

Kapitelübersicht

1	Was ist organische Chemie?	1
2	Strukturen organischer Verbindungen	17
3	Aufklärung organischer Strukturen	49
4	Struktur von Molekülen	89
5	Organische Reaktionen	119
6	Nucleophile Addition an die Carbonylgruppe	139
7	Delokalisierung und Konjugation	157
8	Acidität, Basizität und pK_a -Wert	181
9	Verwendung von metallorganischen Reagenzien zur Bildung von C–C-Bindungen	203
10	Nucleophile Substitution an der Carbonylgruppe	221
11	Nucleophile Substitution an C=O mit Verlust des Carbonyl-Sauerstoffatoms	247
12	Gleichgewichte, Geschwindigkeiten und Mechanismen	267
13	$^1\text{H-NMR}$: Protonen-Kernmagnetresonanz	299
14	Stereochemie	333
15	Nucleophile Substitution am gesättigten Kohlenstoffatom	363
16	Konformationsanalyse	399
17	Eliminierungsreaktionen	425
18	Spektroskopische Methoden – ein Überblick	451
19	Elektrophile Addition an Alkene	475
20	Herstellung und Reaktionen von Enolen und Enolaten	497
21	Elektrophile aromatische Substitution	521
22	Konjugierte Addition und nucleophile aromatische Substitution	551
23	Chemoselektivität und Schutzgruppen	583
24	Regioselektivität	619
25	Alkylierung von Enolaten	643
26	Reaktionen von Enolaten mit Carbonylverbindungen: Aldol- und Claisen-Reaktionen	677

27 Schwefel, Silicium und Phosphor in der organischen Chemie	721
28 Retrosynthetische Analyse	763
29 Aromatische Heterocyclen 1: Reaktionen	795
30 Aromatische Heterocyclen 2: Synthese	831
31 Gesättigte Heterocyclen und stereoelektronische Effekte	865
32 Stereoselektivität bei cyclischen Molekülen	905
33 Diastereoselektivität	935
34 Pericyclische Reaktionen 1: Cycloadditionen	961
35 Pericyclische Reaktionen 2: sigmatrope Umlagerungen und electrocyclische Reaktionen	995
36 Nachbargruppenbeteiligung, Umlagerung und Fragmentierung	1021
37 Radikalreaktionen	1063
38 Synthese und Reaktionen von Carbenen	1099
39 Aufklärung von Reaktionsmechanismen	1127
40 Metallorganische Chemie	1173
41 Asymmetrische Synthese	1209
42 Organische Chemie des Lebens	1245
43 Organische Chemie heute	1281

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	XVII	Massenspektren, NMR- und IR-Spektroskopie ermöglichen zusammen eine schnelle Identifizierung	81
Vorwort zur zweiten englischen Auflage	XIX	Doppelbindungsäquivalente helfen bei der Suche nach einer Struktur	83
Die organische Chemie und dieses Buch	XXIII	Ausblick auf die Kapitel 13 und 18	87
1 Was ist organische Chemie?	1	Weiterführende Literatur	88
Die organische Chemie und Sie	1	4 Struktur von Molekülen	89
Organische Verbindungen	2	Einleitung	89
Die organische Chemie und die Industrie ..	7	Elektronen besetzen Atomorbitale	93
Die organische Chemie und das Periodensystem	13	Molekülorbitale – zweiatomige Moleküle ..	98
Die organische Chemie und dieses Buch ..	14	Bindungen zwischen unterschiedlichen Atomen	106
Weiterführende Literatur	15	Hybridisierung von Atomorbitalen	110
2 Strukturen organischer Verbindungen	17	Rotation und Rigidität	116
Kohlenwasserstoffgerüste und funktionelle Gruppen	18	Zum Abschluss	117
Zeichnen von Molekülen	20	Ausblick	117
Kohlenwasserstoffgerüste	25	Weiterführende Literatur	118
Funktionelle Gruppen	31	5 Organische Reaktionen	119
Kohlenstoffatome, die funktionelle Gruppen tragen, können nach der Oxidationsstufe klassifiziert werden	36	Chemische Reaktionen	119
Benennung von Verbindungen	38	Nucleophile und Elektrophile	124
Wie bezeichnen Chemiker die Verbindungen tatsächlich?	41	Gebogene Pfeile stehen für Reaktionsmechanismen	129
Wie sollten Sie Verbindungen benennen? ..	46	Reaktionsmechanismen mit gebogenen Pfeilen selbst zeichnen	133
Weiterführende Literatur	47	Weiterführende Literatur	138
3 Aufklärung organischer Strukturen	49	6 Nucleophile Addition an die Carbonylgruppe	139
Einleitung	49	Molekülorbitale erklären die Reaktivität der Carbonylgruppe	139
Massenspektrometrie	53	Angriff des Cyanid-Ions auf Aldehyde und Ketone	141
Massenspektrometrie weist Isotope nach ..	55	Der Winkel des nucleophilen Angriffs auf Aldehyde und Ketone	143
Die atomare Zusammensetzung lässt sich mithilfe von hochauflösender Massenspektrometrie bestimmen	57	Nucleophiler Angriff des Hydrid-Ions auf Aldehyde und Ketone	144
Kernmagnetresonanz-(NMR-) Spektroskopie	59	Addition metallorganischer Reagenzien an Aldehyde und Ketone	146
Bereiche des ¹³ C-NMR-Spektrums	64	Addition von Wasser an Aldehyde und Ketone	148
Verschiedene Beschreibungen der chemischen Verschiebung	64	Halbacetale aus der Reaktion von Alkoholen mit Aldehyden und Ketonen ..	150
Eine Führung durch die ¹³ C-NMR-Spektren einiger einfacher Moleküle	65		
Das ¹ H-NMR-Spektrum	66		
Infrarotspektren	71		

Auch Ketone bilden Halbacetale	151	Verwendung von metallorganischen Verbindungen zur Herstellung von organischen Molekülen	212
Säure- und Basekatalyse der Halbacetal- und Hydratbildung	152	Oxidation von Alkoholen	217
Bisulfit-Additionsverbindungen	153	Ausblick	219
Weiterführende Literatur	155	Weiterführende Literatur	219
7 Delokalisierung und Konjugation	157	10 Nucleophile Substitution an der Carbonylgruppe	221
Einführung	157	Durch nucleophile Addition an eine Carbonylgruppe entsteht nicht immer eine stabile Verbindung	221
Struktur von Ethen (Ethylen, $\text{CH}_2=\text{CH}_2$) ...	158	Carbonsäurederivate	222
Moleküle mit mehr als einer C=C-Doppelbindung	159	Warum sind tetraedrische Zwischenstufen instabil?	224
Konjugation von zwei π -Bindungen	162	Nicht alle Carbonsäurederivate sind gleichermaßen reaktiv	230
Spektren im UV- und sichtbaren Bereich ..	165	Säurekatalysatoren erhöhen die Reaktivität der Carbonylgruppe	232
Das Allylsystem	167	Säurechloride entstehen aus Carbonsäuren mit SOCl_2 oder PCl_5	239
Delokalisierung über drei Atome ist ein häufiges Strukturmerkmal	171	Herstellung anderer Verbindungen durch Substitutionsreaktionen von Säurederivaten	241
Aromatizität	174	Herstellung von Ketonen aus Estern: das Problem	241
Weiterführende Literatur	180	Herstellung von Ketonen aus Estern: die Lösung	243
8 Acidität, Basizität und $\text{p}K_a$-Wert	181	Zusammenfassung	246
Organische Verbindungen sind als Ionen besser in Wasser löslich	181	Zum Abschluss	246
Geladene Verbindungen können durch Säure-Base-Extraktion abgetrennt werden	182	Weiterführende Literatur	246
Säuren, Basen und $\text{p}K_a$ -Wert	183	11 Nucleophile Substitution an C=O mit Verlust des Carbonyl-Sauerstoffatoms ...	247
Acidität	184	Einführung	247
Die Definition des $\text{p}K_a$ -Wertes	188	Aldehyde können mit Alkoholen zu Halbacetalen reagieren	248
Entwickeln einer $\text{p}K_a$ -Skala	191	Acetale entstehen aus Aldehyden oder Ketonen und Alkoholen in Gegenwart von Säure	250
Stickstoffverbindungen als Säuren und Basen	194	Amine reagieren mit Carbonylverbindungen	254
Substituenten beeinflussen den $\text{p}K_a$ -Wert	196	Imine sind die Stickstoffanaloga von Carbonylverbindungen	256
Carbonsäuren	197	Zusammenfassung	264
Die Anwendung des $\text{p}K_a$ -Wertes – die Entwicklung des Arzneistoffes Cimetidin ..	199	Weiterführende Literatur	265
Lewis-Säuren und Lewis-Basen	201		
Weiterführende Literatur	202		
9 Verwendung von metallorganischen Reagenzien zur Bildung von C–C-Bindungen	203		
Einführung	203		
Metallorganische Verbindungen enthalten eine Kohlenstoff-Metall-Bindung	204		
Die Herstellung von metallorganischen Verbindungen	206		

12	Gleichgewichte, Geschwindigkeiten und Mechanismen	267	Die Trennung von Enantiomeren wird Racematspaltung genannt	355
	Wie weit und wie schnell?	268	Weiterführende Literatur	361
	Wie das Gleichgewicht zugunsten des erwünschten Produkts verschoben wird	272	15 Nucleophile Substitution am gesättigten Kohlenstoffatom	363
	Entropie ist für die Bestimmung von Gleichgewichtskonstanten wichtig	274	Mechanismen der nucleophilen Substitution	363
	Gleichgewichtskonstanten sind temperaturabhängig	276	Wie können wir entscheiden, welcher Mechanismus (S_N1 oder S_N2) bei einer bestimmten organischen Verbindung auftritt?	368
	Einführung in die Kinetik: Wie wir Reaktionen schneller und sauberer ablaufen lassen	278	Eine genauere Betrachtung der S_N1 -Reaktion	369
	Geschwindigkeitsgleichungen	286	Eine genauere Betrachtung der S_N2 -Reaktion	376
	Katalyse bei Substitutionsreaktionen an Carbonylgruppen	291	Unterschiede zwischen S_N1 - und S_N2 -Reaktionen	379
	Kinetische gegen thermodynamische Produkte	294	Die Abgangsgruppe bei S_N1 - und S_N2 -Reaktionen	385
	Zusammenfassung von Mechanismen aus den Kapiteln 6–12	296	Das Nucleophil bei S_N1 -Reaktionen	390
	Weiterführende Literatur	297	Das Nucleophil bei S_N2 -Reaktionen	391
13	$^1\text{H-NMR}$: Protonen-Kernmagnetresonanz-Spektroskopie	299	Nucleophile und Abgangsgruppen im Vergleich	396
	Die Unterschiede zwischen ^{13}C - und $^1\text{H-NMR}$ -Spektroskopie	299	Ausblick: Eliminierungs- und Umlagerungsreaktionen	397
	Integration verrät uns die Zahl der Wasserstoffatome in jedem Peak	300	Weiterführende Literatur	398
	Bereiche des $^1\text{H-NMR}$ -Spektrums	302	16 Konformationsanalyse	399
	Protonen an gesättigten Kohlenstoffatomen	303	Drehung um Bindungen ermöglicht es Atomketten, mehrere Konformationen einzunehmen	399
	Die Alkenregion und die Benzolregion	308	Konformation und Konfiguration	400
	Die Aldehydregion: ungesättigte, an Sauerstoff gebundene Kohlenstoffatome	313	Rotationsbarrieren	401
	Protonen an Heteroatomen haben variabelere Verschiebungen als Protonen an Kohlenstoffatomen	314	Konformationen von Ethan	402
	Kopplung im $^1\text{H-NMR}$ -Spektrum	317	Konformationen von Propan	404
	Zusammenfassung	332	Konformationen von Butan	404
	Weiterführende Literatur	332	Ringspannung	406
14	Stereochemie	333	Nähere Betrachtung von Cyclohexan	410
	Manche Verbindungen können als Paare von Spiegelbildern vorliegen	333	Substituierte Cyclohexane	415
	Diastereoisomere sind Stereoisomere, die keine Enantiomere sind	343	Zum Abschluss	422
	Chirale Verbindungen ohne stereogene Zentren	353	Weiterführende Literatur	423
	Symmetrieachsen und -zentren	354	17 Eliminierungsreaktionen	425
			Substitution und Eliminierung	425
			Wie das Nucleophil die Wahl zwischen Eliminierung und Substitution beeinflusst	427

E1- und E2-Mechanismus	429	Elektrophile Additionen an Alkene können stereospezifisch sein	487
Die Struktur des Substrats kann E1- Reaktionen ermöglichen	431	Addition zweier Hydroxylgruppen: Dihydroxylierung	490
Die Rolle der Abgangsgruppe	433	Vollständiger Bruch einer Doppelbindung: Periodatspaltung und Ozonolyse	491
E1-Reaktionen können stereoselektiv sein	435	Addition einer Hydroxylgruppe: Wie Wasser an eine Doppelbindung addiert wird	492
E2-Eliminierungen haben antiperiplanare Übergangszustände	438	Zum Abschluss: eine Übersicht elektrophiler Additionsreaktionen	495
Regioselektivität von E2-Eliminierungen	442	Weiterführende Literatur	496
Anionenstabilisierende Gruppen erlauben einen anderen Mechanismus: E1cB	443	20 Herstellung und Reaktionen von Enolen und Enolaten	497
Zum Abschluss	448	Eine Mischung von Verbindungen als Reinsubstanz?	497
Weiterführende Literatur	450	Tautomerie: Bildung von Enolen durch Protontransfer	498
18 Spektroskopische Methoden – ein Überblick	451	Warum gibt es einfache Aldehyde und Ketone nicht als Enole?	499
Gründe für dieses Kapitel	451	Nachweis für das Gleichgewicht von Carbonylverbindungen und Enolen ..	499
Spektroskopie und Carbonylchemie	452	Enolisierung wird durch Säuren und Basen katalysiert	500
Säurederivate lassen sich am besten durch Infrarot-Spektroskopie unterscheiden	455	Ein Enolat-Ion ist die Zwischenstufe bei der basekatalysierten Reaktion	501
Kleine Ringe führen zu Spannung innerhalb des Rings und zu einem stärkeren s-Charakter außerhalb	457	Zusammenfassung: Arten von Enolen und Enolaten	502
Einfache Berechnungen von C=O- Streckfrequenzen in IR-Spektren	458	Stabile Enole	504
NMR-Spektren von Alkinen und kleinen Ringen	458	Folgen der Enolisierung	507
Die ¹ H-NMR-Spektroskopie unterscheidet axiale und äquatoriale Protonen in Cyclohexanen	460	Reaktion mit Enolen oder Enolaten als Zwischenstufen	509
Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Kernen können zu gewaltigen Kopplungskonstanten führen	460	Stabile Äquivalente von Enolat-Ionen	514
Spektroskopische Identifizierung von Produkten	464	Reaktionen von Enolen und Enolaten am Sauerstoffatom: Herstellung von Enolethern	515
Tabellen	468	Reaktionen von Enolethern	516
Weiterführende Literatur	473	Zum Abschluss	519
19 Elektrophile Addition an Alkene	475	Weiterführende Literatur	519
Alkene reagieren mit Brom	475	21 Elektrophile aromatische Substitution ...	521
Oxidation von Alkenen zu Epoxiden	477	Einführung: Enole und Phenole	521
Die elektrophile Addition an unsymmetrische Alkene ist regioselektiv	481	Benzol und seine Reaktionen mit Elektrophilen	523
Elektrophile Addition an Diene	483	Elektrophile Substitution an Phenolen ...	529
Unsymmetrische Bromonium-Ionen öffnen sich regioselektiv	484	Das freie Elektronenpaar von Stickstoff aktiviert noch stärker	533

Alkylbenzole reagieren ebenfalls in der <i>ortho</i> - und <i>para</i> -Position	535	Selektivität bei Oxidationsreaktionen	600
Elektronenziehende Substituenten führen zu <i>meta</i> -Produkten	538	Konkurrierende Reaktivität: Auswahl der reagierenden Gruppen	603
Halogene wirken elektronenschiebend und -ziehend zugleich	540	Überblick über Schutzgruppen	606
Zwei oder mehr Substituenten können kooperieren oder konkurrieren	542	Zum Abschluss	617
Einige Probleme und einige Möglichkeiten	544	Weiterführende Literatur	618
Eine nähere Betrachtung der Friedel-Crafts-Chemie	544	24 Regioselektivität	619
Anwendungen der Chemie der Nitrogruppe	546	Einführung	619
Zusammenfassung	547	Die Regioselektivität bei der elektrophilen aromatischen Substitution	620
Weiterführende Literatur	549	Elektrophiler Angriff an Alkenen	628
22 Konjugierte Addition und nucleophile aromatische Substitution	551	Regioselektivität bei Radikalreaktionen ..	629
Mit Carbonylgruppen konjugierte Alkene	551	Nucleophiler Angriff an Allylverbindungen	632
Konjugierte Alkene können elektrophil sein	553	Elektrophiler Angriff an konjugierten Dienen	638
Zusammenfassung: Faktoren, die die konjugierte Addition steuern	564	Konjugierte Addition	640
Einbeziehung anderer elektronenarmer Alkene in die Reaktion	564	Die Regioselektivität in Anwendung	641
Konjugierte Substitution	566	Weiterführende Literatur	642
Nucleophile Epoxidierung	567	25 Alkylierung von Enolaten	643
Nucleophile aromatische Substitution ...	569	Carbonylgruppen weisen unterschiedliche Reaktivität auf	643
Der Additions-Eliminierungs-Mechanismus	569	Einige wichtige Betrachtungen, die alle Alkylierungen betreffen	644
Der S _N 1-Mechanismus der nucleophilen aromatischen Substitution – Diazoniumverbindungen	575	Nitrile und Nitroalkane können alkyliert werden	644
Der Dehydrobenzol-Mechanismus	577	Die Wahl des Elektrophils für die Alkylierung	647
Zum Abschluss	581	Lithiumenolate von Carbonylverbindungen	647
Weiterführende Literatur	582	Alkylierungen von Lithiumenolaten	648
23 Chemoselektivität und Schutzgruppen ..	583	Verwendung spezieller Enol-Äquivalente zur Alkylierung von Aldehyden und Ketonen	651
Selektivität	583	Alkylierung von β-Dicarbonylverbindungen	655
Reduktionsmittel	585	Die Alkylierung von Ketonen und die Regioselektivität	659
Reduktion von Carbonylgruppen	585	Enone liefern eine Lösung für Probleme der Regioselektivität	662
Wasserstoff als Reduktionsmittel: katalytische Hydrierung	590	Verwendung von Michael-Akzeptoren als Elektrophile	666
Entfernung von funktionellen Gruppen ..	596	Zum Abschluss	674
Reduktionen mit sich auflösenden Metallen	598	Weiterführende Literatur	675

26	Reaktionen von Enolaten mit Carbonylverbindungen: Aldol- und Claisen-Reaktionen	677			
	Einführung	678			
	Die Aldolreaktion	678			
	Kreuzkondensationen	682			
	Spezielle Enol-Äquivalente können zur Steuerung von Aldolreaktionen verwendet werden	688			
	Wie Aldolreaktionen von Estern gesteuert werden	695			
	Wie Aldolreaktionen von Aldehyden gesteuert werden	696			
	Wie Aldolreaktionen von Ketonen gesteuert werden	698			
	Intramolekulare Aldolreaktionen	701			
	Acylierung am Kohlenstoffatom	705			
	Gekreuzte Esterkondensationen	708			
	Zusammenfassung: Herstellung von Ketoestern über die Claisen-Reaktion	712			
	Steuerung der Acylierung mit speziellen Enol-Äquivalenten	713			
	Intramolekulare gekreuzte Claisen-Esterkondensationen	718			
	Carbonylchemie – wohin als Nächstes? ...	720			
	Weiterführende Literatur	720			
27	Schwefel, Silicium und Phosphor in der organischen Chemie	721			
	Nützliche Hauptgruppenelemente	721			
	Schwefel: ein Element der Widersprüche	722			
	Schwefelstabilisierte Anionen	725			
	Sulfoniumsalze	730			
	Sulfonium-Ylide	731			
	Silicium und Kohlenstoff im Vergleich	734			
	Allylsilane als Nucleophile	741			
	Die selektive Synthese von Alkenen	744			
	Die Eigenschaften von Alkenen hängen von ihrer Geometrie ab	745			
	Ausnutzen cyclischer Verbindungen	746			
	Gleichgewichtseinstellung bei Alkenen ..	746			
	E- und Z-Alkene lassen sich durch stereoselektive Addition an Alkine erzeugen	749			
	Durch stereoselektive Eliminierungsreaktionen können überwiegend E-Alkene gebildet werden	752			
	Die Julia-Olefinierung ist regio-spezifisch und gerüstaufbauend	754			
	Stereospezifische Eliminierungen können reine einzelne Isomere von Alkenen ergeben	756			
	Vielleicht die wichtigste Alkensynthese: die Wittig-Reaktion	757			
	Zum Abschluss	761			
	Weiterführende Literatur	761			
28	Retrosynthetische Analyse	763			
	Kreative Chemie	763			
	Retrosynthetische Analyse: Rückwärtssynthese	764			
	Zerlegungen müssen zu bekannten, zuverlässigen Reaktionen führen	764			
	Synthone sind idealisierte Reagenzien ...	765			
	Mehrstufige Synthesen: Vermeiden Sie Probleme mit der Chemoselektivität	768			
	Umwandlung von funktionellen Gruppen	769			
	Zwei-Gruppen-Zerlegungen sind besser als Ein-Gruppen-Zerlegungen	772			
	C-C-Zerlegungen	776			
	Verfügbarkeit von Ausgangssubstanzen	781			
	Donor- und Akzeptorsynthone	781			
	Zwei-Gruppen-C-C-Zerlegungen	782			
	Funktionelle Gruppen in 1,5-Stellung	789			
	„Natürliche Reaktivität“ und „Umpolung“	790			
	Zum Abschluss	792			
	Weiterführende Literatur	793			
29	Aromatische Heterocyclen 1: Reaktionen	795			
	Die Aromatizität bleibt erhalten, wenn Teile des Benzolrings durch Stickstoffatome ersetzt werden	796			
	Pyridin ist ein sehr reaktionsträges aromatisches Imin	798			
	Sechsgliedrige aromatische Heterocyclen mit Sauerstoffatom	805			
	Fünfgliedrige aromatische Heterocyclen gehen leicht elektrophile Substitutionen ein	805			
	Furan und Thiophen: Sauerstoff- und Schwefelanaloga von Pyrrol	808			
	Weitere Reaktionen fünfgliedriger Heterocyclen	811			

Fünfringe mit zwei oder mehr Stickstoffatomen	814	Konformation gesättigter Heterocyclen ..	872
Mit Benzol anellierte Heterocyclen	819	Herstellung von Heterocyclen:	
Sechsringe mit weiteren Stickstoffatomen	822	Ringschlussreaktionen	883
Mit Pyridin anellierte Ringe: Chinoline und Isochinoline	823	Ringgröße und NMR-Spektren	893
Aromatische Heterocyclen können mehrere Stickstoffatome, jedoch nur ein Schwefel- oder Sauerstoffatom im Ring enthalten	827	Geminale (² J-) Kopplung	897
Es gibt Tausende weiterer Heterocyclen	827	Diastereotope Gruppen	900
Welche Heterocyclen sollten Sie sich merken?	828	Zusammenfassung	904
Weiterführende Literatur	830	Weiterführende Literatur	904
30 Aromatische Heterocyclen 2: Synthese ...	831	32 Stereoselektivität bei cyclischen Molekülen	905
Die Thermodynamik kommt uns zu Hilfe	832	Einleitung	905
Zuerst kommt die Zerlegung der Kohlenstoff-Heteroatom-Bindung	832	Stereochemische Kontrolle bei sechsgliedrigen Ringen	906
Pyrrole, Thiophene und Furane aus 1,4-Dicarbonylverbindungen	834	Reaktionen an kleinen Ringen	913
Herstellung von Pyridinen: die Hantzsch-Pyridinsynthese	838	Regiochemische Kontrolle bei Cyclohexenepoxiden	917
Pyrazole und Pyridazine aus Hydrazin und Dicarbonylverbindungen	842	Stereoselektivität bei bicyclischen Verbindungen	920
Pyrimidine können aus 1,3-Dicarbonylverbindungen und Amidinen hergestellt werden	845	Anellierte bicyclische Verbindungen	922
Bei unsymmetrischen Nucleophilen gibt es ein Problem mit der Selektivität ..	846	Spirocyclische Verbindungen	928
Isoxazole werden aus Hydroxylamin oder durch Cycloaddition hergestellt	847	Reaktionen mit cyclischen Zwischenstufen oder cyclischen Übergangszuständen	928
Auch Tetrazole und Triazole werden durch Cycloadditionen hergestellt	849	Zusammenfassung	933
Die Fischer-Indolsynthese	851	Weiterführende Literatur	933
Chinoline und Isochinoline	855	33 Diastereoselektivität	935
Mehr Heteroatome in anellierten Ringen bedeuten mehr Möglichkeiten bei Synthesereaktionen	859	Rückblick	935
Zusammenfassung: die drei wichtigsten Methoden zur Synthese aromatischer Heterocyclen	860	Prochiralität	939
Weiterführende Literatur	863	Additionen an Carbonylgruppen können auch ohne Ringe diastereoselektiv sein	942
31 Gesättigte Heterocyclen und stereoelektronische Effekte	865	Stereoselektive Reaktionen acyclischer Alkene	949
Einführung	865	Aldolreaktionen können stereoselektiv sein	952
Reaktionen gesättigter Heterocyclen	867	Einzelne Diastereoisomere aus diastereoselektiven Reaktionen	955
		Ausblick	960
		Weiterführende Literatur	960
		34 Pericyclische Reaktionen 1: Cycloadditionen	961
		Eine neuer Reaktionstyp	961
		Allgemeine Beschreibung der Diels-Alder-Reaktion	963

Die Darstellung von Cycloadditionen durch Grenzorbitale	970	Die Wanderung zum Sauerstoffatom – Baeyer-Villiger-Reaktion	1045
Die Regioselektivität bei Diels-Alder-Reaktionen	973	Die Beckmann-Umlagerung	1050
Die Beschreibung der Diels-Alder-Reaktion mit den Woodward-Hoffmann-Regeln	976	Polarisierung von C–C-Bindungen fördert die Fragmentierung	1053
Abfangen reaktiver Zwischenstufen durch Cycloadditionen	978	Fragmentierungen werden durch die Stereochemie gesteuert	1055
Weitere thermische Cycloadditionen	979	Ringerweiterung durch Fragmentierung	1057
Photochemische [2+2]-Cycloadditionen ..	982	Steuerung von Doppelbindungen mittels Fragmentierung	1059
Thermische [2+2]-Cycloadditionen	984	Die Synthese von Nootkaton – ein Vorzeigeprojekt für Fragmentierungen ..	1059
Bildung fünfgliedriger Ringe: 1,3-dipolare Cycloadditionen	987	Ausblick	1062
Zwei sehr wichtige Synthesereaktionen: Cycloaddition von Alkenen mit Osmiumtetroxid und mit Ozon	991	Weiterführende Literatur	1062
Zusammenfassung: Cycloadditionen	994	37 Radikalreaktionen	1063
Weiterführende Literatur	994	Radikale haben ungepaarte Elektronen ..	1063
35 Pericyclische Reaktionen 2: sigmatrope Umlagerungen und electrocyclische Reaktionen	995	Radikale entstehen durch Homolyse schwacher Bindungen	1064
Sigmatrope Umlagerungen	995	Die meisten Radikale sind äußerst reaktiv	1068
Die Beschreibung von [3,3]-sigmatropen Umlagerungen anhand von Orbitalen	998	Analyse der Struktur von Radikalen – Elektronenspinresonanz	1069
Die Steuerung von [3,3]-sigmatropen Umlagerungen	1000	Stabilität von Radikalen	1071
[2,3]-sigmatrope Umlagerungen	1004	Wie reagieren Radikale?	1073
[1,5]-sigmatrope Wasserstoffverschiebungen	1006	Radikal-Radikal-Reaktionen	1074
Electrocyclische Reaktionen	1010	Radikalkettenreaktionen	1079
Weiterführende Literatur	1019	Chlorierung von Alkanen	1080
36 Nachbargruppenbeteiligung, Umlagerung und Fragmentierung	1021	Allylbromierung	1084
Nachbargruppen können Substitutionsreaktionen beschleunigen ..	1022	Umkehrung der Selektivität: radikalische Substitution von Brom durch Wasserstoff	1085
Umlagerungen erfolgen, wenn eine beteiligte Gruppe schließlich an ein anderes Atom gebunden wird	1028	Die Bildung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen mit Radikalen ..	1087
Carbokationen lagern sich leicht um	1032	Das Reaktivitätsmuster von Radikalen ist ganz anders als das von polaren Reagenzien	1093
Die Pinakol-Umlagerung	1037	Bildung von Alkylradikalen aus Boranen und Sauerstoff	1094
Die Dienon-Phenol-Umlagerung	1041	Intramolekulare Radikalreaktionen sind effektiver als intermolekulare Radikalreaktionen	1095
Die Benzilsäure-Umlagerung	1042	Ausblick	1097
Die Favorskii-Umlagerung	1042	Weiterführende Literatur	1098

38	Synthese und Reaktionen von Carbenen	1099	Palladium ist das Metall, das am häufigsten bei der homogenen Katalyse verwendet wird	1184		
	Diazomethan bildet aus Carbonsäuren Methylester	1099	Die Heck-Reaktion kuppelt ein organisches Halogenid oder Triflat und ein Alken	1185		
	Photolyse von Diazomethan führt zu einem Carben	1101	Kreuzkupplung von metallorganischen Reagenzien und Halogeniden	1188		
	Wie weisen wir nach, dass Carbene existieren?	1102	Allylische Elektrophile werden durch Palladium(0) aktiviert	1195		
	Wege zur Bildung von Carbenen	1102	Palladiumkatalysierte Aminierung aromatischer Ringe	1199		
	Carbene können in zwei Gruppen eingeteilt werden	1107	An Palladium(II) koordinierte Alkene werden von Nucleophilen angegriffen	1202		
	Wie reagieren Carbene?	1110	Palladiumkatalyse bei der Totalsynthese eines natürlichen Alkaloids	1205		
	Carbene reagieren mit Alkenen unter Bildung von Cyclopropanen	1111	Eine Übersicht zu einigen weiteren Übergangsmetallen	1206		
	Insertion in C–H-Bindungen	1116	Weiterführende Literatur	1208		
	Umlagerungsreaktionen	1118	41	Asymmetrische Synthese	1209	
	Nitrene sind die Stickstoffanaloga von Carbenen	1119		Die Natur ist asymmetrisch	1209	
	Metathese von Alkenen	1121		Der chirale Pool: chirale Zentren „von der Stange“ der Natur	1211	
	Zusammenfassung	1125		Racematspaltung kann zur Trennung von Enantiomeren eingesetzt werden	1214	
	Weiterführende Literatur	1126		Chirale Hilfsstoffe	1214	
				Chirale Reagenzien	1221	
39	Aufklärung von Reaktionsmechanismen	1127		Asymmetrische Katalyse	1222	
	Es gibt Mechanismen und Mechanismen	1127		Asymmetrische Bildung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen	1235	
	Aufklärung von Reaktionsmechanismen: die Cannizzaro-Reaktion	1129		Asymmetrische Aldolreaktionen	1238	
	Sich der Struktur des Produkts sicher sein	1134		Enzyme als Katalysatoren	1241	
	Systematische strukturelle Variation	1139		Weiterführende Literatur	1243	
	Die Hammett-Beziehung	1140		42	Organische Chemie des Lebens	1245
	Andere kinetische Hinweise auf Reaktionsmechanismen	1150			Primärmetabolismus	1245
	Säure- und Basekatalyse	1154			Nucleinsäuren spielen eine Schlüsselrolle für alles Leben	1246
	Der Nachweis von Zwischenstufen	1161			Proteine sind aus Aminosäuren aufgebaut	1250
	Stereochemie und Mechanismus	1165			Zucker – nur Energiequellen?	1254
	Zusammenfassung: Methoden für die Aufklärung von Mechanismen	1170			Lipide	1259
	Weiterführende Literatur	1171			Mechanismen der biologischen Chemie	1261
40	Metallorganische Chemie	1173			Naturstoffe	1268
	Übergangsmetalle erweitern die Bandbreite organischer Reaktionen	1173				
	Die 18-Elektronen-Regel	1174				
	Bindungsverhältnisse und Reaktionen von Übergangsmetallkomplexen	1177				

Fettsäuren und andere Polyketide entstehen aus Acetyl-CoA	1273
Terpene sind flüchtige Substanzen aus Pflanzen	1277
Weiterführende Literatur	1280
43 Organische Chemie heute	1281
Wissenschaftlicher Fortschritt entsteht durch Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen	1281
Chemie gegen Viren	1282
Die Zukunft der organischen Chemie	1291
Weiterführende Literatur	1294
Bildnachweis	1295
Periodensystem	1296
Index	1299