

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_s -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	^1H -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 ^1H -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 $\text{p}K_\text{s}$-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 $\text{p}K_\text{s}$ -Wert	183	11 Nucleophile Substitution an C=O mit Verlust des Carbonyl-Sauerstoffatoms ...	247
Acidität	184	Einführung	247
Die Definition des $\text{p}K_\text{s}$ -Wertes	188	Aldehyde können mit Alkoholen zu Halbacetalen reagieren	248
Entwickeln einer $\text{p}K_\text{s}$ -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 $\text{p}K_\text{s}$ -Wert	196	Imine sind die Stickstoffanaloga von Carbonylverbindungen	256
Carbonsäuren	197	Zusammenfassung	264
Die Anwendung des $\text{p}K_\text{s}$ -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 ^1H-NMR: Protonen-Kernmagnetresonanz-Spektroskopie	299	Nucleophile und Abgangsgruppen im Vergleich	396
Die Unterschiede zwischen ^{13}C - und ^1H -NMR-Spektroskopie	299	Ausblick: Eliminierungs- und Umlagerungsreaktionen	397
Integration verrät uns die Zahl der Wasserstoffatome in jedem Peak	300	Weiterführende Literatur	398
Bereiche des ^1H -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 variablere Verschiebungen als Protonen an Kohlenstoffatomen	314	Konformationen von Ethan	402
Kopplung im ^1H -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	
Die Struktur des Substrats kann E1-Reaktionen ermöglichen	431	können stereospezifisch sein	487
Die Rolle der Abgangsgruppe	433	Addition zweier Hydroxylgruppen:	
E1-Reaktionen können stereoselektiv sein	435	Dihydroxylierung	490
E2-Eliminierungen haben antiperiplanare Übergangszustände	438	Vollständiger Bruch einer Doppelbindung: Periodatspaltung und Ozonolyse	491
Regioselektivität von E2-Eliminierungen	442	Addition einer Hydroxylgruppe: Wie Wasser an eine Doppelbindung addiert wird	492
Anionenstabilisierende Gruppen erlauben einen anderen Mechanismus: E1cB	443	Zum Abschluss: eine Übersicht elektrophiler Additionsreaktionen	495
Zum Abschluss	448	Weiterführende Literatur	496
Weiterführende Literatur	450	20 Herstellung und Reaktionen von Enolen und Enolaten	497
18 Spektroskopische Methoden – ein Überblick	451	Eine Mischung von Verbindungen als Reinsubstanz?	497
Gründe für dieses Kapitel	451	Tautomerie: Bildung von Enolen durch Protontransfer	498
Spektroskopie und Carbonylchemie	452	Warum gibt es einfache Aldehyde und Ketone nicht als Enole?	499
Säurederivate lassen sich am besten durch Infrarot-Spektroskopie unterscheiden	455	Nachweis für das Gleichgewicht von Carbonylverbindungen und Enolen	499
Kleine Ringe führen zu Spannung innerhalb des Rings und zu einem stärkeren s-Charakter außerhalb	457	Enolisierung wird durch Säuren und Basen katalysiert	500
Einfache Berechnungen von C=O-Streckfrequenzen in IR-Spektren	458	Ein Enolat-Ion ist die Zwischenstufe bei der basekatalysierten Reaktion	501
NMR-Spektren von Alkinen und kleinen Ringen	458	Zusammenfassung: Arten von Enolen und Enolaten	502
Die ¹H-NMR-Spektroskopie unterscheidet axiale und äquatoriale Protonen in Cyclohexanen	460	Stabile Enole	504
Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Kernen können zu gewaltigen Kopplungskonstanten führen	460	Folgen der Enolisierung	507
Spektroskopische Identifizierung von Produkten	464	Reaktion mit Enolen oder Enolaten als Zwischenstufen	509
Tabellen	468	Stabile Äquivalente von Enolat-Ionen	514
Weiterführende Literatur	473	Reaktionen von Enolen und Enolaten am Sauerstoffatom: Herstellung von Enolethern	515
19 Elektrophile Addition an Alkene	475	Reaktionen von Enolethern	516
Alkene reagieren mit Brom	475	Zum Abschluss	519
Oxidation von Alkenen zu Epoxiden	477	Weiterführende Literatur	519
Die elektrophile Addition an unsymmetrische Alkene ist regioselektiv	481	21 Elektrophile aromatische Substitution ...	521
Elektrophile Addition an Diene	483	Einführung: Enole und Phenole	521
Unsymmetrische Bromonium-Ionen öffnen sich regioselektiv	484	Benzol und seine Reaktionen mit Elektrophilen	523
		Elektrophile Substitution an Phenolen ...	529
		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_N1 -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	Die Julia-Olefinierung ist regiospezifisch und gerüstaufbauend	754
Einführung	678	Stereospezifische Eliminierungen können reine einzelne Isomere von Alkenen ergeben	756
Die Aldolreaktion	678	Vielleicht die wichtigste Alkensäure: die Wittig-Reaktion	757
Kreuzkondensationen	682	Zum Abschluss	761
Spezielle Enol-Äquivalente können zur Steuerung von Aldolreaktionen verwendet werden	688	Weiterführende Literatur	761
Wie Aldolreaktionen von Estern gesteuert werden	695	28 Retrosynthetische Analyse	763
Wie Aldolreaktionen von Aldehyden gesteuert werden	696	Kreative Chemie	763
Wie Aldolreaktionen von Ketonen gesteuert werden	698	Retrosynthetische Analyse: Rückwärtssynthese	764
Intramolekulare Aldolreaktionen	701	Zerlegungen müssen zu bekannten, zuverlässigen Reaktionen führen	764
Acylierung am Kohlenstoffatom	705	Synthese sind idealisierte Reagenzien ...	765
Gekreuzte Esterkondensationen	708	Mehrstufige Synthesen: Vermeiden Sie Probleme mit der Chemoselektivität	768
Zusammenfassung: Herstellung von Ketoestern über die Claisen-Reaktion	712	Umwandlung von funktionellen Gruppen	769
Steuerung der Acylierung mit speziellen Enol-Äquivalenten	713	Zwei-Gruppen-Zerlegungen sind besser als Ein-Gruppen-Zerlegungen	772
Intramolekulare gekreuzte Claisen-Esterkondensationen	718	C-C-Zerlegungen	776
Carbonylchemie – wohin als Nächstes? ...	720	Verfügbarkeit von Ausgangssubstanzen	781
Weiterführende Literatur	720	Donor- und Akzeptorsynthese	781
27 Schwefel, Silicium und Phosphor in der organischen Chemie	721	Zwei-Gruppen-C-C-Zerlegungen	782
Nützliche Hauptgruppenelemente	721	Funktionelle Gruppen in 1,5-Stellung	789
Schwefel: ein Element der Widersprüche	722	„Natürliche Reaktivität“ und „Umpolung“	790
Schwefelstabilisierte Anionen	725	Zum Abschluss	792
Sulfoniumsalze	730	Weiterführende Literatur	793
Sulfonium-Ylide	731	29 Aromatische Heterocyclen 1: Reaktionen	795
Silicium und Kohlenstoff im Vergleich	734	Die Aromatizität bleibt erhalten, wenn Teile des Benzolrings durch Stickstoffatome ersetzt werden	796
Alkylsilane als Nucleophile	741	Pyridin ist ein sehr reaktionsträges aromatisches Imin	798
Die selektive Synthese von Alkenen	744	Sechsgliedrige aromatische Heterocyclen mit Sauerstoffatom	805
Die Eigenschaften von Alkenen hängen von ihrer Geometrie ab	745	Fünfgliedrige aromatische Heterocyclen gehen leicht elektrophile Substitutionen ein	805
Ausnutzen cyclischer Verbindungen	746	Furan und Thiophen: Sauerstoff- und Schwefelanaloga von Pyrrol	808
Gleichgewichtseinstellung bei Alkenen ..	746	Weitere Reaktionen fünfgliedriger Heterocyclen	811
E- und Z-Alkene lassen sich durch stereoselektive Addition an Alkine erzeugen	749		
Durch stereoselektive Eliminierungsreaktionen können überwiegend E-Alkene gebildet werden ..	752		

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	Steüerung 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		
Weiterführende Literatur	994	37 Radikalreaktionen	1063
35 Pericyclische Reaktionen 2: sigmatrope Umlagerungen und electrocyclische Reaktionen	995	Radikale haben ungepaarte Elektronen	1063
Sigmatrope Umlagerungen	995	Radikale entstehen durch Homolyse schwacher Bindungen	1064
Die Beschreibung von [3,3]-sigmatropen Umlagerungen anhand von Orbitalen	998	Die meisten Radikale sind äußerst reaktiv	1068
Die Steuerung von [3,3]-sigmatropen Umlagerungen	1000	Analyse der Struktur von Radikalen – Elektronenspinresonanz	1069
[2,3]-sigmatrope Umlagerungen	1004	Stabilität von Radikalen	1071
[1,5]-sigmatrope Wasserstoffverschiebungen	1006	Wie reagieren Radikale?	1073
Electrocyclische Reaktionen	1010	Radikal-Radikal-Reaktionen	1074
Weiterführende Literatur	1019	Radikalkettenreaktionen	1079
36 Nachbargruppenbeteiligung, Umlagerung und Fragmentierung	1021	Chlorierung von Alkanen	1080
Nachbargruppen können Substitutionsreaktionen beschleunigen ..	1022	Allylbromierung	1084
Umlagerungen erfolgen, wenn eine beteiligte Gruppe schließlich an ein anderes Atom gebunden wird	1028	Umkehrung der Selektivität: radikalische Substitution von Brom durch Wasserstoff	1085
Carbokationen lagern sich leicht um	1032	Die Bildung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen mit Radikalen ..	1087
Die Pinakol-Umlagerung	1037	Das Reaktivitätsmuster von Radikalen ist ganz anders als das von polaren Reagenzien	1093
Die Dienon-Phenol-Umlagerung	1041	Bildung von Alkylradikalen aus Boranen und Sauerstoff	1094
Die Benzilsäure-Umlagerung	1042	Intramolekulare Radikalreaktionen sind effektiver als intermolekulare Radikalreaktionen	1095
Die Favorskii-Umlagerung	1042	Ausblick	1097
		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		
	Nitrene sind die Stickstoffanaloge von Carbenen	1119	41	Asymmetrische Synthese
	Metathese von Alkenen	1121		1209
	Zusammenfassung	1125	Die Natur ist asymmetrisch	1209
	Weiterführende Literatur	1126	Der chirale Pool: chirale Zentren „von der Stange“ der Natur	1211
39	Aufklärung von Reaktionsmechanismen	1127	Racematspaltung kann zur Trennung von Enantiomeren eingesetzt werden	1214
	Es gibt Mechanismen und Mechanismen	1127	Chirale Hilfsstoffe	1214
	Aufklärung von Reaktionsmechanismen: die Cannizzaro-Reaktion	1129	Chirale Reagenzien	1221
	Sich der Struktur des Produkts sicher sein	1134	Asymmetrische Katalyse	1222
	Systematische strukturelle Variation	1139	Asymmetrische Bildung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen	1235
	Die Hammett-Beziehung	1140	Asymmetrische Aldolreaktionen	1238
	Andere kinetische Hinweise auf Reaktionsmechanismen	1150	Enzyme als Katalysatoren	1241
	Säure- und Basekatalyse	1154	Weiterführende Literatur	1243
	Der Nachweis von Zwischenstufen	1161		
	Stereochemie und Mechanismus	1165	42	Organische Chemie des Lebens
	Zusammenfassung: Methoden für die Aufklärung von Mechanismen	1170		1245
	Weiterführende Literatur	1171	Primärmetabolismus	1245
40	Metallorganische Chemie	1173	Nucleinsäuren spielen eine Schlüsselrolle für alles Leben	1246
	Übergangsmetalle erweitern die Bandbreite organischer Reaktionen	1173	Proteine sind aus Aminosäuren aufgebaut	1250
	Die 18-Elektronen-Regel	1174	Zucker – nur Energiequellen?	1254
	Bindungsverhältnisse und Reaktionen von Übergangsmetallkomplexen	1177	Lipide	1259
			Mechanismen der biologischen Chemie	1261
			Naturstoffe	1268

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