

Inhaltsverzeichnis

Vorwort XVII

Farbtafeln XXI

1	Einführung	1
1.1	Ihre beruflichen Tätigkeitsbereiche	1
1.2	Ihre berufsbezogene Chemie-Ausbildung	3
1.3	Wie ist dieses Lehrbuch aufgebaut?	4
1.4	Physik.....Chemie	7
1.5	Chemie...Biologie	8
1.6	Arzneimittel-Wirkstoffe	11
1.7	Wechselwirkung zwischen Organismus und Stoffen	13
2	Stoffe und ihre Einteilung	17
2.1	Die Vielfalt an Stoffen	17
2.1.1	Bedeutungen des Stoff-Begriffes	18
2.1.2	Bedeutungen der Bezeichnung „Mittel“	19
2.1.3	Reinheitsgrad von Stoffen	21
2.2	Einteilung von Stoffen	22
2.3	Charakteristische Eigenschaften reiner Stoffe	22
2.3.1	Identifizierung reiner Stoffe	22
2.3.2	Schmelztemperatur (Schmelzpunkt)	23
2.3.3	Siedetemperatur (Siedepunkt)	24
2.3.4	Dichte	24
2.4	Einige grundlegende Begriffe in der Chemie	24
2.4.1	Natriumchlorid und Glucose als Beispiele für reine Stoffe	24
2.4.2	Zusammenhänge zwischen chemischem Aufbau und Eigenschaften von Stoffen	26
2.4.3	Zwischenmolekulare Kräfte	27
2.5	Stoff-Gemische	28
2.5.1	Homogene Stoff-Gemische	28
2.5.2	Heterogene Stoff-Gemische	28

2.5.3	Zusammensetzung von Nährmedien	29
2.5.4	Der Umgang mit Arbeitsstoffen	31
3	Chemische Elemente, Atom-Aufbau und Isotope	33
3.1	Unterscheidung Elemente . . . Verbindungen	33
3.2	Die kleinsten Teilchen chemischer Elemente	34
3.2.1	Atome und Elementarteilchen	34
3.2.2	Atom-Aufbau	36
3.3	Isotope	36
3.4	Die natürliche Radioaktivität	38
3.5	Künstliche Kern-Umwandlungen	41
3.6	Anwendungen von Radionucliden	42
4	Das Periodensystem der Elemente	47
4.1	Einführung	47
4.2	Das heutige Periodensystem	48
4.3	Aufbau-Prinzip der Elektronenhülle	49
4.4	Aufbau des Periodensystems	51
4.5	Einteilung der Elemente in Gruppen	52
4.6	Periodizität von Eigenschaften	54
5	Entstehung chemischer Verbindungen	59
5.1	Übersicht	59
5.2	Ionen-Verbindungen	60
5.2.1	Eigenschaften von Ionen-Verbindungen	62
5.2.2	Entstehung von Ionen und Ionen-Bindung	62
5.2.3	Benennung von Ionen-Verbindungen	64
5.3	Entstehung von Molekülen	65
5.3.1	Moleküle aus zwei gleichartigen Atomen	65
5.3.2	Moleküle aus zwei verschiedenartigen Atomen	67
5.3.3	Moleküle aus mehr als zwei Atomen	67
5.4	Elektronegativität	70
5.5	Koordinationsverbindungen (Komplex-Verbindungen)	71
5.5.1	Komplex-Verbindungen	73
5.5.2	Stabilität und Anwendungen von Komplex-Verbindungen	75
5.5.3	Chelat-Komplexe	76
6	Quantitative Angaben in der Chemie	79
6.1	Die Notwendigkeit quantitativer Angaben	79
6.2	Relative Molekülmasse und Formelmass	80
6.3	Das Internationale Einheiten-System	81
6.4	Das Mol – die Einheit der Stoffmenge	82
6.4.1	Stoffmengen-Angaben	83
6.5	Molare Masse	84
6.6	Das Dalton als Masseneinheit	86

7	Gase	89
7.1	Die verschiedenen Aggregatzustände	89
7.2	Physikalische Eigenschaften von Gasen	89
7.2.1	Druck-Volumen-Abhängigkeit bei konstanter Temperatur	90
7.2.2	Volumen-Änderung und Druck-Änderung in Abhängigkeit von der Temperatur	91
7.2.3	Die absolute Temperatur-Skala	91
7.2.4	Allgemeine Zustandsgleichung idealer Gase	91
7.2.5	Das molare Volumen idealer Gase	92
7.2.6	Gas-Gemische	92
7.3	Wasserstoff	93
7.4	Gase in der Umwelt	93
8	Gesetzmäßigkeiten chemischer Reaktionen	97
8.1	Übersicht	97
8.2	Masse und Volumen bei chemischen Reaktionen	98
8.2.1	Gesetz von der Erhaltung der Masse (Lavoisier, 1785)	98
8.2.2	Gesetz von den konstanten Proportionen (Proust, 1799)	99
8.2.3	Gesetz von den multiplen Proportionen (Dalton, 1808)	99
8.2.4	Volumen-Gesetz von Gay-Lussac (1808)	100
8.2.5	Avogadrosche Hypothese (1811)	100
8.3	Chemische Gleichgewichte und Massenwirkungsgesetz	100
8.4	Prinzip des kleinsten Zwanges	103
8.5	Energetik chemischer Reaktionen	104
8.5.1	Thermodynamik	104
8.5.2	Die Innere Energie U eines chemischen Systems	105
8.5.3	Chemische Reaktionen bei konstantem Volumen	105
8.5.4	Chemische Reaktionen bei konstantem Druck	106
8.5.5	Spontan ablaufende chemische Reaktionen	108
8.5.6	Triebkraft chemischer Reaktionen	109
8.5.7	Aktivierungs-Energie und Katalyse	110
9	Wasser	115
9.1	Wasser als Grundlage der Lebensvorgänge	115
9.2	Chemische Zusammensetzung	115
9.3	Wasserstoffbrücken-Bindungen zwischen Wasser-Molekülen	116
9.4	Wasser als Lösungsmittel	116
9.5	Ionenprodukt des Wassers	117
9.6	Die Härte des Wassers	120
10	Lösungen	123
10.1	Übersicht	123
10.2	Wässrige Lösungen	125
10.3	Gehalts-Angaben von Lösungen	130
10.3.1	Stoffmengen-Konzentration	130

10.3.2	Äquivalent-Konzentration	132
10.3.3	Molalität	132
10.3.4	Massen-Anteil	133
10.3.5	Massen-Konzentration	133
10.3.6	Volumen-Konzentration	133
10.3.7	Formel-Übersicht	134
10.4	Von der Teilchenanzahl abhängige Lösungs-Eigenschaften	134
10.5	Lösungen von Gasen in Wasser	138
11	Säure-Base-Reaktionen	141
11.1	Übersicht	141
11.2	Protonen-Übertragungsreaktionen (Protolysen)	143
11.2.1	Protolyse von Säuren	143
11.2.2	Protolyse von Basen	148
11.3	Korrespondierende Säure-Base-Paare	149
11.4	pH-Wert wässriger Lösungen starker Säuren und Basen	149
11.5	Die Neutralisations-Reaktion	150
11.6	Indikatoren	154
11.7	Protolyse von Salzen	155
12	Puffersysteme	159
12.1	Übersicht	159
12.2	Qualitative Zusammensetzung von Pufferlösungen	160
12.3	Quantitative Zusammensetzung von Puffermischungen	161
12.4	Wirkungsweise von Puffersystemen	163
12.5	Anwendungen von Puffersystemen	165
12.6	Puffersysteme des Blutes	168
13	Oxidations- und Reduktions-Vorgänge (Redox-Reaktionen)	171
13.1	Oxidation und Reduktion unter Beteiligung von Sauerstoff	171
13.2	Oxidation und Reduktion als Elektronen-Übertragung	172
13.2.1	Reaktion unedler Metalle mit Säuren	173
13.2.2	Elektrochemische Redox-Reaktionen	173
13.3	Oxidationszahlen	175
13.4	Redox-Begriffe in der Übersicht	177
13.4.1	Die chemischen Vorgänge	177
13.4.2	Oxidationsmittel	177
13.4.3	Reduktionsmittel	178
13.5	Aufstellen von Redox-Gleichungen	178
13.6	Redox-Titrationsen	179
13.7	Standard-Redoxpotentiale	182
14	Eigenschaften und Reaktionen bestimmter Elemente und Verbindungen	185
14.1	Metalle	185
14.1.1	Eigenschaften und Verwendungen von Metallen	185

- 14.1.2 Ursachen für die toxische Wirkung von Metallen 187
- 14.2 Alkalimetalle 189
- 14.3 Erdalkalimetalle 191
- 14.4 Bor, Aluminium und Thallium als Elemente der 3. Gruppe 192
- 14.5 Kohlenstoff-Silicium-Gruppe 193
- 14.6 Metalle aus den Nebengruppen des Periodensystems der Elemente 197
- 14.7 Stickstoff-Phosphor-Gruppe 199
- 14.8 Sauerstoff-Schwefel-Gruppe 201
- 14.9 Halogene 204

- 15 Elektrolyte im menschlichen Organismus 211**
- 15.1 Kationen im Elektrolyt-Haushalt 213
- 15.2 Anionen im Elektrolyt-Haushalt 216

- 16 Methoden zur Trennung von Stoff-Gemischen 219**
- 16.1 Einführung 219
- 16.2 Physikalische Verfahren zur Stoff-Trennung 221
- 16.3 Chromatographische Trennmethoden 222
- 16.4 Säulen-Chromatographie 223
- 16.4.1 Gel-Chromatographie 225
- 16.4.2 Adsorptions-Chromatographie 226
- 16.4.3 Ionenaustausch-Chromatographie 226
- 16.5 Elektrophorese 227

- 17 Analytische Chemie 229**
- 17.1 Einführung 229
- 17.2 Volumetrische Bestimmungen 230
- 17.3 Urtiter-Substanzen 231
- 17.4 Potentiometrische Messungen 232
- 17.5 Spektroskopie 233
- 17.5.1 Elektromagnetische Strahlung 233
- 17.5.2 Spektroskopische Methoden 234
- 17.5.3 Anwendungen spektroskopischer Methoden 235
- 17.6 Photometrische Bestimmungen 236
- 17.7 Polarimetrie 237

- 18 Organische Chemie – Einführung und Übersicht 239**
- 18.1 Entwicklung und Bedeutung der Organischen Chemie 239
- 18.2 Der Aufbau organischer Verbindungen 241
- 18.3 Die Vielfalt organischer Verbindungen 244
- 18.4 Isomerie und Molekül-Modelle 246
- 18.5 Organische Polymere 248
- 18.6 Benennung und Klassifizierung organischer Verbindungen 249
- 18.7 Chemische Konstitution und physikalische Eigenschaften 254
- 18.8 Reaktions-Typen in der Organischen Chemie 256

19	Kohlenwasserstoffe	265
19.1	Einführung	265
19.2	Die homologe Reihe der Alkane	267
19.3	Die Gerüst-Isomerie der Alkane	270
19.4	Cycloalkane	273
19.5	Substitutions-Reaktionen mit gesättigten Kohlenwasserstoffen	273
19.5.1	Chlorkohlenwasserstoffe	273
19.6	Alkene	275
19.6.1	Polymerisation	277
19.7	Alkine	278
19.8	Aromatische Kohlenwasserstoffe	279
20	Alkohole, Ether und Phenole	283
20.1	Einführung	283
20.2	Alkanole	284
20.2.1	Physikalische Eigenschaften der Alkanole	285
20.2.2	Chemische Reaktionen	287
20.3	Cycloalkanole	288
20.4	Mehrwertige Alkohole	289
20.5	Ether	290
20.5.1	Ether als Verbindungsklasse	291
20.5.2	Inhalations-Anästhetika	291
20.5.3	Cyclische Ether	292
20.6	Phenole	292
20.6.1	Einwertige Phenole	292
20.6.2	Mehrwertige Phenole	293
21	Carbonyl-Verbindungen	295
21.1	Einführung	295
21.2	Aldehyde	295
21.2.1	Aldehyde als Verbindungsklasse	295
21.2.2	Alkanale	296
21.2.3	Aldehyde aus anderen homologen Reihen	298
21.3	Ketone	298
21.3.1	Alkanone	299
21.4	Reaktionen von Carbonyl-Verbindungen	299
21.4.1	Anlagerung von Wasserstoff (Hydrierung)	299
21.4.2	Anlagerung von Wasser/Aldehyd-Hydrate	300
21.4.3	Anlagerung von Alkoholen/Halbacetale und Acetale	300
22	Carbonsäuren	303
22.1	Einführung	303
22.2	Gesättigte Monocarbonsäuren	304
22.3	Ungesättigte Monocarbonsäuren	306
22.4	Gesättigte und ungesättigte Dicarbonsäuren	306

- 22.5 Aromatische Mono- und Dicarbonsäuren 307
- 22.6 Percarbonsäuren 308
- 22.7 Substituierte Carbonsäuren 308
 - 22.7.1 Halogen-carbonsäuren 309
 - 22.7.2 Hydroxy-carbonsäuren 309
 - 22.7.3 Keto-carbonsäuren 311

- 23 Stereochemie 315**
 - 23.1 Einführung 315
 - 23.2 Optische Aktivität 316
 - 23.2.1 Eigenschaften des Lichtes 316
 - 23.2.2 Historische Entwicklung und Grundbegriffe 316
 - 23.2.3 Ursache der optischen Aktivität 318
 - 23.3 Optisch aktive Verbindungen mit mehreren asymmetrischen C-Atomen 320
 - 23.4 *Cis-trans*-Isomerie (Geometrische Isomerie) 321

- 24 Funktionelle Carbonsäure-Derivate 323**
 - 24.1 Einführung 323
 - 24.2 Salze von Carbonsäuren 323
 - 24.2.1 Seifen 324
 - 24.2.2 Komplex-Salze 325
 - 24.3 Carbonsäure-ester 326
 - 24.4 Carbonsäure-anhydride 327
 - 24.5 Carbonsäure-amide 328
 - 24.6 Polyester und Polyamide 329

- 25 Fette und Lipide 331**
 - 25.1 Einteilung der Fette 331
 - 25.2 Chemische Struktur der Fette 331
 - 25.3 Chemische Eigenschaften der Fette 333
 - 25.4 Physikalische Eigenschaften der Fette 334
 - 25.5 Biologische Bedeutung der Fette 335
 - 25.6 Lipide 335
 - 25.7 Lipide in biologischen Membranen 337
 - 25.8 Steroide 338

- 26 Kohlenhydrate 343**
 - 26.1 Einführung 343
 - 26.2 Monosaccharide 343
 - 26.2.1 Triosen 344
 - 26.2.2 Pentosen 345
 - 26.2.3 Glucose 346
 - 26.2.4 Glycoside 352
 - 26.2.5 Weitere Hexosen 353

26.3	Disaccharide	354
26.4	Polysaccharide	357
27	Schwefelhaltige organische Verbindungen	361
27.1	Einführung	361
27.2	Thioalkohole (Thiole)	361
27.3	Thioether	362
27.4	Thioester	362
27.5	Sulfonsäuren	362
27.6	Amino-sulfonsäuren	363
27.7	Schwefelsäuremonoester	366
27.8	Detergenzien/Tenside	367
27.8.1	Chemischer Aufbau von Detergenzien	367
27.8.2	Verwendungen von Detergenzien	368
28	Stickstoffhaltige organische Verbindungen	371
28.1	Amine	371
28.1.1	Alkylamine (Aminoalkane)	372
28.1.2	Heterocyclische Amine	373
28.1.3	Amine mit alkoholischen Hydroxy-Gruppen	373
28.1.4	Aromatische Amine	373
28.2	Ungesättigte Stickstoff-Heterocyclen	374
28.2.1	Harnsäure	375
28.3	Harnstoff und Ureide	376
28.4	Guanidin	377
28.5	Quartäre Ammoniumsalze	377
28.6	Stickstoffhaltige organische Verbindungen als Komplexbildner	378
28.7	Weitere stickstoffhaltige Verbindungen	379
29	Farbstoffe	383
30	Aminosäuren und Peptide	391
30.1	Einführung	391
30.2	Eigenschaften von Monoamino-monocarbonsäuren	393
30.3	Monoamino-dicarbonsäuren	397
30.4	Diamino-monocarbonsäuren	397
30.5	Aminosäuren im Stoffwechsel	398
30.6	Peptide	399
31	Proteine	409
31.1	Einführung	409
31.2	Einteilung der Proteine	411
31.2.1	Lipoproteine	414
31.2.2	Glycoproteine	415

- 31.3 Protein-Phosphorylierung 417
- 31.4 Eigenschaften von Proteinen 418

- 32 Isolierung und Reinigung von Proteinen 423**
 - 32.1 Einführung 423
 - 32.2 Reinigung von Peptiden und Proteinen durch chromatographische Trennverfahren 424
 - 32.3 Protein-Trennungen aufgrund von Ladungs-Unterschieden 426
 - 32.4 Zweidimensionale Gel-Elektrophorese 427

- 33 Enzyme 431**
 - 33.1 Einführung 431
 - 33.2 Chemischer Aufbau und Eigenschaften der Enzyme 434
 - 33.3 Einordnung und Benennung von Enzymen 436
 - 33.3.1 Oxidoreduktasen 438
 - 33.3.2 Transferasen 438
 - 33.3.3 Hydrolasen 439
 - 33.3.4 Lyasen 440
 - 33.3.5 Isomerasen 440
 - 33.3.6 Ligasen 440
 - 33.4 Enzym-Kinetik 441

- 34 Vitamine und Coenzyme 445**
 - 34.1 Vitamine 445
 - 34.2 Die Coenzyme NAD[⊕] und FAD 449
 - 34.3 Die Bedeutung von NAD[⊕]/NADH für quantitative Bestimmungen 451

- 35 Biochemie 455**
 - 35.1 Einführung 455
 - 35.2 Stoffwechsel 458
 - 35.3 Gemeinsamkeiten des Stoffwechsels 461
 - 35.4 Bioenergetik 463
 - 35.4.1 Die Schlüsselstellung von Adenosintriphosphat im Energie-Stoffwechsel 463
 - 35.4.2 Oxidative Phosphorylierung 466

- 36 Fettsäure-Stoffwechsel 469**
 - 36.1 Abbau der Fettsäuren 469
 - 36.2 Ketonkörper 471

- 37 Kohlenhydrat-Stoffwechsel 473**
 - 37.1 Glycolyse 473
 - 37.2 Der Pentosephosphat-Weg 477
 - 37.3 Gluconeogenese 479

38	Citronensäure-Cyclus	481
38.1	Einführung	481
38.2	Das Stoffwechsel-Geschehen im Citronensäure-Cyclus	482
39	Stoffwechsel-Reaktionen von Aminosäuren	487
39.1	Katabolismus von Aminosäuren	487
39.2	Harnstoff-Synthese	490
40	Nucleotide	493
40.1	Einführung	493
40.2	Mononucleotide	495
40.3	Benennung von Nucleotiden	497
40.4	Nucleosid-triphosphate	498
40.5	Oligonucleotide – Chemischer Aufbau	499
41	Nucleinsäuren	503
41.1	Einführung	503
41.2	Chemischer Aufbau der Nucleinsäuren	503
41.3	Chemische Eigenschaften von Nucleinsäuren	506
41.4	Denaturierung von DNA	507
41.5	DNA-Sequenzanalyse	509
42	Molekularbiologie	513
42.1	Einführung	513
42.2	Vorkommen von DNA	516
42.3	Biologische Funktionen der Nucleinsäuren	518
42.3.1	Die Replikation von DNA	518
42.3.2	Die Transkription von DNA in RNA	520
42.3.3	Die Translation von mRNA in Proteine	522
42.3.4	Alternatives Spleißen	528
43	Molekularbiologisches Arbeiten mit Nucleinsäuren	531
43.1	Isolierung und Aufreinigung von Nucleinsäuren	531
43.1.1	Gewinnung von genomischer DNA	533
43.1.2	Gewinnung von Plasmid-DNA	533
43.1.3	Gewinnung von eukaryotischer mRNA [Poly(A)-mRNA]	534
43.2	Anwendungen von Oligonucleotiden	534
43.3	Hybridisierung von Nucleinsäuren	536
43.4	Polymerase-Kettenreaktion	539
44	Proteomics	545
44.1	Proteom-Forschung	545
44.2	Verfahren zur Bestimmung der dreidimensionalen Struktur von Proteinen	549

45	Biotechnologie und Gentechnologie	553
45.1	Einführung	553
45.2	Grundlagen der Gentechnologie	555
45.3	Enzyme für Nucleinsäure-Substrate	556
45.4	Plasmide	560
45.5	Gen-Bibliotheken	563
45.6	Rekombination von DNA	565
45.7	Gentechnisch hergestellte therapeutische Proteine	573
45.8	Gentechnisch veränderte Pflanzen	576

Anhänge

A-1	Abkürzungen	579
A-2	Chemische Elemente in alphabetischer Reihenfolge (Auswahl)	583
A-3	pH-Werte (gerundet; bei 20 °C) von wässrigen Lösungen der Stoffmengen-Konzentration $c = 0,1 \text{ mol/L}$ einiger Säuren, Basen und Salze (Salz-Protolyse)	585
A-4	Gehalts-Angaben einiger handelsüblicher Säuren	587
A-5	Glossar	589
A-6	Literaturverzeichnis	609
A-7	Adressen im World Wide Web	611
A-8	Institutionen und Industriezweige, in denen Technische Assistenten in der Medizin und in der Biologie tätig sind	623
A-9	Quellen-Angaben	625
A-10	Antworten zu den Kontrollfragen	627
	Index	645