

# Auf einen Blick

<b>Über den Autor .....</b>	<b>7</b>
<b>Einführung .....</b>	<b>19</b>
<b>Teil I: Grundlagen – das Wesentliche zum Einstieg .....</b>	<b>21</b>
Kapitel 1: Materie – woraus wir bestehen und was uns umgibt .....	23
Kapitel 2: Atome – unteilbar, aber dennoch spaltbar .....	35
Kapitel 3: Chemische Bindungen – wie Atome zusammenhalten .....	43
<b>Teil II: Allgemeine und Anorganische Chemie .....</b>	<b>73</b>
Kapitel 4: Stöchiometrie – chemisches Rechnen .....	75
Kapitel 5: Thermodynamik – heiße und kalte Chemie .....	79
Kapitel 6: Kinetik – Geschwindigkeit chemischer Reaktionen .....	89
Kapitel 7: Lösungen .....	95
Kapitel 8: Heterogene Gleichgewichte .....	103
Kapitel 9: Säuren und Basen .....	111
Kapitel 10: Oxidation und Reduktion – wie Elektronen springen können .....	125
Kapitel 11: Komplexe .....	135
<b>Teil III: Organische Chemie – einfache Bausteine für großartige Moleküle .....</b>	<b>141</b>
Kapitel 12: Bindung und Geometrie – die vier Arme des C-Atoms .....	143
Kapitel 13: Kohlenwasserstoffe .....	151
Kapitel 14: Stereochemie .....	169
Kapitel 15: Reaktionsmechanismen .....	183
Kapitel 16: Alkohole und Ether .....	193
Kapitel 17: Schwefelverbindungen .....	205
Kapitel 18: Amine .....	213
Kapitel 19: Aldehyde und Ketone .....	217
Kapitel 20: Carbonsäuren und Derivate .....	227
Kapitel 21: Heterocyclen .....	233
<b>Teil IV: Alles natürlich – Biochemie .....</b>	<b>237</b>
Kapitel 22: Aminosäuren und Proteine .....	239
Kapitel 23: Kohlenhydrate .....	249
Kapitel 24: Lipide .....	263
Kapitel 25: Nukleinsäuren .....	271
<b>Teil V: Top-Ten-Teil .....</b>	<b>281</b>
Kapitel 26: Zehn Tipps zur Aufstellung von Lewis-Strukturen .....	283
Kapitel 27: Mehr als zehn sensationelle Moleküle .....	289
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>295</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>307</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Über den Autor .....</b>	<b>7</b>
<b>Einführung .....</b>	<b>19</b>
Über dieses Buch .....	19
Törichte Annahmen über den Leser .....	20
Wie dieses Buch aufgebaut ist .....	20
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden .....	20
Wie es weitergeht .....	20
<b>TEIL I</b>	
<b>GRUNDLAGEN – DAS WESENTLICHE ZUM EINSTIEG</b>	<b>21</b>
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Materie – woraus wir bestehen und was uns umgibt .....</b>	<b>23</b>
Materie – Atome und Moleküle füllen den Raum .....	23
Fest, flüssig, gasförmig – die Aggregatzustände .....	27
Phasendiagramme – Druck und Temperatur auf einen Blick .....	30
Gase – unsere unsichtbaren Begleiter .....	31
Flüssigkeiten – anziehend flexibel .....	33
Feststoffe – wir halten zusammen .....	34
<b>Kapitel 2</b>	
<b>Atome – unteilbar, aber dennoch spaltbar .....</b>	<b>35</b>
Das Atom – viel leerer Raum um konzentrierte Masse .....	35
Isotope – gleicher Ort, aber unterschiedliche Masse .....	38
Radioaktivität – Gefahren und Nutzen der Strahlung .....	40
Radioaktivität als Krankmacher .....	40
Radioaktivität als Helfer .....	41
Vier fundamentale Kräfte – doch nur eine ist für die Chemie relevant .....	41
<b>Kapitel 3</b>	
<b>Chemische Bindungen – wie Atome zusammenhalten .....</b>	<b>43</b>
Wie finden sich bindungswillige Partner? .....	43
Kovalent: Wir teilen fair! .....	44
Ionisch: Wenn sich Elektronen auf eine Seite schlagen .....	45
Metallisch: Von einer Elektronenwolke umhüllt .....	45
Was Atome zusammenhält .....	46
Die Quantenchemie und die Gesetze im Mikrokosmos .....	47
Leuchtende Atome – das Atommodell von Bohr .....	48
Die rettende Gleichung – Orbitale für Elektronen .....	50
Die Regeln von Hund und Pauli .....	52

## 12 Inhaltsverzeichnis

Atomaufbau mit dem Kästchenmodell – einfach, aber effektiv . . . . .	53
Wir halten Ordnung – das Periodensystem der Elemente . . . . .	54
Elektronenkonfiguration und chemische Eigenschaften . . . . .	55
Endlich verständlich – die Größe von Atomen . . . . .	57
Elektronegativität – was Atome anziehend finden . . . . .	58
Wasserstoff H <sub>2</sub> – das einfachste kovalent gebundene und neutrale Molekül . . . . .	60
Methan CH <sub>4</sub> – Hybridisierung zum perfekten Tetraeder . . . . .	61
Ammoniak NH <sub>3</sub> – die Pyramide mit dem freien Elektronenpaar . . . . .	63
Wasser H <sub>2</sub> O – das gewinkelte Lebenselixier mit Dipolmoment . . . . .	64
Sigma σ und Pi π – Symbole für Bindungstypen . . . . .	65
Lewis-Strukturen (I) – kovalente Moleküle richtig zeichnen . . . . .	66
Oktettregel und Oktettaufweitung . . . . .	68
Die Lewis-Strukturen für polare kovalente Moleküle . . . . .	69
Die Geometrie kovalenter Moleküle . . . . .	71
Sekundäre Bindungen – auch das ist wichtig für Biomoleküle! . . . . .	71
<b>TEIL II</b>	
<b>ALLGEMEINE UND ANORGANISCHE CHEMIE</b>	<b>73</b>
<b>Kapitel 4</b>	
<b>Stöchiometrie – chemisches Rechnen</b> . . . . .	<b>75</b>
Praktisch konstant – Masse chemischer Reaktionen . . . . .	75
Große Zahl für kleine Teilchen . . . . .	76
Mischen möglich – korrekte Konzentrationsangaben . . . . .	77
Dreisatz – drei Größen, eine Lösung . . . . .	78
<b>Kapitel 5</b>	
<b>Thermodynamik – heiße und kalte Chemie</b> . . . . .	<b>79</b>
Hin und Her – Gleichgewichte in Reaktionen . . . . .	79
Verschiebung von Gleichgewichten . . . . .	82
Formen von Gleichgewichten . . . . .	84
Die Hauptsätze der Thermodynamik . . . . .	85
<b>Kapitel 6</b>	
<b>Kinetik – Geschwindigkeit chemischer Reaktionen</b> . . . . .	<b>89</b>
So schnell kann's gehen – das Geschwindigkeitsgesetz . . . . .	89
Aktivierungsenergie – mit Schwung über den Berg . . . . .	90
Die Arrhenius-Gleichung – Geschwindigkeit, Temperatur und Aktivierungsenergie . . . . .	91
Von der Kinetik zum Reaktionsmechanismus . . . . .	91
Katalysatoren – die Reaktionsbeschleuniger . . . . .	92
Katalysatoren – Ihre alltäglichen Helfer . . . . .	92
Enzyme – kein Leben ohne Biokatalysatoren . . . . .	93
<b>Kapitel 7</b>	
<b>Lösungen</b> . . . . .	<b>95</b>
Was macht ein Lösungsmittel aus? . . . . .	95
Ohne Wasser geht nichts im Leben . . . . .	95

Wer löst was? .....	97
Was geschieht beim Lösungsvorgang? .....	98
Schwerlöslich – und das ist gut so! .....	99
Gesättigte Lösung, Löslichkeit und Löslichkeitsprodukt .....	99
Alle zusammen – Kolligative Phänomene .....	101
<b>Kapitel 8</b>	
<b>Heterogene Gleichgewichte .....</b>	<b>103</b>
Gleichgewichte zwischen heterogenen Phasen .....	103
Fest- und Flüssigphasen zum Entgiften und Trennen .....	105
Fast wie Zauberei – Osmose .....	105
Schrumpfende Zellen, platzende Kirschen – Osmose im Alltag .....	107
Sauberer Blut dank Dialyse .....	107
Das Membranpotenzial – die lebenswichtige Ladungsdifferenz .....	108
<b>Kapitel 9</b>	
<b>Säuren und Basen .....</b>	<b>111</b>
Wenn Schwefel verbrennt .....	111
Warum wird Regen sauer? .....	112
Schwefelsäure – die große Schwester der Schwefeligen Säure .....	113
Basen – die Gegenspieler der Säuren .....	114
Brønsted – auf die Protonen kommt es an .....	114
Lewis – Säuren und Lewis – Basen – Elektronen machen den Unterschied .....	115
Wasser als Säure und als Base .....	115
Der pH-Wert – negativ und logarithmisch .....	116
Sauer oder basisch? Alles außer pH 7! .....	116
Sauer oder basisch – wie stark ist die Verbindung? .....	117
Wasser nivelliert die maximale Säurestärke .....	119
Die Berechnung des pH-Werts von Lösungen mit starken Säuren .....	120
Die pH-Wert Berechnung von Lösungen mit schwachen Säuren .....	120
Was macht eine Säure so sauer? .....	120
Von Rotkohl und Blaukraut – pH-Wert-Messungen .....	121
Kein Leben ohne Puffer – pH-Konstanz ist wichtig! .....	123
<b>Kapitel 10</b>	
<b>Oxidation und Reduktion – wie Elektronen springen können .....</b>	<b>125</b>
Knallige Redoxreaktion – wie Oxidationsstufen helfen können .....	125
Einmal pusten, bitte – was Alkohol und Redoxreaktionen verbindet .....	126
Elektronen hüpfen bergab – das Prinzip von Redoxreaktionen .....	128
Redox-Disproportionierung von Wasserstoffperoxid – Oxidationsstufen laufen auseinander .....	129
Redox-Synproportionierung von Ammoniumnitrat – Dünger und Sprengstoff .....	130
Strom aus der Batterie mittels Redoxchemie .....	130
Die elektrochemische Reihe – kombinieren Sie Ihre eigene Batterie .....	131
Spaltung mit Strom – die Elektrolyse .....	133
Wenn keine Standardbedingungen vorliegen – die Nernst-Gleichung .....	134

## 14 Inhaltsverzeichnis

<b>Kapitel 11</b>		
<b>Komplexe .....</b>		<b>135</b>
Komplex, aber nicht kompliziert .....		135
Koordinative Bindungen – von ionisch bis kovalent .....		136
Wie stabil ist der Komplex? .....		138
Metalle in der Zange – der Chelat-Effekt .....		138
Komplexe, die heilen .....		139
<b>TEIL III</b>		
<b>ORGANISCHE CHEMIE – EINFACHE BAUSTEINE FÜR</b>		
<b>GROßARTIGE MOLEKÜLE</b>		<b>141</b>
<b>Kapitel 12</b>		
<b>Bindung und Geometrie – die vier Arme des C-Atoms .....</b>		<b>143</b>
Organisch oder nicht – wo ist denn da der Unterschied? .....		143
Kohlenstoff – ein ganz besonderes Atom .....		144
Ordnungsprinzipien im »Organischen Universum« .....		145
Der wichtigste Baustein – die tetraedrische $sp^3$ -Hybridisierung .....		145
Die $sp^2$ -Hybridisierung – die trigonal-planare Geometrie .....		147
Die $sp$ -Hybridisierung – geradewegs zur linearen Geometrie .....		148
<b>Kapitel 13</b>		
<b>Kohlenwasserstoffe .....</b>		<b>151</b>
Kohlenwasserstoffe in aller Vielfalt .....		151
Isomere und Doppelbindungsäquivalente .....		153
Alkane – Homologe des Methans .....		154
Die Nomenklatur der Alkane .....		155
Methanproduktion und Erderwärmung .....		155
Wie viel Energie steckt im Alkan? .....		157
Spannende Ringe – Cycloalkane .....		158
Cyclohexan – praktisch spannungsfrei .....		162
Alkene addieren gern .....		163
Diene – durch Konjugation stabilisiert .....		164
Aromaten – besonders stabil und delokalisiert .....		165
Aromaten substituieren lieber .....		166
Das Gift entsteht im Körper – toxische Kohlenwasserstoffe .....		167
<b>Kapitel 14</b>		
<b>Stereochemie .....</b>		<b>169</b>
Die Chemie in 3D .....		169
Isomere – unterschiedlich trotz gleicher Summenformel .....		170
Stereoisomere – der Raum macht den Unterschied .....		170
Konformere – ganz fix von einem Isomer zum anderen .....		171
Konfigurationsisomere – planar, ohne Stereozentren .....		173
Konfigurationsisomere – mit Stereozentren .....		174
Enantiomere der Milchsäure .....		176
Fischer-Projektion – die <i>D</i> - und <i>L</i> -Formen der Milchsäure .....		176

Die R- und S-Formen der Milchsäure – CIP-Nomenklatur .....	177
Optische Aktivität – rechts- oder linksdrehend .....	178
Wie unterschiedlich sind Enantiomere? .....	179
<b>Kapitel 15 Reaktionsmechanismen .....</b>	<b>183</b>
Die vier Reaktionstypen der (organischen) Chemie .....	183
Polar oder radikalisch? .....	184
Die radikalische Substitution – $S_R$ zur Synthese der Halogenalkane .....	185
Die aliphatische Substitution – $S_N1$ mit <i>tert</i> -Butylbromid .....	187
$S_N2$ mit Methylbromid – in anderer nukleophiler Substitutionsmechanismus .....	189
$S_EAr$ – die elektrophile aromatische Substitution .....	191
<b>Kapitel 16 Alkohole und Ether .....</b>	<b>193</b>
Ethanol und Methanol – alkyliertes Wasser .....	193
Die Alkylgruppe macht den Unterschied .....	195
Die Wertigkeit von Alkoholen .....	195
Erfrischend alkoholisch – Menthol .....	196
Phenole – wenn Aryl anstatt Alkyl gebunden ist .....	197
Ein (echt?) scharfes Phenol – Capsaicin .....	199
Ether – zweifach alkyliertes Wasser .....	200
Ether als Narkotikum .....	201
Zyklische, gespannte Ether – reaktiv und toxisch .....	201
Nitroglycerin – ein explosives Arzneimittel .....	202
<b>Kapitel 17 Schwefelverbindungen .....</b>	<b>205</b>
Schwefel- und Sauerstofforganyle – Unterschiede trotz formaler Gemeinsamkeiten .....	205
Vom Gestank zum Aroma .....	206
Die biologisch so wichtige Disulfidbrücke .....	208
Sulfoxide, Sulfonate und Sulfate .....	209
Weitere nützliche Schwefelverbindungen .....	211
<b>Kapitel 18 Amine .....</b>	<b>213</b>
Alkylierter Ammoniak – organische Amine .....	213
Amine als Basen .....	214
Amine als Nukleophile .....	215
Alkaloide und biogene Amine – wunderbare Wirkungen .....	216
<b>Kapitel 19 Aldehyde und Ketone .....</b>	<b>217</b>
Der Alleskönner – Die Carbonylfunktion .....	217
Aldehyde und Ketone durch die Oxidation von Alkoholen .....	218
Nachweis für Aldehyde – Fehling- und Tollens-Probe .....	219

## 16 Inhaltsverzeichnis

Hydrate: Wasser-Addukte der Carbonylfunktion .....	220
Halb- und Vollacetale durch Reaktionen mit Alkoholen.....	221
Aus der Reaktion mit Aminen entstehen Amine .....	221
Enolate: der leichte Weg zu Carbanionen .....	223
Keto-Enol-Tautomerie .....	224
Die perfekte C-C-Bindungsbildung – Aldol-Additionen .....	225
<b>Kapitel 20</b>	
<b>Carbonsäuren und Derivate .....</b>	<b>227</b>
Azidität dank Carbonylfunktion.....	227
Es geht noch saurer – Ameisensäure .....	227
Die Esterbildung.....	229
Verseifung.....	229
Weitere wichtige Derivate von Carbonsäuren.....	231
<b>Kapitel 21</b>	
<b>Heterocyclen.....</b>	<b>233</b>
Fünfring-Heterocyclen mit Stickstoff .....	233
Heterocyclen mit Sauerstoff und Schwefel .....	235
Stickstoffhaltige Sechsring-Heterocyclen.....	235
Weitere Stickstoff-haltige Heterocyclen.....	236
<b>TEIL IV</b>	
<b>ALLES NATÜRLICH – BIOCHEMIE</b>	<b>237</b>
<b>Kapitel 22</b>	
<b>Aminosäuren und Proteine .....</b>	<b>239</b>
Primäre und sekundäre Naturstoffe.....	239
Amino(carbon)säuren .....	240
Die 20 proteinogenen Aminosäuren .....	240
Der Rest bringt den Unterschied .....	242
Der isoelektrische Punkt.....	243
Die Peptidbindung.....	244
Große Vielfalt durch Variation .....	246
Sekundär-, Tertiär- und Quartärstrukturen von Proteinen.....	246
<b>Kapitel 23</b>	
<b>Kohlenhydrate.....</b>	<b>249</b>
Hydrate des Kohlenstoffs? .....	249
Kohlenhydrate – woher sie kommen, wohin sie gehen.....	250
Monosaccharide – die kleinen Bausteine der Kohlenhydrate.....	251
D-Glucose und D-Fructose – die süßen Monosaccharide.....	252
D-Glucose – vom Hydroxyaldehyd zur Pyranose.....	254
Die Mutarotation der D-Glucose .....	255
D-Fructose – vom Hydroxy-Keton zur Furanose .....	255
Von Glucose zur Fructose und zurück.....	256
Disaccharide – glykosidisch gebunden.....	257
Noch mehr Glykoside .....	259
Einfach riesig – Polymere aus D-Glucose .....	260

<b>Kapitel 24</b>		
<b>Lipide</b>		<b>263</b>
Lipophile – aus Liebe zum Fett .....	263	
Energie aus Fetten .....	264	
Phospholipide in Zellmembranen.....	265	
Fettsäuren – ungesättigt besonders wertvoll .....	266	
Auf- und Abbau von Fettsäuren.....	268	
Eine Schmerztablette, bitte! – Acetylsalicylsäure hemmt Cyclooxygenasen.....	269	
<b>Kapitel 25</b>		
<b>Nukleinsäuren</b>		<b>271</b>
Der Kern des Lebens.....	271	
Die Nukleinbasen.....	272	
Der genetische Code .....	273	
Zucker und Nukleinbasen bilden Nukleoside .....	274	
Mit Phosphorsäure zum Nukleotidester.....	275	
DNA und RNA sind Polyester .....	276	
Basenpaarung durch Wasserstoffbrücken .....	277	
<b>TEIL V</b>		
<b>TOP-TEN-TEIL</b>		<b>281</b>
<b>Kapitel 26</b>		
<b>Zehn Tipps zur Aufstellung von Lewis-Strukturen</b>		<b>283</b>
Der Bindungsstrich – zwei Elektronen, die Atome verbinden.....	283	
Elektronenkonfiguration und Kästchenschema .....	284	
Freie Elektronenpaare (lone pairs) .....	284	
Ungepaarte Elektronen in Radikalen .....	285	
Oktetaufweitung bei Elementen ab der dritten Periode.....	285	
Grenzstrukturen (I): induktiver Effekt .....	286	
Grenzstrukturen (II): konjugativer (»mesomerer«) Effekt .....	286	
Dreidimensionale Struktur.....	286	
Relative und absolute Konfiguration .....	287	
Absolute Konfiguration nach Fischer .....	287	
<b>Kapitel 27</b>		
<b>Mehr als zehn sensationelle Moleküle</b>		<b>289</b>
Stabiler geht es nicht – Adamantan .....	289	
Ein stabiles Carben .....	289	
Ein stabiles C-Radikal .....	290	
Hoch gespannt und aromatisch .....	290	
Ein dreidimensionaler Aromat.....	291	
Ein Kohlenwasserstoff-Würfel .....	291	
Ein kleiner, billiger, hocheffektiver Katalysator für C-C-Kupplungen.....	291	
Ein Kohlenstoff-Tetraeder .....	292	
Ein Fußball nur aus Kohlenstoff .....	292	

## **18 Inhaltsverzeichnis**

Der invertierte Tetraeder – [1.1.1]Propellan .....	293
Woher kommen die Stickstoffatome in Ihrem Körper?.....	293
Ein schwebender Magnet dank Supraleitung .....	293
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>295</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>307</b>