

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur 2. Auflage	V
Vorwort zur 1. Auflage	VII
Methodisch-didaktische Einführung	XXI
Abkürzungsverzeichnis	XXIII

A

Allgemeine Chemie

1	Einführung in die Arbeits- und Aufgabengebiete der Chemie	2
2	Chemische Grundbegriffe als angleichende Wiederholung	6
2.1	Chemische Grundbegriffe	6
2.1.1	Chemische und physikalische Vorgänge	6
2.1.2	Stoffbegriff	6
2.1.3	Eigenschaften von Stoffen	7
2.1.4	Analyse und Synthese von Stoffen	8
2.1.5	Trennung von Stoffgemischen	10
2.1.6	Element und Verbindung	10
2.1.7	Teilchenmodell	10
2.1.8	Atom und Molekül	11
2.1.9	Massenangaben in der Chemie: Molekül- und Verhältnisformeln	12
2.2	Merkmale von chemischen Reaktionen	16
2.2.1	Reaktionsgleichung	17
2.2.2	Stoffumsatz	17
2.2.3	Energieumsatz bei chemischen Reaktionen	18
3	Atombau	21
3.1	Merkmale und Probleme von Modellen	21
3.2	Ladungen	21
3.2.1	Verhalten von Ladungen zueinander	22
3.2.2	Beweglichkeit von Ladungen	22
3.3	Atom	23
3.4	Anordnung der Elementarteilchen im Atom	24
3.4.1	Atomkern	24
3.4.2	Elektronenhülle	26
3.5	Radioaktivität	30
4	Periodensystem der Elemente	32
4.1	Kurzer geschichtlicher Rückblick	32

4.2	Aufbau und Gliederung des Periodensystems der Elemente	32
4.2.1	Perioden.....	32
4.2.2	Hauptgruppen.....	33
4.2.3	Nebengruppen- oder Übergangselemente.....	33
4.3	Aussagen des Periodensystems der Elemente	35
4.3.1	Atomradien	35
4.3.2	Ionenradien	36
4.3.3	Ionisierungsenergie	36
4.3.4	Bindigkeit.....	37
4.3.5	Elektronegativität	37
4.3.6	Metallischer Charakter der Elemente	38
4.4	Periodensystem der Elemente und Ionenbildung	38
5	Chemische Bindung	41
5.1	Ionenbindung	41
5.1.1	Ionenbildung durch Elektronenübergänge	42
5.1.2	Ionenbindung und Ionenverbindung.....	42
5.1.3	Ionengitter	43
5.1.4	Kristallgitterbildung und Ionenbindung	43
5.1.5	Metalloxide und Metallhydroxide als Ionenverbindungen.....	46
5.1.6	Charakteristische Eigenschaften von Ionenverbindungen	47
5.1.7	Anwendungaspekte von Ionenverbindungen.....	48
5.1.8	Anleitung zum Aufstellen von Verhältnisformeln.....	49
5.2	Atombindung und die polare Atombindung	52
5.2.1	Erweiterung des Atommodells zum Kugelwolkenmodell.....	53
5.2.2	Atombindung.....	54
5.2.3	Räumliche Anordnung der Atome im Molekül.....	57
5.2.4	Polare Atombindung.....	58
5.2.5	Übergänge zwischen Ionenbindung und polarer Atombindung	60
5.3	Bindung durch zwischenmolekulare Kräfte	61
5.3.1	Dipol-Dipol-Kräfte.....	61
5.3.2	Wasserstoffbrücken und die Eigenschaften des Wassers.....	62
5.3.3	Bindung durch Van-der-Waals-Kräfte	65
5.4	Komplexbildung und koordinative Bindung	66
5.4.1	Komplexbildung	67
5.4.2	Bindungsverhältnisse in Komplexen	68
5.4.3	Gliederung von Komplexverbindungen	68
5.4.4	Theoretische Grundlagen für das praktische Arbeiten mit Komplexen	70
5.5	Metallbindung und typische Metalleigenschaften	74
5.5.1	Bindung in Metallen.....	74
5.5.2	Aufbau des Metallgitters.....	74
5.5.3	Erklärung der typischen Metalleigenschaften	75
5.6	Vergleich der verschiedenen Bindungstypen	77

6	Aufstellen von Formeln und Reaktionsgleichungen	79
6.1	Formelbegriff	79
6.2	Verschiedene Arten von Formeln	80
6.3	PSE und Bindigkeit beim Aufstellen von Formeln	80
6.4	Aufstellen von Formeln	83
6.4.1	Ionenverbindungen	83
6.4.2	Verbindungen mit Atombindung und polarer Atombindung	84
6.5	Aufstellen von Reaktionsgleichungen	84
6.6	Massenberechnung	86
7	Systematik chemischer Reaktionen mit pharmazeutischem Bezug	89
7.1	Lösevorgänge und Fällungsreaktionen	90
7.1.1	Lösungen als flüssige Systeme	90
7.1.2	Lösevorgänge	90
7.1.3	Löslichkeit von Feststoffen	91
7.1.4	Gehaltsangaben von Lösungen	93
7.1.5	Fällungsreaktionen	94
7.2	Säure-Base-Reaktionen	95
7.2.1	Säuren und saure Lösungen	96
7.2.2	Laugen und alkalische Lösungen	97
7.2.3	Messung des sauren oder alkalischen Charakters	99
7.2.4	Säure-Base-Begriff nach Brønsted, Säure-Base-Reaktion	100
7.2.5	Besondere Säure-Base-Reaktionen	101
7.2.6	Methoden der Salzbildung	104
7.2.7	Anwendung der Säure-Base-Reaktion	106
7.3	Redox-Reaktionen	108
7.3.1	Herkömmliches Verständnis von Oxidation und Reduktion	108
7.3.2	Problematik des herkömmlichen Verständnisses von Oxidation und Reduktion	109
7.3.3	Definition eines umfassenden Verständnisses von Redox-Reaktionen	110
7.3.4	Korrespondierende Redox-Paare	111
7.3.5	Oxidationszahl	112
7.3.6	Stärke von Oxidations- und Reduktionsmitteln	114
7.3.7	Formulierung schwieriger Redox-Gleichungen	116
8	Die chemische Reaktion	119
8.1	Kollisionsmodell	119
8.2	Reaktionsgeschwindigkeit	119
8.2.1	Zerteilungsgrad	122
8.2.2	Konzentration	122
8.2.3	Temperatur	124

8.3	Aktivierungsenergie	125
8.4	Katalyse	126
8.4.1	Katalyse der Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff	126
8.4.2	Wirkungsweise von Katalysatoren	126
8.4.3	Verschiedene Arten der Katalyse	127
8.5	Triebkräfte für chemische Reaktionen	129
8.5.1	Prinzip des Energieminimums	130
8.5.2	Prinzip des Entropiemaximums	130
8.5.3	Verknüpfung von Enthalpie und Entropie	131
9	Chemisches Gleichgewicht	134
9.1	Umkehrbare Reaktion und chemisches Gleichgewicht	134
9.2	Massenwirkungsgesetz	138
9.2.1	Praktische Bedeutung des K_C -Wertes	140
9.3	Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts	141
9.3.1	Abhängigkeit von der Art der Reaktionspartner	141
9.3.2	Konzentrationsabhängigkeit	141
9.3.3	Temperaturabhängigkeit	142
9.3.4	Druckabhängigkeit	143
9.3.5	Zusammenfassung der Einflussmöglichkeiten auf die Lage des Gleichgewichts	143
9.3.6	Fließgleichgewichte	144
9.4	Gleichgewichte in wässrigen Lösungen	146
9.4.1	Lösungsgleichgewichte	147
9.4.2	Autoprotolyse des Wassers und pH-Wert	149
9.4.3	Stärke von Säuren und Basen	152
9.4.4	Protolyse von Salzen (Säure-Base-Reaktionen in Salzlösungen)	154
9.4.5	Pufferung und Pufferlösungen	155
10	Maßanalytische Bestimmungen	162
10.1	Gemeinsame Prinzipien maßanalytischer Bestimmungen	162
10.2	Säure-Base-Titration	162
10.2.1	Prinzip der Säure-Base-Titration	162
10.2.2	Optimierung durch Titrationskurven und Computereinsatz	164
10.2.3	Prinzip der Säure-Base-Titration für die Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base	166
10.2.4	Säure-Base-Titration in wasserfreiem Medium	166
10.2.5	Indikatoren für Säure-Base-Titrationen	167
10.2.6	Urtitersubstanz	168
10.3	Redox-Titration	169
10.3.1	Prinzip der Redox-Titration	169
10.3.2	Cerimetrie	170
10.3.3	Iodometrie	171

10.3.4	Iodatometrie	173
10.3.5	Bromometrie	174
10.3.6	Titration mit Periodat	175
10.3.7	Permanganometrie	176
10.4	Fällungstitration	178
10.4.1	Prinzip der Fällungstitration	178
10.4.2	Exemplarische Erklärung von zwei Fällungstitrationen	178
10.4.3	Weitere Beispiele für Fällungstitrationen	180
10.5	Komplexometrische Titration	180
10.5.1	Prinzip der komplexometrischen Titration	181
10.5.2	EDTA als Komplexbildner und Maßlösung von Ph. Eur.	181
10.5.3	Beispiele für den Einsatz der komplexometrischen Titration	182
10.6	Besondere Titrationsverfahren	184

B Organische Chemie – Die Chemie der Kohlenstoffverbindungen

11	Kohlenwasserstoffe	188
11.1	Besondere Eigenschaften des Kohlenstoffs und die Struktur des Methanmoleküls	188
11.2	Alkane	189
11.2.1	Homologe Reihe der Alkane	189
11.2.2	Eigenschaften der Alkane mit pharmazeutischem Bezug	193
11.2.3	Reaktionen der Alkane	197
11.2.4	Alkane des Arzneibuchs	198
11.3	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe	202
11.3.1	Alkene	203
11.3.2	Alkine	206
11.4	Cycloalkane	209
11.5	Aromatische Kohlenwasserstoffe	210
11.5.1	Benzol als Prototyp der aromatischen Kohlenwasserstoffe	211
11.5.2	Substitution am Benzolmolekül mit Nomenklatur	214
11.5.3	Kondensierte aromatische Ringsysteme	215
12	Halogenkohlenwasserstoffe	220
12.1	Radikalische Substitution exemplarisch als Reaktionsmechanismus	220
12.2	Systematik und Nomenklatur	221
12.2.1	Halogenalkane	221
12.2.2	Cyclohalogenalkane	223
12.3	Eigenschaften der Halogen- und Cyclohalogenalkane	223
12.4	Pharmazeutisch relevante Halogen- und Cyclohalogenalkane	223
12.5	Ökologische Aspekte	225

13	Oxidationsprodukte der Kohlenwasserstoffe – Teil I	227
13.1	„Oxidationsreihe“ des Kohlenstoffs	227
13.2	Alkohole	229
13.2.1	Homologe Reihe der Alkanole	229
13.2.2	Isomerie und Systematik der Alkohole.....	229
13.2.3	Nomenklatur der Alkohole	232
13.2.4	Eigenschaften der Alkohole.....	232
13.2.5	Reaktionen der Alkohole	233
13.2.6	Pharmazeutisch relevante Alkohole.....	237
13.3	Phenole	255
13.3.1	Einwertige Phenole.....	255
13.3.2	Mehrwertige Phenole	256
13.4	Ether	259
13.4.1	Definition und Nomenklatur der Ether	259
13.4.2	Eigenschaften der Ether.....	259
13.4.3	Wirkung und Anwendung von Ethern.....	260
13.4.4	Beispiele von Ethern mit technischer und pharmazeutisch-medizinischer Bedeutung	261
13.4.5	Cyclische Ether.....	261
13.5	Polyethylenglycole	262
13.6	Carbonylverbindungen	264
13.6.1	Carbonylgruppe.....	265
13.6.2	Aldehyde	265
13.6.3	Ketone.....	271
13.6.4	Gaschromatographie (GC)	273
14	Oxidationsprodukte der Kohlenwasserstoffe – Teil II	278
14.1	Carboxylgruppe	278
14.2	Alkansäuren	279
14.2.1	Eigenschaften in der homologen Reihe der Alkansäuren	279
14.2.2	Reaktionen der Alkansäuren	281
14.2.3	Technische, pharmazeutische und physiologische Bedeutung der Alkansäuren.....	283
14.3	Alkensäuren	284
14.3.1	Alkensäuren mit einer Doppelbindung.....	285
14.3.2	Alkensäuren mit mehreren Doppelbindungen.....	287
14.4	Dicarbonsäuren (aliphatische Dicarbonsäuren)	290
14.4.1	Eigenschaften und Reaktionen der Dicarbonsäuren	290
14.4.2	Ungesättigte Dicarbonsäuren	290
14.5	Substituierte Carbonsäuren bzw. substituierte Alkansäuren	292
14.5.1	Hydroxycarbonsäuren mit einer Hydroxylgruppe – Spiegelbild-Isomerie.....	293

14.5.2	Hydroxycarbonsäuren mit einer oder zwei Hydroxylgruppen und zwei oder drei Carboxylgruppen	299
14.5.3	Halogencarbonsäuren	301
14.5.4	Aminocarbonsäuren, Aminosäuren.....	302
14.6	Aromatische Carbonsäuren	310
14.6.1	Benzoessäure als aromatische Monocarbonsäure.....	310
14.6.2	Derivate der Benzoessäure.....	312
14.6.3	Aromatische Dicarbonsäuren.....	312
15	Kohlenhydrate.....	315
15.1	Definition, Bedeutung und Systematik der Kohlenhydrate	315
15.2	Monosaccharide.....	316
15.2.1	Strukturbesonderheiten und Isomerie	316
15.2.2	Ausgewählte Monosaccharide der Ph. Eur.....	320
15.3	Disaccharide	325
15.3.1	Maltose.....	325
15.3.2	Lactose	326
15.3.3	Lactulose	327
15.3.4	Saccharose.....	328
15.4	Polysaccharide	330
15.4.1	Stärke	330
15.4.2	Glykogen	332
15.4.3	Dextrin.....	333
15.4.4	Cellulose	333
15.4.5	Dextrane.....	334
15.5	Kohlenhydratähnliche Verbindungen	334
15.5.1	Aminozucker	334
15.5.2	Gluconsäure	335
15.5.3	Uronsäuren und Polyuronsäuren	335
15.5.4	Ascorbinsäure.....	336
15.5.5	Maltitol.....	337
15.5.6	Stärkederivate	337
15.5.7	Celluloseether	338
16	Ester	341
16.1	Allgemeines zu den Estern	341
16.1.1	Esterbildung als Gleichgewichtsreaktion.....	341
16.1.2	Nomenklatur der Ester.....	343
16.1.3	Eigenschaften der Ester	343
16.2	Verschiedene Typen von Estern	343
16.3	Ester aus kurzkettiger Alkansäure und kurzkettigem Alkohol.....	345

16.4	Ester aus aromatischer Carbonsäure und Alkohol	345
16.4.1	Ester der 4-Hydroxycarbonsäure (p-Hydroxybenzoesäure).....	345
16.4.2	Ester der 4-Aminocarbonsäure.....	345
16.5	Ester aus Carbonsäure und Phenol	345
16.6	Fette und Öle	347
16.6.1	Bedeutung und Funktionen der Fette.....	348
16.6.2	Zusammensetzung der Fette.....	348
16.6.3	Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften der Fette.....	349
16.6.4	Fettkennzahlen.....	351
16.7	Esterhydrolyse als Umkehrung der Veresterung	356
16.7.1	Verseifung.....	357
16.8	Tenside	357
16.8.1	Seifen.....	357
16.8.2	Tenside mit pharmazeutischem Bezug.....	359
17	Amine, Peptide, Proteine	363
17.1	Amine	363
17.1.1	Aliphatische Amine.....	363
17.1.2	Aromatische Amine.....	365
17.1.3	Biogene Amine.....	368
17.2	Peptidgruppe als strukturbestimmendes Merkmal von Peptiden und Proteinen	368
17.3	Peptide	369
17.3.1	Einteilung.....	369
17.3.2	Nomenklatur und Schreibweise.....	369
17.3.3	Physiologische und pharmazeutische Bedeutung.....	369
17.4	Proteine	370
17.4.1	Struktur und Einteilung.....	370
17.4.2	Eigenschaften der Proteine.....	371
17.4.3	Pharmazeutisch und toxikologisch relevante Proteine.....	373
18	Heterocyclen	376
18.1	Definition und Systematik	376
18.2	Fünfringe mit einem Heteroatom	377
18.2.1	Fünfringe mit einem Stickstoffatom.....	377
18.2.2	Pyrrol mit einem ankondensierten Benzolring.....	377
18.3	Fünfringe mit zwei Heteroatomen	377
18.3.1	Fünfringe mit zwei Stickstoffatomen.....	377
18.3.2	Fünfringe mit zwei verschiedenen Heteroatomen.....	378
18.3.3	Fünfringe mit zwei Stickstoffatomen und einem ankondensierten Benzolring.....	378

18.4	Sechsringe mit einem Heteroatom	379
18.4.1	Sechsringe mit einem Stickstoffatom	379
18.4.2	Sechsringe mit einem Stickstoffatom und einem ankondensierten Benzolring	380
18.4.3	Sechsringe mit einem Sauerstoffatom und einem ankondensierten Benzolring	381
18.5	Sechsringe mit zwei Heteroatomen	382
18.5.1	Sechsringe mit zwei Stickstoffatomen	382
18.5.2	Sechsringe mit zwei Heteroatomen (Stickstoff und Schwefel) und zwei ankondensierten Benzolringen	383
18.6	Siebenringe mit einem Heteroatom	383
18.6.1	Siebenringe mit einem Stickstoffatom und zwei ankondensierten Benzolringen	383
18.7	Siebenringe mit zwei Heteroatomen	384
18.7.1	Siebenringe mit zwei Stickstoffatomen und ankondensiertem Benzolring	384
18.8	Bicyclische Heterosysteme am Beispiel der Purinderivate	384
18.9	β-Lactam-Antibiotika als bicyclische Heterosysteme	385

C**Anorganische Chemie – Pharmazeutische Schwerpunkte**

19	Pharmazeutisch relevante Elemente und anorganische Verbindungen	390
19.1	Hauptgruppe VIII – Edelgase	390
19.1.1	Gruppeneigenschaften	390
19.1.2	Vorkommen und Gewinnung	391
19.1.3	Technische und pharmazeutische Verwendung	391
19.2	Sonderstellung des Wasserstoffs	391
19.3	Hauptgruppe VII – Halogene (Salzbildner)	392
19.3.1	Gruppeneigenschaften	392
19.3.2	Ausgewählte Eigenschaften der Halogene	392
19.3.3	Halogenide	392
19.4	Hauptgruppe VI – Chalkogene (Erzbildner)	396
19.4.1	Gruppeneigenschaften	397
19.4.2	Sauerstoff und anorganische Verbindungen des Sauerstoffs	398
19.4.3	Schwefel und anorganische Verbindungen des Schwefels	400
19.4.4	Selen und anorganische Verbindungen des Selen	403
19.5	Hauptgruppe V – Stickstoffgruppe	403
19.5.1	Gruppeneigenschaften	403
19.5.2	Stickstoff und anorganische Verbindungen des Stickstoffs	403
19.5.3	Phosphor und anorganische Verbindungen des Phosphors	408
19.5.4	Arsen und anorganische Verbindungen des Arsens	410

19.5.5 Antimon und seine anorganischen Verbindungen.....	411
19.5.6 Bismut (Wismut) und seine Verbindungen.....	412
19.6 Hauptgruppe IV – Kohlenstoffgruppe.....	414
19.6.1 Gruppeneigenschaften.....	414
19.6.2 Kohlenstoff und anorganische Verbindungen des Kohlenstoffs.....	415
19.6.3 Silicium und Verbindungen des Siliciums.....	418
19.6.4 Zinn und anorganische Verbindungen des Zinns.....	420
19.6.5 Blei und anorganische Verbindungen des Bleis.....	421
19.7 Hauptgruppe III – Borgruppe.....	422
19.7.1 Gruppeneigenschaften.....	422
19.7.2 Bor und anorganische Verbindungen des Bors mit pharmazeutischem Bezug.....	423
19.7.3 Aluminium und Verbindungen des Aluminiums.....	424
19.7.4 Thallium und anorganische Verbindungen des Thalliums.....	426
19.8 Hauptgruppe II – Erdalkalimetalle.....	427
19.8.1 Gruppeneigenschaften.....	427
19.8.2 Magnesium und Verbindungen des Magnesiums.....	428
19.8.3 Calcium und Verbindungen des Calciums.....	430
19.8.4 Barium und anorganische Verbindungen des Bariums.....	434
19.9 Hauptgruppe I – Alkalimetalle.....	435
19.9.1 Gruppeneigenschaften.....	435
19.9.2 Pharmazeutisch relevante Lithiumverbindungen.....	437
19.9.3 Vorkommen und Verwendung von Natrium und Kalium.....	437
19.9.4 Physiologische und pharmakologische Eigenschaften von Natrium und Kalium.....	437
19.9.5 Nachweisreaktionen für Natrium und Kalium.....	438
19.10 Nebengruppenelemente.....	439
19.10.1 Nebengruppe I A – Kupfergruppe.....	440
19.10.2 Nebengruppe II A – Zinkgruppe.....	440
19.10.3 Nebengruppe VI A – Chromgruppe.....	443
19.10.4 Nebengruppe VII A – Mangangruppe.....	444
19.10.5 Nebengruppe VIII A – Eisengruppe und Platinmetalle.....	445

D**Anhang**

Antworten zu den Fragen und Übungen.....	454
Antworten zu Kapitel 1.....	454
Antworten zu Kapitel 2.....	454
Antworten zu Kapitel 3.....	456
Antworten zu Kapitel 4.....	458
Antworten zu Kapitel 5.....	459
Antworten zu Kapitel 6.....	464
Antworten zu Kapitel 7.....	465

Antworten zu Kapitel 8.....	470
Antworten zu Kapitel 9.....	471
Antworten zu Kapitel 10	475
Antworten zu Kapitel 11	477
Antworten zu Kapitel 12.....	480
Antworten zu Kapitel 13.....	481
Antworten zu Kapitel 14.....	487
Antworten zu Kapitel 15.....	493
Antworten zu Kapitel 16.....	496
Antworten zu Kapitel 17.....	499
Antworten zu Kapitel 18	501
Antworten zu Kapitel 19.....	502
Anhang 1: Chemische Elemente	505
Anhang 2: Übersicht der Isomeren	506
Anhang 3: Griechische Zahlwörter, Griechisches Alphabet	507
Anhang 4: Größen und Einheiten.....	508
Anhang 5: Umrechnungsfaktoren.....	509
Anhang 6	510
Gefahrensymbole 67/548 EWG.....	510
Gefahren-Piktogramme EG-CLP-V	510
Gefahrenklassen EG-CLP-V.....	510
H-Sätze	511
EUH-Sätze	513
P-Sätze	514
Anhang 7: Organische Reaktionen	518
Literatur.....	519
Sachregister.....	521
Periodensystem der Elemente.....	550