

# Inhalt

## Kapitel I

### Elektronenstruktur und Reaktivität von Kohlenstoffverbindungen

1	Einleitung	1
2	Ionische und kovalente Bindung	2
3	Mesomerie (Resonanz)	4
4	Elektronegativität und Polarität	6
5	Induktive und mesomere Effekte	10
6	Elektronenpaarabstoßung und Molekülgeometrie	12
7	Hybridorbitale und Molekülgeometrie	16
8	Molekülorbitale	18
8.1	Lokalisierte Molekülorbitale	18
8.2	Delokalisierte Molekülorbitale	21
9	Bindungsenergie	24
10	Zum Ablauf chemischer Reaktionen	26
11	Lösung der Aufgaben zu Kapitel I	30

## Kapitel II

### Strukturaufklärung durch Spektroskopie

1	Einleitung	31
2	Massenspektrometrie	32
2.1	Grundlagen	32
2.2	Massenspektren einfacher Verbindungen	34
2.3	Massenspektrum und Summenformel	39
3	Ultraviolett-spektroskopie	41
3.1	Grundlagen	41
3.2	UV-Spektren ungesättigter Verbindungen	42
4	Infrarotspektroskopie	45
4.1	Grundlagen	45
4.2	Interpretation von IR-Spektren	48

5	Kernmagnetische Resonanzspektroskopie .....	51
5.1	Grundlagen .....	52
5.2	Chemische Verschiebung von Protonen .....	53
5.3	Fläche eines $^1\text{H}$ -NMR-Signals .....	55
5.4	Kopplung zwischen Protonen .....	56
5.5	Kernmagnetische Resonanzspektroskopie von $^{13}\text{C}$ .....	58
6	Lösung der Aufgaben zu Kapitel II .....	62

### Kapitel III Alkane

1	Einteilung der Kohlenwasserstoffe .....	63
2	Konstitutionsisomerie .....	64
3	Nomenklatur .....	65
4	Homologe Reihe .....	68
5	Konformation von Alkanen .....	69
6	Löslichkeit, Siede- und Schmelzpunkte von Alkanen .....	72
7	NMR-Spektren von Alkanen .....	73
8	Vorkommen von Alkanen .....	74
9	Darstellung von Alkanen .....	74
10	Reaktionen von Alkanen .....	76
10.1	Halogenierung von Alkanen .....	77
10.2	Sulfochlorierung von Alkanen .....	83
10.3	Oxidation von Alkanen mit Sauerstoff .....	84
10.4	Pyrolyse von Alkanen .....	87
11	Lösung der Aufgaben zu Kapitel III .....	89

### Kapitel IV Cycloalkane

1	Einteilung der Cycloalkane .....	91
2	cis-trans-Isomerie bei Cycloalkanen .....	92
3	Konformation unsubstituierter Cycloalkane .....	93
4	Konformation substituierter Cycloalkane .....	95

5	Darstellung von Cycloalkanen .....	98
6	Reaktionen von Cycloalkanen .....	100
	6.1 Verbrennung und Ringspannung .....	100
	6.2 Ringöffnung kleiner Ringe .....	102
7	Polycyclische Alkane .....	103
8	Lösung der Aufgaben zu Kapitel IV .....	106

## Kapitel V Stereoisomerie

1	Einteilung von Isomeren .....	107
2	Enantiomerie als Folge von Chiralität .....	108
3	Moleküle mit einem Chiralitätszentrum .....	109
4	Moleküle mit mehreren Chiralitätszentren .....	112
	4.1 meso-Verbindungen .....	113
5	Moleküle mit einer Chiralitätsachse .....	115
6	Symmetrieeigenschaften von Enantiomeren .....	116
7	Optische Aktivität von Enantiomeren .....	119
8	Trennung von Enantiomeren (Racematspaltung) .....	121
9	Chemie und Biochemie von Enantiomeren .....	123
10	Prostereoisomerie .....	125
	10.1 Topizität von Substituenten .....	125
	10.2 Topizität von Molekülseiten .....	128
	10.3 Prochiralität .....	130
11	Lösung der Aufgaben zu Kapitel V .....	133

## Kapitel VI Alkene

1	Übersicht .....	135
2	Nomenklatur von Alkenen .....	135
3	cis-trans-Isomerie von Alkenen .....	137
4	Unterscheidung von cis- und trans-Alken durch NMR .....	138

5 Darstellung von Alkenen .....	140
6 Zur Reaktivität von Alkenen .....	142
7 Hydrierung von Alkenen und Dehydrierung von Alkanen .....	144
7.1 Hydrierungswärme und relative Stabilität von Alkenen .....	146
8 Elektrophile Additionen an Alkene .....	147
8.1 Erzeugung und Stabilität von Carbenium-Ionen .....	147
8.2 Addition von Halogen und unterhalogeniger Säure an Alkene .....	149
8.3 Addition von Säuren oder Wasser an Alkene .....	152
8.4 Hydroborierung von Alkenen .....	156
8.5 Chemie der Trialkylborane .....	158
8.6 Addition von Carbenen und Carbenoiden an Alkene .....	161
8.7 Epoxidierung von Alkenen. Asymmetrische Epoxidierung .....	166
8.8 Hydroxylierung von Alkenen .....	168
8.9 Ozonolyse von Alkenen .....	169
8.10 Zusammenfassung elektrophiler Additionen an Alkene .....	171
9 Radikalische Additionen an Alkene .....	173
10 Substitution in Allylstellung .....	176
11 Exkurs: Ein Pentahalogenalkan mit Antitumorwirkung .....	179
12 Lösung der Aufgaben zu Kapitel VI .....	180

## Kapitel VII

### Halogenkohlenwasserstoffe

1 Übersicht .....	183
1.1 Perfluoralkane .....	185
2 Darstellung .....	186
3 Reaktionen – ein Überblick .....	188
4 Technische Bedeutung mehrfach halogener Kohlenwasserstoffe .....	188
5 Lösung der Aufgaben zu Kapitel VII .....	192

## Kapitel VIII

### Nucleophile Substitutionen

1 Übersicht .....	193
2 Das Nucleophil .....	193

3 Die Abgangsgruppe .....	195
4 Zum Ablauf nucleophiler Substitutionen .....	196
5 Die $S_N2$ -Reaktion .....	196
5.1 Stereochemie der $S_N2$ -Reaktion .....	197
6 Die $S_N1$ -Reaktion .....	198
6.1 Stereochemie der $S_N1$ -Reaktion .....	200
7 Einfluß des Kohlenwasserstoffrests auf die Substitution .....	202
7.1 Gesättigte Alkylhalogenide .....	202
7.2 Allyl- und Benzylhalogenide .....	204
7.3 Vinyl- und Arylhalogenide .....	205
8 Einfluß des Lösungsmittels .....	207
8.1 Lösungsmittel und $S_N2$ -Reaktionen .....	208
8.2 Lösungsmittel und $S_N1$ -Reaktionen .....	210
9 Vergleich von $S_N1$ - und $S_N2$ -Reaktionen .....	211
10 Nucleophile Substitution im Zweiphasensystem .....	211
11 Synthetische Bedeutung nucleophiler Substitutionen .....	213
12 Asymmetrische Synthese eines Pflanzenschutzmittels .....	214
13 Exkurs: Nucleophile Methylierung in der Zelle .....	216
14 Lösung der Aufgaben zu Kapitel VIII .....	219

## Kapitel IX Eliminierungen

1 Einteilung von Eliminierungen .....	221
2 E2-Eliminierung .....	223
2.1 Richtung der E2-Eliminierung .....	224
2.2 Stereochemie der E2-Eliminierung .....	225
3 E1-Eliminierung .....	228
4 Sonderfall: Die E1cB-Eliminierung .....	229
5 Konkurrenz von Eliminierung und Substitution .....	230
6 Exkurs: Kinetische Isotopeneffekte in Chemie und Biochemie .....	232
7 Lösung der Aufgaben zu Kapitel IX .....	234

**Kapitel X****Alkohole**

1	Übersicht und Nomenklatur von Alkoholen .....	235
2	Wasserstoffbrücken und IR-Spektren von Alkoholen .....	236
3	NMR-Unterscheidung von alkoholischen Gruppen .....	238
4	Eigenschaft und Verwendung von Alkoholen .....	240
5	Darstellung von Alkoholen .....	241
5.1	Darstellung von Alkoholen in der Technik .....	242
6	Reaktionen von Alkoholen .....	244
6.1	Acidität von Alkoholen. Alkoholate .....	244
6.2	Umwandlung von Alkoholen in Alkylhalogenide .....	246
6.3	Umwandlung von Alkoholen in Sulfonsäureester .....	248
6.4	Dehydratisierung von Alkoholen zu Alkenen .....	249
6.5	Dehydratisierung von Alkoholen zu Ethern .....	250
6.6	Oxidation von Alkoholen .....	252
6.7	Exkurs: Dehydrierung von Alkoholen in der Zelle .....	254
7	Mehrwertige Alkohole .....	256
7.1	Darstellung mehrwertiger Alkohole .....	257
7.2	Dynamit und die Nobelstiftung .....	258
7.3	Glykolspaltung von 1,2-Diolen .....	258
8	Lösung der Aufgaben zu Kapitel X .....	261

**Kapitel XI****Ether**

1	Übersicht und Nomenklatur .....	263
2	Darstellung von Ethern .....	265
3	Reaktionen von Ethern .....	267
3.1	Autoxidation von Ethern .....	268
3.2	Bildung von Oxoniumsalzen .....	268
3.3	Etherspaltung durch starke Säuren .....	269
4	Kronenether .....	270
5	Exkurs: Cyclische Ether als Ionophore .....	272
6	Epoxide .....	273
6.1	Darstellung von Epoxiden .....	273
6.2	Reaktionen von Epoxiden .....	275

7	Exkurs: Asymmetrische Synthese eines $\beta$ -Blockers .....	278
8	Schwefelanaloga von Alkoholen und Ethern .....	279
9	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XI .....	284

## Kapitel XII

### Alkine

1	Übersicht und Nomenklatur .....	287
2	Struktur und IR-Spektren von Alkinen .....	288
3	Darstellung von Alkinen .....	290
4	Reaktionen von Alkinen .....	292
4.1	1-Alkine und Acetylide .....	293
4.2	Addition von Wasserstoff an Alkine .....	295
4.3	Elektrophile Additionen an Alkine .....	297
4.4	Nucleophile Additionen an Alkine .....	299
4.5	Acetylen als industrielle Ausgangsverbindung .....	300
5	Zusammenfassung der Reaktionen von Alkinen .....	302
6	Exkurs: Pheromone statt Insektizide .....	303
7	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XII .....	305

## Kapitel XIII

### Mehrfach ungesättigte Kohlenwasserstoffe

1	Einteilung .....	307
2	Stabilität konjugierter Diene .....	309
3	Konformere des Butadiens .....	310
4	UV-Spektren ungesättigter Kohlenwasserstoffe .....	310
5	Konstitution und Farbe .....	311
6	Darstellung konjugierter Olefine .....	313
7	Reaktionen mehrfach ungesättigter Kohlenwasserstoffe .....	316
7.1	Addition von Bromwasserstoff an 1,3-Diene .....	316
7.2	Kinetische und thermodynamische Steuerung der HBr-Addition .....	317
7.3	Weitere Additionen an 1,3-Diene .....	319
7.4	Diels-Alder-Reaktion .....	320

8 Kumulene .....	326
9 Exkurs: Die Photochemie des Sehvorgangs .....	328
10 Lösung der Aufgaben zu Kapitel XIII .....	330

## **Kapitel XIV**

### **Benzoide Aromaten**

1 Sonderstellung des Benzols .....	333
2 Benzoide Aromaten im Überblick .....	334
3 Nomenklatur substituierter Aromaten .....	335
4 Bindungslängen in Aromaten .....	337
5 Bindung in Benzol .....	337
6 Hydrierungswärme von Benzol .....	339
7 Krebserregende Eigenschaft von Aromaten .....	339
8 Gewinnung von Aromaten .....	340
9 Reaktionen von Aromaten – ein Überblick .....	341
10 Elektrophile Substitution an Benzol .....	342
10.1 Nitrierung von Benzol .....	344
10.2 Halogenierung von Benzol .....	345
10.3 Sulfonierung von Benzol .....	346
10.4 Acylierung von Benzol nach Friedel-Crafts .....	348
10.5 Alkylierung von Benzol nach Friedel-Crafts .....	352
10.6 Zusammenfassung elektrophiler Substitutionen .....	357
11 Elektrophile Zweitsubstitution .....	358
11.1 Mechanismus der Zweitsubstitution .....	361
11.2 Quantifizierung der Geschwindigkeit der Zweitsubstitution .....	364
12 Elektrophile Substitution an mehrkernigen Aromaten .....	366
13 Nucleophile aromatische Substitution .....	369
14 Eliminierung am Benzolring: Arine .....	372
15 Exkurs: Herstellung des Gewürzes Vanillin .....	375
16 Additionen an Aromaten .....	377
17 Reaktionen der Seitenkette von Alkyaromaten .....	381
18 Lösung der Aufgaben zu Kapitel XIV .....	384

**Kapitel XV****Nichtbenzoide Aromaten**

1	Benzoide und nichtbenzoide Aromaten. Hückel-Regel .....	389
2	Antiaromaten .....	392
3	NMR-Spektren: Olefine, Aromaten und Antiaromaten .....	395
4	Darstellung nichtbenzoider Aromaten .....	397
5	Reaktionen nichtbenzoider Aromaten .....	402
6	Vergleich: Olefine, Aromaten und Antiaromaten .....	403
7	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XV .....	404

**Kapitel XVI****Metallorganische Verbindungen**

1	Einleitung .....	407
2	Bindung in metallorganischen Verbindungen .....	407
2.1	Moleküle mit kovalenter Bindung .....	408
2.2	Moleküle mit ionischer Bindung .....	408
2.3	Moleküle mit Mehrzentrenbindung .....	409
2.4	$\pi$ -Komplexe und 18-Elektronenregel .....	410
3	Eigenschaften metallorganischer Verbindungen .....	412
4	Darstellung metallorganischer Verbindungen .....	413
4.1	Metallorganische Verbindungen aus C—H-aciden Verbindungen .....	413
4.2	Metallorganische Verbindungen aus Halogenalkanen .....	415
4.3	Metallorganische Verbindungen aus weiteren Vorstufen .....	417
5	Reaktionen metallorganischer Verbindungen .....	419
5.1	Wasser- und Luftempfindlichkeit .....	419
5.2	Lithium- und magnesiumorganische Verbindungen .....	420
5.3	Kupferorganische Verbindungen .....	421
5.4	Bororganische und aluminiumorganische Verbindungen .....	422
6	Übergangsmetallverbindungen und homogene Katalyse .....	424
6.1	Homogene Hydrierung von Alkenen .....	425
6.2	Hydroformylierung von Alkenen zu Aldehyden .....	427
6.3	Metathese von Olefinen. Der Riechstoff Exaltolid .....	429
6.4	Polymerisation von Alkenen .....	431
7	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XVI .....	433

**Kapitel XVII****Aldehyde und Ketone I: Reaktionen an der Carbonylgruppe**

1	Aldehyde und Ketone im Alltag .....	435
2	$\pi$ -Bindung in Aldehyden und Ketonen .....	438
3	IR- und NMR-Spektren von Aldehyden und Ketonen .....	438
4	Darstellung von Aldehyden und Ketonen .....	439
4.1	Technische Herstellung von Aldehyden und Ketonen .....	441
5	Nucleophile Additionen an die Carbonylgruppe .....	442
5.1	Zur Reaktivität von Aldehyden und Ketonen .....	442
5.2	Addition von Wasser: gem-Diole .....	444
5.3	Addition von Alkoholen: Halbacetale und Acetale .....	446
5.4	Addition von Thiolen: Thioacetale .....	448
5.5	Addition von Aminoverbindungen .....	450
5.6	Addition von CH-aciden Verbindungen .....	453
5.7	Addition von metallorganischen Verbindungen. Grignard-Reaktion ...	455
5.8	Reaktion mit Yliden: Wittig-Reaktion .....	461
5.9	Exkurs: Technische Synthese von Vitamin A .....	464
6	Oxidation von Aldehyden und Ketonen .....	466
7	Reduktion von Aldehyden und Ketonen zu Alkoholen .....	469
8	Reduktion von Aldehyden und Ketonen zu Kohlenwasserstoffen .....	470
8.1	Reduktion mit Zink: Clemmensen-Reduktion .....	470
8.2	Reduktion mit Hydrazin: Wolff-Kishner-Reduktion .....	471
9	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XVII .....	473

**Kapitel XVIII****Aldehyde und Ketone II: Reaktionen am  $\alpha$ -C-Atom**

1	Keto-Enol-Gleichgewicht .....	477
2	Lithiumenolate .....	481
3	Racemisierung chiraler Aldehyde und Ketone .....	482
4	Halogenierung von Aldehyden und Ketonen .....	483
5	Alkylierung von Ketonen .....	487
6	Aldoladdition und Aldolkondensation .....	488
6.1	Gemischte Aldoladdition .....	490
6.2	Cyclische Aldoladdition .....	493
6.3	Reaktionen der Aldole .....	494

7 Exkurs: Aldoladditionen in der Zelle .....	495
8 Aminomethylierung von Ketonen: die Mannich-Reaktion .....	497
9 Lösung der Aufgaben zu Kapitel XVIII .....	499

## Kapitel XIX Carbonsäuren

1 Übersicht und Nomenklatur .....	501
2 Vorkommen und Geruch von Carbonsäuren .....	504
3 Wasserstoffbrücken in Carbonsäuren .....	505
4 Darstellung von Carbonsäuren .....	505
5 Reaktionen von Carbonsäuren .....	507
5.1 Acidität von Carbonsäuren .....	509
5.2 Salze von Carbonsäuren. Seifen und Tenside .....	511
5.3 Veresterung von Carbonsäuren mit Alkohol .....	514
5.4 Veresterung von Carbonsäuren mit Diazomethan .....	515
5.5 Umwandlung von Carbonsäuren in Säurehalogenide .....	516
5.6 Reduktion von Carbonsäuren zu primären Alkoholen .....	517
5.7 Decarboxylierung von Carbonsäuren .....	518
5.8 Halogenierung von Carbonsäuren in $\alpha$ -Stellung .....	519
6 Peroxycarbonsäuren .....	520
7 Dicarbonsäuren .....	522
7.1 Darstellung von Dicarbonsäuren .....	524
7.2 Reaktionen von Dicarbonsäuren .....	525
8 Exkurs: der Konservierungsstoff Sorbinsäure .....	528
9 Lösung der Aufgaben zu Kapitel XIX .....	529

## Kapitel XX Derivate von Carbonsäuren

1 Zur Reaktivität von Carbonsäurederivaten .....	531
2 Carbonsäurehalogenide .....	534
2.1 Darstellung von Carbonsäurechloriden .....	534
2.2 Reaktionen von Carbonsäurechloriden .....	535

3	Carbonsäureanhydride .....	539
3.1	Darstellung von Carbonsäureanhydriden .....	539
3.2	Reaktionen von Carbonsäureanhydriden .....	541
4	Carbonsäureamide .....	541
4.1	Einteilung und Vorkommen .....	541
4.2	Bindung und Wasserstoffbrücken bei Carbonsäureamiden .....	543
4.3	<sup>1</sup> H-NMR-Spektren von Carbonsäureamiden .....	544
4.4	Darstellung von Carbonsäureamiden .....	545
4.5	Reaktionen von Carbonsäureamiden .....	546
5	Nitrile .....	551
5.1	Darstellung von Nitrilen .....	551
5.2	Reaktionen von Nitrilen .....	552
6	Carbonsäureester .....	554
6.1	Nomenklatur und Vorkommen .....	554
6.2	Darstellung von Estern .....	555
6.3	Reaktionen an der Estergruppe .....	556
6.4	Reaktionen am $\alpha$ -Kohlenstoffatom von Estern .....	561
6.5	Synthesen mit Malonester- und Acetessigestern .....	566
7	Lactone und Lactame .....	569
7.1	Lactone .....	569
7.2	Lactame .....	571
8	Thiocarbonsäurederivate .....	573
9	Kohlensäurederivate .....	574
10	Exkurs: der Süßstoff Saccharin .....	575
11	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XX .....	577

## Kapitel XXI

### $\alpha$ , $\beta$ -Ungesättigte Carbonylverbindungen

1	Übersicht und Darstellung .....	583
2	Reaktionen – ein Überblick .....	584
3	Elektrophile Additionen .....	585
4	Nucleophile Additionen .....	587
4.1	Addition von Aminen, Thiolen, Alkoholen etc. ....	587
4.2	Addition CH-acider Verbindungen (Michael-Addition) .....	589
4.3	Addition von Aldehyden (Stetter-Reaktion) .....	593
4.4	Addition metallorganischer Verbindungen .....	594

5 Lösung der Aufgaben zu Kapitel XXI .....	595
--	-----

## Kapitel XXII

### Amine

1 Einteilung und Nomenklatur .....	597
2 Struktur von Aminen und Inversion am Stickstoff .....	599
3 Pharmakologische Wirkung von Aminen .....	601
4 Darstellung von Aminen .....	602
5 Reaktionen von Aminen .....	608
5.1 Amine als schwache Säuren .....	609
5.2 Amine als schwache Basen .....	609
5.3 Reaktion von Aminen mit Alkylhalogeniden .....	612
5.4 Reaktion von Aminen mit Carbonsäurechloriden .....	615
5.5 Reaktion von Aminen mit Arensulfonsäurechlorid, Sulfonamide .....	616
5.6 Reaktion von Aminen mit salpetriger Säure .....	618
6 Aromatische Diazoniumsalze .....	621
6.1 Reduktion der Diazoniumgruppe .....	621
6.2 Substitution der Diazoniumgruppe, Sandmeyer-Reaktion .....	621
6.3 Azofarbstoffe .....	625
7 Elektrophile Substitutionen an aromatischen Aminen .....	627
8 Enamine .....	629
9 Lösung der Aufgaben zu Kapitel XXII .....	633

## Kapitel XXIII

### Phenole

1 Einführung und Nomenklatur .....	637
2 Darstellung von Phenolen .....	639
3 Reaktionen von Phenolen .....	642
3.1 Acidität .....	642
3.2 Reaktionen der phenolischen OH-Gruppe .....	644
3.3 Claisen-Umlagerung von Allylethern .....	646
3.4 Elektrophile Substitution am Benzolring von Phenolen .....	648
3.5 Oxidation von Phenolen, Chinone .....	652
3.6 Zusammenfassung der Chemie der Phenole .....	656

4	Exkurs: Synthese des Aromastoffs Menthol aus Kresol .....	657
5	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XXIII .....	660

## Kapitel XXIV

### Heterocyclische Verbindungen

1	Übersicht .....	665
2	Furan, Thiophen und Pyrrol .....	666
2.1	Bindung .....	666
2.2	Darstellung von Furan-, Thiophen- und Pyrrolverbindungen .....	667
2.3	Zur Reaktivität von Furan, Thiophen und Pyrrol .....	670
2.4	Reaktionen des Furans .....	672
2.5	Reaktionen des Thiophens .....	673
2.6	Reaktionen des Pyrrols .....	673
3	Pyridin .....	675
3.1	Bindung .....	675
3.2	Gewinnung von Pyridinverbindungen .....	675
3.3	Reaktionen von Pyridinverbindungen .....	677
4	Chinolin und Isochinolin .....	682
5	Benzodiazepine und kombinatorische Synthese .....	683
6	Exkurs: der Farbstoff Indigo .....	686
7	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XXIV .....	688

## Kapitel XXV

### Kohlenhydrate

1	Einteilung der Kohlenhydrate .....	691
2	Konfiguration von Monosacchariden .....	691
3	Ring-Ketten-Tautomerie. Mutarotation .....	696
4	Wichtige Monosaccharide .....	699
5	Reaktionen von Monosacchariden .....	700
5.1	Reduktion von Monosacchariden .....	700
5.2	Oxidation von Monosacchariden .....	701
5.3	Veresterung von Monosacchariden .....	702
5.4	Glykosidierung von Monosacchariden .....	702
6	Disaccharide .....	704

7 Cyclische Saccharide: Cyclodextrine .....	706
8 Polysaccharide .....	706
8.1 Sekundärstruktur und Hydrolyse von Polysacchariden .....	709
9 Exkurs: Ascorbinsäure aus dem chiralen Reservoir .....	711
10 Nucleinsäuren .....	712
11 Lösung der Aufgaben zu Kapitel XXV .....	716

## Kapitel XXVI

### Lipide

1 Übersicht .....	717
2 Fette und Öle .....	717
2.1 Reaktionen an der Estergruppe .....	720
2.2 Reaktionen an der ungesättigten Seitenkette. Fetthärtung .....	721
3 Wachse .....	722
4 Phospholipide und Zellmembrane .....	722
5 Exkurs: Nachwachsende Rohstoffe .....	724

## Kapitel XXVII

### Aminosäuren, Peptide, Proteine

1 Aminosäuren .....	727
1.1 Struktur von Aminosäuren .....	727
1.2 Konfiguration von Aminosäuren .....	728
1.3 Verwendung von Aminosäuren .....	731
1.4 Darstellung racemischer Aminosäuren .....	731
1.5 Darstellung enantiomerenreiner Aminosäuren .....	734
1.6 Reaktionen von Aminosäuren .....	737
1.7 Nachweis von Aminosäuren: Ninhydrin-Reaktion .....	739
2 Peptide .....	740
2.1 Struktur und Nomenklatur .....	740
2.2 Bedeutung von Peptiden .....	742
2.3 Sequenzanalyse von Peptiden .....	743
2.4 Darstellung von Peptiden in Lösung .....	745
2.5 Darstellung von Peptiden an fester Phase .....	751

3	Proteine .....	753
3.1	Primärstruktur von Proteinen .....	753
3.2	Sekundärstruktur von Proteinen .....	754
3.3	Tertiärstruktur von Proteinen .....	756
3.4	Quartärstruktur von Proteinen .....	757
3.5	Funktion von Proteinen .....	758
3.6	Proteine mit Fremdmolekülen .....	759
4	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XXVII .....	760

### Kapitel XXVIII Weitere Naturstoffe

1	Einteilung der Naturstoffe .....	763
2	Terpene .....	764
3	Steroide .....	769
4	Hormone .....	770
4.1	Steroidhormone .....	771
4.2	Amin- und Peptidhormone .....	773
4.3	Prostaglandinhormone .....	774
5	Stickstoffheterocyclen .....	775
5.1	Alkaloide .....	775
5.2	Porphyrinfarbstoffe .....	778
6	Antibiotika .....	781
7	Vitamine .....	782
8	Lösung der Aufgaben zu Kapitel XXVIII .....	786

### Kapitel XXIX Synthetische Polymere

1	Einteilung von Polymeren .....	789
2	Olefinpolymere .....	790
2.1	Kationische Polymerisation .....	791
2.2	Anionische Polymerisation .....	792
2.3	Radikalische Polymerisation .....	793
2.4	Koordinative Polymerisation .....	795
3	Diolenpolymere .....	796

4 Verwendung von Olefinpolymeren .....	798
5 Copolymere .....	799
6 Polymere von Epoxiden .....	800
7 Polyester und Polyamide .....	801
7.1 Polyester .....	801
7.2 Polyamide .....	802
7.3 Ausgangsverbindungen für Polyester und Polyamide .....	803
8 Polyurethane .....	805
9 Phenol-Formaldehyd-Harze .....	805
10 Harnstoff-Formaldehyd-Harze .....	807
11 Lösung der Aufgaben zu Kapitel XXIX .....	808

## Kapitel XXX

### Pericyclische Reaktionen

1 Definition .....	811
2 Elektrocyclische Reaktionen .....	812
2.1 Stereochemie elektrocyclischer Reaktionen .....	813
2.2 Orbitalsymmetrie und Drehrichtung .....	814
2.3 Regeln für elektrocyclische Reaktionen .....	815
3 Synchrone Cycloadditionen .....	817
3.1 Stereochemie synchroner Cycloadditionen .....	818
3.2 Orbitalsymmetrie bei Cycloadditionen .....	820
3.3 Regeln für synchrone Cycloadditionen .....	822
3.4 Synchrone und stufenweise Cycloadditionen .....	822
4 Sigmatrope Umlagerungen .....	823
4.1 Stereochemie sigmatroper Umlagerungen .....	823
4.2 Orbitalsymmetrie bei Umlagerungen .....	824
4.3 Regeln für sigmatrope Umlagerungen .....	827
5 Exkurs: Pericyclische Reaktionen in der Biochemie .....	827
6 Lösung der Aufgaben zu Kapitel XXX .....	829
Sachregister .....	831