

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	Siliconkautschuk	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	Spannungsrisssbildung	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 Potenziometrie 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 609**
- A.1 Die Buchstaben des griechischen Alphabets 609
- A.2 Vorsatzzeichen und Abkürzungen für Stoffmengenanteile 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 621**