

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	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 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	Spektrformen	462
11.2.1	Linienpektren	463
11.2.2	Bandenspektren	467
11.2.3	Absorptionsmaxima	469
11.3	Spektralanalytische Untersuchungen	470
11.4	Spektrbereiche	471
11.4.1	Gammastrahlen	471
11.4.2	Röntgenbereich	472
11.4.3	Ultraviolettpektren (UV-Spektren)	474
11.4.4	Spektrn 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

