

# Inhalt

## Allgemeine Chemie

1 Atombau . . . . .	3
1.1 Elementarteilchen . . . . .	3
1.2 Aufbau eines Atoms . . . . .	4
1.3 Isotope . . . . .	5
1.4 Elemente . . . . .	5
1.5 Atommasse, Stoffmenge Mol . . . . .	6
1.6 Aufbau der Elektronenhülle . . . . .	7
1.6.1 Allgemeines . . . . .	7
1.6.2 Quantenzahlen . . . . .	7
1.6.3 Elektronenkonfiguration . . . . .	8
1.6.4 Atomorbitale . . . . .	11
2 Periodensystem der Elemente . . . . .	15
2.1 Übersicht und Historisches . . . . .	15
2.2 Beschreibung des Aufbaus . . . . .	15
2.3 Elektronenkonfiguration als Wegweiser . . . . .	17
2.4 Hauptgruppen- und Nebengruppenelemente . . . . .	18
2.5 Biochemisch und medizinisch wichtige Elemente . . . . .	19
2.6 Radioisotope . . . . .	22
3 Grundtypen der chemischen Bindung . . . . .	27
3.1 Oktettregel . . . . .	27
3.2 Metallische Bindung . . . . .	27
3.3 Ionenbindung . . . . .	29
3.3.1 Kationen . . . . .	29
3.3.2 Anionen . . . . .	30
3.3.3 Neigung zur Ionenbildung . . . . .	30
3.3.4 Atom- und Ionenradien . . . . .	31
3.3.5 Salze . . . . .	32
3.3.6 Namen wichtiger Ionen/Salze, Molberechnung . . . . .	33
3.4 Atombindung . . . . .	34
3.4.1 Schreibweise und Definitionen . . . . .	34
3.4.2 Moleküle . . . . .	35
3.4.3 Bindungslänge und Bindungsenergie . . . . .	37
3.4.4 Molekülorbitale . . . . .	37
3.4.5 Das Methan-Molekül . . . . .	38
3.4.6 C-C-Einfachbindungen . . . . .	39
3.4.7 Mehrfachbindungen . . . . .	40
3.4.8 Die polarisierte Atombindung . . . . .	42
3.4.9 Dipolmoleküle . . . . .	43
4 Erscheinungsformen der Materie . . . . .	47
4.1 Aggregatzustände . . . . .	47
4.2 Gase . . . . .	48
4.2.1 Druck und Druckmessung . . . . .	48
4.2.2 Gasgesetze . . . . .	49
4.3 Flüssigkeiten . . . . .	50
4.4 Feststoffe . . . . .	51
4.5 Phasenumwandlungen . . . . .	53
4.6 Eigenschaften von Wasser und Schwefelwasserstoff . . . . .	55
4.7 Reinstoffe und Stoffgemische . . . . .	57
4.7.1 Unterscheidungsmerkmale . . . . .	57
4.7.2 Homogen und heterogen . . . . .	58
5 Heterogene Gleichgewichte . . . . .	61
5.1 Gesättigte Lösungen und Löslichkeit . . . . .	61
5.2 Nernst-Verteilungsgesetz . . . . .	63
5.3 Henry-Dalton-Gesetz . . . . .	64
5.4 Adsorption an Oberflächen . . . . .	64

5.5	Gleichgewichte in Gegenwart von Membranen .....	65
5.5.1	Membran .....	65
5.5.2	Diffusion .....	65
5.5.3	Dialyse .....	66
5.5.4	Osmose .....	67
5.5.5	Donnan-Gleichgewicht .....	69
5.6	Verfahren zur Stofftrennung .....	71
<b>6</b>	<b>Chemische Reaktionen .....</b>	<b>77</b>
6.1	Definition .....	77
6.2	Chemische Gleichungen .....	77
6.3	Stöchiometrische Berechnungen .....	79
6.4	Energetik chemischer Reaktionen .....	82
6.4.1	Allgemeines .....	82
6.4.2	Reaktionswärme (= Reaktionsenthalpie) .....	83
6.4.3	Reaktionsentropie .....	85
6.4.4	Gibbs-Energie – Triebkraft chemischer Reaktionen .....	85
6.5	Chemisches Gleichgewicht .....	87
6.5.1	Allgemeines .....	87
6.5.2	Massenwirkungsgesetz .....	88
6.5.3	Prinzip des kleinsten Zwanges .....	88
6.5.4	Gibbs-Energie und chemisches Gleichgewicht .....	89
6.6	Gekoppelte Reaktionen .....	91
6.7	Fließgleichgewichte .....	92
<b>7</b>	<b>Salzlösungen .....</b>	<b>95</b>
7.1	Vorgänge beim Lösen von Salzen .....	95
7.1.1	Dissoziation .....	95
7.1.2	Hydratation von Ionen .....	96
7.1.3	Lösungsenthalpie .....	98
7.2	Löslichkeitsprodukt .....	99
7.3	Fällungs-Reaktionen .....	101
7.4	Elektrolyse .....	102
<b>8</b>	<b>Säuren und Basen .....</b>	<b>107</b>
8.1	Säure-Base-Definitionen .....	107
8.2	Konjugierte Säure-Base-Paare und Ampholyte .....	109
8.3	Autoprolyse des Wassers, pH-Wert .....	112
8.4	Stärke von Säuren und Basen .....	114
8.5	Berechnung von pH-Werten .....	117
8.5.1	Starke Säuren .....	117
8.5.2	Schwache Säuren .....	117
8.6	Messung von pH-Werten .....	119
8.7	Neutralisation .....	120
8.8	pH-Wert von Salzlösungen .....	121
8.9	Säure-Base-Titration .....	122
8.9.1	Titrationskurven .....	122
8.9.2	Gehaltsbestimmung durch Titration .....	124
8.10	Pufferlösungen .....	124
8.10.1	Puffersubstanzen und ihre Wirkung .....	125
8.10.2	Puffergleichung .....	125
8.10.3	Pufferkapazität .....	126
8.10.4	pH-Optimum und Pufferbereich .....	127
8.10.5	Phosphat-Puffer .....	128
8.10.6	Kohlensäure-Puffer .....	129
<b>9</b>	<b>Oxidation und Reduktion .....</b>	<b>133</b>
9.1	Elektronenübergänge bei chemischen Reaktionen .....	133
9.2	Definitionen .....	134
9.3	Redox-Teilreaktionen sind umkehrbar .....	136
9.4	Spannungsreihe .....	137
9.5	Richtung des Elektronenflusses zwischen Redoxpaaren .....	138
9.6	Aufstellen von Redoxgleichungen .....	139
9.6.1	Oxidationsstufen als Hilfsgröße .....	139
9.6.2	Beispiele für Redoxgleichungen .....	140
9.7	Elektrochemische Zelle .....	142
9.8	Elektromotorische Kraft (EMK) .....	143

9.9	Elektrodenpotenziale . . . . .	145
9.10	Nernst-Gleichung . . . . .	148
9.11	Redox- und Säure-Base-Reaktionen im Vergleich . . . . .	150
9.12	pH-Abhängigkeit von Redoxpotenzialen . . . . .	150
9.12.1	Normalpotenziale bei pH = 7 . . . . .	150
9.12.2	pH-Bestimmung durch Potenzialmessung . . . . .	151
9.13	Knallgasreaktion und Atmungskette . . . . .	152
<b>10</b>	<b>Metallkomplexe . . . . .</b>	<b>157</b>
10.1	Koordinative Bindung . . . . .	157
10.2	Aufbau von Metallkomplexen . . . . .	158
10.3	Chelatkomplexe . . . . .	161
10.4	Reaktionen mit Metallkomplexen . . . . .	162
10.4.1	Liganden austausch-Reaktionen . . . . .	162
10.4.2	Stabilität von Metallkomplexen . . . . .	163
10.5	Durch Komplexbildung beeinflusste Eigenschaften von Metallionen . . . . .	164
10.6	Bedeutung von Chelatkomplexen . . . . .	166
<b>Organische Chemie</b>		
<b>11</b>	<b>Einführung und Kohlenwasserstoffe . . . . .</b>	<b>171</b>
11.1	Grundlagen . . . . .	171
11.1.1	Organische Chemie – die chemische Brücke in die Welt des Lebens . . . . .	171
11.1.2	Bindungsverhältnisse am Kohlenstoff . . . . .	173
11.1.3	Funktionelle Gruppen am Kohlenstoff . . . . .	174
11.1.4	Elementare Reaktionstypen am Kohlenstoff . . . . .	175
11.1.5	Kohlenstoff ist einzigartig . . . . .	176
11.2	Alkane . . . . .	178
11.2.1	Summenformel und Struktur . . . . .	178
11.2.2	Nomenklatur . . . . .	179
11.2.3	Molekülmödelle . . . . .	181
11.2.4	Konformationsisomere . . . . .	181
11.2.5	Physikalische Eigenschaften . . . . .	183
11.3	Cycloalkane . . . . .	185
11.3.1	Struktur . . . . .	185
11.3.2	Konformationen des Cyclohexans . . . . .	185
11.3.3	Cyclohexanderivate . . . . .	186
11.4	Reaktionen der Alkane . . . . .	188
11.4.1	Homolytischer/heterolytischer Bindungsbruch . . . . .	188
11.4.2	Radikalische Substitution . . . . .	189
11.4.3	Oxidation der Alkane . . . . .	192
11.5	Alkene . . . . .	193
11.5.1	Konstitution und Nomenklatur . . . . .	193
11.5.2	Geometrische Isomerie . . . . .	194
11.5.3	Additions-Reaktionen . . . . .	195
11.5.4	Diene und Polyene . . . . .	199
11.6	Alkine . . . . .	202
11.7	Aromaten (Arenen) . . . . .	202
11.7.1	Molekülbau und Mesomerie des Benzols . . . . .	202
11.7.2	Reaktionen des Benzols . . . . .	204
11.7.3	Einzelschritte der elektrophilen aromatischen Substitution . . . . .	206
<b>12</b>	<b>Kinetik chemischer Reaktionen . . . . .</b>	<b>209</b>
12.1	Von der Thermodynamik zur Kinetik . . . . .	209
12.2	Reaktionsgeschwindigkeit . . . . .	210
12.2.1	Geschwindigkeitsgesetz und Reaktionsordnung . . . . .	210
12.2.2	Molekularität von Reaktionen . . . . .	212
12.2.3	Temperaturabhängigkeit . . . . .	212
12.3	Katalyse . . . . .	214
12.4	Enzymkinetik . . . . .	215
<b>13</b>	<b>Verbindungen mit einfachen funktionellen Gruppen . . . . .</b>	<b>219</b>
13.1	Alkanole und Phenole . . . . .	219
13.1.1	Klassifizierung und Nomenklatur . . . . .	219

13.1.2	Eigenschaften und Reaktionen . . . . .	222
13.1.3	Mehrwertige Alkanole und Phenole . . . . .	225
13.1.4	Wo spielen Alkanole eine Rolle? . . . . .	226
13.2	Ether . . . . .	232
13.2.1	Nomenklatur und Eigenschaften . . . . .	232
13.2.2	Reaktionen . . . . .	233
13.2.3	Kronenether . . . . .	235
13.3	Thiole und Thioether . . . . .	237
13.3.1	Nomenklatur und Eigenschaften . . . . .	237
13.3.2	Reaktionen . . . . .	238
13.4	Amine . . . . .	241
13.4.1	Klassifizierung und Nomenklatur . . . . .	241
13.4.2	Basizität . . . . .	242
13.4.3	Salzbildung . . . . .	243
13.4.4	Beispiele für Amine . . . . .	243
13.5	Halogenkane und Halogenaromaten . . . . .	246
13.6	Nucleophile Substitution . . . . .	248
13.6.1	Allgemeines . . . . .	248
13.6.2	Eigenschaften der Reaktionspartner . . . . .	250
13.6.3	$S_N2$ -Reaktion . . . . .	251
13.6.4	$S_N1$ -Reaktion . . . . .	251
13.6.5	Vergleich der $S_N1$ - und $S_N2$ -Reaktion . . . . .	252
13.7	Eliminierungen . . . . .	253
13.7.1	Allgemeines . . . . .	253
13.7.2	E2-Reaktionen . . . . .	254
13.7.3	E1-Reaktionen . . . . .	255
14	<b>Aldehyde und Ketone</b> . . . . .	257
14.1	Bau und Reaktionsverhalten der Carbonylgruppe . . . . .	257
14.2	Struktur und Nomenklatur . . . . .	259
14.3	Herstellung und Eigenschaften . . . . .	261
14.4	Keto-Enol-Tautomerie . . . . .	262
14.5	Addition von Wasser und Alkoholen . . . . .	264
14.6	Addition primärer Amine . . . . .	266
14.7	Reduktion der Carbonylgruppe . . . . .	268
14.8	Aldol-Kondensation (C–C-Verknüpfung) . . . . .	269
15	<b>Chinone</b> . . . . .	273
15.1	Strukturen der Chinone . . . . .	273
15.2	Redoxreaktionen . . . . .	275
16	<b>Carbonsäuren und Carbonsäurederivate</b> . . . . .	279
16.1	Carbonsäuren . . . . .	279
16.1.1	Struktur und Nomenklatur . . . . .	279
16.1.2	Eigenschaften . . . . .	281
16.1.3	Salzbildung . . . . .	283
16.1.4	Carbonsäuren mit zusätzlichen funktionellen Gruppen . . . . .	285
16.2	Carbonsäurederivate . . . . .	289
16.2.1	Allgemeines . . . . .	289
16.2.2	Carbonsäurechloride . . . . .	290
16.2.3	Carbonsäureanhydride . . . . .	292
16.2.4	Carbonsäureester . . . . .	293
16.2.5	Thioester . . . . .	298
16.2.6	Carbonsäureamide . . . . .	299
17	<b>Derivate anorganischer Säuren</b> . . . . .	303
17.1	Kohlensäure und Harnstoff . . . . .	303
17.2	Phosphorsäure . . . . .	305
17.3	Schwefelsäure . . . . .	308
17.4	Gibbs-Energie der Hydrolyse . . . . .	309
18	<b>Stereochemie</b> . . . . .	313
18.1	Verbindungen mit einem Chiralitätszentrum . . . . .	313
18.1.1	Grundbegriffe . . . . .	313
18.1.2	Optische Aktivität . . . . .	315
18.1.3	Chirale Erkennung und Stereoselektivität . . . . .	316
18.1.4	Schreibweise und Nomenklatur chiraler Verbindungen . . . . .	318

18.2	Verbindungen mit zwei Chiralitätszentren . . . . .	321
18.2.1	Enantiomere und Diastereomere . . . . .	321
18.2.2	Racemat und Racematspaltung . . . . .	322
18.2.3	<i>meso</i> -Weinsäure . . . . .	323
18.3	Zur Struktur organischer Moleküle . . . . .	324
18.3.1	Arten der Isomerie . . . . .	324
18.3.2	Konstitution, Konfiguration und Konformation . . . . .	324
18.3.3	Chiralität bei Arzneimitteln . . . . .	325
<b>19</b>	<b>Aminosäuren und Peptide . . . . .</b>	<b>329</b>
19.1	Einfache Aminosäuren . . . . .	329
19.1.1	Struktur . . . . .	329
19.1.2	Chiralität . . . . .	331
19.1.3	Zwitterion . . . . .	332
19.1.4	Molekülform in Abhängigkeit vom pH-Wert . . . . .	332
19.1.5	Chelatkomplexe . . . . .	333
19.1.6	Titrationskurve und Puffereigenschaften . . . . .	334
19.1.7	Isoelektrischer Punkt . . . . .	335
19.1.8	Decarboxylierung zu biogenen Aminen . . . . .	337
19.1.9	Veresterung und Acylierung . . . . .	338
19.2	Peptide . . . . .	340
19.2.1	Peptidbindung und Primärstruktur (Sequenz) . . . . .	340
19.2.2	Aufbau von Peptidketten . . . . .	342
19.2.3	Abbau von Peptidketten . . . . .	344
19.2.4	Sekundärstruktur von Peptiden . . . . .	344
19.2.5	Zur Raumstruktur von Peptiden und Proteinen . . . . .	347
19.2.6	Insulin . . . . .	350
<b>20</b>	<b>Kohlenhydrate . . . . .</b>	<b>355</b>
20.1	Bausteine und Biopolymere . . . . .	355
20.2	Monosaccharide . . . . .	357
20.2.1	Triosen . . . . .	357
20.2.2	Tetrosen . . . . .	358
20.2.3	Pentosen . . . . .	358
20.2.4	Hexosen . . . . .	359
20.2.5	Eigenschaften und Reaktionen der Monosaccharide . . . . .	360
20.2.6	Bildung cyclischer Halbacetale, Haworth-Formel . . . . .	361
20.2.7	Sesselform-Schreibweise der Pyranosen . . . . .	363
20.2.8	Abgewandelte Monosaccharide . . . . .	364
20.2.9	Glykoside . . . . .	366
20.3	Disaccharide . . . . .	369
20.3.1	Allgemeines . . . . .	369
20.3.2	Beispiele wichtiger Disaccharide . . . . .	370
20.4	Polysaccharide . . . . .	373
20.4.1	Cellulose . . . . .	373
20.4.2	Stärke . . . . .	374
20.4.3	Glykogen . . . . .	375
20.5	Glykolipide und Glykoproteine . . . . .	377
<b>21</b>	<b>Heterocyclen . . . . .</b>	<b>381</b>
21.1	Fünfgliedrige Heterocyclen . . . . .	381
21.2	Sechsgliedrige Heterocyclen . . . . .	385
21.3	Mehrkernige Heterocyclen . . . . .	386
21.4	Nucleinsäuren . . . . .	388
21.5	Riboflavin und Folsäure . . . . .	392
<b>22</b>	<b>Spektroskopie in Chemie und Medizin . . . . .</b>	<b>395</b>
22.1	Allgemeines . . . . .	395
22.2	UV-Spektroskopie . . . . .	396
22.3	IR-Spektroskopie . . . . .	399
22.4	NMR-Spektroskopie . . . . .	400
22.5	Massenspektrometrie . . . . .	404
22.6	Röntgenstrukturanalyse . . . . .	405
<b>Glossar . . . . .</b>		<b>408</b>
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>		<b>420</b>

## Medizinische Themen

Auf die Elektronen kommt es an .....	12
Elementhäufigkeit im menschlichen Körper .....	20
Elemente mit verschiedener Bedeutung .....	22
Radioisotope in der Diagnostik .....	24
Bor und Yttrium in der Strahlentherapie .....	25
Es ist nicht alles Gold, was glänzt .....	29
Salze für die Gesundheit .....	34
Was oben fehlt, macht unten krank .....	42
Abkühlung durch Schwitzen .....	54
Haben Zellen eine Wasserleitung? .....	57
Tyndall-Effekt im Auge .....	58
Taucher leben gefährlich .....	62
Verteilungsprozesse im Körper .....	63
Die Lunge reguliert den Gasaustausch .....	64
Die Niere kontrolliert den Flüssigkeitshaushalt .....	66
Osmodiureтика .....	68
Warum Regenwasser oder Meerwasser „giftig“ sind ..	69
Nervenreizleitung, was ist das? .....	70
Kann der Mensch leuchten? .....	83
Die Wärmeregulation – das A und O für Wohlbefinden und Gesundheit .....	84
Gleichgewicht oder Fließgleichgewicht: Was braucht der Mensch? .....	92
Das Aussalzen von Proteinen .....	97
Salze als Abführmittel .....	97
Ionenverteilung im Körper .....	98
Lithiumsalze helfen bei manisch-depressiven Erkrankungen .....	99
Nierensteine .....	101
Knochen- und Zahnbildung .....	101
Ionenwanderung im Wurzelkanal .....	104
Säuren und Laugen rufen Verätzungen hervor .....	116
Lebensmittel beeinflussen den Säure-Base-Haushalt .....	118
Allzu viel ist ungesund .....	121
Pufferkapazität des Blutes .....	130
Im Notfall hilft eine Plastiktüte .....	130
Desinfektion ist unverzichtbar .....	136
Stickstoffoxide machen Karriere .....	142
Stoffwechselenergie als Stromquelle .....	145
Power für die Zellen .....	154
Platin in der Krebstherapie .....	160
Gift oder Botenstoff .....	167
Morus Wilson .....	168
Paraffine .....	184
Chlorethan und Halothan .....	191
Autoxidation und Antioxidanzien .....	192
Benzol ist toxisch .....	203
Benzol als Baustein .....	206
Jedes Enzym hat seine eigene Kinetik .....	217
Unterschiedliche Alkoholwirkungen .....	217
Methanol ist ein starkes Gift .....	226
Ethanol ist giftig und macht süchtig .....	227
Cholesterin und Arteriosklerose .....	229
Vitamine mit OH-Gruppen .....	230
Inhalationsnarkotika .....	233
Benzpyren und Krebs .....	235
Wirt-Gast-Beziehung .....	236
Schwefel hat viele Funktionen .....	239
Catecholamine .....	244
Nutzen und Schaden liegen dicht beieinander .....	244
Pestizide .....	248
Formalin in der Anatomie .....	259
Aceton in der Atemluft .....	260
Progesteron im weiblichen Zyklus .....	261
Chloralhydrat .....	264
Chemie des Sehens .....	268
Vitamin K, ein Chinon der Blutgerinnung .....	277
Ursodeoxycholsäure, eine bärenstarke Gallensäure ..	286
Prostaglandine sind Gewebshormone .....	288
Aspirin® ist über 100 Jahre alt .....	293
Essenzielle Fettsäuren .....	296
Mykotoxine sind weit verbreitet und gefährlich .....	297
Acetylcholin – ein wichtiger Neurotransmitter .....	298
Penicillin, ein β-Lactam-Antibiotikum .....	300
Ammoniak ist ein Zellgift .....	305
Sulfonamide sind Chemotherapeutika bei Infektionskrankheiten .....	309
Phosphor ist ein „anfeuerndes“ Element .....	310
Die Contergan®-Katastrophe .....	326
Was bedeuten essenzielle Aminosäuren für den Menschen? .....	331
Histamin – ein Mediator bei Allergien .....	338
Nicht nur Zucker schmeckt süß .....	342
Ein Peptid reguliert den Zuckerstoffwechsel .....	351
Vitamin C – ein Zuckerderivat .....	364
Karies und Saccharose .....	372
Lactoseintoleranz und Galaktosämie .....	372
Hyaluronsäure und Heparin – Glykosaminoglykane mit besonderen Eigenschaften .....	376
Gibt es essenzielle Monosaccharide? .....	379
Hämoglobin und Cytochrom c: Was macht hier das Eisen? .....	382
Nicotin – zwischen Pflanzenschutz und Krebs .....	384
Serotonin und Melatonin. Nacharbeit als Diabetes-Risiko? .....	387
Coffein macht munter .....	388
Nucleinsäuren als Angriffsstufe für Arzneimittel .....	391
Photometrische Blutuntersuchungen .....	398
Kernspintomographie .....	403
Röntgendiagnostik .....	406