

Auf einen Blick

Über den Autor	7
Einführung	21
Teil I: Volle Kraft voraus: Die Chemie des Kohlenstoffs	27
Kapitel 1: Die wundervolle Welt der organischen Chemie.	29
Kapitel 2: Sezieren von Atomen: Atombau und Bindung.	37
Kapitel 3: Bilder sagen mehr als Worte: Strukturzeichnungen	59
Kapitel 4: Säuren und Basen	81
Kapitel 5: Reaktive Zentren: Funktionelle Gruppen	91
Kapitel 6: Durchblick in 3D: Stereochemie.	107
Teil II: Kohlenwasserstoffe	125
Kapitel 7: Die Urväter der organischen Moleküle: Alkane	127
Kapitel 8: Hilfe, ich sehe doppelt: Alkene	153
Kapitel 9: Alkine: Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung	179
Teil III: Funktionelle Gruppen	187
Kapitel 10: Ersetzen und Entfernen: Substitutions- und Eliminierungsreaktionen	189
Kapitel 11: Berauschend: Alkohole	205
Kapitel 12: Seite an Seite: Konjugierte Alkene und die Diels-Alder-Reaktion	213
Kapitel 13: Die Herrn der Ringe: Aromatische Verbindungen.	223
Kapitel 14: Kunststoffe – Erdöl in neuem Design	251
Kapitel 15: Natürliche Polymere	259
Teil IV: Spektroskopie und Strukturbestimmung	273
Kapitel 16: Massenspektrometrie	275
Kapitel 17: IR-Spektroskopie.	291
Kapitel 18: NMR-Spektroskopie: Halten Sie sich fest, jetzt geht's rund!	301
Kapitel 19: Indizienbeweise: Strukturbestimmung mit NMR.	321
Teil V: Der Top-Ten-Teil	339
Kapitel 20: Zehn Webseiten für weiteres Lernen	341
Kapitel 21: Zehn umwerfende Entdeckungen der Organik	345

Teil VI: Anhänge	351
A: Mehrstufige Synthesen	353
B: Reaktionsmechanismen erarbeiten.....	359
C: Lösungen der Übungsaufgaben.....	367
D: Glossar.....	391
Stichwortverzeichnis	399

Inhaltsverzeichnis

Über den Autor	7
Einführung	21
Über dieses Buch.	22
Konventionen in diesem Buch.	23
Törichte Annahmen über den Leser.	23
Wie dieses Buch aufgebaut ist.	24
Teil I: Es war einmal: Chemie des Kohlenstoffs	24
Teil II: Kohlenwasserstoffe	24
Teil III: Funktionelle Gruppen	25
Teil IV: Spektroskopie und Strukturbestimmung.	25
Teil V: Der Top-Ten-Teil	25
Teil VI: Anhänge	25
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden.	26
Wie es weitergeht	26
 TEIL I	
VOLLE KRAFT VORAUSS: DIE CHEMIE DES KOHLENSTOFFS	27
 Kapitel 1	
Die wundervolle Welt der organischen Chemie	29
Sei willkommen, Du schöne organische Chemie	29
Was genau sind eigentlich organische Moleküle?	31
Namen sind Schall und Rauch	32
Synthese-Chemiker	33
Bioorganiker	33
Naturstoff-Chemiker	34
Physiko-Organiker	34
Organometall-Chemiker	35
Computer-Chemiker	35
Materialchemiker	35
 Kapitel 2	
Sezieren von Atomen: Atombau und Bindung	37
Elektronen unter Hausarrest: Schalen und Orbitale	38
Im Wohnzimmer der Elektronen: Orbitale.	38
Bedienungsanleitung für Elektronen: Elektronenkonfiguration.	41
Drum prüfe, wer sich ewig bindet: Hochzeit der Elektronen	42

12 Inhaltsverzeichnis

Teilen oder nicht teilen, das ist hier die Frage: Ionenbindung und kovalente Bindung	43
Meins! Alles meins! – Die Ionenbindung	43
Die kovalente Bindung	44
Elektronengier und die Elektronegativität	45
Ladungsteilung: Dipolmomente	47
Die Bestimmung des Dipolmoments einzelner Bindungen.	47
Die Bestimmung des Dipolmoments von Molekülen	48
Molekülgeometrien	49
Aufmischer: Hybridorbitale	50
Die Hybridisierung von Atomen bestimmen	52
Ich versteh' nur noch Griechisch: Sigma- und Pi-Bindungen	53
Kapitel 3	
Bilder sagen mehr als Worte: Strukturzeichnungen	59
Lasst Bilder sprechen: Lewis-Formeln	61
Formalladungen	61
Strukturformeln	63
Atome kompakt: Kurzformeln	64
Strukturenstenografie: Skelettformeln	65
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	82
Schrei nach Protonen: Säuren und Basen nach Brønsted	83
Elektronenliebhaber und -hasser: Säuren und Basen nach Lewis	84
Vergleich der Säurestärke organischer Moleküle	85
Der Einfluss der Atome	86
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	
Reaktive Zentren: Funktionelle Gruppen	91
Kohlenwasserstoffe	92
Doppelter Spaß: Die Alkene	92

Alkine	93
Gönnen Sie sich eine Nase voll: Aromaten	94
Einfach gebundene Heteroatome	96
Halogenide	96
Zum Einreiben und zum Trinken: Alkohole	97
Boah, was stinkt hier? – Thiole	98
Mit dem Holzhammer: Ether	99
Carbonylverbindungen	99
Leben am Rand: Aldehyde	100
Ab durch die Mitte: Ketone	102
Carbonsäuren	102
Die süßeste Versuchung, seit es Organik gibt: Ester	102
Funktionelle Gruppen mit Stickstoffatomen	103
Da steckt Leben drin: Amide	104
Amine	104
Nitrile	105
Testen Sie Ihr Wissen	105

Kapitel 6

Durchblick in 3D: Stereochemie 107

Das Zeichnen von Molekülen in 3D: die Keilstrichformel	108
Der Vergleich von Stereoisomeren mit Konstitutionsisomeren	108
Spiegelbildmoleküle: Enantiomere	109
Chiralitätszentren erkennen	110
Die Konfigurationen von Chiralitätszentren: die R/S-Nomenklatur	111
Übung: Die Bestimmung der R/S-Konfiguration	111
Schritt 1: Die Prioritäten der Substituenten festlegen	112
Schritt 2: Drehen des Moleküls	112
Schritt 3: Das Zeichnen der Kurve	113
Die Auswirkungen der Symmetrie: meso-Verbindungen	114
Polarisationsebenen drehen	116
Mehrere Chiralitätszentren: Diastereomere	117
3D-Strukturen in 2D: Fischer-Projektionen	118
Regeln für Fischer-Projektionen	118
Die Bestimmung der R/S-Konfiguration aus einer Fischer-Projektion	119
Stereoisomerie in Fischer-Projektionen	120
Erkennen von meso-Verbindungen mithilfe der Fischer-Projektionen	120
Auf dem Laufenden bleiben	121

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

14 Inhaltsverzeichnis

Wenn es mehr als einen gibt	131
Die Benennung komplexer Substituenten	133
Einen Namen in eine Struktur umwandeln	135
Zeichnen von Isomeren aus der Summenformel	136
Schritt 1	136
Schritt 2	136
Schritt 3	137
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.	144
Zeichnen der stabilsten Sessel-Konformation.	147
Reagierende Alkane: Halogenierung	148
Los geht's: Die Startreaktion.	148
Wenn es läuft, läuft es: Kettenfortpflanzung	149
... und raus bist Du: Kettenabbruch.	149
Selektivität der Chlorierung und der Bromierung.	151

Kapitel 8

Hilfe, ich sehe doppelt: Alkene 153

Die Definition der Alkene	153
Das Doppelbindungsäquivalent	154
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	160
Die Stabilität der Alkene	162
Substitution bei Alkenen.	162
Die Stabilität von cis- und trans-Isomeren.	163
Darstellung der Alkene	164
Eliminierung von Säure: Dehydrohalogenierung	164
Wasserlassen: Dehydratisierung von Alkoholen	164
Die Wittig-Reaktion	165
Die Reaktionen der Alkene.	166
Die Addition von Halogenwasserstoff an Doppelbindungen	166
Ich bin positiv: Carbokationen	168
Anlagerung von Wasser an eine Doppelbindung	171

Nimm 2: Die Bromierung von Alkenen	174
Zerhacken von Doppelbindungen, Teil I: Ozonolyse.	175
Zerhacken von Doppelbindungen, Teil II: Oxidation mit Permanganat. ...	175
Die Darstellung von Cyclopropanen mit Carbenen, Teil I	176
Darstellung von Cyclopropanen, Teil II: Simmons-Smith-Reaktion.	176
Darstellung von Epoxiden.	177
Anlagerung von Wasserstoff: Die Hydrierung	177

Kapitel 9

Alkine: Die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindung 179

Wie soll es denn heißen? Das Alkin bekommt einen Namen	179
Die Orbitale der Alkine	180
Cyclische Alkine	181
Darstellung der Alkine.	181
Ballast abwerfen: Dehydrohalogenierung	181
Alkine verkuppeln: Chemie der Acetylide	182
Bromierung von Alkinen: Doppeltes Vergnügen	182
Sättigung von Alkinen durch Wasserstoff.	183
Addition eines Wasserstoffmoleküls an Alkine	183
Oxymercurierung von Alkinen	184
Die Hydroborierung von Alkinen	185

TEIL III

FUNKTIONELLE GRUPPEN..... 187

Kapitel 10

Ersetzen und Entfernen: Substitutions- und Eliminierungsreaktionen 189

Partnertausch: Substitutionsreaktionen	189
Substitution zweiter Ordnung: S_N2 -Mechanismus	190
Wie schnell? Die Reaktionsgeschwindigkeit einer S_N2 -Reaktion	191
Der Einfluss des Substrats auf eine S_N2 -Reaktion	192
Die Rolle des Nucleophils in der S_N2 -Reaktion.	193
S_N2 in 3D: Stereochemie	194
Lösungsmittelleffekte auf S_N2 -Reaktionen	195
Ich will hier raus: Die Abgangsgruppe.	195
Substitution erster Ordnung: Die S_N1 -Reaktion	196
Wie schnell? Die Geschwindigkeit einer S_N1 -Reaktion	197
Gute S_N1 -Substrate erkennen.	198
Lösungsmittelleffekte auf S_N1 -Reaktionen	198
Stereochemie einer S_N1 -Reaktion	199
Weitere Fakten über S_N1 -Reaktionen	200
Nur der Härteste überlebt: Eliminierungen.	200
Eliminierungen zweiter Ordnung: Der E2-Mechanismus	201
Eliminierungen erster Ordnung: Der E1-Mechanismus	201
Hilfe! Substitution und Eliminierung unterscheiden	202

Kapitel 11

Berauschend: Alkohole	205
Klassifizierung der Alkohole	205
Sage mir, wie Du heißt, dann sage ich Dir, wer Du bist: Alkohole benennen	206
Darstellung von Alkoholen	207
Anlagerung von Wasser an Doppelbindungen	207
Reduktion von Carbonylverbindungen	208
Die Grignard-Reaktion	209
Reaktionen der Alkohole	211
Abspaltung von Wasser: Dehydratation	211
Darstellung von Ethern: Williamson-Ethersynthese	211
Die Oxidation von Alkoholen	211

Kapitel 12

Seite an Seite: Konjugierte Alkene und die Diels-Alder-Reaktion	213
Manche mögen Abwechslung: Konjugierte Doppelbindungen	213
Addition von Halogenwasserstoffsäuren an konjugierte Alkene	214
Das Energieprofil einer Addition an konjugierte Alkene	215
Kinetik und Thermodynamik der Addition an konjugierte Doppelbindungen: ein Vergleich	216
Die Diels-Alder-Reaktion	217
Diene und Dienophile erkennen	217
Stereochemie der Addition	218
Einmal im Kreis, zweimal im Kreis: Bicyclen	218
Übung: Produkte einer Diels-Alder-Reaktion bestimmen	219

Kapitel 13

Die Herrn der Ringe: Aromatische Verbindungen	223
Was sind aromatische Verbindungen?	224
Die Struktur von Benzol	224
Die Vielfalt aromatischer Verbindungen	225
Aber was macht ein Molekül aromatisch?	226
Die Hückel'sche $(4n + 2)$ -Regel	226
Aromatizität: Molekülorbital-Theorie	227
Was zum Teufel ist die Molekülorbital-Theorie?	227
MO-Diagramme aufstellen	227
Der Frost-Kreis	228
Das MO-Diagramm von Benzol	228
Molekülorbitale anschaulich	229
Das MO-Diagramm von Cyclobutadien	231
Aromatizität entdecken	231
Säure- und Basenstärke	234
Vergleich der Säurestärken	235
Vergleich der Basenstärke	236

Benennung der Benzole und Aromaten	236
Trivialnamen substituierter Benzole (Arene)	237
Die Namen häufiger Heteroaromaten	238
Holt die Kanonen raus: Elektrophile aromatische Substitution des Benzols	238
Einführung von Alkylgruppen: Die Friedel-Crafts-Alkylierung	239
Abkehr vom Bösen: Friedel-Crafts-Acylierung	240
Die Reduktion von Nitrogruppen	241
Die Oxidation von Alkylbenzolen	241
Nimm zwei: Synthese disubstituierter Benzole	242
Elektronendonoren: ortho-para-dirigierend	243
Elektronenziehende Gruppen: meta-dirigierend	244
Die Synthese substituierter Benzole	246
Synthese an Seitenkette oder Ring	247
Nucleophiler Angriff! Die nucleophile aromatische Substitution	248

Kapitel 14

Kunststoffe – Erdöl in neuem Design 251

Praktische Kunststoffe	251
Die großen Drei	252
Polykondensation	252
Polymerisation	254
Polyaddition	255
Die Bessermacher	256
Alles besser mit Bio?	256
Biokunststoffe	256
Biobasierte Kunststoffe	257

Kapitel 15

Natürliche Polymere 259

Zuckriges System	259
Monosaccharide	260
Aus eins mach zwei: glycosidische Bindung	262
Kaum zu zählen – Polysaccharide	262
Power-Proteine	263
Aminosäuren bilden Proteine	263
Reaktionen der Aminosäuren	263
Struktur der Proteine	265
Nachweise von Aminosäuren und Proteinen	266
Voll Fett	267
Anziehender Zusammenhalt	268
Gar nicht inaktiv	268
Immer sauber bleiben	268
Verseifung	269
Synthetische Seife: Tenside	269

TEIL IV SPEKTROSKOPIE UND STRUKTURBESTIMMUNG 273

Kapitel 16

Massenspektrometrie	275
Die Definition der Massenspektrometrie	276
Ein Massenspektrometer zerlegen	276
Der Einlass	276
Elektronenionisation: Der Zertrümmerer	276
Der Sortierer und die Waage	277
Detektor und Spektrum	278
Das Massenspektrum	279
Die Empfindlichkeit der Massenspektrometrie	280
Geh't's noch genauer? Die Auflösung	280
Massenveränderung: Isotope	281
Die Stickstoff-Regel	282
Erkennen häufiger Fragmentierungsmuster	283
Alkane zertrümmern	283
Bruch neben einem Heteroatom: α -Spaltung	284
Wasserverlust: Alkohole	285
Umlagerung bei Carbonylen: McLafferty-Umlagerung	285
Spaltung an Benzolringen und Doppelbindungen	286
Übung: Ran an den Speck	287
Zündende Ideen	288

Kapitel 17

IR-Spektroskopie	291
Gymnastik für Bindungen: Infrarotabsorption	292
Das Hooke'sche Gesetz in Molekülen	292
Molekülschwingungen und Lichtabsorption	293
Absorptionsintensitäten	294
IR-inaktive Schwingungen	294
Ein IR-Spektrum verstehen	294
Wiedersehen macht Freude: Funktionelle Gruppen identifizieren	295
Butter bei die Fische: Ein echtes Spektrum	296
Funktionelle Gruppen erkennen	297
Was links von C–H möglich ist	297
Groß und breit: Alkohole	297
Amine	297
Was rechts von C–H möglich ist	298
Groß und stark: Carbonylgruppen	298
Alkene, Alkine und Aromaten	299

Kapitel 18

NMR-Spektroskopie: Halten Sie sich fest, jetzt geht's rund!	301
Warum NMR?	301
Wie NMR funktioniert	302

Riesenmagneten und Moleküle: Theorie der NMR	303
Ziehen Sie sich warm an: Abschirmung durch Elektronen	305
Das NMR-Spektrum	306
Chemische Verschiebung	306
Gleich und gleich gesellt sich gern: Symmetrie und chemische Äquivalenz	307
Gebrauchsanleitung für ein NMR-Spektrum: Die Bestandteile	308
Die chemische Verschiebung	309
Einbeziehung der Integration	311
Kopplung	312
Kohlenstoff-NMR	317
Das Puzzle zusammensetzen	319

Kapitel 19

Indizienbeweise: Strukturbestimmung mit NMR 321

Folgen Sie den Hinweisen	322
Schritt 1: Bestimmen Sie das Doppelbindungsäquivalent	322
Schritt 2: Bestimmen Sie die funktionellen Gruppen aus dem IR-Spektrum	323
Schritt 3: Vermessen Sie die Integrationskurve	323
Schritt 4: Weisen Sie den NMR-Peaks Fragmente zu	325
Schritt 5: Kombinieren Sie die Fragmente so, dass die Struktur mit dem Kopplungsmuster, den chemischen Verschiebungen und dem Doppelbindungsäquivalent übereinstimmt	326
Schritt 6: Kontrollieren Sie Ihre Struktur	327
Aufgaben lösen	328
Beispiel 1: Eine Strukturaufklärung aus der Summenformel und dem NMR-Spektrum	328
Beispiel 2: Eine Strukturaufklärung aus der Summenformel, dem IR- und dem NMR-Spektrum	333
Drei häufige Fehler bei der Interpretation von NMR-Spektren	336
Fehler 1: Bestimmung einer Struktur aus den chemischen Verschiebungen	336
Fehler 2: Mit der Kopplung beginnen	337
Fehler 3: Integration und Kopplung verwechseln	338

TEIL V

DER TOP-TEN-TEIL 339

Kapitel 20

Zehn Webseiten für weiteres Lernen 341

Portal für organische Chemie	341
Chemgapedia	342
Prof. Robinsons organische Chemie	342
PubChem-Datenbank	342
Spektrum Lexikon	343
Chemieseite	343
Chemieonline	343
IUPAC Compendium of Chemical Terminology - the Gold Book	344

Experimentalchemie	344
Archiv der organischen Synthese	344

Kapitel 21

Zehn umwerfende Entdeckungen der Organik	345
Sprengstoffe und Dynamit!	345
Fermentation	346
Synthese des Harnstoffs.	346
Händigkeit der Weinsäure	347
Diels-Alder-Reaktion	347
Tor, Tor, TOOOOR	348
Seife	349
Süßen ohne Reue: Aspartam	349
Nochmal mit dem Leben davongekommen: Penicillin	350
Vorsicht! Glatt: Teflon®	350

TEIL VI

ANHÄNGE

A: Mehrstufige Synthesen	353
Warum mehrstufige Synthesen?	353
Die fünf Gebote	354
Erstes Gebot: Du sollst die Reaktionen lernen	355
Zweites Gebot: Du sollst die Kohlenstoffgerüste vergleichen	356
Drittes Gebot: Du sollst rückwärts denken	356
Viertes Gebot: Du sollst Deine Antwort kontrollieren	358
Fünftes Gebot: Du sollst viele Aufgaben lösen	358
B: Reaktionsmechanismen erarbeiten	359
Es gibt nur zwei Arten von Mechanismen	359
Was Sie tun sollten und was Sie besser lassen	360
Arten von Mechanismen	362
Aus Erfahrung wird man klug: Eine Beispielaufgabe	363
C: Lösungen der Übungsaufgaben	367
D: Glossar	391
Stichwortverzeichnis	399