

# Inhaltsverzeichnis

**Die Zielsetzung dieses Lehrbuchs** XVII

**Über die Autoren** XXI

**Danksagung** XXIII

<b>1</b>	<b>Die kovalente Bindung und die Struktur von Molekülen</b>	<b>1</b>
1.1	Wie kann man die elektronische Struktur von Atomen beschreiben?	2
1.1.1	Die Elektronenkonfiguration von Atomen	3
1.1.2	Lewis-Formeln	3
1.2	Was ist das Lewis-Bindungskonzept?	5
1.2.1	Bildung von Ionen	5
1.2.2	Die Bildung chemischer Bindungen	6
1.2.3	Elektronegativität und chemische Bindung	7
1.2.4	Formalladungen	12
1.3	Wie kann man Bindungswinkel und Molekülstrukturen vorhersagen?	16
1.4	Wie kann man vorhersagen, ob eine Verbindung polar oder unpolar ist?	20
1.5	Was ist Mesomerie?	22
1.5.1	Mesomerie	22
1.5.2	Elektronenflusspfeile und Elektronenfluss	24
1.5.3	Regeln für das Zeichnen korrekter Grenzformeln	24
1.6	Was ist das Orbitalmodell der Entstehung kovalenter Bindungen?	25
1.6.1	Die Gestalt von Atomorbitalen	25
1.6.2	Bildung von kovalenten Bindungen durch Überlappung von Atomorbitalen	26
1.6.3	Hybridisierung von Atomorbitalen	26
1.6.4	$sp^3$ -Hybridorbitale: Bindungswinkel etwa $109,5^\circ$	27
1.6.5	$sp^2$ -Hybridorbitale: Bindungswinkel etwa $120^\circ$	27
1.6.6	$sp$ -Hybridorbitale: Bindungswinkel von etwa $180^\circ$	29
1.7	Was sind funktionelle Gruppen?	31
1.7.1	Alkohole	32
1.7.2	Amine	34
1.7.3	Aldehyde und Ketone	34
1.7.4	Carbonsäuren, Carbonsäureester und Carbonsäureamide	35
<b>2</b>	<b>Säuren und Basen</b>	<b>45</b>
2.1	Was sind Arrhenius-Säuren und -Basen?	46
2.2	Was sind Brønsted-Lowry-Säuren und -Basen?	46
2.3	Wie bestimmt man die Stärke von Säuren und Basen?	50
2.4	Wie bestimmt man die Gleichgewichtslage in einer Säure-Base-Reaktion?	51
2.5	Wie hängen Säurestärke und Molekülstruktur zusammen?	54
2.5.1	Elektronegativität: Entwicklung der Acidität von HA innerhalb einer Periode des Periodensystems	54
2.5.2	Mesomere Effekte: Delokalisierung der Ladung in $A^-$	55

- 2.5.3 Der induktive Effekt: Schwächung der HA-Bindung durch Verschiebung von Elektronendichte 56
- 2.5.4 Die Größe der korrespondierenden Base und die Delokalisierung der Ladung in  $A^-$  56
- 2.6 Was sind Lewis-Säuren und -Basen? 59
  
- 3 Alkane und Cycloalkane 69**
- 3.1 Was sind Alkane? 70
- 3.2 Was sind Konstitutionsisomere? 71
- 3.3 Wie benennt man Alkane? 74
- 3.3.1 Das IUPAC-Nomenklatursystem zur Benennung organischer Verbindungen 74
- 3.3.2 Trivialnamen 77
- 3.3.3 Die Klassifikation von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen 78
- 3.4 Was sind Cycloalkane? 79
- 3.5 Wie wendet man die IUPAC-Regeln auf Verbindungen mit funktionellen Gruppen an? 80
- 3.6 Was sind Konformationen in Alkanen und Cycloalkanen? 82
- 3.6.1 Alkane 82
- 3.6.2 Cycloalkane 85
- 3.7 Was sind *cis/trans*-Isomere in Cycloalkanen? 90
- 3.8 Welche physikalischen Eigenschaften haben Alkane und Cycloalkane? 94
- 3.8.1 Siedepunkte 94
- 3.8.2 Dispersionskräfte und die Wechselwirkung zwischen Alkanmolekülen 95
- 3.8.3 Schmelzpunkte und Dichte 96
- 3.8.4 Konstitutionsisomere haben unterschiedliche physikalische Eigenschaften 96
- 3.9 Was sind die charakteristischen Reaktionen von Alkanen? 97
- 3.10 Woher bekommt man Alkane? 98
- 3.10.1 Erdgas 98
- 3.10.2 Erdöl 98
- 3.10.3 Kohle 100
  
- 4 Alkene und Alkine 111**
- 4.1 Welche Struktur haben Alkene und Alkine? 113
- 4.1.1 Struktur von Alkenen 113
- 4.1.2 Orbitalmodell für Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen 113
- 4.1.3 *cis/trans*-Isomerie in Alkenen 114
- 4.1.4 Struktur von Alkinen 115
- 4.2 Wie benennt man Alkene und Alkine? 115
- 4.2.1 IUPAC-Namen 115
- 4.2.2 Trivialnamen 117
- 4.2.3 Deskriptoren zur Bezeichnung der Konfiguration in Alkenen 117
- 4.2.4 Benennung von Cycloalkenen 121
- 4.2.5 *cis/trans*-Isomerie in Cycloalkenen 122
- 4.2.6 Diene, Triene und Polyene 122
- 4.2.7 *cis/trans*-Isomerie in Dienen, Trienen und Polyenen 122
- 4.3 Welche physikalischen Eigenschaften haben Alkene und Alkine? 124
- 4.4 Warum sind 1-Alkine (terminale Alkine) schwache Säuren? 125
  
- 5 Reaktionen von Alkenen und Alkinen 133**
- 5.1 Was sind die charakteristischen Reaktionen von Alkenen? 134

- 5.2 Was ist ein Reaktionsmechanismus? 135
- 5.2.1 Energiediagramme und Übergangszustände 135
- 5.2.2 Entwickeln von Reaktionsmechanismen 138
- 5.2.3 Wiederkehrende Muster in Reaktionsmechanismen 139
- 5.3 Nach welchen Mechanismen verläuft die elektrophile Addition an Alkene? 141
- 5.3.1 Addition von Halogenwasserstoffen 142
- 5.3.2 Addition von Wasser: Säurekatalysierte Hydratisierung 148
- 5.3.3 Addition von Brom und Chlor 150
- 5.4 Was sind Carbokation-Umlagerungen? 152
- 5.5 Wie verläuft die Hydroborierung/Oxidation von Alkenen? 155
- 5.6 Wie kann man Alkene zu Alkanen reduzieren? 158
- 5.7 Wie kann man Acetylid-Anionen nutzen, um neue Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen zu knüpfen? 160
- 5.8 Wie kann man Alkine zu Alkenen und Alkanen reduzieren? 162
  
- 6 Chiralität: Die Händigkeit von Molekülen 171**
- 6.1 Was sind Stereoisomere? 172
- 6.2 Was sind Enantiomere? 172
- 6.3 Wie bestimmt man die Konfiguration eines Stereozentrums? 177
- 6.4 Was besagt die 2<sup>n</sup>-Regel? 179
- 6.4.1 Enantiomere und Diastereomere 180
- 6.4.2 *meso*-Verbindungen 182
- 6.5 Wie beschreibt man die Chiralität von cyclischen Verbindungen mit zwei Stereozentren? 183
- 6.5.1 Disubstituierte Derivate von Cyclopentan 183
- 6.5.2 Disubstituierte Derivate von Cyclohexan 184
- 6.6 Wie beschreibt man die Chiralität von Verbindungen mit drei oder mehr Stereozentren? 185
- 6.7 Welche Eigenschaften haben Stereoisomere? 186
- 6.8 Wie kann man Chiralität im Labor nachweisen? 186
- 6.8.1 Linear polarisiertes Licht 187
- 6.8.2 Polarimeter 187
- 6.8.3 Racemate 189
- 6.9 Welche Bedeutung hat Chiralität in der biologischen Welt? 189
- 6.9.1 Chiralität in Biomolekülen 189
- 6.9.2 Wie unterscheidet ein Enzym zwischen einem Molekül und seinem Enantiomer? 189
- 6.10 Wie kann man Enantiomere trennen? 190
  
- 7 Halogenalkane 199**
- 7.1 Wie werden Halogenalkane benannt? 200
- 7.1.1 IUPAC-Namen 200
- 7.1.2 Trivialnamen 200
- 7.2 Was sind die charakteristischen Reaktionen der Halogenalkane? 202
- 7.3 Welche Produkte entstehen in einer nukleophilen aliphatischen Substitution? 204
- 7.4 Was sind die S<sub>N</sub>2- und S<sub>N</sub>1-Mechanismen von nukleophilen Substitutionen? 206
- 7.4.1 Mechanismus der S<sub>N</sub>2-Reaktion 206
- 7.4.2 Mechanismus der S<sub>N</sub>1-Reaktion 208
- 7.5 Was entscheidet, ob ein S<sub>N</sub>1- oder ein S<sub>N</sub>2-Mechanismus abläuft? 210

7.5.1	Das Nukleophil	210
7.5.2	Die Struktur des Halogenalkans	211
7.5.3	Die Austrittsgruppe	212
7.5.4	Das Lösungsmittel	214
7.6	Wie kann man aus den experimentellen Bedingungen ableiten, ob eine $S_N1$ - oder $S_N2$ -Reaktion abläuft?	216
7.7	Welche Produkte entstehen bei einer $\beta$ -Eliminierung?	219
7.8	Was unterscheidet die Mechanismen E1 und E2 der $\beta$ -Eliminierung?	221
7.8.1	Der E1-Mechanismus	221
7.8.2	Der E2-Mechanismus	222
7.9	Wann konkurrieren nukleophile Substitutionen und $\beta$ -Eliminierungen?	224
7.9.1	$S_N1$ - und E1-Reaktionen	225
7.9.2	$S_N2$ - und E2-Reaktionen	225
<b>8</b>	<b>Alkohole, Ether und Thiole</b>	<b>237</b>
8.1	Was sind Alkohole?	238
8.1.1	Struktur	238
8.1.2	Nomenklatur	238
8.1.3	Physikalische Eigenschaften	242
8.2	Was sind die charakteristischen Reaktionen der Alkohole?	244
8.2.1	Die Acidität von Alkoholen	244
8.2.2	Die Basizität von Alkoholen	245
8.2.3	Reaktion mit aktiven Metallen	245
8.2.4	Umwandlung in Halogenalkane	246
8.2.5	Säurekatalysierte Dehydratisierung	249
8.2.6	Die Oxidation von primären und sekundären Alkoholen	254
8.3	Was sind Ether?	256
8.3.1	Struktur	256
8.3.2	Nomenklatur	257
8.3.3	Physikalische Eigenschaften	258
8.3.4	Reaktionen von Ethern	260
8.4	Was sind Epoxide?	260
8.4.1	Struktur und Nomenklatur	260
8.4.2	Synthese ausgehend von Alkenen	260
8.4.3	Ringöffnung von Epoxiden	262
8.5	Was sind Thiole?	265
8.5.1	Struktur	265
8.5.2	Nomenklatur	266
8.5.3	Physikalische Eigenschaften	267
8.6	Was sind die charakteristischen Reaktionen der Thiole?	268
8.6.1	Acidität	268
8.6.2	Oxidation zu Disulfiden	268
<b>9</b>	<b>Benzol und seine Derivate</b>	<b>279</b>
9.1	Welche Struktur hat Benzol?	280
9.1.1	Kekulé's Strukturvorschlag für Benzol	280
9.1.2	Das Orbitalmodell des Benzolmoleküls	281
9.1.3	Das Resonanzmodell des Benzolmoleküls	282
9.1.4	Die Resonanzenergie von Benzol	282
9.2	Was ist Aromatizität?	284

- 9.3 Wie benennt man Benzolderivate und welche physikalischen Eigenschaften haben sie? 287
  - 9.3.1 Monosubstituierte Benzole 287
  - 9.3.2 Disubstituierte Benzole 288
  - 9.3.3 Polysubstituierte Benzole 289
- 9.4 Was ist eine benzyliche Position und welchen Anteil hat sie an der Reaktivität von Aromaten? 290
- 9.5 Was ist die elektrophile aromatische Substitution? 292
- 9.6 Wie läuft eine elektrophile aromatische Substitution mechanistisch ab? 293
  - 9.6.1 Chlorierung und Bromierung 294
  - 9.6.2 Nitrierung und Sulfonierung 295
  - 9.6.3 Friedel-Crafts-Alkylierung 297
  - 9.6.4 Friedel-Crafts-Acylierung 299
  - 9.6.5 Andere elektrophile aromatische Alkylierungen 301
  - 9.6.6 Vergleich der Addition an Alkene und der elektrophilen aromatischen Substitution ( $S_EAr$ ) 302
- 9.7 Welchen Einfluss haben Substituenten am Benzol auf die elektrophile aromatische Substitution? 303
  - 9.7.1 Der Einfluss eines Substituenten auf die Zweitsubstitution 303
  - 9.7.2 Dirigierende Effekte in der Zweitsubstitution 307
  - 9.7.3 Aktivierende und deaktivierende Effekte in der Zweitsubstitution 310
- 9.8 Was sind Phenole? 311
  - 9.8.1 Struktur und Nomenklatur 311
  - 9.8.2 Die Acidität von Phenolen 312
  - 9.8.3 Säure-Base-Reaktionen von Phenolen 314
  - 9.8.4 Phenole als Antioxidantien 316
- 10 Amine 329**
  - 10.1 Was sind Amine? 329
  - 10.2 Wie benennt man Amine? 332
    - 10.2.1 Systematische Namen 332
    - 10.2.2 Trivialnamen 335
  - 10.3 Welche charakteristischen physikalischen Eigenschaften haben Amine? 335
  - 10.4 Welche Säure-Base-Eigenschaften haben Amine? 337
  - 10.5 Wie reagieren Amine mit Säuren? 342
  - 10.6 Wie synthetisiert man Arylamine? 344
  - 10.7 Wie können Amine als Nukleophile reagieren? 345
- 11 Spektroskopie 353**
  - 11.1 Was ist elektromagnetische Strahlung? 354
  - 11.2 Was ist Molekülspektroskopie? 355
  - 11.3 Was ist Infrarotspektroskopie? 356
    - 11.3.1 Das Infrarot-Schwingungsspektrum 356
    - 11.3.2 Molekülschwingungen 357
    - 11.3.3 Charakteristische Infrarotabsorptionen 358
  - 11.4 Wie wertet man Infrarotspektren aus? 359
    - 11.4.1 Alkane, Alkene und Alkine 360
    - 11.4.2 Alkohole 361
    - 11.4.3 Ether 362
    - 11.4.4 Amine 363

- 11.4.5 Aldehyde und Ketone 363
  - 11.4.6 Carbonsäuren und Carbonsäurederivate 363
  - 11.4.7 Doppelbindungsäquivalente 367
  - 11.5 Was ist Kernspinresonanz? 370
  - 11.6 Was ist Abschirmung? 371
  - 11.7 Was ist ein  $^1\text{H}$ -NMR-Spektrum? 372
  - 11.8 Wie viele Signale enthält das  $^1\text{H}$ -NMR-Spektrum einer Verbindung? 374
  - 11.9 Welche Informationen liefert die Signalintegration? 377
  - 11.10 Was ist die chemische Verschiebung? 379
  - 11.11 Wie kommt es zur Aufspaltung der Signale? 381
  - 11.12 Was ist  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektroskopie und wie unterscheidet sie sich von der  $^1\text{H}$ -NMR-Spektroskopie? 383
  - 11.13 Wie bestimmt man die Struktur einer Verbindung mithilfe der NMR-Spektroskopie 386
- 12 Aldehyde und Ketone 405**
- 12.1 Was sind Aldehyde und Ketone? 406
  - 12.2 Wie werden Aldehyde und Ketone benannt? 406
    - 12.2.1 IUPAC-Nomenklatur 406
    - 12.2.2 Die IUPAC-Namen komplexerer Aldehyde und Ketone 408
    - 12.2.3 Trivialnamen 410
  - 12.3 Welche physikalischen Eigenschaften haben Aldehyde und Ketone? 410
  - 12.4 Was ist das grundlegende Reaktionsmuster der Aldehyde und Ketone? 411
  - 12.5 Was sind Grignard-Reagenzien und wie reagieren sie mit Aldehyden und Ketonen? 412
    - 12.5.1 Herstellung und Struktur von magnesiumorganischen Verbindungen 412
    - 12.5.2 Reaktion mit Protonensäuren 413
    - 12.5.3 Addition von Grignard-Verbindungen an Aldehyde und Ketone 414
  - 12.6 Was sind Halbacetale und Acetale? 416
    - 12.6.1 Bildung von Acetalen 416
    - 12.6.2 Acetale als Schutzgruppen für Carbonyle 421
  - 12.7 Wie reagieren Aldehyde und Ketone mit Ammoniak und Aminen? 422
    - 12.7.1 Bildung von Iminen 422
    - 12.7.2 Reduktive Aminierung von Aldehyden und Ketonen 424
  - 12.8 Was ist die Keto-Enol-Tautomerie? 425
    - 12.8.1 Keto- und Enol-Form 425
    - 12.8.2 Racemisierung am  $\alpha$ -Kohlenstoffatom 427
    - 12.8.3  $\alpha$ -Halogenierung 428
  - 12.9 Wie lassen sich Aldehyde und Ketone oxidieren? 429
    - 12.9.1 Die Oxidation von Aldehyden zu Carbonsäuren 429
    - 12.9.2 Oxidation von Ketonen zu Carbonsäuren 430
  - 12.10 Wie lassen sich Aldehyde und Ketone reduzieren? 432
    - 12.10.1 Katalytische Reduktion 432
    - 12.10.2 Reduktion mit Metallhydriden 432
- 13 Carbonsäuren 445**
- 13.1 Was sind Carbonsäuren? 446
  - 13.2 Wie werden Carbonsäuren benannt? 446
    - 13.2.1 IUPAC-System 446
    - 13.2.2 Trivialnamen 448
  - 13.3 Welche physikalischen Eigenschaften haben Carbonsäuren? 449
  - 13.4 Welche Säure-Base-Eigenschaften haben Carbonsäuren? 450

- 13.4.1 Säurekonstanten 450
- 13.4.2 Reaktionen mit Basen 452
- 13.5 Wie kann man Carboxygruppen reduzieren? 454
- 13.5.1 Die Reduktion einer Carboxygruppe 456
- 13.5.2 Die selektive Reduktion anderer funktioneller Gruppen 456
- 13.6 Was ist eine Fischer-Veresterung? 457
- 13.7 Was sind Säurechloride? 461
- 13.8 Was ist eine Decarboxylierung? 463
- 13.8.1  $\beta$ -Ketosäuren 463
- 13.8.2 Malonsäure und substituierte Malonsäuren 465
  
- 14 Funktionelle Derivate der Carbonsäuren 475**
- 14.1 Welche Carbonsäurederivate gibt es und wie werden sie benannt? 476
- 14.1.1 Säurehalogenide 476
- 14.1.2 Säureanhydride 476
- 14.1.3 Ester und Lactone 477
- 14.1.4 Amide und Lactame 479
- 14.2 Was sind die charakteristischen Reaktionen der Carbonsäurederivate? 482
- 14.3 Was ist eine Hydrolyse? 483
- 14.3.1 Säurechloride 483
- 14.3.2 Säureanhydride 483
- 14.3.3 Ester 484
- 14.3.4 Amide 486
- 14.4 Wie reagieren Carbonsäurederivate mit Alkoholen? 488
- 14.4.1 Säurechloride 488
- 14.4.2 Säureanhydride 488
- 14.4.3 Ester 488
- 14.4.4 Amide 489
- 14.5 Wie reagieren Carbonsäurederivate mit Ammoniak und Aminen? 490
- 14.5.1 Säurechloride 490
- 14.5.2 Säureanhydride 490
- 14.5.3 Ester 491
- 14.5.4 Amide 491
- 14.6 Wie kann man funktionelle Derivate von Carbonsäuren ineinander umwandeln? 492
- 14.7 Wie reagieren Ester mit Grignard-Reagenzien? 492
- 14.8 Wie kann man Carbonsäurederivate reduzieren? 495
- 14.8.1 Ester 495
- 14.8.2 Amide 496
  
- 15 Enolat-Anionen 509**
- 15.1 Was sind Enolat-Anionen und wie werden sie gebildet? 510
- 15.1.1 Die Acidität von  $\alpha$ -Wasserstoffatomen 510
- 15.1.2 Enolat-Anionen 510
- 15.1.3 Die Verwendung von Enolat-Anionen zur Knüpfung neuer C–C-Bindungen 512
- 15.2 Was ist eine Aldolreaktion? 513
- 15.2.1 Die Bildung von Enolaten aus Aldehyden und Ketonen 513
- 15.2.2 Die Aldolreaktion 514
- 15.2.3 Gekreuzte Aldolreaktion 517
- 15.2.4 Intramolekulare Aldolreaktionen 518
- 15.3 Was sind Claisen- und Dieckmann-Kondensationen? 519

- 15.3.1 Claisen-Kondensation 519
- 15.3.2 Dieckmann-Kondensation 522
- 15.3.3 Gekreuzte Claisen-Kondensation 523
- 15.3.4 Hydrolyse und Decarboxylierung von  $\beta$ -Ketoestern 524
- 15.4 Welche Rolle spielen Aldolreaktionen und Claisen-Kondensationen in biologischen Prozessen? 527
- 15.5 Was ist eine Michael-Reaktion? 528
  - 15.5.1 Michael-Addition von Enolat-Anionen 530
  - 15.5.2 Michael-Addition von Aminen 533
  
- 16 Organische Polymerchemie 543**
  - 16.1 Wie sind Polymere aufgebaut? 544
  - 16.2 Wie werden Polymere benannt und wie kann man ihre Struktur darstellen? 545
  - 16.3 Welche Morphologie können Polymere haben und wie unterscheiden sich kristalline und amorphe Materialien? 546
  - 16.4 Was ist eine Stufenwachstumspolymerisation? 547
    - 16.4.1 Polyamide 548
    - 16.4.2 Polyester 549
    - 16.4.3 Polycarbonate 550
    - 16.4.4 Polyurethane 550
    - 16.4.5 Epoxidharze 551
  - 16.5 Was ist eine Kettenpolymerisation? 552
    - 16.5.1 Radikalkettenpolymerisation 554
    - 16.5.2 Ziegler-Natta-Kettenpolymerisation 557
  - 16.6 Welche Kunststoffe werden derzeit in großen Mengen wiederverwertet? 559
  
- 17 Kohlenhydrate 565**
  - 17.1 Was sind Kohlenhydrate? 565
  - 17.2 Was sind Monosaccharide? 566
    - 17.2.1 Struktur und Nomenklatur 566
    - 17.2.2 Stereochemie 566
    - 17.2.3 Die Fischer-Projektion 567
    - 17.2.4 D- und L-Monosaccharide 567
    - 17.2.5 Aminozucker 569
    - 17.2.6 Physikalische Eigenschaften 570
  - 17.3 Wie bilden Monosaccharide cyclische Strukturen? 570
    - 17.3.1 Haworth-Projektionen 570
    - 17.3.2 Sesseldarstellungen 572
    - 17.3.3 Mutarotation 575
  - 17.4 Was sind die charakteristischen Reaktionen der Monosaccharide? 575
    - 17.4.1 Bildung von Glycosiden (Acetalen) 575
    - 17.4.2 Reduktion zu Alditolen 577
    - 17.4.3 Oxidation zu Aldonsäuren 578
    - 17.4.4 Oxidation zu Uronsäuren 579
  - 17.5 Was sind Disaccharide und Oligosaccharide? 580
    - 17.5.1 Saccharose 580
    - 17.5.2 Lactose 580
    - 17.5.3 Maltose 581
  - 17.6 Was sind Polysaccharide? 583
    - 17.6.1 Stärke: Amylose und Amylopektin 583



- 17.6.2 Glykogen 584
- 17.6.3 Cellulose 584
- 17.6.4 Textilfasern aus Cellulose 585
  
- 18 Aminosäuren, Peptide und Proteine 593**
- 18.1 Welche Funktionen haben Proteine? 594
- 18.2 Was sind Aminosäuren? 594
  - 18.2.1 Struktur 594
  - 18.2.2 Chiralität 595
  - 18.2.3 Proteinogene Aminosäuren 595
  - 18.2.4 Weitere wichtige L-Aminosäuren 597
- 18.3 Welche Säure-Base-Eigenschaften haben Aminosäuren? 598
  - 18.3.1 Saure und basische Gruppen in Aminosäuren 598
  - 18.3.2 Titration von Aminosäuren 600
  - 18.3.3 Der isoelektrische Punkt 601
  - 18.3.4 Elektrophorese 602
- 18.4 Was sind Peptide und Proteine? 605
- 18.5 Was ist die Primärstruktur eines Peptids oder Proteins? 606
  - 18.5.1 Aminosäureanalyse 606
  - 18.5.2 Sequenzanalyse 607
- 18.6 Welche dreidimensionale Struktur hat ein Peptid oder Protein? 610
  - 18.6.1 Geometrie einer Peptidbindung 610
  - 18.6.2 Sekundärstruktur 611
  - 18.6.3 Tertiärstruktur 613
  - 18.6.4 Quartärstruktur 615
  
- 19 Lipide 625**
- 19.1 Was sind Triglyceride? 626
  - 19.1.1 Fettsäuren 626
  - 19.1.2 Physikalische Eigenschaften 628
  - 19.1.3 Reduktion von Fettsäureketten 629
- 19.2 Was sind Seifen und Detergenzien? 629
  - 19.2.1 Struktur und Herstellung von Seifen 629
  - 19.2.2 Die Reinigungswirkung von Seifen 630
  - 19.2.3 Synthetische Detergenzien 631
- 19.3 Was sind Phospholipide? 632
  - 19.3.1 Struktur 632
  - 19.3.2 Lipiddoppelschicht 632
- 19.4 Was sind Steroide? 635
  - 19.4.1 Struktur der wichtigsten Steroidtypen 635
  - 19.4.2 Die Biosynthese von Cholesterin 639
- 19.5 Was sind Prostaglandine? 639
- 19.6 Was sind fettlösliche Vitamine? 643
  - 19.6.1 Vitamin A 643
  - 19.6.2 Vitamin D 644
  - 19.6.3 Vitamin E 644
  - 19.6.4 Vitamin K 645
  
- 20 Nukleinsäuren 651**
- 20.1 Was sind Nukleoside und Nukleotide? 652
- 20.2 Welche Struktur hat die DNA? 655
  - 20.2.1 Primärstruktur: Das kovalente Rückgrat 655

20.2.2	Sekundärstruktur: Die Doppelhelix	657
20.2.3	Tertiärstruktur: Supercoiled DNA	660
20.3	Was sind Ribonukleinsäuren (RNA)?	662
20.3.1	Ribosomale RNA	662
20.3.2	Transfer-RNA	663
20.3.3	Boten-RNA	663
20.4	Was ist der genetische Code?	664
20.4.1	Codierung in Triplets	664
20.4.2	Entschlüsseln des genetischen Codes	664
20.4.3	Merkmale des genetischen Codes	665
20.5	Wie kann man DNA sequenzieren?	666
20.5.1	Restriktionsendonukleasen	667
20.5.2	Methoden für die Sequenzierung von Nukleinsäuren	668
20.5.3	DNA-Replikation <i>in vitro</i>	668
20.5.4	Die Kettenabbruch- oder Didesoxymethode	669
20.5.5	Die Sequenzierung des menschlichen Genoms	670
<b>21</b>	<b>Die organische Chemie der Stoffwechselprozesse</b>	<b>677</b>
21.1	Was sind die Schlüsselintermediate in der Glykolyse, der $\beta$ -Oxidation von Fettsäuren und im Zitronensäurezyklus?	678
21.1.1	ATP, ADP und AMP: Reagenzien zur Speicherung und Übertragung von Phosphatgruppen	678
21.1.2	$\text{NAD}^+/\text{NADH}$ : Hydridübertragungsreagenzien in biologischen Redoxreaktionen	679
21.1.3	$\text{FAD}/\text{FADH}_2$ : Elektronentransfer-Reagenzien in biologischen Redoxreaktionen	680
21.1.4	Coenzym A: Ein Acylgruppenüberträger	682
21.2	Was ist die Glykolyse?	683
21.3	Welche Reaktionen laufen in der Glykolyse ab?	683
21.4	Welche Folgereaktionen kann Pyruvat eingehen?	688
21.4.1	Reduktion zu Lactat: Milchsäuregärung	689
21.4.2	Reduktion zu Ethanol: Alkoholische Gärung	689
21.4.3	Oxidation und Decarboxylierung zu Acetyl-CoA	690
21.5	Welche Reaktionen laufen bei der $\beta$ -Oxidation von Fettsäuren ab?	690
21.5.1	Aktivierung der Fettsäuren: Bildung eines Thioesters mit Coenzym A	691
21.5.2	Die vier Reaktionen der $\beta$ -Oxidation	692
21.5.3	Die Wiederholung der $\beta$ -Oxidation in der Fettsäurespirale liefert weitere Acetateinheiten	694
21.6	Welche Reaktionen laufen im Zitronensäurezyklus ab?	694
21.6.1	Überblick über den Zyklus	694
21.6.2	Die Reaktionen des Zitronensäurezyklus	694
	<b>Glossar</b>	<b>703</b>
	<b>Anhang 1</b>	<b>717</b>
	<b>Anhang 2</b>	<b>719</b>
	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>721</b>