

# Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	7
<b>Einführung</b>	<b>23</b>
Über dieses Buch	24
Konventionen in diesem Buch	25
Törichte Annahmen über den Leser	25
Wie dieses Buch aufgebaut ist	26
Teil I: Es war einmal: Chemie des Kohlenstoffs	26
Teil II: Kohlenwasserstoffe	26
Teil III: Funktionelle Gruppen	27
Teil IV: Spektroskopie und Strukturbestimmung	27
Teil V: Der Top-Ten-Teil	27
Teil VI: Anhänge	27
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden	28
Wie es weitergeht	28
<b>Teil I</b>	
<b>Volle Kraft voraus: Die Chemie des Kohlenstoffs</b>	<b>29</b>
<b>Kapitel 1</b>	
<b>Die wundervolle Welt der organischen Chemie</b>	<b>31</b>
Sei willkommen, Du schöne organische Chemie	31
Was genau sind eigentlich organische Moleküle?	33
Namen sind Schall und Rauch ...	34
Synthese-Chemiker	34
Bioorganiker	35
Naturstoff-Chemiker	36
Physiko-Organiker	36
Organometall-Chemiker	36
Computer-Chemiker	37
Materialchemiker	37
<b>Kapitel 2</b>	
<b>Sezieren von Atomen: Atombau und Bindung</b>	<b>39</b>
Elektronen unter Hausarrest: Schalen und Orbitale	39
Im Wohnzimmer der Elektronen: Orbitale	40
Bedienungsanleitung für Elektronen: Elektronenkonfiguration	42

Drum prüfe, wer sich ewig bindet: Hochzeit der Elektronen	44
Teilen oder nicht teilen, das ist hier die Frage:	
Ionenbindung und kovalente Bindung	45
Meins! Alles meins! – Die Ionenbindung	45
Die kovalente Bindung	46
Elektronengier und die Elektronegativität	46
Ladungsteilung: Dipolmomente	48
Die Bestimmung des Dipolmoments einzelner Bindungen	49
Die Bestimmung des Dipolmoments von Molekülen	49
Molekülgeometrien	51
Aufmischer: Hybridorbitale	52
Die Hybridisierung von Atomen bestimmen	54
Ich versteh' nur noch Griechisch: Sigma- und Pi-Bindungen	55

### **Kapitel 3**

#### **Bilder sagen mehr als Worte: Strukturzeichnungen** **59**

Lasst Bilder sprechen: Lewis-Formeln	61
Formalladungen	61
Strukturformeln	63
Atome kompakt: Kurzformeln	63
Strukturenstenografie: Skelettformeln	64
Umwandeln von Lewis-Formeln in Skelettformeln	65
Die Zahl von Wasserstoffatomen in Skelettformeln bestimmen	67
Mutterseelenallein: Freie Elektronenpaare	68
Waffenarsenal: Pfeile in der Organik	68
Dr. Jekyll und Mr. Hyde: Resonanzstrukturen	70
Regeln für Resonanzstrukturen	71
Die Qual der Wahl: Resonanzstrukturen zeichnen	72
Schwindelerregend: Zeichnen von mehr als zwei Resonanzstrukturen	75
Die Gewichtung von Resonanzstrukturen	76
Aufgepasst: Häufige Fehler beim Zeichnen von Resonanzstrukturen	78

### **Kapitel 4**

#### **Säuren und Basen** **81**

Definitionssache: Säuren und Basen	81
Jetzt wird es nass: Säuren und Basen nach Arrhenius	81
Schrei nach Protonen: Säuren und Basen nach Brønsted	82
Elektronenliebhaber und -hasser: Säuren und Basen nach Lewis	83
Vergleich der Säurestärke organischer Moleküle	85
Der Einfluss der Atome	85
Der Einfluss der Hybridisierung	86
Der Einfluss der Elektronegativität	87
Der Einfluss von Resonanzeffekten	87

Die Definition des $pK_s$ -Werts: Eine quantitative Skala der Säurestärke	88
Die Lage von Säure-Base-Gleichgewichten	89

## **Kapitel 5**

<b>Reaktive Zentren: Funktionelle Gruppen</b>	<b>91</b>
Kohlenwasserstoffe	92
Doppelter Spaß: Die Alkene	92
Alkine	93
Gönnen Sie sich eine Nase voll: Aromaten	95
Einfach gebundene Heteroatome	96
Halogenide	96
Zum Einreiben und zum Trinken: Alkohole	98
Boah, was stinkt hier? – Thiole	100
Mit dem Holzhammer: Ether	100
Carbonylverbindungen	101
Leben am Rand: Aldehyde	101
Ab durch die Mitte: Ketone	103
Carbonsäuren	103
Die süßeste Versuchung, seit es Organik gibt: Ester	104
Funktionelle Gruppen mit Stickstoffatomen	105
Da steckt Leben drin: Amide	105
Amine	106
Nitrile	107
Testen Sie Ihr Wissen	107

## **Kapitel 6**

<b>Durchblick in 3D: Stereochemie</b>	<b>109</b>
Das Zeichnen von Molekülen in 3D: die Keilstrichformel	110
Der Vergleich von Stereoisomeren mit Konstitutionsisomeren	110
Spiegelbildmoleküle: Enantiomere	111
Chiralitätszentren erkennen	112
Die Konfigurationen von Chiralitätszentren: die R/S-Nomenklatur	113
Übung: Die Bestimmung der R/S-Konfiguration	113
Schritt 1: Die Prioritäten der Substituenten festlegen	114
Schritt 2: Drehen des Moleküls	114
Schritt 3: Das Zeichnen der Kurve	115
Die Auswirkungen der Symmetrie: meso-Verbindungen	116
Polarisationsebenen drehen	118
Mehrere Chiralitätszentren: Diastereomere	119
3D-Strukturen in 2D: Fischer-Projektionen	120
Regeln für Fischer-Projektionen	121
Die Bestimmung der R/S-Konfiguration aus einer Fischer-Projektion	121
Stereoisomerie in Fischer-Projektionen	122

Erkennen von meso-Verbindungen mit Hilfe der Fischer-Projektionen	123
Auf dem Laufenden bleiben	123

## Teil II

### **Kohlenwasserstoffe** **127**

#### **Kapitel 7**

#### **Die Urväter der organischen Moleküle: Alkane** **129**

Wie lautet der Name? Die Nomenklatur der Alkane	129
Alles auf der Reihe? Geradkettige Alkane	130
Platzverschwender: Verzweigte Alkane	130
Wenn es mehr als einen gibt	134
Die Benennung komplexer Substituenten	135
Einen Namen in eine Struktur umwandeln	137
Zeichnen von Isomeren aus der Summenformel	138
Schritt 1	138
Schritt 2	139
Schritt 3	140
Schritt 4	140
Schritt 5	140
Die Konformation geradkettiger Alkane	141
Konformationsanalyse und Newman-Projektion	142
Konformationen des Butans	144
Jetzt geht's rund: Cycloalkane	145
Stereochemie der Cycloalkane	145
Konformationen des Cyclohexans	147
Zeichnen der stabilsten Sessel-Konformation	149
Reagierende Alkane: Halogenierung	150
Los geht's: Die Startreaktion	151
Wenn es läuft, läuft es: Kettenfortpflanzung	151
... und raus bist Du: Kettenabbruch	152
Selektivität der Chlorierung und der Bromierung	153

#### **Kapitel 8**

#### **Hilfe, ich sehe doppelt: Alkene** **155**

Die Definition der Alkene	155
Das Doppelbindungsäquivalent	157
Bestimmung des Doppelbindungsäquivalents aus einer Struktur	158
Die Bestimmung des Doppelbindungsäquivalents aus einer Summenformel	159
Nomen est omen: Die Nomenklatur der Alkene	159
Die Nummerierung der Stammkette	160

Benennung multipler Doppelbindungen	161
Trivialnamen von Alkenen	161
Stereochemie der Alkene	162
Gleiches oder anderes Ufer? cis und trans- Stereochemie	162
Ein doppeltes Spiel: E/Z-Stereochemie	163
Die Stabilität der Alkene	165
Substitution bei Alkenen	165
Die Stabilität von cis- und trans-Isomeren	165
Darstellung der Alkene	166
Eliminierung von Säure: Dehydrohalogenierung	166
Wasserlassen: Dehydratisierung von Alkoholen	167
Die Wittig-Reaktion	167
Die Reaktionen der Alkene	169
Die Addition von Halogenwasserstoff an Doppelbindungen	169
Ich bin positiv: Carbokationen	170
Anlagerung von Wasser an eine Doppelbindung	174
Nimm 2: Die Bromierung von Alkenen	177
Zerhacken von Doppelbindungen, Teil I: Ozonolyse	178
Zerhacken von Doppelbindungen, Teil II: Oxidation mit Permanganat	178
Die Darstellung von Cyclopropanen mit Carbenen, Teil I	179
Darstellung von Cyclopropanen, Teil II: Simmons-Smith-Reaktion	180
Darstellung von Epoxiden	180
Anlagerung von Wasserstoff: Die Hydrierung	181

## **Kapitel 9**

### **Alkine: Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung**

**183**

Wie soll es denn heißen?	183
Das Alkin bekommt einen Namen	183
Die Orbitale der Alkine	184
Cyclische Alkine	184
Darstellung der Alkine	185
Ballast abwerfen: Dehydrohalogenierung	185
Alkine verkuppeln: Chemie der Acetylide	186
Bromierung von Alkinen: Doppeltes Vergnügen	187
Sättigung von Alkinen durch Wasserstoff	187
Addition eines Wasserstoffmoleküls an Alkine	188
Oxymercurierung von Alkinen	188
Die Hydroborierung von Alkinen	189

## Teil III

### Funktionelle Gruppen

191

#### Kapitel 10

##### Ersetzen und Entfernen: Substitutions- und Eliminierungsreaktionen

193

Partnertausch: Substitutionsreaktionen	193
Substitution zweiter Ordnung: S <sub>N</sub> 2-Mechanismus	194
Wie schnell? Die Reaktionsgeschwindigkeit einer S <sub>N</sub> 2-Reaktion	195
Der Einfluss des Substrats auf eine S <sub>N</sub> 2-Reaktion	196
Die Rolle des Nucleophils in der S <sub>N</sub> 2-Reaktion	197
S <sub>N</sub> 2 in 3D: Stereochemie	198
Lösungsmittelleffekte auf S <sub>N</sub> 2-Reaktionen	199
Ich will hier raus: Die Abgangsgruppe	199
Substitution erster Ordnung = Die S <sub>N</sub> 1-Reaktion	200
Wie schnell? Die Geschwindigkeit einer S <sub>N</sub> 1-Reaktion	201
Gute S <sub>N</sub> 1-Substrate erkennen	202
Lösungsmittelleffekte auf S <sub>N</sub> 1-Reaktionen	203
Stereochemie einer S <sub>N</sub> 1-Reaktion	203
Weitere Fakten über S <sub>N</sub> 1-Reaktionen	204
Nur der Härteste überlebt: Eliminierungen	204
Eliminierungen zweiter Ordnung: Der E2-Mechanismus	205
Eliminierungen erster Ordnung: Der E1-Mechanismus	205
Hilfe! Substitution und Eliminierung unterscheiden	206

#### Kapitel 11

##### Berauschend: Alkohole

209

Klassifizierung der Alkohole	209
Sage mir, wie Du heißt, dann sage ich Dir, wer Du bist: Alkohole benennen	210
Darstellung von Alkoholen	211
Anlagerung von Wasser an Doppelbindungen	212
Reduktion von Carbonylverbindungen	212
Die Grignard-Reaktion	213
Reaktionen der Alkohole	214
Abspaltung von Wasser: Dehydratation	215
Darstellung von Ethern: Williamson-Ethersynthese	215
Die Oxidation von Alkoholen	216

#### Kapitel 12

##### Seite an Seite: Konjugierte Alkene und die Diels-Alder-Reaktion

219

Manche mögen Abwechslung: Konjugierte Doppelbindungen	219
Addition von Halogenwasserstoffsäuren an konjugierte Alkene	220
Das Energieprofil einer Addition an konjugierte Alkene	221

Kinetik und Thermodynamik der Addition an konjugierte Doppelbindungen: ein Vergleich	222
Die Diels–Alder-Reaktion	223
Diene und Dienophile erkennen	223
Stereochemie der Addition	224
Einmal im Kreis, zweimal im Kreis: Bicyclen	225
Übung: Produkte einer Diels-Alder-Reaktion bestimmen	225

## **Kapitel 13**

### **Die Herrn der Ringe: Aromatische Verbindungen** **229**

Was sind aromatische Verbindungen?	229
Die Struktur von Benzol	230
Die Vielfalt aromatischer Verbindungen	231
Aber was macht ein Molekül aromatisch?	231
Die Hückel'sche ( $4n + 2$ )-Regel	232
Aromatizität: Molekülorbital-Theorie	232
Was zum Teufel ist die Molekülorbital-Theorie?	233
MO-Diagramme aufstellen	233
Der Frost-Kreis	234
Das MO-Diagramm von Benzol	234
Molekülorbitale anschaulich	235
Das MO-Diagramm von Cyclobutadien	237
Aromatizität entdecken	237
Säure- und Basenstärke	240
Vergleich der Säurestärken	241
Vergleich der Basenstärke	242
Benennung der Benzole und Aromaten	242
Trivialnamen substituerter Benzole (Arene)	243
Die Namen häufiger Heteroaromaten	244
Holt die Kanonen raus: Elektrophile aromatische Substitution des Benzols	244
Einführung von Alkylgruppen: Die Friedel-Crafts-Alkylierung	245
Abkehr vom Bösen: Friedel-Crafts-Acylierung	246
Die Reduktion von Nitrogruppen	247
Die Oxidation von Alkylbenzolen	248
Nimm zwei: Synthese disubstituierter Benzole	248
Elektronendonoren: ortho-para-dirigierend	249
Elektronenziehende Gruppen: meta-dirigierend	250
Die Synthese substituerter Benzole	253
Nucleophiler Angriff! Die nucleophile aromatische Substitution	254

## Teil IV

### Spektroskopie und Strukturbestimmung

257

#### Kapitel 14

##### Massenspektrometrie

259

Die Definition der Massenspektrometrie	259
Ein Massenspektrometer zerlegen	260
Der Einlass	260
Elektronenionisation: Der Zertrümmerer	260
Der Sortierer und die Waage	261
Detektor und Spektrum	262
Das Massenspektrum	263
Die Empfindlichkeit der Massenspektrometrie	264
Geht's noch genauer? Die Auflösung	264
Massenveränderung: Isotope	264
Die Stickstoff-Regel	266
Erkennen häufiger Fragmentierungsmuster	267
Alkane zertrümmern	267
Bruch neben einem Heteroatom: $\alpha$ -Spaltung	268
Wasserverlust: Alkohole	269
Umlagerung bei Carbonylen: McLafferty-Umlagerung	269
Spaltung an Benzolringen und Doppelbindungen	270
Übung: Ran an den Speck	271
Zündende Ideen	273

#### Kapitel 15

##### IR-Spektroskopie

275

Gymnastik für Bindungen: Infrarotabsorption	276
Das Hooke'sche Gesetz in Molekülen	276
Molekülschwingungen und Lichtabsorption	277
Absorptionsintensitäten	278
IR-inaktive Schwingungen	278
Ein IR-Spektrum verstehen	279
Wiedersehen macht Freude: Funktionelle Gruppen identifizieren	280
Butter bei die Fische: Ein echtes Spektrum	280
Funktionelle Gruppen erkennen	281
Was links von C–H möglich ist	281
Groß und breit: Alkohole	282
Amine	282
Was rechts von C–H möglich ist	283
Groß und stark: Carbonylgruppen	283
Alkene, Alkine und Aromaten	283

**Kapitel 16**
**NMR-Spektroskopie: Halten Sie sich fest, jetzt geht's rund! 285**

Warum NMR?	285
Wie NMR funktioniert	286
Riesenmagneten und Moleküle: Theorie der NMR	287
Ziehen Sie sich warm an: Abschirmung durch Elektronen	289
Das NMR-Spektrum	290
Chemische Verschiebung	290
Gleich und gleich gesellt sich gern: Symmetrie und chemische Äquivalenz	291
Gebrauchsanleitung für ein NMR-Spektrum: Die Bestandteile	293
Die chemische Verschiebung	293
Einbeziehung der Integration	295
Kopplung	296
Kohlenstoff-NMR	302
Das Puzzle zusammensetzen	304

**Kapitel 17**
**Indizienbeweise: Strukturbestimmung mit NMR 307**

Folgen Sie den Hinweisen	308
Schritt 1: Bestimmen Sie das Doppelbindungsäquivalent	308
Schritt 2: Bestimmen Sie die funktionellen Gruppen aus dem IR-Spektrum	309
Schritt 3: Vermessen Sie die Integrationskurve	309
Schritt 4: Weisen Sie den NMR-Peaks Fragmente zu	311
Schritt 5: Kombinieren Sie die Fragmente so, dass die Struktur mit dem Kopplungsmuster, den chemischen Verschiebungen und dem Doppelbindungsäquivalent übereinstimmt	313
Schritt 6: Kontrollieren Sie Ihre Struktur	313
Aufgaben lösen	314
Beispiel 1: Eine Strukturaufklärung aus der Summenformel und dem NMR-Spektrum	314
Beispiel 2: Eine Strukturaufklärung aus der Summenformel, dem IR- und dem NMR-Spektrum	320
Drei häufige Fehler bei der Interpretation von NMR-Spektren	323
Fehler 1: Bestimmung einer Struktur aus den chemischen Verschiebungen	323
Fehler 2: Mit der Kopplung beginnen	324
Fehler 3: Integration und Kopplung verwechseln	325

## **Teil V**

### **Der Top-Ten-Teil**

**327**

#### **Kapitel 18**

##### **Zehn Tipps, um in der Organik zu überleben**

**329**

Positiv Denken!	329
Lösen Sie Aufgaben!	329
Fallen Sie nicht zurück	330
Der Weg ist das Ziel	331
Gehen Sie zur Vorlesung	331
Holen Sie sich Hilfe, wenn Sie sie benötigen	332
Stellen Sie Fragen	332
Machen Sie jeden Tag Organik	333
Packen Sie die Prüfungen richtig an	333
Lösen Sie die Aufgaben	334

#### **Kapitel 19**

##### **Zehn umwerfende Entdeckungen der Organik**

**335**

Sprengstoffe und Dynamit!	335
Fermentation	336
Synthese des Harnstoffs	336
Händigkeit der Weinsäure	337
Diels-Alder-Reaktion	337
Tor, Tor, TOOOOR ...	338
Seife	339
Süßen ohne Reue: Aspartam	339
Nochmal mit dem Leben davongekommen: Penicillin	340
Vorsicht! Glatt: Teflon©	340

## **Teil VI**

### **Anhänge**

**341**

#### **Anhang A**

##### **Mehrstufige Synthesen**

**343**

Warum mehrstufige Synthesen?	343
Die fünf Gebote	344
Erstes Gebot: Du sollst die Reaktionen lernen	345
Zweites Gebot: Du sollst die Kohlenstoffgerüste vergleichen	345
Drittes Gebot: Du sollst rückwärts denken	346
Viertes Gebot: Du sollst Deine Antwort kontrollieren	348
Fünftes Gebot: Du sollst viele Aufgaben lösen	348

<b>Anhang B</b>	
<b>Reaktionsmechanismen erarbeiten</b>	<b>349</b>
Es gibt nur zwei Arten von Mechanismen	349
Was Sie tun sollten und was Sie besser lassen	350
Arten von Mechanismen	352
Aus Erfahrung wird man klug: Eine Beispielaufgabe	353
<b>Anhang C</b>	
<b>Lösungen der Übungsaufgaben</b>	<b>357</b>
<b>Anhang D</b>	
<b>Glossar</b>	<b>373</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>381</b>