

Inhaltsverzeichnis

Teil I Allgemeine Chemie

1	Chemische Elemente und chemische Grundgesetze	3
1.1	Chemische Elemente	4
1.1.1	Verbreitung der Elemente	4
1.2	Chemische Grundgesetze	5
1.2.1	Gesetz von der Erhaltung der Masse	5
1.2.2	Gesetz der konstanten Proportionen	5
1.2.3	Gesetz der multiplen Proportionen	5
1.2.4	Chemisches Volumengesetz	6
1.2.5	Gesetz von <i>Avogadro</i>	6
2	Aufbau der Atome	9
2.1	Atomkern	9
2.1.1	Atommasse	11
2.1.2	Radioaktive Strahlung	12
2.1.3	Beispiele für Anwendungsmöglichkeiten von Isotopen	16
2.2	Elektronenhülle	17
2.2.1	Atommodell von <i>Niels Bohr</i> (1913)	18
2.2.2	Wellenmechanisches Atommodell des <i>Wasserstoffatoms</i>	20
2.2.3	Elektronenspin	22
2.2.4	Grafische Darstellung der Atomorbitale	22
2.2.5	Mehrelektronenatome	26
3	Periodensystem der Elemente	29
3.1	Aufbau des Periodensystems der Elemente	30
3.1.1	Aufbauprinzip des Periodensystems der Elemente	30
3.1.2	Perioden und Gruppen des Periodensystems	32
3.2	Einteilung der Elemente auf Grund ähnlicher Elektronenkonfiguration	32
3.2.1	Edelgase	32

3.2.2	Hauptgruppenelemente („repräsentative“ Elemente, s- und p-Block-Elemente)	32
3.2.3	Übergangselemente bzw. Nebengruppenelemente	34
3.2.4	Valenzelektronenzahl und Oxidationsstufen	35
3.3	Periodizität einiger Eigenschaften	35
3.3.1	Atom- und Ionenradien	35
3.3.2	Elektronenaffinität (EA)	36
3.3.3	Ionisierungspotenzial/Ionisierungsenergie	36
3.3.4	Elektronegativität	38
3.3.5	Metallischer und nichtmetallischer Charakter der Elemente	39
4	Moleküle, chemische Verbindungen, Reaktionsgleichungen und Stöchiometrie	41
4.1	Reaktionsgleichungen	43
4.2	Konzentrationsmaße	45
4.2.1	Stoffmenge	45
4.2.2	Stoffmengenkonzentration und Molalität	45
4.2.3	Äquivalentstoffmenge	46
4.2.4	Äquivalentkonzentration	46
4.2.5	Massenanteil	46
4.2.6	Volumenanteil	47
4.2.7	Stoffmengenanteil	47
4.3	Rechnen mit der Äquivalentkonzentration	48
4.3.1	Beispiele	49
4.4	Stöchiometrische Rechnungen	53
4.4.1	Anmerkungen zu stöchiometrischen Rechnungen	54
4.5	Berechnung von empirischen Formeln	55
5	Chemische Bindung – Bindungsarten	57
5.1	Ionische (polare, heteropolare) Bindungen, Ionenbeziehung	57
5.1.1	Gitterenergie	60
5.1.2	Übergang von der ionischen zur kovalenten Bindung	61
5.1.3	Eigenschaften ionisch gebauter Substanzen (Salze)	62
5.2	Atombindung (kovalente, homöopolare Bindung, Elektronenpaarbindung)	63
5.2.1	MO-Theorie der kovalenten Bindung	64
5.2.2	VB-Theorie der kovalenten Bindung	67
5.2.3	Valenzschalen-Elektronenpaar-Abstoßungsmodell	79
5.3	Metallische Bindung	81
5.3.1	Metallgitter	84
5.3.2	Mechanische Eigenschaften der Metalle/ <i>Einlagerungsstrukturen</i>	85
5.3.3	Legierungen	86

5.3.4	Intermetallische Verbindungen oder intermetallische Phasen	86
5.4	Zwischenmolekulare Bindungskräfte/schwache Bindungen	87
5.4.1	Dipol-Dipol-Wechselwirkungen	87
5.4.2	Wasserstoffbrückenbindungen	88
5.4.3	Dipol-induzierte Dipol-Wechselwirkungen	89
5.4.4	Ionen-Dipol-Wechselwirkungen	89
5.4.5	<i>Van-der-Waals</i> -Bindung (<i>Van-der-Waals</i> -Kräfte, Dispersionskräfte)	89
5.4.6	Hydrophobe Wechselwirkungen (Hydrophobe Bindung)	90
6	Komplexverbindungen – Bindungen in Komplexen	91
6.1	Beispiele für Komplexe	94
6.1.1	Chelateffekt	94
6.1.2	π -Komplexe	94
6.1.3	Charge-Transfer-Komplexe	95
6.1.4	Carbonyle	95
6.2	Koordinationszahl und räumlicher Bau von Komplexen	96
6.3	Isomerieerscheinungen bei Komplexverbindungen	97
6.3.1	Stereoisomerie	97
6.3.2	Strukturisomerie	100
6.4	Bindung in Komplexen/Koordinative Bindung	100
6.4.1	Edelgas-Regel	101
6.4.2	VB-Theorie der Komplexbindung	101
6.4.3	Kristallfeld-Ligandenfeld-Theorie	102
6.4.4	MO-Theorie der Bindung in Komplexen	105
6.5	Komplexbildungsreaktionen	107
6.6	Formelschreibweise von Komplexen	108
6.6.1	Nomenklatur von Komplexen	108
7	Zustandsformen der Materie (Aggregatzustände)	111
7.1	Fester Zustand	111
7.1.1	Kristalline Stoffe	111
7.1.2	Eigenschaften von kristallinen Stoffen	112
7.1.3	Schmelz- und Erstarrungspunkt; Schmelzenthalpie	112
7.1.4	Gittertypen	113
7.2	Gasförmiger Zustand	113
7.2.1	Gasgesetze – für „ideale Gase“	114
7.2.2	Das Verhalten realer Gase	116
7.2.3	Diffusion von Gasen	117
7.3	Flüssiger Zustand	117
7.3.1	Dampfdruck einer Flüssigkeit	118
7.4	Durchschnittsgeschwindigkeit von Atomen und Molekülen	119

8	Mehrstoffsysteme – Lösungen	121
8.1	Mehrstoffsysteme	121
8.2	Lösungen	122
8.2.1	Eigenschaften von Lösemitteln (Lösungsmitteln)	122
8.3	Echte Lösungen	124
8.3.1	Lösen polarer Stoffe	124
8.3.2	Löslichkeit	126
8.3.3	Lösen unpolarer Substanzen	127
8.3.4	Chemische Reaktionen bei Lösungsvorgängen	127
8.4	Verhalten und Eigenschaften von Lösungen	127
8.4.1	Lösungen von <i>nichtflüchtigen</i> Substanzen	127
8.4.2	Lösungen <i>flüchtiger</i> Substanzen	136
8.5	Kolloide Lösungen, kolloiddisperse Systeme	138
8.5.1	Einteilung der Kolloide	139
8.5.2	Isoelektrischer Punkt (I. P.)	140
9	Redoxsysteme	141
9.1	Oxidationszahl	141
9.2	Reduktion und Oxidation	143
9.2.1	Beispiele für Redoxgleichungen	144
9.2.2	Reduktionsmittel und Oxidationsmittel	145
9.2.3	Normalpotenziale von Redoxpaaren	146
9.2.4	Normalpotenzial und Reaktionsrichtung	150
9.3	Nernst'sche Gleichung	152
9.3.1	EMK eines Redoxpaares	152
9.3.2	EMK eines Redoxsystems	153
9.3.3	Konzentrationskette	154
9.4	Praktische Anwendung von galvanischen Elementen	154
9.4.1	Trockenbatterie (<i>Leclanché</i> -Element, Taschenlampenbatterie)	154
9.4.2	Alkali-Mangan-Zelle	155
9.4.3	Nickel-Cadmium-Batterie	155
9.4.4	Quecksilber-Batterie	155
9.4.5	Brennstoffzellen	155
9.4.6	Akkumulatoren	156
9.5	Elektrochemische Korrosion/Lokalelement	157
9.6	Elektrochemische Bestimmung von pH-Werten	157
9.6.1	Glaselektrode	157
9.6.2	Redoxelektroden	159
9.7	Spezielle Redoxreaktionen	160
10	Säure-Base-Systeme	161
10.1	<i>Brønsted</i> -Säuren und -Basen; pH-Wert	161
10.1.1	Protolysegleichgewichte	162
10.1.2	Protolysegleichgewicht des Wassers und pH-Wert	163

10.2	Säure- und Basestärke	165
10.2.1	Starke Säuren und starke Basen	166
10.2.2	Schwache Säuren und schwache Basen	166
10.3	Mehrwertige Säuren	169
10.3.1	Auswirkung der Dissoziationsstufen auf den pH-Wert	170
10.3.2	Mehrwertige Basen	171
10.4	Protolysereaktionen beim Lösen von Salzen in Wasser	171
10.5	Neutralisationsreaktionen	172
10.6	Protolysegrad	173
10.7	Titrationsskurven	174
10.8	pH-Abhängigkeit von Säure- und Base-Gleichgewichten, Pufferlösungen	176
10.8.1	Bedeutung der <i>Henderson-Hasselbalch</i> -Gleichung (Puffergleichung)	176
10.9	Messung von pH-Werten	180
10.10	Säure-Base-Reaktionen in nichtwässrigen Systemen	181
10.11	Elektronentheorie der Säuren und Basen nach <i>Lewis</i>	182
10.12	Prinzip der „harten“ und „weichen“ Säuren und Basen	183
11	Energetik chemischer Reaktionen (Grundlagen der Thermodynamik)	185
11.1	I. Hauptsatz der Thermodynamik (Energieerhaltungssatz)	186
11.1.1	Veranschaulichung der Volumenarbeit $p \cdot \Delta V$	186
11.1.2	Anwendung des I. Hauptsatzes auf chemische Reaktionen	188
11.1.3	<i>Hess</i> 'scher Satz der konstanten Wärmesummen	189
11.2	II. Hauptsatz der Thermodynamik (Triebkraft chemischer Reaktionen)	190
11.2.1	Freie Reaktionsenthalpie	190
11.2.2	Reaktionsenthalpie	191
11.2.3	Freie Enthalpie und II. Hauptsatz der Thermodynamik	191
11.2.4	Entropieänderung	192
11.2.5	Statistische Deutung der Entropie	193
11.3	III. Hauptsatz der Thermodynamik	193
11.4	<i>Gibbs-Helmholtz</i> 'sche Gleichung	194
11.4.1	Exergonische und endergonische Reaktionen	194
11.4.2	Temperaturabhängigkeit von ΔG	195
11.4.3	Gekoppelte Prozesse	195
11.4.4	Konzentrationsabhängigkeit von ΔG	196
11.4.5	Berechnung der Gleichgewichtskonstanten	197
11.5	Zusammenhang zwischen ΔG und EMK	198

12	Kinetik chemischer Reaktionen	201
12.1	Reaktionsgeschwindigkeit	201
12.2	Reaktionsordnung	203
12.2.1	Reaktion nullter Ordnung	203
12.2.2	Reaktion erster Ordnung	203
12.2.3	Reaktion zweiter Ordnung	204
12.2.4	Halbwertszeit	205
12.2.5	Konzentration-Zeit-Diagramm für eine Reaktion erster Ordnung	205
12.2.6	Konzentration-Zeit-Diagramm für eine Reaktion zweiter Ordnung	206
12.3	Molekularität einer Reaktion	207
12.4	<i>Arrhenius</i> -Gleichung	209
12.5	Katalyse	210
12.5.1	Darstellung von Reaktionsabläufen durch Energieprofile	212
12.6	Parallelreaktionen – Kinetische und thermodynamische Reaktionskontrolle	214
12.6.1	Metastabile Systeme	215
12.7	Kettenreaktionen	215
12.7.1	Einleitung von Kettenreaktionen	215
12.7.2	Abbruch von Kettenreaktionen	216
13	Chemisches Gleichgewicht (Kinetische Ableitung)	217
13.1	Chemisches Gleichgewicht und Massenwirkungsgesetz	217
13.1.1	Formulierung des MWG für einfache Reaktionen	219
13.2	Gekoppelte Reaktionen	219
13.3	Aktivitäten	220
13.4	Beeinflussung von Gleichgewichtslagen	221
13.4.1	Änderung der Temperatur	221
13.4.2	Änderung von Konzentration bzw. Partialdruck bei konstanter Temperatur	222
13.5	Das Löslichkeitsprodukt	223
13.5.1	Allgemeine Formulierung	224
13.6	Fließgleichgewicht	224

Teil II Anorganische Chemie

14	Hauptgruppenelemente	229
14.1	Wasserstoff	229
14.1.1	Stellung von Wasserstoff im Periodensystem der Elemente (PSE)	229
14.1.2	Vorkommen und Gewinnung	229
14.1.3	Eigenschaften	231
14.1.4	Reaktionen und Verwendung von Wasserstoff	231

14.1.5	Wasserstoffverbindungen	232
14.2	Alkalimetalle (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr)	232
14.2.1	Lithium	233
14.2.2	Natrium	235
14.2.3	Kalium	237
14.2.4	Rubidium, Caesium	239
14.3	Erdalkalimetalle (Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra)	240
14.3.1	Beryllium	240
14.3.2	Magnesium	240
14.3.3	Calcium	242
14.3.4	Strontium	246
14.3.5	Barium	246
14.4	Borgruppe (B, Al, Ga, In, Tl)	247
14.4.1	Bor	249
14.4.2	Aluminium	252
14.4.3	Gallium – Indium – Thallium	255
14.5	Kohlenstoffgruppe (C, Si, Ge, Sn, Pb)	255
14.5.1	Kohlenstoff	256
14.5.2	Silicium	264
14.5.3	Zinn	270
14.5.4	Blei	273
14.6	Stickstoffgruppe (N, P, As, Sb, Bi)	274
14.6.1	Stickstoff	276
14.6.2	Phosphor	286
14.6.3	Arsen	292
14.6.4	Antimon	294
14.6.5	Bismut (früher Wismut)	295
14.7	Chalkogene (O, S, Se, Te, Po)	296
14.7.1	Sauerstoff	296
14.7.2	Schwefel	302
14.7.3	Selen	309
14.7.4	Tellur	310
14.8	Halogene (F, Cl, Br, I, At)	310
14.8.1	Fluor	311
14.8.2	Chlor	313
14.8.3	Brom	316
14.8.4	Iod	317
14.8.5	Bindungsenthalpie und Acidität	319
14.8.6	Salzcharakter der Halogenide	319
14.8.7	Fotografischer Prozess (Schwarz-Weiß-Fotografie)	319
14.8.8	Interhalogenverbindungen	320
14.8.9	Pseudohalogene – Pseudohalogenide	320
14.9	Edelgase (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn)	321

15	Nebengruppenelemente	325
15.1	I. Nebengruppe	331
15.1.1	Kupfer	331
15.1.2	Silber	334
15.1.3	Gold	335
15.2	II. Nebengruppe	336
15.2.1	Übersicht (Tab. 15.5)	336
15.2.2	Zinkverbindungen	338
15.2.3	Cadmiumverbindungen	338
15.2.4	Quecksilberverbindungen	339
15.3	III. Nebengruppe	340
15.4	IV. Nebengruppe	341
15.4.1	Übersicht (Tab. 15.7)	341
15.4.2	Titan	341
15.5	V. Nebengruppe	342
15.5.1	Übersicht (Tab. 15.8)	342
15.5.2	Vanadin	343
15.6	VI. Nebengruppe	343
15.6.1	Übersicht (Tab. 15.9)	343
15.6.2	Chrom	344
15.6.3	Molybdän	346
15.6.4	Wolfram	347
15.7	VII. Nebengruppe	349
15.7.1	Übersicht (Tab. 15.10)	349
15.7.2	Mangan	349
15.8	VIII. Nebengruppe	351
15.8.1	Eisenmetalle	351
15.8.2	Platinmetalle	357
15.8.3	Lanthanoide, Ln	358
15.8.4	Actinoide, An	359
16	Anhang	361
16.1	Allgemeine Verfahren zur Reindarstellung von Metallen (Übersicht)	361
16.1.1	Reduktion der Oxide zu den Metallen	361
16.1.2	Elektrolytische Verfahren	362
16.1.3	Spezielle Verfahren	362
16.2	Düngemittel	362
16.2.1	Handelsdünger aus <i>natürlichen</i> Vorkommen	363
16.2.2	Kunstdünger	363
16.2.3	Mineraldünger	364

Teil III Organische Chemie

17	Allgemeine Grundlagen	369
17.1	Einleitung	369
17.2	Grundlagen der chemischen Bindung	369
17.2.1	Mesomerie	370
17.2.2	Bindungslängen und Bindungsenergien	371
17.3	Systematik organischer Verbindungen	372
17.4	Nomenklatur	373
17.4.1	Stammsysteme	373
17.4.2	Substituierte Systeme	373
17.5	Chemische Formelsprache	374
17.6	Isomerie	375
18	Grundbegriffe organisch-chemischer Reaktionen	379
18.1	Reaktionen zwischen ionischen Substanzen	379
18.2	Reaktionen von Substanzen mit kovalenter Bindung	379
18.2.1	Homolytische Spaltung	379
18.2.2	Heterolytische Spaltung	380
18.2.3	Electrocyclische Reaktionen	380
18.3	Säuren und Basen, Elektrophile und Nucleophile	381
18.3.1	Definition nach <i>Brønsted</i>	381
18.3.2	Definition nach <i>Lewis</i>	381
18.4	Substituenten-Effekte	383
18.4.1	Induktive Effekte	383
18.4.2	Mesomere Effekte	384
18.5	Reaktive Zwischenstufen	385
18.5.1	Carbeniumionen	385
18.5.2	Carbanionen	386
18.5.3	Carbene	387
18.5.4	Radikale	388
18.6	Übergangszustände	389
18.7	Reaktionstypen	389
18.7.1	Additions-Reaktionen	389
18.7.2	Eliminierungs-Reaktionen	390
18.7.3	Substitutions-Reaktionen	390
18.7.4	Radikal-Reaktionen	391
18.7.5	Umlagerungen	391
19	Gesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkane)	393
19.1	Offenkettige Alkane	393
19.1.1	Nomenklatur und Struktur	394
19.1.2	Bau der Moleküle, Konformationen der Alkane	396

19.1.3	Vorkommen, Gewinnung und Verwendung der Alkane . . .	398
19.1.4	Herstellung von Alkanen	398
19.1.5	Eigenschaften gesättigter Kohlenwasserstoffe	398
19.2	Cyclische Alkane	399
19.2.1	Bau der Moleküle, Konformationen der Cycloalkane . . .	399
19.2.2	Das Cyclohexan-Ringsystem	400
20	Die radikalische Substitutions-Reaktion (S_R)	405
20.1	Herstellung von Radikalen	405
20.2	Struktur und Stabilität	406
20.3	Ablauf von Radikalreaktionen	406
20.4	Selektivität bei radikalischen Substitutions-Reaktionen	407
20.5	Beispiele für Radikalreaktionen	407
20.5.1	Fotochlorierung von Alkanen mit Cl_2	407
20.5.2	Die Chlorierung von Alkanen mit Sulfurylchlorid, SO_2Cl_2	408
20.5.3	Pyrolysen	408
20.5.4	Radikale in biologischen Systemen	409
21	Ungesättigte Kohlenwasserstoffe (Alkene, Alkine)	411
21.1	Alkene	411
21.1.1	Nomenklatur und Struktur	411
21.1.2	Vorkommen und Herstellung von Alkenen	413
21.1.3	Konjugierte Diene	414
21.2	Alkine	415
21.3	Biologisch interessante Alkene und Alkine	416
22	Additionen an Alkene und Alkine	419
22.1	Elektrophile Additionen	419
22.1.1	Additionen symmetrischer Verbindungen	419
22.1.2	Additionen unsymmetrischer Verbindungen (Markownikow-Regel)	420
22.1.3	Stereospezifische <i>Syn</i> -Additionen	422
22.2	Cycloadditionen	423
22.2.1	Ozonolyse	423
22.2.2	<i>Diels-Alder</i> -Reaktionen	424
22.3	Nucleophile Additionen	424
22.3.1	Nucleophile Additionen von Aminen	425
22.3.2	<i>Michael</i> -Additionen	425
22.4	Radikalische Additionen	425
22.5	Di-, Oligo- und Polymerisationen	426

23	Aromatische Kohlenwasserstoffe (Arene)	429
23.1	Chemische Bindung in aromatischen Systemen	429
23.2	Beispiele für aromatische Verbindungen; Nomenklatur	431
23.3	Vorkommen und Herstellung	431
23.4	Eigenschaften und Verwendung	432
23.5	Reaktionen aromatischer Verbindungen	433
23.5.1	Additionsreaktionen aromatischer Verbindungen	433
23.5.2	Reaktionen von Alkylbenzolen in der Seitenkette	434
24	Die aromatische Substitution (S_{Ar})	437
24.1	Die elektrophile aromatische Substitution ($S_{E,Ar}$)	437
24.1.1	Allgemeiner Reaktionsmechanismus	437
24.1.2	Mehrfachsubstitution	437
24.2	Beispiele für elektrophile Substitutionsreaktionen	443
24.2.1	Nitrierung	443
24.2.2	Sulfonierung	443
24.2.3	Halogenierung	445
24.2.4	Alkylierung nach <i>Friedel-Crafts</i>	445
24.2.5	Acylierung nach <i>Friedel-Crafts</i>	446
24.3	Die nucleophile aromatische Substitution ($S_{N,Ar}$)	447
24.4	Aromatische Substitutionen in biologischen Systemen	448
25	Halogenkohlenwasserstoffe	451
25.1	Chemische Eigenschaften	451
25.2	Verwendung	452
25.3	Herstellungsmethoden	453
25.4	Biologisch interessante Halogen-Kohlenwasserstoffe	454
26	Die nucleophile Substitution (S_N) am gesättigten C-Atom	457
26.1	Der S_N1 -Mechanismus	457
26.1.1	Auswirkungen des Reaktionsmechanismus	458
26.2	Der S_N2 -Mechanismus	459
26.3	Das Verhältnis S_N1/S_N2	460
27	Die Eliminierungs-Reaktionen ($E1$, $E2$)	463
27.1	α - oder 1,1-Eliminierung	463
27.2	β - oder 1,2-Eliminierung	464
27.2.1	Eliminierung nach einem $E1$ -Mechanismus	464
27.2.2	Eliminierung nach einem $E2$ -Mechanismus	465
27.3	Isomerenbildung bei Eliminierungen	466
27.3.1	Orientierung bei Eliminierungen: <i>Saytzeff</i> - und <i>Hofmann</i> -Eliminierung	467

27.4	<i>syn</i> -Eliminierungen (thermische Eliminierungen)	467
27.5	Eliminierungen in biologischen Systemen	468
28	Sauerstoffverbindungen	471
28.1	Alkohole (Alkanole)	471
28.1.1	Beispiele und Nomenklatur	471
28.1.2	Herstellung von Alkoholen	472
28.1.3	Reaktionen der Alkohole	475
28.2	Phenole	478
28.2.1	Beispiele und Nomenklatur	478
28.2.2	Herstellung von Phenolen	479
28.2.3	Eigenschaften von Phenolen	481
28.2.4	Reaktionen von Phenolen	482
28.2.5	Biologisch interessante Phenole	483
28.3	Ether	485
28.3.1	Herstellung	485
28.3.2	Eigenschaften der Ether	487
28.3.3	Reaktionen der Ether	487
29	Schwefelverbindungen	489
29.1	Thiole	489
29.1.1	Herstellung	490
29.1.2	Vorkommen	490
29.1.3	Reaktionen	490
29.2	Thioether (Sulfide)	492
29.3	Sulfonsäuren	492
29.3.1	Herstellung	492
29.3.2	Verwendung von Sulfonsäuren	492
29.4	Biologisch wichtige Schwefelverbindungen	493
30	Stickstoffverbindungen	497
30.1	Amine	497
30.1.1	Nomenklatur	497
30.1.2	Herstellung von Aminen	498
30.1.3	Eigenschaften der Amine	500
30.1.4	Reaktionen der Amine	502
30.1.5	Biochemisch wichtige Amine	504
30.2	Nitroverbindungen	506
30.2.1	Nomenklatur und Beispiele	506
30.2.2	Herstellung	507
30.2.3	Eigenschaften und Reaktionen von Nitroverbindungen	507
30.2.4	Verwendung von Nitroverbindungen	508
30.3	Azoverbindungen	508
30.3.1	Herstellung der Azoverbindungen	508

30.4	Diazoverbindungen, Diazoniumsalze	510
30.4.1	Herstellung von Diazo- und Diazoniumverbindungen . . .	510
30.4.2	Reaktionen von Diazo- und Diazoniumverbindungen . . .	511
31	Elementorganische Verbindungen	513
31.1	Bindung und Reaktivität	513
31.2	Eigenschaften elementorganischer Verbindungen	514
31.3	Beispiele für elementorganische Verbindungen (angeordnet nach dem Periodensystem)	514
31.3.1	I. Gruppe: Lithium	514
31.3.2	II. Gruppe: Magnesium	514
31.3.3	III. Gruppe: Bor	516
31.3.4	V. Gruppe: Phosphor	516
 Teil IV Verbindungen mit ungesättigten funktionellen Gruppen		
32	Aldehyde, Ketone und Chinone	521
32.1	Nomenklatur und Beispiele	521
32.2	Herstellung von Aldehyden und Ketonen	522
32.2.1	Oxidation von Alkoholen	522
32.2.2	Reduktion von Carbonsäurederivaten	522
32.2.3	Umsetzung von Carbonsäurederivaten mit metallorganischen Verbindungen	523
32.2.4	<i>Friedel-Crafts</i> -Acylierungen	523
32.2.5	Oxidative Spaltungsreaktionen	524
32.3	Eigenschaften	524
32.4	Redoxreaktionen von Carbonylverbindungen	525
32.4.1	Reduktion zu Alkoholen	525
32.4.2	Reduktion zu Kohlenwasserstoffen	525
32.4.3	Oxidationsreaktionen	526
32.4.4	Redoxverhalten der Chinone	526
32.5	Biologisch interessante Carbonylverbindungen	528
33	Reaktionen von Aldehyden und Ketonen	529
33.1	Additionen von Hetero-Nucleophilen	530
33.1.1	Addition von „Hydrid“	530
33.1.2	Reaktion mit <i>O</i> -Nucleophilen	531
33.1.3	Reaktion mit <i>N</i> -Nucleophilen	533
33.1.4	Reaktion mit <i>S</i> -Nucleophilen	536
33.2	Additionen von Kohlenstoff-Nucleophilen	537
33.2.1	Umsetzungen mit Blausäure bzw. Cyanid	537
33.2.2	Umsetzungen mit <i>Grignard</i> -Reagenzien	538
33.2.3	Umsetzungen mit Acetyliden	538
33.2.4	Umsetzungen mit Phosphor-Yliden	539

33.3	Additionen von Carbonylverbindungen	539
33.3.1	Bildung und Eigenschaften von Carbanionen	539
33.3.2	Aldol-Reaktion	540
33.3.3	<i>Mannich</i> -Reaktion	543
33.3.4	<i>Knoevenagel</i> -Reaktion	544
33.3.5	<i>Michael</i> -Reaktion	544
33.3.6	<i>Robinson</i> -Anellierung	545
34	Carbonsäuren	547
34.1	Nomenklatur und Beispiele	547
34.2	Herstellung von Carbonsäuren	548
34.3	Eigenschaften von Carbonsäuren	549
34.3.1	Substituenteneinflüsse auf die Säurestärke	550
34.3.2	pH-Wert wässriger Carbonsäurelösung (Tab. 34.1 und 34.2)	552
34.4	Reaktionen von Carbonsäuren	552
34.4.1	Reduktion	552
34.4.2	Abbau unter CO ₂ -Abspaltung (Decarboxylierung)	552
34.4.3	Bildung von Derivaten	552
34.5	Spezielle Carbonsäuren	553
34.5.1	Dicarbonsäuren	553
34.5.2	Hydroxycarbonsäuren	555
34.5.3	Oxocarbonsäuren	559
34.5.4	Halogencarbonsäuren	562
35	Derivate der Carbonsäuren	565
35.1	Reaktionen von Carbonsäurederivaten	566
35.1.1	Hydrolyse von Carbonsäurederivaten zu Carbonsäuren	567
35.1.2	Umsetzung von Carbonsäurederivaten mit Aminen	567
35.1.3	Umsetzung mit Alkoholen zu Carbonsäureestern	568
35.2	Herstellung und Eigenschaften von Carbonsäurederivaten	568
35.2.1	Carbonsäureanhydride	568
35.2.2	Carbonsäurehalogenide	570
35.2.3	Carbonsäureamide	570
35.2.4	Carbonsäureester	572
35.2.5	Lactone	574
35.2.6	Spezielle Carbonsäurederivate	574
35.3	Biologisch wichtige Carbonsäurederivate	575
36	Reaktionen von Carbonsäurederivaten	577
36.1	Reaktionen an der Carbonyl-Gruppe	577
36.1.1	Reaktionen von Carbonsäureestern	577
36.1.2	Reaktionen von Carbonsäurehalogeniden und -anhydriden	578

36.1.3	Reaktionen von Carbonsäureamiden	579
36.1.4	Reaktionen von Nitrilen	579
36.2	Reaktionen in α -Stellung zur Carbonyl-Gruppe	580
36.2.1	Reaktionen von Carbonsäureestern	580
36.2.2	Reaktionen von 1,3-Dicarbonylverbindungen	582
36.2.3	Reaktionen von Carbonsäurehalogeniden und -anhydriden	584
36.3	C–C-Knüpfungen in biologischen Systemen	585
37	Kohlensäure und ihre Derivate	587
37.1	Beispiele und Nomenklatur	587
37.2	Herstellung von Kohlensäurederivaten	588
37.3	Harnstoff und Derivate	589
37.3.1	Synthese von Harnstoff	589
37.3.2	Eigenschaften und Nachweis	589
37.3.3	Synthesen mit Harnstoff	590
37.3.4	Derivate des Harnstoffs	591
38	Heterocyclen	593
38.1	Heteroaliphaten	593
38.2	Heteroaromaten	595
38.2.1	Fünfgliedrige Ringe	595
38.2.2	Sechsgliedrige Ringe	598
38.3	Synthesen von Heterocyclen über Dicarbonylverbindungen	601
39	Stereochemie	603
39.1	Stereoisomere	603
39.2	Schreibweisen und Nomenklatur der Stereochemie	605
39.2.1	D,L-Nomenklatur	606
39.2.2	R,S-Nomenklatur (<i>Cahn-Ingold-Prelog-System</i>)	606
39.3	Beispiele zur Stereochemie	608
39.3.1	Verbindungen mit mehreren chiralen C-Atomen	608
39.3.2	Verbindungen mit gleichen Chiralitätszentren	609
39.4	Herstellung optisch aktiver Verbindungen	610

Teil V Chemie von Naturstoffen und Biochemie

40	Chemie und Biochemie	615
40.1	Biokatalysatoren	615
40.2	Stoffwechselvorgänge	618
41	Kohlenhydrate	621
41.1	Monosaccharide	621
41.1.1	Struktur und Stereochemie	621
41.1.2	Reaktionen und Eigenschaften	625

41.2	Disaccharide	629
41.2.1	Allgemeines	629
41.2.2	Beispiele für Disaccharide	630
41.3	Oligo- und Polysaccharide (Glycane) (Tab. 41.1)	632
41.3.1	Makromoleküle aus Glucose	632
41.3.2	Makromoleküle mit Aminozuckern	634
41.3.3	Weitere Polysaccharide mit anderen Zuckern	635
42	Aminosäuren, Peptide und Proteine	637
42.1	Aminosäuren	637
42.1.1	Einteilung und Struktur	637
42.1.2	Aminosäuren als Ampholyte	639
42.1.3	Gewinnung und Synthesen von Aminosäuren	641
42.1.4	Reaktionen von Aminosäuren	643
42.2	Peptide	644
42.2.1	Hydrolyse von Peptiden	646
42.2.2	Peptid-Synthesen	646
42.2.3	Biologisch wichtige Peptide	648
42.3	Proteine	650
42.3.1	Struktur der Proteine	651
42.3.2	Beispiele und Einteilung der Proteine	652
42.3.3	Eigenschaften der Proteine	654
43	Lipide	655
43.1	Überblick über die Lipid-Gruppe	655
43.2	Fettsäuren und Fette	656
43.3	Komplexe Lipide	657
43.3.1	Phospholipide	658
43.3.2	Glycolipide	658
43.3.3	Biochemische Bedeutung komplexer Lipide	659
43.4	Wachse	660
44	Nucleotide und Nucleinsäuren	661
44.1	Nucleotide	661
44.1.1	Energiespeicherung mit Phosphorsäureverbindungen	662
44.1.2	Nucleotide in Nucleinsäuren	664
44.2	Nucleinsäuren	665
44.2.1	Aufbau der DNA	666
44.2.2	Aufbau der RNA	668
45	Terpene und Carotinoide	671
46	Steroide	675
46.1	Sterine	675
46.2	Gallensäuren	676

- 46.3 Steroid-Hormone 677
 - 46.3.1 Männliche Sexualhormone (Androgene) 677
 - 46.3.2 Weibliche Geschlechtshormone (Östrogene, Gestagene) . 678
 - 46.3.3 Kontrazeptive Steroide 679
- 46.4 Corticoide 679
- 46.5 Herzaktive Steroide 680
- 46.6 Sapogenine und Steroid-Alkaloide 680
- 47 Alkaloide 681**
 - 47.1 Pyrrolidin- und Piperidin-Alkaloide 682
 - 47.2 Pyridin-Alkaloide 683
 - 47.3 Tropan-Alkaloide 683
 - 47.4 Pyrrolizidin-, Indolizidin- und Chinolizidin-Alkaloide 685
 - 47.5 Indol-Alkaloide 686
 - 47.5.1 Substituierte Indole 687
 - 47.5.2 Carbazol-Alkaloide 687
 - 47.5.3 Carbolin-Alkaloide 688
 - 47.5.4 Ergolin-Alkaloide 689
 - 47.6 Isochinolin-Alkaloide 690
 - 47.7 Chinolin-Alkaloide 692
- 48 Natürliche Farbstoffe 695**
 - 48.1 Pteridinfarbstoffe 695
 - 48.2 Porphinfarbstoffe 696
 - 48.2.1 Häm und Hämoglobin 696
 - 48.2.2 Chlorophyll 697
 - 48.2.3 Vitamin B₁₂ 697
 - 48.2.4 Phthalocyanine 698
 - 48.3 Anthocyane 698
 - 48.4 Catechine 700
- 49 Wichtige Medikamente 701**
 - 49.1 Antibiotika 702
 - 49.1.1 β -Lactam-Antibiotika 702
 - 49.1.2 Glykopeptide 703
 - 49.1.3 Polypeptidantibiotika 703
 - 49.1.4 Polyketidantibiotika 703
 - 49.1.5 Chinolone 704
 - 49.1.6 Sulfonamide 704
 - 49.2 Antivirale Arzneistoffe 704
 - 49.3 Antitumor-Arzneistoffe 705
 - 49.4 Blutdrucksenkende Arzneistoffe 706
 - 49.4.1 ACE-Hemmer 706
 - 49.4.2 AT₁-Rezeptor-Antagonisten 707
 - 49.4.3 β -Blocker 707

49.4.4 Ca-Antagonisten	707
49.4.5 Diuretika	708
49.5 Cholesterinsenkende Arzneistoffe	708
49.6 Entzündungshemmer	709
49.7 Potenzmittel	709
49.8 Psychopharmaka	710
49.8.1 Antidepressiva	710
49.8.2 Neuroleptika	710
49.8.3 Tranquilizer	711
49.8.4 Schlafmittel (Hypnotika)	711
49.8.5 Stimulanzien	712
Literaturnachweis und Literaturauswahl an Lehrbüchern	713
Sachverzeichnis	719