

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor 7

Einführung 23

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

Teil I

Volle Kraft voraus: Die Chemie des Kohlenstoffs 29

Kapitel 1

Die wundervolle Welt der organischen Chemie 31

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

Kapitel 2

Sezieren von Atomen: Atombau und Bindung 39

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: Strichformeln	64
Umwandeln von Lewis-Formeln in Strichformeln	65
Die Zahl von Wasserstoffatomen in Strichformeln 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-Werts: Eine quantitative Skala der Säurestärke	88
Die Lage von Säure-Base-Gleichgewichten	89

Kapitel 5

Reaktive Zentren: Funktionelle Gruppen 91

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

Durchblick in 3D: Stereochemie 109

Das Zeichnen von Molekülen in 3D	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 **125**

Kapitel 7

Die Urväter der organischen Moleküle: Alkane **127**

Wie lautet der Name? Die Nomenklatur der Alkane	127
Alles auf der Reihe? Geradkettige Alkane	128
Platzverschwender: Verzweigte Alkane	128
Wenn es mehr als einen gibt	132
Die Benennung komplexer Substituenten	133
Einen Namen in eine Struktur umwandeln	135
Zeichnen von Isomeren aus der Summenformel	136
Schritt 1	136
Schritt 2	137
Schritt 3	138
Schritt 4	138
Schritt 5	138
Die Konformation geradkettiger Alkane	139
Konformationsanalyse und Newman-Projektion	140
Konformationen des Butans	142
Jetzt geht's rund: Cycloalkane	143
Stereochemie der Cycloalkane	143
Konformationen des Cyclohexans	145
Zeichnen der stabilsten Sessel-Konformation	147
Reagierende Alkane: Halogenierung	148
Los geht's: Die Startreaktion	149
Wenn es läuft, läuft es: Kettenfortpflanzung	149
... und raus bist Du: Kettenabbruch	150
Selektivität der Chlorierung und der Bromierung	151

Kapitel 8

Hilfe, ich sehe doppelt: Alkene **153**

Die Definition der Alkene	153
Das Doppelbindungsäquivalent	155
Bestimmung des Doppelbindungsäquivalents aus einer Struktur	156
Die Bestimmung des Doppelbindungsäquivalents aus einer Summenformel	157
Nomen est omen: Die Nomenklatur der Alkene	157
Die Nummerierung der Stammkette	158

Benennung multipler Doppelbindungen	159
Trivialnamen von Alkenen	159
Stereochemie der Alkene	160
Gleiches oder anderes Ufer? cis und trans- Stereochemie	160
Ein doppeltes Spiel: E/Z-Stereochemie	161
Die Stabilität der Alkene	163
Substitution bei Alkenen	163
Die Stabilität von cis- und trans-Isomeren	163
Darstellung der Alkene	164
Eliminierung von Säure: Dehydrohalogenierung	164
Wasserlassen: Dehydratisierung von Alkoholen	165
Die Wittig-Reaktion	165
Die Reaktionen der Alkene	167
Die Addition von Halogenwasserstoff an Doppelbindungen	167
Ich bin positiv: Carbokationen	168
Anlagerung von Wasser an eine Doppelbindung	172
Nimm 2: Die Bromierung von Alkenen	175
Zerhacken von Doppelbindungen, Teil I: Ozonolyse	176
Zerhacken von Doppelbindungen, Teil II: Oxidation mit Permanganat	176
Die Darstellung von Cyclopropanen mit Carbenen, Teil I	177
Darstellung von Cyclopropanen, Teil II: Simmons–Smith Reaktion	178
Darstellung von Epoxiden	178
Anlagerung von Wasserstoff: Die Hydrierung	179

Kapitel 9

Alkine: Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung

181

Wie soll es denn heißen? Das Alkin bekommt einen Namen	181
Die Orbitale der Alkine	182
Alkine in Ringen	182
Darstellung der Alkine	183
Ballast abwerfen: Dehydrohalogenierung	183
Alkine verkuppeln: Chemie der Acetylide	184
Bromierung von Alkinen: Doppeltes Vergnügen	185
Sättigung von Alkinen durch Wasserstoff	185
Addition eines Wasserstoffmoleküls an Alkine	186
Oxymercurierung von Alkinen	186
Die Hydroborierung von Alkinen	187

Teil III**Funktionelle Gruppen****189****Kapitel 10****Ersetzen und Entfernen: Substitutions- und Eliminierungsreaktionen****191**

Partnertausch: Substitutionsreaktionen	191
Substitution zweiter Ordnung: S ₂ -Mechanismus	192
Wie schnell? Die Reaktionsgeschwindigkeit einer S ₂ -Reaktion	193
Der Einfluss des Substrats auf eine S ₂ -Reaktion	194
Die Rolle des Nucleophils in der S ₂ -Reaktion	195
S ₂ in 3D: Stereochemie	196
Lösungsmittelleffekte auf S ₂ -Reaktionen	197
Ich will hier raus: Die Abgangsgruppe	197
Substitution erster Ordnung = Die S ₁ -Reaktion	198
Wie schnell? Die Geschwindigkeit einer S ₁ -Reaktion	198
Gute S ₁ -Substrate erkennen	200
Lösungsmittelleffekte auf S ₁ -Reaktionen	201
Stereochemie einer S ₁ -Reaktion	201
Weitere Fakten über S ₁ -Reaktionen	202
Nur der härteste überlebt: Eliminierungen	202
Eliminierungen zweiter Ordnung: Der E ₂ -Mechanismus	203
Eliminierungen erster Ordnung: Der E ₁ -Mechanismus	203
Hilfe! Substitution und Eliminierung unterscheiden	204

Kapitel 11**Berauschend: Alkohole****207**

Klassifizierung der Alkohole	207
Sage mir, wie Du heißt, dann sage ich Dir, wer Du bist: Alkohole benennen	208
Darstellung von Alkoholen	209
Anlagerung von Wasser an Doppelbindungen	210
Reduktion von Carbonylverbindungen	210
Die Grignard-Reaktion	211
Reaktionen der Alkohole	212
Abspaltung von Wasser: Dehydratation	213
Darstellung von Ethern: Williamson-Ethersynthese	213
Die Oxidation von Alkoholen	214

Kapitel 12**Seite an Seite: Konjugierte Alkene und die Diels-Alder-Reaktion****215**

Manche mögen Abwechslung: Konjugierte Doppelbindungen	215
Addition von Halogenwasserstoffsäuren an konjugierte Alkene	216
Das Energieprofil einer Addition an konjugierte Alkene	217

Kinetik und Thermodynamik der Addition an konjugierte Doppelbindungen: ein Vergleich	218
Die Diels–Alder-Reaktion	219
Diene und Dienophile erkennen	219
Stereochemie der Addition	220
Einmal im Kreis, zweimal im Kreis: Bicyclen	221
Übung: Produkte einer Diels-Alder-Reaktion bestimmen	221

Kapitel 13

Die Herrn der Ringe: Aromatische Verbindungen

225

Was sind aromatische Verbindungen?	225
Die Struktur von Benzol	226
Die Vielfalt aromatischer Verbindungen	227
Aber was macht ein Molekül aromatisch?	227
Die Hückel'sche ($4n + 2$)-Regel	228
Aromatizität: Molekülorbital-Theorie	228
Was zum Teufel ist die Molekülorbital-Theorie?	229
MO-Diagramme aufstellen	229
Der Frost-Kreis	230
Das MO-Diagramm von Benzol	230
Molekülorbitale anschaulich	231
Das MO-Diagramm von Cyclobutadien	233
Aromatizität entdecken	233
Säure- und Basenstärke	236
Vergleich der Säurestärken	237
Vergleich der Basenstärke	238
Benennung der Benzole und Aromaten	238
Trivialnamen substituierter Benzole (Arene)	239
Die Namen häufiger Heteroaromaten	240
Holt die Kanonen raus: Elektrophile aromatische Substitution des Benzols	240
Einführung von Alkylgruppen: Die Friedel-Crafts-Alkylierung	241
Abkehr vom Bösen: Friedel-Crafts-Acylierung	242
Die Reduktion von Nitrogruppen	243
Die Oxidation von Alkylbenzolen	244
Nimm zwei: Synthese disubstituierter Benzole	244
Elektronendonoren: ortho-para-dirigierend	245
Elektronenziehende Gruppen: meta-dirigierend	246
Die Synthese substituierter Benzole	249
Nucleophiler Angriff! Die nucleophile aromatische Substitution	250

Teil IV**Spektroskopie und Strukturbestimmung****253****Kapitel 14****Massenspektrometrie****255**

Die Definition der Massenspektrometrie	255
Ein Massenspektrometer zerlegen	256
Der Einlass	256
Elektronenionisation: Der Zertrümmerer	256
Der Sortierer und die Waage	257
Detektor und Spektrum	258
Das Massenspektrum	259
Die Empfindlichkeit der Massenspektrometrie	260
Geht's noch Genauer? Die Auflösung	260
Massenveränderung: Isotope	260
Die Stickstoff-Regel	262
Erkennen häufiger Fragmentierungs-Muster	263
Alkane zertrümmern	263
Bruch neben einem Heteroatom: α -Spaltung	264
Wasserverlust: Alkohole	265
Umlagerung bei Carbonylen: McLafferty-Umlagerung	265
Spaltung an Benzolringen und Doppelbindungen	266
Übung: Ran an den Speck	267
Zündende Ideen	269

Kapitel 15**IR-Spektroskopie****271**

Gymnastik für Bindungen: Infrarotabsorption	272
Das Hooke'sche Gesetz in Molekülen	272
Molekülschwingungen und Lichtabsorption	273
Absorptionsintensitäten	274
IR-inaktive Schwingungen	274
Ein IR-Spektrum verstehen	275
Wiedersehen macht Freude: Funktionelle Gruppen identifizieren	276
Butter bei die Fische: Ein echtes Spektrum	276
Funktionelle Gruppen erkennen	277
Was links von C–H möglich ist	277
Groß und Breit: Alkohole	278
Amine	278
Was rechts von C–H möglich ist	279
Groß und stark: Carbonylgruppen	279
Alkene, Alkine und Aromaten	279

Kapitel 16

<i>NMR-Spektroskopie: Halten Sie sich fest, jetzt geht's rund!</i>	281
Warum NMR?	281
Wie NMR funktioniert	282
Riesenmagneten und Moleküle: Theorie der NMR	283
Ziehen Sie sich warm an: Abschirmung durch Elektronen	285
Das NMR-Spektrum	286
Chemische Verschiebung	286
Gleich und gleich gesellt sich gern: Symmetrie und chemische Äquivalenz	287
Gebrauchsanleitung für ein NMR-Spektrum: Die Bestandteile	289
Die chemische Verschiebung	289
Einbeziehung der Integration	291
Kopplung	292
Kohlenstoff-NMR	297
Das Puzzle zusammensetzen	299

Kapitel 17

<i>Indizienbeweise: Strukturbestimmung mit NMR</i>	301
Folgen Sie den Hinweisen	302
Schritt 1: Bestimmen Sie das Doppelbindungsäquivalent	302
Schritt 2: Bestimmen Sie die funktionellen Gruppen aus dem IR-Spektrum	303
Schritt 3: Vermessen Sie die Integrationskurve	303
Schritt 4: Weisen Sie den NMR-Peaks Fragmente zu	305
Schritt 5: Kombinieren Sie die Fragmente so, dass die Struktur mit dem Kopplungsmuster, den chemischen Verschiebungen und dem Doppelbindungsäquivalent übereinstimmt	307
Schritt 6: Kontrollieren Sie Ihre Struktur	307
Aufgaben lösen	308
Beispiel 1: Eine Strukturaufklärung aus der Summenformel und dem NMR-Spektrum	308
Beispiel 2: Eine Strukturaufklärung aus der Summenformel, dem IR- und dem NMR-Spektrum	314
Drei häufige Fehler bei der Interpretation von NMR-Spektren	317
Fehler 1: Bestimmung einer Struktur aus den chemischen Verschiebungen	317
Fehler 2: Mit der Kopplung beginnen	318
Fehler 3: Integration und Kopplung verwechseln	319

Teil V	
Der Top-Ten-Teil	321
Kapitel 18	
Zehn Tipps, um in der Organik zu überleben	323
Positiv Denken!	323
Lösen Sie Aufgaben!	323
Fallen Sie nicht zurück	324
Der Weg ist das Ziel	325
Gehen Sie zur Vorlesung	325
Holen Sie sich Hilfe, wenn Sie sie benötigen	326
Stellen Sie Fragen	326
Machen Sie jeden Tag Organik	327
Packen Sie die Prüfungen richtig an	327
Lösen Sie die Aufgaben	328
Kapitel 19	
Zehn umwerfende Entdeckungen der Organik	329
Sprengstoffe und Dynamit!	329
Fermentation	330
Synthese des Harnstoffs	330
Händigkeit der Weinsäure	331
Diels-Alder-Reaktion	331
Tor, Tor, TOOOOR ...	332
Seife	333
Süßen ohne Reue: Aspartam	333
Nochmal mit dem Leben davongekommen: Penicillin	334
Vorsicht! Glatt: Teflon©	334
Kapitel 20	
Zehn großartige Organiker	335
Robert Burns Woodward	335
August Kekulé	336
Kyriacos Costa Nicolaou	336
Elias James Corey	337
Louis Pasteur	338
Dorothy Mary Hodgkin	338
Hermann Emil Fischer	338
Linus Carl Pauling	339
John Anthony Pople	339
Friedrich Wöhler und Adolf Kolbe	339

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
Anhang B	
Reaktionsmechanismen erarbeiten	349
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
Anhang C	
Glossar	357
Stichwortverzeichnis	365