

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Anorganische Grundlagenchemie</i>	1
1.1	<i>Grundbegriffe</i>	1
1.1.1	Atom und Atombau	1
1.1.2	Atommasse	2
1.1.3	Periodensystem	5
1.1.4	Gruppen des Periodensystems	5
1.1.5	Übersicht über die Elemente	8
1.1.6	Chemische Verbindungen	9
1.1.7	Oxidationszahl	11
1.2	<i>Oxide</i>	13
1.2.1	Sauerstoff	14
1.2.2	Wasser	14
1.2.3	Kohlendioxid	18
1.2.4	Kohlenmonoxid	20
1.2.5	Magnesiumoxid	20
1.2.6	Aluminiumoxid	20
1.2.7	Siliciumdioxid	21
1.2.8	Schwefeltrioxid	21
1.2.9	Schwefeldioxid	21
1.2.10	Calciumoxid	22
1.3	<i>Hydroxide der Metalle</i>	22
1.3.1	Basen allgemein	22
1.3.2	Natrium- und Kaliumhydroxid	22
1.3.3	Calciumhydroxid	24
1.3.4	Weitere Metallhydroxide	24
1.4	<i>Hydroxide der Nichtmetalle (Sauerstoffsäuren)</i>	25
1.4.1	Kohlensäure	25
1.4.2	Kieselsäure	25
1.4.3	Schwefelsäure	27
1.5	<i>Hydride der Nichtmetalle</i>	27
1.5.1	Methan	27
1.5.2	Ammoniak	28
1.5.3	Schwefelwasserstoff	28
1.5.4	Fluorwasserstoff	30

1.5.4.1	Siliciumtetrafluorid	30
1.5.5	Chlorwasserstoff	30
1.5.6	Hydride insgesamt	30
1.6	<i>pH-Wert</i>	31
1.7	<i>Salze</i>	34
1.7.1	Sulfate	34
1.7.1.1	Natriumsulfat	34
1.7.1.2	Magnesiumsulfat	34
1.7.1.3	Calciumsulfat	34
1.7.1.4	Ammoniumsulfat	36
1.7.1.5	Sulfate allgemein	36
1.7.2	Carbonate	36
1.7.2.1	Natriumcarbonat	36
1.7.2.2	Magnesiumcarbonat	36
1.7.2.3	Calciumcarbonat	37
1.7.2.4	Calcium-Magnesiumcarbonat	37
1.7.2.5	Carbonate allgemein	37
1.7.3	Silikate	38
1.7.3.1	Natriumsilikat	38
1.7.3.2	Kaliumsilikat	38
1.7.3.3	Calciumsilikat	38
1.7.3.4	Aluminiumsilikat	38
1.7.3.5	Silikate allgemein	38
1.7.4	Chloride	39
1.7.4.1	Natriumchlorid	39
1.7.4.2	Magnesiumchlorid	39
1.7.4.3	Calciumchlorid	39
1.7.4.4	Chloride allgemein	40
1.7.5	Fluoride	40
1.7.5.1	Kalium- und Natriumfluorid	40
1.7.5.2	Calciumfluorid	40
1.7.6	Fluate	40
1.7.7	Ergänzendes zu den Salzen	41
1.8	<i>Hydrolyse</i>	41
1.9	<i>Dissoziation</i>	42
1.10	<i>Elektrolyse</i>	42
1.11	<i>Aggregatzustände</i>	46
1.11.1	Gaszustand	46
1.11.2	Flüssigkeit	46
1.11.3	Feststoff	46
1.12	<i>Stoffsysteme</i>	47
1.12.1	Flüssige Stoffgemische	47
1.12.1.1	Lösungen	47
1.12.1.1.1	Löslichkeit	47

1.12.1.1.2	Lösungskälte	47
1.12.1.1.3	Lösungswärme	48
1.12.1.1.4	Lösungstemperatur	48
1.12.1.1.5	Diffusion – Osmose	49
1.12.1.2	Kolloide	49
1.12.1.2.1	Gele allgemein	50
1.12.1.2.2	Wasserbindung der Gele	50
1.12.1.2.3	Schrumpfung der Gele	51
1.12.1.2.4	Quellung der Gele	51
1.12.1.3	Dispersionen	51
1.12.1.4	Emulsionen	52
1.12.2	Feststoffe	52
1.12.2.1	Kristallgitter	52
1.12.2.1.1	Atomradius	53
1.12.2.1.2	Ionenradius	53
1.12.2.2	Kristallsysteme	53
1.12.2.3	Kristallbindungen	56
1.12.2.3.1	Ionenbindung	56
1.12.2.3.2	Atombindung	56
1.12.2.3.3	Metallbindung	56
1.12.2.3.4	Wasserstoffbindung	58
1.12.2.3.5	van der Waalssche Bindung	58
1.12.2.4	Härte fester Körper	58
2	<i>Anorganische Bauchemie (Verschiedenes)</i>	61
2.1	<i>Wasser im Bauwesen</i>	61
2.1.1	Kreislauf des Wassers	61
2.1.1.1	Wasserverdunstung	61
2.1.1.2	Wasserdampfsättigung	62
2.1.1.3	Niederschlagsbildung	62
2.1.1.4	Taupunkt	64
2.1.1.5	Wasserkreislauf und Wasserverteilung	66
2.1.2	Wasser als Lösungsmittel	66
2.1.2.1	Meerwasser	66
2.1.2.2	Trinkwasser	68
2.1.2.3	Härte des Wassers	70
2.1.2.4	Enthärtung des Wassers	73
2.1.2.5	Enthärtungsverfahren	73
2.1.2.6	Mineralwässer	74
2.1.3	Wasser als Bindemittel	76
2.1.3.1	Oberflächenspannung des Wassers	76
2.1.3.2	Haftspannung des Wassers	78
2.1.3.3	Bedeutung der Wasserbindung	80
2.2	<i>Gestein und Verwitterungsprodukte</i>	82
2.2.1	Geochemie	82
2.2.2	Urgestein	82
2.2.3	Verwitterung	84
2.2.3.1	Böden	85

2.2.3.2	Quarzsand und Quarzkies	86
2.2.4	Ton	86
2.2.4.1	Kristallstruktur des Tons	89
2.2.4.2	Quellung des Tons	89
2.2.4.3	Ton als Dichtungsmaterial	92
2.2.4.4	Wasserbindung des Tons	92
2.2.4.5	Bodenstabilisierung	94
2.2.4.6	Entwässerung des Tons	94
2.2.4.7	Verfestigung des Tons	94
2.2.4.8	Schwindung des Tons	95
2.2.4.9	Lehmbau	95
2.3	<i>Keramische Baustoffe</i>	96
2.3.1	Vorgänge beim Tonbrennen	96
2.3.2	Ziegelwaren	96
2.3.2.1	Rohstoffe	96
2.3.2.2	Herstellung und Eigenschaften	97
2.3.3	Klinkerbaustoffe	98
2.3.4	Steinzeug	98
2.3.5	Schamotte	100
2.3.6	Steingut	101
2.3.7	Vergleich der keramischen Baustoffe	101
2.3.8	Blähton	102
2.4	<i>Quarz und Glas</i>	104
2.4.1	Siliciumdioxid	104
2.4.1.1	Kristallstruktur des Quarzes	105
2.4.1.2	Vorkommen und Eigenschaften	105
2.4.2	Natürliche Silikate	106
2.4.3	Glas	106
2.4.3.1	Wasserglas	108
2.4.3.2	Bauglas	108
2.4.3.3	Glasfasern	110
2.4.4	Überblick über die silikatischen Erzeugnisse	110
3	<i>Gips, Kalk, Magnesiabinder</i>	113
3.1	<i>Gips</i>	113
3.1.1	Vorgänge beim Erhitzen	114
3.1.2	Gipssorten	116
3.1.2.1	Halbhydratgips (Stuckgips)	116
3.1.2.2	Mehrphasengips (Putzgips)	116
3.1.2.3	Hochbrandgips (Estrichgips)	118
3.1.3	Anhydritbinder	118
3.1.4	Erhärtung durch Kristallisation	119
3.1.5	Eigenschaften des Gipses	122
3.2	<i>Magnesiabinder</i>	124
3.3	<i>Luftkalk</i>	125
3.3.1	Kalkbrennen	128

3.3.2	Kalklöschchen	128
3.3.3	Erhärtung des Luftkalks	130
3.3.4	Eigenschaften und Anwendung des Luftkalks	132
3.4	<i>Hydraulische Härtung des Luftkalks</i>	133
3.4.1	Puzzolane allgemein	133
3.4.2	Reaktion des Kalks mit Puzzolanen	133
3.4.3	Puzzolanhaltige Kalkbindemittel	136
3.4.4	Hydraulische Wirkung von Tonmaterialien	136
3.5	<i>Hydraulische Kalke</i>	138
3.5.1	Chemie der hydraulischen Kalke	138
3.5.2	Arten der hydraulischen Kalke	139
3.5.3	Eigenschaften der hydraulischen Kalke	142
3.5.4	Anwendungsgebiete der hydraulischen Kalke	142
3.5.5	Putz- und Mauerbinder	143
4	<i>Zement</i>	145
4.1	<i>Geschichte des Zements</i>	145
4.2	<i>Zementherstellung</i>	146
4.2.1	Aufbereitung	146
4.2.2	Brennen des Zements	146
4.2.3	Mahlen des Zements	150
4.3	<i>Chemische Zusammensetzung</i>	150
4.3.1	Mineralische Zusammensetzung	152
4.3.2	Eigenschaften der Klinkermineralien	152
4.4	<i>Portlandzemente</i>	155
4.4.1	Normaler Portlandzement	156
4.4.2	Frühhochfester Portlandzement	156
4.4.3	Langsam härtender Portlandzement	156
4.4.4	Niedrigwärme – Portlandzement	158
4.4.5	Sulfatbeständiger Portlandzement	158
4.4.6	Weißer Portlandzement	158
4.4.7	Gipszusatz zum Zement	158
4.5	<i>Hochofenschlacke als hydraulischer Zusatz</i>	160
4.5.1	Entstehung und Zusammensetzung der Hochofenschlacke	160
4.5.2	Wirkungen der Hochofenschlacke	162
4.6	<i>Traß als hydraulischer Zusatz</i>	165
4.7	<i>Normzemente</i>	166
4.8	<i>Tonerdezement</i>	171
4.9	<i>Zusammenfassung der hydraulischen Bindemittel</i>	173
4.10	<i>Mischbarkeit von Zement, Gips und Kalk</i>	176

5	<i>Zementstein</i>	180
5.1	<i>Hydratation der Zementminerale</i>	180
5.1.1	Hydratation der Silikate	180
5.1.2	Calciumsilikathydrat (CSH)-Phase	182
5.1.3	Festigkeit von Gelmassen	186
5.1.4	Erhärtungstheorien	188
5.1.5	Struktur der Hydratationsprodukte	188
5.1.6	Hydratation der Aluminate und Ferrite	189
5.2	<i>Festigkeitsentwicklung des Zementsteins</i>	189
5.2.1	Wasser/Zement-Verhältnis	190
5.2.2	Zeitabhängigkeit der Hydratation	192
5.2.3	Mahlfeinheit und Festigkeitsentwicklung	199
5.2.4	Chemische Zusammensetzung und Festigkeit	204
5.2.4.1	Einfluß der Klinkerminerale	204
5.2.4.2	Einfluß hydraulischer Zusätze	207
5.2.5	Reaktionswärme (Hydratationstemperatur)	214
5.3	<i>Erhärtungsbedingungen</i>	218
5.3.1	Feucht- bzw. Trockenlagerung	218
5.3.2	Erhärtungstemperatur	224
5.3.2.1	Niedrigtemperaturhärtung (1 bis 10°C)	224
5.3.2.2	Ansteigende Erhärtungstemperatur	229
5.3.2.3	Erhärtung bei erhöhter Temperatur (> 25°C)	231
5.3.2.4	Temperatureinfluß auf erhärteten Beton	231
5.4	<i>Wasserdurchlässigkeit des Zementsteins</i>	235
5.5	<i>Raumbeständigkeit des Zementsteins</i>	240
5.5.1	Wasserabsondern	242
5.5.2	Chemische Schwindung (Schrumpfung)	244
5.5.3	Schwinden und Quellen des Zementsteins	246
5.5.3.1	Schwindung und Lagerungsbedingungen	249
5.5.3.2	Schwindung und W/Z-Wert	249
5.5.3.3	Schwindung und Zuschläge	253
5.5.3.4	Schwindung und Klinkerminerale	253
5.5.3.5	Schwindung und Mahlfeinheit	255
5.5.3.6	Schwindung und hydraulische Zusätze	255
5.5.3.7	Folgerungen für die Praxis	255
5.5.4	Kriechen des Betons	258
5.5.5	Kolloidchemische Ursachen des Schwindens und der Wasserdurchlässigkeit	262
5.5.5.1	Deutung des Schwindens	264
5.5.5.2	Deutung der Wasserdurchlässigkeit	265
5.5.6	Treibvorgänge im Zementstein	266
5.5.6.1	Kalktreiben	266
5.5.6.2	Magnesiatreiben	268
5.5.6.3	Gipstreiben	269
5.5.6.4	Alkalitreiben	269
5.5.6.5	Nichtschwindender Zement und Quellszement	271

5.5.7	Ausblühungen	275
5.5.7.1	Ausblühungen an jungem Beton	275
5.5.7.2	Aussinterungen an Altbeton	276
5.5.7.3	Ausblühungen an keramischen Baustoffen	277
5.5.7.4	Mauersalpeter	277
5.6	<i>Einwirkung extremer Temperaturen</i>	278
5.6.1	Frosteinwirkung auf Frischbeton	278
5.6.2	Frostbeständigkeit von erhärtetem Beton	285
5.6.3	Hohe Temperaturen (> 100°C)	289
5.6.4	Feuerbeständiger Beton	291
5.7	<i>Hitzebehandlung des Betons</i>	293
5.7.1	Dampfbehandlung des Betons	293
5.7.2	Druckdampfhärtung (Autoklavhärtung)	293
6	<i>Zementstein-Zusätze</i>	297
6.1	<i>Zusatzstoffe zu Zement</i>	297
6.1.1	Zementreaktive Zusatzstoffe	297
6.1.1.1	Hochofenschlacke und Puzzolane	297
6.1.1.2	Flugasche	298
6.1.2	Nichtreaktive Zusatzstoffe	300
6.1.3	Verbund zwischen Zementstein und Zuschlägen	301
6.2	<i>Spezialbaustoffe aus Kalk und Zement</i>	304
6.2.1	Asbestzement	304
6.2.2	Autoklavgehärtete Baustoffe auf Kalk-Quarz-Basis	306
6.2.2.1	Kalksandstein	306
6.2.2.2	Silikatbeton	308
6.2.3	Autoklavgehärtete Baustoffe auf Zement-Quarzmehl-Basis	309
6.2.3.1	Gasbeton	310
6.2.3.2	Schaumbeton	313
6.2.3.3	Übersicht über die autoklavgehärteten Kalk-Silikat Baustoffe	315
6.2.3.4	Bautechnische Eigenschaften	315
6.3	<i>Betonzusatzmittel</i>	316
6.3.1	Betonverflüssiger (BV)	316
6.3.2	Luftporenbildner (LP)	323
6.3.3	Dichtungsmittel (DM)	332
6.3.3.1	Hydrophobierende Dichtungsmittel	334
6.3.3.2	Quellende Dichtungsmittel	334
6.3.4	Erstarrungsbeschleuniger (BE)	336
6.3.5	Erstarrungsverzögerer (VZ)	338
6.3.6	Einpreßhilfen (EH)	340
6.3.7	Haupt- und Nebenwirkungen von Betonzusatzmitteln	344

7	<i>Korrosion des Zementsteins</i>	346
7.1	<i>Lösender Angriff</i>	349
7.1.1	Weiches Wasser	349
7.1.2	Fluß- und Quellwasser	349
7.1.3	Kohlensaures Wasser	349
7.1.3.1	Kohlensäureangriff und Wasserhärte	352
7.1.4	Säureangriff allgemein	352
7.2	<i>Treibender Angriff durch Sulfate</i>	356
7.2.1	Gipswasser	356
7.2.2	Meerwasser	358
7.2.3	Weitere Sulfateinwirkungen	358
7.3	<i>Angriff durch Salze</i>	360
7.4	<i>Angriff durch Laugen</i>	360
7.5	<i>Angriff durch organische Stoffe</i>	363
7.6	<i>Maßnahmen gegen Betonkorrosion</i>	365
7.6.1	Betontechnologische Maßnahmen	365
7.6.2	Zemente mit erhöhter Aggressivbeständigkeit	366
7.6.2.1	Gegen lösenden Angriff	366
7.6.2.2	Gegen treibenden Angriff	368
7.6.2.3	Vergleich der Korrosionsbeständigkeit von Zementen	371
7.6.3	Schutzüberzüge auf Beton	371
7.7	<i>Karbonatisierung des Zementsteins</i>	373
7.7.1	Karbonatisierung durch CO ₂ -Behandlung	373
7.7.2	Karbonatisierung durch Luft	374
7.7.2.1	Rostschutz der Bewehrung	374
7.7.2.2	Folgerungen für die Praxis	378
8	<i>Metalle</i>	381
8.1	<i>Grundlegendes über Metalle</i>	381
8.1.1	Atombau	383
8.1.2	Kristallstruktur	386
8.1.3	Dichte	386
8.1.4	Schmelztemperatur	386
8.1.5	Härte	390
8.1.6	Zugfestigkeit	390
8.1.7	Elektrische Leitfähigkeit	394
8.1.8	Wärmeleitfähigkeit	394
8.2	<i>Nichteisen (NE)-Metalle</i>	394
8.2.1	Herstellung der NE-Metalle	394
8.2.1.1	Grundlegendes zur Metallherstellung	394
8.2.1.2	Kupfer	398
8.2.1.3	Blei	398
8.2.1.4	Zink	398

8.2.1.5	Aluminium	399
8.2.1.6	Magnesium	399
8.2.1.7	Elektrochemische Metallabscheidung	400
8.2.1.8	Elektrolytische Raffination	400
8.2.2	Eigenschaften und Anwendung der NE-Metalle	402
8.2.2.1	Aluminium	402
8.2.2.2	Magnesium	402
8.2.2.3	Kupfer	404
8.2.2.4	Blei	404
8.2.2.5	Zink	404
8.2.2.6	Weitere NE-Metalle	405
8.3	<i>Legierungen</i>	405
8.3.1	Struktur	405
8.3.1.1	Mischkristallsystem	405
8.3.1.2	Eutektisches System	406
8.3.1.3	Gemischte Systeme	406
8.3.2	Eigenschaften von Legierungen	406
8.3.3	Kupferlegierungen	408
8.3.3.1	Messing	408
8.3.3.2	Bronze	408
8.3.3.3	Alubronze	408
8.3.3.4	Neusilber	410
8.3.4	Aluminiumlegierungen	410
8.3.4.1	Aushärtung	410
8.3.4.2	Eigenschaften	410
8.3.4.3	Schweißbarkeit	412
8.4	<i>Eisen und Stahl</i>	412
8.4.1	Herstellung des Roheisens	412
8.4.1.1	Eisenerze	412
8.4.1.2	Hochofenprozeß	414
8.4.1.2.1	Entschlackung	416
8.4.1.2.2	Reduktionsprozeß	416
8.4.1.3	Direktreduktion	416
8.4.1.4	Eigenschaften des Roheisens	417
8.4.2	Stahlgewinnung	418
8.4.2.1	Windfrischen	418
8.4.2.2	Sauerstoff-Frischen	418
8.4.2.3	Herdfrischen	418
8.4.2.4	Elektrostahlverfahren	420
8.4.3	Zusammensetzung der Rohstähle	420
8.4.3.1	Strukturen des Eisens	422
8.4.3.2	Legierungsbestandteile von Stählen	422
8.4.3.2.1	Kohlenstoff	422
8.4.3.2.2	Mangan	424
8.4.3.2.3	Kupfer	426
8.4.3.2.4	Chrom	426
8.4.3.2.5	Nickel	426
8.4.3.2.6	Silicium	426
8.4.3.2.7	Aluminium	426

8.4.3.3	Nichtmetallische Begleitstoffe	426
8.4.3.3.1	Phosphor	426
8.4.3.3.2	Schwefel	427
8.4.3.3.3	Stickstoff	427
8.4.4	Weiterverarbeitung des Stahls	427
8.4.4.1	Kokillenguß	427
8.4.4.2	Strangguß	428
8.4.5	Vergütende Behandlung des Stahls	428
8.4.5.1	Metallverformung allgemein	428
8.4.5.1.1	Warmformgebung	429
8.4.5.1.2	Kaltformgebung	429
8.4.5.2	Vergütende Wärmenachbehandlung	431
8.4.5.2.1	Glühen	431
8.4.5.2.2	Abschrecken	431
8.4.5.2.3	Anlassen	433
8.4.5.3	Oberflächenhärtung	433
8.4.6	Stahlsorten	436
8.4.6.1	Baustähle	436
8.4.6.2	Betonstähle	436
8.4.6.3	Spannstähle	436
8.4.6.4	Nichtrostende und säurebeständige Stähle	438
9	<i>Metallkorrosion</i>	440
9.1	<i>Chemische Korrosion</i>	441
9.1.1	Sauerstoffkorrosion (allgemein)	441
9.1.2	Atmosphärische Stahlkorrosion	442
9.1.2.1	Der Rostungsvorgang	442
9.1.2.2	Klimaeinfluß	444
9.1.2.3	Aggressive Atmosphäre	444
9.1.2.4	Einfluß der Stahlzusammensetzung	446
9.1.3	Hitzeoxidation (Verzunderung)	448
9.1.4	Stahlkorrosion im Wasser	448
9.1.4.1	Trinkwasser	448
9.1.4.2	Meerwasser	449
9.2	<i>Elektrochemische Korrosion</i>	449
9.2.1	Elektrochemische Spannungsreihe	450
9.2.2	Formen der elektrochemischen Korrosion	452
9.2.2.1	Flächenkorrosion	452
9.2.2.2	Lochkorrosion	453
9.2.3	Korrosion durch Säuren und Laugen	453
9.2.3.1	Säurebeständigkeit der Metalle	453
9.2.3.2	Laugenbeständigkeit der Metalle	454
9.2.3.3	pH-Wert und Korrosion	454
9.2.4	Erdbodenkorrosion	456
9.2.4.1	Werkstoffeinfluß	458
9.2.5	Kontaktkorrosion	459
9.2.6	Kathodischer Rostschutz	460

9.2.6.1	Eigenstromverfahren mit Opferanode	460
9.2.6.2	Fremdstromverfahren	460
9.2.7	Streustromkorrosion	460
9.2.8	Spannungsrißkorrosion	462
9.2.9	Wasserstoffversprödung	462
9.3	<i>Passivität von Metallen</i>	464
9.4	<i>Überblick über die Korrosionsbeständigkeit der wichtigsten Metalle</i>	465
9.4.1	Elektrodenpotential und Korrosion	468
9.5	<i>Anorganischer Korrosionsschutz der Metalle</i>	471
9.5.1	Schmelztauchüberzüge	471
9.5.2	Spritzmetallüberzüge	472
9.5.3	Elektrolytisch erzeugte Metallschichten (Galvanotechnik)	472
9.5.3.1	Galvanische Zinküberzüge	473
9.5.3.2	Galvanische Bleiüberzüge	473
9.5.3.3	Galvanische Nickelüberzüge	473
9.5.4	Chemische Umwandlung der Metalloberfläche	473
9.5.4.1	Phosphatieren	474
9.5.4.2	Rostumwandler	474
9.5.4.3	Eloxalverfahren	474
	<i>Literaturverzeichnis</i>	475
	<i>Sachverzeichnis</i>	483