

Vorwort .....	10
<b>Atomvorstellungen und Reaktionsmechanismen der mineralischen Chemie .....</b>	<b>12</b>
1. Einleitung .....	12
2. Stoffe und Teilchen – Systeme und Komponenten .....	13
3. Der Aufbau der Atome – eine erste Annäherung .....	21
3.1. Atommodelle und ihre geschichtliche Entwicklung .....	21
3.1.1. Das Daltonsche Atommodell .....	21
3.1.2. Das Kern-Hülle-Modell von Rutherford .....	23
3.2. Die Elementarteilchen – die Komponenten der Atome .....	24
3.3. Der Atomkern .....	27
3.4. Die Atommasse, die Molekülmasse, das Mol und die Avogadro-Konstante .....	28
4. Das Periodensystem und der Aufbau der Elektronenhülle .....	32
4.1. Das Periodensystem .....	32
4.2. Unterschiede in den Eigenschaften der Elemente .....	32
4.3. Die Struktur der Elektronenhülle .....	33
5. Das Kugelwolkenmodell als erweitertes Schalenmodell .....	36
5.1. Atommodelle der Elemente der ersten drei Perioden .....	36
5.2. Elektronenschreibweise (nach G. LEWIS) .....	38
5.3. Das Zustandekommen einer Atombindung .....	39
5.4. Kovalente Verbindungen .....	41
5.5. Nomenklatur der binären kovalenten Verbindungen (Nichtmetall-Nichtmetall- oder Nichtmetall-Halbm Metallverbindungen) .....	42
5.6. Das Kugelwolkenmodell und die räumliche Gestalt der Moleküle .....	43
5.7. Homöopolare und heteropolare Atombindungen .....	45
5.8. Die Ableitung der Strukturformel bei gegebener Molekülformel .....	47
5.9. Oktetterweiterung .....	49
5.10. Die Ableitung des Dipolcharakters eines Moleküls .....	50
5.11. Die Bindungslänge und die Bindungsenergie .....	52
6. Zwischenmolekulare Kräfte .....	52
7. Molekulare Stoffe .....	57
7.1. Nichtmetalle .....	57
7.1.1. Wasserstoff .....	57
7.1.2. Kohlenstoff .....	58
7.1.3. Stickstoff .....	60
7.1.4. Phosphor .....	60
7.1.5. Sauerstoff .....	61
7.1.6. Schwefel .....	62
7.1.7. Halogene .....	62
7.2. Reaktionen der Nichtmetalle .....	63
7.2.1. Die Reaktion von Wasserstoff mit Chlor .....	63
7.2.2. Die Reaktion von Wasserstoff mit Sauerstoff .....	63
7.2.3. Die Reaktion von Wasserstoff mit Stickstoff .....	64
8. Ionenbindung und Salze .....	64
8.1. Atom- und Ionenradien .....	64
8.2. Das Ionengitter .....	66
8.3. Die Ableitung der Substanzformel einer binären Ionenverbindung und die Nomenklatur .....	68
8.4. Die Bildung von Molekülonen und ihre Salze .....	69
8.4.1. Molekülonen .....	69
8.4.2. Salze der Molekülonen .....	70
8.4.3. Metallkomplexionen .....	71

8.4.4. Das Auflösen eines Salzes in Wasser .....	72
8.5. Berthollide Verbindungen .....	74
<b>9. Metalle .....</b>	<b>75</b>
9.1. Physikalische Eigenschaften .....	75
9.2. Die Metallbindung .....	75
9.3. Metallgitter .....	76
9.4. Legierungen .....	78
<b>10. Zusammenfassung:</b>	
<b>chemische Bindungen und chemische Verbindung .....</b>	<b>79</b>
10.1. Chemische Bindungstypen – Ebene der Teilchen .....	79
10.2. Chemischen Verbindungstypen – Ebene der Stoffe .....	79
10.3. Die vier Gittertypen .....	80
<b>11. Der Verlauf chemischer Reaktionen .....</b>	<b>80</b>
11.1. Die Reaktionsgeschwindigkeit .....	80
11.2. Das chemische Gleichgewicht .....	81
11.3. Das Prinzip von Le Chatelier .....	82
11.4. Reaktionsmechanismen der anorganischen Chemie .....	83
11.5. Energiediagramme .....	84
11.6. Thermische Stabilität einer Bindung und die chemische Reaktionsfähigkeit .....	86
11.7. Die Berechnung der Bildungsenthalpie aus den Bindungsenergien der Edukte und Produkte .....	86
<b>12. Redoxreaktionen .....</b>	<b>88</b>
12.1. Die Oxidationszahlen (OZ) .....	88
12.2. Die klassischen und modernen Begriffe: Oxidation und Reduktion .....	89
12.3. Beispiele für Redoxreaktionen .....	92
12.3.1. Ein Metall im elementaren Zustand reagiert mit einem Salz eines edleren Metalls .....	92
12.3.2. Reaktionsfähiges Nichtmetall reagiert mit einem Salz eines Nichtmetalles .....	93
12.3.3. Ein Alkalimetall reagiert mit Wasser .....	94
12.3.4. Redoxabelle .....	94
12.4. Redoxgleichgewichte .....	95
<b>13. Die Elektrochemie .....</b>	<b>95</b>
13.1. Die Elektrolyse von Schmelzen (= Schmelzflusselektrolyse) .....	96
13.2. Die Elektrolyse wässriger Lösungen .....	97
13.3. Galvanische Zellen .....	98
13.3.1. Halbzellen .....	98
13.3.2. Galvanische Zelle, aus zwei leitend verbundenen Halbzellen .....	99
13.3.3. Galvanische Zelle, aus zwei Elektroden und einem Elektrolyten bestehend .....	99
<b>14. Protolysen oder Säure-Base-Reaktionen .....</b>	<b>102</b>
14.1. Die Protonenübertragungsreaktionen .....	102
14.2. Konjugiertes oder korrespondierendes Säure-Base-Paar .....	102
14.3. Strukturelle Merkmale von Säuren und Basen .....	103
14.4. Ampholyte .....	104
14.5. Die Einteilung der Säuren .....	105
14.6. Die Gewinnung von Sauerstoffsäuren und löslichen Metallhydroxiden .....	105
14.7. Reaktionen der Säuren mit Salzen .....	108
14.7.1. Die Reaktion eines Metallhydroxids mit einer Säure .....	108
14.7.2. Unvollständige Neutralisationen .....	108
14.7.3. Das Lösen eines schwerlöslichen Metalloxids in einer starken Säure .....	109
14.7.4. Die Reaktion einer Säure mit einem beliebigen Salz .....	109
14.7.5. Allgemeine Säure-Base-Reaktionen .....	109
14.8. Protolysegleichgewichte .....	110
<b>15. pH-Wert und einfache Berechnungen .....</b>	<b>111</b>
15.1. Die Autoprotolyse des Wassers .....	111

15.2. Die Definition des pH-Werts .....	112
15.3. pH-Berechnungen bei starken Säuren .....	112
15.4. pH-Berechnungen bei gut löslichen Metallhydroxiden (Alkali- oder Erdalkalimetallhydroxide) .....	112
15.5. Saure oder alkalische Salzlösungen .....	113
<b>16. Indikatoren und Puffersysteme .....</b>	<b>114</b>
16.1. Indikatoren .....	114
16.2. Puffer .....	115
<b>17. Die Säure- oder Aciditätskonstante .....</b>	<b>116</b>
17.1. Allgemeines .....	116
17.2. Die Stärke von Säuren und Basen .....	116
17.3. pH-Berechnungen bei schwachen Säuren .....	117
17.4. Der pH-Berechnungen bei schwachen Basen .....	119
17.5. Der Zusammenhang zwischen Säurestärke und Struktur .....	120
17.5.1. Binäre Säuren .....	120
17.5.2. Sauerstoffsäuren .....	121
<b>18. Neutralisationskurven und ihre Anwendungen .....</b>	<b>122</b>
18.1. Titrationskurven .....	122
18.2. Pufferungskurven .....	124
<b>19. Änderungen der koordinativen Verhältnisse .....</b>	<b>128</b>
19.1. Die Löslichkeit der Salze .....	128
19.2. Fällungsreaktionen .....	128
19.3. Lösungsgleichgewichte und Löslichkeitsprodukt .....	129
19.3.1. Das Löslichkeitsprodukt .....	129
19.4. Komplexbildung .....	132
19.5. Ligandenaustauschreaktionen .....	132
<b>20. Energetik chemischer Reaktionen .....</b>	<b>133</b>
20.1. Einleitung .....	133
20.2. Innere Energie und erster Hauptsatz der Thermodynamik .....	134
20.3. Die freie Enthalpie und die Triebkraft einer Reaktion .....	137
20.4. Katalysatoren und ihre Wirkungsweise .....	141
20.4.1. Katalysatoren .....	141
20.4.2. Katalysierte Reaktionen .....	142
20.4.3. Homogene Katalyse .....	142
20.4.4. Heterogene Katalyse .....	143
20.5. Elektrochemische Spannungsreihe und Korrosionselemente .....	144
20.5.1. Zellpotential und freie Reaktionsenthalpie .....	144
20.5.2. Oxidations- und Reduktionspotentiale .....	148
20.5.3. Korrosionselemente .....	149
<b>21. Die Radioaktivität .....</b>	<b>151</b>
21.1. Die Entdeckung der Radioaktivität .....	151
21.2. Die natürlichen radioaktiven Strahlen .....	151
21.3. Die Arten des radioaktiven Zerfalls .....	151

## **Reaktionsmechanismen der organischen Chemie und Aspekte der makromolekularen Chemie .....**

**154**

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>154</b>
<b>2. Die aliphatischen Kohlenwasserstoffe .....</b>	<b>155</b>
2.1. Physikalische Eigenschaften der Alkane .....	155
2.2. Chemische Reaktionsmöglichkeiten der Alkane .....	158
2.2.1. Reaktionen mit Sauerstoff (Verbrennung, Abb. 4) .....	158
2.2.2. Reaktionen mit Halogenen (Halogenierung) .....	159
2.3. Physikalische Eigenschaften der Alkene .....	163
2.4. Chemische Reaktionsmöglichkeiten der Alkene .....	164

2.4.1. Reaktionen mit Sauerstoff (Verbrennung, Abb. 11).....	164
2.4.2. Reaktionen mit Halogenen (Halogenierung) .....	165
2.4.3. Die Addition von unsymmetrisch gebauten Reaktionspartnern .....	166
2.4.3.1. Die Addition von Halogenwasserstoffen .....	166
2.4.3.2. Addition von Halogenwasserstoffen an Alkene mit unsymmetrischer Lage der C-C-Doppelbindung .....	166
2.4.3.3. Die katalytische elektrophile Addition von Wasser .....	168
2.4.3.4. Die Addition von Sauerstoffsäuren .....	168
2.4.3.5. Addition von Wasserstoffgas (Hydrierung) .....	170
2.4.3.6. Polymerisationen .....	170
2.5. Physikalische und chemische Eigenschaften der Alkine .....	174
<b>3. Das Säure-Base-Konzept nach Lewis .....</b>	<b>176</b>
<b>4. Aromatische Kohlenwasserstoffe .....</b>	<b>178</b>
4.1. Einleitung .....	178
4.2. Der spezielle Charakter der aromatischen Verbindungen .....	179
4.3. Chemische Reaktionsmöglichkeiten .....	181
4.3.1. Die Reaktion von Benzen mit Sauerstoff im Überschuss (Verbrennung) .....	181
4.3.2. Die Reaktion mit Halogenen (Halogenierung) .....	181
4.3.3. Die Nitrierung von Benzen .....	184
4.3.4. Die Zweitsubstitution .....	186
4.3.5. Synthese und Reaktionen von Benzenhomologen .....	191
4.3.6. Kondensierte Aromaten .....	192
<b>5. Alkohole, Aldehyde und Ketone .....</b>	<b>193</b>
5.1. Alkohole .....	193
5.1.1. Die chemischen Reaktionen der Alkohole .....	193
5.1.1.1. Reaktion mit Alkalimetallen .....	194
5.1.1.2. Die Reaktion mit Säuren .....	196
5.2. Chemische Reaktionsmöglichkeiten der Aldehyde und Ketone .....	198
<b>6. Carbonsäuren .....</b>	<b>200</b>
<b>7. Ether .....</b>	<b>202</b>
<b>8. Amine und Aminosäuren .....</b>	<b>206</b>
<b>9. Übersicht der verschiedenen Reaktionsmechanismen .....</b>	<b>208</b>
<b>10. Makromoleküle und Kunststoffe .....</b>	<b>210</b>
<b>11. Treibstoffe .....</b>	<b>215</b>
<b>12. Waschaktive Stoffe (Seifen oder Tenside) .....</b>	<b>219</b>
<b>13. Biochemie .....</b>	<b>223</b>
13.1. Kohlenhydrate .....	223
13.2. Proteine .....	227
13.3. Enzymatische Katalyse .....	227
<b>14. Aspekte der Stereochemie; optische Aktivität .....</b>	<b>230</b>
14.1. Enantiomere und Diastereomere .....	230
14.2. Die D- und L-Nomenklatur .....	233
14.3. Die R- und S-Nomenklatur .....	235
14.4. Herstellung optisch aktiver Verbindungen .....	236
<b>15. Struktur und Farbe – wichtige Farbstoffklassen und ihr Molekülbau .....</b>	<b>237</b>
15.1. Allgemeines .....	237
15.2. Zusammenhang zwischen Molekülbau und Farbigkeit .....	238
15.3. Wichtige Farbstoffklassen und ihre Synthesen .....	241
15.3.1. Azofarbstoffe .....	241
15.3.2. Triphenylmethanfarbstoffe .....	243
15.3.3. Carbonylfarbstoffe .....	243
15.4. Grundlagen der Textilfärbung .....	245
15.4.1. Färben mit einem Direktfarbstoff .....	246
15.4.2. Färben mit einem Entwicklungsfarbstoff .....	248

15.4.3. Färben mit einem Reaktivfarbstoff .....	249
15.4.4. Färben mit einem Küpenfarbstoff .....	249
15.4.5. Färben mit einem Beizenfarbstoff .....	249

## Wissenschaftliche Erkenntnishaltungen in der Chemie – Orbitalmodell und Übersicht der Naturstoffe .....251

1. Einleitung .....	251
2. Schlüsselmomente der Chemiegeschichte und deren Beziehung zur Bewusstseinsentwicklung des Menschen .....	252
2.1. Paracelsus und die Iatrochemie (iatros griechisch. = Arzt) .....	252
2.2. Lavoisier und die Gasgesetze/Grundlegung der klassischen Chemie .....	256
2.3. Wöhler und die Harnstoffsynthese .....	258
2.4. Mendelejew, Meyer und das Periodensystem .....	259
2.5. Le Châtelier und der Gleichgewichtsbegriff .....	261
2.6. Aspekte der modernen Chemie .....	263
2.7. Chemie und Umweltfolgen/Wege zur green chemistry .....	265
3. Die Entwicklungsgeschichte der Atommodelle .....	268
4. Die Quantenmechanik und ihre Bedeutung für die moderne Physik und Chemie ...	270
4.1. Wellenmechanische Grundlagen .....	270
4.2. Lichtphänomene und ihre Deutung .....	273
4.3. Vereinfachte Vorstellungen von der Quantenmechanik .....	276
4.4. Elektronen als Teilchen und als Wellen .....	277
4.5. Das Wasserstoffspektrum und das Atommodell von Bohr .....	278
4.6. Die Schrödingergleichung .....	283
4.7. Das Elektron im eindimensionalen Potentialtopf .....	284
4.8. Der Grundzustand des Wasserstoffatoms .....	290
4.9. Der erste angeregte Zustand des Wasserstoffatoms .....	292
4.10. Zusammenfassung .....	294
5. Das Orbitalmodell als erweitertes Atommodell .....	294
5.1. Allgemeines und Quantenzahlen .....	294
5.2. Das Orbitalmodell und das Periodensystem .....	297
5.3. Die Bildung eines Moleküls .....	299
5.4. Die Hybridisierung und die Sigma-Bindung am Beispiel des Methan .....	304
5.5. Die $\pi$ -Bindung am Beispiel der Alkene, Alkine und Aromaten .....	308
5.6. Erweiterung auf Nicht-Kohlenstoffverbindungen .....	314
5.7. Die Molekülorbitaltheorie .....	315
6. Das Orbitalmodell, Erkenntnisgewinn und Erkenntnisgrenzen .....	319
7. Chemie und Biochemie; Naturstoffe, ihre Synthesewege und natürliche Gliederung .....	322
7.1. Einleitung und Überblick .....	322
7.2. Die Kohlenhydrate .....	326
7.3. Fette, Öle, Phospholipide und Wachse .....	341
7.4. Proteine .....	350
7.5. Nucleinsäuren .....	359
7.6. Die Aromaten und ihre Synthese .....	361
7.7. Die Isoprenoide (Terpene und Steroide) .....	368
7.8. Stickstoff-Heterocyclen .....	379
8. Übersicht der Naturstoffchemie .....	390
9. Zusammenfassung .....	395
10. Literatur .....	397
11. Abbildungsnachweise .....	399
Stichwortverzeichnis .....	401
Die chemischen Elemente .....	415