

Wichtige Inhalte des Seminars zum Organisch-chemischem Praktikum II (Änderungen vorbehalten)

Zum Erarbeiten des Lehrstoffs zum Seminar des OP2 werden folgende Lehrbücher empfohlen:

R. Brückner, *Reaktionsmechanismen - Organische Reaktionen, Stereochemie, moderne Synthesemethoden*, Spektrum Akad. Verl., Heidelberg, **1996**. (Neue Auflage erscheint voraussichtlich noch 2002)

F. A. Carey, R. J. Sundberg, *Organische Chemie: ein weiterführendes Lehrbuch*, VCH, Weinheim, **1995**.

M.B. Smith, J. March, *March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms and Structure*, 5. Aufl., Wiley&Sons, New York, **2000**.

K. P. C. Vollhardt, *Organische Chemie*, VCH, Weinheim, **2000**.

Daneben wird bei den einzelnen Kapiteln noch auf speziellere Lehrbücher und Vorlesungen hingewiesen.

Übungsaufgaben zum OP2 finden Sie unter:

<http://www-organik.chemie.uni-wuerzburg.de/praktika/uebungen.html>

Kapitel 1: Nucleophile aromatische Substitution

Einleitung:

Wiederholung $S_E(\text{Ar})$, Aromatizität, Frost-Musulin-Diagramm, Beispiele, präparative Tricks

A Fünf Grundmechanismen der nucleophilen Substitution am Aromaten

[$S_N2(\text{Ar})$, $S_N1(\text{Ar})$, $S_{RN}1(\text{Ar})$, $S_{ON}(\text{Ar})$, Arin-Mech.]

B Der $S_N2(\text{Ar})$ -Mechanismus

- 1 Mechanismus: Meisenheimer-Komplex, Beispiel
- 2 Einfluss der Substituenten
 - a) Art des Substituenten
 - b) Stellung
 - c) Beispiele
- 3 Einfluss des Nucleophils
 - a) HSAB vs. Ladung
 - b) die VNS-Option (Vergleich mit $S_N2(\text{Ar})$, Basenabhängigkeit der VNS-Reaktion)
[Nucleophile Hydroxylierung und Aminierung, Oxidative nucleophile Substitution von Wasserstoff]
- 4 Einfluss der Abgangsgruppe (Elektronegativität vs. Abgangsgruppe)
- 5 Heteroatom im Ring
 - a) einfache Beispiele

- b) Chichibabin-Reaktion
 - c) Ziegler-Alkylierung und Cuprat-Variante
 - d) weitere Aktivierungen († durch *N*-Alkylierung; † mit SOCl_2 oder SO_3 ; † durch *N*-Oxid-Bildung; † mit 2-Trimethylsilylethylbromid)
- 6 Nutzung: Pyridin als C_5 -Baustein
- a) Cyanin-Farbstoffe (König'sches Salz)
 - b) Azulen
- 7 *C,C*-Verknüpfungen
- a) Meyers' Biarylsynthese
 - b) Miyano
 - c) Ullmann-Kupplung
- 8 Aktivierung von Aromaten für S_N -Reaktionen
- a) Phenole zu Arylhalogeniden mit POCl_3
 - b) durch Komplexbildung, z.B. mit einem η^6 -Chromaren-Fragment
- 9 Weitere Reaktionen
2,4,5-Tri / Dioxin (Seweso)

C Der Arin-Mechanismus

- 1 Mechanismus, Allgemeines
- 2 Einfluss des Nucleofugs
- 3 Regioselektivität
 - a) durch elektronische Effekte
 - b) durch intramolekulare Reaktionsführung
- 4 Andere Zugänge zu Arinen: u.a.
 - aus *ortho*-Fluorbrombenzol,
 - aus Anthranilsäure,
 - aus 1-Aminobenzotriazol
- 5 Weitere Reaktionen von Arinen

D Synthesen über Diazoniumsalze

- Präp. 1.4.1 (Schiemann) und analoge Reaktionen
- Präp. 1.4.2 (Phenylazid)
- Reaktion mit THF
- Sandmeyer-Reaktionen (auch in Kap. 2)
- Gomberg-Bachmann (auch in Kap. 2) und Pschorr

2. Kapitel: Radikale

vgl. auch: Linker, Schmittel, *Radikale und Radikationen in der Organischen Synthese*, VCH, Weinheim, 1998.

2.1 Einleitung:

Radikalische Chlorierung von Ethylbenzol (Präp. 2.1.1)

2.2 Allgemeines

Bindungsdissoziationsenergien
Erzeugung von Radikalen aus geeigneten Vorläufern
durch Licht (z.B. Halogene)

durch Wärme (z.B. Bz_2O_2 , AIBN)
durch Oxidation [z.B. mit Mn(III)salzen, durch Kolbe-Elektrolyse]
durch Reduktion [z.B. mit Eisen(II)salzen (Präp. 2.4.1)]

Reaktivität/Selektivität von Radikalen

Nucleophile, elektrophile und captodative Radikale

Stabile und persistente Radikale

Struktur der Radikale

Nachweis von Radikalen

Radikaluhren

2.3 Reaktionen von Radikalen

Allylische Bromierung mit NBS (Wohl-Ziegler-Bromierung, Präp. 2.1.3)

Halo-decarboxylierung

Präp. 2.1.4 (Kochi)

Hunsdiecker (modifiziert mit Hg)

Barton-Reaktion (mit Thiohydroxamsäure)

Sandmeyer (Präp. 2.2.1, Präp. 2.2.2, Präp. 2.2.3) (bereits im 1. Kapitel besprochen)

Meerwein-Arylierung von Olefinen (Präp. 2.2.4, Präp. 2.3.5)

(Hinweis auf Heck-Reaktion)

Gomberg-Bachmann (Präp. 2.2.5) (bereits im 1. Kapitel besprochen)

Radikalisch initiierte Ringöffnung (Präp. 2.3.2)

Radikalisch initiierte Cyclisierung (Präp. 2.3.3)

Präp. 2.3.4

Radikalische Dimerisierung mit Fenton's Reagenz (Präp. 2.4.1)

Acyloinkondensation (Rühlmann-Variante, Präp. 2.4.2)

Oxidative Dimerisierungen (Präp. 2.4.3, Präp. 2.4.4, Präp. 2.4.5)

Synthese stabiler Radikale (Präp. 2.5.1, Präp. 2.5.2, Präp. 2.5.3, Präp. 2.5.4, Präp. 2.5.5)

3. Kapitel: Ringschlussreaktionen

vgl. auch: D. T. Davies, *Aromatische Heterocyclen*, VCH, Weinheim, **1995**.

3.1 Einleitung:

Hinweis auf allgemeine Grundreaktionen aus dem OP1, wie

Acetessigester-Synthesen, Malonester-Synthesen, Dieckmann-Cyclisierung,

Robinson-Anellierung, intramolekulare Aldolreaktionen, Erlenmeyer'sche

Azlactonsynthesen, Weiss-Reaktion, Knorr-Pyrrol-Synthese, Hantzsch-Pyridin-

Synthese, usw..

Präp. 3.1.1.1

3.2 Allgemeine Prinzipien für Ringschlussreaktionen

Stereoelektronische Effekte → Burgi-Dunitz-Trajektorien, **Baldwin-Regeln** anhand von Beispielen

Sterische Effekte (*Synthesis* **1995**, 1205-1222)

Thorpe-Ingold-Effekt,

gem-Dialkyl-Effekt

3.3 Beispiele für Ringschlussreaktionen

Dreigliedrige Carbocyclen

Präp. 3.1.1.2

Präp. 3.1.1.5 (vgl. mit Favorskii-Umlagerung)

Bamford-Stevens-Reaktion (Präp. 3.1.1.6; vgl. mit Shapiro-Reaktion)

Dreigliedrige Heterocyclen

Oxiranbildung mit Dimethyldioxiran (Präp. 3.1.2)

Hinweis auf Epoxidbildung im OP1 (mit Persäure, nach Darzen, usw.)

Fünfgliedrige Carbocyclen

Präp. 3.3.1.2 mit Woodward-Hoffmann-Regeln (vgl. mit Nazarov-Cyclisierung, Präp. 3.3.1.3)

Fünfgliedrige Heterocyclen

Paal-Knorr-Synthese (Präp. 3.3.2.1)

Knorr-Synthese (Präp. 3.3.2.5)

Japp-Klingemann und Fischer-Indolsynthese (Präp. 3.3.2.8)

Präp. 3.3.2.11 zur Vertiefung der Fischer-Indolsynthese

Erlenmeyer'sche Azlactonsynthese (Präp. 3.3.3.2; 3.3.3.3; 3.3.3.4)

Indazolsynthese über Nitren (Präp. 3.3.3.6)

Synthese und Bedeutung von 4-Phenyl-1,2,4-triazolidin-3,5-dion (Präp. 3.3.3.7)

1-Aminobenzotriazol (Präp. 3.3.3.8)

Einfache Heterocyclen-Synthesen auf OP1-Niveau (Präp. 3.3.3.9 – 3.3.3.12)

Darstellung von 4,4-Dimethyl-2-oxazolin (Präp. 3.3.3.13) und Bedeutung für Aldehydsynthesen

Darstellung von Dihydro-1,3-oxazine (u.a. Ritter-Reaktion) und Anwendung bei Meyers Synthese von Aldehyden, Ketonen und Carbonsäuren

Sechsgliedrige Carbocyclen

Robinson-Anellierung (Präp. 3.4.1.3), incl. Regioselektivität der Enolisierung

Isoxazole als Syntheseäquivalent (Präp. 3.4.1.4)

Präp. 3.4.1.5: Darstellung von Triphenylnitrobenzol aus Triphenylpyryliumsalz (Präp. 3.4.2.2)

Synthese von Triphenylen über Arin (Präp. 3.4.1.7)

Darstellung von Meerwein's Ester (Präp. 3.4.1.12)

Asymmetrische Cyclisierung mit *L*-Prolin (Präp. 3.4.1.13)

Sechsgliedrige Heterocyclen

Darstellung von Trimethylpyryliumsalz (Präp. 3.4.2.1)

Flavon-Synthese mit Fries-Verschiebung (Präp. 3.4.2.3)

Pyridin-Synthesen

Aus Pyryliumsalz (Präp. 3.4.2.4)

Nach Hantzsch (Präp. 3.4.2.5)

Chinolin-Synthese

Nach Skraup (Präp. 3.4.2.6)

Nach Doebner-Miller (Präp. 3.4.2.7)

Nach Combes

Nach Friedländer

Acridon-Synthese (Präp. 3.3.2.9)

Tetrahydroisochinoline mit Pictet-Spengler (Präp. 3.3.4.10)

Dihydroisochinoline durch Bischler-Napieralski

4. Kapitel: Cycloadditionen

vgl. auch: I. Fleming, *Grenzorbitale und Reaktionen organischer Verbindungen*, VCH, Weinheim, 1990.

4.1 [2+1]-Cycloaddition

Carbene

Präp. 4.1.1

Struktur der Carbene

Singulett-, Triplett-Carbene

Erzeugung von Carbenen

Reaktivität der Carbene

Überblick

Bildung von Cyclopropanringen (Annäherung von Carben an Olefin, Simmons-Smith)

Präp. 4.1.3 (Addition von Dichlorcarben an Inden + disrotatorische Dreiring-Öffnung)

Präp. 4.1.4 (Addition von Dichlorcarben an Indol-System, Reimer-Tiemann- und Ringerweiterungs-Produkt)

Präp. 4.1.5 (Stereoselektivität des Carben-Angriffs)

Präp. 4.1.6 (Carbenaddition als Vorstufe zur Bildung cyclischer Allene)

Nitrene

Struktur der Nitrene

Singulett-, Triplett-Nitrene

Erzeugung von Nitren-Zwischenstufen

Reaktion von Nitrenen

Addition an Alkene (Präp. 4.1.8)

Addition an 1,3-Diene

4.2 [2+2]-Cycloaddition

Grenzorbitale, Woodward-Hoffmann Regeln

Erzeugung und [2+2]-Cycloaddition von Ketenen (Lacton vs. Cyclobutandion)

(Präp. 4.2.1 und 4.2.2)

Vergleich: [2+2]-Cycloaddition von Alkene vs. Cycloaddition von Ketene an Alkene

Cycloaddition von Ketene an 1,3-Diene ([2+2]- oder [4+2]-Cycloaddition)

Präp. 4.2.3

4.3 Rekapitulation der Grenzorbitaltheorie am Beispiel der Diels-Alder-Reaktion

Grenzorbitale

HOMO-LUMO-Energien

Abschätzen der relativen Größe der AO-Koeffizienten

Vorhersage des Cycloadditionsprodukts

4.4 [2+3]-Cycloaddition

Anwendung der Grenzorbitaltheorie auf [2+3]-Cycloadditionen

Diazoalkane als 1,3-Dipole (Präp. 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.3.4)

Azide als 1,3-Dipole (Präp. 4.3.5, 4.3.6, 4.3.7)

Nitrene als 1,3-Dipole (Präp. 4.3.8)

Nitriloxide als 1,3-Dipole (Präp. 4.3.9, 4.3.10)

Weitere 1,3-Dipole

4.5 [4+2]-Cycloaddition

Diels-Alder Reaktion mit inversem Elektronenbedarf

Diels-Alder Reaktion, gefolgt von cheletroper Reaktion (Präp. 4.4.1)

Hetero Diels-Alder Reaktion (Präp. 4.4.6 oder 4.4.8)

Tandem Diels-Alder Reaktionen, Maskierte Bisdiene

Asymmetrische Diels-Alder Reaktionen

5. Kapitel: Umlagerungen

vgl. auch: L. M. Harwood, *Polare Umlagerungen*, VCH, Weinheim, 1995.

5.1 Einleitung:

Überblick über die verschiedenen Arten von Umlagerungsmechanismen

5.2 Sigmatrope Umlagerungen

Woodward-Hoffmann-Regeln

[3,3]-sigmatrope Umlagerungen

Überblick über [3,3]-sigmatrope Umlagerungen

Reaktivität bei [3,3]-sigmatropen Umlagerungen

Claisen-Umlagerung (Präp. 5.1.2)

Kombinierte Claisen- und Cope-Umlagerung (Präp. 5.1.3)

Stereoselektive Claisen-Umlagerung

Orthoester-Claisen-Umlagerung (Präp. 5.1.4)

Domino-Reaktionen (z.B. Azonium-Cope/Mannich)

[5,5]-sigmatrope Umlagerungen

Benzidin-Umlagerung

[2,3]-sigmatrope Umlagerungen

2,3-Wittig-Umlagerung

Sulfoxid-Sulfenat-Umlagerung

5.3 Durch Carbokationen induzierte Alkyl- und Hydridverschiebungen

(Mechanistische Aspekte nucleophiler Wanderungen)

Wagner-Meerwein-Umlagerung (Präp. 5.2.1.1)

Wagner-Meerwein-Umlagerung + Hydrid-Shift (Adamantan: Präp. 5.2.1.2)

Pinakol-Umlagerung (Präp. 5.2.2.1 bis 5.2.2.3; Ermittlung der Wanderungstendenz)

Hydrid-Shift (Präp. 5.2.2.4)

Tiffeneau-Demjanov-Reaktion (Präp. 5.2.3)

5.4 Nucleophile Umlagerung zum Kohlenstoff unter Beteiligung von Carbanionen und Carbene

Basen-induzierte nucleophile Umlagerungen

Favorskii Umlagerung (Präp. 5.3.1.1 und 5.3.1.2)

Ramberg-Bäcklund-Umlagerung

Benzilsäure-Umlagerung (Präp. 5.3.2)

Nucleophile Umlagerungen unter Beteiligung von Carbenen

Wolff-Umlagerung und Arndt-Eistert-Homologisierung

5.5 Umlagerung zum elektronenarmen Stickstoff

Hofmann-Umlagerung (Präp. 5.4.1.1 und 5.4.1.2)

Curtius-Umlagerung (Präp. 5.4.2.1 und 5.4.2.2)

Schmidt-Umlagerung (Präp. 5.4.3)

Beckmann-Umlagerung (Präp. 5.4.4)

5.6 Umlagerung zum elektronenarmen Sauerstoff

Hydroperoxid-Umlagerung (Hock) (Präp. 5.5.1)

Baeyer-Villiger-Umlagerung (Präp. 5.5.2)

6. Kapitel: Synthesen mit metallorganischen Reagenzien und Yliden

vgl. auch:

- N. Krause, *Metallorganische Chemie – Selektive Synthesen mit metallorganischen Verbindungen*, Spektrum-Verlag, Heidelberg, **1996**.
- P. R. Jenkins, *Metallorganische Reagentien in der Organischen Synthese*, VCH, Weinheim, **1995**.

6.1 Einleitung

Das HSAB-Prinzip (Präp 6.1.1)

Acidität und Basizität

Cram'sche Regel

6.2 Strukturen und Darstellung von Li-, Mg- und Cu-organische Verbindungen

6.2.1 Strukturen und Darstellung Li-organischer Verbindungen

Strukturen

MeLi

BuLi; z.B. BuLi in Kohlenwasserstoffen (Hexamer), BuLi in THF oder Et₂O (Tetramer), BuLi in TMEDA (Monomer)

Gehaltsbestimmung lithiumorganischer Verbindungen

Darstellung Li-organischer Verbindungen

Direktsynthese aus R-X + Li (Präp. 6.1.1)

Halogen-Metall-Austausch R-X + R-Li,

Metall-Metall-Austausch R-M + R-Li

Deprotonierung R-H + R-Li (Schlosser-Base, TMEDA-Zusatz zur Aktivierung)

6.2.2 Strukturen und Darstellung Mg-organischer Verbindungen

Strukturen (Schlenk-Gleichgewicht)

Darstellung (Direktsynthese, Transmetallierung, Deprotonierung)

6.2.3 Strukturen und Darstellung Cu-organischer Verbindungen

Strukturen (Homocuprate, Gemischte Homocuprate, Heterocuprate)

Darstellung (Transmetallierung von Li-, Mg- oder Zn-organylen mit Cu(I)-Salzen)

6.3 Reaktionen von Li-, Mg- und Cu-organische Verbindungen

Darstellung deuterierter Aldehyde - aus Isonitrile
- nach Seebach mit Dithian

Präp. 6.1.2

Shapiro

Addition von Grignard-Reagenz an C=O-Funktion (Präp. 6.2.4)

Addition von Cuprate an Michael-Systeme (Präp. 6.2.1, Präp. 6.2.2)

6.3.1 α -Alkylierung von Ketonen

Bsp.: Präp. 6.1.4; Präp. 6.1.5 und Präp. 6.1.6

- Selbstkondensation
- O/C-Reaktivität (vgl. HSAB-Prinzip)
- Mehrfachalkylierung
- Regioselektivität (thermodynamische vs. kinetischer Kontrolle)
- Stereoselektivität

Stereoselektive α -Alkylierung von Ketonen nach Enders (SAMP/RAMP)

6.3.2 Stereoselektive α -Alkylierung von Säurederivaten nach Meyers

Vgl. Präp. 6.1.9 (ohne Selektivität)

6.3.3 Metallenolate in Aldolreaktionen und verwandten Reaktionen

Einfache Diastereoselektion

Zimmermann-Traxler-Übergangszustand

Darstellung von *E*-Enolate (LDA in THF) und *Z*-Enolate (LDA, THF, HMPT oder DMPU)

Borenolate vs. Silylenolether (Mukaiyama-Aldolreaktion)

6.4 Schwefel-stabilisierte Carbanionen und Ylide

Präp. 6.3.1 bis Präp.6.3.4

6.5 Phosphor-stabilisierte Carbanionen und Ylide

Wittig- und verwandte Reaktionen (Präp. 6.4.1 bis Präp.6.4.6)

Mitsunobu-Inversion

Mukaiyama-Redoxkondensation

6.6 Siliciumorganische Verbindungen

α - und β -Effekt des Si

Peterson-Olefinierung incl. Darstellung von β -Hydroxysilanen

Sila-Darzens

Bsp. für Reaktionen von Allyl- und Vinylsilane

6.7 Titanorganische Verbindungen

Tebbe-Reagenz (Methylierung von Estern und Lactonen)

McMurry (Reduktive Kupplung von Carbonylverbindungen)

6.8 Umpolungsreaktionen

Nach Corey-Seebach

Mit Thiazoliumsalzen analog der Natur (Präp. 6.5.1)

Nach Stetter (Präp. 6.5.2)

Nach Stork (Präp. 6.5.3), vgl. auch Benzoin-Kondensation

6.9 Palladium- und andere metallkatalysierte Reaktionen

Heck-Reaktion (Präp. 6.6.1) und verwandte Reaktionen (Wacker-Verfahren) – wurde bereits besprochen
Kharasch-Reaktion, Stille-Reaktion, Suzuki-Reaktion
Olefinmetathese (Grubbs-Katalysator)

7. Kapitel: Photochemie

vgl. auch: Vorlesung „Photochemie“

7.1 Einleitung

Bindungsdissoziationsenergien, Photosensibilisierung, Jablonski-Termschema, Fluoreszenz, Phosphoreszenz

7.2 Photochemische Spaltungsreaktionen

Norrish-Typ-I-Spaltung (Präp. 7.1)
Norrish-Typ-II-Spaltung
Carben-Umlagerung (bei gespannten cyclischen Carbonylverbindungen)

7.3 Photochemische Cycloadditionen

[2+2]-Cycloadditionen von Olefinen
 Intermolekular (Präp. 7.2.1.2)
 Intramolekular (Präp. 7.2.1.4)
De Mayo-Reaktion
 Intermolekular (Präp. 7.2.2.1)
 Intramolekular (Präp. 7.2.2.2)
Paterno-Büchi-Reaktion (Präp. 7.2.3)
Schönberg-Reaktion (Präp. 7.2.4)
[4+4]-Cycloaddition (Präp. 7.2.5)
Übungsbeispiel A

7.4 Photo-Isomerisierungen

E/Z-Isomerisierung (Präp. 7.3.1.2)
Elektrocyclische Reaktionen (Präp. 7.3.2.1)
Photoenisierung (analoges Bsp.: Präp. 7.3.3)
Umlagerung von N-Oxiden (Präp. 7.3.4)

7.5 Photochemische Redoxreaktionen

Photoreduktion
 Photo-Pinakol (Präp. 7.4.1.1)
Photo-Elektronentransfer
Photooxidation
 En-Reaktion mit Singulett-Sauerstoff (Schenck) (Stereoselektivität) (Präp. 7.4.2.1)
 [2+2]-Cycloaddition mit Singulett-Sauerstoff
 [4+2]-Cycloaddition mit Singulett-Sauerstoff (Präp. 7.4.2.2)
 Industrielle H₂O₂-Synthese

7.6 Chemolumineszenz

Luminol (Präp. 7.5.1)

8. Kapitel: Farbstoffe

vgl. auch: E. Breitmaier, C. Jung, *Organische Chemie II*, 2. Aufl., Thieme-Verlag, Stuttgart, 1995, S. 240-274.

9. Kapitel: Naturstoffe

vgl. auch: Vorlesung „Ausgewählte Kapitel aus der Naturstoffchemie“

10. Kapitel: Stereoselektive Synthese

vgl. auch:

- S. Hauptmann, G. Mann, *Stereochemie*, Spektrum Akad. Verl. Heidelberg, 1996.
- Vorlesung „Stereochemie und Synthese“

10.1 Stereochemische Begriffe – Denotationen: Eine crash-Wiederholung

Cahn-Ingold-Prelog System

Stereochemische Descriptoren (E/Z, R/S, r/s, Re/Si, re/si, P/M, ul/lk, u/l)

Masamune-Konvention (syn/anti)

Maße für Stereoselektivität (ee, er, de, dr,)

Zugang zu chiralen, nicht racemischen Verbindungen (schematischer Überblick)

Izumi-Tai-System,

Seebach-Prelog-System

10.2 Mikrobiologische Umsetzungen - Enzyme in der Organischen Chemie

10.3 Ausgewählte EPC-Synthesen

10.3.1 Stereoselektive Reduktionen

a) Stereoselektive Reduktion von Carbonylverbindungen

BINAL-H (Präp. 10.4.3.1),

Oxazaborolidine (Präp. 10.4.3.2)

b) Stereoselektive Reduktion von Iminen

c) Katalytische asymmetrische Olefin-Hydrierung (Wilkinson-Katalysator, Monsanto-Prozess)

10.3.2 Stereoselektive C,C-Verknüpfungen: Enolatchemie

a) α -Alkylierung von Ketonen (Enders)

b) α -Alkylierung von Carbonsäuren (Meyers)

c) α -Alkylierung von Amino- und Hydroxysäuren

α) Grundprobleme und achirale Lösung

β) Seebach: 5-Ringe/acetalischer Induktor (aus Racematspaltung)

(Präp. 10.4.1.1 und Präp. 10.4.1.2)

- γ) Seebach: 5-Ringe/acetalischer Induktor (Selbstregeneration von Stereozentren)
(Präp. 10.3.3 und Präp. 10.3.4)
- δ) Schöllkopf & Davies: über 6-Ringe
- ε) Evans

10.3.3 Stereoselektive Synthese axialchiraler Verbindungen

- a) Meyers
- b) Ullmann
- c) Suzuki
- d) Uemura
- e) Lipshutz
- f) Feldman
- g) Bringmann (Präp. 10.4.3.2)

10.3.4 Stereoselektive Oxygenierungsreaktionen

- a) Sharpless Epoxidierung (Präp. 10.4.4.1)
- b) Jacobsen-Katsuki
- c) Sharpless asymmetrische Dihydroxylierung (Präp. 10.4.4.2)