

Inhaltsverzeichnis

Vorwort XV

1	Atombau und Periodensystem	1
1.1	Bestandteile des Atoms	1
1.2	Atomkerne	2
1.3	Aufbau der Elektronenhülle	4
1.3.1	Das Bohr'sche Atommodell	4
1.3.2	Das wellenmechanische Atommodell	5
1.4	Das Periodensystem der Elemente	15
1.4.1	Die Elektronenstrukturen der Elemente	16
1.4.2	Die Periodizität der Eigenschaften	17
2	Die chemische Bindung	25
2.1	Die Atombindung (kovalente Bindung)	26
2.1.1	Das Wasserstoffmolekül	26
2.1.2	σ -Bindungen	27
2.1.3	π -Bindungen	28
2.2	Die Ionenbindung	29
2.3	Die metallische Bindung	32
2.3.1	Das „Elektronengasmodell“	32
2.3.2	Das Energiebändermodell	33
2.4	Übergangsformen zwischen den Bindungsarten	33
2.5	Die zwischenmolekularen Wechselwirkungen	36
2.5.1	Die Dipol-Wechselwirkungen	36
2.5.2	Die Van-der-Waals-Wechselwirkung	37
2.5.3	Wasserstoffbrücken	39
2.6	Mengenangaben	41
2.6.1	Die Gesetze von den konstanten und multiplen Proportionen	41
2.6.2	Die relative Atommasse	42
2.6.3	Die relative Molekülmasse und die Formelmasse	43
2.6.4	Das Mol und die molare Masse	44

3	Die Aggregatzustände	47
3.1	Der gasförmige Aggregatzustand	47
3.1.1	Ideale Gase	47
3.1.2	Reale Gase	49
3.1.3	Gasverflüssigung, der Joule-Thomson-Effekt	50
3.2	Der flüssige Aggregatzustand	51
3.3	Der feste Aggregatzustand	52
3.3.1	Die Kristallsysteme	52
3.3.2	Die Eigenschaften von Kristallen	54
3.3.3	Amorphe Feststoffe	56
3.4	Mischungen	56
3.4.1	Homogene Mischungen	57
3.4.2	Heterogene Mischungen	57
3.5	Lösungen	59
3.5.1	Angaben über die Zusammensetzung von Lösungen	60
3.5.2	Diffusion und Osmose	63
3.5.3	Lösungsenthalpie und Entropie	66
3.6	Aggregatzustandsänderungen	70
3.6.1	Das Temperatur-Energie-Diagramm	70
3.6.2	Das Phasendiagramm	71
3.6.3	Das Prinzip der Kälteerzeugung	75
3.6.4	Destillation	79
4	Chemische Reaktionen	85
4.1	Reaktionsgleichungen und stöchiometrische Berechnungen	85
4.2	Energieumsätze bei chemischen Reaktionen	88
4.3	Der Verlauf chemischer Reaktionen	91
4.3.1	Reversible und irreversible Prozesse	91
4.3.2	Reaktionsgeschwindigkeit	92
4.4	Redoxreaktionen	95
4.4.1	Die Definition von Oxidation und Reduktion	95
4.4.2	Die Definition der Oxidationszahl	96
4.4.3	Schreibweise von Oxidationszahl und Ladungszahl	96
4.4.4	Regeln für die Festlegung der Oxidationszahlen	97
4.4.5	Beispiele für wichtige Redoxreaktionen in der Chemietechnik	99
4.5	Säure-Base-Reaktionen	100
4.5.1	Säuren	100
4.5.2	Basen	102
4.5.3	Der Ampholyt „Wasser“ und der pH-Wert (1. Teil)	102
4.5.4	Salze	104
5	Chemische Gleichgewichte	107
5.1	Das Massenwirkungsgesetz	107
5.1.1	Die mathematische Formulierung des Massenwirkungsgesetzes	107
5.1.2	Das Prinzip von Le Chatelier	110

5.2	Gleichgewichte in wässrigen Lösungen	113
5.2.1	Das Ionenprodukt des Wassers	113
5.2.2	Der pH-Wert (2. Teil)	114
5.2.3	Die elektrolytische Dissoziation	116
5.2.4	Das Kohlensäuregleichgewicht	117
5.2.5	Pufferlösungen	118
5.2.6	pH-Farbindikatoren	119
5.2.7	Maßanalyse	121
5.2.8	Saure und alkalische Reaktionen von Salzen	125
5.3	Das Löslichkeitsprodukt	127
5.3.1	Mathematische Ableitung des Löslichkeitsproduktes	127
5.3.2	Das Löslichkeitsprodukt des Calciumcarbonats	130
5.3.3	Weitere Anwendungsbeispiele aus der Praxis	134
5.4	Komplexverbindungen	138
5.4.1	Komplexbildung am Anion	138
5.4.2	Komplexbildung am Kation	140
5.4.3	Komplexbildung an neutralen Atomen	143
5.4.4	Eigenschaften häufig gebrauchter Komplexe	144
5.5	Gasgleichgewichte	145
5.5.1	Homogene Gasgleichgewichte	146
5.5.2	Heterogene Gasgleichgewichte	152
5.5.3	Der Heß'sche Satz	155
5.6	Adsorptionsvorgänge	155
5.6.1	Adsorptionsgesetze	155
5.6.2	Chromatografie	157
6	Die Elemente	161
6.1	Allgemeines	161
6.1.1	Einteilung der Elemente	161
6.1.2	Die Häufigkeit der Elemente und die Rohstoffprobleme	162
6.1.3	Elementumwandlungen	165
6.2	Die gasförmigen Elemente	171
6.2.1	Wasserstoff	171
6.2.2	Die gasförmigen Halogene	173
6.2.3	Stickstoff und Sauerstoff	174
6.2.4	Ozon	182
6.2.5	Die Edelgase	183
6.3	Die übrigen Nichtmetalle	185
6.3.1	Brom und Iod	185
6.3.2	Schwefel	187
6.3.3	Phosphor	188
6.3.4	Kohlenstoff	189
6.4	Halbleiter	197
6.4.1	Die elektrische Leitfähigkeit in festen Stoffen	197
6.4.2	Silicium und Germanium	200

6.4.3	Chemische Verbindungen als Halbleiter	206
6.5	Metalle	209
6.5.1	Allgemeine metallische Eigenschaften	209
6.5.2	Einteilung der Metalle	215
6.5.3	Legierungen	215
6.5.4	Die Alkalimetalle	219
6.5.5	Die Erdalkalimetalle	220
6.5.6	Beryllium und Magnesium	221
6.5.7	Aluminium und die Metalle der dritten Hauptgruppe	221
6.5.8	Die Metalle der vierten und fünften Hauptgruppe	222
6.5.9	Zink, Cadmium, Quecksilber	223
6.5.10	Kupfer, Silber, Gold	225
6.5.11	Die Platinmetalle	227
6.5.12	Eisen, Cobalt, Nickel	227
6.5.13	Metalle der vierten bis siebten Nebengruppe	232
6.5.14	Metalle der dritten Nebengruppe und die Lanthanoide	232
6.6	Radioaktive Elemente	233
6.6.1	Natürliche radioaktive Elemente	233
6.6.2	Künstlich hergestellte radioaktive Elemente	236
6.6.3	Kernreaktoren	237
7	Anorganische Verbindungen	239
7.1	Wasserstoffverbindungen der Elemente	239
7.1.1	Das Tetraedermodell für Moleküle	240
7.1.2	Wasser H_2O	243
7.1.3	Wasserstoffperoxid H_2O_2	247
7.1.4	Chlorwasserstoff HCl	248
7.1.5	Ammoniak NH_3	249
7.1.6	Hydrazin N_2H_4	251
7.1.7	Schwefelwasserstoff H_2S	251
7.1.8	Phosphorwasserstoff PH_3	251
7.2	Sauerstoffverbindungen der Elemente	251
7.2.1	Nichtmetalloxide	251
7.2.2	Sauerstoffsäuren	259
7.2.3	Metalloxide und Metallhydroxide	263
7.2.4	Glas	265
7.2.5	Alumosilicate	266
7.2.6	Baustoffbindemittel	268
7.2.7	Asbest	269
7.3	Carbide und Nitride	270
7.3.1	Salzartige Carbide	270
7.3.2	Einlagerungsverbindungen	270
7.3.3	Kovalente Verbindungen	271
7.4	Nanotechnologie	272

8	Organische Verbindungen	277
8.1	Kohlenwasserstoffe	279
8.1.1	Alkane oder Paraffine	279
8.1.2	Alkene oder Olefine	282
8.1.3	Alkine oder Acetylene	285
8.1.4	Alicyclische Verbindungen	288
8.1.5	Aromatische Kohlenwasserstoffe	288
8.2	Halogenabkömmlinge der Kohlenwasserstoffe	295
8.2.1	Chlorierte Kohlenwasserstoffe	295
8.2.2	Polychlorierte Biphenyle (PCB)	296
8.2.3	Frigene (Freone) und Halone	296
8.2.4	Umweltaspekte von halogenierten Kohlenwasserstoffen	297
8.2.5	Substitutionsmöglichkeiten von Halogenkohlenwasserstoffen	298
8.3	Metallorganische Verbindungen	299
8.4	Sauerstoffverbindungen	299
8.4.1	Alkohole	300
8.4.2	Phenole	302
8.4.3	Ether (frühere Schreibweise Äther)	303
8.4.4	Ketone	304
8.4.5	Aldehyde	304
8.4.6	Carbonsäuren	306
8.4.7	Ester	311
8.4.8	Fette und fette Öle	312
8.4.9	Seifen und Waschmittel	313
8.4.10	Zusammenfassender Überblick	315
8.5	Stickstoffverbindungen	316
8.5.1	Amine	316
8.5.2	Aminosäuren	317
8.5.3	Amide	317
8.5.4	Nitrile	318
8.5.5	Nitroverbindungen	319
8.6	Heterocyclische Verbindungen	320
8.6.1	Stickstoffhaltige Heterocyclen	320
8.6.2	Sauerstoffhaltige Heterocyclen	321
8.7	Organische Naturprodukte	322
8.7.1	Kohlenhydrate	322
8.7.2	Eiweißstoffe (Proteine)	325
8.8	Brennstoffe, Kraftstoffe, Schmierstoffe	326
8.8.1	Brennstoffe	326
8.8.2	Kraftstoffe	328
8.8.3	Schmierstoffe	336
8.8.4	Sicherheitsvorschriften	339

9	Kunststoffe 341
9.1	Mechanisch-thermische Eigenschaften 342
9.1.1	Thermoplaste 342
9.1.2	Elastomere 344
9.1.3	Duroplaste 345
9.1.4	Fluidoplaste 346
9.1.5	Spannungs-Dehnungs-Diagramme 346
9.2	Abgewandelte Naturprodukte 348
9.2.1	Kunststoffe auf Cellulosebasis 348
9.2.2	Gummi aus Naturkautschuk 349
9.3	Polymerisationskunststoffe 350
9.3.1	Allgemeines 350
9.3.2	Polyethylen 352
9.3.3	Polypropylen 355
9.3.4	Polybuten-1 356
9.3.5	Polyisobutylen 356
9.3.6	Synthetischer Kautschuk 356
9.3.7	Ethylen-Propylen-Kautschuk 357
9.3.8	Polystyrol 358
9.3.9	Polyvinylcarbazol 360
9.3.10	Polyvinylchlorid und Polyvinylacetat 360
9.3.11	Polyvinylidenchlorid 362
9.3.12	Polytetrafluorethylen 363
9.3.13	Polyacrylnitril 365
9.3.14	Polymethacrylsäuremethylester 365
9.3.15	Polyoxymethylen 366
9.4	Polykondensationskunststoffe 367
9.4.1	Polyamide 367
9.4.2	Formaldehydkondensationsprodukte 370
9.4.3	Polyesterharze oder Alkydharze 372
9.4.4	Polycarbonat 376
9.4.5	Hochtemperaturbeständige Polykondensationskunststoffe 377
9.5	Polyadditionskunststoffe 378
9.5.1	Polyurethane 379
9.5.2	Epoxidharze 379
9.6	Silicone 381
9.6.1	Siliconöle und -fette 381
9.6.2	Silikonkautschuk 382
9.6.3	Siliconharze 382
9.7	Alterung und Zerstörung von Kunststoffen 382
9.7.1	Thermische Einflüsse 383
9.7.2	Einfluss von energiereicher Strahlung 384
9.7.3	Spannungsrißbildung 385
9.7.4	Einfluss von Lösungsmitteln 385
9.7.5	Chemische Zerstörung von Kunststoffen 388

9.7.6	Feuerbeständigkeit von Kunststoffen	388
9.8	Kunststoffrecycling	389
9.9	Biologisch abbaubare Kunststoffe	391
10	Elektrochemie	393
10.1	Elektrochemische Potenziale	393
10.1.1	Galvanische Elemente	393
10.1.2	Die Normal-Wasserstoffelektrode	395
10.1.3	Die Normalpotenziale (elektrochemische Spannungsreihen)	396
10.1.4	Praktische Spannungsreihen	403
10.1.5	Herstellung von Leiterplatten	404
10.2	Die Konzentrationsabhängigkeit der elektrochemischen Potenziale	406
10.2.1	Die Nernst'sche Gleichung	406
10.2.2	Elektroden zweiter Art	408
10.2.3	pH-Messungen	410
10.3	Elektrochemische Stromerzeugung	412
10.3.1	Primärelemente	412
10.3.2	Sekundärelemente	415
10.3.3	Brennstoffzellen	420
10.4	Erzwungene elektrochemische Vorgänge	424
10.4.1	Messung einer galvanischen Spannung	424
10.4.2	Die Elektrolyse	424
10.4.3	Die Faraday'schen Gesetze	427
10.4.4	Die elektrische Leitfähigkeit von Elektrolyten	429
10.4.5	Die elektrochemische Polarisation	429
10.5	Galvanisieren	433
10.5.1	Die elektrolytische Entfettung	434
10.5.2	Elektropolieren und Elektroentgraten	434
10.5.3	Die gebräuchlichsten Metallschutzschichten	434
10.6	Korrosion und Korrosionsschutz	436
10.6.1	Korrosionsarten	436
10.6.2	Möglichkeiten des Korrosionsschutzes	444
10.7	Elektrochemische Messmethoden	449
10.7.1	Die Leitfähigkeitsmethode (Konduktometrie)	450
10.7.2	Die Potentiometrie	451
10.7.3	Die Amperometrie	453
10.7.4	Die Coulometrie	454
10.7.5	Die Voltammetrie und Polarografie	455
11	Spektren und ihre Anwendungen	459
11.1	Elektromagnetische Spektren	460
11.1.1	Die Entstehung von elektromagnetischen Spektren	460
11.1.2	Absorptions- und Emissionsspektren	460
11.1.3	Die Bereiche elektromagnetischer Strahlen	461

11.2	Spektrenformen 462
11.2.1	Linienspektren 463
11.2.2	Bandenspektren 467
11.2.3	Absorptionsmaxima 469
11.3	Spektralanalytische Untersuchungen 470
11.4	Spektralbereiche 471
11.4.1	Gammastrahlen 471
11.4.2	Röntgenbereich 472
11.4.3	Ultraviolettspektren (UV-Spektren) 474
11.4.4	Spektren im sichtbaren Licht 475
11.4.5	Infrarotspektren (IR-Spektren) 477
11.4.6	Magnetische Kernresonanz (nuclear magnetic resonance = NMR) 479
11.5	Spezielle Messgeräte 480
11.5.1	Fotometer 480
11.5.2	IR-Messgeräte für Gase 482
11.5.3	Chemolumineszenzanalyse 483
11.6	Massenspektrometer 484
11.7	Farbmittel 486
11.7.1	Ursachen für die Farbigkeit 487
11.7.2	Pigmente 489
11.7.3	Farbstoffe 489
11.7.4	Farbindikatoren 490
12	Biochemie und Biotechnologie 491
12.1	Grundlagen der Biochemie 492
12.1.1	Eigenschaften belebter Materie 492
12.1.2	Die Zelle 494
12.1.3	Der Stoffwechsel 497
12.2	Molekularbiologie 502
12.2.1	Aufbau und Verdoppelung der DNA 502
12.2.2	Die Eiweißsynthese 503
12.2.3	Mutationen 505
12.2.4	Gentechnik 510
12.3	Bioverfahrenstechnik 513
12.3.1	Bioreaktoren (Fermenter) 514
12.3.2	Produktaufarbeitung 516
12.3.3	Herstellung von Bioethanol 516
12.4	Biosensoren 518
12.5	Schadwirkung von Chemikalien 520
12.5.1	Humantoxikologie 520
12.5.2	Die häufigsten Gifte 525
12.5.3	Ökotoxikologie 530

13	Umwelttechnik	535
13.1	Ökologische Grundlagen	535
13.1.1	Ökosysteme	535
13.1.2	Stoff- und Energieumsätze in Ökosystemen	537
13.1.3	Stoffkreisläufe	538
13.2	Abwasser und Abwasserreinigung	541
13.2.1	Rohstoff Wasser	541
13.2.2	Abwasserinhaltsstoffe	542
13.2.3	Abwasserreinigung durch kommunale Kläranlagen	550
13.2.4	Weiterentwickelte Verfahren in der biologischen Abwasserreinigung	556
13.2.5	Spezielle Verfahren der Abwasserreinigung	558
13.3	Membrantrennverfahren	566
13.3.1	Grundlage und Arten der Membrantrennverfahren	566
13.3.2	Stofftransport bei Membrantrennverfahren	569
13.3.3	Technische Membranmodule	575
13.4	Abluftreinigung	576
13.4.1	Luftschadstoffe	576
13.4.2	Abluftreinigung in der Industrie	578
13.4.3	Rauchgasreinigung in Kraftwerken	586
13.4.4	Abgasreinigung bei Automobilen	591
13.5	Abfall und Recycling	594
13.5.1	Abfallzusammensetzung	594
13.5.2	Abfallentsorgung	595
13.5.3	Recycling	602
13.6	Produktionsintegrierter Umweltschutz	603
13.7	Ökobilanzen	606

Anhang

A.1	Die Buchstaben des griechischen Alphabets	609
A.2	Vorsatzzeichen und Abkürzungen für Stoffmengengehalte	610
A.3	Maßeinheitentabelle	611
A.4	Verzeichnis der chemischen Elemente (Stand IUPAC 2011)	612
A.5	Löslichkeitsprodukte	615
A.6	Schadstoffhöchstwerte am Arbeitsplatz und Wassergefährdungsklassen (WGK)	617
A.7	Gefahrensymbole	618
A.8	Periodensystem der Elemente	619

Sachverzeichnis