

## **Richtlinien zum Organisch-chemischen Grundpraktikum** **im Modul „Synthesepraxis“**

### **und des Praktikums**

## **Organisch-chemische Analysen im** **Modul „Organische Strukturaufklärung“ der Ausführungsbestimmungen** **vom 25. Juni 2019**

### **1. Eignungsvoraussetzungen und Ziele**

Laut geltendem Modellstudienplan Chemie Bachelor wird das organisch-chemische Grundpraktikum von Studierenden im 3. Fachsemester besucht. Der Ablauf der Praktika „Organisch-chemisches Grundpraktikum“ und „Organisch-chemische Analysen“ wird in einer Vorbesprechung erläutert, zu der über Stud.IP und per E-Mail eingeladen wird.

Wünschenswert ist die regelmäßige und aktive Teilnahme an den Pflichtvorlesungen „Organische Experimentalchemie I und II“ und den dazugehörigen Übungen. Nutzen Sie die vorlesungsfreie Zeit nach dem 2. Semester zur theoretischen Vorbereitung auf das Praktikum, indem Sie sich mit dem Inhalt des „Organikums“ bereits vertraut machen.

Ziel des organisch-chemischen Grundpraktikums ist es, Ihnen die grundlegenden Arbeitsmethoden der organisch-chemischen Laborpraxis, sowie praktische Kenntnisse der wichtigsten Reaktionstypen und Stoffklassen zu vermitteln. Neben den präparativen Arbeiten im „organisch-chemischen Grundpraktikum“ werden Sie im Praktikum „organisch-chemische Analysen“ nassanalytische Trennungen durchführen. Dabei sollen Sie insbesondere lernen, mit kleinen Mengen zu arbeiten und Ihre allgemeinen Stoffkenntnisse zu erweitern.

### **2. Organisation**

Die Anmeldung zum Praktikum erfolgt bitte VOR PRAKTIKUMSBEGINN in Stud.IP. Informationen hierzu finden Sie in Stud.IP. Circa eine Woche vor Praktikumsbeginn findet die Vorbesprechung statt. Die Terminankündigung erfolgt über Stud.IP und per E-Mail.

Im Anschluss an die Vorbesprechung findet in der Regel das obligatorische Sicherheitsseminar statt (siehe unter 4.). Die **Teilnahme ist Pflicht** und muss von Ihnen durch Unterschrift bestätigt

werden. Ohne Sicherheitsseminar kein Praktikum! Bitte informieren Sie sich rechtzeitig über den Termin!

Die Zuordnung zu den Assistierenden findet nach dem Sicherheitsseminar statt. Die Übernahme des Praktikumsplatzes findet vor Praktikumsbeginn statt und wird von Herrn M. Spillner und den Assistierenden betreut. Die Schrankabgabe erfolgt am Ende des Praktikums. Reklamationen zur Ausrüstung sind an Herrn M. Spillner zu richten. Der Termin für die Schrankabgabe ist mit Herrn Spillner zu vereinbaren. Sollte die ordnungsgemäße Schrankabgabe nicht bis spätestens 4 Wochen nach Ende des Praktikums erfolgt sein wird die Teilnahme am Praktikum nicht bestätigt. Die Beschaffung des Laborkittels und der Schutzbrille erfolgt eigenständig durch die Studierenden. Schutzbrillen für Brillenträger können bei Bedarf entliehen werden.

Die präparativen Arbeiten führen Sie in Ihrem Praktikumsaal durch. Die Öffnungszeiten der Praktikumsäle werden bei der Vorbesprechung festgelegt, sie sind voraussichtlich:

<b>Montag</b>	<b>13:00 Uhr bis 18:00 Uhr</b>
<b>Dienstag</b>	<b>8:00 Uhr bis 18:00 Uhr</b>
<b>Mittwoch</b>	<b>13:00 Uhr bis 17:00 Uhr</b>
<b>Donnerstag</b>	<b>13:00 Uhr bis 18:00 Uhr</b>
<b>Freitag</b>	<b>8:00 Uhr bis 17:00 Uhr</b>

Die jeweils verantwortliche Aufsichtsperson öffnet den Saal. Sind bis 15 Minuten nach Saalöffnung keine Studierende anwesend, wird der Saal für diese Schicht geschlossen. Außerdem ist das Praktikum während spezieller Veranstaltungen, wie dem Institutsseminar oder GDCh-Vorträgen, geschlossen.

**Ihre Anwesenheit** während der Öffnungszeiten **ist Pflicht**; im Krankheitsfall benachrichtigen Sie bitte Ihren Assistierenden und legen bitte ein Attest vor.

Für die Durchführung des Praktikums sind **10 Wochen** angedacht. **Sollte das Praktikum abgebrochen werden, so wird dieses für die Prüfungseinheit als Fehlversuch gewertet!**

Die Ausgabe der Chemikalien erfolgt durch das Zentrale Chemikalienlager auf Bestellschein mit Unterschrift des zuständigen Assistierenden.

Integriert in die experimentellen Arbeiten sind Kolloquien, in denen Sie Kenntnisse des theoretischen Hintergrunds der Präparate nachweisen. Die Kolloquien müssen in bestimmten Intervallen bei den Assistierenden abgelegt werden. Eine entsprechende Liste wird zu Beginn des Praktikums veröffentlicht. Wiederholungskolloquien finden spätestens nach einer Woche statt. **Bei zweimaligem Nichtbestehen erfolgt eine Abnahme durch Prof. Wilhelm.** Die Kolloquien orientieren sich an dem Buch:

- **Organikum: Organisch-chemisches Grundpraktikum, 23. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim 2009**

Das „Organikum“ ist ein Praktikums- und kein Lehrbuch. Empfehlenswerte, begleitende Lehrbücher sind:

- Organische Chemie, K. P. C. Vollhardt, N. E. Shore, VCH, Weinheim 2005.
- Organische Chemie, H. Hart, L. E. Craine, D. J. Hart, Wiley- VCH, Weinheim 2007.
- Organische Chemie, ein praxisbezogenes Lehrbuch, G. Jeromin, Harry Deutsch, Thun 1996.
- Organic Chemistry, P. Y. Bruice, Pearson Studium, München 2010.
- Lehrbuch der Organischen Chemie, W. Walter, W. Francke, S. Hirzel, Stuttgart 2004.

Alle Bücher können in der Lehrbuchsammlung der ZB entliehen werden.

Folgendes Lehrbuch kann nicht in der ZB entliehen werden, aber bietet Ihnen einen vertiefenden Einblick in die verschiedenen Reaktionsmechanismen der organischen Chemie.

- Reaktionsmechanismen: Organische Reaktionen, Stereochemie, Moderne Synthesemethoden, R. Brückner, Springer-Spektrum, Berlin 2004.

### 3. Ablauf

**Organisch-chemisches Grundpraktikum:** Circa eine Woche vor Praktikumsbeginn findet die Vorbesprechung samt obligatorischen Sicherheitsseminar statt (siehe unter 4.). Die Terminankündigung erfolgt über Stud.IP und per E-Mail. **Dies ist eine Pflichtveranstaltung, ohne Sicherheitsbelehrung kann kein Praktikum durchgeführt werden.** Die Übernahme des Praktikumsplatzes in dem entsprechend zugeordneten Praktikumsaal (Raum B 206 bzw. A 318), findet vor Praktikumsbeginn statt und wird von Herrn M. Spillner und den Assistierenden betreut. Die Schrankabgabe erfolgt am Ende des Praktikums.

In einem eintägigen Vorkurs in der 1. Praktikumswoche (Termin nach Absprache und per E-Mail) werden Ihnen die experimentellen Grundlagen der organischen Synthesechemie vermittelt.

Nach dem Vorkurs kommen 4 Syntheseteile, die jeweils nach dem Bestehen eines Kolloquiums experimentell bearbeitet werden (jeweils 3 Präparate pro Block). Die Kolloquien müssen in bestimmten Intervallen bis zur jeweiligen Frist bei den Assistierenden abgelegt werden. Zudem werden Kolloquien in deutscher oder englischer Sprache mit dem jeweiligen Assistierenden durchgeführt. Eine entsprechende Liste wird zu Beginn des Praktikums veröffentlicht. Ein Kolloquiumstermin muss werktags mindestens **24 h vor dem Stichtag vereinbart werden**. Eine **Absage muss spätestens 24 h vor dem Termin erfolgen**, sonst gilt es als nicht bestanden. Bei Nichtbestehen eines Kolloquiums oder bei Fernbleiben ohne triftigen, belegbaren Grund wird vom Assistierenden ein Wiederholungstermin festgesetzt. **Bei zweimaligem Nichtbestehen erfolgt eine Abnahme durch Prof. Wilhelm.** Der bestandene

Drittversuch des Kolloquiums wird mit 4,0 benotet. **Wenn der Nachweis der Sachkunde im dritten Kolloquium allerdings nicht erbracht werden kann, gilt das Praktikum auch aus Sicherheitsaspekten, als nicht bestanden und muss im nächsten Semester wiederholt werden.** Ein Syntheseteil gilt als abgeschlossen, wenn die Präparate und die entsprechenden Protokolle beim eigenen Assistierenden abgegeben wurden. Ab dem 3. Kolloquium müssen zusätzlich alle vorherigen Protokolle testiert sein. Erst dann darf der nächste Syntheseteil durch Ablegen des Kolloquiums begonnen werden. Die Kolloquiumsinhalte finden Sie im Anhang (s. Stichwortliste). Die Kolloquien und Protokolle werden intern zensiert. Die daraus resultierende Praktikumsnote fließt in die Modulnote mit ein.

Die Arbeitsvorschriften für die Präparate entstammen verschiedenen Praktikumsbüchern, durchaus auch englischen. Dies bedeutet Ihren Einstieg ins Fachenglisch, mit dem Sie sich im Laufe des Studiums der Chemie vertraut machen müssen.

Die Erstabgabe, sowie die Korrekturen, der Protokolle müssen in einem 14-tägigen Rhythmus, nach bestandener Synthese, erfolgen. (Siehe Punkt 5.)

Das Eingangskolloquien und die Protokolle werden intern zensiert. Die daraus resultierende Praktikumsnote fließt in die Modulnote mit ein.

**Organisch-chemische Analysen:** Im Anschluss an das Organisch-chemische Grundpraktikum folgen je eine nassanalytische Zweistoff- und Dreistofftrennung. Nach bestandener Zweistoffanalyse erfolgt die Dreistoffanalyse. Die Erstabgaben, sowie die Korrekturen, der beiden Analysenprotokolle erfolgen in einem 14-tägigen Rhythmus nach bestandener Analyse. (Siehe Punkt 5.)

Zur Identifizierung der organischen Zwei- und Dreistoffgemische stehen Ihnen verschiedene Test- und Nachweisreaktionen zur Verfügung. Diese basieren auf folgenden Buch, welches in beiden Praktikumssälen ausliegt und in der ZB entliehen werden kann:

- Die Technik der organischen Trennungsanalyse, H. Laatsch, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1988.

Ergänzend hierzu können Sie ebenfalls das „Organikum: Organisch-chemisches Grundpraktikum, 23. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim 2009: *Kapitel E: Identifizierung organischer Substanzen*“ hinzuziehen.

#### **4. Sicherheitshinweise**

**Für das Sicherheitsseminar besteht Anwesenheitspflicht.** Informiert wird über die Betriebsanweisung nach §20 GefStoffV, Listen der krebserzeugenden und fruchtschädigenden Gefahrstoffe, sowie für Studentinnen über mögliche Beschäftigungsbeschränkungen und Gefahren für gebärfähige Arbeitnehmerinnen und werdende, sowie stillende Mütter beim Umgang mit Gefahrstoffen. Diese Informationen sind im Einzelnen in den Praktikumssälen ausgehängt. Verteilt wird – soweit noch nicht

in anderen Praktika geschehen – die Laborordnung der TU Clausthal.

Auch wer im vorhergehenden Semester bereits im Praktikum tätig war, **muss im folgenden Semester erneut am Sicherheitsseminar teilnehmen**. Informieren Sie sich im Organikum über die Standardapparaturen für organisch-chemische Reaktionen. Alle Apparaturen müssen vom aufsichtsführenden Assistierenden vor Inbetriebnahme überprüft werden.

Bei Abwesenheit (Mittagessen oder Bibliothek) müssen laufende Versuche durch einen Studierenden beaufsichtigt werden.

Vor dem Versuch legen Sie dem aufsichtsführenden Assistierenden Ihre unterschriebene Betriebsanweisung vor. Diese beinhaltet die Reaktionsgleichung [Edukt(e) und Produkt(e) sowie Nebenprodukte, soweit bekannt, aber ohne Mechanismus], sowie H-, P- und ggf. EUH-Sätze zu den benutzten Verbindungen (soweit bekannt). Eine Beispielbetriebsanweisung für die Synthese von 1-Brombutan ist unter: [Link zur Beispielbetriebsanweisung zu finden](#).

Die Ansatzgröße ist dabei derart zu bemessen, dass im Falle der Literatursausbeute entweder 10 g einer Flüssigkeit bzw. 5 g eines Feststoffs zu erwarten sind. Die Versuchsdurchführungen sind in schriftlich in Form eines Laborjournals festzuhalten. Eine exemplarische Darstellung eines Laborjournaleintrags ist unter: [Link zum Laborjournal zu finden](#).

## 5. Protokolle

Zu jedem Präparat ist ein Protokoll mit selbst gezeichneten Molekülen und selbst verfassten Texten anzufertigen. Zur Darstellung der Moleküle und Mechanismen sollte das Programm ChemBioDraw Ultra verwendet werden. Dies kann unter folgendem Link heruntergeladen werden:

[https://doku.tu-clausthal.de/doku.php?id=lizenzen\\_und\\_software:campus\\_software:chemoffice](https://doku.tu-clausthal.de/doku.php?id=lizenzen_und_software:campus_software:chemoffice)

Die fertig gestellten Protokolle der abgeschlossenen Präparate müssen Ihrem Assistierenden spätestens 24 h vor dem jeweiligen Kolloquium vorgelegt werden. Protokolle eines Syntheseteils müssen bis zum nächsten Kolloquium abgegeben werden und zum darauffolgenden Kolloquium testiert sein.

Das **Syntheseprotokoll** enthält:

- Name des Präparats in korrekter IUPAC-Nomenklatur (siehe die IUPAC-Richtlinien, OC-Bibliothek).
- Fundstelle der Arbeitsvorschrift.
- Konkrete Reaktionsgleichung einschließlich des Mechanismus. Geben Sie hier bei den Edukten und dem Produkt jeweils das Molekulargewicht unter der Formel an.
- Versuchsbeschreibung des *tatsächlichen* Verlaufs, also Ihre *eigenen*

Beobachtungen – sinnvollerweise in der Vergangenheitsform mit Mengenangaben in g oder ml **und** (m)mol.

- Charakterisierung des Produktes, d.h., Schmelzpunkt, Siedepunkt und zum Vergleich die entsprechenden Daten aus der Literatur.
- Die erzielten Ausbeuten in Gramm und Prozent der Theorie und der Literatur.

Ein Beispielprotokoll ist unter: <http://www.ioc.tu-clausthal.de/studium/praktikum/> zu finden.

Ein vollständiges **Analysenprotokoll** enthält:

- eine Beschreibung der Vorproben
- des Trennungsganges
- und der Identifizierung der Einzelsubstanzen.
- Dabei sind jeweils auch die Vergleichsdaten aus der Literatur anzugeben.

**Plagiat:** Im Falle eines eindeutigen Plagiates wird die Stufe nicht anerkannt und es muss eine Strafstufe synthetisiert werden. Das Protokoll ist dann handschriftlich abzugeben!

## 6. Abgabe der Präparate

Fertige Präparate werden beim zuständigen Assistierenden abgegeben. Ein auf dem Präparateglas angebrachtes Etikett enthält leserlich und mit Bleistift geschrieben die folgenden Angaben: Name des Studierenden und des Präparats, Ausbeute, physikalische Daten mit Vergleichsdaten aus der Literatur.

Die Reinheitsanforderungen lauten:  $n_D = \pm 0.001$ ; Smp. ( $\leq 100\text{ °C}$ )  $\pm 3\text{ °C}$ , Smp. ( $\geq 100\text{ °C}$ )  $\pm 3\%$ . Geforderte Ausbeute  $\geq 50\%$  der Literatur-Ausbeute.

## 7. Abschluss des praktischen Arbeitens

Bitte räumen Sie Ihren Arbeitsplatz unverzüglich, nachdem Sie die experimentelle Tätigkeit beendet haben. Am Ende des Praktikums findet ein **gemeinsamer Saalputz** statt. Anschließend erfolgt die ordnungsgemäße Schrankabgabe mit Herrn M. Spillner. Glasgeräte, die während des Praktikums zu Bruch gehen, müssen von den Studierenden ersetzt werden. Dies sollte vor der Schrankabgabe bereits erfolgt sein.

Die Praktika „Organische-Chemisches Grundpraktikum“ und „Organisch-Chemische Analysen“ sind beendet, wenn **alle Protokolle testiert** und als **pdf-Datei** bei Ihrem Assistenten vorliegen.

## 8. Abschlusskolloquium

Um das Modul „Synthesepraxis“ abzuschließen, wird eine 45-minütige Prüfung bei Prof. Wilhelm abgelegt.

Um das Modul „Organische Strukturaufklärung“ abzuschließen erfolgt eine Klausur zu der

Vorlesung „Strukturermittlung organischer Verbindungen“.

## 9. Stichpunktliste der wichtigsten Themen zum „Organisch-chemischen Grundpraktikum“

Die Kolloquien orientieren sich an den Inhalten des Organikums.

### 1. Kolloquium

#### Sicherheit:

- Laborkleidung
- Verhalten im Labor
- Sicherheitseinrichtungen
- Gefahrensymbole, H-/P- und EUH-Sätze

#### Labortechnik:

- Pumpenstand, Arten von Vakuumpumpen
- Aufbau Standardapparaturen (Destillationsapparatur, Rückflussapparatur..)
- Lösemittel
  - Arten von Lösemitteln (protisch, aprotisch, polar, unpolar)
  - Trocknen, Trockenmittel
  - Entsorgung
- Erhitzen, Kühlen
  - Heizmedien, Heizapparaturen
  - Kältemischungen, Kryostate
- Reinigung von Stoffen
  - Ausschütteln
  - Umkristallisieren
  - Destillieren (Normaldruck, Vakuum, Kolonnen, Wasserdampf)
  - Sublimieren
  - Bestimmung von Schmelzpunkt, Siedepunkt, Brechungsindex

#### Grundlagen:

- Nomenklatur, Trivialnamen
- funktionelle Gruppen
- Konformation
- Konfiguration (*E, Z, cis, trans, syn, anti*)
- Isomeriearten, Isomere, Enantiomere, Racemat, CIP-Regeln
- Bindungstheorien, Hybridisierungsarten, Bindungswinkel und -längen
- Säure-, Base-Theorien, bes. Lewis-Theorie, pH, pK<sub>a</sub>, pK<sub>b</sub>
- Katalyse, Katalysator, Aktivierungsenergie
- Le Chatelier
- Energieschemata

#### Radikalische Substitution:

- Was ist ein Radikal
  - Herstellung
  - Stabilität
  - Reaktivität
- Initiatoren
  - BPO, AIBN,...
- Radikalkettenreaktion
  - Initiator-, Start-, Fortpflanzungs- und Abbruchreaktionen
- Inhibitoren
- Halogenierung mit elementaren Halogen, NBS
- Chlorierung mit Sulfurylchlorid

- Sulfochlorierung

### Nukleophile Substitution:

- S<sub>N</sub>1, S<sub>N</sub>2
- Mechanismen
- Nebenreaktionen
- Wann ist welcher Mechanismus bevorzugt?
- Lösemittelleffekte, Struktureffekte, Abgangsgruppen
- Walden-Umkehr, Racemisierung, Inversion
- Nebenprodukte
- Ambidente Nukleophile
- Phasentransferkatalysatoren
  - Kronenether, Ammoniumsalze
- Halogenide aus Alkoholen und Alkohole aus Halogeniden
  - POCl<sub>3</sub>, PCl<sub>5</sub>, SOCl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>
  - Gleichgewichtsverschiebungen
- Etherbildung
  - Saure Veretherung, Etherspaltung
  - Williamson-Ethersynthese
- Finkelstein-Reaktion
- Herstellung von Methylethern
- Wagner-Meerwein-Umlagerung

### Eliminierung

- $\alpha,\beta$ -Eliminierung
- E<sub>1</sub>-, E<sub>2</sub>- und E<sub>1cB</sub>-Eliminierung
- Einflussfaktoren
  - elektronische Effekte
  - sterische Effekte
  - Lösemittel- und Temperatureffekte
  - kumulierte, konjugierte Doppelbindungen
- Eliminierungsrichtung
  - Thermodynamische bzw. kinetische Steuerung...
  - Zaitsev-, Hofmannprodukt
- *syn*-, *anti*-Eliminierung
- Hofmann-Abbau, Eliminierung aus quartären Ammoniumsalzen
- Dehydratisierung

## 2. Kolloquium

### Addition an nichtaktivierte C-C-Mehrfachbindungen:

#### Allgemeines:

- Elektronische Struktur und Geometrie von Alkenen und Alkinen
- Isolierte, konjugierte und kumulierte Doppelbindungen

#### Additionsreaktionen:

- Möglichkeiten der Addition:
  - Elektrophile Addition
  - Nukleophile Addition
  - Radikalische Addition
- Mechanismus der elektrophilen Addition
  - Einflussfaktoren. z. B. Substituenten, Konformation...
  - Markovnikov Regel
  - *syn*- und *anti*- Addition (Bromoniumion)
- Halogenaddition, Vergleich der Halogene
- Epoxidierung
  - Peroxoverbindungen
  - Prilezaev-Reaktion
  - Ringöffnungsreaktionen (Ethylenglykol)
- Hydroxylierung
  - Osmiumtetroxid und Kaliumpermanganat
  - *cis*-Dirole
- Hydroborierung und Folgereaktion der Borane

#### Cycloadditionen:

- Allgemeines
  - Pericyclische Reaktionen
- [2+1] Cycloadditionen
  - Simmons-Smith-Reaktion
  - Singulett und Triplett-Carbene
- [4+2] Cycloadditionen
  - Diels-Alder-Reaktion
    - *endo*-Regel (Alder-Regel)
    - Dien und Dienophil
    - Reversibilität z.B. Cracken von Dicyclopentadien
- Heterogen katalysierte Hydrierung
  - Raney-Nickel
  - Pd/C
  - Oberflächenbeschaffenheit
  - Lindlar-Katalyse

### Elektrophile und nukleophile Substitution am Aromaten:

#### Allgemeines:

- Definition eines aromatischen Systems
  - Einkernige und mehrkernige Aromaten
  - Gängige carbocyclische und heterocyclische aromatische und nicht-aromatische Verbindungen
  - Trivialnamen
- Elektrophile aromatische Substitution
  - Mechanismus
    - $\pi$ -Komplexe
    - $\sigma$ -Komplex
    - Substituenteneffekte
    - Richtung der Zweitsubstitution
    - *ipso*-Substitution

- Nitrierung und Reagenzien
  - Nitrylkation
- Sulfonierung und Reagenzien
- Halogenierungen
  - Lewissäure Katalyse
  - SSS und KKK Regel
- Friedel-Crafts-Alkylierung
- Friedel-Crafts-Acylierung
- Gattermann-Synthesen
- Vilsmeier-Synthese
- Hydroxymethylierung
- Blanc-Reaktion
- Kolbe-Schmitt-Synthese
  - Salicylsäure
- Nitrosierung (Biazonim Salze)
- Nukleophile aromatische Substitution
  - Meisenheimer-Komplex
  - Unterschiede zur elektrophilen aromatischen Substitution
  - Nachweis von Aminosäuren: Sangers – Reagenz
  - Chichibabin-Synthese
  - Arin
    - Definition
    - Herstellung
    - Reaktion

### **Oxidation:**

- Definitionen
- Oxidationszahlen von Kohlenstoffverbindungen
- Oxidationsmittel
  - DDQ, Chloranil...
  - Kaliumpermanganat...
- Oxidation mit Natriumhypochlorit
- Swern-Oxidation
- Chromverbindungen z. B. PCC
- Chinone
  - Eigenschaften
  - Verwendung
- Oxidation unter C-C Spaltung
  - Glykol-Spaltung
- Oxidation von C-C Mehrfachbindung
- Haloform Reaktion (Einhorn-Reaktion)

### **Heteroanaloge Carbonylverbindungen:**

- Reduktion von Nitroverbindungen zu Aminen, Zwischenstufen, Oxidationszahlen (Bechamp-Reduktion)
- Reaktionen von Diazoniumsalzen
  - Sandmeyer-Reaktion
  - Schiemann-Reaktion

### 3. Kolloquium

#### Additionsreaktionen von Carbonylverbindungen:

- Carbonylverbindungen (Definition, Darstellung, Eigenschaften)
- Reaktion von Carbonylverbindungen mit Basen, z.B. nukleophile Additionen, elektrophile Substitutionen
  - Substituenteneinflüsse
  - Katalysiermöglichkeiten
- Reaktionen von Carbonylverbindungen mit Heteroatom-Nukleophilen
- Bildung von Hydraten, Halbacetalen, Acetalen und Thioacetalen
- Reaktionen mit Aminoverbindungen
  - Imine (Schiffsche Basen)
  - Ammonolyse und Aminolyse
  - Carbonsäuren
- Veresterung und Verseifung
  - Fette / Fettsäuren / Seifen
- Reaktionen und Herstellung von Säurechloriden und Säureamiden
  - Phosgen und Kohlensäurederivate...
- Additionen an Nitrile und Isocyanate
- Bildung und Reaktion von Orthoestern, Xanthogenaten, Ketenen
- Kohlenstoffnukleophile/CH-acide Verbindungen
- Reduktion von Carbonylgruppen
  - Wolff-Kishner-Reaktion
  - Bouveault-Blanc-Reaktion
  - Clemmensen-Reduktion
  - Reduktion mit komplexen Hydriden ( $\text{LiAlH}_4$ ,  $\text{NaBH}_4$ )
- Reaktion von Carbonylverbindungen mit CH-aciden Verbindungen
- Kohlenstoffnukleophile/CH-acide Verbindungen
  - Deprotonierung am  $\alpha$ -Kohlenstoff
- Tautomerie
- Substituenteneffekte
- Synthese von Cyanhydrinen
  - Strecker-Synthese
- Ethinylierung
- Aldol-Reaktion und Kondensation
  - Methylen- und Carbonylkomponente
  - Claisen-Schmidt-Reaktion
- Acyloin-Kondensation
- Stetter-Umpolung
- Wittig-Reaktion
  - *cis/trans*-Selektivität
- (Wittig)-Horner-Emmons-Reaktion (Horner-Wadsworth-Emmons)
  - *cis/trans*-Selektivität
- Knoevenagel-Kondensation
- Mannich-Reaktion
- Esterkondensation
  - Dieckmann Esterkondensation
- Reaktionen von Enaminen
- Knorr-Synthese

## 4. Kolloquium

### Weitere Reaktionen von Carbonylverbindungen

- Meerwein-Ponndorf-Verley-Reduktion
  - Verschiebung des Gleichgewichts (s. Oppenauer-Oxidation)
- Oppenauer-Oxidation
- Cannizzaro-Reaktion
  - Gekreuzte Cannizzaro-Reaktion
- Benzilsäure-Umlagerung
- Leuckart-Wallach-Reaktion
  - Darstellung des Edukts
  - Amphetamin
- Grignard-Reaktion
  - Voraussetzungen der Reaktion
  - Schlenk-Gleichgewicht
  - Umpolung
  - Stöchiometrie
  - Wurtzsche Synthesen
  - Grignard Reduktion
- Normant-Reagentien
- Umlagerungen am Stickstoff
  - Hofmann-, Lossen-, Curtius-Umlagerung
  - Schmidt-, Beckmann-Umlagerung
  - Zwischenstufen (Isocyanat, Nitren etc.)
- Baeyer-Villiger-Oxidation

### Vinyloge Carbonylverbindungen

- Definition des Vinylogie-Prinzips
- HSAB-Konzept nach Pearson
- Säure- und Basenkatalysierte Reaktionen an vinylogenen Systemen
- Addition von Aminen
- Addition von Wasser, Alkohol, Thiolen...
- Michael-Addition
- Stork-Enamin-Reaktion
- Robinson-Anellierung
- Addition von Säureamiden
- Substitutionsreaktionen

### Vinyloge Elektronendonoverbindungen

- Alkylierung von Carbonylverbindungen
- Harte und weiche Alkylierungsreagenzien
- Halogenierung von Carbonylverbindungen
- Acylierung und Alkylierung von Enaminen