



med
medizin

Carsten Schmuck
Bernd Engels
Tanja Schirmeister
Reinhold Fink

Chemie für Mediziner

Nach
neuer
ÄAppO!

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	xvii
Kapitel 1 Aufbau der Materie	1
1.1 Materie besteht aus Atomen	3
1.2 Elementarteilchen	3
1.3 Aufbau eines Atoms	4
1.4 Atommassen und Stoffmengen	5
1.5 Isotope	7
1.6 Radioaktivität und Anwendungen von Isotopen	8
1.7 Aufbau der Elektronenhülle	15
1.8 Das Periodensystem der Elemente	19
1.9 Wichtige Gruppen im Periodensystem	22
1.10 Wichtige Elemente in lebenden Organismen	24
1.11 Grundlagen der Spektroskopie	26
Zusammenfassung	34
Übungsaufgaben	36
Kapitel 2 Die chemische Bindung	39
2.1 Aufbau der Moleküle	41
2.2 Die Edelgasregel	42
2.3 Die Ionenbindung	43
2.4 Die Metallbindung	50
2.5 Die kovalente Atombindung	53
2.6 Die polare Atombindung	61
2.7 Die koordinative Bindung	64
2.8 Vergleich der Bindungstypen	68
2.9 Vorhersage von Molekülstrukturen	69
Zusammenfassung	71
Übungsaufgaben	73

Kapitel 3	Zustandsformen der Materie	75
3.1	Aggregatzustände	77
3.2	Arten zwischenmolekularer Kräfte	80
3.2.1	Elektrostatische Wechselwirkungen	80
3.2.2	Wasserstoffbrückenbindungen	81
3.2.3	Van-der-Waals-Wechselwirkungen	84
3.2.4	Hydrophobe Wechselwirkungen	85
3.3	Phasenumwandlungen	87
3.4	Reinstoffe und Stoffgemische	93
3.5	Homogene und heterogene Systeme	94
3.6	Ideale Gase	96
3.7	Flüssigkeiten	105
3.8	Feststoffe	109
	Zusammenfassung	112
	Übungsaufgaben	113
Kapitel 4	Heterogene Phasengleichgewichte	115
4.1	Einführung	117
4.2	Allgemeine Beschreibung von Verteilungsgleichgewichten	118
4.3	Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten	120
4.4	Adsorption an Oberflächen	123
4.5	Verteilung zwischen zwei Flüssigkeiten	126
4.6	Vergleich der heterogenen Verteilungsgleichgewichte	130
4.7	Grundlagen der Stofftrennung	131
4.7.1	Chromatographie	131
4.7.2	Fraktionierende Destillation	136
4.7.3	Gefriertrocknung	137
4.8	Löslichkeit von Feststoffen	138
4.9	Salzlösungen und das Löslichkeitsprodukt	141
4.9.1	Der Lösungsvorgang	141
4.9.2	Das Löslichkeitsprodukt	143
4.9.3	Löslichkeit in Gegenwart von Fremdsalzen	148
4.10	Verteilungsgleichgewichte in Gegenwart von Membranen	150
4.10.1	Diffusion	150

4.10.2	Diffusion durch eine semipermeable Membran	151
4.10.3	Osmose	154
4.10.4	Donnan-Gleichgewicht	157
	Zusammenfassung	160
	Übungsaufgaben	161
Kapitel 5 Chemische Reaktionen und Energetik		163
5.1	Chemische Reaktionen sind Stoffumwandlungen	165
5.2	Die chemische Reaktionsgleichung	165
5.3	Quantitative Interpretation der Reaktionsgleichung	168
5.4	Energetische Betrachtung chemischer Reaktionen: Thermodynamik	170
5.4.1	Erscheinungsformen von Energie	172
5.4.2	Der thermodynamische Begriff „System“	175
5.4.3	Die Reaktionsenthalpie $\Delta_R H$	177
5.4.4	Die Lösungsenthalpie beim Auflösen von Salzen in Wasser	187
5.5	Die Triebkraft chemischer Reaktionen	188
5.5.1	Die Entropie S	188
5.5.2	Die freie Enthalpie G	191
5.6	Triebkraft und Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion	196
5.7	Das chemische Gleichgewicht	197
5.8	Gibbs Energie und chemisches Gleichgewicht	201
5.9	Das Prinzip des kleinsten Zwanges	206
5.9.1	Änderung der Konzentrationen der Reaktionsteilnehmer	207
5.9.2	Änderung von Druck oder Volumen	208
5.9.3	Temperaturänderungen	209
5.10	Gekoppelte Reaktionen	211
5.11	Fließgleichgewichte	213
	Zusammenfassung	215
	Übungsaufgaben	217

Kapitel 6 Säuren und Basen 219

6.1 Definition Säure-Base 221

6.2 Säure-Base-Reaktionen und konjugierte Säure-Base-Paare 224

6.3 Stärke von Säuren und Basen 228

6.4 Autoprotolyse von Wasser, *pH*-Wert 234

6.5 Berechnung von *pH*-Werten 241

 6.5.1 Berechnung des *pH*-Wertes einer starken
 einprotonigen Säure 241

 6.5.2 Berechnung des *pH*-Wertes einer schwachen
 einprotonigen Säure 242

 6.5.3 Berechnung des *pH*-Wertes starker und
 schwacher Basen 244

 6.5.4 Berechnung des *pH*-Wertes von Mischungen von
 Säuren und Basen 245

6.6 Messung von *pH*-Werten, Indikatoren 245

6.7 Neutralisation 247

6.8 Titration 249

 6.8.1 Titration von Salzsäure mit Natronlauge 251

 6.8.2 Titration von Essigsäure mit Natronlauge 253

 6.8.3 *pH*-Werte von Salzlösungen 254

 6.8.4 Titration von Phosphorsäure mit Natronlauge 257

6.9 Puffer 257

Zusammenfassung 267

Übungsaufgaben 268

Kapitel 7 Redoxreaktionen 271

7.1 Oxidation und Reduktion 273

7.2 Oxidationszahlen 275

7.3 Redoxreaktionen 280

7.4 Aufstellen von Redoxgleichungen 286

7.5 Elektrochemische Zellen 291

7.6 Die elektromotorische Kraft EMK 296

 7.6.1 Standard-Halbzellenpotenziale E° 297

 7.6.2 Elektrochemische Spannungsreihe – die Stärke
 von Reduktions- und Oxidationsmitteln 300

7.6.3	Die Richtung von Redoxreaktionen: Zusammenhang von EMK und Gibbs Energie	303
7.7	Die Nernstsche Gleichung	306
7.7.1	Konzentrationszellen	308
7.8	Elektrolyse	313
7.9	<i>pH</i> -Abhängigkeit von Redoxpotenzialen	316
7.10	Vergleich von Säure-Base-Reaktionen und Redoxreaktionen	319
	Zusammenfassung	320
	Übungsaufgaben	321
Kapitel 8 Metallkomplexe		323
8.1	Metallkomplexe	325
8.2	Bindung in Metallkomplexen	327
8.3	Ladung von Metallkomplexen	329
8.4	Namen von Metallkomplexen	330
8.5	Struktur von Metallkomplexen	331
8.6	Stabilität von Metallkomplexen	337
8.7	Mehrzählige Liganden	343
8.8	Eigenschaftsänderungen bei der Komplexbildung	350
8.8.1	Veränderung der Farbe	351
8.8.2	Veränderung der Löslichkeit	351
8.8.3	Veränderung der Redoxeigenschaften	354
8.9	Biologisch wichtige Metallkomplexe	355
8.9.1	Metallkomplexe zur Strukturbildung	356
8.9.2	Metallkomplexe zur Substratbindung und -aktivierung	357
	Zusammenfassung	361
	Übungsaufgaben	362
Kapitel 9 Aufbau und Struktur organischer Verbindungen		363
9.1	Was ist Organische Chemie?	365
9.2	Das Besondere am Kohlenstoff	366
9.3	Bindungsverhältnisse in organischen Verbindungen	369
9.3.1	Einfachbindungen: sp^3 -Hybridorbitale	370
9.3.2	Doppelbindungen: sp^2 -Hybridorbitale	374

9.3.3	Dreifachbindungen: sp-Hybridorbitale	376
9.3.4	Zusammenfassung der Hybridisierungstypen	377
9.4	Strichschreibweise von organischen Molekülen	380
9.5	Stoffklassen, homologe Reihen und funktionelle Gruppen	381
9.6	Strukturisomerie	386
9.7	Nomenklatur	391
9.8	Geometrische Isomere	395
9.9	Spiegelbildisomerie oder Enantiomerie	399
9.9.1	Chirale Moleküle	399
9.9.2	Eigenschaften chiraler Verbindungen	402
9.9.3	Optische Aktivität	406
9.9.4	Nomenklatur chiraler Verbindungen: die absolute Konfiguration	409
9.9.5	Die <i>D/L</i> -Nomenklatur nach Fischer	412
9.10	Verbindungen mit zwei oder mehr Stereozentren	415
9.10.1	Diastereomere	415
9.10.2	<i>Meso</i> -Formen	416
9.10.3	Racemische Gemische und Racematspaltung	418
9.11	Cycloalkane	420
9.12	Zusammenfassung: Isomeriearten	430
	Zusammenfassung	430
	Übungsaufgaben	432

Kapitel 10 Grundtypen organisch-chemischer Reaktionen 435

10.1	Was ist ein Reaktionsmechanismus?	437
10.2	Das Reaktionsenergiediagramm	439
10.3	Die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion	442
10.3.1	Die Reaktionsgeschwindigkeit v	443
10.3.2	Faktoren, die die Reaktionsgeschwindigkeit v beeinflussen	443
10.3.3	Konzentration und Reaktionsgeschwindigkeit: das Geschwindigkeitsgesetz	445
10.3.4	Die Aktivierungsenergie E_A	448
10.3.5	Katalyse	450
10.4	Grundtypen organisch-chemischer Reaktionen	452

10.5	Die nucleophile Substitutionsreaktion	454
10.5.1	Die S_N2 -Reaktion	456
10.5.2	Die S_N1 -Reaktion	461
10.5.3	Vergleich zwischen S_N1 - und S_N2 -Reaktion	465
10.6	Die Eliminierung	469
10.6.1	Die E2-Eliminierung	470
10.6.2	Die E1-Eliminierung	474
10.6.3	Vergleich zwischen E1- und E2-Reaktion	476
10.7	Die Addition	477
10.7.1	Katalytische Hydrierung	478
10.7.2	Elektrophile Addition von HX und H_2O	479
10.7.3	Elektrophile Addition von Halogenen X_2	483
10.8	Elektrophile Substitution am Aromaten	485
10.8.1	Bindungsverhältnisse im Benzol: delokalisierte Elektronen	486
10.8.2	Der Mechanismus der elektrophilen aromatischen Substitution	494
10.9	Radikalreaktionen	499
	Zusammenfassung	510
	Übungsaufgaben	512

Kapitel 11 Reaktionen von Carbonylverbindungen 515

11.1	Einteilung von Carbonylverbindungen	517
11.2	Struktur und Bindungsverhältnisse	519
11.3	Reaktivität von Carbonylverbindungen	521
11.3.1	Reaktionen an der Carbonylgruppe: Angriff eines Nucleophils	521
11.3.2	Reaktionen an der Carbonylgruppe: Angriff eines Elektrophils	523
11.3.3	Erhöhung der α -CH-Azidität: Angriff einer Base	524
11.4	Reaktionen von Aldehyden und Ketonen	525
11.4.1	Reaktion mit Wasser: Bildung von Hydraten	528
11.4.2	Reaktion mit Alkoholen: Bildung von Halbacetalen und Acetalen	530
11.4.3	Reaktion mit Aminen: Bildung von Iminen und Enaminen	533

11.5	Keto-Enol-Tautomerie	540
11.6	Die Aldolreaktion: Knüpfung von C–C-Bindungen	544
11.7	Carbonsäuren	549
11.7.1	Struktur und Bezeichnung	549
11.7.2	Die Säurestärke von Carbonsäuren	551
11.8	Carbonsäurederivate	553
11.8.1	Allgemeines Reaktionsschema	553
11.8.2	Relative Reaktivität der Carbonsäurederivate	554
11.8.3	Carbonsäureester	557
11.9	Ester anorganischer Säuren	565
11.10	Lipide und Seifen	568
11.11	Oxidation und Reduktion	576
11.11.1	Reduktion	578
11.11.2	Oxidation	581
11.12	Hydrochinone und Chinone	582
	Zusammenfassung	585
	Übungsaufgaben	587

Kapitel 12 Wichtige Klassen von Biomolekülen 589

12.1	Kohlenhydrate	591
12.1.1	Monosaccharide	593
12.1.2	Redoxreaktionen der Monosaccharide	600
12.1.3	Bildung cyclischer Halbacetale	606
12.1.4	Aminozucker	612
12.1.5	Glycosidbildung	616
12.1.6	Disaccharide	619
12.1.7	Polysaccharide	623
12.2	Aminosäuren, Peptide und Proteine	628
12.2.1	Aufbau und Klassifizierung von Aminosäuren	628
12.2.2	Konfiguration der Aminosäuren	631
12.2.3	Säure-Base-Eigenschaften der Aminosäuren	632
12.2.4	Der isoelektrische Punkt IEP	637
12.2.5	Chemische Reaktionen mit Aminosäuren: Schutzgruppen	641
12.2.6	Peptide	643
12.2.7	Proteine	656
12.2.8	Enzyme	668

12.3	Nucleinsäuren	676
12.3.1	Aufbau der Nucleinsäuren	677
12.3.2	Nucleotide	682
12.3.3	Strukturen der Nucleinsäuren	684
12.3.4	Chemische Stabilität der Nucleinsäuren	691
12.3.5	Die Replikation der DNA	692
12.3.6	Proteinbiosynthese	696
	Zusammenfassung	699
	Übungsaufgaben	701
	Lösungen zu den Übungsaufgaben	705
	Index	711
	Abbildungsnachweis	725
	Weiterführende Literatur	728