Auf einen Blick

Über den Autor ......................................................... 7
Einführung ................................................................. 17
Teil I: Volle Kraft Voraus: Die Chemie Des Kohlenstoffs 25
Kapitel 1: Die wundervolle Welt der organischen Chemie 27
Kapitel 2: Sezieren von Atomen: Atombau und Bindung 33
Kapitel 3: Bilder sagen mehr als Worte: Strukturzeichnungen 55
Kapitel 4: Säuren und Basen ....................................... 79
Kapitel 5: Reaktive Zentren: Funktionelle Gruppen .......... 89
Kapitel 6: Durchblick in 3D: Stereochemie ..................... 103

Teil II: Kohlenwasserstoffe ........................................... 117
Kapitel 7: Die Urväter der organischen Moleküle: Alkane 119
Kapitel 8: Hilfe, ich sehe doppelt: Alkene ....................... 149

Teil III: Vielfalt organischer Verbindungen ................. 171
Kapitel 9: Berauschend: Alkohole ............................. 173
Kapitel 10: Die Herrn der Ringe: Aromatische Verbindungen 179
Kapitel 11: Kunststoffe ............................................... 207

Teil IV: Der Top-Ten-Teil ............................................... 217
Kapitel 12: Zehn Websites für weites Lernen ................. 219

Glossar ........................................................................ 225
Stichwortverzeichnis .................................................. 235
Inhaltsverzeichnis

Über den Autor .......................................................... 7

Einführung ................................................................. 17
   Über dieses Buch ....................................................... 18
   Konventionen in diesem Buch ..................................... 19
   Törichte Annahmen über den Leser ............................. 20
   Wie dieses Buch aufgebaut ist ..................................... 20
      Teil I: Es war einmal: Chemie des Kohlenstoffs .......... 21
      Teil II: Kohlenwasserstoffe ..................................... 21
      Teil III: Vielfalt organischer Verbindungen ............... 22
      Teil IV: Der Top-Ten-Teil ....................................... 22
   Symbole, die in diesem Buch verwendet werden ............. 22
   Wie es weitergeht ..................................................... 22

TEIL I
VOLLE KRAFT VORAUS:
DIE CHEMIE DES KOHLENSTOFFS .............................. 25

Kapitel 1
Die wundervolle Welt der organischen Chemie .......... 27
   Sei willkommen, Du schöne organische Chemie ........... 27
   Was genau sind eigentlich organische Moleküle? ............ 30

Kapitel 2
Sezieren von Atomen: Atombau und Bindung .......... 33
   Elektronen unter Hausarrest: Schalen und Orbitale ...... 34
      Im Wohnzimmer der Elektronen: Orbitale ............... 35
      Bedienungsanleitung für Elektronen: Elektronenkofiguration ................. 37
   Drum prüfe, wer sich ewig bindet: Hochzeit der Elektronen .. 38
   Teilen oder nicht teilen, das ist hier die Frage:
      Ionenbindung und kovalente Bindung ....................... 39
      Meins! Alles meins! – Die Ionenbindung .................. 39
      Die kovalente Bindung ................................... 40
      Elektronengier und die Elektronegativität ............... 41
   Ladungsteilung: Dipolmomente ............................... 43
      Die Bestimmung des Dipolmoments einzelner Bindungen ......................... 44
      Die Bestimmung des Dipolmoments von Molekülen .... 44
Inhaltsverzeichnis

Molekülgeometrien ........................................ 46
Aufmischer: Hybridorbitale ............................... 47
Ich versteh’ nur noch Griechisch: Sigma- und Pi-Bindungen . 50

Kapitel 3
Bilder sagen mehr als Worte:
Strukturzeichnungen ...................................... 55
Lasst Bilder sprechen: Lewis-Formeln ....................... 57
Formalladungen ........................................... 57
Strukturformeln .......................................... 59
Atome kompakt: Kurzformeln ............................. 60
Strukturenstenografie: Skelettformeln ................. 61
Umwandeln von Lewis-Formeln in Skelettformeln .... 62
Die Zahl von Wasserstoffatomen in Skelettformeln bestimmen .................. 64
Mutterseelenallein: Freie Elektronenpaare .............. 64
Waffenarsenal: Pfeile in der Organik ..................... 65
Dr. Jekyll und Mr. Hyde: Resonanzstrukturen .......... 67
Regeln für Resonanzstrukturen ........................... 68
Die Qual der Wahl: Resonanzstrukturen zeichnen .... 69
Schwindelerregend: Zeichnen von mehr als zwei Resonanzstrukturen .......... 73
Die Gewichtung von Resonanzstrukturen ............... 74
Aufgepasst: Häufige Fehler beim Zeichnen von Resonanzstrukturen .......... 76

Kapitel 4
Säuren und Basen ......................................... 79
Definitionssache: Säuren und Basen ....................... 79
Jetzt wird es nass: Säuren und Basen nach Arrhenius . 80
Schrei nach Protonen:
Säuren und Basen nach Brønsted ........................ 81
Elektronenliebhaber und -hasser:
Säuren und Basen nach Lewis ............................ 81
Vergleich der Säurestärke organischer Moleküle ...... 84
Der Einfluss der Atome .................................. 84
Der Einfluss der Hybridisierung .......................... 85
Der Einfluss der Elektronenegativität ...
Der Einfluss von Resonanzeffekten ..................... 87
Die Definition des pKₐ-Werts:
Eine quantitative Skala der Säurestärke ............... 87

Kapitel 5
Reaktive Zentren: Funktionelle Gruppen ............... 89
Kohlenwasserstoffe ....................................... 90
Doppelter Spaß: Die Alkene .............................. 90
## Inhaltsverzeichnis

<table>
<thead>
<tr>
<th>Kapitel</th>
<th>Seite</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Alkine</td>
<td>91</td>
</tr>
<tr>
<td>Gönnen Sie sich eine Nase voll: Aromaten</td>
<td>92</td>
</tr>
<tr>
<td>Einfach gebundene Heteroatome</td>
<td>94</td>
</tr>
<tr>
<td>Halogenide</td>
<td>94</td>
</tr>
<tr>
<td>Zum Einreiben und zum Trinken: Alkohole</td>
<td>96</td>
</tr>
<tr>
<td>Mit dem Holzhammer: Ether</td>
<td>97</td>
</tr>
<tr>
<td>Carbonylverbindungen</td>
<td>98</td>
</tr>
<tr>
<td>Leben am Rand: Aldehyde</td>
<td>98</td>
</tr>
<tr>
<td>Ab durch die Mitte: Ketone</td>
<td>99</td>
</tr>
<tr>
<td>Carbonsäuren</td>
<td>99</td>
</tr>
<tr>
<td>Die süßeste Versuchung, seit es Organik gibt: Ester</td>
<td>100</td>
</tr>
<tr>
<td>Funktionelle Gruppen mit Stickstoffatomen</td>
<td>101</td>
</tr>
<tr>
<td>Da steckt Leben drin: Amide</td>
<td>101</td>
</tr>
<tr>
<td>Amine</td>
<td>102</td>
</tr>
</tbody>
</table>

**Kapitel 6**

**Durchblick in 3D: Stereochemie**

<table>
<thead>
<tr>
<th>Thema</th>
<th>Seite</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Das Zeichnen von Molekülen in 3D: die Keilstrichformel</td>
<td>103</td>
</tr>
<tr>
<td>Der Vergleich von Stereoisomeren mit Konstitutionsisomeren</td>
<td>104</td>
</tr>
<tr>
<td>Spiegelbildmoleküle: Enantiomere</td>
<td>105</td>
</tr>
<tr>
<td>Chiralitätszentren erkennen</td>
<td>106</td>
</tr>
<tr>
<td>Die Auswirkungen der Symmetrie: meso-Verbindungen</td>
<td>108</td>
</tr>
<tr>
<td>Polarisationsebenen drehen</td>
<td>110</td>
</tr>
<tr>
<td>Mehrere Chiralitätszentren: Diastereomere</td>
<td>111</td>
</tr>
<tr>
<td>3D-Strukturen in 2D: Fischer-Projektionen</td>
<td>112</td>
</tr>
<tr>
<td>Regeln für Fischer-Projektionen</td>
<td>113</td>
</tr>
<tr>
<td>Stereoisomerie in Fischer-Projektionen</td>
<td>113</td>
</tr>
<tr>
<td>Erkennen von meso-Verbindungen mit Hilfe der Fischer-Projektionen</td>
<td>114</td>
</tr>
<tr>
<td>Auf dem Laufenden bleiben</td>
<td>114</td>
</tr>
</tbody>
</table>

**TEIL II**

**KOHLENWASSERSTOFFE**

<table>
<thead>
<tr>
<th>Kapitel</th>
<th>Seite</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>Kapitel 7</td>
<td>117</td>
</tr>
<tr>
<td>Die Urväter der organischen Moleküle: Alkane</td>
<td>119</td>
</tr>
<tr>
<td>Wie lautet der Name? Die Nomenklatur der Alkane</td>
<td>120</td>
</tr>
<tr>
<td>Alles auf der Reihe? Geradkettige Alkane</td>
<td>120</td>
</tr>
<tr>
<td>Platzverschwender: Verzweigte Alkane</td>
<td>121</td>
</tr>
<tr>
<td>Wenn es mehr als einen gibt</td>
<td>125</td>
</tr>
<tr>
<td>Die Benennung komplexer Substituenten</td>
<td>126</td>
</tr>
<tr>
<td>Einen Namen in eine Struktur umwandeln</td>
<td>128</td>
</tr>
<tr>
<td>Zeichnen von Isomeren aus der Summenformel</td>
<td>129</td>
</tr>
<tr>
<td>Schritt 1</td>
<td>130</td>
</tr>
<tr>
<td>Schritt 2</td>
<td>130</td>
</tr>
</tbody>
</table>
Inhaltsverzeichnis

Schritt 3 ................................................................. 131
Schritt 4 ................................................................. 132
Schritt 5 ................................................................. 132
Die Konformation geradkettiger Alkane ........................................... 133
  Konformationsanalyse und Newman-Projektion ................. 134
  Konformationen des Butans ........................................... 136
Jetzt geht’s rund: Cycloalkane .................................................... 138
  Stereochemie der Cycloalkane ........................................... 138
  Konformationen des Cyclohexans ........................................ 139
Zeichnen der stabilsten Sessel-Konformation ..................................... 142
Reagierende Alkane: Halogenierung .............................................. 143
  Los geht’s: Die Startreaktion ............................................ 144
  Wenn es läuft, läuft es: Kettenfortpflanzung ......................... 144
  ... und raus bist Du: Kettenabbruch ................................... 145
  Selektivität der Chlorierung und der Bromierung ................. 147

Kapitel 8
Hilfe, ich sehe doppelt: Alkene ................................................... 149
  Die Definition der Alkene ............................................... 150
  Nomen est omen: Die Nomenklatur der Alkene ..................... 152
    Die Nummerierung der Stammkette .................................. 152
    Benennung multipler Doppelbindungen ......................... 153
    Trivialnamen von Alkenen ........................................... 154
  Stereochemie der Alkene .................................................. 154
    Gleiches oder anderes Ufer?
      cis und trans-Stereochemie ......................................... 155
  Die Stabilität der Alkene ................................................... 155
    Substitution bei Alkenen ............................................. 156
    Die Stabilität von cis- und trans-Isomeren ..................... 156
  Darstellung der Alkene ................................................... 157
    Eliminierung von Säure: Dehydrohalogenierung ............... 157
    Wasserlassen: Dehydratisierung von Alkoholen ............... 158
  Die Reaktionen der Alkene ................................................ 158
    Die Addition von Halogenwasserstoff an Doppelbindungen .... 159
    Ich bin positiv: Carbokationen ...................................... 160
    Anlagerung von Wasser an eine Doppelbindung .................. 162
    Nimm 2: Die Bromierung von Alkenen .............................. 163
    Zerhacken von Doppelbindungen:
      Oxidation mit Permanganat ....................................... 164
      Anlagerung von Wasserstoff: Die Hydrierung ................. 164
    Manche mögen Abwechslung: Addition von
      Halogenwasserstoffsäuren an konjugierte Alkene ............ 164
    Das Energieprofil einer Addition an konjugierte Alkene .... 166
    Kinetik und Thermodynamik der Addition an konjugierte Doppelbindungen: ein Vergleich ............. 167
Inhaltsverzeichnis

Noch stärker ungesättigt: Alkine besitzen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Dreifachbindungen ........................ 168
Wie soll es denn heißen? Das Alkin bekommt einen Namen ......................................................... 168
Die Orbitale der Alkine ......................................................... 169
Bromierung von Alkinen: Doppeltes Vergnügen .......... 170
Sättigung von Alkinen durch Wasserstoff ................... 170

TEIL III

VIELFALT ORGANISCHER VERBINDUNGEN ............ 171

Kapitel 9
Berauschend: Alkohole ..................................................... 173
Klassifizierung der Alkohole .............................................. 173
Sage mir, wie Du heißt, dann sage ich Dir, wer Du bist:
Alkohole benennen ......................................................... 174
Darstellung von Alkoholen ............................................... 176
  Anlagerung von Wasser an Doppelbindungen .......... 176
  Fermentation ............................................................... 176
Reaktionen der Alkohole .................................................. 177
  Abspaltung von Wasser: Dehydratation ................ 177
  Darstellung von Ethern: Williamson-Ethersynthese ... 177
  Die Oxidation von Alkoholen ................................. 178

Kapitel 10
Die Herrn der Ringe:
Aromatische Verbindungen ............................................ 179
Was sind aromatische Verbindungen? ......................... 180
  Die Struktur von Benzol ............................................. 180
  Die Vielfalt aromatischer Verbindungen ................... 181
  Aber was macht ein Molekül aromatisch? .................. 182
  Die Hückel’sche (4n + 2)-Regel ............................... 183
Aromatizität: Molekülorbital-Theorie ............................ 183
  Was zum Teufel ist die Molekülorbital-Theorie? .... 183
  MO-Diagramme aufstellen ......................................... 184
  Der Frost-Kreis .......................................................... 185
  Das MO-Diagramm von Benzol ............................... 185
  Molekülorbitale anschaulich .................................... 186
  Das MO-Diagramm von Cyclobutadien ................. 188
Aromatizität entdecken .................................................. 189
Säure- und Basenstärke .................................................. 192
  Vergleich der Säurestärken ...................................... 192
  Vergleich der Basenstärke ...................................... 193
Benennung der Benzole und Aromaten ....................... 194
  Trivialnamen substituierter Benzole (Arene) ........... 195
  Die Namen häufiger Heteroaromaten ..................... 196
Inhaltsverzeichnis

Holt die Kanonen raus: Elektrophile aromatische Substitution des Benzols ........................................... 196
  Einführung von Alkylgruppen: Die Friedel-Crafts-Alkylierung ....................................................... 197
  Die Reduktion von Nitrogruppen ...................................................................................................... 199
Nimm zwei: Synthese dissubstituierter Benzole ............................................................................. 199
  Elektronendonoren: ortho-para-dirigierend .......................................................... 200
  Elektronenziehende Gruppen: meta-dirigierend ........................................................................ 201
Die Synthese substituierter Benzole ............................................................................................. 204

Kapitel 11
Kunststoffe ............................................................................................................................................... 207
  Aus Monomeren werden Polymere .................................................................................................. 208
  Ohne Starter geht es nicht: Die Polymerisation ........................................................................... 208
  Hier wird ein Teil abgespalten: Die Poly kondensation .............................................................. 210
  Zum Schluss bleibt nur das Produkt übrig: Die Polyaddition .................................................... 212
Immer den geeigneten Kunststoff auswählen ...................................................................................... 212
  Thermoplaste – verformbar durch Hitze einwirkung .................................................................... 212
  Duroplaste – beständig in ihrer Form ......................................................................................... 213
  Elastomere – die Meister der Verformbarkeit ............................................................................. 213
Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen ...................................................................................... 214
Kunststoffe aus dem high-tech-Bereich: Die Silikone ....................................................................... 215

TEIL IV
DER TOP-TEN-TEIL .............................................................................................................................. 217

Kapitel 12
Zehn Websites für weites Lernen .......................................................................................................... 219
  Portal für Organische Chemie ........................................................................................................ 220
  Chemgapedia ..................................................................................................................................... 220
  Prof. Robinsons organische Chemie ............................................................................................... 220
  PubChem-Datenbank ....................................................................................................................... 221
  Spektrum Lexikon ............................................................................................................................ 221
  Chemieseite ...................................................................................................................................... 221
  Chemie online .................................................................................................................................. 222
  IUPAC Compendium of Chemical Terminology - the Gold Book ............................................. 222
  Experimentalchemie .......................................................................................................................... 222
  Archiv der organischen Synthese .................................................................................................... 223

Glossar ..................................................................................................................................................... 225

Stichwortverzeichnis .............................................................................................................................. 235