

Eberhard Lindner, Jan Hoinkis

Chemie für Ingenieure

11. Auflage

WILEY-VCH

Weinheim • New York • Chichester • Brisbane • Singapore • Toronto

Inhaltsverzeichnis

Einleitung

, Atombau und Periodensystem	4
1.1 Bestandteile des Atoms	4
1.2 Atomkerne	5
1.3 Aufbau der Elektronenhülle	7
1.3.1 Das Bohrsche Atommodell	8
1.3.2 Das wellenmechanische Atommodell	9
Vom Dualismus Welle-Korpuskel, die Bahnformen der Elektronen, prinzipielle erkenntniskritische Überlegungen, die Quantenzahlen und das Pauli-Prinzip, das Energieniveauschema und die Hund'sche Regel	
1.4 Das Periodensystem der Elemente	22
1.4.1 Die Elektronenstrukturen der Elemente	23
1.4.2 Die Periodizität der Eigenschaften	24
Ionisierungsenergie, Elektronenaffinität, Elektronegativität Atom- und Ionendurchmesser, die metallischen Eigenschaften	
Kontrollfragen zur Einleitung und zum 1. Kapitel	30
Die chemische Bindung	32
2.1 Die Atombindung (homöopolare Bindung oder kovalente Bindung)	32
2.1.1 Das Wasserstoffmolekül	33
2.1.2 π -Bindungen	34
2.1.3 σ -Bindungen	35
2.2 Die heteropolare Bindung, Ionenbindung oder Ionenbeziehung	36
2.3 Die metallische Bindung	39
2.3.1 Das Elektronengas-Modell	39
2.3.2 Das Modell der fluktuierenden Elektronen	40
2.3.3 Das Energiebändermodell	40
2.4 Übergangsformen zwischen den Bindungsarten	40
2.5 Oxidation — Reduktion	43
2.5.1 Die Definition von Oxidation und Reduktion	43
2.5.2 Die Definition der Oxidationszahl	44
2.5.3 Schreibweise von Oxidationszahl und Ladungszahl	45
2.5.4 Regeln für die Festlegung der Oxidationszahl	45
2.6 Dipolbindungen	47
2.7 Van der Waals-Kräfte	47
2.8 Mengenangaben	48
2.8.1 Die Gesetze von den konstanten und multiplen Proportionen	48

2.8.2	Das Atomgewicht und die relative Atommasse	49
2.8.3	Das Molekulargewicht und das Formelgewicht	52
2.8.4	Das Mol	53
2.8.5	Stöchiometrische Berechnungen	54
2.9	Energieumsätze bei chemischen Reaktionen	55
	Kontrollfragen zum 2. Kapitel	58
3.	Die Aggregatzustände	60
3.1	Der gasförmige Aggregatzustand	60
3.1.1	Ideale Gase	60
3.1.2	Reale Gase	62
3.1.3	Gasverflüssigung, der Joule-Thomson-Effekt	63
3.2	Der flüssige Aggregatzustand	63
3.3	Der feste Aggregatzustand	65
3.3.1	Die Kristallsysteme	65
3.3.2	Die Eigenschaften von Kristallen	67
3.3.3	Amorphe Feststoffe	69
3.4	Mischungen	69
3.4.1	Homogene Mischungen	69
3.4.2	Heterogene Mischungen	70
3.5	Lösungen	72
3.5.1	Angaben über die Zusammensetzung von Lösungen Gehalt, Verhältniszahlen, Konzentration, Molalität, Verdünnungen, Dichtebestimmungen	73
3.5.2	Diffusion und Osmose	76
3.5.3	Lösungsenthalpie und Entropie	79
3.6	Aggregatzustandsänderungen	83
3.6.1	Das Temperatur-Energie-Diagramm	83
3.6.2	Das Phasendiagramm Einkomponentensysteme (Tripelpunkt und Schmelzkurve, Einphasengebiet Wasserdampf, Dampfdruckkurven) Mehrkomponentensysteme	85
3.6.3	Das Prinzip der Kälteerzeugung	89
3.6.4	Destillation	93
	Kontrollfragen zum 3. Kapitel	96
4.	Die Elemente	99
4.1	Allgemeines	99
4.1.1	Einteilung der Elemente	99
4.1.2	Die Häufigkeit der Elemente und die Rohstoff-Probleme	101
4.1.3	Elementumwandlungen Einfache Kernreaktionen, Kernzersplitterung, Kernspaltung, Kernverschmelzung oder Kernfusion	103

4.2	Die gasförmigen Elemente	109
4.2.1	Wasserstoff	109
4.2.2	Die gasförmigen Halogene	111
4.2.3	Stickstoff und Sauerstoff	112
	Stickstoffmolekül, Doppelbindungsregel, magnetische Eigenschaften der Stoffe, Sauerstoffmolekül O ₂ , Die Molekülorbital-Theorie, Sauerstoff-Meßgeräte, Eigenschaften von Sauerstoff und Stickstoff	
4.2.4	Ozon	120
4.2.5	Die Edelgase	121
4.3	Die übrigen Nichtmetalle	124
4.3.1	Brom und Iod	124
4.3.2	Schwefel	125
4.3.3	Phosphor	126
4.3.4	Kohlenstoff	127
	Diamant, Graphit, Herstellungsmethoden, Retorten kohle, Koks, Ruß, Aktivkohle. Kohlenstoff-Fasern, -Glas, -Schaum	
4.4	Halbleiter	132
4.4.1	Die elektrische Leitfähigkeit in festen Stoffen	132
4.4.2	Selen	135
	Eigenschaften, Selen-Gleichrichter, Selen-Photozellen, Selen-Photowiderstände	
4.4.3	Silicium und Germanium	136
	Eigenschaften n- und p-dotierte Si-Halbleiter, Herstellung von Halbleiterelementen, n-p-Grenzschichteffekte, Siliciumgleichrichter, Photoelektrischer Effekt, die Bedeutung von Si- und Ge-Halbleitern	
4.4.4	Chemische Verbindungen als Halbleiter	142
4.5	Metalle	145
4.5.1	Allgemeine metallische Eigenschaften	145
	Elektrische Leitfähigkeit, Temperaturabhängigkeit der el. Leitfähigkeit, Wärmeleitfähigkeit, Metallglanz, plastische Verformbarkeit	
4.5.2	Einteilung der Metalle	151
4.5.3	Legierungen	152
	Eutektische Legierungen, Mischkristall-Legierungen, intermetallische Verbindungen, Zustandsdiagramme, physikalische Eigenschaften von Legierungen	
4.5.4	Die Alkalimetalle	156
4.5.5	Die Erdalkalimetalle	156
4.5.6	Beryllium und Magnesium	156
4.5.7	Aluminium und die Metalle der 3. Hauptgruppe	158
4.5.8	Die Metalle der 4. und 5. Hauptgruppe	158
4.5.9	Zink, Cadmium, Quecksilber	160
4.5.10	Kupfer, Silber, Gold	161
4.5.11	Die Platinmetalle	163
4.5.12	Eisen, Cobalt, Nickel	164
4.5.13	Metalle der 4. - 7. Nebengruppe	168
4.5.14	Metalle der 3. Nebengruppe und die Lanthanoide	168

4.6	Radioaktive Elemente	169
4.6.1	Natürliche radioaktive Elemente Uran (U 235 und U 238), Thorium	169
4.6.2	Künstlich hergestellte radioaktive Elemente Plutonium, Cobalt Co 60, Strontium Sr 90	172
4.6.3	Kernreaktoren	173
4.6.4	Energieprobleme der Zukunft Hauptprobleme bei der Kernenergieerzeugung, Sonnenenergie, Risikoabwägung Kernenergie — fossile Brennstoffe, Abbau der Energieverschwendung	173
	Kontrollfragen zum 4. Kapitel	176
5.	Anorganische Verbindungen	178
5.1	Wasserstoffverbindungen der Elemente	178
5.1.1	Das Tetraedermodell für Moleküle	179
5.1.2	Wasser Das Wassermolekül, die Anomalien des Wassers, Eigenschaften	181
5.1.3	Wasserstoffperoxid	186
5.1.4	Chlorwasserstoff	187
5.1.5	Ammoniak	188
5.1.6	Hydrazin	189
5.1.7	Schwefelwasserstoff	190
5.1.8	Phosphorwasserstoff	190
5.2	Säuren- Basen- Salze	190
5.2.1	Säuren	190
5.2.2	Basen	191
5.2.3	Der Ampholyt „Wasser“ und der pH-Wert (I. Teil)	192
5.2.4	Salze	194
5.3	Sauerstoffverbindungen der Elemente	195
5.3.1	Nichtmetalloxide Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Siliciumdioxid, Stickstoffoxide, Phosphorpentoxid, Schwefeloxide	195
5.3.2	Sauerstoffsäuren	202
5.3.3	Metalloxide - Metallhydroxide	206
5.3.4	Glas	207
5.3.5	Alumosilicate	208
5.3.6	Baustoff-Bindemittel Kalkmörtel, Zement, Gips	210
5.3.7	Asbest	211
5.4	Carbide und Nitride	211
5.4.1	Salzartige Carbide	211
5.4.2	Carbide vom Typ intermetallischer Verbindungen	212
5.4.3	Nitride	212
	Kontrollfragen zum 5. Kapitel	212

6. Organische Verbindungen	214
6.1 Kohlenwasserstoffe	216
6.1.1 Alkane oder Paraffine	216
Methan, geradkettige Paraffine, Paraffine mit Seitenverzweigungen	
6.1.2 Alkene oder Olefine	220
Ethylen oder Ethen, Nomenklatur und Eigenschaften der Olefine, Diolefine, Cracken von Paraffinen	
6.1.3 Alkine oder Acetylene	222
6.1.4 Alicyclische Verbindungen	225
6.1.5 Aromatische Kohlenwasserstoffe	225
Eigenschaften des Benzols, andere aromatische Ringsysteme, Benzolkohlenwasserstoffe mit Seitenketten, kondensierte Aromaten	
6.2 Halogenabkömmlinge der Kohlenwasserstoffe	231
6.2.1 Chlorierte Kohlenwasserstoffe	231
6.2.2 Frigene (Freone) und Halone	232
6.2.3 Umweltaspekte von chlorierten Kohlenwasserstoffen	233
6.2.4 Substitutionsmöglichkeiten von Halogenkohlenwasserstoffen	233
6.3 Metallorganische Verbindungen	234
6.4 Sauerstoffverbindungen	234
6.4.1 Alkohole	234
6.4.2 Phenole	236
6.4.3 Ether	237
6.4.4 Ketone	238
6.4.5 Aldehyde	239
6.4.6 Carbonsäure	240
6.4.7 Ester	244
6.4.8 Fette und fette Öle	245
6.4.9 Seifen und Waschmittel	246
6.4.10 Zusammenfassender Überblick	248
6.5 Stickstoffverbindungen	249
6.5.1 Amine	249
6.5.2 Aminosäuren	249
6.5.3 Amide	250
6.5.4 Nitrile	250
6.5.5 Nitroverbindungen	251
6.6 Heterocyclische Verbindungen	252
6.6.1 Stickstoffhaltige Heterocyclen	252
6.6.2 Sauerstoffhaltige Heterocyclen	252
6.7 Organische Naturprodukte	253
6.7.1 Kohlenhydrate	253
6.7.2 Eiweißstoffe	255
6.8 Brennstoffe - Kraftstoffe - Schmierstoffe	256
6.8.1 Brennstoffe	256

6.8.2	Kraftstoffe	259
6.8.3	Schmierstoffe	262
	Schmieröle, Schmierfette, Feststoffschmiermittel	
6.8.4	Unfallverhütungsvorschriften	265
	Kontrollfragen zum 6. Kapitel	267
7.	Kunststoffe	269
7.1	Mechanisch-thermische Eigenschaften	269
7.1.1	Thermoplaste	270
7.1.2	Elaste	271
7.1.3	Duroplaste	273
7.1.4	Fluidoplaste	274
7.1.5	Spannungs-Dehnungs-Diagramme	274
7.2	Abgewandelte Naturprodukte	275
7.2.1	Kunststoffe auf Cellulosebasis Hydratcellulose, Vulkanfiber, Celluloseether, Cellulosenitrat, Celluloseacetat,	275
7.2.2	Gummi aus Naturkautschuk	279
7.2.3	Guttapercha	280
7.2.4	Kunsthorn	281
7.3	Polymerisationskunststoffe	281
7.3.1	Allgemeines	281
7.3.2	Polyethylen	283
7.3.3	Polypropylen	285
7.3.4	Polybuten	286
7.3.5	Polyisobutylen	286
7.3.6	Synthetischer Kautschuk	287
7.3.7	Ethylen-Propylen-Kautschuk	288
7.3.8	Polystyrol	288
7.3.9	Polyvinylcarbazol	290
7.3.10	Polyvinylchlorid und Polyvinylacetat	290
7.3.11	Polyvinylidenchlorid	292
7.3.12	Polytetrafluorethylen	292
7.3.13	Polyacrylnitril	294
7.3.14	Polymethacrylsäuremethylester	295
7.3.15	Polyoxymethylen	295
7.4	Polykondensationskunststoffe	296
7.4.1	Polyamide	296
7.4.2	Formaldehydkondensationsprodukte Phenol- Formaldehyd-Harz, Harnstoff-Formaldehyd-Harz, Melamin-Formaldehyd-Harz,	297
7.4.3	Polyesterharze oder Alkydharze Lineare Polyester, Vernetzte Polyester, Ungesättigte Polyester Glasfaserverstärkte ungesättigte Polyester	300

7.4.4	Polycarbonat	303
7.4.5	Hochtemperaturbeständige Polykondensationskunststoffe	303
7.5	Polyadditionskunststoffe	304
7.5.1	Polyurethane	305
7.5.2	Epoxidharze	305
7.6	Silicone	307
7.6.1	Siliconöle und -fette	307
7.6.2	Siliconkautschuk	308
7.6.3	Siliconharze	308
7.7	Alterung und Zerstörung von Kunststoffen	308
7.7.1	Thermische Einflüsse	308
	Thermische Stabilität von Kunststoffen, Pyrolysieren,	
7.7.2	Einfluß von energiereicher Strahlung	312
7.7.3	Spannungsrißbildung	313
7.7.4	Einfluß von Lösungsmitteln	313
7.7.5	Chemische Zerstörung von Kunststoffen	316
7.7.6	Feuerbeständigkeit von Kunststoffen	316
	Kontrollfragen zum 7. Kapitel	317
8.	Chemische Gleichgewichte	319
8.1	Das Massenwirkungsgesetz	319
8.1.1	Der Verlauf chemischer Reaktionen	319
	Reversible — irreversible Prozesse, Reaktionsgeschwindigkeit, Einfluß von Temperatur, Konzentration, Katalysatoren	
8.1.2	Die mathematische Formulierung des Massenwirkungs- gesetzes	322
8.1.3	Das Prinzip von LeChatelier	325
	Veränderung der Konzentration eines Reaktionspartners, Einfluß der Verdünnung bzw. des Reaktionsdruckes, Veränderung der Reaktionstemperatur	
8.2	Gleichgewichte in wäßrigen Lösungen	327
8.2.1	Das Ionenprodukt des Wassers	327
8.2.2	Der pH-Wert (2. Teil)	329
8.2.3	Die elektrolytische Dissoziation	330
8.2.4	Das Kohlensäuregleichgewicht	332
8.2.5	Pufferlösungen	332
8.2.6	pH-Farbindikatoren	334
8.2.7	Maßanalyse	335
	Acidimetrie, Normallösungen, Redox titrationen (Oxidimetrie)	
8.2.8	Saure und basische Reaktionen von Salzen	339
	Anionenbasen, Kationensäuren	
8.3	Löslichkeitsprodukt	340
8.3.1	Mathematische Ableitung des Löslichkeitsproduktes	341

8.3.2	Das Löslichkeitsprodukt des Calciumcarbonats Kesselstein, Wasserhärte, Verhinderung von Kalkabscheidungen	343
8.3.3	Weitere Anwendungsbeispiele der Praxis	348
8.4	Komplexverbindungen	350
8.4.1	Komplexverbindung am Anion	350
8.4.2	Komplexbildung am Kation	352
8.4.3	Komplexbildung an neutralen Atomen	354
8.4.4	Bindungsarten bei Komplexen Valence Bond-Theorie, Ligandenfeldtheorie, charakteristische Eigenschaften häufig gebrauchter Komplexverbindungen	355
8.4.5	Photographische Prozesse Schwarz-Weiß-Photographie, Farbphotographie	360
8.5	Gasgleichgewichte	364
8.5.1	Homogene Gasgleichgewichte Die thermische Dissoziation von Wasserdampf und Kohlendioxid, das Wassergasgleichgewicht, die Bunsenbrennerflamme, die Schweißbrennerflamme, die Abgase von Kraftfahrzeugen	364
8.5.2	Heterogene Gasgleichgewichte Boudouard-Gleichgewicht, Gaszementieren oder Einsatzhärten	371
8.5.3	Der Heßsche Satz	372
8.6	Adsorptionsvorgänge	373
8.6.1	Adsorptionsvorgänge	373
8.6.2	Chromatographie Flüssigkeitschromatographie, Gaschromatographie	374
	Kontrollfragen zum 8. Kapitel	377
9.	Elektrochemie	379
9.1	Elektrochemische Potentiale	379
9.1.1	Galvanische Elemente	379
9.1.2	Die Normal-Wasserstoffelektrode	381
9.1.3	Die Normalpotentiale (elektrochemische Spannungsreihen)	382
9.1.4	Praktische Spannungsreihen	388
9.1.5	Herstellung von Leiterplatten	389
9.2	Die Konzentrationsabhängigkeit der elektrochemischen Potentiale	390
9.2.1	Die Nernstsche Gleichung	391
9.2.2	Elektroden zweiter Art Silberchloridelektrode, Kalomelektrode, Weston-Normalelement	393
9.2.3	pH-Messungen Chinhydronelektrode, Glaselektrode, Antimon- und Wismutelektroden	396
9.3	Korrosion und Korrosionsschutz	398
9.3.1	Korrosionsursachen	398
9.3.2	Korrosionsarten Oberflächenkorrosion, Lochfraß, Untergrundkorrosion, Zerfall des Gefüges durch Korrosion, Spannungsrißkorrosion, Schwingungs-	400

	korrosion, Erosionskorrosion, Kavitation, Bodenkorrosion, elementarer Wasserstoff als Korrosionsursache, Heißkorrosion	
9.3.3	Möglichkeiten des Korrosionsschutzes Schutzschichten aus Metall, anorganische Schutzschichten, organische Schutzüberzüge, kathodischer Korrosionsschutz	407
9.4	Erzwungene elektrochemische Vorgänge	412
9.4.1	Messung einer galvanischen Spannung	412
9.4.2	Die Elektrolyse	413
9.4.3	Die Faradayschen Gesetze	414
9.4.4	Die elektrische Leitfähigkeit von Elektrolyten	415
9.4.5	Elektrochemische Polarisation Chemische Polarisation, Abscheidungspolarisation (Zersetzungsspannung und Überspannung), Diffusions-oder Konzentrationspolarisation	415
9.5	Galvanisieren	420
9.5.1	Die elektrolytische Entfettung	420
9.5.2	Elektropolieren und Elektroentgraten	420
9.5.3	Die gebräuchlichsten Metallschutzschichten	421
9.5.4	Allgemeines über galvanische Metallabscheidungen	423
9.5.5	Abwasserreinigung in Galvanisierbetrieben	424
9.6	Galvanische Stromerzeugung	425
9.6.1	Primärelemente	425
9.6.2	Der Bleiakkumulator	426
9.6.3	Der Cadmium-Nickel-Akku	428
9.6.4	Brennstoffelemente	428
9.7	Elektrochemische Meßmethoden	429
9.7.1	Die Leitfähigkeitsmethode	430
9.7.2	Potentiometrie	431
9.7.3	Die Coulometrie	431
9.7.4	Die Polarographie	431
	Kontrollfragen zum 9. Kapitel	434
10.	Spektren und ihre Anwendungen	437
10.1	Elektromagnetische Spektren	438
10.1.1	Die Entstehung von elektromagnetischen Spektren	438
10.1.2	Absorptions-und Emissionsspektren	438
10.1.3	Die Bereiche elektromagnetischer Strahlen	439
10.2	Spektrenformen	440
10.2.1	Linienpektren Die Lage der Linien, Aussehen einer Spektrallinie, Moseleysches Gesetz	441
10.2.2	Bandenspektren	446
10.2.3	Absorptionsmaxima	446
10.3	Spektralanalytische Methoden	447

10.3.1	Die spektroskopische Methode	447
10.3.2	Die spektrographische Methode	447
10.3.3	Die spektrometrische Methode.	448
10.3.4	Messung von Konzentrationsschwankungen	448
10.4	Spektralbereiche	448
10.4.1	Gammastrahlen	448
10.4.2	Röntgenbereich Röntgenfluoreszenzanalyse, Röntgenstrukturanalyse	449
10.4.3	UV-Spektren	451
10.4.4	Spektren im sichtbaren Licht Emissionsspektren, (Flammenspektren, Funkenspektren), Absorptionsspektren, (Atomabsorptionsspektren, Kolorimetrie)	452
10.4.5	Infrarotspektren Absorptionsspektren, Raman-Spektren	453
10.4.6	Elektronenspinresonanz (ESR)	455
10.4.7	Magnetische Kernresonanz	455
10.5	Spezielle Meßgeräte	456
10.5.1	Kolorimeter oder Spektralphotometer	456
10.5.2	IR-Meßgeräte für Gase	458
10.5.3	Chemoluminiszenzanalyse	459
10.6	Massenspektrometer	460
10.7	Farbmittel	461
10.7.1	Ursache für die Farbigkeit Anorganische, organische Stoffe	462
10.7.2	Pigmente Anorganische Pigmente, organische Pigmente (Azopigmente, Phthalocyanin-Pigmente, Allgemeines über organische Pigmente)	463
10.7.3	Farbstoffe	466
10.7.4	Farbindikatoren	466
10.7.5	Allgemeine Überlegungen zu Pigmenten und Farbstoffen	466
10.8	Reprographie	467
10.8.1	Diazotypie Konventionelle Methode, Vesikularphotographie	467
10.8.2	Elektrophotographie	469
10.9	Reproduktionsverfahren	470
10.9.1	Methoden der Drucktechnik	470
10.9.2	Herstellung der Kopiervorlage Photopolymerisation, Elektrographisches Verfahren, Chromatolloidverfahren	471
10.9.3	Herstellung der Druckformen Photopolymerisation bzw. Photovernetzung, Metallplatten, Diazoverfahren, Chromatolloidverfahren (Flachdruck, Tiefdruck), elektrographisches Verfahren	473
10.9.4	Generelle Überlegungen	475
	Kontrollfragen zum 10. Kapitel	475

11. Biochemie und Umweltschutz	477
11.1 Grundlagen der Biochemie	477
11.1.1 Eigenschaften belebter Materie	477
Das Phänomen des Lebens, Einteilung der Lebewesen	
11.1.2 Die chemische Zusammensetzung der Zelle	480
Mikromoleküle, Makromoleküle	
11.1.3 Biologische Bestandteile der Zelle	480
Eukaryontische Zellen (Zellkern, Ribosomen, Mitochondrien und Chloroplasten), prokaryontische Zellen	
11.1.4 Das Phänomen des Stoffwechsels	483
Allgemeines, industrielle Nutzung, menschliche Ernährung	
11.2 Molekularbiologie	490
11.2.1 Die Verdoppelung der DNA	490
11.2.2 Die Eiweißsynthese	492
11.2.3 Die Weitergabe des Lebens	494
Vegetative und geschlechtliche Fortpflanzung	
11.2.4 Mutationen	496
Mutationsarten (Chromosomenmutationen, Punktmutationen, Genommutationen), Reparatur von Mutationen, somatische Mutationen	
11.2.5 Ursprung des Lebens und Evolution	499
11.3 Giftwirkung	500
11.3.1 Allgemeines	500
Giftige Dosis, chronische und akute Vergiftungen, Giftwirkungen (Verätzungen, Störungen des Stoffwechsels, kanzerogene und mutagene Effekte, Allergien), Vorsorge-maßnahmen, Erste Hilfe bei akuten Vergiftungen	
11.3.2 Die wichtigsten Gifte	504
Giftige anorganische Stoffe (Schwermetalle, Säuren und Basen, giftige Gase, Asbest), giftige organische Stoffe (Lösungsmittel, Pestizide, Naturgifte, Abhilfe bei Vergiftungen mit organischen Stoffen, das Nicotin und das Rauchen), radioaktive Stoffe	
11.4 Wasserreinigung	512
11.4.1 Rohstoff Wasser	512
11.4.2 Trink- und Brauchwasseraufbereitung	513
11.4.3 Verschmutzungsgrad von Abwässern	513
(BSB ₅ , CSB, TOC, EGW)	
11.4.4 Vorreinigung und Entgiftung industrieller Abwässer	514
Fällung und Abtrennung in Form fester Stoffe (Überschreitung des Löslichkeitsproduktes, Flocculationsverfahren), Oxidation — Reduktion — Neutralisation — Zersetzung, Adsorption und Ionenaustausch, Flotation und Abscheidung von Emulsionen, Ultrafiltration und Umkehrosmose, Extraktion, Strippung und Eindampfen, Elektrolyse	
11.4.5 Kläranlagen	518
Die Reinigung des Wassers (mechanisch, biologisch, chemisch), Schlammbehandlung	

11.5	Luftreinhaltung	521
11.5.1	Physikalische Verfahren	521
	Abscheidung fester Stoffe (Massen kraftabscheider, Staubfilter, elektrische Abscheider, naßarbeitende Abscheider, Abscheidung von Gasen und Dämpfen)	
11.5.2	Chemische Verfahren	524
	Oxidation, Entschwefelung von Abgasen	
11.5.3	Transmission	525
11.6	Abfallverwertung und Abfallbeseitigung	525
11.6.1	Organische Abfälle	525
11.6.2	Anorganische Abfälle	526
11.6.3	Sondermülldeponien (Übertage-Deponien)	526
11.6.4	Untertage-Deponien	526
11.6.5	Haumüll und haumüllähnliche Gewerbeabfälle	527
11.7	Humanökologie	527
11.7.1	Ökosysteme	528
11.7.2	Energieumsätze	529
11.7.3	Stoffkreisläufe	530
11.7.4	Ernteerträge	532
	Primärproduktion der Biosphäre, Nettoproduktion und ökologische Stabilität	
11.7.5	Die ökologische Funktion der Wälder	534
	Stabilisierung der Landschaft, Ausgleich des Wasserhaushalts, weitere Funktionen	
11.7.6	Ursachen für das Baumsterben in den Wäldern	535
11.7.7	Populationsdichte	535
11.7.8	Ökologische Maßnahmen in Industriebetrieben	536
11.7.9	Sicherung der Lebensgrundlage	537
	Kontrollfragen zum 11. Kapitel	538
12	Chemische Literatur	540
12.1	Allgemeines	540
12.2	Weiterführende Lehrbücher	541
12.2.1	Anorganische Chemie	542
12.2.2	Organische Chemie	542
12.2.3	Biochemie	542
12.2.4	Physikalische Chemie	543
12.2.5	Sondergebiete	543
	Abwässer, Analytik, Chemische Technik, Korrosion und Korrosionsschutz, Kunststoffe, Umweltschutz u. Unfallverhütung, Verfahrenstechnik	
12.3	Enzyklopädien und Tabellenwerke	544
12.3.1	Römpps „Chemie-Lexikon" und „Chemisches Wörterbuch"	544
12.3.2	Tabellenwerke	544

12.3.3	Enzyklopädie der Technischen Chemie	544
12.3.4	Große Nachschlagewerke zu Teilgebieten der Chemie Gmelin, Beilstein	545
12.3.5	Kleinere Nachschlagewerke für spezielle Bereiche Kunststoffe, Chemisch-Technisches Lexikon, Lexikon Biochemie, Klinisches Wörterbuch, Umweltschutz und Unfallverhütung Bezugsquellen Verzeichnisse	546
12.4	Fachzeitschriften	547
12.5	Referateorgane	547
12.5.1	Chemical Abstracts	547
12.5.2	Andere Referateorgane	549
12.5.3	Fachinformationszentren	549
12.6	Patentliteratur	549
12.7	Dokumentation	550
12.7.1	Eindimensionale Kartei	550
12.7.2	Mehrdimensionale Systeme Unitern-System, Handlochkarten	550
	Kontrollfragen zum 12. Kapitel	552

Anhang

	Die Buchstaben des griechischen Alphabets	553
	Vorsatzzeichen	554
	Abkürzungen für Stoffmengenanteile	554
	Maßeinheitentabelle	555
	Verzeichnis der chemischen Elemente	556
	Bestimmung der wichtigsten Kationen und Anionen	558
	MAK und TRK	561
	Lebensmitteltabellen	562
	Abwasser-Grenzwerte	564
	Antworten zu den Kontrollfragen	565
	Register	589
	Periodensystem	(Klapptafel)