium-, Hafnium-, Niob- und Tantalnitrid .....	252
7.4.5	Boridkeramik .....	252
7.4.5.1	Titandiborid .....	252
7.4.5.2	Zirconiumdiborid und andere Boride .....	254
7.4.6	Silicidkeramik .....	254
7.4.6.1	Molybdändisilicid .....	254
7.4.6.2	Wolframdisilicid .....	255

---

7.5	Cermets .....	256
8	Gläser .....	257
8.1	Einführung .....	257
8.2	Oxidgläser .....	257
8.2.1	Kieselglas .....	259
8.2.2	Fensterglas .....	259
8.2.3	Borosilicatgläser .....	260
8.2.4	Bleigläser .....	260
8.2.5	Wasserglas .....	261
8.2.6	Phosphatgläser .....	261
8.2.7	Germanat-, Arsenit- und Telluritgläser .....	261
8.3	Fluorid- und Chalkogenidgläser .....	261
8.4	Metallische Gläser .....	262
8.5	Organische Gläser .....	263
8.6	Farbgläser .....	263
8.6.1	Entfärbung .....	263
8.6.2	Färbung mit Übergangsmetalloxiden .....	264
8.6.3	Anlauffärbung .....	264
8.6.4	Färbung durch Metallkolloide .....	265
8.7	Trübgläser .....	265
8.8	Strahlenschutzgläser .....	266
8.8.1	Wärmeschutzgläser .....	266
8.8.2	Schutzgläser gegen ionisierende Strahlung .....	266
8.8.3	Photochrome Gläser .....	267
9	Literaturverzeichnis .....	268
10	Stichwortverzeichnis .....	273